



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño Sísmico de Edificación Multifamiliar de Siete Niveles
Aporticado con Aisladores Elastoméricos en la Ciudad de Tacna**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Calderón Pasco, Diego Manuel (ORCID: 0000-0002-5459-1227)

ASESOR:

Dr. Choque Flores, Leopoldo (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

ATE VITARTE- PERÚ
2022

Dedicatoria

A mi madre María Esther
por su amor infinito,
A mi esposa Erika
por su apoyo incondicional,
A mis hijos Alejandro, Zoe y Leonardo
mi razón y fuerza para salir adelante,
A mis hermanos por sus palabras de aliento,
A todos mis amigos que creyeron en mí.

Agradecimiento

A Dios por iluminar mi camino,
A mi madre por formarme como persona,
A mi familia por su aprecio y valoración,
A mi asesor por las enseñanzas impartidas,
A mis amigos por su tolerancia y estima.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras y gráficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes nacionales:	7
2.2. Antecedentes internacionales:	17
2.3. Bases teóricas.	26
III. METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo y diseño de Investigación	34
3.2. Variables y operacionalización:.....	34
3.3. Población, muestra y muestreo.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	37
3.5. Procedimientos:	37
3.6. Método de análisis de datos:	66
3.7. Aspectos éticos:.....	67
IV. RESULTADOS.	68
V. DISCUSIÓN.....	140
VI. CONCLUSIONES.....	144
VII. RECOMENDACIONES.....	146
REFERENCIAS.	147
ANEXOS.....	153

Índice de Tablas

Tabla 1. Criterios para espesor de losas aligeradas.....	43
Tabla 2. Dimensiones usuales de vigas.....	44
Tabla 3. Método ensayo experimental	47
Tabla 4. Parámetros sísmicos.....	58
Tabla 5. Factor de amortiguamiento.....	60
Tabla 6. Cálculo de PG	72
Tabla 7. Metrado de cargas del primer nivel	77
Tabla 8. Metrado de cargas del segundo al sexto nivel.....	78
Tabla 9. Metrado de cargas del séptimo nivel	79
Tabla 10. Peso total	80
Tabla 11. Peso sísmico.....	80
Tabla 12. Peso del edificio	81
Tabla 13. Fuerzas estáticas equivalentes – dirección X.....	84
Tabla 14. Fuerzas estáticas equivalentes – dirección Y	84
Tabla 15. Control de desplazamientos Dirección X	87
Tabla 16. Control de desplazamientos Dirección Y	88
Tabla 17. Peso del edificio con sistema de aislamiento (manual).....	88
Tabla 18. Peso del edificio Carga Muerta.....	89
Tabla 19. Peso del edificio Carga Viva.....	89
Tabla 20. Peso de Servicio del edificio.....	89
Tabla 21. Peso Sísmico del edificio.....	90
Tabla 22. Propiedades calculadas de los dispositivos	96
Tabla 23. Propiedades de diseño de los dispositivos	96
Tabla 24. Registro de sismos nacionales	101
Tabla 25. Registro de sismos históricos	101

Índice de Figuras.

Figura 1. Transmisión de movimiento en el suelo	27
Figura 2. Sistema de aislamiento	31
Figura 3. Aislador elastomérico con núcleo de plomo	32
Figura 4. Lazo de histéresis de un aislador	33
Figura 5. Ubicación del área de estudio	38
Figura 6. Vista del terreno – área de estudio.....	38
Figura 7. Plano de distribución – primera planta.	39
Figura 8. Plano de distribución de la segunda a séptima planta	40
Figura 9. Estructuración del primer nivel	41
Figura 10. Estructuración del segundo al séptimo nivel.....	42
Figura 11. Área tributaria de columna céntrica	45
Figura 12. Área tributaria de columna excéntrica	46
Figura 13. Modelado geométrico – vista en planta	49
Figura 14. Modelado geométrico – vista en 3D	50
Figura 15. Excavación de calicata.....	51
Figura 16. Excavación de calicata.....	51
Figura 17. Extracción del estrato del suelo.....	52
Figura 18. Muestra del suelo extraído	52
Figura 19. Patrones de carga para sismo estático	54
Figura 20. Espectro de Respuesta calculado	55
Figura 21. Espectro de Respuesta.....	56
Figura 22. Definición de caso de carga sísmico dinámico en X.....	56
Figura 23. Definición de caso de carga sísmico dinámico en Y.....	57
Figura 24. Espectro de amortiguamientos.....	61
Figura 25. Distribución de dispositivos	63
Figura 26. Vista lateral de modelado de los dispositivos	64
Figura 27. Vista frontal de modelado de los dispositivos	64
Figura 28. Propiedades nominales dispositivo 1	65
Figura 29. Propiedades nominales dispositivo 2	65
Figura 30. Capacidad portante del suelo.....	82
Figura 31. Clasificación del suelo.....	82
Figura 32. Tipo del suelo.....	83

Figura 33. Modos de vibración	85
Figura 34. Modos de vibración edificio redimensionado	85
Figura 35. Desplazamiento relativo máximo de piso – dirección en X	86
Figura 36. Desplazamiento relativo máximo de piso – dirección en Y	86
Figura 37. Desplazamiento relativo máximo – dirección en X (por nivel).....	87
Figura 38. Desplazamiento relativo máximo – dirección en Y (por nivel).....	87
Figura 39. Propiedades lineales dispositivo 1 en U1	97
Figura 40. Propiedades lineales dispositivo 1 en U2	97
Figura 41. Propiedades lineales dispositivo 2 en U1	98
Figura 42. Propiedades No lineales dispositivo 1 en U2.....	98
Figura 43. Propiedades No lineales dispositivo 2 en U3.....	99
Figura 44. Propiedades lineales para límite superior dispositivo 1 en U2	99
Figura 45. Propiedades lineales para límite superior dispositivo 2 en U3.....	100
Figura 46. Propiedades No lineales para límite superior dispositivo 1	100
Figura 47. Propiedades No lineales para límite superior dispositivo 2.....	100
Figura 48. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1966 E-W.....	102
Figura 49. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1966 N-S	102
Figura 50. Filtrado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 E-W.....	102
Figura 51. Filtrado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 N-S.....	103
Figura 52. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1974 E-W.....	103
Figura 53. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1974 N-S	103
Figura 54. Filtrado de Acelerograma sismo Atico 2001 E-W	104
Figura 55. Filtrado de Acelerograma sismo Atico 2001 N-S	104
Figura 56. Filtrado de Acelerograma sismo Pisco 2007 N-S	104
Figura 57. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1966 E-W.....	105
Figura 58. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1966 N-S.....	105
Figura 59. Escalado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 E-W	105
Figura 60. Escalado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 N-S.....	106
Figura 61. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1974 E-W.....	106
Figura 62. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1974 N-S.....	106
Figura 63. Función Tiempo Historia Lima 1966 E-W	107
Figura 64. Función Tiempo Historia Huaraz N-S.....	107
Figura 65. Función Tiempo Historia Atico E-W.....	108

Figura 66. Función Tiempo Historia Pisco N-S.....	108
Figura 67. Caso de carga análisis TH sismo Lima 1966.....	109
Figura 68. Caso de carga análisis TH sismo Huaraz 1970	109
Figura 69. Caso de carga análisis TH sismo Lima 1974.....	110
Figura 70. Caso de carga análisis TH sismo Atico 2021	110
Figura 71. Caso de carga análisis TH sismo Pisco 2007.....	111
Figura 72. Caso de carga análisis TH sismo Mala 2021.....	111
Figura 73. Caso de carga análisis TH sismo Lima 2022.....	112
Figura 74. Modos de vibración de la edificación	112
Figura 75. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Lima 1966	113
Figura 76. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Huaraz 1970..	113
Figura 77. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Lima 1974	113
Figura 78. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Atico 2001	114
Figura 79. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Pisco 2007. ...	114
Figura 80. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Mala 2021	114
Figura 81. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Lima 2022	115
Figura 82. Desplazamientos máximos análisis lineal TH.....	115
Figura 83. Fuerza Cortante en la base	116
Figura 84. Fuerza Cortante máxima en dirección X Sismo Lima 1966	116
Figura 85. Fuerza Cortante máxima en dirección X Huaraz 1970	117
Figura 86. Fuerza Cortante máxima en dirección X Atico 2001	117
Figura 87. Fuerza Cortante máxima en dirección Y Pisco 2007	117
Figura 88. Fuerza Cortante máxima en dirección X Lima 2022	118
Figura 89. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo de Lima 1974	118
Figura 90. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo de Pisco 2007	118
Figura 91. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo de Lima 1966	119
Figura 92. Desplazamientos máximos análisis No lineal TH	119
Figura 93. Distribución de los dispositivos aisladores elastoméricos	120
Figura 94. Cargas Axiales Máximas para cada Aislador en kN	121
Figura 95. Curva histerética del Aislador K14 – sismo Lima 1966	122
Figura 96. Curva histerética del Aislador K6 – sismo Huaraz 1970	122
Figura 97. Curva histerética del Aislador K17 – sismo Atico 2001	122
Figura 98. Curva histerética del Aislador K4 – sismo Pisco 2007	123

Figura 99. Curva histerética del Aislador K3 - sismo Lima 1974.....	123
Figura 100. Desplazamiento en el centro de masa SMC_X	123
Figura 101. Desplazamiento en el centro de masa SMC_Y	124
Figura 102. Desplazamientos Sismo Máximo Considerado.....	124
Figura 103. Deriva máxima SMC en dirección X.	125
Figura 104. Deriva máxima SMC en dirección Y.	125
Figura 105 Fuerza de restitución lateral.	126
Figura 106. Cálculo de área de acero en vigas y columnas Eje B-B/1-5	127
Figura 107. Diagrama de Momento Flector debido a cargas de servicio	128
Figura 108. Diagrama de Fuerzas Cortantes debido a cargas de servicio.....	129
Figura 109. Cálculo de área de acero en vigas y columnas vista en planta.....	130
Figura 110. Cálculo de área de acero en vigas y columnas vista en planta.....	131
Figura 111 Cálculo de área de acero en losas aligeradas planta típica	132
Figura 112. Detallado de acero de losa corte transversal.....	132
Figura 113. Detallado de acero de losa vista en planta	133
Figura 114. Detallado de acero en vigas, ejes 1-2	133
Figura 115. Sección de viga típica, eje A	134
Figura 116. Detallado de acero en vigas, ejes A-D	134
Figura 117. Sección de viga típica, eje 1	135
Figura 118. Detallado de acero en columnas, vista en elevación	135
Figura 119. Detallado de acero en capiteles	136
Figura 120. Detallado de acero en columnas típicas niveles 1-3.....	136
Figura 121. Detallado de acero en columnas típicas niveles 4-7	137
Figura 122. Detallado de acero en pedestal.....	137
Figura 123. Corte transversal de acero en pedestal.....	138
Figura 124. Vista tridimensional de la superficie de concreto	138
Figura 125. Vista tridimensional de acero en la edificación	139
Figura 126. Detalle de acero zapata aislada	139

RESUMEN

La presente investigación Diseño Sísmico de Edificación Multifamiliar de Siete Niveles Aporticado con Aisladores Elastoméricos en la Ciudad de Tacna, tuvo como objetivo general determinar el resultado del diseño sismorresistente de la edificación con sistema de aislamiento en la base que permitió conocer la respuesta dinámica eficiente frente a un edificio convencional con base empotrada al suelo de cimentación. La metodología de la investigación es de tipo aplicado dado que se busca dar solución a un problema conocido y existente, el diseño es no experimental y el nivel es descriptivo, que tuvo como muestra una edificación de uso multifamiliar de siete niveles, en donde se realizaron la estructuración, el predimensionamiento de los elementos estructurales, el cálculo del metrado de cargas, así como los análisis sísmico estático, análisis modal espectral para la edificación de base fija y luego se determinaron los parámetros y propiedades para el análisis modal espectral y el análisis tiempo historia lineal y no lineal, determinando el desplazamiento del sismo máximo considerado de $DM=220.457$ mm en la dirección en X y $DM=216.357$ en la dirección Y.

Palabras clave: Diseño sísmico, análisis sísmico estructural, aisladores elastoméricos, análisis y diseño en edificaciones.

ABSTRACT

The present investigation Seismic Design of a Multi-Family Building with Seven Levels Framed with Elastomeric Insulators in the City of Tacna, had as general objective to determine the result of the seismic-resistant design of the building with an isolation system at the base that allowed knowing the efficient dynamic response against a conventional building with a base embedded in the foundation floor. The research methodology is of an applied type since it seeks to solve a known and existing problem, the design is non-experimental and the level is descriptive, which had as a sample a building for multi-family use of seven levels, where the structuring, the pre-dimensioning of the structural elements, the calculation of the load metering, as well as the static seismic analysis, spectral modal analysis for the fixed base building and then the parameters and properties for the spectral modal analysis and time analysis were determined. linear and non-linear history, determining the displacement of the maximum earthquake considered of $DM=220.457$ mm in the X direction and $DM=216.357$ in the Y direction.

Keywords: Seismic design, structural seismic analysis, elastomeric isolators, analysis and design in buildings.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú, ubicado frente al pacífico oeste cuenta con dos fuentes generadoras de sismos, la primera es la resultante de la colisión de la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana que es donde se encuentra nuestro territorio peruano, este encuentro dinámico entre ambas placas forman una superficie de contacto que se ubica frente a la zona costera del país, originando más del 70% de eventos sísmicos en nuestra región. La segunda fuente generadora de sismos se produce en el interior del continente debido a la constante evolución de la cordillera de los andes, formándose fisuras en la corteza terrestre llamadas técnicamente fallas geológicas que acumulan energía que son liberadas cuando se produce un sismo. La placa oceánica de mayor densidad se mete por debajo de la placa continental en un proceso llamado subducción formándose un límite destructivo. Esta interacción constante hace vulnerables a nuestras edificaciones más aun cuando se construyen de forma deficiente sin la supervisión de un profesional en la materia, y con métodos empíricos, ocasionando que las viviendas sean inhabitables y causando pánico en la población. (Alva & Castillo, 1993; Gamarra, 2009, p. 20-21). En varias regiones del Perú se espera un sismo de gran magnitud considerablemente severo, siendo la zona sísmica más crítica la costa peruana, en donde se produciría la máxima aceleración del suelo de 0.45g., es decir esta aceleración sería de 441.45 cm/s² según la normativa vigente.

El diseño convencional sin aislamiento en edificaciones garantiza el daño en sus estructuras y la interrupción de los servicios básicos frente a un sismo de gran magnitud, debido a que a nivel mundial se diseña con una parte de la fuerza sísmica, y en nuestro país no estamos excluidos de esta práctica, dado que en la aplicación de la actual norma peruana de diseño sismorresistente E.030 se realiza la reducción de las sollicitaciones sísmicas con el factor R, asimismo para los edificaciones comunes la norma acepta como aceleración de diseño, el 10% de probabilidad de ser excedida en 50 años de vida útil del

edificio, siendo su demanda sísmica menor o igual que su capacidad estructural (resistencia, ductilidad y rigidez). (Muñoz, 2020, p. 28-31).

El diseño de edificaciones esenciales con aislamiento sísmico tiene como objetivo primordial mejorar el desempeño de sus estructuras frente a sismos muy grandes que corresponde a un suceso fortuito con un periodo de retorno de 2500 años, por lo que en el caso que se pueda cumplir con las condiciones del periodo del suelo se extrae de la norma E.030 y se amplifica por 1.50g, es decir para pasar de un sismo de 500 años a uno de 2500 años de periodo de retorno se aplica un factor de 1.50. Con respecto al espectro de desplazamientos; en el Perú los sismos tienen bajas demandas de desplazamientos por lo tanto no se necesitan dispositivos que acomoden grandes desplazamientos en suelos buenos en la costa peruana, ni tampoco es necesario poner alto amortiguamiento, por lo que se puede emplear todos los tipos y modelos de dispositivos que existen actualmente en el mercado para aislar las edificaciones, al no tener limitaciones en este aspecto se produce una gran ventaja al momento de diseñar edificaciones aisladas.

El aislamiento sísmico es un sistema de protección de alta tecnología diseñada con un propósito fundamental que es de brindar seguridad a las edificaciones y a sus ocupantes, su utilización es importante debido a la eficiencia y capacidad de respuesta ante un movimiento telúrico, una de las funciones principales de los dispositivos de aislamiento es evitar que las fuerzas de un evento sísmico sean transmitidas hacia la superestructura, haciendo que las edificaciones tengan un comportamiento eficiente y resiliente, o a lo que también se conoce como desempeño sísmico. Los aisladores tienen la capacidad de reducir significativamente las aceleraciones producidas por los sismos, reducir y controlar la rigidez del sistema estructural, logrando amplificar el periodo de vibración de la estructura de un edificio aislado con respecto a un edificio convencional de base fija. En la actualidad existen diversos tipos de dispositivos para aislar las edificaciones, dentro de ellos se encuentra los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LBR) está conformado por capas de elastómero reforzado con placas de acero y un

núcleo de plomo, su diseño tiene la capacidad de resistir el peso total de la estructura y proporcionar elasticidad. (Naeim & Kelly, 1999, p. 47-49).

El propósito de la presente investigación es realizar el análisis sísmico estático lineal, el análisis sísmico dinámico modal-espectral, el análisis tiempo - historia y el diseño sísmico con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo en la base de una edificación, a fin de determinar el comportamiento de las estructuras de un edificio multifamiliar con sistema de pórticos que consta de siete niveles ubicado en una zona céntrica de la ciudad. Para ello es importante determinar las características físicas y las propiedades de diseño de los dispositivos, se debe determinar la capacidad portante del suelo para ello la importancia de realizar un estudio de mecánica de suelos en la zona, determinar el predimensionamiento de los elementos estructurales del edificio, la estructuración y el cálculo de metrados de cargas de la edificación.

Para poder realizar el modelamiento, el análisis estructural y el diseño sismorresistente del edificio multifamiliar se tomó en consideración los requisitos y exigencias que señala los procedimientos vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, precisamente las normas técnicas de edificación E.020 - Cargas 2006, E.030 - Diseño Sismorresistente actualizada al año 2018, E.031 – Aislamiento sísmico 2019 y la E.060 - Concreto armado 2009, así también es muy importante tener en consideración una base de datos de acelerogramas de eventos sísmicos importantes ocurridos en el Perú y de sismos considerables internacionales, de igual manera tomar en cuenta las normativas internacionales como documentos de consulta.

La delimitación espacial de la investigación:

Coordenadas: 18°00'58.4"S 70°13'39.6"W

Dirección: Residencial Las Gardenias D-6

Distrito: Tacna

Provincia: Tacna

Región: Tacna

La delimitación temporal de la investigación se realizó como base de estudio durante el periodo comprendido en los meses de enero a abril del año 2022.

En el primer capítulo se describe el problema de investigación, la justificación, los objetivos de la investigación; en el segundo capítulo se enfoca en el marco teórico, los antecedentes de la investigación y definición de términos básicos; en el tercer capítulo se presenta el tipo y diseño de la investigación, las variables del estudio, la población, muestra y muestreo, así también las técnicas y recolección de datos, procedimientos y métodos de análisis de datos; en el cuarto capítulo se desarrolla los aspectos administrativos de la investigación, que considera los recursos, presupuesto, financiamiento, y cronograma de ejecución.

En ese sentido se plantea alternativas de solución y se formula la siguiente interrogante:

1.2. Formulación del problema de investigación:

1.2.1. Problema General.

¿Cuál es el resultado del diseño sísmico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?

1.2.2. Problemas Específicos.

¿Cuál es el resultado del modelado de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?

¿Cuál es el resultado del análisis sísmico estático de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?

¿Cuál es el resultado del análisis sísmico dinámico modal-espectral de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?

¿Cuál es el resultado del análisis tiempo-historia de un edificio multifamiliar de siete niveles apoyado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?

1.3. Justificación de la investigación:

Una investigación es de gran utilidad e importancia debido a diversos factores porque permite resolver algún problema en particular. (Hernández, 2014, p. 40)

La investigación se enfocó en realizar el análisis y diseño sísmico con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo en la base de una edificación que se encuentra ubicado en la costa peruana, una zona altamente sísmica y vulnerable a sufrir daños antes los constantes eventos sísmicos, el cual se propone obtener un buen comportamiento de la edificación, para ello es importante determinar el periodo de vibración y los desplazamientos máximos de la edificación ante un sismo severo de gran magnitud.

Justificación teórica.

La investigación se realizó con la finalidad de aportar a la literatura respecto a los sistemas de aislamiento sísmico utilizando aisladores elastoméricos con núcleo de plomo.

Justificación práctica.

La presente investigación contribuye con información técnica - práctica a los estudiantes y egresados de la carrera de ingeniería civil para conocer el comportamiento dinámico de edificaciones con aisladores elastoméricos en su base.

Justificación social.

La investigación contribuye a la sociedad como una alternativa constructiva moderna y segura para las edificaciones en zonas con riesgo sísmico.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General.

Determinar el diseño sísmico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna.

1.4.2. Objetivos Específicos.

Definir el modelado geométrico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna.

Determinar el análisis estático de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna.

Determinar el análisis dinámico modal-espectral de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna.

Determinar el análisis tiempo-historia de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes nacionales:

Zanelli y Paredes (2019), en su tesis titulada “Diseño estructural de un pabellón de hospital con aisladores sísmicos”, tuvo como objeto de investigación realizar el diseño estructural de un pabellón de un establecimiento de hospital de cuatro niveles utilizando dos tipos de aisladores sísmicos, que son aislador elastomérico y deslizador plano, determinar las propiedades del sistema de aislamiento para evaluar el comportamiento del edificio ante un sismo extremo. El estudio fue de tipo aplicada y descriptiva, la población de estudio fueron un hospital ubicado en la zona costera la capital, la muestra fue un pabellón de un hospital. Los principales resultados fueron el cálculo de la respuesta de la edificación mediante el uso de las propiedades modificadas mínimas y máximas de los dispositivos, la obtención de las derivas máximas de entrepiso no supera el 2.7%, así como las máximas aceleraciones de entrepiso fue hasta 0.30g con respecto al análisis tiempo historia y el amortiguamiento de los dispositivos; el aislador elastomérico fue de 14.6% y de los deslizadores planos fue 63.7% con respecto a las propiedades modificadas. Se concluyó que se realizó un adecuado análisis y diseño sísmico de la edificación obteniendo unos valores de derivas máximas menores al valor indicado en la norma de diseño sismorresistente.

Mendoza y Wong (2019), en su tesis titulada “Diseño de un hospital en concreto prefabricado y con aislación sísmica”, tuvo como objeto de desarrollar el diseño de un edificio para hospital prefabricado de concreto con aislamiento sísmico empleando dos tipos de dispositivos; aisladores elastoméricos y deslizadores planos teniendo en consideración la normativa vigente. Fue un estudio de tipo aplicada y descriptiva, la población de estudio fue un hospital en la ciudad de Moquegua, la muestra fue un bloque del hospital de cuatro niveles. Los principales resultados fueron que los métodos de análisis son esenciales para realizar el predimensionamiento del sistema de aislamiento; para los aisladores elastoméricos se consideraron factores máximos y mínimos de 2 y 0.8 para k_2 respectivamente; para los deslizadores planos se consideraron factores máximos de 1.6 y mínimos

de 0.8 para μ o Q. Se concluyó que el periodo de la edificación de acuerdo con las propiedades del límite superior fue de 2.32 respecto al periodo a las propiedades del límite inferior que fue de 3.58 s, esto significa que los factores modificación de propiedades de los aisladores influye significativamente en el comportamiento estructural de las edificaciones que se van a aislar. Las derivas promedio máximas realizado con el análisis tiempo historia no lineal fueron de 2.15‰ con propiedades mínimas, 2.46‰ con propiedades nominales y de 4.79‰ con propiedades máximas, finalmente se puede precisar que con el análisis tiempo historia no lineal, las derivas se encuentran por debajo de 5‰ como indica la norma E.031. Con respecto a las derivas máximas mediante el análisis espectral fueron de 2.04 y 2.36 con propiedades mínimas y máximas respectivamente, en este aspecto se puede precisar que las derivas exceden ligeramente a lo propuesto en la norma, no obstante, la norma acepta estos valores teniendo en cuenta que los desplazamientos relativos con el análisis tiempo historia ya mencionados no excedan el valor de 5‰ estipulado en la norma.

Dávila e Hinojosa (2019), en su tesis titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica para una edificación de 10 pisos utilizando aisladores o el sistema dual, Av. República de Panamá - Lima”, tuvo como objeto de investigación determinar cuánto influye la utilización de aisladores sísmicos en el análisis de la vulnerabilidad sísmica para una edificación de diez niveles, asimismo determinar los desplazamientos de entrepiso y los desplazamientos máximos de la edificación. Fue una investigación de tipo descriptiva y comparativa, la muestra fue un edificio de diez niveles con una azotea para uso de vivienda que se encuentra ubicado en el distrito de Barranco, provincia de Lima; los instrumentos empleados fueron, técnicas de observación, registro mediante bibliografías. Entre los principales resultados obtenidos se realizó un análisis de desplazamientos de entrepiso obteniendo en el sexto nivel un desplazamiento de entrepiso máximo de 0.01258m que al realizar el cálculo de las derivas da un valor de 0.005 que se encuentra dentro del límite permitido de la norma de diseño sismorresistente E.030, mientras que al analizar el sistema aislado en la base se obtiene un desplazamiento de entrepiso máximo de 0.00968m mientras que en el cálculo de las distorsiones se obtiene un valor de 0.0034 dentro de los límites recomendados por la norma ASCE 7-16; con

respecto al periodo de vibración de la edificación mediante el procedimiento de análisis sísmico estático y dinámico se obtuvo un periodo de 0.6 segundos mientras que con los dispositivos empleados se obtuvo un periodo de 2.5 segundos en la dirección en X correspondiente a un sismo máximo considerado con un periodo de retorno de 2475 años. Se concluyó que el análisis de la edificación con los dispositivos elastoméricos reduce significativamente los desplazamientos teniendo un comportamiento aceptable frente a sismos de gran magnitud, asimismo se recomienda que se incluya el análisis tiempo – historia con una cantidad mínima de registros de acelerogramas.

Meléndez y Gutiérrez (2019), en su tesis titulada “Diseño y proceso constructivo de instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base, en los bloques A y B del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna”, tuvo como objeto general de investigación contribuir con información técnica en el diseño de edificaciones con sistema de aislamiento en la base, y en sus objetivos específicos fueron comparar los resultados de los periodos de vibración de la edificación de los bloques A y B, así como también comparar los desplazamientos tomando en cuenta modelos con base fija y con base aislada, diseñar y describir los procesos constructivos de la instalación de los dispositivos de aislamiento. Fue una investigación de tipo exploratorio y descriptivo y un diseño de campo, la población está conformada por los hospitales de la ciudad de Tacna, la muestra es el hospital Hipólito Unanue de Tacna; los instrumentos empleados fueron, la cuestionarios, ficha de registro de datos, recopilación bibliográfica, recolección de datos, investigación de estudios efectuados, entrevistas a especialistas en el diseño de aisladores sísmicos, entrevistas en campo con los supervisores de la obra, visitas constantes a la obra e inspección continua en el proceso constructivo. Los resultados principales que se obtuvieron fueron que mediante la aplicación de la norma sismorresistente E.030 se realizaron los análisis sísmicos estático y modal espectral; y con el uso de la herramienta Etabs se determinaron los desplazamientos máximos, los periodos de vibración del cual se obtuvo que en la dirección en X el periodo fue de 0.48 segundos y en la dirección en Y fue de 0.60 segundos, posterior a ello se realizó el control torsional con el fin de minimizar la vulnerabilidad del sistema aislado, ya que los modos de vibración fundamentales de la edificación con los dispositivos tienen

que ser modos de traslación y no rotacional. Se concluyó que el trabajo de investigación presenta extensa información respecto al diseño y al proceso constructivo del nuevo hospital Hipólito Unanue debido a que los aisladores sísmicos son una buena alternativa de alta tecnológica que sirve para mejorar el comportamiento de los edificios esenciales ante eventos sísmicos considerables, también se llegó a la conclusión que una edificación convencional obtiene un periodo de vibración alto de 0.60 segundos, mientras que la edificación con sistema aislado obtuvo un valor de 3.69 segundos, asimismo la edificación común obtiene desplazamientos en el nivel superior asciende a 6.24 cm en la dirección en X y 6.97 en la dirección en Y, mientras con la edificación aislada los desplazamientos se reducen de forma considerable a 1.83cm en la dirección en X y 1.72cm en la dirección en Y.

Mantilla y Apaza (2019), en su tesis titulada “Análisis y Diseño estructural con aislamiento sísmico en la base del hospital en el distrito de Yarabamba”, su objetivo principal de investigación fue desarrollar el análisis de un hospital con el sistema de aislamiento sísmico en su base. Dentro de sus objetivos específicos considera desarrollar el diseño de aisladores según a la norma ASCE/SEI 7-10, asimismo realizar el análisis y diseño bajo los requisitos de la norma peruana E.030-2019 para una edificación común y con sistema de aislamiento, diseña los elementos estructurales del edificio, comparar los resultados de los análisis y el comportamiento de la estructura. La población de estudio fueron los hospitales de, y la muestra es el hospital de cuatro niveles geoméricamente regular que se encuentra ubicado en el distrito de Yarabamba. Los principales resultados obtenidos fueron los periodos de vibración de la edificación convencional de 0.289s con respecto a una edificación aislada el cual se incrementa en 8 veces, así las derivas máximas calculadas para la edificación con sistema aislado son mucho más favorables en ambas direcciones. Se concluyó que la fuerza cortante calculada con el análisis sísmico de la edificación con el sistema de aislamiento resulta ser menor con respecto a la convencional por lo que la edificación se va a comportar eficientemente ante un sismo considerable, en el presupuesto para ambos sistemas de edificios existe una diferencia mayor al 40% debido a que existen más elementos estructurales a diseñar y construir para edificación.

Taboada Saavedra (2019), en su artículo “Seismic response of a five story building with isolation system and supplemental viscous dampers for peruvian seismicity” (Respuesta sísmica de un edificio de cinco pisos con sistema de aislamiento y amortiguadores viscosos suplementarios para sismo peruano), comenta sobre la eficiencia de los dispositivos sísmico en las edificaciones y pretende analizar el comportamiento de un edificio de cinco niveles con aisladores elastoméricos LBR y amortiguadores viscosos sin embargo precisa que se han realizado otros estudios en donde se ha determinado que la utilización de estos dos tipos de dispositivos podría alterar la reacción de las estructuras obteniendo una respuesta poco favorable, pero esta teoría está en función del amortiguamiento que se le proporcione al sistema, por otro lado existen investigaciones que demuestran lo contrario dado que este factor de amortiguamiento va a depender de la zona en donde se encuentra ubicado un proyecto. Hasta la fecha de la publicación del artículo, el autor menciona que en el Perú no se habían diseñado edificaciones con la implementación de ambos dispositivos es por ello el objetivo de su investigación, se realizaron los análisis sísmicos correspondiente en lo cual empleó siete registros de acelerogramas para el análisis tiempo historia obteniendo derivas y aceleraciones aceptables considerando un factor de amortiguamiento del 15%, sin embargo si se considera un amortiguamiento del 70% el desplazamiento se reduce significativamente hasta en un 70% pero las derivas y aceleraciones se verían afectadas considerablemente por lo que no se recomienda la implementación de estos dispositivos de manera conjunta para nuestra zona considerada altamente sísmica debido a que mayor amortiguamiento se obtendrá mayores aceleraciones y mayores derivas.

Rios Goicochea (2020), en su tesis titulada “Diseño Estructural con aisladores sísmicos respecto al edificio convencional para el bloque D del hospital de Villa María del Triunfo, Lima – 2020”; tuvo como objetivo de estudio determinar los resultados obtenidos del diseño con aisladores sísmico respecto a la edificación convencional para el bloque D del hospital Villa María del Triunfo, también determinar la seguridad; verificar el comportamiento; comparar las distorsiones; determinar el costo operativo de ambos diseños de edificaciones. Fue una

investigación de tipo aplicada porque se pretende cambiar la problemática existente, y es un diseño preexperimental porque no se realizará una manipulación deliberada de las variables. La población de estudio abarca es el hospital del distrito de Villa María del Triunfo, la muestra es el bloque D del hospital Villa María del Triunfo; los instrumentos empleados fueron la observación y el software Etabs para procesar los datos. Los principales resultados fueron los desplazamientos en el último nivel del edificio en la dirección en X la edificación convencional obtuvo un desplazamiento de 0.403 mientras que en la edificación aislada los desplazamientos fueron de 2.32 en todos los niveles; las derivas máximas obtenidas del análisis de la edificación convencional llegan a 6.9% en la dirección en X y 5.9 en la dirección en Y, mientras que en la edificación aislada llegan a 3.5% y 3.9 en la dirección en X e Y respectivamente; se obtuvieron los metrados de ambos diseños de edificación. Se concluyó que el sistema de aislamiento reduce la fuerza del sismo en un 25% con respecto a un edificio convencional de base fija; el costo de diseño de la edificación con sistema de aislamiento con respecto al diseño convencional tiene un incremento de hasta un 8.95%; la edificación aislada brinda mayor seguridad, reduce sustancialmente la fuerza del sismo y los desplazamientos.

Dante Salvatierra (2020), en su tesis titulada “Análisis y Diseño Estructural de un edificio de concreto armado de seis pisos con base aislada”, tuvo como objeto de investigación realizar el análisis y diseño estructural de una edificación de seis pisos con sistema de pórticos de concreto armado y sistema de aislamiento sísmico. Se realizó una estructuración de la edificación tomando como base el planteamiento arquitectónico del proyecto, luego se predimensionaron los elementos estructurales de la superestructura, así como de la subestructura tomando como referencia la metodología propuesta por Blanco Blasco, el metrado de cargas que se calculó fueron siguiendo las consideraciones en las normativas del reglamento nacional de edificaciones, luego se procedió a realizar los análisis sísmicos correspondientes a fin de determinar los desplazamientos máximos, la fuerza cortante en la base y peso de la edificación. Para el diseño del sistema de aislamiento tuvo como referencia varios tipos de dispositivos por lo que realiza una breve descripción de las diferentes alternativas para el diseño, realizando cálculos previos se dimensiona

el aislador considerando que todos los dispositivos tiene las mismas características mecánicas y se diferencian en sus propiedades geométricas, teniendo la rigidez efectiva promedio, el amortiguamiento promedio y se procede a dimensionar los dispositivos para la zona perimetral de la edificación calculando el desplazamiento lateral máximo, el diámetro del núcleo del dispositivo, la altura del dispositivo, el módulo de corte efectivo, la rigidez vertical del aislador, y las deformaciones por corte, luego de obtenidos todas las propiedades de los dispositivos se realiza un análisis para determinar su óptimo comportamiento sísmico, finalmente se realiza el diseño de cada elemento estructural determinando su resistencia tanto a corte como a flexión y las áreas de acero requeridas para los elementos. Entre los principales resultados obtenidos se tiene el periodo fundamental de 2.7 segundos siendo mayor al periodo objetivo de 2.51 segundos, la aceleración máxima promedio fue de 0.29g y la deriva máxima de 4.34%. Finalmente se concluye que se obtendría un desempeño favorable debido a que la deriva no supera el 5% permisible estipulado en la normativa de aislamiento sísmico E.031, asimismo los desplazamientos no superan los 30 cm por lo tanto las juntas sísmicas no excederían los 40 cm para ambas direcciones.

Carhuacusma Chávez (2020), en su tesis titulada “La influencia en el comportamiento sísmico del edificio residencial las terrazas con cimentación fija frente al uso del aislador elastomérico de alto amortiguamiento (HDR), Huancayo 2017”, tuvo como objeto general de estudio determinar la influencia del aislador elastomérico de alto amortiguamiento en el comportamiento de una edificación residencial, dentro objetivos específicos se consideró identificar las variables para realizar un análisis dinámico modal - espectral, la población de estudio comprendió los edificios multifamiliares de uso residencial de la provincia de Huancayo, la muestra se consideró el edificio residencial Las Terrazas que comprende ocho niveles con una azotea para uso de departamentos ubicado en el distrito de El Tambo – Huancayo – Junín. Los principales resultados obtenidos fueron; para la edificación con base fija el desplazamiento en la dirección en X fue de 2.463 cm en el nivel superior, para la edificación de muros estructurales con aislador de alto amortiguamiento fue de 8.14 cm, mientras que para la edificación con pórticos y con aislador de alto amortiguamiento fue de 12.07 cm. Se concluyó que, la

edificación aislada tiene un mayor desplazamiento en la interfaz de aislación y en los niveles superiores se tiene pequeños desplazamientos debido a la absorción de la energía del sistema de aislamiento, haciendo que la superestructura tenga un comportamiento aceptable.

Bermitt y Paima (2020), en su tesis titulada “Comparación técnica entre un sistema Aporticado de acero estructural y uno con aislador Elastomérico con núcleo de plomo para un hotel en Tacna”, tuvo como objetivo general de investigación realizar la comparación técnica de un sistema aporticado de acero estructural y un sistema con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB), en sus objetivos específicos determinó el comportamiento sísmico en el sistema aporticado de acero estructural para una edificación, determinó la durabilidad y resistencia en el sistema aporticado de acero estructural, determinó la influencia del dispositivo aislador elastomérico con núcleo de plomo en el comportamiento de la edificación ante un sismo, la población de estudio se consideró población unitaria debido a que estuvo definida por un edificio de hotel de nueve pisos en la ciudad de Tacna, la muestra estuvo fue el hotel de nueve pisos con sistema de pórticos de acero estructural ubicado en el sector de Copare en la provincia de Tacna, los instrumentos empleados fueron las referencias bibliográficas, la aplicación de los softwares Etabs y seismo signal. Los principales resultados obtenidos fueron las derivas obtenidas del análisis sísmico encontrándose dentro de límite permisible, siendo para la dirección en X e Y menores a 0.01 para estructuras de acero y 0.005 para el sistema de aislamiento; la reducción de las derivas del sistema aislado con respecto al sistema convencional en la dirección en X se tiene un 84% menor en los tres niveles superiores, y para la dirección en Y se tiene un 81% menor en los dos últimos niveles superiores. Se concluyó que las derivas obtenidas producto del análisis sísmico se encuentran dentro de lo establecido en las normas E.030 Diseño Sismorresistente y E.031 Aislamiento sísmico, la comparación de las derivas de ambos sistemas de edificación se demuestra que la edificación con sistema aislado cumple un mejor desempeño ante la fuerza sísmica aplicada.

Baldeón y Ttica (2020), en su tesis titulada “Análisis comparativo entre los sistemas aporticado y el aislador Elastomérico con núcleo de plomo para el

pabellón B de un establecimiento de salud”, tuvo como objeto de investigación realizar el análisis comparativo entre los sistemas aporticado y el aislador elastomérico con núcleo de plomo para el bloque B de un establecimiento de salud; tuvo como objetivos específicos se determinar la respuesta sísmica de la edificación con un sistema de pórticos y un sistema aislado con dispositivos elastoméricos con núcleo de plomo, asimismo identificar cuál de los sistemas posee un rendimiento más óptimo en costo y beneficio, la población de estudio comprendió todas las investigaciones y proyectos realizados en edificaciones hospitalarias y/o construidas con la implementación de los aisladores sísmicos, la muestra se consideró el pabellón B de un hospital con aisladores sísmicos elastomérico en el distrito y provincia de Chupaca – Junín, los instrumentos empleados fueron de tipo documental debido a la recolección de información mediante libros, tesis de investigación y artículos, y de tipo técnica la aplicación del programa informático Etabs que servirá para elaborar el modelamiento del sistema estructural. Los principales resultados obtenidos fueron que la edificación con el sistema aislado obtuvo periodos de vibración mayores en tres veces con respecto a la edificación con sistema de pórticos. Se concluyó que las derivas de ambos sistemas se encuentran dentro del valor permitido por la normativa vigente E.030 Diseño sismorresistente, la fuerza cortante del sistema de pórticos tiene una incidencia de 1.21 en la dirección en X y de 1.15 en la dirección en Y con respecto al sistema aislado, por lo que la fuerza cortante del sismo sobre la edificación es menor determinándolo como un sistema más eficiente y seguro.

Benites y Vargas (2021), en su artículo de investigación titulada “Resiliencia en Edificaciones con Aisladores Sísmicos”, describe los resultados obtenidos en varios estudios enfocados al desempeño sísmico de edificaciones con el sistema de aislación incorporado, realiza una comparación significativa del comportamiento del USC Hospital que cuenta con un diseño con sistemas de aisladores en su base y del Olive View Hospital con un diseño convencional en base a los datos registrados del sismo ocurrido en Northridge, Los Ángeles en el año 1994, abordando los aspectos de aceleraciones y desplazamientos en ambos sistemas de edificaciones; del mismo modo realiza cuadros y gráficos comparativos representando las consecuencias y efectos post sismo que adoptaron estas edificaciones precisando

que contó con un nivel de funcionalidad del hospital aislado con respecto al hospital convencional. Asimismo, realiza lo propio con el edificio Andalucía que son dos torres gemelas, del cual una de las torres se encuentra aislada de la base y la otra torre es un edificio convencional, para el análisis y evaluación toma en cuenta las aceleraciones y desplazamientos producidos por el sismo de Maule, Chile del año 2010; obteniendo como resultado similar a los obtenidos de la comparación de los hospitales en Estados Unidos. La investigación tuvo como conclusión la eficacia y la óptima funcionalidad de los edificios que poseen un sistema de aislamiento, debido a que estos dispositivos permiten disipar la energía provocada por estos sismos que fueron de magnitud considerable y que ocasionaron mucho daño en edificación que no contaban con este sistema en su diseño, de tal modo que también se ve reflejado en la reducción de las aceleraciones y desplazamientos, en lo que respecta al estado de resiliencia que adoptaron las edificaciones analizadas, los edificios aislados demostraron tener la capacidad de recuperarse de forma muy rápida ante estos eventos sísmicos y continuar con su operabilidad, funcionamiento y habitabilidad normal post-sismo, que es lo que finalmente se busca con la implementación de los dispositivos de aislamiento.

Calderón Astuhuaman (2021), en su tesis titulada “Factibilidad de proteger con aislamiento sísmico un edificio de vivienda social de muros de ductilidad limitada” tuvo como objetivo general de investigación contribuir a mejorar la seguridad sísmica de las edificaciones de uso de vivienda social en el Perú, tuvo como objetivo específico determinar el costo de construcción de una edificación de uso de vivienda social con muros de ductilidad limitada convencional con base fija y el costo de una edificación con sistema similar pero adicionando sistema de aislamiento, la población de estudio fueron las edificaciones de viviendas sociales con muros de ductilidad limitada del Perú, la muestra fue un edificio convencional ubicado en el distrito de Ancón al norte de la ciudad Lima, Perú. La edificación convencional es parte de un proyecto habitacional llamado “Ciudad Alameda Ancón”. Los principales resultados obtenidos fueron que se cuantificaron los metros cuadrados de ambos sistemas de edificación para determinar el costo de construcción de la edificación aislada, se determinó el costo de los dispositivos aisladores elastoméricos y deslizadores friccionales. Se concluyó que se tomará un

edificio con muros de ductilidad limitada no construido como referencia y se plantearon los dos sistemas (convencional y con sistema aislado), asimismo se determinó que una edificación convencional con muros de ductilidad limitada podría tener un comportamiento inferior al esperado respecto a la norma de diseños sismorresistente, se propuso optimizar este tipo de edificación con el sistema de aislamiento sísmico que permite obtener un buen comportamiento frente a sismos considerables, debido a que se reducen las fuerzas cortantes en la superestructura.

2.2. Antecedentes internacionales:

Aguiar et al (2018), en su artículo “Sistemas constructivos en estructuras con aisladores sísmicos”, comenta sobre la importancia que debe existir entre la superestructura, el sistema de aislamiento y la subestructura con respecto a la configuración geométrica, precisamente al momento de conceptualizar y diseñar los ductos para escaleras y/o ascensores para que el desplazamiento ocurra de forma sincronizada buscando una funcionalidad uniforme en la edificación, estas consideraciones se realizan en base a que existen terrenos que presentan ciertos desniveles dentro de la misma área donde se ejecuta un proyecto. En el desarrollo de su investigación realizó un análisis sísmico y una comparación de un diseño de dos bloques juntos e independientes, con y sin junta de construcción teniendo como resultado que el sistema de aislamiento de los bloques independientes de la edificación se desplazó en 32.58cm obteniendo un periodo de vibración de 3.62s para el bloque 1 y un desplazamiento lateral de 31.72cm con un periodo de vibración de 3.58s para el bloque 2; cuando se analizaron los bloques de forma conjunta el desplazamiento lateral fue de 35.11cm con un periodo de vibración de 4.57s, por lo que se puede deducir que se desplaza un poco más con respecto a los bloques independientes. Finalmente, el autor recomienda prever estos aspectos geométricos en la formulación de los proyectos y evitar inconvenientes en el proceso constructivo de la edificación.

Mohammed, Ismail (2018), en su artículo “Aislamiento sísmico de estructuras. Parte I: concepto, revisión y evolución reciente”, describe la filosofía del sistema de aislamiento sísmico como una estrategia de diseño el cual consistió en separar la

superestructura del suelo de fundación a fin de desviar la energía mediante el comportamiento dinámico de los dispositivos aisladores que poseen características y propiedades particulares. El autor menciona los factores fundamentales respecto al sistema de aislamiento y como es su funcionamiento, estas propiedades como son la masa, rigidez, vibración, periodos, aceleración, frecuencia, elasticidad y desplazamiento están directamente relacionadas con la dinámica estructural como base fundamental de su estudio. Asimismo, relata brevemente la evolución histórica de más de un siglo que ha tenido el sistema de aislamiento sísmico en el mundo y como nacieron las primeras propuestas de dispositivos, desde el año 1885 se tiene registro de las primeras invenciones con respecto a estos sistemas, y casi cien propuestas técnicas hasta antes del año de 1960 pero debido a razones prácticas y de confiabilidad de la profesión de la ingeniería de la época no se construyeron edificaciones con estos sistemas. Fue hasta el año 1969 que se construyó una escuela primaria de tres niveles de concreto armado en Macedonia donde se utilizaron 54 grandes bloques de goma rígidos, luego en los años setenta se desarrollaron dispositivos de caucho laminados con características principales de rigidez en el sentido vertical y flexibilidad en el sentido horizontal, conforme iba avanzado la tecnología a inicios de la década de los ochenta se desarrollaron los dispositivos LRB más conocidos como aisladores elastoméricos con núcleo de plomo y los dispositivos HDR aisladores de caucho de alto amortiguamiento, en la actualidad existen diferentes tipos de dispositivos de aislamiento sísmico para múltiples usos, no solamente para edificaciones de vivienda sino también para construcciones de puentes y otras estructuras de gran envergadura. El investigador en su estudio presenta una propuesta innovadora de aislador llamado "Roll in cage" que tiene como propósito mejorar al máximo al aislamiento sísmico y su comportamiento frente a sismos de magnitud considerable, reduciendo la fuerza producida por un sismo, controlar y equilibrar las aceleraciones. Este dispositivo posee un núcleo rodante de forma elipsoidal con tres características diferenciadas como son; la primera es un mecanismo de detención automática a fin de limitar el desplazamiento del dispositivo a raíz de las demandas sísmicas considerables, la segunda particularidad es un mecanismo de centrado automático relacionado con la gravedad a fin de evitar el desplazamiento residual y la tercera característica es la resistencia al esfuerzo axial vertical que lo proporciona los amortiguadores de

fluencia que tiene incorporado, este tipo de aislador tiene la capacidad de restaurarse frente a grandes demandas de desplazamientos, adicionalmente este dispositivo adopta mecanismos que contienen otros dispositivos en conjunto reflejándolos en uno solo como nueva propuesta tecnológica.

Piscal, C. M., & López Almansa, F. (2019), en su artículo “Comparación de las dos metodologías de análisis y diseño más recientes de ASCE 7, para el análisis de su posible empleo en edificaciones con aislamiento sísmico de base en Colombia”, los autores en su investigación realizan una breve descripción comparativa de los aspectos técnicos más fundamentales que se ha incorporado en la norma ASCE 7-16 con respecto a la norma anterior ASCE 7-10, se evidencia que con las actualizaciones realizadas a la norma internacional ASCE 7 el nivel de desempeño de las edificaciones aisladas son óptimas, uno de los cambios sustanciales que se revela en la nueva norma ASCE 7-16 es el sismo de diseño de diseño con un periodo de retorno de 2475 años con respecto a la ASCE 7-10 que consideraba 475 años de periodo de retorno, analizando el comportamiento de edificaciones convencionales con base fija se determina que el desempeño va a depender del sismo de diseño y de la categoría de uso del edificio, el límite de deriva permisible es considerado como elevado sin embargo este factor incide en un mejor desempeño de las edificaciones comunes, por lo que con respecto a la versión más reciente del código de diseño este valor es un poco más coherente. Las irregularidades consideradas en estructuras con aislamiento sísmico son diferentes con respecto a estructuras con base fija debido que algunas se podrían obviar distribuyendo las rigideces en el sistema aislado. Los métodos de análisis y diseño de las estructuras para edificios aislados son similares a las de edificio de base fija tomando en cuanto algunas consideraciones que se han indicado, con respecto a las condiciones del suelo, para suelos blandos sólo está permitido realizar análisis dinámico cronológico, lo que en nuestro lenguaje técnico conocemos como análisis tiempo historia; del mismo modo en relación a la configuración de la superestructura, para una superestructura flexible, superestructura irregular, una superestructura con comportamiento no lineal, edificios con altura mayor a cuatro niveles, o edificios mayor a 19.8 metros de altura y edificios con un periodo fundamental mayor a 5 segundo sólo se está permitido

realizar análisis tiempo – historia, mientras que para edificaciones con periodo fundamental menor a 3 segundos se permite realizar análisis dinámico espectral y análisis tiempo – historia; con respecto al sistema de aislamiento solo se está permitido realizar un análisis tiempo – historia si el factor de amortiguamiento es mayor al 30% mientras que para un sistema de aislamiento con alta no linealidad se permite realizar análisis dinámico espectral y análisis tiempo – historia, cabe recordar que el análisis tiempo historia considera realizar un análisis con registros acelerométricos de sismos ocurridos en cierta región donde se pretende ejecutar un proyecto de edificación, es por esa razón de la exigencia de la normativa vigente. La nueva norma ASCE 7-16 presenta un método coherente para considerar las propiedades mecánicas de los dispositivos y del mismo modo para el cálculo de los desplazamientos de diseño de la edificación. Finalmente se concluye que ambas normativas tienen diferencias importantes sin embargo están enfocadas en un mismo objetivo que es alcanzar un buen desempeño de las edificaciones bajo ciertas condiciones sísmicas.

Sierra y Paez (2020), en su trabajo de grado “Aisladores Sísmicos de Base: Un Compendio de Alternativas”, comenta la importancia de aprender sobre los sistemas de aislamiento sísmico y los tipos de aisladores que se están empleando actualmente en la construcción de edificaciones, menciona que los aisladores cumplen un objetivo primordial que es reducir la energía que fluye por la edificación producto de las ondas sísmicas, así evitar daños severos a las estructuras y a sus ocupantes. En el desarrollo de su trabajo de investigación precisa algunas características importantes de los dispositivos de aislamiento, las diferentes alternativas que existen para la ingeniería, su uso que ha superado hasta a la fecha más de doce mil proyectos a nivel mundial.

Tena Colunga (2020), en su artículo “Aspectos a considerar en el diseño de estructuras con aislamiento sísmico en suelos firmes y blandos”, comenta la importancia del aislamiento sísmico en la base de una edificación y las ventajas que estos dispositivos ofrecen en relación a como se extiende el periodo fundamental de vibración ante un evento sísmico, este aspecto se refleja en el espectro de las aceleraciones donde se posiciona en una zona de bajas

probabilidades. Según su investigación, el autor considera que los sistemas de aislamiento tienen un mejor funcionamiento y son más económicos en suelos rocosos y firmes debido al intervalo de periodos de vibración que se manipulan en esa zona de terrenos, por esa razón la mayoría de normativas a nivel mundial consideran un periodo de 3s como límite superior para aplicar los métodos de análisis de diseño estático y dinámico, en el desarrollo de su estudio representa gráficamente los registros de acelerogramas producidos por sismos en terrenos de México, así como sus espectros de respuesta que refleja la reducción de las aceleraciones en función al factor que resulta de la relación de los periodos de estructuras de base aislada con respecto a los de base fija, en ese sentido recomienda tomar como base fuentes sismológicas cercanas de la zona donde se pretende proyectar una edificación con sistema de aislamiento. A cerca de construir edificaciones implementando el aislamiento sísmico sobre suelos blandos, no es muy recomendable debido a las características dinámicas de los terrenos y a cómo se comportan frente a sismos considerables, por lo que se requieren estudios más avanzados y detallados dado que los periodos que se producen son muy variantes.

Viera, Luisa & Quizanga, Diego & Carranco, José. (2020), en su estudio “Análisis estático no lineal de edificios aporticados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana”, determinaron el nivel de confiabilidad que poseen las normas de construcción y diseño sismorresistente de estos tres países considerando tres factores que tienen en común como son; la zona sísmica, el tipo de suelo de fundación y el factor de seguridad, se enfocaron en evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación regular de cinco niveles con sistema aporticado de concreto armado, realizando 18 modelos idealizados de la estructura (9 modelos en Ecuador, 5 modelos en Colombia y 4 modelos en Perú), para ejecutar este análisis con respecto al tipo de suelo, las condiciones tuvieron que ser similares por lo que el estudio se realizó en zonas cercanas que involucre los tres países mencionados, la zona de influencia para tomar las características del suelo fueron en la frontera de los países, siendo las locaciones en San Lorenzo (Ecuador) y Tumaco (Colombia) para comparar la norma NEC-15 (Norma Ecuatoriana de Construcción) y la norma NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente), por otro lado se ubicaron en Huaquillas (Ecuador) y Aguas Verdes

(Perú) para comparar las normas NEC-15 y la E.030 (Diseño Sismorresistente). La aplicación de la metodología para el análisis comparativo de las tres normativas fue tomando los parámetros del suelo de las normas mencionadas comparándolas según la zonas indicadas líneas arriba, los datos fueron procesados en el software computacional SAP2000, obteniendo como resultado una curva de capacidad en la cual se determina que las edificaciones modeladas bajo las exigencias de la norma Ecuatoriana presentan una capacidad de resistencia menor a las obtenidas con las normas colombiana y peruana, debido al valor permisible establecidas en estas, siendo el valor admisible en la norma ecuatoriana del 2%, en la norma colombiana del 1% y en la norma peruana del 0.7% siendo nuestra normativa catalogada como más rigurosa. Finalmente, dentro de esta investigación se concluye que el código de construcción colombiano ofrece un mejor desempeño a las edificaciones sin embargo su rigidez es baja, mientras la normativa ecuatoriana tiene un factor muy permisible que influye en el desempeño de las estructuras, y por último nuestra norma peruana nos exige construir edificios más rígidos.

Xinyu Wang et al (2021), en su artículo “Seismic retrofitting of reinforced concrete frame-shear wall buildings using seismic isolation for resilient performance” (Rehabilitación sísmica de edificios de muros de corte de estructura de hormigón armado utilizando aislamiento sísmico para un rendimiento resiliente), evalúa el comportamiento de dos edificios de alturas considerables a fin de conocer el desempeño resiliente e identificar factores de control, se enfoca especialmente en edificios apertados, tomando como referencia otras investigaciones el cual se obtuvieron resultados que las fallas se presentan hasta en un 80% en los elementos no estructurales, asimismo de los diferentes sistemas estructurales existentes se obtienen distintos desempeños sísmicos resilientes, los estudios también demuestran que los sistemas de aislamiento sísmicos en las edificaciones son estrategias muy efectivas para incrementar la resiliencia en las estructuras de manera significativa. Para la evaluación del desempeño resiliente en la rehabilitación sísmica en los edificios de concreto armado con muros de corte se tomaron en cuenta los parámetros de demanda de ingeniería y se estudió la incidencia del rendimiento que tuvieron los edificios acondicionados con el sistema de aislamiento, el nivel de resiliencia que se evaluó depende del tiempo de

reparación y acondicionamiento de la edificación, así la máxima relación de derivas de entrepiso y la máxima aceleración absoluta del suelo tienen influencia en el control de este nivel. Finalmente se concluye que el comportamiento sísmico crítico, el tiempo de reparación de las estructuras y el costo de rehabilitación de los edificios contribuyeron a mejorar el desempeño de las edificaciones debido al rendimiento del sistema de aislamiento incorporado.

N. Murota et al (2021), en su artículo “Performance of high-damping rubber bearings for seismic isolation of residential buildings in Turkey” (Rendimiento de los dispositivos de caucho de alto amortiguamiento para el aislamiento sísmico de edificios residenciales en Turquía, la investigación describe que el tipo de dispositivo aislador elastomérico tienen un uso muy conservador con respecto al esfuerzo cortante máximo permisible según los requerimientos de la normativa Turca vigente, es por ello que se requiere de la utilización de un tipo de dispositivo más grande y con otras características según la sismicidad de la zona de estudio. Se toman tres edificaciones de concreto armado con alturas de 5m, 10m y 15m para realizar el análisis tiempo historia empleando once señales de registros de sismos importantes ocurridos a lo largo de la historia de Turquía en una zona con actividad sísmica, del mismo modo se realiza el cálculo de las fuerzas laterales actuantes sobre la edificación según los parámetros y procedimientos sísmicos del código Turco. Dadas las condiciones sísmicas, las características de las edificaciones, los análisis previos y teniendo como referencia técnica otras investigaciones, se considera factible la utilización de dispositivos de caucho con alto amortiguamiento para edificaciones de uso de vivienda. El sistema de aislamiento en la base de las edificaciones se evaluó aplicando dos criterios, el cual se requiere conocer el desplazamiento máximo y el cortante basal máximo, así también la fuerza de compresión y el desplazamiento cortante máximo, con la finalidad de determinar el esfuerzo cortante máximo y el desplazamiento máximo de los dispositivos con características del límite inferior. Se realizaron ensayos a gran escala con el objetivo de verificar el rendimiento de los dispositivos de caucho con alto amortiguamiento y demostrar su eficiencia, empleando parámetros normativos y condiciones de prueba. Finalmente se concluye que la incorporación

de un sistema de aislamiento produce eficiencia en el comportamiento de las edificaciones, en este caso el uso de aisladores de alto amortiguamiento.

Özer, Esra & Inel, Mehmet. (2021), en su artículo “The effect of seismic isolation on performance of a residence building” (El efecto del aislamiento sísmico en el desempeño de un edificio residencial), se enfoca básicamente en evaluar una edificación para uso de vivienda y determinar los resultados del comportamiento de un sistema de aislamiento empleando dispositivos elastoméricos con núcleo de plomo y aisladores de péndulo de fricción, para ello se han desarrollado cinco modelos idealizados del edificio que consta de tres niveles, se han utilizado once conjuntos de registros de aceleraciones del suelo correspondientes a sismos pasados de gran magnitud para realizar el análisis tiempo – historia, esta metodología dará resultados más exactos de los movimiento sísmicos producidos en una región determinada, el sistema estructural de la edificación es de tipo aporticado típico, se ha empleado el software computacional SAP2000 para realizar los diversos análisis motivo del estudio, como son la relación de esfuerzo-deformación, el análisis de momento-curvatura bajo las exigencias de la normativa TBDY-2018 de Turquía. Los dispositivos principales en el presente análisis son aisladores elastoméricos con núcleo de plomo y los aisladores de péndulo de fricción, evaluándolos con equipos independiente y luego combinando los terminales asimismo para diversas configuraciones geométricas del edificio, en tal sentido se han aplicado los parámetros de análisis y diseño, teniendo en cuenta las características físicas de los equipos a emplear en el sistema de aislamiento, se tiene considerado aplicar amortiguamiento al sistema con el objetivo de reducir y disipar los desplazamientos mayores. Se resalta la importancia de los aisladores deslizantes y combinar ambos dispositivos debido a dos grandes ventajas, el sistema de aislamiento de fricción es efectivo para un extenso rango de entrada de frecuencia, otra ventaja se centra en que la fuerza de fricción es proporcional a la masa de la estructura, puesto que el centro de masa coincide con el centro de rigidez del aislador deslizante, debido a ello se reducen significativamente los efectos torsionales. Para determinar los daños que se puedan producir en una edificación se realiza la evaluación de las sollicitaciones sísmicas, estos resultados nos muestran la incidencia de cómo actúa el sismo sobre el edificio y a su vez como

se comporta este o cual sería la respuesta de las estructuras frente a ello, de este análisis se tienen los máximos desplazamientos, las deformaciones, las derivas relativas de entrepiso, el coeficiente de torsión y la fuerza cortante actuante en la base de la edificación, para esta aplicación se obtuvieron resultados más reales por los datos y la información empleada en los cálculos. Finalmente se comprueba que el uso de ambos dispositivos en conjunto se obtiene mejores resultados de eficiencia en el comportamiento de la edificación residencial.

Necmettin Gunes, (2021), en su artículo “Risk-targeted design of seismically isolated buildings” (Diseño orientado al riesgo de edificios sísmicamente aislados), comenta respecto al porcentaje de excedencia del 10% para las categorías de edificaciones precisadas en la tabla 1.3.2 en la norma internacional ASCE 7-16, de igual modo relata sobre estudios realizados a edificaciones de seis niveles de acero estructural con sistemas concéntricos, arriostrados y pórticos resistentes a momentos el cual comprueban que la probabilidad de colapso y riesgo se encuentran por debajo de este porcentaje, asimismo otro estudio enfocado a una edificación de tres niveles de acero con sistemas estructurales similares dieron como resultado un porcentaje más conservador debido a que no consideraron el efecto del espectro, sin embargo una investigación realizada por el autor tomando como objeto de estudio una edificación de siete niveles de concreto armado siguiendo los requerimientos de la normativa ASCE 7-16 dio como resultado la probabilidad del colapso de los dispositivos del sistema del aislamiento superada en 10%. Es importante mencionar que las probabilidades de colapso y de riesgo están vinculadas con los desplazamientos de los dispositivos aisladores, para el actual estudio se idealizaron siete edificaciones de concreto armado con sistema de aislamiento en la base incorporado empleando aisladores deslizantes considerando los requisitos exigidos por la norma americana, para el diseño de las superestructuras se realizó el análisis de fuerzas estáticas equivalentes y el diseño de secciones con la normativa vigente Turca, para determinar el comportamiento no lineal de las vigas se modelaron con la rótula plástica concentrada en cada extremo, los dispositivos deslizantes se modelaron bilinealmente y la rigidez a la compresión de cada elemento se consideró como la relación entre la carga axial máxima y la deformación vertical. Teniendo en cuenta los requisitos del FEMA P-

695 se realizó el análisis tiempo historia para realizar la evaluación del colapso. De los análisis realizados se obtuvieron como resultado valores de incidencia menores a la indica la norma ASCE 7-16, debido a diversas condiciones dadas por los parámetros sísmicos introducidos en los análisis y también por los mismos valores de respuesta de estos, finalmente el investigador concluye que el diseño de edificios con sistema de aislamiento aplicando las normas de diseño enfocado a estos, no garantiza un comportamiento eficiente frente al colapso y el riesgo contemplado en la tabla denominada “Confiabilidad del objetivo (probabilidad condicional de falla) para la Estabilidad Estructural Causada por Terremoto de la actual norma americana ASCE 7-16.

Cem Yenidogan, (2021), en su artículo “Earthquake-Resilient Design of Seismically Isolated Buildings: A Review of Technology” (Diseño Resiliente a Terremotos de Edificios Sísmicamente Aislados: Una revisión de la tecnología), trata respecto a la importancia de los sistemas de aislamiento debido a la mejora que existe en el comportamiento de las edificaciones frente a los terremotos, cumpliendo debidamente con las exigencias que estipulan las normas, y resalta la relevancia que tienen estos dispositivos de predecir la respuesta de las estructuras frente a sismos. Asimismo, relata la gran cantidad de alternativas de dispositivos y menciona las características importantes de los códigos de diseño de sistemas de aislamiento que existen actualmente en el mundo. Finalmente se concluye que los dispositivos de aislamiento sísmico proporcionan a las edificaciones un rendimiento superior con respecto a edificios comunes; y recomienda ahondar en los estudios del comportamiento de los suelos en donde se cimientan las edificaciones.

2.3. Bases teóricas.

El principio fundamental del aislamiento sísmico es modificar la respuesta del edificio para que el suelo pueda moverse en la subestructura sin transmitir la energía a la superestructura, este sistema es eficiente porque desacopla la estructura del suelo de fundación. (Trevor, 2001, p. 9)

Un edificio rígido tendrá un valor de cero en el periodo. Cuando se produzca el movimiento sísmico en el suelo, la aceleración incitada en la estructura será igual a la aceleración del suelo y tendrá cero desplazamientos relativos entre la estructura y el suelo por lo que la estructura y el suelo se moverán en conjunto. Un edificio perfectamente flexible tendrá un valor infinito en el periodo. Cuando se produzca un sismo, el movimiento del suelo por debajo de la estructura no existirá aceleración inducida en la estructura y el desplazamiento relativo entre la estructura y el suelo será igual al desplazamiento producido en el suelo, en donde la estructura no se moverá, mientras que el suelo sí. (Trevor, 2001, p. 9).

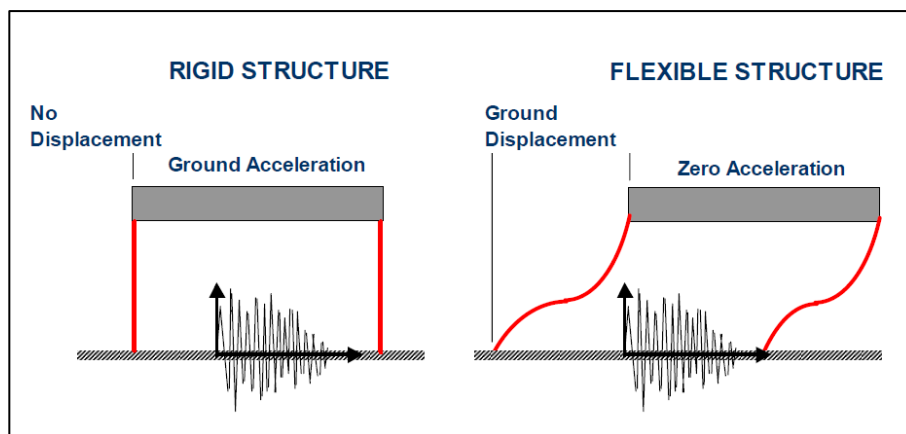


Figura 1. Transmisión de movimiento en el suelo

Fuente: Base insulation of structures

Las características mecánicas de los aisladores elastoméricos de núcleo de plomo han sido temas de estudio por muchos investigadores durante muchos años, en donde los análisis que se realizan emplean métodos no lineales, se han desarrollado predicciones en base a la teoría elástica y ensayadas en laboratorios especializados, en la actualidad estas comprobaciones se realizan mediante el análisis de elementos finitos. La propiedad mecánica más relevante de un aislador elastomérico es su rigidez horizontal (K_H), el cual es el cociente del producto del módulo de corte del elastómero (G), por el área de la sección transversal del dispositivo (A), en relación con el espesor total del caucho (t_r). Mientras que el desplazamiento máximo horizontal (D) está relacionado con la deformación unitaria máxima. Asimismo, la rigidez vertical (K_V) y la rigidez a la flexión, que se formula como el producto del módulo de elasticidad y el momento de inercia (EI) por

semejanza con la hipótesis de vigas, también están dadas por una teoría elástica lineal la cual es fundamental para el diseño de los aisladores sísmicos. La frecuencia vertical de una estructura aislada se considera como un criterio de diseño importante, está controlada por la rigidez vertical de los dispositivos que conforman el sistema de aislamiento. Para predecir esta frecuencia vertical, el especialista estructural necesita calcular la rigidez vertical de los dispositivos bajo cargas de servicio máximas, promedios y mínimas, por lo que es imprescindible un correcto análisis lineal. (Naeim & Kelly, 1999, p. 93-94)

La teoría del pandeo de los dispositivos de aislamiento es una consecuencia del trabajo de Haringx en 1947 sobre las características mecánicas de los resortes helicoidales de acero y las varillas de goma utilizadas para los montajes de vibraciones. Este trabajo fue publicado en una serie de informes, el tercero de los cuales (Haringx 1949) cubre la estabilidad de varillas de goma maciza. (Kelly & Konstantinidis, 2011, p. 83)

2.3.1. Estructura.

Una estructura es un sistema, un conjunto de componentes que se acoplan en forma sistemática para cumplir una función específica. (Ottazzi, 2014, p. 8). Una estructura es un conjunto de elementos resistentes que colaboran e interactúan entre sí, para soportar fuerzas y cargas manteniendo el equilibrio, el cual se distribuyen y transmiten desde sus puntos de aplicación al suelo. (Delgado, 2011, p. 22).

2.3.2. Edificaciones.

Son un conjunto de estructuras compuestas por cimientos, sobrecimientos, muros de albañilería, tabiquerías, columnas de confinamiento, columnas estructurales, muros estructurales, vigas, dinteles, losas aligeradas y/o macizas ejecutadas siguiendo múltiples procesos constructivos. (San Bartolomé et al, 2018, p. 97).

2.3.3. Concreto Armado.

El concreto armado lleva este nombre debido a que contiene acero corrugado, el cual este material le brinda resistencia al concreto cuando es sometido a esfuerzos

de tracción. El concreto armado es empleado cuando se desea cubrir grandes cargas y luces cortas. (Delgado, 2011, p. 33).

2.3.4. Análisis estructural.

El Análisis estructural es una disciplina que se encarga de la preparación de métodos de cálculo, para determinar la resistencia, estabilidad, rigidez, durabilidad y seguridad de las estructuras, del cual se obtienen valores necesarios para un diseño confiable y seguro. (Villarreal, 2009, p. 2).

2.3.5. Análisis estático.

Es un método también llamado análisis de fuerzas estáticas equivalentes que representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas distribuidas en altura actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación. (RNE E.030, 2016, p. 26).

2.3.6. Análisis dinámico.

Es el análisis que determina los modos de vibrar de las estructuras mediante el cálculo de la aceleración espectral y criterios de combinación, complementario al análisis estático. (RNE E.030, 2016, p. 28).

2.3.7. Carga.

Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos. (RNE E.020, 2006, p. 11).

2.3.8. Metrado de cargas.

El metrado de cargas es una técnica de cálculo de las cargas verticales o cargas de gravedad, el cual provocan esfuerzos e influyen en la fuerza cortante de las edificaciones, y en la magnitud de las fuerzas sísmicas actuantes, estas cargas pueden ser permanentes o variables. (San Bartolomé et al, 2018, p. 214).

2.3.9. Cortante basal.

La fuerza cortante en la base del edificio (V), se determina en función del peso sísmico P , de dos parámetros que dependen de la ubicación del edificio (factores Z y S), de un parámetro que depende del uso de la edificación (U) y de dos parámetros relacionados con el sistema estructural, el factor de amplificación dinámica (C) y el factor de reducción (R). (Muñoz, 2020, p. 35).

2.3.10. Ductilidad.

La ductilidad es la propiedad particular que tiene un material para soportar deformaciones grandes sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos. En miembros estructurales sometidos a cargas normales se desarrollan altas concentraciones de esfuerzos en varios puntos. (McCormac, 2013, p. 2).

2.3.11. Rigidez.

La rigidez a flexión de un elemento se define como el momento que se debe aplicar en el extremo del elemento para generar una rotación unitaria en ese extremo. (Kassimali, 2015, p. 649). La rigidez lateral absoluta se define como la fuerza cortante de originar un desplazamiento lateral unitario relativo entre los extremos de un elemento columna. (San Bartolomé, 1998, p. 183).

2.3.12. Desplazamiento lateral.

El desplazamiento lateral es el movimiento traslacional debido a las fuerzas laterales producidas por los sismos, el cual se calculan suponiendo un comportamiento lineal elástico en las estructuras. (RNE E.030, 2016, p. 27).

2.3.13. Derivas.

Son los desplazamientos laterales relativos de entrepisos, es el cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso. (Muñoz, 2020, p. 49).

2.3.14. Resiliencia.

Es la capacidad que tiene un cuerpo deformado de recuperar su estado inicial a causa fuerzas externas y esfuerzos producidos. (Benites & Vargas, 2021, p. 33).

2.3.15. Acelerograma.

Es un registro de la aceleración del movimiento del suelo, el cual registra dos componentes horizontales (generalmente en las direcciones Norte-Sur y Este-Oeste) y una vertical; un sistema de discriminación de señales realizado mediante un acelerógrafo. (Herráiz, 1997, p. 85).

2.3.14. Sistema de aislamiento sísmico.

Conjunto de elementos estructurales que incluye los aisladores, así como todos los elementos que transfieren fuerzas entre elementos del sistema de aislamiento sísmico, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones. (RNE E.031, 2019, p. 3).

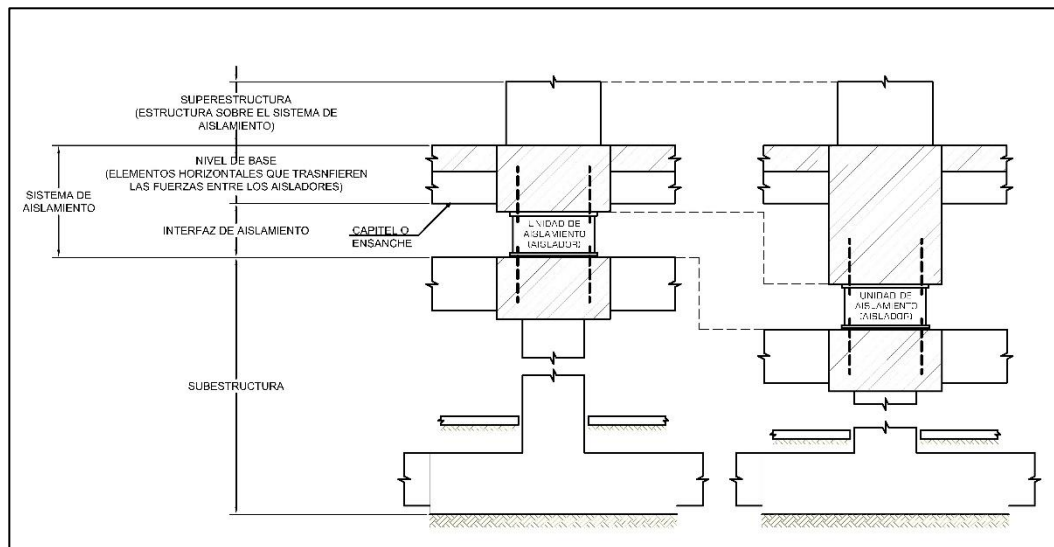


Figura 2. Sistema de aislamiento
Fuente: E.031 Aislamiento sísmico

2.3.15. Superestructura.

Conjunto de elementos estructurales principales que se encuentran por encima del sistema de aislamiento sísmico. (RNE E.031, 2019).

2.3.16. Subestructura.

Conjunto de elementos estructurales que se encuentran por debajo del sistema de aislamiento. (RNE E.031, 2019, p. 3).

2.3.17. Aislador.

Elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo solicitaciones sísmicas. (RNE E.031, 2019, p. 3).

2.3.18. Aisladores elastoméricos.

Este dispositivo está compuesto por capas alternadas de goma y placas de acero unidas entre sí por un proceso de vulcanización. De esta manera, la rigidez del aislador es controlada por el espesor de las capas de goma. Mientras más gruesas son estas capas más flexibles es el dispositivo en la dirección horizontal. En cambio, la rigidez vertical del aislador es controlada por la alta rigidez en planta de las placas de acero que inhibe la expansión lateral de la goma que resulta de la presión vertical. (Aguiar, 2008, p. 248).

2.3.19. Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo.

Dispositivo compuesto por un núcleo de plomo incrustado en el centro de un caucho laminado el cual proporciona la capacidad de amortiguación, por lo que no requiere un amortiguador por separado. (Bridgestone, 2017, p. 1).

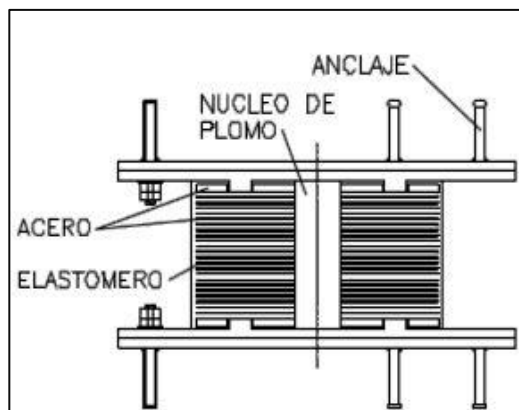


Figura 3. Aislador elastomérico con núcleo de plomo
Fuente: Sirve

2.3.20. Lazo histéresis.

Esta es la trama fuerza-desplazamiento generado por el corte de prueba en un aislador. (DIS, 2007, p. 18).

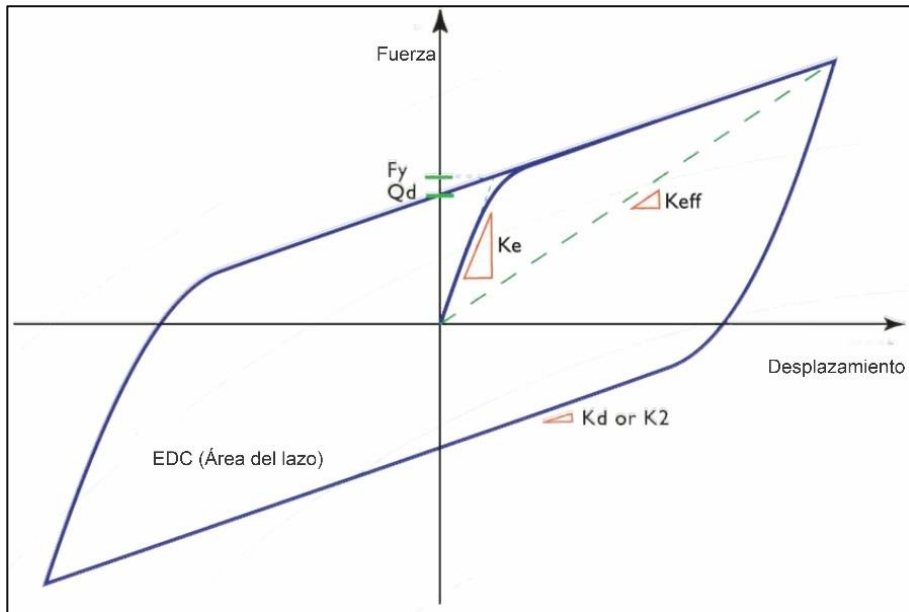


Figura 4. Lazo de histéresis de un aislador
 Fuente: Dynamic Isolation Systems

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, en la cual se conoce la problemática de estudio y se pretende brindar una alternativa de solución.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo no experimental por lo que realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. (Hernández et al, 2014, p. 152). Asimismo, se enfoca en un diseño transversal debido a que la recopilación de datos se realiza en un momento único. (Hernández et al, 2014, p. 154).

3.1.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo porque se pretende exponer las características del funcionamiento y comportamiento de la edificación con sistema de aislamiento. (Hernández et al, 2014, p. 92).

Descriptiva, porque se describen las características de los dispositivos del sistema de aislamiento, y se detallan los procedimientos para el análisis y diseño sísmico de la edificación en estudio.

3.2. Variables y operacionalización:

3.2.1. Variable:

Se tomó como única variable al diseño sísmico.

- **Definición conceptual:** Es el desempeño aceptable de una estructura durante un evento sísmico está basado en que el sistema resistente de fuerza lateral sea capaz de absorber y disipar energía

de una manera estable por un largo número de ciclos. (Villarreal, 2009, p. 10).

- **Definición operacional:** Es un método que permite analizar y diseñar estructuras bajo demandas sísmicas. Se trata de una metodología práctica, racional y sencilla que logra proyectar el nivel de respuesta que tendrá una estructura frente a un sismo de una intensidad determinada.

- **Indicadores:**

1. Diámetro del aislador
2. Altura del aislador
3. Número de capas de caucho
4. Diámetro del plomo
5. Rigidez producida
6. Resistencia característica
7. Rigidez a la compresión
8. Desplazamiento máximo
9. Capacidad de carga
10. Tipo de suelo
11. Capacidad portante
12. Planos y áreas
13. Áreas tributarias
14. Longitudes de luces
15. Secciones de elementos estructurales
16. Largo, ancho, altura
17. Peso propio
18. Peso específico
19. Peso total
20. Peso sísmico
21. Cortante basal
22. Fuerzas laterales

23. Desplazamientos
24. Cortante basal
25. Espectro de diseño
26. Masa participativa
27. Desplazamientos
28. Aceleraciones máximas
29. Desplazamientos relativos máximos
30. Momentos flectores
31. Cortantes
32. Área de acero requerido

- **Escala de medición:** La medición es de razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

La población de la investigación que se va a considerar es un edificio de uso multifamiliar de siete niveles con sistema de pórticos con aisladores elastoméricos.

Muestra:

Definido como un subgrupo representativo del universo o población, de donde se extraen datos. (Hernández et al, 2014, p. 173).

En la presente investigación la muestra es un edificio de uso multifamiliar de siete niveles con sistemas de pórticos con aisladores elastoméricos.

Muestreo:

Se determina que la población y la muestra son la misma unidad de análisis, por lo que no se precisa realizar ningún tipo de muestreo.

Unidad de análisis:

Edificio multifamiliar de siete niveles con sistemas de pórticos con aisladores elastoméricos ubicado en la ciudad de Tacna, con un área de 300m².

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La técnica de recolección de datos que se empleó en la investigación fue mediante la observación y elaboración de hojas de cálculo.

El instrumento de recolección de datos a aplicar es, las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones; norma técnica E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.031 Aislamiento sísmico y E.060 Concreto Armado. Asimismo, el uso de las herramientas informáticas, como son los softwares, CSI Etabs V19.1.0, PTC Mathcad 6.0, SeismoSignal, SeismoMatch, MS Excel, AutoCAD 2018 y CSI Detail V18.2.1.

3.5. Procedimientos:

En primer lugar, se recopiló información de diversos estudios de tesis de investigación, libros, revistas, artículos científicos, publicaciones especializadas, normas peruanas vigentes, catálogos, así como toda información relacionada con diseño sísmico de edificaciones, sistema de aislamiento sísmico y tipos de dispositivos de aislamiento. Posterior a ello se realizó el estudio de mecánica de suelos a fin de determinar la capacidad portante del suelo e identificar las características del suelo donde se fundarán los cimientos de la edificación, luego se realizó la estructuración de la edificación de los planos de arquitectura proporcionados, se realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales para la edificación multifamiliar considerando en primera instancia de base fija para calcular el peso de la superestructura y el predimensionamiento del sistema aislado a fin de obtener el metrado de cargas, luego considerando los parámetros sísmicos de la normativa vigente de diseño sismorresistente E.030 y de aislamiento sísmico E.031 se procedió a los análisis sísmico estático lineal, análisis modal espectral, análisis tiempo historia tomando en cuenta que estos análisis se realizaron de forma iterativa hasta obtener los resultados más favorables, posterior a ello se tomaron en cuenta las características físicas y de diseño del aislador elastomérico con núcleo de plomo para procesar los análisis sísmicos, los sismos utilizados para el análisis tiempo

historia fueron en base a acelerogramas registrados en el país así como también sismos internacionales importantes. Finalmente se diseñaron los elementos estructurales de la edificación con el sistema aislado incorporado según los requisitos de la norma de concreto armado vigente E.060.

3.5.1. Ubicación del área de estudio.

El lugar donde se realizó la investigación se encuentra ubicado en Residencial Las Gardenias D-5, el terreno abarca un área de 300m².



Figura 5. Ubicación del área de estudio
Fuente: Google Maps



Figura 6. Vista del terreno – área de estudio

3.5.2. Estructuración:

Se realizó la estructuración de la edificación tomando como referencia el plano de arquitectura del proyecto, y teniendo en cuenta los principales criterios básicos para obtener una edificación sismorresistente; basados en las recomendaciones de simplicidad y simetría, resistencia y ductilidad, y rigidez lateral. (Blanco, 1997).

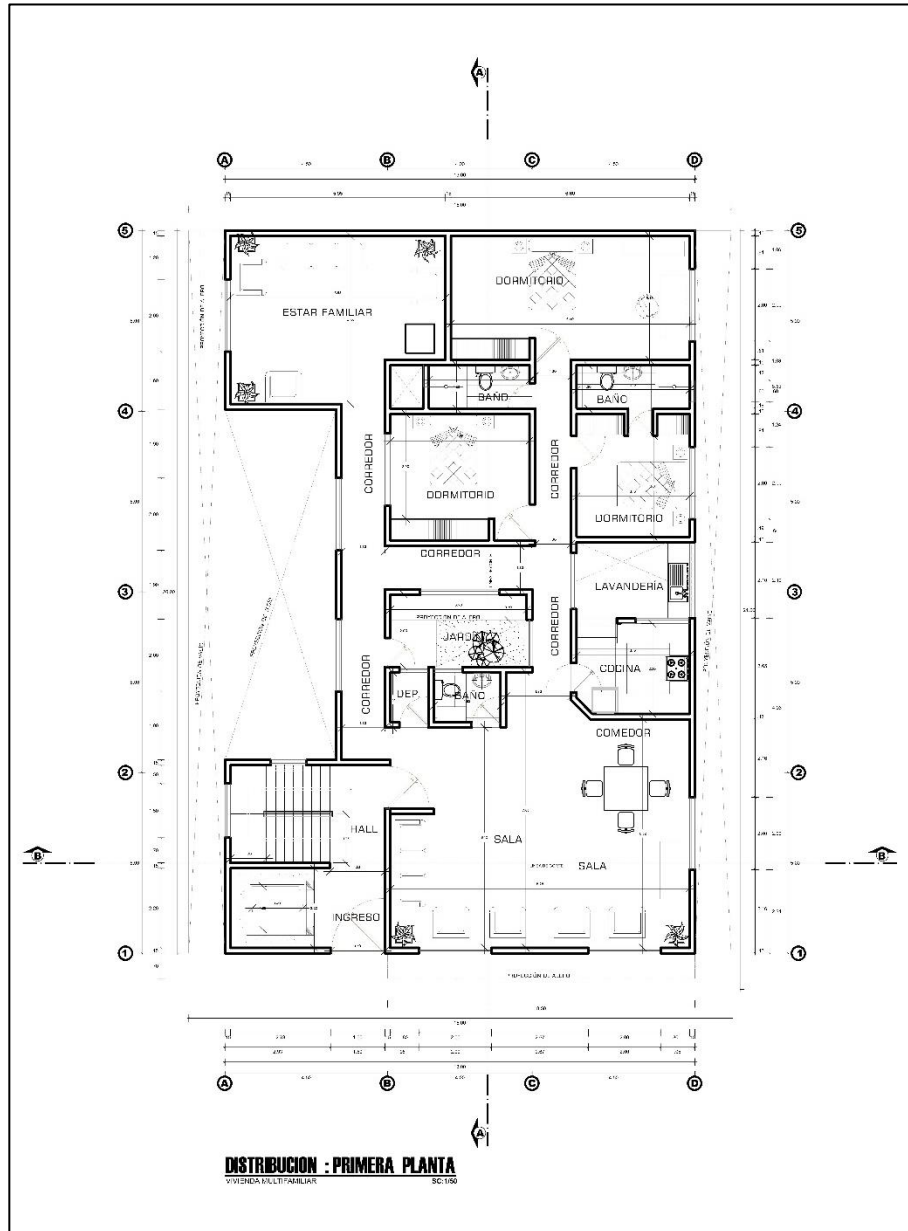


Figura 7. Plano de distribución – primera planta.
Fuente: B&O Constructora & Arquitectura.

La distribución de la primera planta está conformada por un ingreso, un ascensor, un hall, una escalera, una sala-comedor, una cocina, un baño de visita, un depósito, un jardín, una lavandería, un dormitorio principal con baño, dos dormitorios secundarios con baño compartido y un estar familiar; con un área techa de 223.38 m², un área libre del 25% de 76.62m² el cual incluye los espaciamentos laterales de 1.00 m para el desplazamiento del edificio con los dispositivos y acceder a la subestructura para el mantenimiento periódico de los mismos.

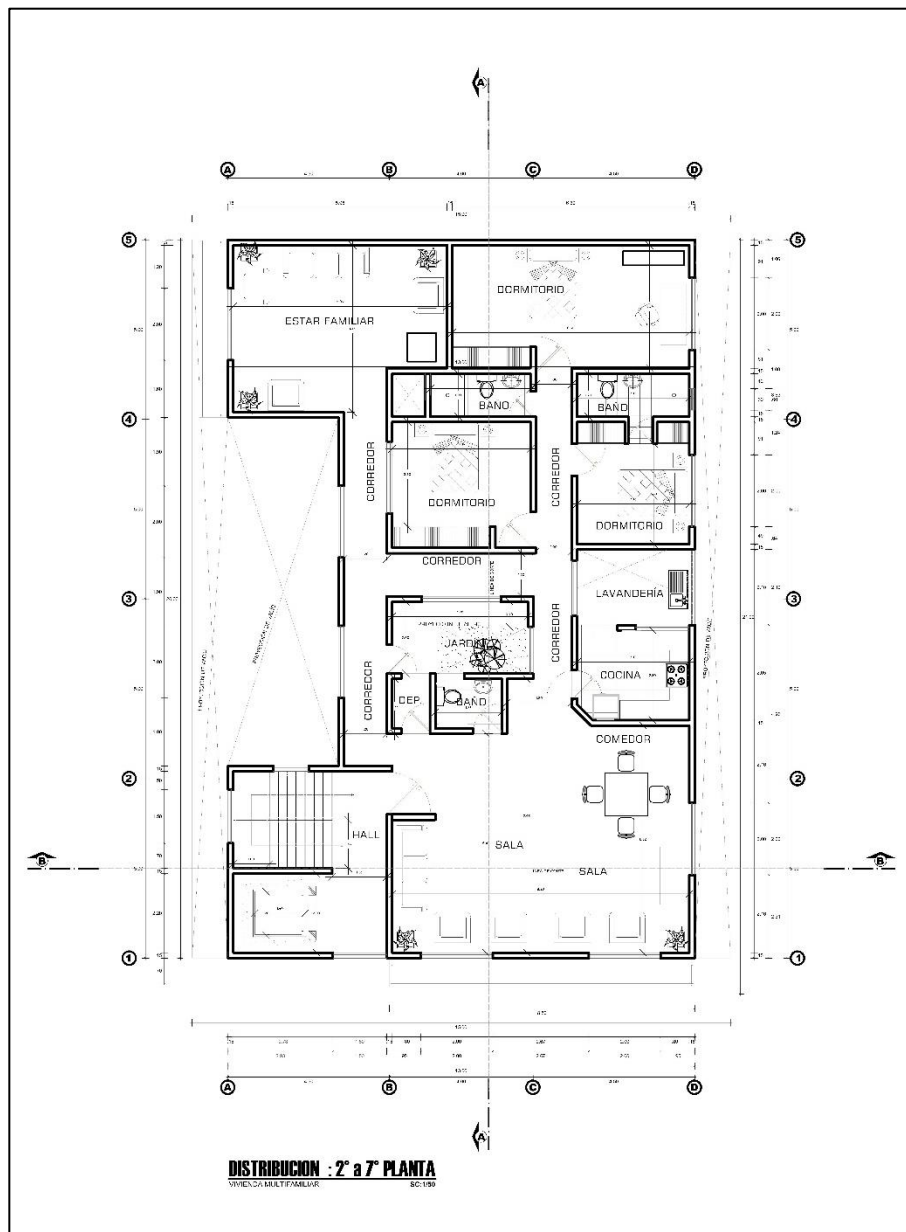


Figura 8. Plano de distribución de la segunda a séptima planta
Fuente: B&O Constructora & Arquitectura.

La distribución de la segunda planta hasta la séptima planta está conformada un ascensor, un hall, una escalera, una sala-comedor, una cocina, un baño de visita, un depósito, un jardín, una lavandería, un dormitorio principal con baño, dos dormitorios secundarios con baño compartido y un estar familiar; con un área techa de 223.38 m².

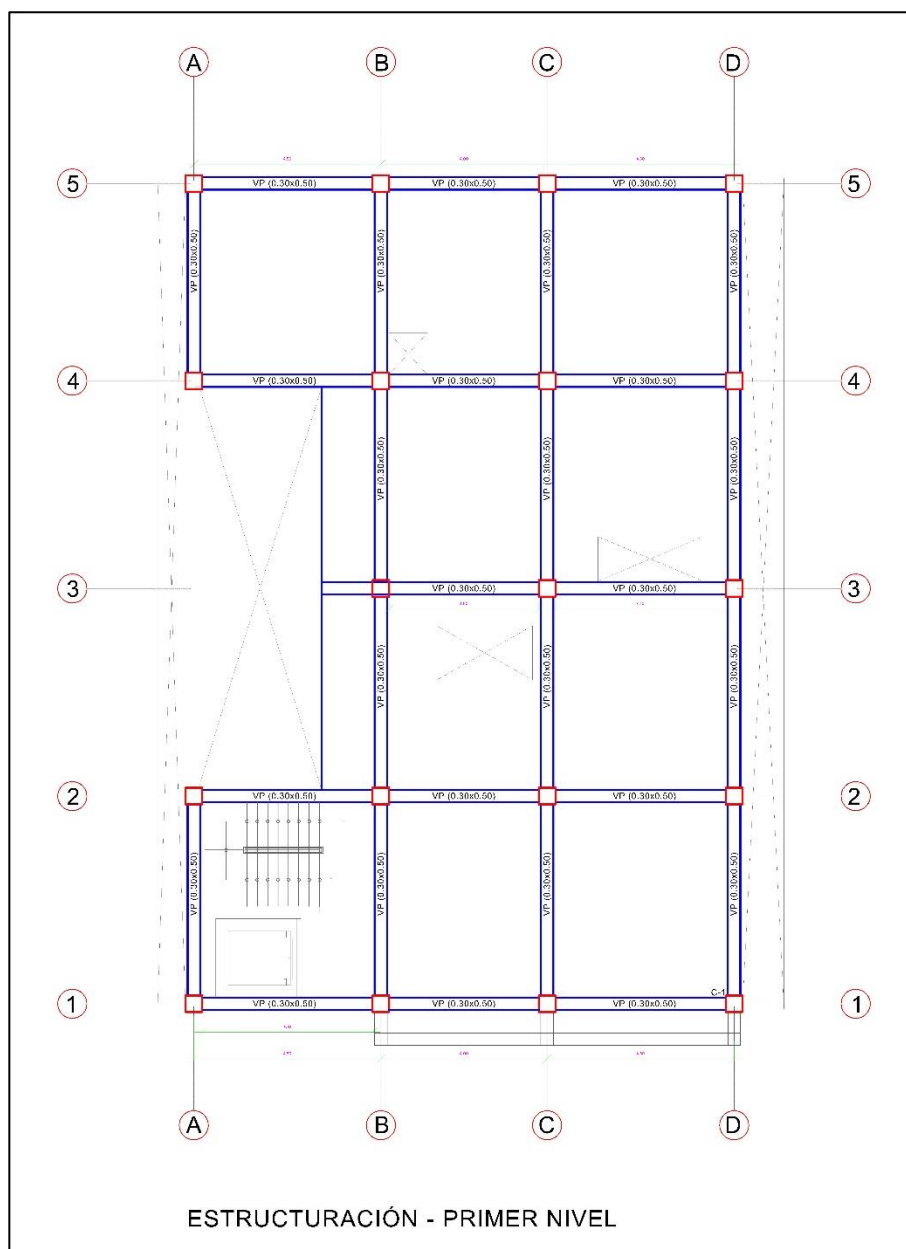


Figura 9. Estructuración del primer nivel

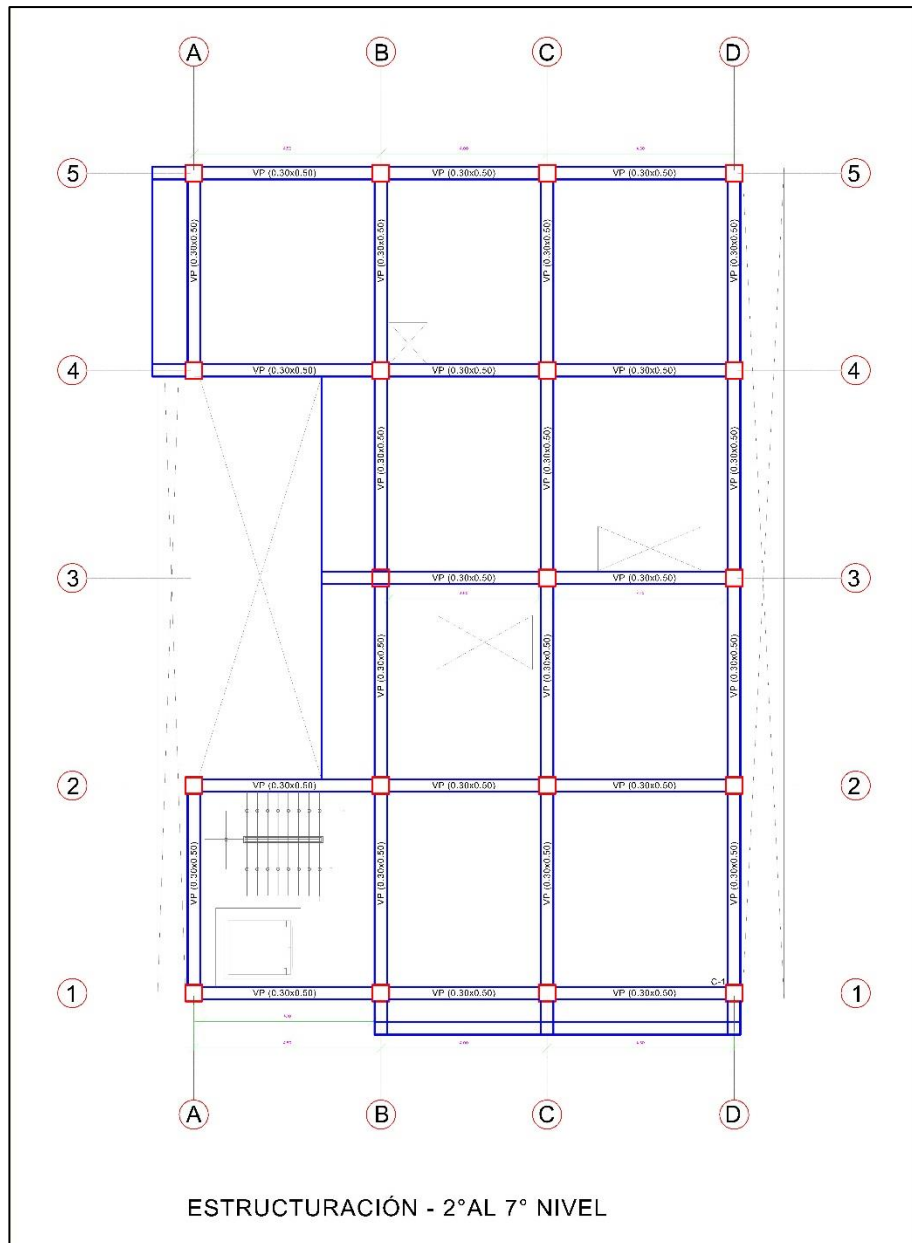


Figura 10. Estructuración del segundo al séptimo nivel

3.5.3. Predimensionamiento de elementos estructurales.

Predimensionamiento de losas aligeradas.

Para calcular el espesor de la losa aligerada se realizó el predimensionamiento considerando el siguiente criterio:

$$e = \frac{L}{21} \quad (3.1)$$

Este criterio se encuentra contemplado en la Tabla 9.1 de la Norma E.060 Concreto Armado.

Asimismo, para losas aligeradas se puede tener en cuenta los criterios siguientes (Blanco, 1997, p. 35-36):

Tabla 1. Criterios para espesor de losas aligeradas.

Criterio	Espesor total de la losa
Para luces menores de 4.00 m	$h = 0.17 \text{ m}$
Para luces entre 4.00 m y 5.50 m	$h = 0.20 \text{ m}$
Para luces entre 5.00 m y 6.50 m	$h = 0.25 \text{ m}$
Para luces entre 6.00 y 7.50 m	$h = 0.30 \text{ m}$

Fuente: adaptado de Antonio Blanco.

Predimensionamiento de vigas principales.

Para calcular el peralte de las vigas principales se realizó el predimensionamiento considerando los siguientes criterios:

$$h = \frac{\text{Luz libre}}{10} \quad (3.2)$$

$$h = \frac{\text{Luz libre}}{12} \quad (3.3)$$

Para calcular el ancho de la viga se consideró la siguiente ecuación:

$$b = \frac{h}{2} \quad (3.4)$$

El ancho mínimo de la base de la viga se puede considerar como $b=0.25 \text{ m}$ según la normativa peruana de concreto armado. Asimismo, se pueden tomar en consideración las siguientes dimensiones usuales en vigas (Blanco, 1997, p. 40):

Tabla 2. Dimensiones usuales de vigas.

Descripción	Dimensiones
Para luces menores o iguales que 5.50 m	0.25m x 0.50m 0.30m x 0.50m
Para luces menores o iguales que 6.50 m	0.25m x 0.60m 0.30m x 0.60m 0.40m x 0.60m
Para luces menores o iguales que 7.50 m	0.25m x 0.70m 0.30m x 0.70m 0.40m x 0.70m 0.50m x 0.70m
Para luces menores o iguales que 8.50 m	0.30m x 0.75m 0.40m x 0.75m 0.30m x 0.80m 0.40m x 0.80m
Para luces menores o iguales que 9.50 m	0.30m x 0.85m 0.30m x 0.90m 0.40m x 0.85m 0.40m x 0.90m

Fuente: adaptado de Antonio Blanco

Predimensionamiento de columnas.

Para el predimensionamiento inicial de las columnas se consideró el valor del lado de la columna según lo indicado en el capítulo 21 de la norma E.060 Concreto Armado, inciso 21.6.1.2. en donde indica que la dimensión menor de la sección transversal no debe ser menor a 25 cm. ó 0.25 m.

Con este valor de 0.25 m se realizó la diagramación de las áreas tributarias para las columnas según su ubicación en la estructuración inicial siendo las columnas centradas, excéntricas y esquinadas como se muestra a continuación en la figura 10.

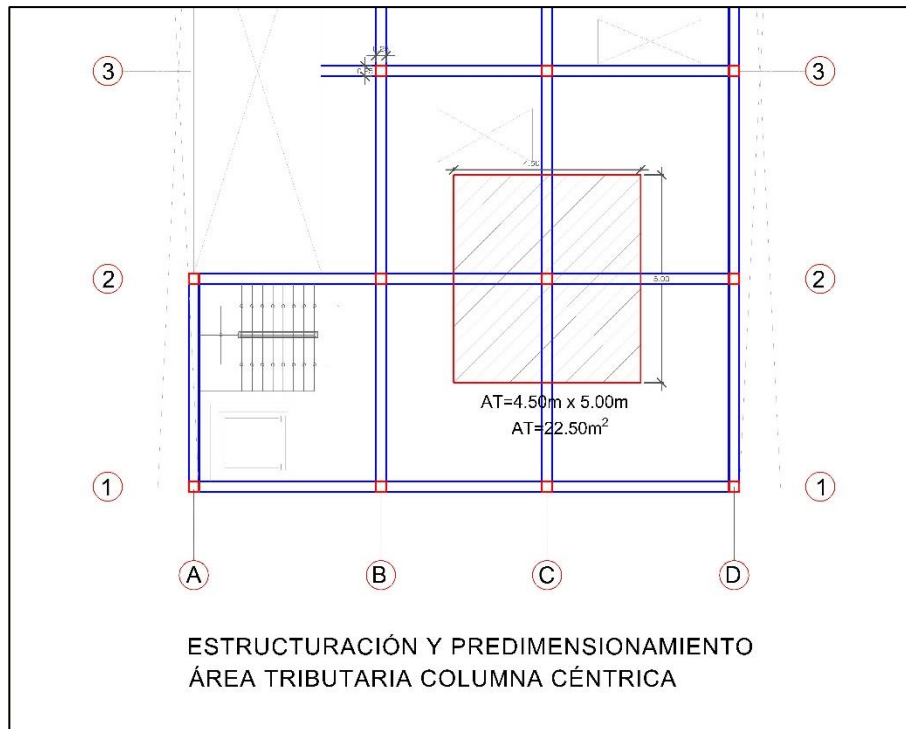


Figura 11. Área tributaria de columna céntrica

Para el cálculo de las columnas principales centradas se utilizó el siguiente criterio:

$$\text{Área de columna} = \frac{P (\text{servicio})}{0.45 * f'c} \quad (3.5)$$

Donde P (servicio) es el resultado del producto de:

Peso del edificio: 1500 kgf/m²

At: Área tributaria de la columna

N: Número de pisos

F'c: resistencia a la compresión del concreto

Siendo la sección de la columna hallada con la siguiente ecuación:

$$a, b = \sqrt{\text{Área de la columna}} \quad (3.6)$$

Donde a y b son la sección transversal y dimensión perpendicular respectivamente.

Para el cálculo de las columnas esquinadas se utilizó el siguiente criterio:

$$\text{Área de columna} = \frac{P (\text{servicio})}{0.35 * f'c} \quad (3.7)$$

Para el cálculo de las columnas excéntricas se muestra su área tributaria en la figura 11:

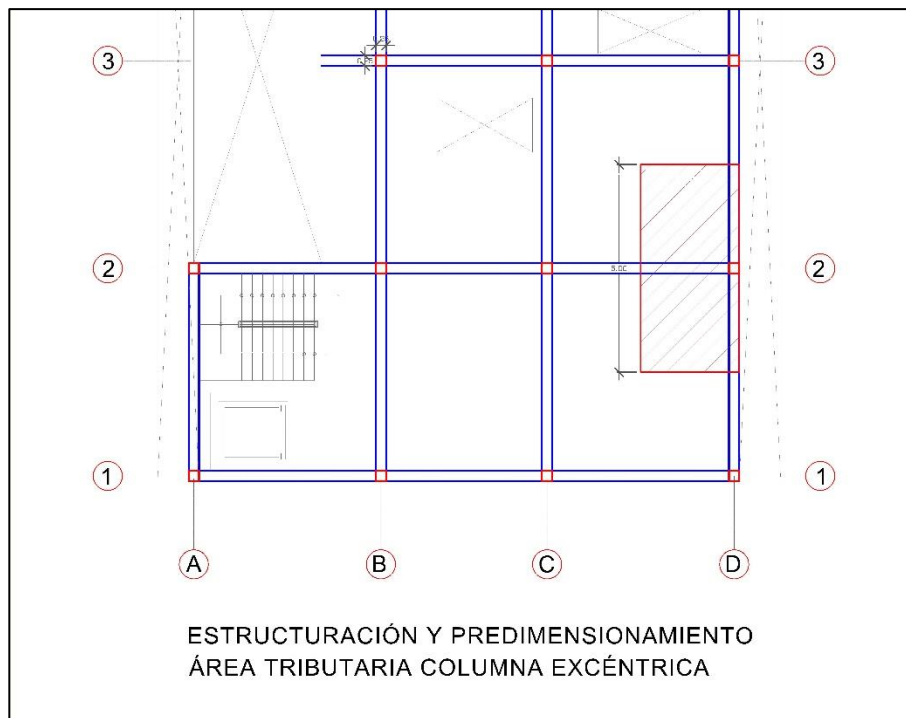


Figura 12. Área tributaria de columna excéntrica

Adicionalmente, se realizó el predimensionamiento de las columnas aplicando un método según ensayos experimentales en Japón (Morales, 2006, p. 127-129), que consiste en calcular la siguiente ecuación:

$$n = \frac{P}{f'c * bD} \quad (3.8)$$

En el cual las columnas se predimensionan con la ecuación despejada:

$$bD = \frac{P}{n * f'c} \quad (3.9)$$

Donde:

D = Dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna.

b = La otra dimensión de la sección de la columna.

P = Carga total que soporta la columna.

n = Valor que depende del tipo de columna.

f'c = Resistencia del concreto a la compresión.

Para la aplicación de este método se cuenta con una tabla de valores a calcular con relación a los factores descritos.

Tabla 3. Método ensayo experimental

Tipo de columna	Descripción	Ubicación	Factores	
			P	n
Tipo C1	Para los primeros pisos	Columna interior	1.10 PG	0.30
Tipo C1	Para los 4 últimos pisos superiores	Columna interior	1.10 PG	0.25
Tipo C2, C3		Columnas extremas de pórticos interiores	1.25 PG	0.25
Tipo C4		Columna de esquina	1.50 PG	0.20

Fuente: adaptado del libro Diseño en concreto Armado ICG.

Para calcular la sección de la columna C1, según la Tabla 3 se tomó en cuenta el área tributaria $A_t = 4.50 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} = 22.50 \text{ m}^2$, y se determinó el valor de P aplicando la ecuación 3.10:

$$P = PG * A_t \quad (3.10)$$

Predimensionamiento de muros.

Para el predimensionamiento de muros de concreto se consideró un espesor mínimo de 10 cm a 15 cm. sin embargo, las dimensiones finales dependieron fundamentalmente luego de realizado el análisis (Blanco, 1997, p. 43). Los

muros considerados en la estructuración de la edificación corresponden a la caja del ascensor, por lo que consideró un espesor de 0.15 m.

Predimensionamiento de escalera.

Se realizó el predimensionamiento del espesor del peralte del tramo inclinado y de la losa de descanso. Asimismo, es opcional realizar el modelado y el análisis de gravedad de este componente.

Para predimensionar la escalera simplemente apoyada se empleó la siguiente ecuación:

$$t = \frac{Ln}{20} \quad (3.11)$$

Metrado de cargas.

Se realizó el metrado de cargas de la edificación por piso, tomando en cuenta las dimensiones de los elementos predimensionados, utilizando una hoja de cálculo se organizaron los datos de las secciones de columnas y vigas, peso volumétrico del concreto, espesor y peso propio de cada paño de losas aligeradas, peso de acabados y peso de tabiquería repartida en relación con el área techada efectiva para determinar el peso propio y carga muerta de los mismos; se utilizó el valor de carga viva considerando el uso de vivienda como lo indica la norma técnica E.020 Cargas.

Para verificar si se realizó un correcto metrado de cargas se dividió el peso sísmico obtenido entre el área total techada de la edificación, el cual se refleja en la siguiente ecuación:

$$Peso/área = \frac{Peso\ sísmico\ (Tn)}{Área\ techada\ (m^2)} \quad (3.12)$$

Análisis Gravitacional.

Para realizar el modelado geométrico de la edificación se utilizó el software CSI Etabs V19.1.0 en su versión de prueba. El correcto modelado de la

edificación permitió la adecuada distribución de las cargas sean estas gravitacionales como sísmicas. (Oviedo, 2016).

En principio, el modelo de la edificación para el análisis gravitacional es un edificio convencional de base fija debido a que se tiene que conocer el peso del edificio para luego realizar los análisis sísmicos correspondientes.

Se realizó el análisis gravitacional de la edificación considerando el peso propio de los elementos estructurales, la carga muerta y la carga viva, asimismo se verificó el peso total y sísmico obtenido con el software CSI Etabs V19.1.0.

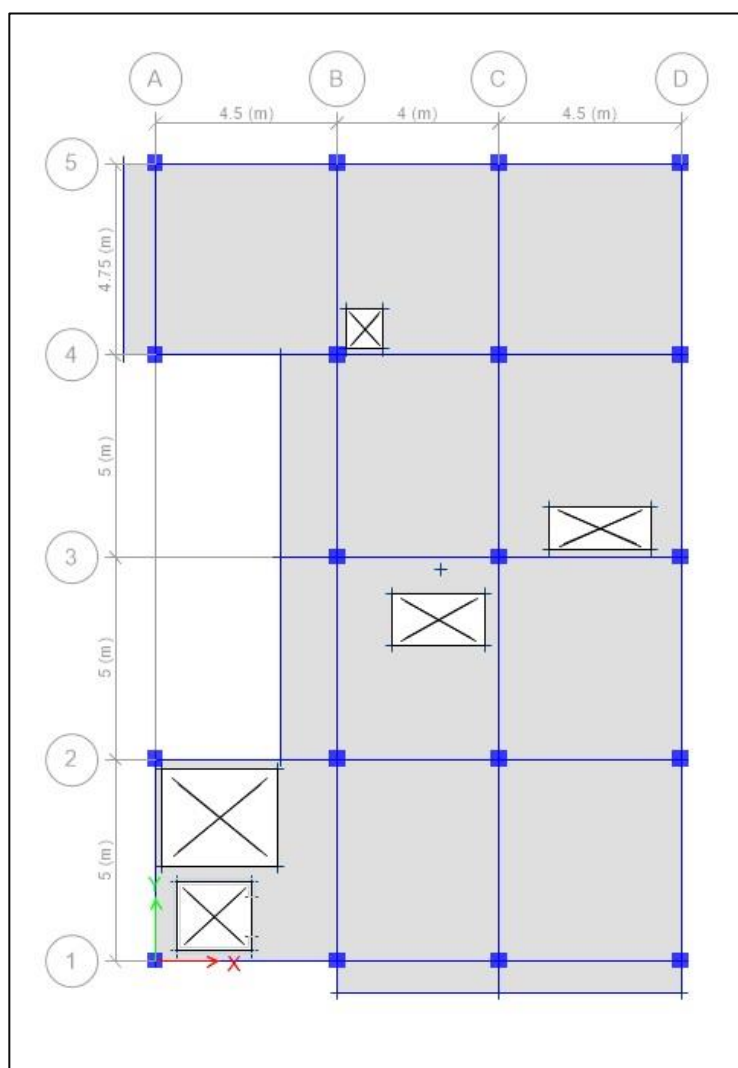


Figura 13. Modelado geométrico – vista en planta

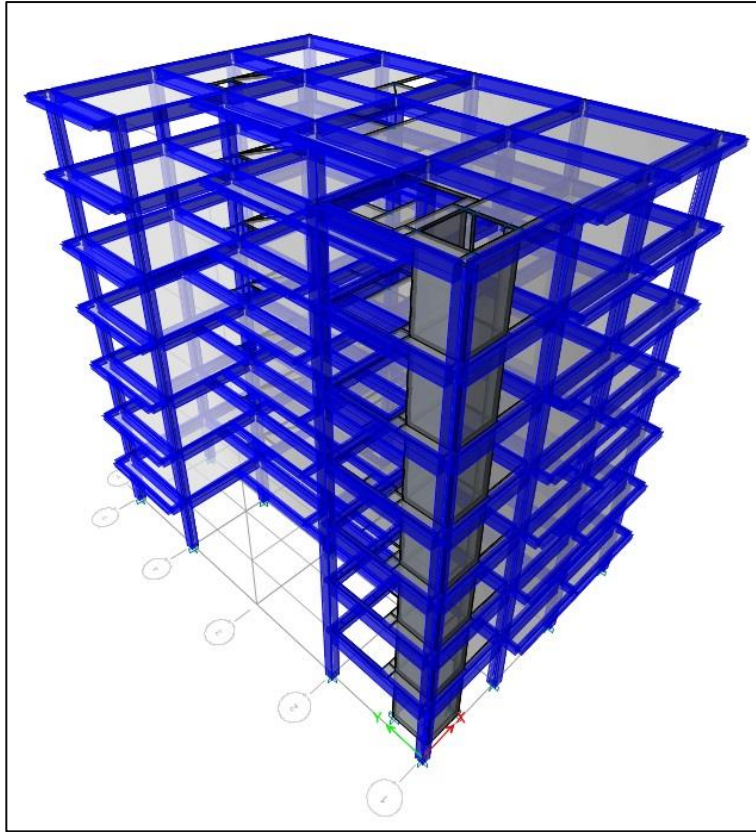


Figura 14. Modelado geométrico – vista en 3D

Con el análisis gravitacional realizado en el software Etabs V19.1.0 también se determinó el peso total de la edificación y el peso sísmico, expresado en la tabla 12.

Análisis sísmico estático.

Se realizó el análisis sísmico estático de la edificación considerando los parámetros sísmicos según indica la normativa peruana E.030 Diseño Sismorresistente, como se describen a continuación:

i) Zona sísmica.

Por la ubicación geográfica en donde se encuentra ubicado, le corresponde una Zona 4 y factor de zona $Z = 0.45$, siendo este factor la zona sísmica más crítica ubicada en la costa peruana, en donde se produciría la máxima aceleración del suelo de $0.45g$ el cual la aceleración sería de 441.45 cm/s^2 en una ocurrencia sísmica.

ii) Tipo de suelo.

Para conocer la clasificación y la capacidad portante del suelo se realizó un estudio de mecánica de suelos en la zona de estudio. Con la excavación de una calicata con una profundidad de hasta 3 m, encontrando suelo granular a partir de los 2.20 m.



Figura 15. Excavación de calicata



Figura 16. Excavación de calicata



Figura 17. Extracción del estrato del suelo



Figura 18. Muestra del suelo extraído

iii) Factor de amplificación sísmica.

Para determinar el factor de amplificación sísmica se calculó el periodo fundamental de la edificación aplicando la ecuación:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (3.13)$$

Donde:

hn = Altura total de la edificación expresada en metros.

CT= 35. Valor para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte. (Norma E.030-2018 Diseño Sismorresistente)

Se calculó el factor de amplificación sísmica teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Cuando: } T < T_p \\ C &= 2.5 \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} \text{Cuando: } T_p < T < T_L \\ C &= 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned} \text{Cuando: } T > T_L \\ C &= 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right) \end{aligned} \quad (3.16)$$

iv) Factor de uso de la edificación.

Para edificaciones de categoría viviendas se empleó un factor de uso de:

$$U = 1.00$$

v) Sistema estructural.

El sistema estructural definido para la edificación es pórticos de concreto armado, por lo que el coeficiente básico de reducción se consideró:

$$R_0 = 8$$

Cabe precisar que este coeficiente reduce la fuerza cortante en la base, en donde posteriormente se amplificó el sismo en el análisis sísmico modal espectral.

Con los parámetros sísmicos definidos se realizó el cálculo de la fuerzas laterales o fuerzas distribuidas en altura y el análisis sísmico estático, en donde se determinó la fuerza cortante estática en la base, con la aplicación de ecuaciones:

Para determinar la fuerza cortante estática en la base se utilizó la ecuación:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} * P \quad (3.17)$$

Para las fuerzas laterales se empleó la ecuación:

$$F_i = \alpha_i * V \quad (3.18)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (3.19)$$

Para el análisis sísmico estático, se ingresó al software los parámetros sísmicos para ambas direcciones de análisis indicado en la siguiente figura:

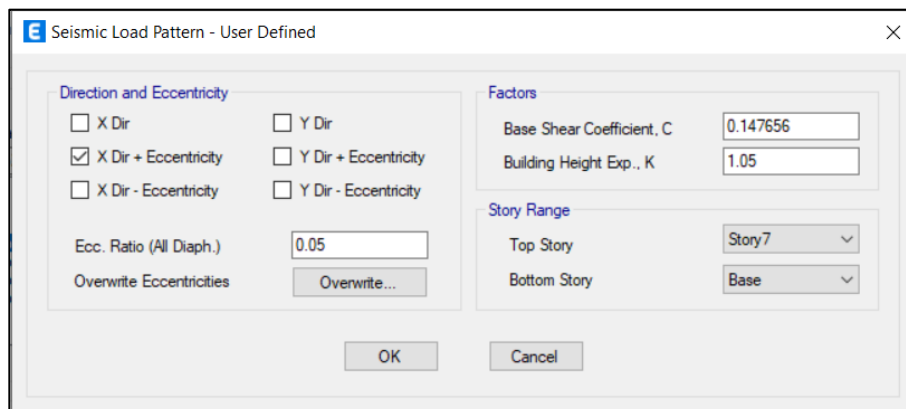


Figura 19. Patrones de carga para sismo estático

Fuente: Etabs V19.1.0.

Análisis sísmico dinámico modal espectral.

Para el cálculo del análisis sísmico dinámico modal espectral se realizó un espectro de respuesta utilizando una hoja de cálculo, aplicando la ecuación:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g \quad (3.20)$$

Donde:

g = Aceleración de la gravedad.

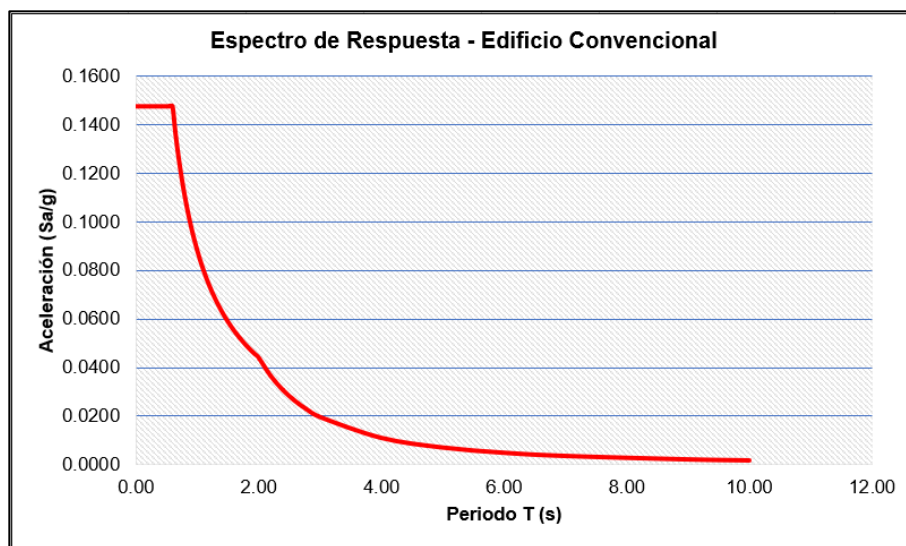


Figura 20. Espectro de Respuesta calculado

Para el análisis sísmico modal espectral, se ingresó al software el espectro de aceleraciones como se muestra en la siguiente figura:

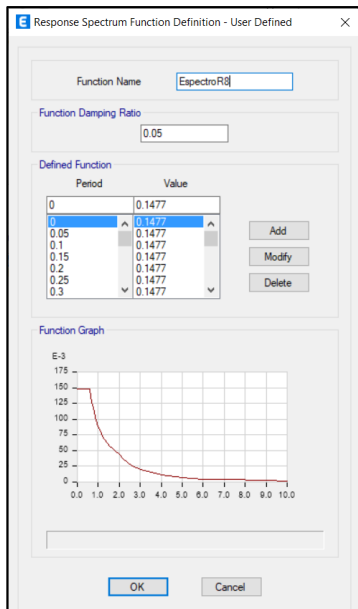


Figura 21. Espectro de Respuesta

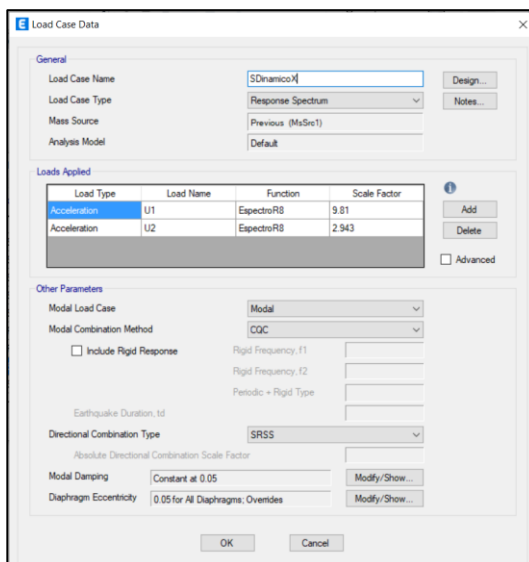


Figura 22. Definición de caso de carga sísmico dinámico en X

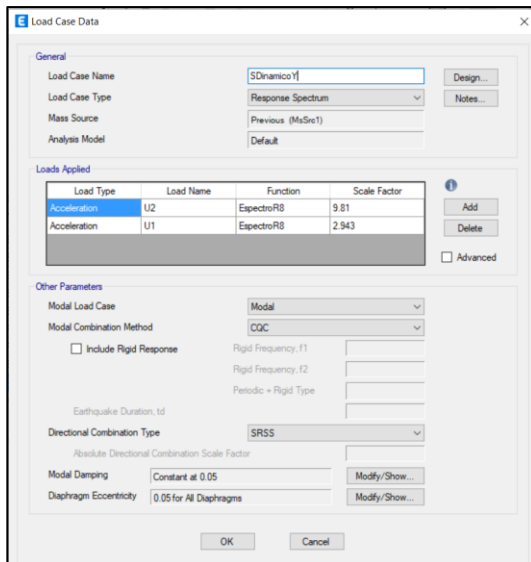


Figura 23. Definición de caso de carga sísmico dinámico en Y

En las figuras 21 y 22 en donde se definen los casos de carga para el sismo dinámico en la dirección X e Y respectivamente se consideró el 100% del valor de la aceleración de la gravedad de 9.81 m/s² en la dirección de análisis y el 30% del valor de la aceleración para la otra dirección, para ambos casos de análisis. Se configuró para el análisis 21 modos de vibración. (Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

Sistema de aislamiento sísmico.

Para determinar las características geométricas de los aisladores elastoméricos, se realizó un predimensionamiento manual de la edificación con la sección de columna redimensionada y del sistema de aislamiento.

Del mismo modo utilizando el software Etabs V19.1.0 se determinó el peso de la edificación con el sistema de aislamiento.

Los parámetros sísmicos que se consideraron para determinar los cálculos de los dispositivos con el sistema de aislamiento se muestran en la siguiente tabla de datos:

Tabla 4. Parámetros sísmicos

Parámetros	Valor	Descripción
Z =	0.45	Zona sísmica
S =	1.05	Tipo de suelo
Tf =	0.809 s	Periodo del edificio de base fija
TM =	2.83 s	Periodo objetivo
R =	2.00	Factor de reducción

Se procedió a calcular las cargas sísmicas horizontal y vertical, para lo cual se aplicaron las ecuaciones indicadas en la normativa. (Norma E.031 Aislamiento Sísmico).

$$CSH = \frac{Z * U * C * S}{R} * P_s \quad (3.21)$$

Donde:

CHS = Carga sísmica horizontal.

Luego se aplicó la ecuación para el cálculo de la carga sísmica vertical, con la siguiente ecuación:

$$CSV = 0.5 * (1.5 * Z * C * S) * CM \quad (3.22)$$

Donde:

CSV = Carga sísmica vertical.

Se consideró una carga de nieve CN=0.00 debido a que la edificación del estudio está ubicada en la costa sur del país.

Luego se realizó el cálculo de las combinaciones de las cargas, según los requerimientos indicados en la normativa actual. (Norma E.031 Aislamiento Sísmico).

Se realizó el cálculo de la carga vertical promedio según la ecuación.

$$CVP = 1.00 * CM + 0.50 * CV \quad (3.23)$$

Se realizó el cálculo de la carga vertical máxima según la ecuación.

$$CVM = 1.25 * (CM + CV) + 1 * (CSH + CV) + 0.20 * CN \quad (3.24)$$

Se realizó el cálculo de la carga vertical mínima según la ecuación.

$$CVMin = 0.90 * CM - 1.00 * (CSH + CSV) \quad (3.25)$$

Carga sobre los dispositivos.

Según el metrado de cargas realizado, se obtuvo un área total del diafragma rígido o área techada total de $A_{total} = 223.38 \text{ m}^2$, el cual se pudo determinar la carga vertical sobre los dispositivos.

Se calculó la carga vertical promedio.

$$prom = \frac{CVP}{A_{total}} \quad (3.26)$$

Se calculó la carga vertical máxima.

$$max = \frac{CVM}{A_{total}} \quad (3.27)$$

Se calculó la carga vertical mínima.

$$min = \frac{CVMin}{A_{total}} \quad (3.28)$$

Para el dispositivo céntrico (dispositivo 1), se tiene un área tributaria de $A_{trib} = 22.50 \text{ m}^2$ y se calculó una carga vertical promedio sobre el dispositivo.

$$cvp_c = prom * A_{trib} \quad (3.29)$$

Para el dispositivo excéntrico (dispositivo 2), se tiene un área tributaria de $A_{trib} = 11.88 \text{m}^2$ y se calculó una carga vertical promedio sobre el dispositivo.

$$cvp_E = prom * A_{trib} \quad (3.30)$$

Se realizó el cálculo del sismo máximo considerado SMC, a fin de determinar el desplazamiento máximo DM, el cual se asume un porcentaje de amortiguamiento efectivo inicial.

$$S_{aM} = 1.5 * Z * C * S * g \quad (3.31)$$

Según la tabla N°5 Factor de amortiguamiento establecida en la norma vigente E.031 Aislamiento sísmico 2019.

Tabla 5. Factor de amortiguamiento

Tabla N°5 Factor de amortiguamiento B_M	
Amortiguamiento Efectivo, β_M (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_M
≤ 2	0.8
2	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
≥ 40	1.9

Fuente: Norma Técnica E.031 – Aislamiento Sísmico.

Se asumió un porcentaje de amortiguamiento del quince por ciento, con un factor de amortiguamiento de 1.50:

$$\beta_M = 0.20$$

$$B_M = 1.50$$

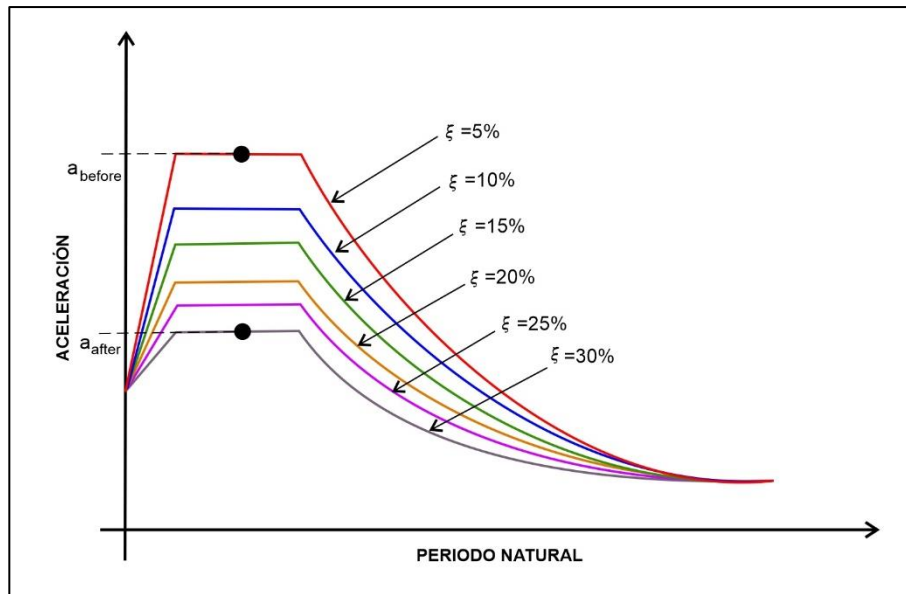


Figura 24. Espectro de amortiguamientos

Fuente: Adaptación.

El desplazamiento máximo se calculó con la ecuación:

$$D_M = \frac{S_{aM} * T_M^2}{4\pi^2 * B_M} \quad (3.32)$$

El desplazamiento total máximo se calculó con la ecuación:

$$D_{TM} = D_M * \left(1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) * \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right) \quad (3.33)$$

La rigidez horizontal para cada dispositivo se calculó con la ecuación:

$$K_h = \left(P_{Umax} * \left(\frac{2\pi}{T_M} \right)^2 \right) \quad (3.34)$$

Considerando la relación del desplazamiento máximo y un factor de deformación por corte se calculó la altura de los dispositivos con la ecuación:

$$H_r = \frac{D_M}{\gamma} \quad (3.35)$$

Considerando el módulo de corte del caucho se calculó el área de los dispositivos con la ecuación:

$$A = \frac{K_h * H_r}{G} \quad (3.36)$$

Para el módulo de corte del caucho “G” se puede considerar un valor dentro del rango de 0.5 MPa hasta 1.00 MPa. (McVitty & Constantinou, 2015, p. 18). Asimismo, según el catálogo de FIP industriale indica que los compuestos de caucho normalmente utilizados en la producción de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo tipo LRB se caracterizan por un cortante dinámico efectivo con módulo G_{din} igual a 0,4 MPa (compuesto S) o 0,6 MPa (compuesto SN). Compuesto de caucho con valores más altos de G_{din} hasta 1,4 MPa, se puede utilizar bajo sollicitación según el diseño.

El diámetro de los dispositivos se calculó con la ecuación:

$$d = 2 * \left(\sqrt{\frac{A}{\pi}} \right) \quad (3.37)$$

Se realizó una distribución de los dispositivos:

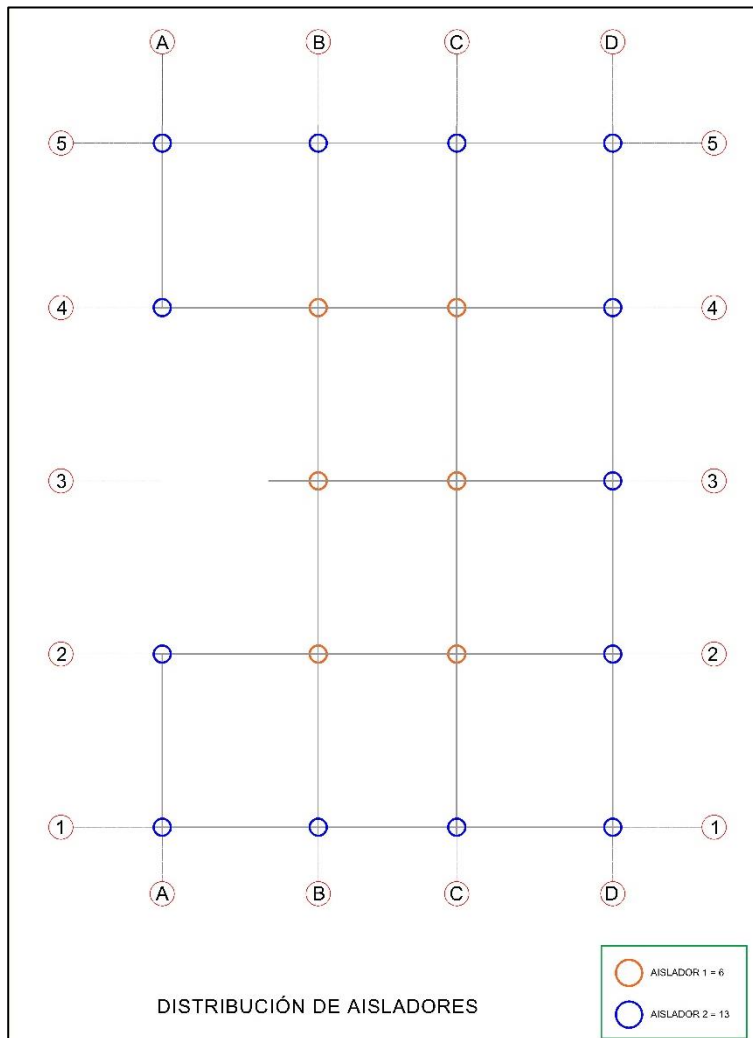


Figura 25. Distribución de dispositivos

Se revisaron catálogos de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo LRB para ver las propiedades de diseño de los dispositivos, en la cual se eligió el catálogo del fabricante FIP Industriale. Se tabularon las propiedades de los dispositivos a utilizar en el sistema de aislamiento.

Se calculó la rigidez compuesta del sistema, aplicando la ecuación:

$$K_{Mtotal} = K_{eff1} * N_{disp1} + K_{eff2} * N_{disp2} \quad (3.38)$$

Para el cálculo de la energía disipada se utilizó la ecuación:

$$E_{ciclo} = 2\pi * K_{eff} * D_M^2 * \beta_M \quad (3.39)$$

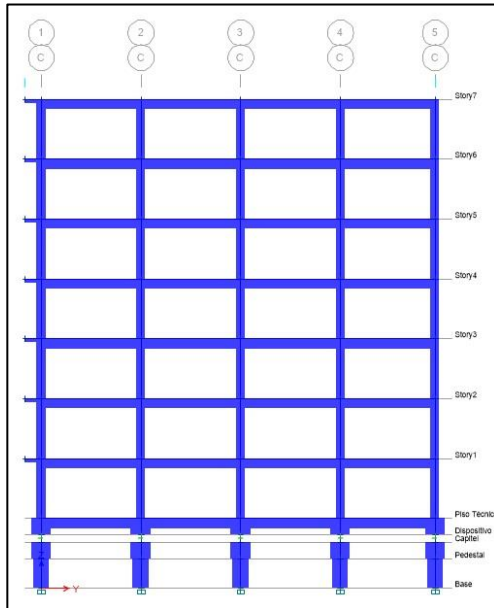


Figura 26. Vista lateral de modelado de los dispositivos

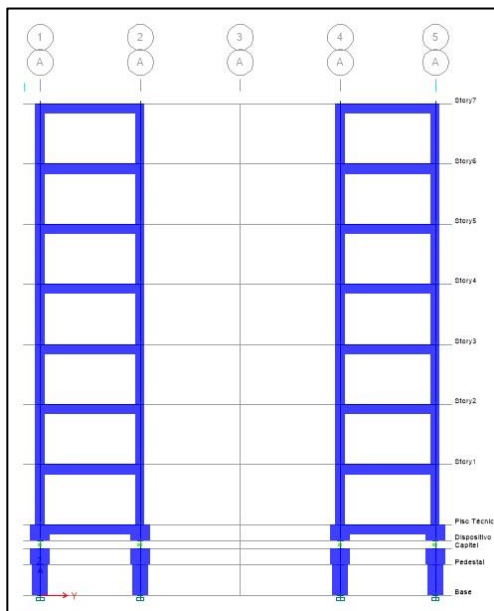


Figura 27. Vista frontal de modelado de los dispositivos

Se asignaron las propiedades nominales de los dispositivos en el software.

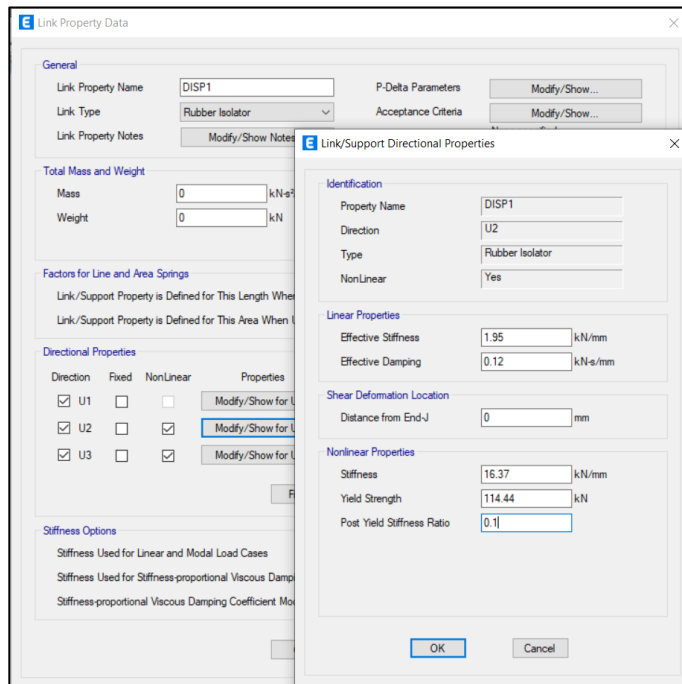


Figura 28. Propiedades nominales dispositivo 1

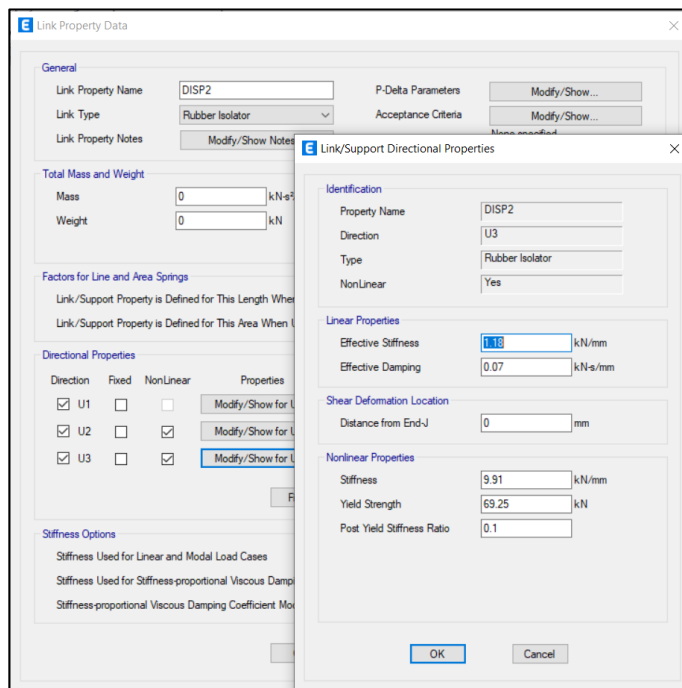


Figura 29. Propiedades nominales dispositivo 2

Análisis sísmico dinámico tiempo historia.

Para realizar el análisis sísmico dinámico tiempo historia la norma E.030 Diseño Sismorresistente establece utilizar como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del suelo con dos componentes horizontales ortogonales para edificaciones comunes. Asimismo, la norma E.031 Aislamiento sísmico requiere emplear como mínimo un conjunto de siete registros de aceleraciones del suelo con dos componentes horizontales ortogonales para edificaciones esenciales, el cual estas deben estar corregidas, filtradas y escaladas en relación con un espectro de diseño según sus parámetros sísmicos. Para procesar esta información fue necesario contar con acelerogramas de sismos de magnitud considerable denominado importantes ocurridos en el Perú y en el mundo. (Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018, Norma E.031 Aislamiento Sísmico 2019).

Los acelerogramas fueron obtenidos de la página del CISMID el cual se encontraban corregidos por línea base, por lo que se le aplicó el filtrado mediante el uso del software SeismoSignal, luego fueron escalados mediante la aplicación el software SeismoMatch, en donde finalmente se aplicó un factor de escala calculado en relación con la aceleración de cada sismo con la aceleración máxima de diseño.

Definición de la Función Tiempo Historia.

Se definió la función Time History en el software Etabs V19.1.0 utilizando los acelerogramas filtrados y escalados para cada registro de sismos considerado en la presente investigación. Para este tipo de análisis se consideró un análisis lineal y un análisis no lineal.

3.6. Método de análisis de datos:

El método que utilizó fue el análisis e interpretación de la información recopilada, luego de obtenido el estudio de mecánica de suelos en gabinete se realizaron los cálculos de estructuración y predimensionamiento haciendo uso de herramientas informáticas, para el desarrollo de los análisis sísmicos

respectivos se emplearon programas de procesamiento de análisis estructural, siguiendo las exigencias y requerimientos de las normativas vigentes.

3.7. Aspectos éticos:

La investigación se elaboró tomando como referencia información de tesis de investigación y artículos citando correctamente a sus autores. Asimismo, se tomó en cuenta los principios de ética en investigación indicados en el artículo 3 del Capítulo II del código de ética de la Universidad César Vallejo.

- **Probidad.** Se debe actuar con honestidad durante toda la investigación. Esto incluye presentar de manera fidedigna los resultados y evitar modificaciones en el protocolo aprobado sin previa autorización por parte del comité de ética, y la incorporación de autores que no han tenido un aporte a la investigación.
- **Respeto de la propiedad intelectual.** El personal investigador debe respetar los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores, incluyendo evitar el plagio de manera total o parcial de las investigaciones de otros autores.
- **Responsabilidad.** Los investigadores asumen las consecuencias de los actos derivados del proceso de investigación o productos de divulgación.

La investigación se elaboró bajo las exigencias de la normativa ISO 690 y 690-2, por lo que los estudios similares o relacionados fueron citados.

Como autor de esta investigación garantizo que este trabajo no contiene plagio parcial ni total.

IV. RESULTADOS.

1. Respecto al objetivo específico 1, se definió el modelado geométrico de la edificación teniendo en cuenta en primer lugar la altura de la edificación siendo este un edificio menor a veinte metros de altura, tal como lo estipula la normativa vigente, en segundo lugar, la distribución arquitectónica, y en tercer lugar la estructuración realizada de una forma simple y simétrica. A partir de ello se realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales de losa aligerada por lo que se obtuvo un espesor de $e=0.20$ m; de vigas principales obteniendo una sección de 0.30 m x 0.50 m y de vigas chatas para los aleros con una sección de 0.30 m x 0.20 m, el predimensionamiento de losas y vigas se realizó según los métodos indicados en la norma de diseño sismorresistente; el predimensionamiento de columnas se realizó mediante métodos empíricos y mediante el método experimental japonés obteniendo como sección 0.40 m x 0.40 m. Del mismo modo se realizó el predimensionamiento de muros de ascensor y de escalera.

En la estructuración realizada se tienen las longitudes de 3.75 m, 4.25 m y 4.75 m siendo la longitud menor de 3.75 m ubicado entre los ejes B-B y C-C, mediante la ecuación 3.1 se tiene el siguiente desarrollo:

$$e = \frac{3.75 \text{ m}}{21}$$

$$e = 0.1785 \text{ m}$$

Del cálculo realizado se obtiene un espesor de losa aligerada de 0.1785 m, pero con la finalidad de evitar la excesiva deflexión se consideró un espesor de 0.20 m.

Se tienen las luces libres de cada tramo según la estructuración, el cual se tomó la longitud mayor y mediante las ecuaciones 3.2 y 3.3 se obtuvo el siguiente cálculo:

Aplicando el primer criterio se tiene:

$$h = \frac{4.75 \text{ m}}{10}$$

$$h = 0.475 \text{ m}$$

Aplicando el segundo criterio se tiene:

$$h = \frac{4.75 \text{ m}}{12}$$

$$h = 0.395 \text{ m}$$

De la operación realizada aplicando el primer criterio se obtuvo un peralte de 0.475 m y con el segundo criterio se obtuvo 0.395 m, siendo el primer criterio el más conveniente a emplear, por lo que se el valor a utilizar para el peralte es de 0.50m.

Según el cálculo del peralte obtenido, se tiene el siguiente valor de ancho de viga:

$$b = \frac{0.50 \text{ m}}{2}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

Para el presente desarrollo se consideró utilizar un ancho de viga de $b=0.30 \text{ m}$. De tal modo se consideró utilizar una sección de vigas chatas de $0.30 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ para los aleros de todos los niveles.

El área tributaria de la columna centrada ubicada en el eje 4-4 / C-C es de $A_t = 4.50 \text{ m} \times 5.00 = 22.50 \text{ m}^2$. El número de pisos de la edificación es

siete. La resistencia a la compresión del concreto se consideró $f'c=280\text{kgf/cm}^2$.

$$\text{Área de columna} = \frac{1500 * 22.50 * 7}{0.45 * 280}$$

$$\text{Área de columna} = 1875\text{cm}^2$$

Realizado el cálculo se obtuvo las dimensiones de la sección:

Para la dimensión transversal "a" se realizó el cálculo:

$$a = \sqrt{1875\text{cm}^2}$$

$$a = 43.30\text{cm}$$

Para la dimensión perpendicular "b" se realizó el cálculo:

$$b = \sqrt{1875\text{cm}^2}$$

$$b = 43.30\text{cm}$$

Finalmente, para la columna centrada se tiene una sección de 0.40 m x 0.40 m.

El área tributaria de la columna esquinada ubicada en el eje A-A / 5-5 es de $A_t = 2.37 \text{ m} \times 2.63 = 6.23 \text{ m}^2$. El número de pisos de la edificación es siete. La resistencia a la compresión del concreto se consideró $f'c=280\text{kgf/cm}^2$.

$$\text{Área de columna} = \frac{1500 * 6.23 * 7}{0.35 * 280}$$

$$\text{Área de columna} = 667.97\text{cm}^2$$

Siendo la sección de la columna esquinada aplicando la ecuación 3.6:

Para la dimensión transversal "a" se realizó el cálculo:

$$a = \sqrt{667.97\text{cm}^2}$$

$$a = 25.85\text{cm}$$

Para la dimensión perpendicular "b" se realizó el cálculo:

$$b = \sqrt{667.97\text{cm}^2}$$

$$b = 25.85\text{cm}$$

Finalmente, para la columna esquinada se tiene una sección de 0.25 m x 0.25 m.

El área tributaria de la columna excéntrica ubicada en el eje D-D / 2-2 es de $A_t = 2.37\text{ m} \times 5.00\text{ m} = 11.875\text{ m}^2$. El número de pisos de la edificación es siete. La resistencia a la compresión del concreto se consideró $f'_c = 280\text{kgf/cm}^2$.

$$\text{Área de columna} = \frac{1500 * 11.875 * 7}{0.35 * 280}$$

$$\text{Área de columna} = 1272.32\text{cm}^2$$

Siendo la sección de la columna excéntrica aplicando la ecuación 3.6:

Para la dimensión transversal "a" se realizó el cálculo:

$$a = \sqrt{1272.32\text{cm}^2}$$

$$a = 35.67\text{cm}$$

Para la dimensión perpendicular “b” se realizó el cálculo:

$$b = \sqrt{1272.32\text{cm}^2}$$

$$b = 35.67\text{cm}$$

Para la columna excéntrica se tiene una sección de 0.35 m x 0.35 m.

Dadas las tres secciones de columnas calculadas, se considera uniformizar las secciones a la sección mayor de las calculadas siendo 0.40 m x 0.40 m.

Según la tabla 3 se procedió a estimar los pesos propios y la sobrecarga a fin de calcular el valor de PG siendo este la suma de ambos pesos para una resistencia a la compresión del concreto e $f'c=280\text{kg/cm}^2$, como se muestra de forma resumida en la siguiente tabla de datos:

Tabla 6. Cálculo de PG

Descripción	Peso
Peso del aligerado	300.00 kgf/m ²
Peso de tabiquería	100.00 kgf/m ²
Peso de acabados	100.00 kgf/m ²
Peso de vigas	100.00 kgf/m ²
Peso de columnas	50.00 kgf/m ²
Total Peso Propio	650.00 kgf/m ²
Sobrecarga	200.00 kgf/m ²
PG =	850.00 kgf/m ²

Reemplazando los datos ya obtenidos previamente en la ecuación 3.10 se tiene:

$$P = 850 * 22.50$$

$$P = 19125.00\text{ kgf}$$

Con el valor obtenido de P se reemplaza en la ecuación 3.9:

$$bD = \frac{1.10 * 19125 * 7pisos}{0.30 * 280}$$

$$bD = 1753.13 \text{ cm}^2$$

Se considera un elemento de sección cuadrada por lo que $b = D$, de esta igualdad se realizó el siguiente cálculo:

$$b = \sqrt{1753.13 \text{ cm}^2}$$

$$b = 41.87 \text{ cm}$$

$$D = \sqrt{1753.13 \text{ cm}^2}$$

$$D = 41.87 \text{ cm}$$

Obteniendo para el primer caso una sección de 0.40 m x 0.40 m.

Para calcular la sección de la columna C1 (para los cuatro últimos pisos superiores) según la Tabla 3 se tomó en cuenta el área tributaria $A_t = 4.50 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} = 22.50 \text{ m}^2$, y se determinó el valor de P aplicando la ecuación 3.10:

$$P = 850 * 22.50$$

$$P = 19125.00 \text{ kgf}$$

Con el valor obtenido de P se reemplaza en la ecuación 3.9:

$$bD = \frac{1.10 * 19125 * 7pisos}{0.25 * 280}$$

$$bD = 2103.75 \text{ cm}^2$$

Se considera un elemento de sección cuadrada por lo que $b = D$, de esta igualdad se realizó el siguiente cálculo:

$$b = \sqrt{2103.75 \text{ cm}^2}$$

$$b = 45.87 \text{ cm}$$

$$D = \sqrt{2103.75 \text{ cm}^2}$$

$$D = 45.87 \text{ cm}$$

Para calcular la sección de la columna C2 y/o C3 según la Tabla 3 se tomó en cuenta el área tributaria $A_t = 2.37 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} = 11.83 \text{ m}^2$, y se determinó el valor de P aplicando la ecuación 3.10:

$$P = 850 * 11.83$$

$$P = 10051.25 \text{ kgf}$$

Con el valor obtenido de P se reemplaza en la ecuación 3.9:

$$bD = \frac{1.25 * 10051.25 * 7pisos}{0.25 * 280}$$

$$bD = 1256.41 \text{ cm}^2$$

Se consideró un elemento de sección cuadrada por lo que $b = D$, de esta igualdad se realizó el siguiente cálculo:

$$b = \sqrt{1256.41 \text{ cm}^2}$$

$$b = 35.45 \text{ cm}$$

$$D = \sqrt{1256.41 \text{ cm}^2}$$

$$D = 35.45 \text{ cm}$$

Para calcular la sección de la columna C4 según la Tabla 3 se tomó en cuenta el área tributaria $A_t = 2.37 \text{ m} \times 2.63 \text{ m} = 6.21 \text{ m}^2$, y se determinó el valor de P aplicando la ecuación 3.10:

$$P = 850 * 6.21$$

$$P = 5276.91 \text{ kgf}$$

Con el valor obtenido de P se reemplaza en la ecuación 3.9:

$$bD = \frac{1.50 * 5276.91 * 7\text{pisos}}{0.20 * 280}$$

$$bD = 989.42 \text{ cm}^2$$

Se consideró un elemento de sección cuadrada por lo que $b = D$, de esta igualdad se realizó el siguiente cálculo:

$$b = \sqrt{989.42 \text{ cm}^2}$$

$$b = 31.46 \text{ cm}$$

$$D = \sqrt{989.42 \text{ cm}^2}$$

$$D = 31.46 \text{ cm}$$

De este método de ensayo experimental para el cálculo del predimensionamiento de la sección de columnas, se obtuvieron las secciones, C1 (columna interior) 0.40 m x 0.40 m; C1 (columna interior para los cuatro últimos pisos superiores) 0.45 m x 0.45 m; C2/C3 (columnas extremas de pórticos interiores) 0.35 m x 0.35 m y C4 (columna de esquina) 0.30 m x 0.30 m.

De los dos métodos empleados para el predimensionamiento de la sección de columna se decidió utilizar una sección de 0.40 m x 0.40 m.

Los muros considerados en la estructuración de la edificación corresponden a la caja del ascensor, por lo que consideró un espesor de 0.15 m.

Se tiene una luz del tramo de la escalera de 2.75 m, por lo que aplicando la ecuación 3.11 se obtuvo:

$$t = \frac{2.75 \text{ m}}{20}$$

$$t = 0.1375 \text{ m}$$

Asimismo, se determinaron los siguientes datos de la escalera, según la norma A.010 Condiciones generales de diseño:

Paso = 0.25 m (valor mínimo para viviendas).

Contrapaso: 0.175 m (valor máximo de 0.18 m indicado en la norma).

Producto del predimensionamiento se realizó el metrado de cargas en donde se determinó el peso de servicio de la edificación, considerando el 100% de la carga muerta y el 100% de la carga viva; asimismo se determinó el peso sísmico de la edificación, teniendo en cuenta el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva para edificios de uso de vivienda.

Tabla 7. Metrado de cargas del primer nivel

METRADO - PRIMER NIVEL							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)		ALTURA O LONGITUD (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m ³	PARCIAL	TOTAL (Tn)
PESO PROPIO		SECCIÓN					
Columnas	19	0.40	0.40	3.00	2.40	21.888	80.726
Muros ascensor	2	2.05	0.20	3.00	2.40	5.904	
Muros ascensor	1	1.90	0.20	3.00	2.40	2.736	
Muros ascensor	2	0.35	0.20	3.00	2.40	1.008	
Vigas principales (Dir XX)	9	0.30	0.50	4.50	2.40	14.580	
Vigas principales (Dir XX)	5	0.30	0.50	4.00	2.40	7.200	
Vigas secundarias (Dir YY)	10	0.30	0.50	5.00	2.40	18.000	
Vigas secundarias (Dir YY)	4	0.30	0.50	4.75	2.40	6.840	
Vigas chatas	3	0.30	0.20	0.80	2.40	0.346	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	8.80	2.40	1.267	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	5.05	2.40	0.727	
Vigas chatas	2	0.30	0.20	0.80	2.40	0.230	
TOTAL PESO PROPIO							80.73 Tn
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	LONGITUDES (m)		ESPESOR (cm)	PESO PROPIO Tn/m ²	PARCIAL	TOTAL (Tn)
CARGA MUERTA		ÁREA =					
		DIR X	DIR Y				
Losas aligeradas	2	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	13.500	121.773
Losas aligeradas	2	1.00	21.38	20.00 cm	0.30	12.828	
Losas aligeradas	2	1.00	20.00	20.00 cm	0.30	12.000	
Losas aligeradas	1	1.00	18.09	20.00 cm	0.30	5.427	
Losas aligeradas	1	1.00	19.79	20.00 cm	0.30	5.937	
Losas aligeradas	1	1.00	17.01	20.00 cm	0.30	5.103	
Losas aligeradas	1	1.00	12.45	20.00 cm	0.30	3.735	
Losa volado	1	1.00	3.60	20.00 cm	0.30	1.080	
Losa volado	1	1.00	3.00	20.00 cm	0.30	0.900	
Losa volado	2	1.00	7.13	20.00 cm	0.30	4.278	
Losa volado	1	1.00	3.80	20.00 cm	0.30	1.140	
Área total		área =	300.00				
Área libre		área =	76.62				
Área techada		área =	223.38				
Acabados					0.10	22.34	
Tabiquería					0.15	33.51	
TOTAL CARGA MUERTA							121.77 Tn
CARGA VIVA							
Uso Vivienda		área =	223.38		0.20	44.68	44.68
TOTAL CARGA VIVA							44.68 Tn
PESO POR PISO							247.18 Tn

Tabla 8. Metrado de cargas del segundo al sexto nivel

METRADO - SEGUNDO AL SEXTO NIVEL							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)		ALTURA O LONGITUD (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m3	PARCIAL	TOTAL (Tn)
PESO PROPIO							
		SECCIÓN					
Columnas	19	0.40	0.40	2.70	2.40	19.699	77.573
Muros ascensor	2	2.05	0.20	2.70	2.40	5.314	
Muros ascensor	1	1.90	0.20	2.70	2.40	2.462	
Muros ascensor	2	0.35	0.20	2.70	2.40	0.907	
Vigas principales (Dir XX)	9	0.30	0.50	4.50	2.40	14.580	
Vigas principales (Dir XX)	5	0.30	0.50	4.00	2.40	7.200	
Vigas secundarias (Dir YY)	10	0.30	0.50	5.00	2.40	18.000	
Vigas secundarias (Dir YY)	4	0.30	0.50	4.75	2.40	6.840	
Vigas chatas	3	0.30	0.20	0.80	2.40	0.346	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	8.80	2.40	1.267	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	5.05	2.40	0.727	
Vigas chatas	2	0.30	0.20	0.80	2.40	0.230	
TOTAL PESO PROPIO							77.57 Tn
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	LONGITUDES (m)		ESPESOR (cm)	PESO PROPIO Tn/m2	PARCIAL	TOTAL (Tn)
CARGA MUERTA		ÁREA =					
		DIR X	DIR Y				
Losas aligeradas	2	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	13.500	121.773
Losas aligeradas	2	1.00	21.38	20.00 cm	0.30	12.828	
Losas aligeradas	2	1.00	20.00	20.00 cm	0.30	12.000	
Losas aligeradas	1	1.00	18.09	20.00 cm	0.30	5.427	
Losas aligeradas	1	1.00	19.79	20.00 cm	0.30	5.937	
Losas aligeradas	1	1.00	17.01	20.00 cm	0.30	5.103	
Losas aligeradas	1	1.00	12.45	20.00 cm	0.30	3.735	
Losa volado	1	1.00	3.60	20.00 cm	0.30	1.080	
Losa volado	1	1.00	3.00	20.00 cm	0.30	0.900	
Losa volado	2	1.00	7.13	20.00 cm	0.30	4.278	
Losa volado	1	1.00	3.80	20.00 cm	0.30	1.140	
Área total		área =	300.00				
Área libre		área =	76.62				
Área techada		área =	223.38				
Acabados					0.10	22.34	
Tabiquería					0.15	33.51	
TOTAL CARGA MUERTA							121.77 Tn
CARGA VIVA							
Uso Vivienda		área =	223.38		0.20	44.68	44.68
TOTAL CARGA VIVA							44.68 Tn
PESO POR PISO							244.02 Tn

Tabla 9. Metrado de cargas del séptimo nivel

METRADO - SÉPTIMO NIVEL							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)		ALTURA O LONGITUD (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m ³	PARCIAL	TOTAL (Tn)
PESO PROPIO							
		SECCIÓN					
Columnas	19	0.40	0.40	2.70	2.40	19.699	77.573
Muros ascensor	2	2.05	0.20	2.70	2.40	5.314	
Muros ascensor	1	1.90	0.20	2.70	2.40	2.462	
Muros ascensor	2	0.35	0.20	2.70	2.40	0.907	
Vigas principales (Dir XX)	9	0.30	0.50	4.50	2.40	14.580	
Vigas principales (Dir XX)	5	0.30	0.50	4.00	2.40	7.200	
Vigas secundarias (Dir YY)	10	0.30	0.50	5.00	2.40	18.000	
Vigas secundarias (Dir YY)	4	0.30	0.50	4.75	2.40	6.840	
Vigas chatas	3	0.30	0.20	0.80	2.40	0.346	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	8.80	2.40	1.267	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	5.05	2.40	0.727	
Vigas chatas	2	0.30	0.20	0.80	2.40	0.230	
TOTAL PESO PROPIO							77.57 Tn
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	LONGITUDES (m)		ESPESOR (cm)	PESO PROPIO Tn/m ²	PARCIAL	TOTAL (Tn)
CARGA MUERTA		ÁREA =					
		DIR X	DIR Y				
Losas aligeradas	2	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	13.500	121.773
Losas aligeradas	2	1.00	21.38	20.00 cm	0.30	12.828	
Losas aligeradas	2	1.00	20.00	20.00 cm	0.30	12.000	
Losas aligeradas	1	1.00	18.09	20.00 cm	0.30	5.427	
Losas aligeradas	1	1.00	19.79	20.00 cm	0.30	5.937	
Losas aligeradas	1	1.00	17.01	20.00 cm	0.30	5.103	
Losas aligeradas	1	1.00	12.45	20.00 cm	0.30	3.735	
Losa volado	1	1.00	3.60	20.00 cm	0.30	1.080	
Losa volado	1	1.00	3.00	20.00 cm	0.30	0.900	
Losa volado	2	1.00	7.13	20.00 cm	0.30	4.278	
Losa volado	1	1.00	3.80	20.00 cm	0.30	1.140	
Área total		área =	300.00				
Área libre		área =	76.62				
Área techada		área =	223.38				
Acabados					0.10	22.34	
Tabiquería					0.15	33.51	
TOTAL CARGA MUERTA							121.77 Tn
CARGA VIVA							
Uso Vivienda		área =	223.38		0.10	22.34	22.34
TOTAL CARGA VIVA							22.34 Tn
PESO POR PISO							221.68 Tn

Para verificar el metrado de cargas de los elementos y el peso obtenido de forma manual se realizó un análisis gravitacional en el software Etabs V19.1.0 el cual se obtuvo un peso de servicio de 1,980.77 toneladas, asimismo se calculó el peso sísmico de la edificación obtenido un peso de 1,766.38 toneladas.

Según la Tabla 7 calculada se obtuvo un peso de 247.18 Ton correspondiente desde el primer nivel. Según la Tabla 8 calculada se obtuvo un peso por piso de 244.02 Ton correspondiente al segundo hasta el sexto nivel. Según la Tabla 9 calculada se obtuvo un peso de 221.68 Ton correspondiente al séptimo nivel, haciendo un peso total (carga muerta + carga viva) de la edificación de 1,688.97 Ton.

Tabla 10. Peso total

Carga Muerta (100%)	Carga Viva (100%)	Peso Total (CM + CV)
1,398.58 Tn	290.39 Tn	1,688.97 Tn

El área efectiva techada por piso se obtuvo 223.38 m², haciendo un área total de todos los pisos de 1,563.66 m².

Con el peso total de la edificación obtenido, se calculó el peso sísmico de la edificación, tomando el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva por ser la edificación de categoría C como indica el artículo 26 de la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente. El peso sísmico se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 11. Peso sísmico

Carga Muerta (100%)	Carga Viva (25%)	Peso Sísmico (CM + CV)
1,398.58 Tn	72.60 Tn	1,471.17 Tn

Según la ecuación 3.12, el valor obtenido de 0.94 Tn por m2 es aceptable asumiendo el criterio según la publicación Comentarios a la norma E.030 Diseño Sismorresistente del autor Alejandro Muñoz Peláez, el cual menciona que los edificios de viviendas suelen tener un peso sísmico alrededor de 1 tn /m2, encontrándose el valor obtenido por debajo de este.

$$\text{Peso/área} = \frac{1,471.17 \text{ Tn}}{1,563.66 \text{ m}^2}$$

$$\text{Peso/área} = 0.94 \text{ Tn/m}^2$$

Del análisis gravitacional realizado con el software Etabs V19.1.0 se calculó el peso de servicio y el peso sísmico de la edificación.

Tabla 12. *Peso del edificio*

Nivel	Peso por piso (1.00CM +1.00CV) (Tonf)	Peso Sísmico (1.00CM +0.25CV) (Tonf)
7	261.27	244.78
6	283.26	250.28
5	283.26	250.28
4	283.26	250.28
3	283.26	250.28
2	283.26	250.28
1	286.11	253.13
Total peso	1,963.68	1,749.30

- Respecto al objetivo específico 2, para el análisis sísmico estático, se determinaron los parámetros sísmicos;

Aplicando la ecuación 3.13 para la edificación aporricada se calculó un periodo fundamental de vibración de:

$$T = \frac{19.20 \text{ m}}{35} = 0.549 \text{ s}$$

Aplicadas las ecuaciones 3.14, 3.15 y 3.16, se calculó un valor de factor de amplificación sísmica de:

$$C = 2.5$$

Según el estudio de mecánica de suelos realizado se encontró dos estratos bien definidos: Primer estrato de 0.00 a 2.20 m. material de tierra de chacra, Segundo estrato de 2.20 m. a 3.00 m. conformado por material granular gravas, arena, material fino de nula plasticidad, con una clasificación SUCS conformado por las siglas (GP).

Capacidad portante del suelo:

a) Capacidad Portante para suelos granulares. (ver formatos de cálculos)	
Calicata C-1	CAPACIDAD PORTANTE
Estrato granular	(DF = 2.50 ; B= 2.50) = 2.25 Kg/cm2

Figura 30. Capacidad portante del suelo

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.

Clasificación SUCS:

1.-DESCRIPCION DE LA CALICATA					
PROCEDENCIA:	CERCADO DE TACNA - REGION TACNA	ESTRATO:	E-1 - E-2		
UBICACIÓN:	CERCADO DE TACNA - REGION TACNA	PROFUNDIDAD:	3.00		
CALICATA:	C-1	NIVEL FREATICO:	NO PRESENTA		

2.-DATOS DEL PERIL ESTRATIGRAFICO						
PROFUNDIDAD (Metros)	Nº DE ESTRATO	MUESTRA		CLASIFICACION		FOTOGRAFIA DE LA CALICATA
		SIMBOLO	DESCRIPCION	ASHTO	SIUCS	
0.00 m	ESTRATO Nº 1	[Simbolo de muestra]	material conformado por arena limosa (tierra de chacra) de color café claro con material fino no plastico.	A-3	SM	[Fotografía de la calicata]
1.50 m						
2.20 m	ESTRATO Nº 2	[Simbolo de muestra]	Suelo de material granular conformado por gravas, arena con limos, no presenta plasticidad presenta botonetas diametros entre 15 a 40 cm. Medianaente compacto, a mayor profundidad mayor es la compacidad	A-1-a	GP	
3.00 m						

Figura 31. Clasificación del suelo

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.

Tipo de suelo:

TIPO DE SUELO: INTERMEDIO, MEDIANAMENTE FLEXIBLE		
ZONA 4	Z=	0,45
<i>Tipo de perfil del suelo</i>		<i>Suelo Intermedio (S2)</i>
Factor de Uso	U=	1,00
Factor de Ampliación del suelo S=		1,05
Periodo Predominante Tp	(s)=	0,6
	Tl (s)=	2,0

Figura 32. Tipo del suelo

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.

El estudio de mecánica realizado para la presente investigación se encuentra detallado en anexos.

Los parámetros sísmicos determinados se resumen en:

$Z = 0.45$ (Zona sísmica. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

$U = 1.00$ (Categoría de uso de la edificación. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

$S = 1.05$ (Tipo de suelo – suelos intermedios. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

$TP = 0.60$ s (Periodo que define la plataforma del factor C (s). Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

$TL = 2.00$ s (Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

$C = 2.5$ (Factor de amplificación sísmica. Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

Del cálculo de la fuerza cortante estática se obtuvo mediante la ecuación 3.17:

$$V = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8} * 1287.54 \text{ ton}$$

$$V = 190.11 \text{ toneladas}$$

Aplicando las ecuaciones 3.18 y 3.19 se obtuvieron las fuerzas laterales:

Tabla 13. Fuerzas estáticas equivalentes – dirección X

FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES EN LA DIRECCIÓN X								
Nivel	hei	hi	Masa	Pi	Pi * (hi)^k	%	Fi	Vi
	(m)	(m)	tonf-s2/m	(Tn)	(Tn-m)		(Tn)	(Tn)
7	2.70	19.20	18.23	178.82	3688.70	0.244	46.36	46.36
6	2.70	16.50	18.79	184.31	3255.42	0.215	40.91	87.27
5	2.70	13.80	18.79	184.31	2710.93	0.179	34.07	121.34
4	2.70	11.10	18.79	184.31	2169.03	0.143	27.26	148.60
3	2.70	8.40	18.79	184.31	1630.36	0.108	20.49	169.09
2	2.70	5.70	18.79	184.31	1095.94	0.072	13.77	182.87
1	3.00	3.00	19.08	187.16	576.66	0.038	7.25	190.11
				1287.54	15127.05	1.000	190.11	

Tabla 14. Fuerzas estáticas equivalentes – dirección Y

FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES EN LA DIRECCIÓN Y								
Nivel	hei	hi	Masa	Pi	Pi * (hi)^k	%	Fi	Vi
	(m)	(m)	tonf-s2/m	(Tn)	(Tn-m)		(Tn)	(Tn)
7	2.70	19.20	18.23	178.82	3688.70	0.244	46.36	46.36
6	2.70	16.50	18.79	184.31	3255.42	0.215	40.91	87.27
5	2.70	13.80	18.79	184.31	2710.93	0.179	34.07	121.34
4	2.70	11.10	18.79	184.31	2169.03	0.143	27.26	148.60
3	2.70	8.40	18.79	184.31	1630.36	0.108	20.49	169.09
2	2.70	5.70	18.79	184.31	1095.94	0.072	13.77	182.87
1	3.00	3.00	19.08	187.16	576.66	0.038	7.25	190.11
				1287.54	15127.05	1.000	190.11	

- Respecto al objetivo específico 3, se realizó el análisis dinámico modal espectral con los parámetros determinados en el análisis sísmico estático.

Mediante la ecuación 3.20 se calculó la aceleración espectral utilizada para el análisis modal. Realizado el análisis sísmico modal espectral se obtuvieron los modos de vibración de la edificación:

E Modal Participating Mass Ratios					
File Edit Format-Filter-Sort Select Options					
Units: As Noted		Hidden Columns: No		Sort: None	
Filter: None					
	Case	Mode	Period sec	UX	UY
▶	Modal	1	0.737	0.3163	0.3455
	Modal	2	0.655	0.3696	0.4006
	Modal	3	0.532	0.1031	0.044

Figura 33. Modos de vibración

Fuente: Etabs V19.1.0.

Para poder obtener valores más aceptables, se optó por redimensionar las secciones de las columnas consideradas en los análisis, de esta forma se logró obtener valores de periodos más conservadores dentro del rango para el sistema de aislamiento, y los desplazamientos puedan cumplir con los ciertos requisitos normativos. (Norma E.031 Aislamiento Sísmico). La sección redimensionada fue de 0.45 m en la dirección en X y 0.30 m en la dirección en Y, debido a que la longitud más corta de la edificación es en el sentido en X y fue necesario incrementar la rigidez de esta. (Norma E.030 Diseño Sismorresistente).

E Modal Participating Mass Ratios					
File Edit Format-Filter-Sort Select Options					
Units: As Noted		Hidden Columns: No		Sort: None	
Filter: None					
	Case	Mode	Period sec	UX	UY
▶	Modal	1	0.809	0.0814	0.6283
	Modal	2	0.674	0.5711	0.1277
	Modal	3	0.539	0.1375	0.0258
	Modal	4	0.257	0.0173	0.0731
	Modal	5	0.2	0.0738	0.0497

Figura 34. Modos de vibración edificio redimensionado

Fuente: Etabs V19.1.0.

En el primer modo de vibración se obtuvo un periodo de $t=0.809$ s.
 En el segundo modo de vibración se obtuvo un periodo de $t=0.674$ s.
 En el tercer modo de vibración se obtuvo un periodo de $t=0.539$ s

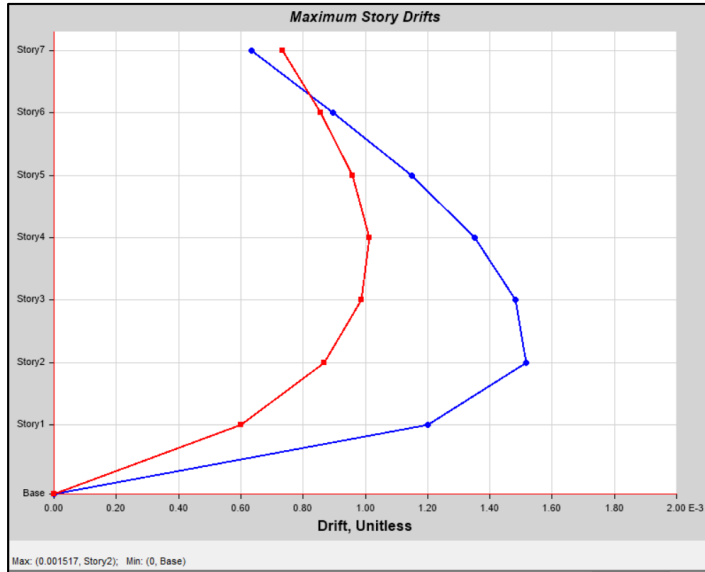


Figura 35. Desplazamiento relativo máximo de piso – dirección en X

Fuente: Etabs V19.1.0.

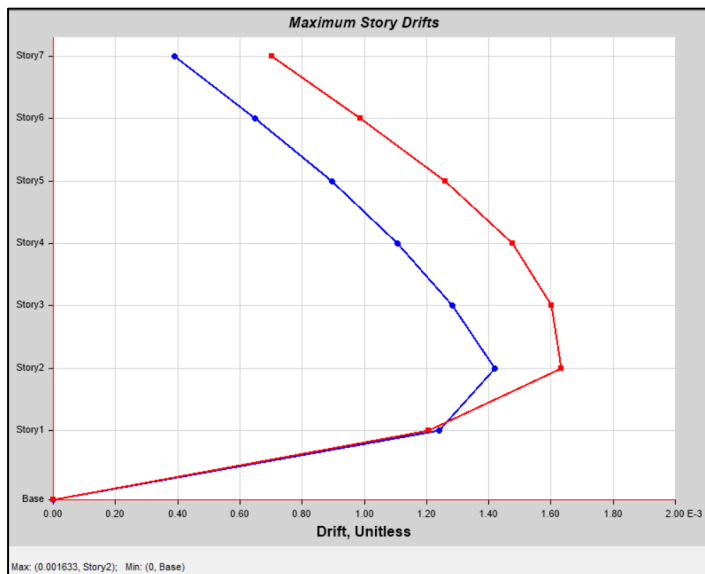


Figura 36. Desplazamiento relativo máximo de piso – dirección en Y

Fuente: Etabs V19.1.0

	Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
	Story7	19.2	Top	0.000635	0.000734
	Story6	16.5	Top	0.000896	0.000857
	Story5	13.8	Top	0.001149	0.000958
	Story4	11.1	Top	0.001351	0.001013
	Story3	8.4	Top	0.001482	0.000988
▶	Story2	5.7	Top	0.001517	0.000869
	Story1	3	Top	0.0012	0.0006
	Base	0	Top	0	0

Figura 37. Desplazamiento relativo máximo – dirección en X (por nivel)

Fuente: Etabs V19.1.0

	Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
	Story7	19.2	Top	0.00039	0.000703
	Story6	16.5	Top	0.000649000...	0.000988
	Story5	13.8	Top	0.000896	0.001259
	Story4	11.1	Top	0.001107	0.001476
	Story3	8.4	Top	0.001284	0.001602
▶	Story2	5.7	Top	0.001418	0.001633
	Story1	3	Top	0.001239	0.001207
	Base	0	Top	0	0

Figura 38. Desplazamiento relativo máximo – dirección en Y (por nivel)

Fuente: Etabs V19.1.0

Tabla 15. Control de desplazamientos Dirección X

Nivel	Altura Hi (cm)	Rx	Desplazamientos	Desplazamiento Relativo	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Control Dr XX	
					(**) Di / Hi	(*) Di = 0.75R x Dr		
			Ux (cm)	Dr Ux (cm)	"X"	0.75R x Dr Ux	X.X	X.X
7	270.00	8.00	1.795	0.1618	0.00060	0.00359	0.007	Cumple
6	270.00	8.00	1.633	0.2088	0.00077	0.00464	0.007	Cumple
5	270.00	8.00	1.424	0.2593	0.00096	0.00576	0.007	Cumple
4	270.00	8.00	1.165	0.2980	0.00110	0.00662	0.007	Cumple
3	270.00	8.00	0.867	0.3171	0.00117	0.00705	0.007	NO cumple
2	270.00	8.00	0.550	0.3077	0.00114	0.00684	0.007	Cumple
1	300.00	8.00	0.242	0.2424	0.00081	0.00485	0.007	Cumple

Fuente: Adaptado de Genner Villareal.

Tabla 16. Control de desplazamientos Dirección Y

Nivel	Altura Hi (cm)	Ry	Desplazamientos	Desplazamiento Relativo	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Control Dr YY	
					(**) Di / Hi	(*) Di = 0.75R x Dr		
			Uy (cm)	Dr Uy (cm)	"Y"	0.75R x Dr Uy	Y.Y	Y.Y
7	270.00	8.00	1.923	0.1774	0.00066	0.00394	0.007	Cumple
6	270.00	8.00	1.746	0.2305	0.00085	0.00512	0.007	Cumple
5	270.00	8.00	1.516	0.2833	0.00105	0.00629	0.007	Cumple
4	270.00	8.00	1.232	0.3239	0.00120	0.00720	0.007	NO cumple
3	270.00	8.00	0.908	0.3406	0.00126	0.00757	0.007	NO cumple
2	270.00	8.00	0.568	0.3291	0.00122	0.00731	0.007	NO cumple
1	300.00	8.00	0.239	0.2387	0.00080	0.00477	0.007	Cumple

Fuente: Adaptado de Genner Villareal.

El primer periodo obtenido en los modos de vibración de la edificación es un valor que se encuentra dentro del rango para poder determinar el periodo objetivo para el sistema de aislamiento. (Norma E.031 Aislamiento Sísmico), sin embargo, los desplazamientos obtenidos mediante el análisis sísmico modal espectral son demasiado grandes y superan las derivas permisibles consideradas en el artículo 32 de la norma E.030. (Norma E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

Se obtuvieron los pesos de la edificación incluyendo el sistema de aislamiento de forma manual.

Tabla 17. Peso del edificio con sistema de aislamiento (manual)

Nivel	Peso por piso	Peso Sísmico
	(1.00CM +1.00CV)	(1.00CM +0.25CV)
	(Tonf)	(Tonf)
7	235.42 TN	218.66 TN
6	257.75 TN	224.25 TN
5	257.75 TN	224.25 TN
4	257.75 TN	224.25 TN
3	257.75 TN	224.25 TN
2	257.75 TN	224.25 TN
1	262.10 TN	228.60 TN
IA	441.94 TN	402.94 TN
Total peso	2,228.23 TN	1971.43 TN

Los pesos obtenidos según sea el caso de carga calculadas con el software se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 18. Peso del edificio Carga Muerta

Nivel	Acumulado	Carga Muerta	
Story7	170.5045	170.5045	
Story6	341.009	170.5045	
Story5	511.5136	170.5046	
Story4	682.018	170.5044	
Story3	852.5226	170.5046	
Story2	1023.0271	170.5045	
Story1	1196.0372	173.0101	1,196.04 Ton
Piso Técnico	1421.519	225.4818	
Dispositivo	1421.519	0.0000	
Capitel	1457.999	36.4800	
Pedestal	1501.775	43.7760	305.74 Ton
Peso Total de Carga Muerta			1,501.78 Ton

Fuente: Etabs 19.1.0.

Tabla 19. Peso del edificio Carga Viva

Nivel	Acumulado	Carga Viva	
Story7	21.9883	21.9883	
Story6	65.9649	43.9766	
Story5	109.9415	43.9766	
Story4	153.918	43.9765	
Story3	197.8946	43.9766	
Story2	241.8712	43.9766	
Story1	285.8478	43.9766	285.85 Ton
Piso Técnico	328.1978	42.3500	
Dispositivo	328.1978	0.0000	
Capitel	328.1978	0.0000	
Pedestal	328.1978	0.0000	42.35 Ton
Peso Total de Carga Viva			328.20 Ton

Fuente: Etabs V19.1.0.

Tabla 20. Peso de Servicio del edificio.

Nivel	Acumulado	Peso Servicio	
Story7	192.4928	192.4928	
Story6	406.9739	214.4811	
Story5	621.455	214.4811	
Story4	835.9361	214.4811	
Story3	1050.4172	214.4811	
Story2	1264.8984	214.4812	
Story1	1481.885	216.9866	1,481.89 Ton
Piso Técnico	1749.7168	267.8318	
Dispositivo	1749.7168	0.0000	
Capitel	1786.1968	36.4800	
Pedestal	1829.9728	43.7760	348.09 Ton
Peso de Servicio			1,829.97 Ton

Fuente: Etabs V19.1.0.

Tabla 21. Peso Sísmico del edificio

Nivel	Acumulado	Peso Sísmico	
Story7	176.0016	176.0016	
Story6	357.5002	181.4986	
Story5	538.9989	181.4987	
Story4	720.4975	181.4986	
Story3	901.9963	181.4988	
Story2	1083.4949	181.4986	
Story1	1267.4992	184.0043	1,267.50 Ton
Piso Técnico	1503.5685	236.0693	
Dispositivo	1503.5685	0.0000	
Capitel	1540.0485	36.4800	
Pedestal	1583.8245	43.7760	316.33 Ton
		Peso Sísmico	1,583.82 Ton

Fuente: Etabs V19.1.0.

Este predimensionamiento con el sistema aislado, se obtuvo un peso de carga muerta CM= 1,501.78 toneladas; una carga viva de CV=328.20 toneladas; un peso sísmico PS= 1,749.72 toneladas (Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislamiento) y un peso sísmico P = 1583.82 toneladas (Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, el cual no incluye el nivel de base).

Para el cálculo de las cargas sísmicas horizontal y vertical se reemplazó los parámetros sísmicos ya definidos anteriormente; en la ecuación 3.21 se obtuvo:

$$CSH = \frac{0.45 * 1.00 * 2.5 * 1.05}{2} * 1,749.72$$

$$CSH = 154.68 \text{ toneladas}$$

Reemplazando los parámetros sísmicos y la carga muerta de la edificación en la ecuación 3.22 se obtuvo:

$$CSV = 0.5 * (1.5 * 0.45 * 1.05) * 1,501.78$$

$$CSV = 532.19 \text{ toneladas}$$

Se calculó la carga vertical promedio según la ecuación 3.23:

$$CVP = 1.00 * 1,501.78 + 0.50 * 328.20$$
$$CVP = 1,665.88 \text{ toneladas}$$

Se calculó la carga vertical máxima aplicando la ecuación 3.24:

$$CVM = 1.25 * (1,501.78 + 328.20) + 1 * (154.68 + 532.19) + 0.20 * 0$$
$$CVM = 2,974.34 \text{ toneladas}$$

Se calculó la carga vertical mínima según la ecuación 3.25:

$$CVMin = 0.90 * 1,501.78 - 1.00 * (154.68 + 532.19)$$
$$CVMin = 664.73 \text{ toneladas}$$

Con un área techada total de $A_{total} = 223.38 \text{ m}^2$, se calculó la carga vertical sobre los dispositivos con la ecuación 3.26

$$prom = \frac{1,665.88 \text{ toneladas}}{223.38 \text{ m}^2}$$

$$prom = 7.46 \frac{\text{toneladas}}{\text{m}^2}$$

De igual forma se calculó la carga vertical máxima, con la ecuación 3.27:

$$max = \frac{2,974.34 \text{ toneladas}}{223.38 \text{ m}^2}$$

$$max = 13.32 \frac{\text{toneladas}}{\text{m}^2}$$

Asimismo, con la ecuación 3.28 se calculó la carga vertical mínima:

$$min = \frac{664.73 \text{ toneladas}}{223.38 \text{ m}^2}$$

$$min = 2.98 \frac{\text{toneladas}}{\text{m}^2}$$

Se calculó la carga vertical promedio sobre el dispositivo céntrico con respecto a su área tributaria de $A_{trib}=22.50 \text{ m}^2$ con la ecuación 3.29:

$$cvp_C = 7.46 \text{ tn/m}^2 * 22.50 \text{ m}^2$$

$$cvp_C = 167.8 \text{ toneladas}$$

Se calculó la carga vertical promedio sobre el dispositivo excéntrico con respecto a su área tributaria de $A_{trib}=11.88 \text{ m}^2$ con la ecuación 3.30:

$$cvp_E = 7.46 \text{ tn/m}^2 * 11.88 \text{ m}^2$$

$$cvp_E = 88.56 \text{ toneladas}$$

Se calculó el sismo máximo considerado SMC, para calcular el desplazamiento máximo DM, con la ecuación 3.31:

$$S_{aM} = 1.5 * 0.45 * 0.374 * 1.05 * g$$

$$S_{aM} = 2,600.77 \text{ mm/s}^2$$

Según la Tabla N° 5 de la norma E.031-2019 de Aislamiento sísmico, se asumió un porcentaje de amortiguamiento crítico y se obtuvo el factor de amortiguamiento:

$$\beta_M = 0.20 = \xi = 20\%$$

$$B_M = 1.50$$

Se calculó el desplazamiento máximo, con la ecuación 3.32:

$$D_M = \frac{2,600.77 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2} * 8.02 \text{ s}^2}{4\pi^2 * 1.50}$$

$$D_M = 352.1146 \text{ mm}$$

Asimismo, se calculó el desplazamiento total máximo con la ecuación 3.33, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

$$C_{MX} = 7.0531 \text{ m (Coordenada del centro de masa en dirección X)}$$

$$C_{MY} = 9.6909 \text{ m (Coordenada del centro de masa en dirección Y)}$$

$$C_{RX} = 6.6984 \text{ m (Coordenada del centro de rigidez en dirección X)}$$

$$C_{RY} = 9.7731 \text{ m (Coordenada del centro de rigidez en dirección Y)}$$

$$e_X = C_{MX} - C_{RX} = 0.35 \text{ (Excentricidad en dirección X)}$$

$$e_Y = C_{RY} - C_{MY} = 0.08 \text{ (Excentricidad en dirección Y)}$$

$$d = 20 \text{ m (Dimensión mayor de la proyección en planta del edificio)}$$

$$b = 13 \text{ m (Dimensión menor de la proyección en planta del edificio)}$$

$$e_{acc} = d * 0.05 = 1.00 \text{ m (Excentricidad accidental)}$$

$$e = e_Y + e_{acc} = 1.08 \text{ m (Excentricidad obtenida)}$$

$$y = \frac{d}{2} = 10 \text{ m (Distancia media)}$$

$$T_1 = 0.809 \text{ s}; T_2 = 0.674 \text{ s}; T_3 = 0.613 \text{ s}$$

$$P_T = \frac{T_1}{T_3} = 1.5 \text{ (Relación entre periodos)}$$

$$D_{TM} = 352.1146 * \left(1 + \left(\frac{10 \text{ m}}{(1.5)^2} \right) * \left(\frac{12 * (1.08 \text{ m})}{(13 \text{ m})^2 + (20 \text{ m})^2} \right) \right)$$

$$D_{TM} = 387.79 \text{ mm}$$

Se cálculo la rigidez horizontal para el dispositivo 1 (céntrico) con la ecuación 3.34:

$$P_{Umax} = cvp_c = 167.8 \text{ toneladas}$$

$$K_h = \left(167.8 * \left(\frac{2\pi}{2.83 \text{ s}} \right)^2 \right)$$

$$K_h = 0.81 \text{ MPa} * m$$

Del mismo modo se calculó la rigidez horizontal para el dispositivo 2 (excéntrico) con la ecuación 3.34:

$$P_{Umax} = cvp_E = 88.56 \text{ toneladas}$$

$$K_h = \left(88.56 * \left(\frac{2\pi}{2.83 \text{ s}} \right)^2 \right)$$

$$K_h = 0.4276 \text{ MPa} * m$$

Se calculó la altura de los dispositivos con la ecuación 3.35, considerando la deformación por corte:

$$\gamma = 1.0 \text{ (Factor de deformación por corte)}$$

$$H_r = \frac{391.2384 \text{ mm}}{1.0}$$

$$H_r = 0.352 \text{ m}$$

Se calculó el área del dispositivo 1 (céntrico) con la ecuación 3.36, considerando el módulo de corte del caucho:

$$G = 0.80 \text{ MPa}$$

$$A_1 = \frac{0.81 \text{ MPa} * m * 0.352m}{0.80 \text{ MPa}}$$

$$A_1 = 0.36 \text{ m}^2$$

Del mismo modo se calculó el área del dispositivo 2 (excéntrico) con la ecuación 3.36, considerando el módulo de corte del caucho:

$$G = 0.80 \text{ MPa}$$

$$A_2 = \frac{0.4276 \text{ MPa} * m * 0.352m}{0.80 \text{ MPa}}$$

$$A_2 = 0.19 \text{ m}^2$$

Con la ecuación 3.37, se calculó el diámetro del dispositivo 1 (céntrico):

$$d_1 = 2 * \left(\sqrt{\frac{0.40 \text{ m}^2}{\pi}} \right)$$

$$d_1 = 673.86 \text{ mm}$$

Asimismo, con la ecuación 3.37, se calculó el diámetro del dispositivo 2 (excéntrico):

$$d_2 = 2 * \left(\sqrt{\frac{0.21 \text{ m}^2}{\pi}} \right)$$

$$d_2 = 489.54 \text{ mm}$$

Se tabuló el resumen de las propiedades de los dispositivos, según el cálculo manual realizado de las propiedades de los aisladores que se encuentra detallado específicamente en el Anexo 4.

Tabla 22. Propiedades calculadas de los dispositivos

Propiedades	Dispositivo 1 (Céntrico)	Dispositivo 2 (Excéntrico)
Cantidad de dispositivos	6 und	13 und
Rigidez Horizontal del dispositivo	0.81 MPa*m	0.4276 MPa*m
Altura del dispositivo	0.352 m	0.352 m
Área del dispositivo	0.36 m ²	0.19 m ²
Diámetro del dispositivo	0.6739 m	0.49 m
Desplazamiento máximo DM	0.3521 m	0.3521 m
Desplazamiento total máximo DTM	0.387 m	0.387 m
Módulo de corte del caucho	0.80 MPa	0.80 MPa
Porcentaje de amortiguamiento	0.20	0.20

Tabla 23. Propiedades de diseño de los dispositivos

PROPIEDADES DE DISEÑO DEL AISLADOR (Catálogo)		
Fabricante: FIP INDUSTRIALE		
Desplazamiento de diseño: d = 400 mm		
Propiedades	Dispositivo 1 (céntrico)	Dispositivo 2 (excéntrico)
Carga vertical promedio	167.80 Tn	88.56 Tn
Modelo del dispositivo	LRB-SN-750/203-170	LRB-SN-550/200-145
Diámetro	750 mm	550 mm
Altura total	397 mm	407 mm
Tamaño de Chapas	800x800 mm	600x600 mm
Espesor total de goma	203 mm	200 mm
Rigidez Vertical Kv	1736 kN/mm	904 kN/mm
Rigidez Horizontal Efectiva Keff	1.95 kN/mm	1.18 kN/mm
Desplazamiento diseño	400 mm	400 mm
Carga Estática Vertical Máxima	11480 kN	4300 kN
Amortiguamiento efectivo	22 %	27 %
Desplazamiento de fluencia (Yielding displacement)	16 mm	16 mm
Fuerza de fluencia Fy	259 kN	184 kN

Fuente: Catálogo FIP Industriale.

Se asignaron los parámetros de las propiedades lineales nominales de los dispositivos en el software para su respectivo análisis lineal tiempo historia.

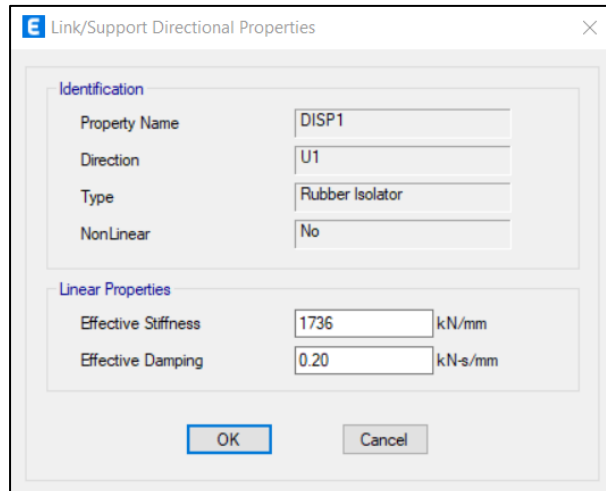


Figura 39. Propiedades lineales dispositivo 1 en U1

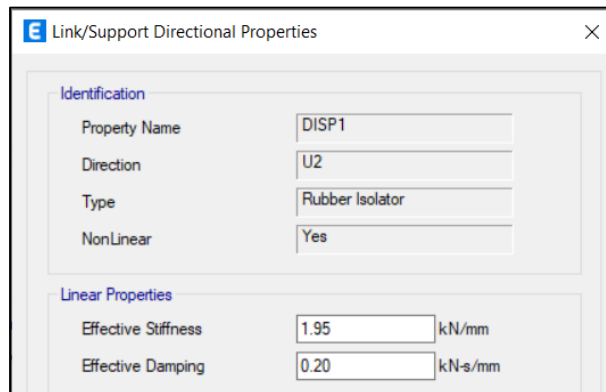


Figura 40. Propiedades lineales dispositivo 1 en U2

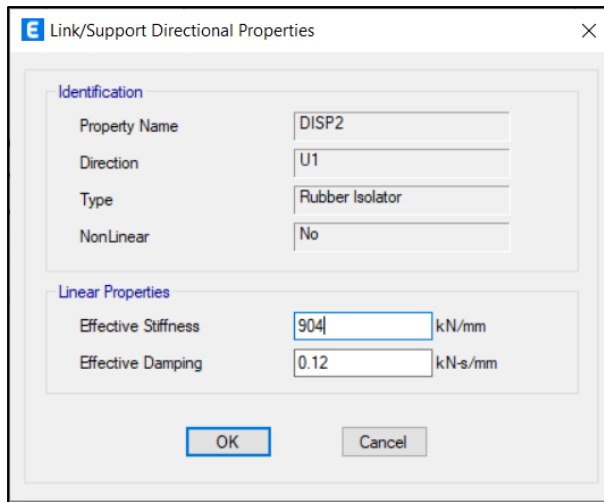


Figura 41. Propiedades lineales dispositivo 2 en U1

Fuente: Etabs V19.1.0.

Se asignaron los parámetros de las propiedades No lineales nominales de los dispositivos en el software para su respectivo análisis No lineal tiempo historia.

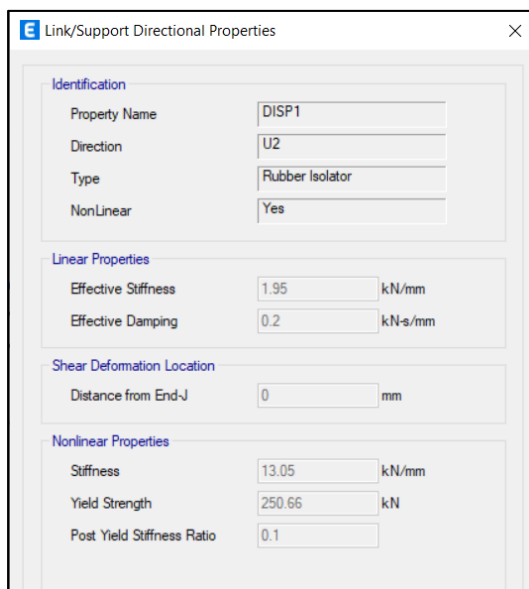


Figura 42. Propiedades No lineales dispositivo 1 en U2

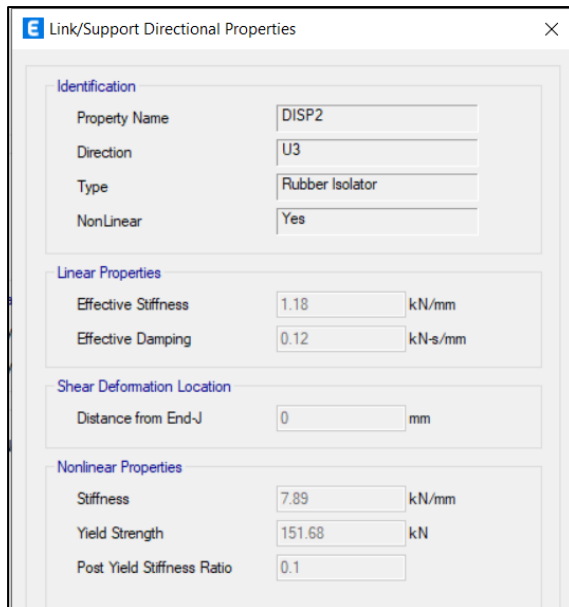


Figura 43. Propiedades No lineales dispositivo 2 en U3

Se asignaron los parámetros de las propiedades lineales para límite superior (Upper Bound) de los dispositivos en el software para su respectivo análisis lineal tiempo historia.

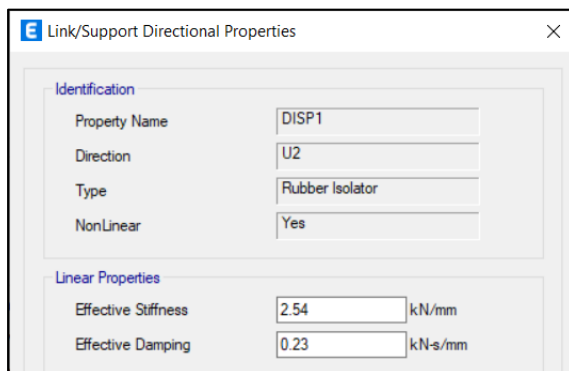


Figura 44. Propiedades lineales para límite superior dispositivo 1 en U2

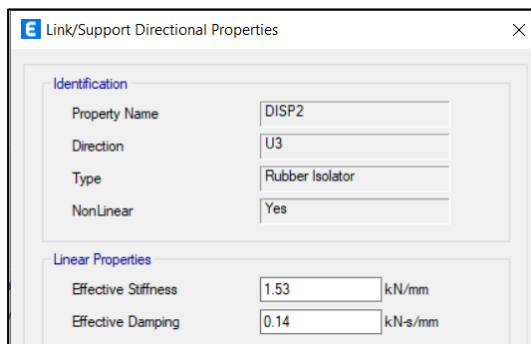


Figura 45. Propiedades lineales para límite superior dispositivo 2 en U3

Del mismo modo, se asignaron los parámetros de las propiedades No lineales para límite superior (Upper Bound) de los dispositivos en el software para su respectivo análisis No lineal tiempo historia.

Identification	
Property Name	DISP1
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	2.54 kN/mm
Effective Damping	0.23 kN-s/mm

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 mm

Nonlinear Properties	
Stiffness	12.09 kN/mm
Yield Strength	509.02 kN
Post Yield Stiffness Ratio	0.1

Figura 46. Propiedades No lineales para límite superior dispositivo 1

Identification	
Property Name	DISP2
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	1.52 kN/mm
Effective Damping	0.14 kN-s/mm

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 mm

Nonlinear Properties	
Stiffness	7.32 kN/mm
Yield Strength	308.02 kN
Post Yield Stiffness Ratio	0.1

Figura 47. Propiedades No lineales para límite superior dispositivo 2

4. Respecto al objetivo específico 4, se realizó el análisis dinámico tiempo historia.

Para el desarrollo de esta parte del análisis se realizó la búsqueda y almacenamiento de registros de acelerogramas de sismos nacionales y sismos históricos, como se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 24. Registro de sismos nacionales

Item	Sismo/Año	Año	Mw	Estación	Componente	Aceleración máxima del terreno
1	Lima 1966	1966	8.1	Parque de la Reserva	EW	180.56 cm/s ²
2	Lima 1966	1966	8.1	Parque de la Reserva	NS	268.24 cm/s ²
3	Huaraz 1970	1970	6.6	Parque de la Reserva	EW	105.05 cm/s ²
4	Huaraz 1970	1970	6.5	Parque de la Reserva	NS	87.81 cm/s ²
5	Lima 1974	1974	6.6	Parque de la Reserva	EW	194.21 cm/s ²
6	Lima 1974	1974	6.6	Parque de la Reserva	NS	180.09 cm/s ²
7	Atico 2001	2001	6.9	Moquegua	EW	295.15 cm/s ²
8	Atico 2001	2001	6.9	Moquegua	NS	219.99 cm/s ²
9	Pisco 2007	2007	7.0	Ica	EW	272.82 cm/s ²
10	Pisco 2007	2007	7.0	Ica	NS	333.66 cm/s ²
11	Mala 2021	2021	6.0	Independencia	EW	207.844 cm/s ²
12	Mala 2021	2021	6.0	Independencia	NS	153.592 cm/s ²
13	Lima 2022	2022	5.6	IPEN Carabaylo	EW	223.81 cm/s ²
14	Lima 2022	2022	5.6	IPEN Carabaylo	NS	236.45 cm/s ²

Fuente: CISMID

Tabla 25. Registro de sismos históricos

Item	Sismo	Año	Mw	Estación	Aceleración máxima del terreno	
1	Imperial Valley 1979	1979	6.5	USGS STATION 5115	309.21	cm/s ²
2	Loma prieta 1989	1989	6.9	CDMG STATION 47381	360.42	cm/s ²
3	Northridge 1994	1994	6.7	CDMG STATION 24278	557.50	cm/s ²
4	Kobe 1995	1995	6.9	KAKOGAWA(CUE90)	338.15	cm/s ²
5	Kokaeli 1999	1999	7.4	YARIMCA(KOERI330)	342.37	cm/s ²

Fuente: SeismoSignal

Los acelerogramas de sismos nacionales cuentan con la corrección de línea base, por lo que se sólo se realizó el filtrado de las señales que

consiste en suprimir las ondas no sísmicas armónicas producidas por ruidos de vehículos pesados cercanos a la estación acelerométrica. Este proceso de filtrado se realizó con el software SeismoSignal para cada conjunto de Acelerograma correspondiente a cada sismo seleccionado.

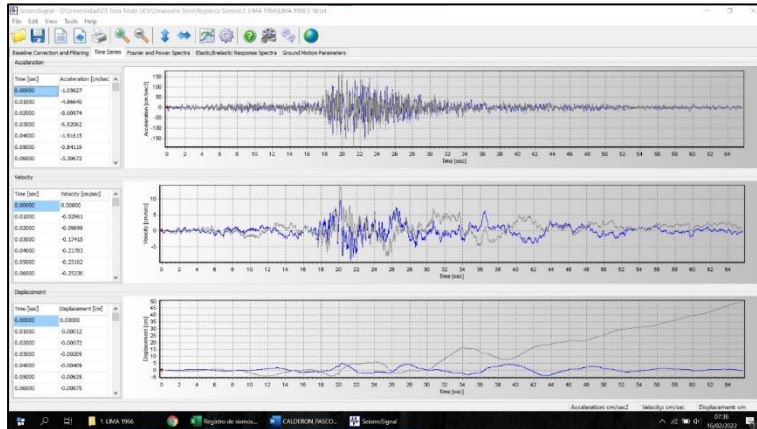


Figura 48. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1966 E-W

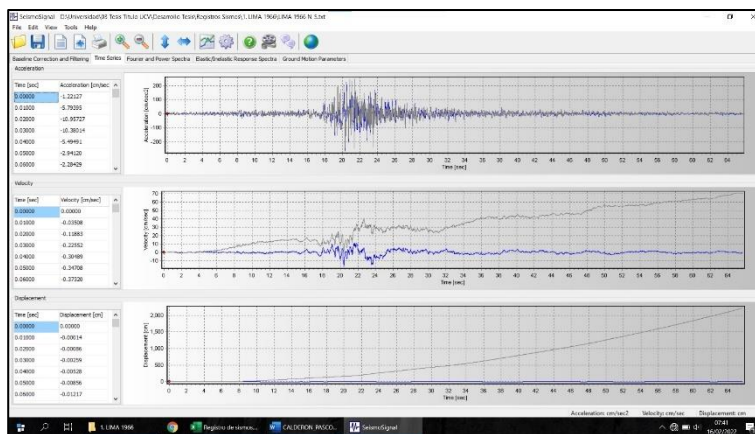


Figura 49. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1966 N-S

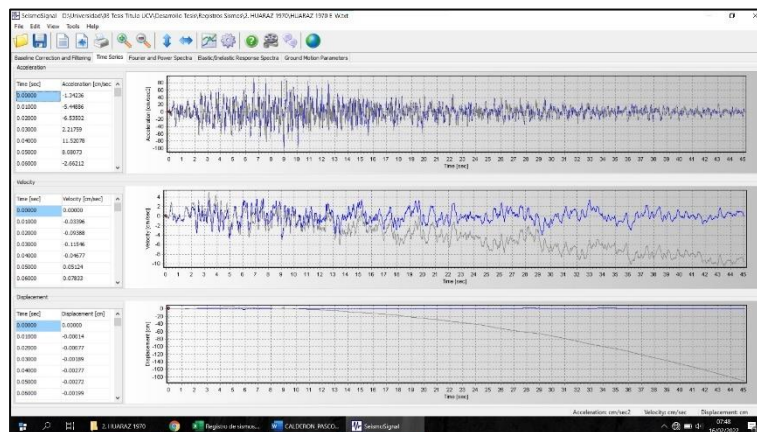


Figura 50. Filtrado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 E-W

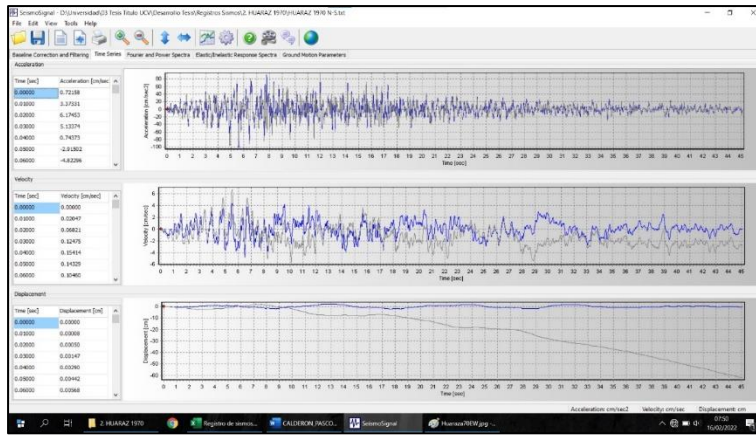


Figura 51. Filtrado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 N-S

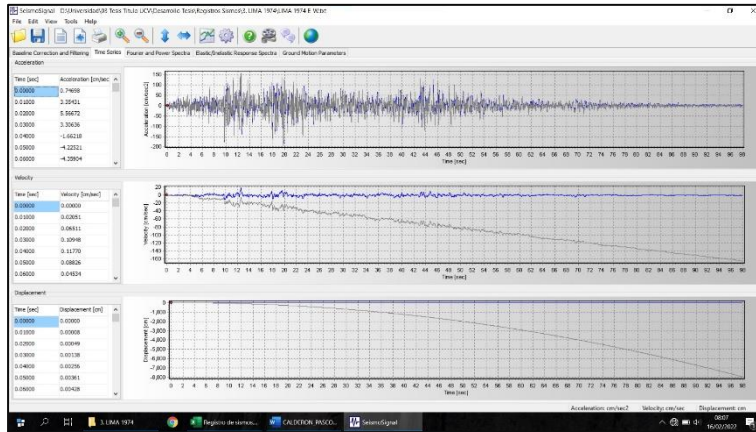


Figura 52. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1974 E-W

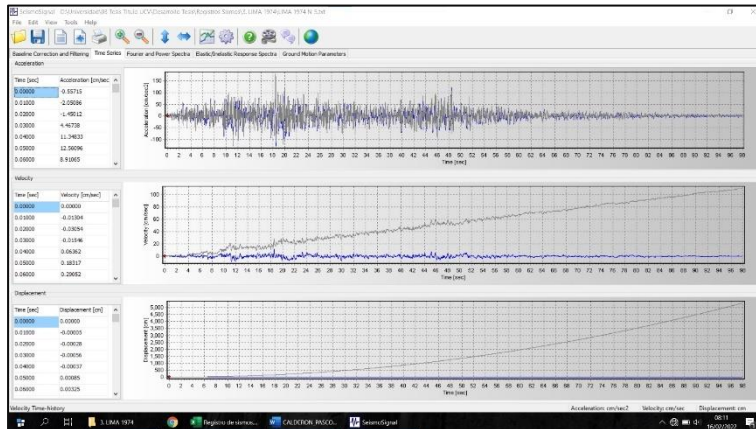


Figura 53. Filtrado de Acelerograma sismo Lima 1974 N-S

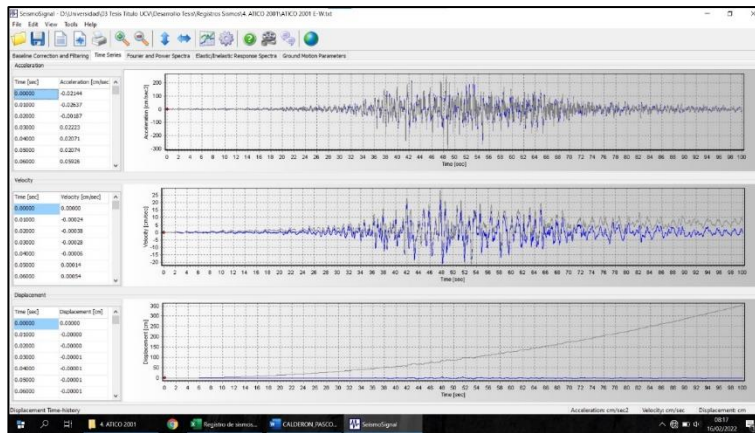


Figura 54. Filtrado de Acelerograma sismo Atico 2001 E-W

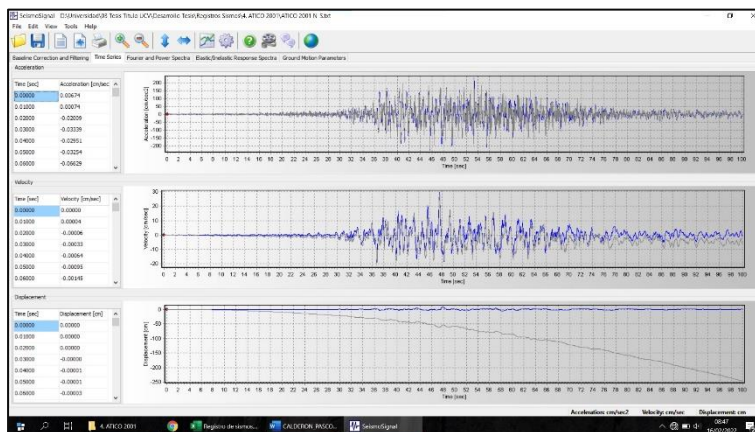


Figura 55. Filtrado de Acelerograma sismo Atico 2001 N-S

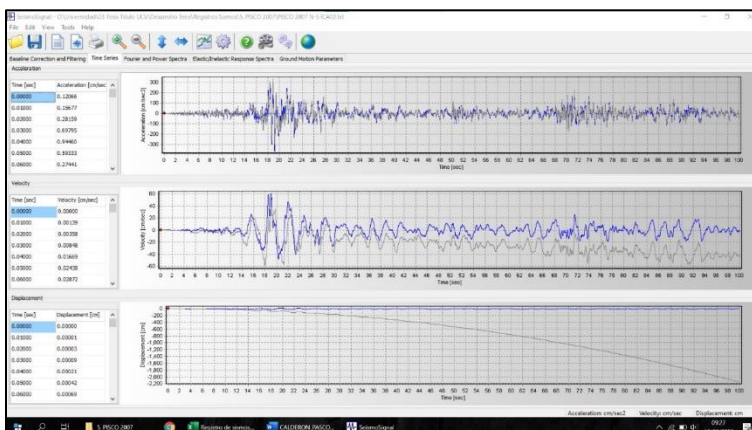


Figura 56. Filtrado de Acelerograma sismo Pisco 2007 N-S

El resultado del proceso de escalamiento de los acelerogramas de cada sismo con respecto al sismo de diseño permitió que la edificación tenga un comportamiento y una respuesta más real en el modelo matemático.

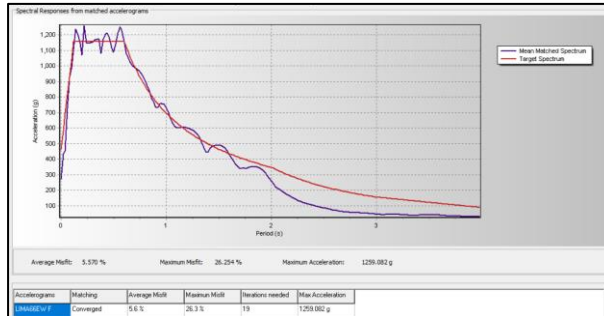


Figura 57. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1966 E-W

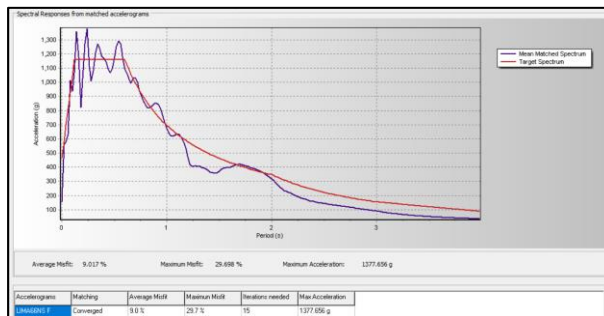


Figura 58. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1966 N-S

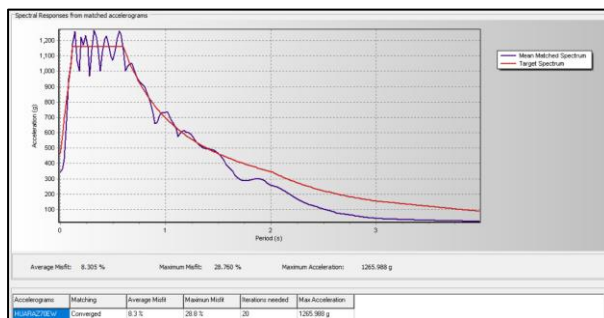


Figura 59. Escalado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 E-W

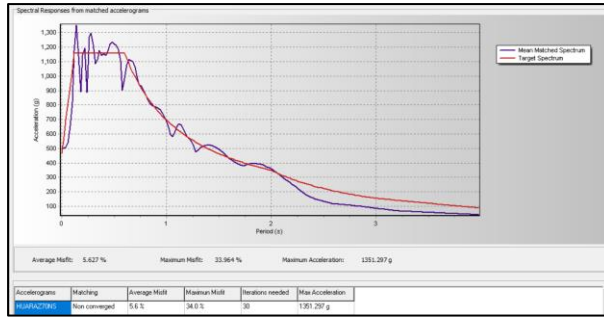


Figura 60. Escalado de Acelerograma sismo Huaraz 1970 N-S

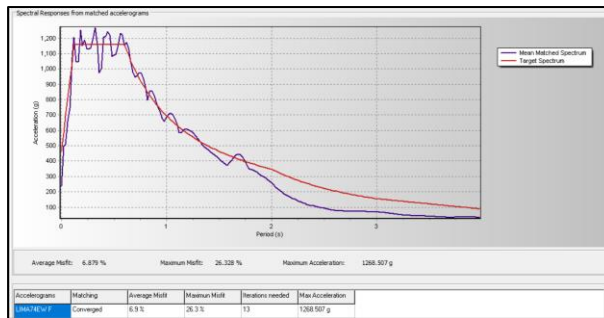


Figura 61. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1974 E-W

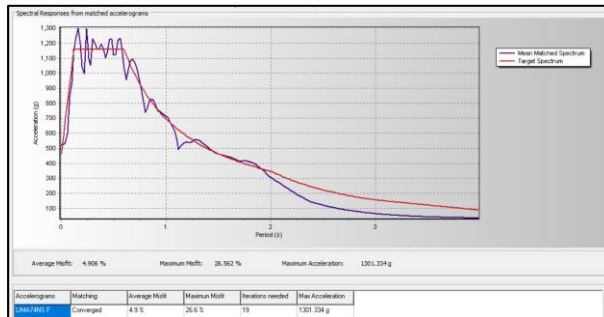


Figura 62. Escalado de Acelerograma sismo Lima 1974 N-S.

La función Tiempo Historia fue definida y asignada en el software para los siete (07) registros de aceleraciones del suelo con sus dos componentes horizontales ortogonales. Asimismo, fueron creados y asignados los casos de carga para el análisis tiempo historia mediante el método de integración lineal.

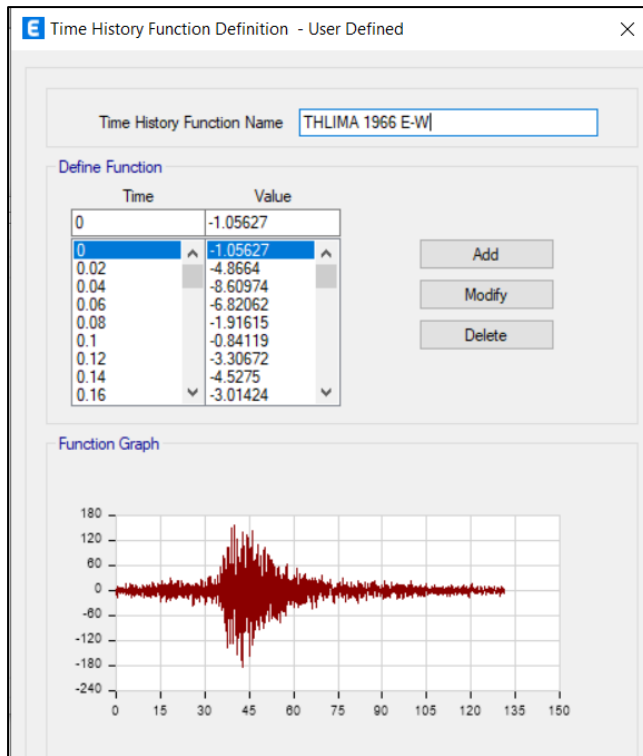


Figura 63. Función Tiempo Historia Lima 1966 E-W

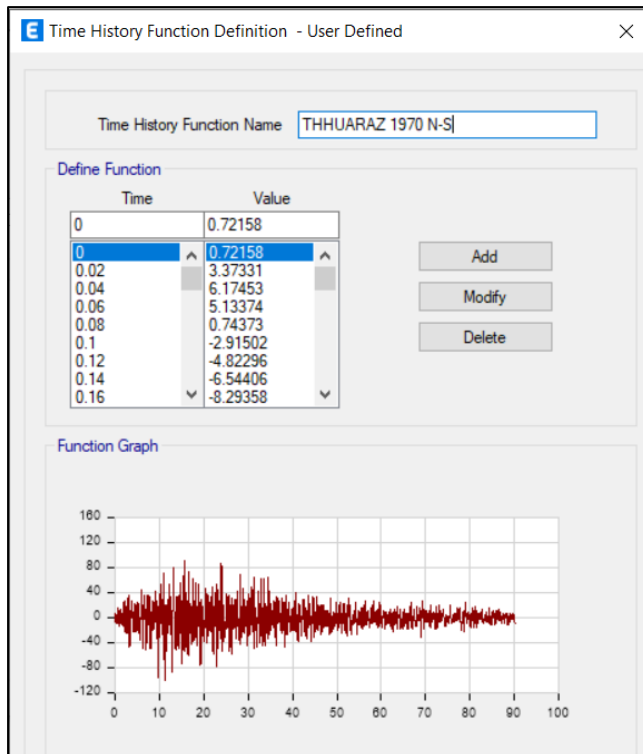


Figura 64. Función Tiempo Historia Huaraz N-S

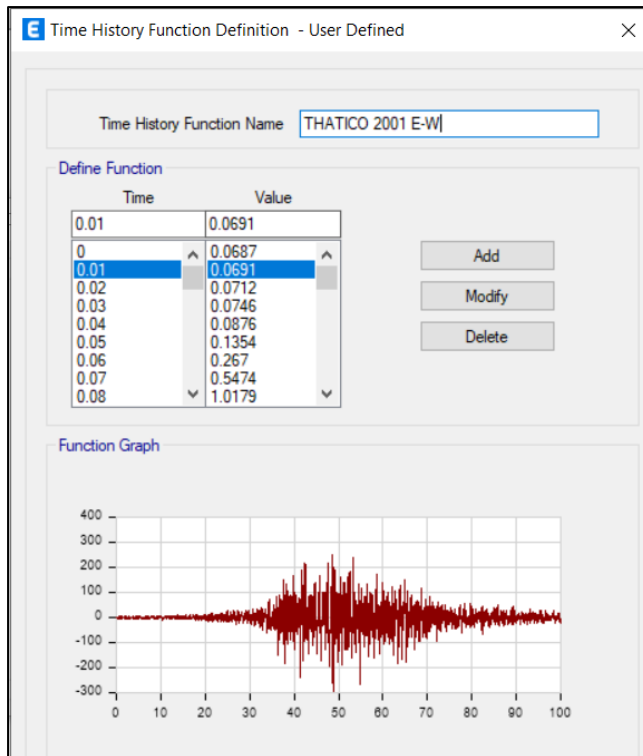


Figura 65. Función Tiempo Historia Atico E-W

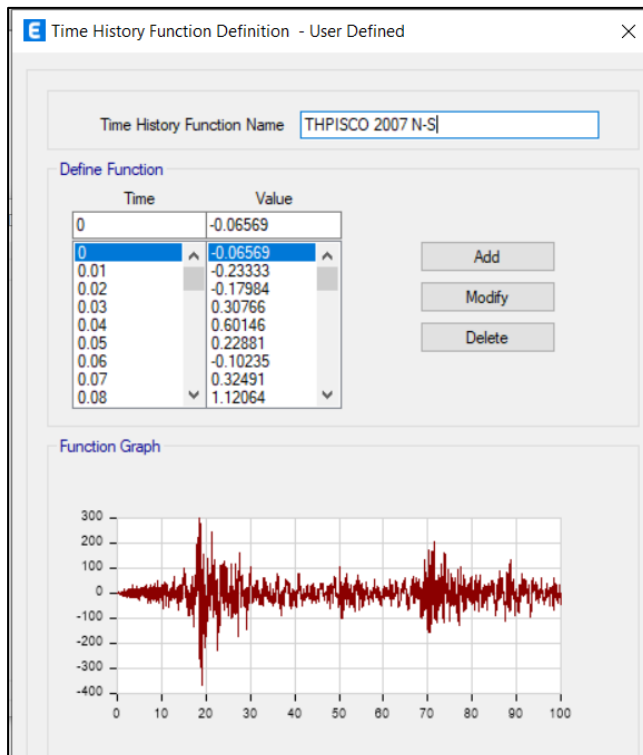


Figura 66. Función Tiempo Historia Pisco N-S

E Load Case Data

General

Load Case Name: TH_LIMA_1966 [Design...]

Load Case Type/Subtype: Time History [Linear Direct Integration] [Notes...]

Mass Source: MsSrc1

Analysis Model: Default

P-Delta/Nonlinear Stiffness

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

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

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	THLIMA 1966 E-W	0.0241
Acceleration	U2	THLIMA 1966 N-S	0.0241

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Number of Output Time Steps: 3283

Output Time Step Size: 0.02 sec

Damping: Mass: 0.4237; Stiff: 0.0059; Modal: No [Modify/Show...]

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 67. Caso de carga análisis TH sismo Lima 1966

E Load Case Data

General

Load Case Name: TH_HUARAZ_1970 [Design...]

Load Case Type/Subtype: Time History [Linear Direct Integration] [Notes...]

Mass Source: MsSrc1

Analysis Model: Default

P-Delta/Nonlinear Stiffness

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

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

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	THHUARAZ 1970 E...	0.0438
Acceleration	U2	THHUARAZ 1970 N-S	0.0438

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Number of Output Time Steps: 2255

Output Time Step Size: 0.02 sec

Damping: Mass: 0.4237; Stiff: 0.0059; Modal: No [Modify/Show...]

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 68. Caso de carga análisis TH sismo Huaraz 1970

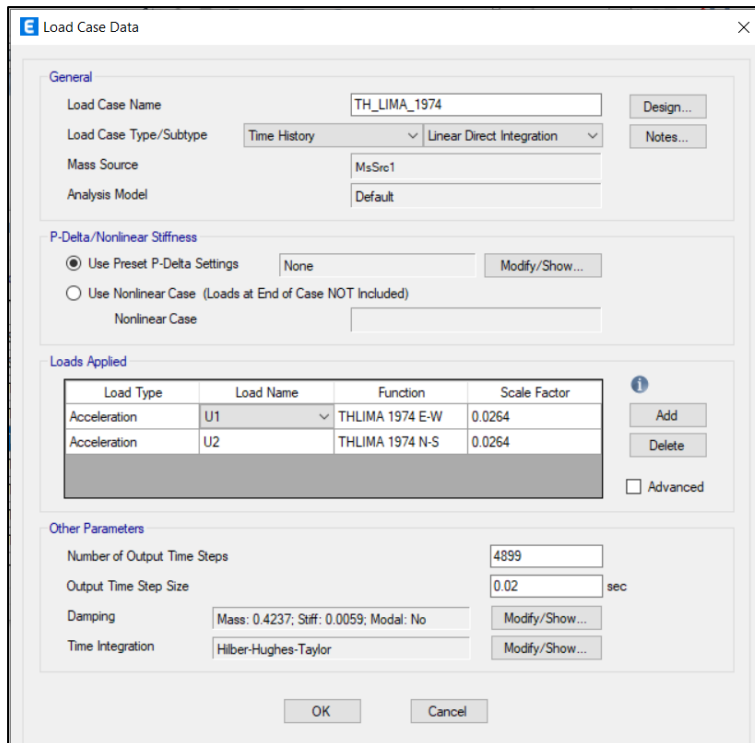


Figura 69. Caso de carga análisis TH sismo Lima 1974

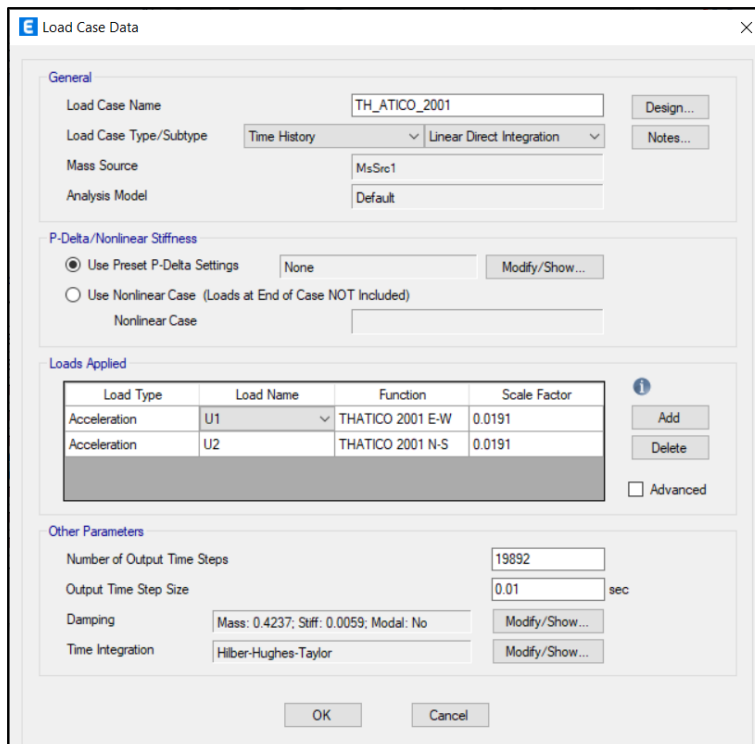


Figura 70. Caso de carga análisis TH sismo Atico 2021

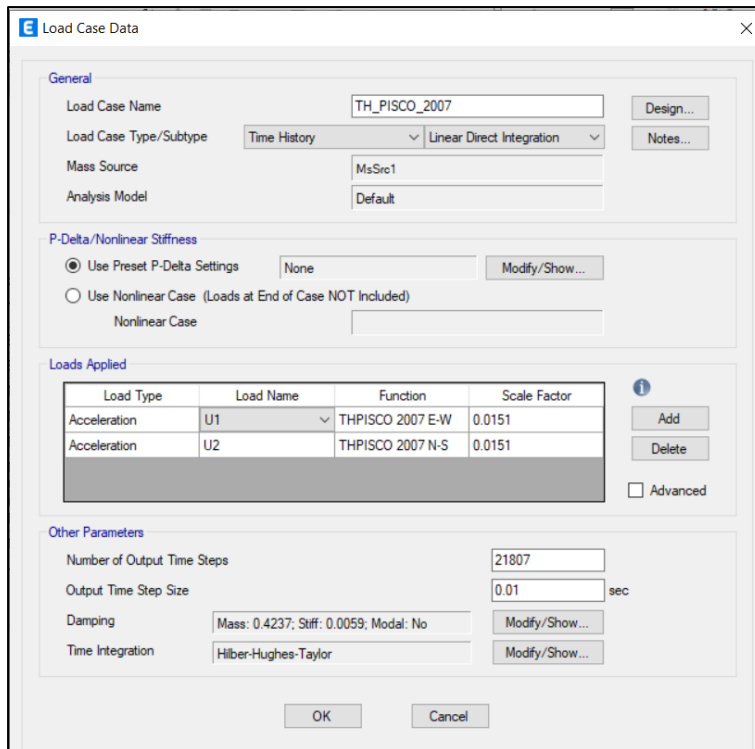


Figura 71. Caso de carga análisis TH sismo Pisco 2007

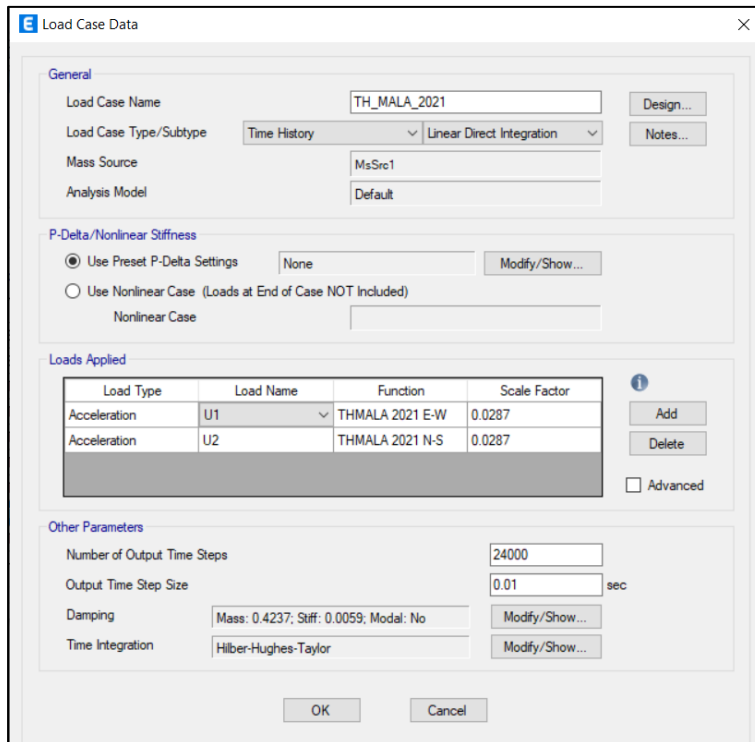


Figura 72. Caso de carga análisis TH sismo Mala 2021

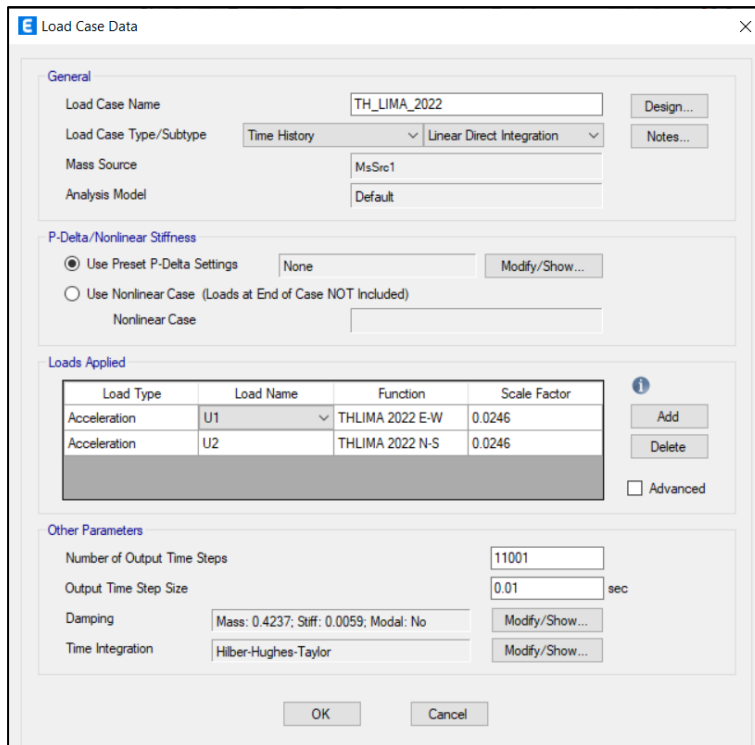


Figura 73. Caso de carga análisis TH sismo Lima 2022

Los modos de vibración obtenidos mediante el análisis lineal Tiempo Historia se muestran en la siguiente figura:

	Case	Mode	Period sec	UX	UY
▶	Modal	1	1.736	0.0009	0.9192
	Modal	2	1.667	0.8286	0.0063
	Modal	3	1.592	0.1223	0.0155
	Modal	4	0.468	1.455E-05	0.021
	Modal	5	0.399	0.0107	3.928E-05

Figura 74. Modos de vibración de la edificación

Fuente: Etabs V19.1.0.

Los desplazamientos en el centro de masa según el caso de análisis lineal elástico tiempo historia, se muestran en las siguientes figuras:

E Diaphragm Center Of Mass Displacements									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Diaphragm Center Of Mass Displacements									
Filter: (([Output Case] = 'TH_LIMA_1966') AND ([Step Type] = 'Max'))									
	Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
▶	Story7	D7	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	172.925862	198.519242	0.000861	1
	Story6	D6	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	168.682391	192.959607	0.000872	10
	Story5	D5	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	163.309473	185.921494	0.000881	18
	Story4	D4	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	156.667292	177.114185	0.000872	26
	Story3	D3	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	148.85631	166.537952	0.000852	58
	Story2	D2	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	140.041161	154.225517	0.000818	66
	Story1	D1	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	130.204943	140.233925	0.000725	77
	Piso Técnico	DPT	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	118.163434	122.993959	0.000625	90

Figura 75. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Lima 1966

Fuente: Etabs V19.1.0.

E Diaphragm Center Of Mass Displacements									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Diaphragm Center Of Mass Displacements									
Filter: (([Output Case] = 'TH_HUARAZ_1970') AND ([Step Type] = 'Max'))									
	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	
▶	D7	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	173.744597	210.26853	0.001771	1	
	D6	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	169.500586	203.816111	0.001871	10	
	D5	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	164.278861	196.008449	0.001923	18	
	D4	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	157.777166	186.466981	0.001929	26	
	D3	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	150.008429	175.194309	0.001891	58	
	D2	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	141.303253	162.306003	0.001808	66	
	D1	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	131.854469	147.911195	0.001675	77	
	DPT	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	121.053399	130.467469	0.001445	90	

Figura 76. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Huaraz 1970

Fuente: Etabs V19.1.0.

E Diaphragm Center Of Mass Displacements									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Diaphragm Center Of Mass Displacements									
Filter: (([Output Case] = 'TH_LIMA_1974') AND ([Step Type] = 'Max'))									
	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	
▶	D7	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	257.863795	148.645774	0.00211	1	
	D6	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	252.306935	143.389943	0.002138	10	
	D5	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	245.07543	136.513444	0.002138	18	
	D4	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	235.998952	128.066966	0.002112	26	
	D3	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	225.069199	118.24204	0.002055	58	
	D2	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	212.433473	107.321253	0.001965	66	
	D1	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	198.667361	95.819418	0.001838	77	
	DPT	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	181.851411	82.145038	0.001642	90	

Figura 77. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Lima 1974

Fuente: Etabs V19.1.0.

E Diaphragm Center Of Mass Displacements								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Diaphragm Center Of Mass Displacements								
Filter: (([Output Case] = 'TH_ATICO_2001') AND ([Step Type] = 'Max'))								
	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
▶	D7	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	137.145416	206.383792	0.001513	1
	D6	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	133.800196	200.476842	0.001576	10
	D5	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	129.625013	193.298982	0.001607	18
	D4	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	124.477796	184.417597	0.001597	26
	D3	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	118.307977	173.6249	0.001547	58
	D2	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	111.275135	160.932181	0.001464	66
	D1	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	103.54725	146.529633	0.00135	77
	DPT	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	94.485581	129.045531	0.001179	90

Figura 78. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Atico 2001

Fuente: Etabs V19.1.0.

E Diaphragm Center Of Mass Displacements								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Diaphragm Center Of Mass Displacements								
Filter: (([Output Case] = 'TH_PISCO_2007') AND ([Step Type] = 'Max'))								
	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
▶	D7	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	224.313389	280.451001	0.001958	1
	D6	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	220.247028	269.518298	0.002008	10
	D5	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	214.680226	256.168122	0.002017	18
	D4	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	207.496975	241.057139	0.001984	26
	D3	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	198.588078	226.369469	0.001917	58
	D2	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	188.007629	211.088217	0.001827	66
	D1	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	175.923133	194.194401	0.001726	77
	DPT	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	160.599329	173.422203	0.001582	90

Figura 79. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Pisco 2007.

Fuente: Etabs V19.1.0.

E Diaphragm Center Of Mass Displacements								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Diaphragm Center Of Mass Displacements								
Filter: (([Output Case] = 'TH_MALA_2021') AND ([Step Type] = 'Max'))								
	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
▶	D7	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	64.263145	56.71073	0.000676	1
	D6	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	62.838374	54.179994	0.000646	10
	D5	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	61.180311	51.20649	0.000607	18
	D4	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	59.034942	47.824439	0.000593	26
	D3	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	56.383627	44.143378	0.000582	58
	D2	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	53.256154	40.22362	0.000561	66
	D1	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	49.650418	36.080103	0.00053	77
	DPT	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	45.18176	31.255697	0.000517	90

Figura 80. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Mala 2021

Fuente: Etabs V19.1.0.

phragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
D7	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	33.500701	48.245477	0.000246	1
D6	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	32.553404	46.906503	0.000228	10
D5	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	31.358711	45.153044	0.000212	18
D4	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	29.923813	42.819553	0.000201	26
D3	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	28.263151	39.79142	0.000205	58
D2	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	26.385669	36.119204	0.000199	66
D1	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	24.303667	31.982829	0.000172	77
DPT	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	21.752242	27.105901	0.000188	90

Figura 81. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo Lima 2022

Fuente: Etabs V19.1.0.

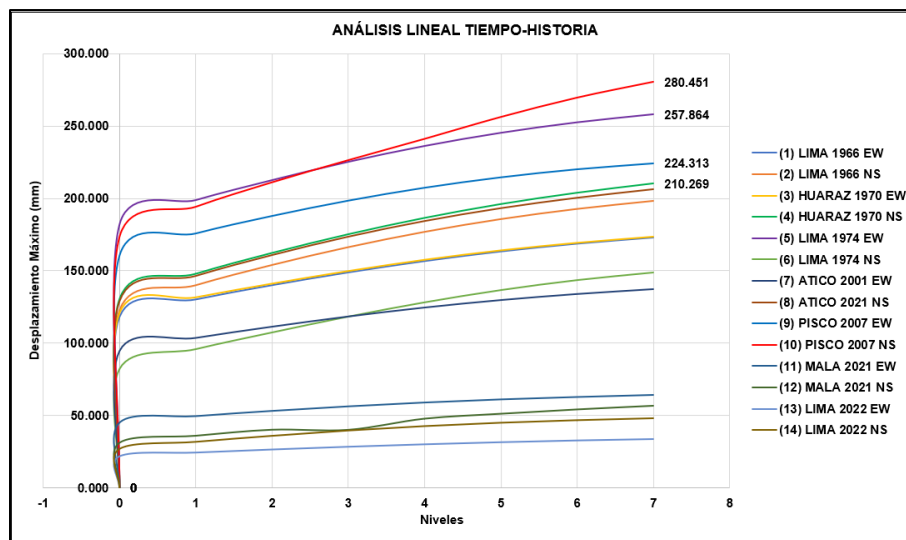


Figura 82. Desplazamientos máximos análisis lineal TH

Los desplazamientos máximos en el centro de masa de la edificación se produjeron debido a los sismos de Pisco 2007 con un desplazamiento máximo de 280.45 mm en la dirección Y correspondiente a la componente horizontal NS, el sismo de Lima 1974 con un desplazamiento de 257.86 mm en la dirección X correspondiente a la componente horizontal EW y el sismo de Atico 2001 con un desplazamiento de 206.38 mm en la dirección Y correspondiente a la componente horizontal NS. En la figura 82 se puede visualizar el resumen de los desplazamientos máximos del análisis correspondiente.

Se reportaron las fuerzas cortantes máximas y mínimas en la base en relación con el análisis lineal tiempo historia, para cada caso de análisis realizado, en el cual se obtuvo un cortante máximo de 496.5745 toneladas con el sismo de Pisco del 2007.

E Base Reactions						
File Edit Format-Filter-Sort Select Options						
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None						
Filter: ([Output Case] = 'TH_ATICO_2001' OR [Output Case] = 'TH_HUARAZ_1970' OR [Output Case] = 'TH_LIMA_1966' OR [Output Case] = 'TH_LIMA_2022' OR [Output Case] = 'TH_MALA_2021' OR [Output Case] = 'TH_PISCO_2007') AND ([Step Type] = 'Max' OR [Step Type] = 'Min')						
	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
▶	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Max	192.6114	247.3943	0
	TH_LIMA_1966	LinDirHis	Min	-332.4091	-355.5298	0
	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Max	281.2084	364.7289	0
	TH_HUARAZ_1970	LinDirHis	Min	-335.5576	-370.7501	0
	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Max	469.0919	195.3737	0
	TH_LIMA_1974	LinDirHis	Min	-510.1855	-226.2895	0
	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Max	195.1069	318.4616	0
	TH_ATICO_2001	LinDirHis	Min	-271.0002	-370.296	0
	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Max	436.5055	477.7392	0
	TH_PISCO_2007	LinDirHis	Min	-465.9082	-496.5745	0
	TH_MALA_2021	LinDirHis	Max	167.339	88.8917	0
	TH_MALA_2021	LinDirHis	Min	-130.3621	-92.1654	0
	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Max	77.9905	76.7152	0
	TH_LIMA_2022	LinDirHis	Min	-71.7315	-81.9662	0

Figura 83. Fuerza Cortante en la base

Fuente: Etabs V19.1.0.

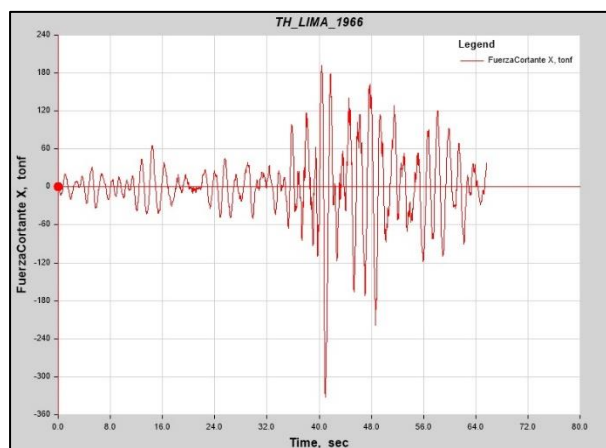


Figura 84. Fuerza Cortante máxima en dirección X Sismo Lima 1966

Fuente: Etabs V19.1.0.

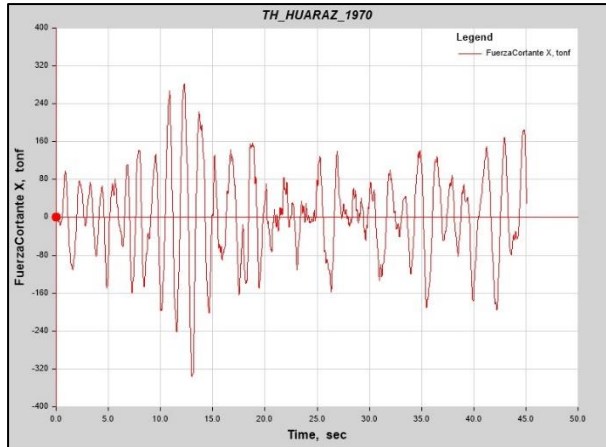


Figura 85. Fuerza Cortante máxima en dirección X Huaraz 1970

Fuente: Etabs V19.1.0.

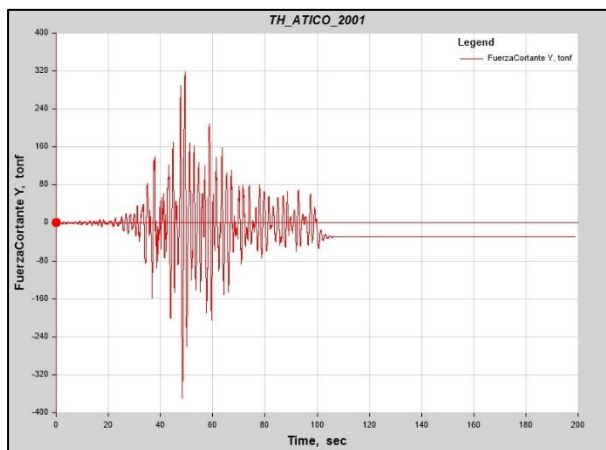


Figura 86. Fuerza Cortante máxima en dirección X Atico 2001

Fuente: Etabs V19.1.0.

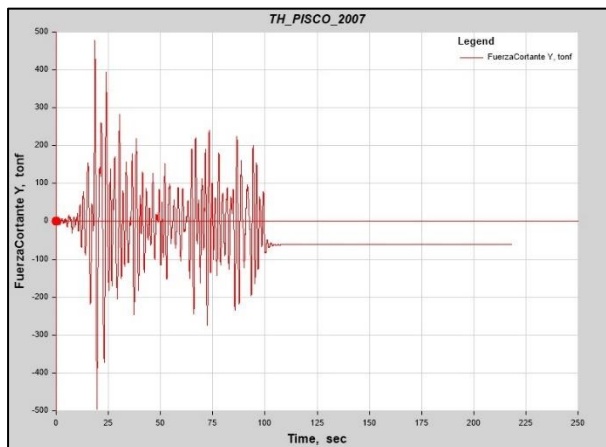


Figura 87. Fuerza Cortante máxima en dirección Y Pisco 2007

Fuente: Etabs V19.1.0.

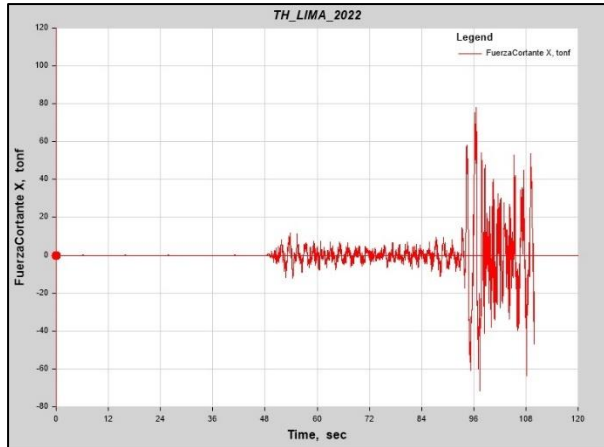


Figura 88. Fuerza Cortante máxima en dirección X Lima 2022

Fuente: Etabs V19.1.0.

Los desplazamientos en el centro de masa según el caso de análisis No Lineal Tiempo Historia, se muestran en las siguientes figuras:

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad
Story7	D7	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	213.294	95.919	0.00124
Story6	D6	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	211.149	93.755	0.001241
Story5	D5	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	208.261	90.897	0.001224
Story4	D4	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	204.63	87.341	0.001186
Story3	D3	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	200.628	83.893	0.001146
Story2	D2	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	196.279	81.072	0.001137
Story1	D1	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	191.684	78.289	0.001128
Piso Técnico	DPT	TH_LIMA_1974	NonModHist	Max	187.377	75.836	0.001116

Figura 89. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo de Lima 1974

Fuente: Etabs V19.1.0.

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
Story7	D7	TH_PISCO_2007	NonModHist	173.306	109.621	0.001072	202
Story6	D6	TH_PISCO_2007	NonModHist	171.165	108.16	0.001077	210
Story5	D5	TH_PISCO_2007	NonModHist	168.297	106.235	0.001065	217
Story4	D4	TH_PISCO_2007	NonModHist	164.667	103.788	0.001048	218
Story3	D3	TH_PISCO_2007	NonModHist	160.405	100.762	0.001034	219
Story2	D2	TH_PISCO_2007	NonModHist	155.842	97.316	0.001021	222
Story1	D1	TH_PISCO_2007	NonModHist	151.255	93.593	0.001008	225
Piso Técnico	DPT	TH_PISCO_2007	NonModHist	147.195	90.357	0.000995	250

Figura 90. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo de Pisco 2007

Fuente: Etabs V19.1.0.

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
Story7	D7	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	139.545	126.711	0.000881	202
Story6	D6	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	137.43	126.083	0.000874	210
Story5	D5	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	134.718	125.218	0.000855	217
Story4	D4	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	131.32	124.009	0.000827	218
Story3	D3	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	127.322	122.289	0.00081	219
Story2	D2	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	123.012	120.075	0.000788	222
Story1	D1	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	118.609	117.452	0.000757	225
Piso Técnico	DPT	THNL_LIMA_1...	NonModHist	Max	114.822	114.932	0.000736	250

Figura 91. Desplazamiento máximo en el centro de masa sismo de Lima 1966

Fuente: Etabs V19.1.0.

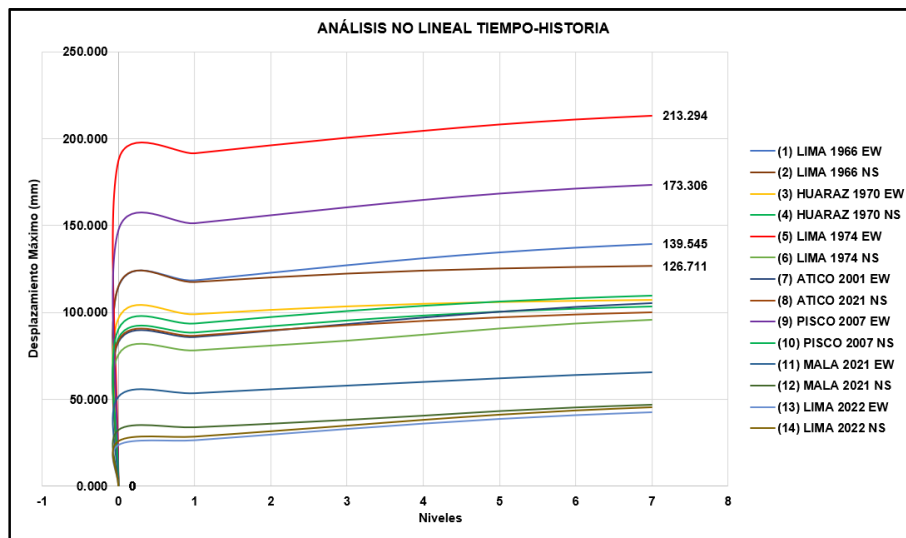


Figura 92. Desplazamientos máximos análisis No lineal TH

En la figura 89 y 90 se visualiza los desplazamientos máximos del centro de masa de 213.294 mm y 173.306 mm de los sismos de Lima 1974 y Pisco 2007 respectivamente, correspondiente al análisis no lineal tiempo historia, el cual fueron los dos desplazamientos máximos de los 14 registros considerados en el análisis. En la figura 92 se visualiza el resumen de los desplazamientos máximos del análisis no lineal tiempo-historia correspondiente.

Se muestra en el esquema de los aisladores elastoméricos según el tipo y el nombre o etiqueta, este último fue asignado por el software según el orden en que fueron modelados en el modelo matemático representado en la figura 93.

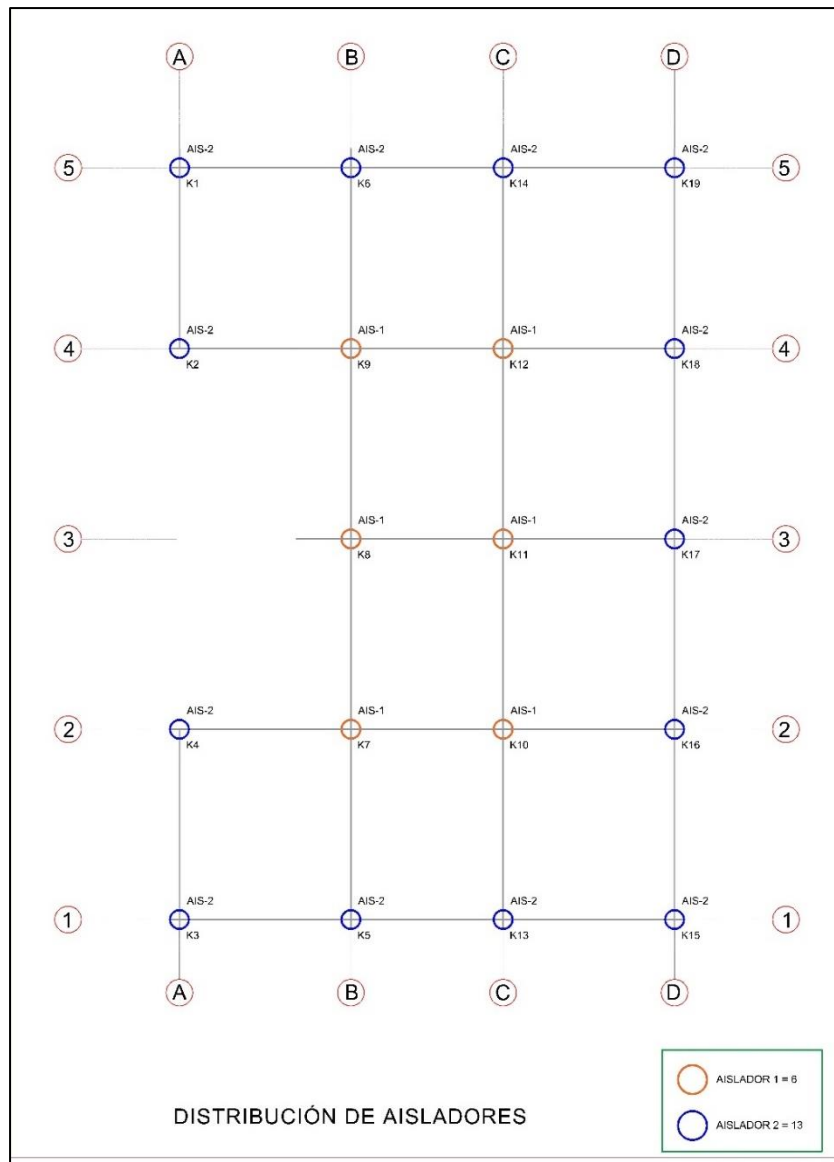


Figura 93. Distribución de los dispositivos aisladores elastoméricos

Se obtuvieron las cargas axiales máximas para cada aislador elastomérico según la información ingresada, procesada y analizada, el cual se puede observar que los valores obtenidos se encuentran dentro de los admisibles para cada dispositivo, el dispositivo o aislador 1 según la información del catálogo soporta una carga máxima de servicio vertical de 11480 kN, mientras que el dispositivo o aislador 2 soporta carga máxima de servicio vertical de 4300 kN representado en la figura 94.

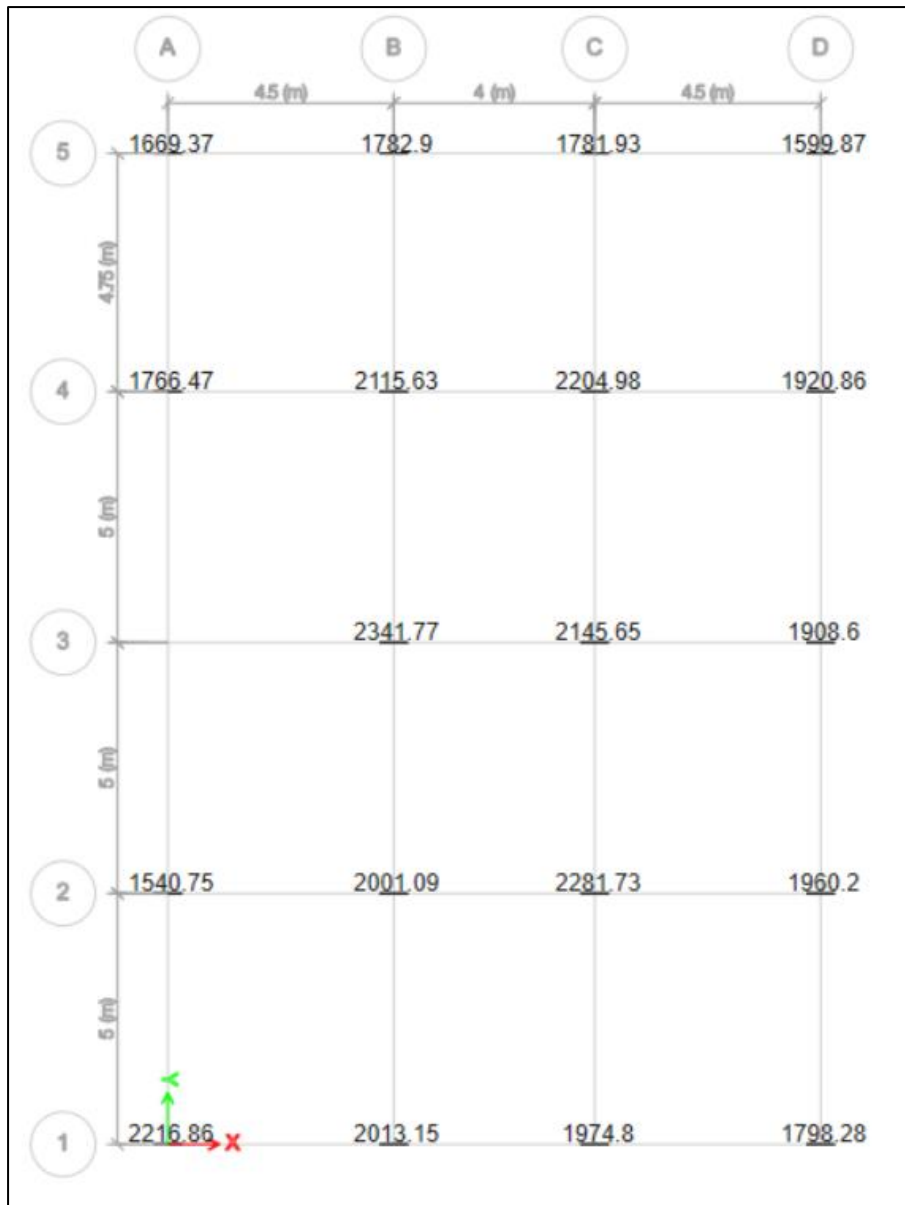


Figura 94. Cargas Axiales Máximas para cada Aislador en kN

Fuente: Etabs V19.1.0.

Se obtuvieron las curvas o lazos del comportamiento histerético de cada uno de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo para cada caso sísmico analizado.

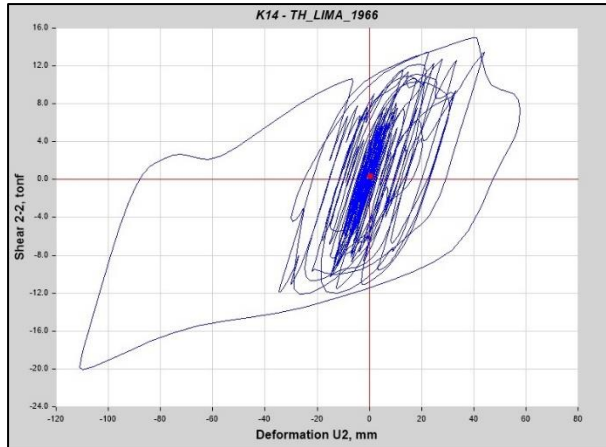


Figura 95. Curva histerética del Aislador K14 – sismo Lima 1966

Fuente: Etabs V19.1.0.

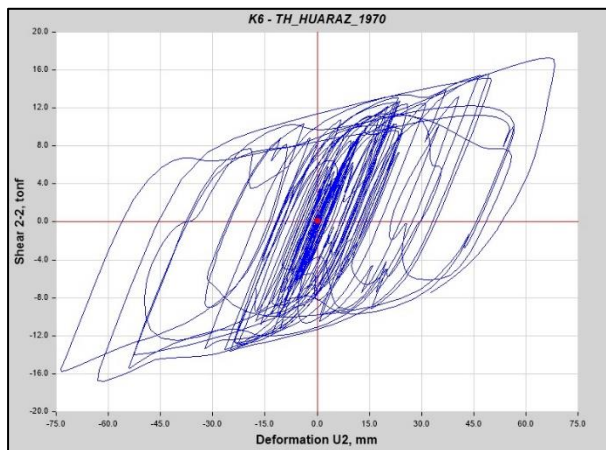


Figura 96. Curva histerética del Aislador K6 – sismo Huaraz 1970

Fuente: Etabs V19.1.0.

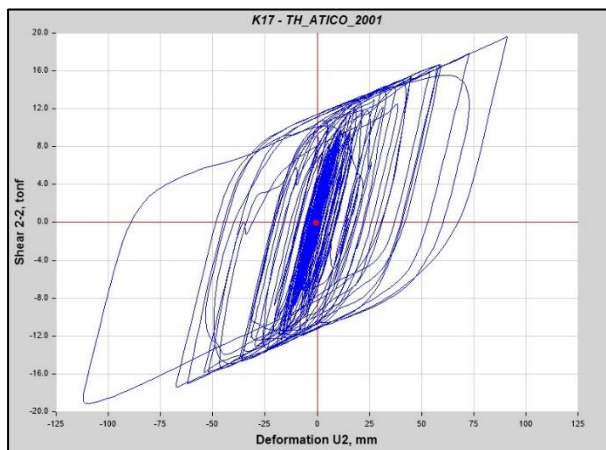


Figura 97. Curva histerética del Aislador K17 – sismo Atico 2001

Fuente: Etabs V19.1.0.

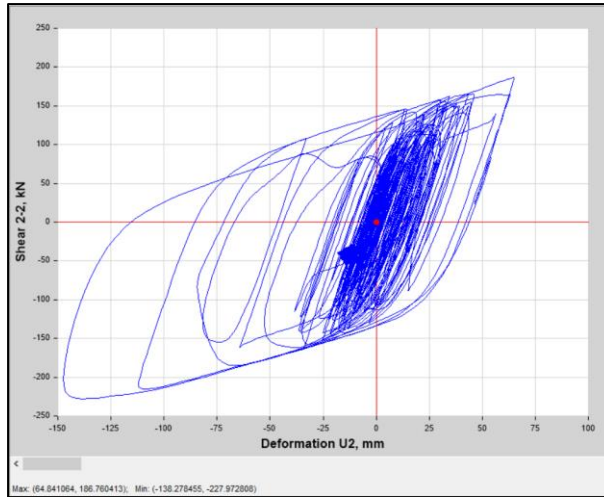


Figura 98. Curva histerética del Aislador K4 – sismo Pisco 2007
Fuente: Etabs V19.1.0.

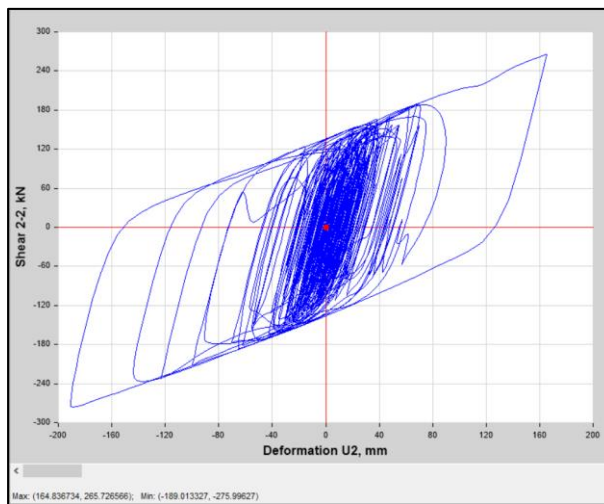


Figura 99. Curva histerética del Aislador K3 - sismo Lima 1974
Fuente: Etabs V19.1.0.

Diaphragm Center Of Mass Displacements								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None								
Filter: ([Output Case] = "SMC_X")								
	Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad
▶	Story7	D7	SMC_X	LinRespSpec	Max	165.302	50.155	0.002538
	Story6	D6	SMC_X	LinRespSpec	Max	164.137	49.801	0.002521
	Story5	D5	SMC_X	LinRespSpec	Max	162.372	49.179	0.002503
	Story4	D4	SMC_X	LinRespSpec	Max	160.133	48.393	0.002483
	Story3	D3	SMC_X	LinRespSpec	Max	157.404	47.441	0.002461
	Story2	D2	SMC_X	LinRespSpec	Max	154.363	46.383	0.002439
	Story1	D1	SMC_X	LinRespSpec	Max	151.195	45.293	0.002417
	Piso Técnico	DPT	SMC_X	LinRespSpec	Max	147.716	44.276	0.002395

Figura 100. Desplazamiento en el centro de masa SMC_X

Fuente: Etabs V19.1.0.

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX mm	UY mm	RZ rad
Story7	D7	SMC_Y	LinRespSpec	Max	49.846	166.511	0.001904
Story6	D6	SMC_Y	LinRespSpec	Max	49.547	165.022	0.001902
Story5	D5	SMC_Y	LinRespSpec	Max	49.016	162.988	0.001895
Story4	D4	SMC_Y	LinRespSpec	Max	48.344	160.4	0.001882
Story3	D3	SMC_Y	LinRespSpec	Max	47.52	157.276	0.001862
Story2	D2	SMC_Y	LinRespSpec	Max	46.602	153.796	0.001836
Story1	D1	SMC_Y	LinRespSpec	Max	45.658	150.154	0.001809
Piso Técnico	DPT	SMC_Y	LinRespSpec	Max	44.456	147.056	0.001787

Figura 101. Desplazamiento en el centro de masa SMC_Y

Fuente: Etabs V19.1.0.

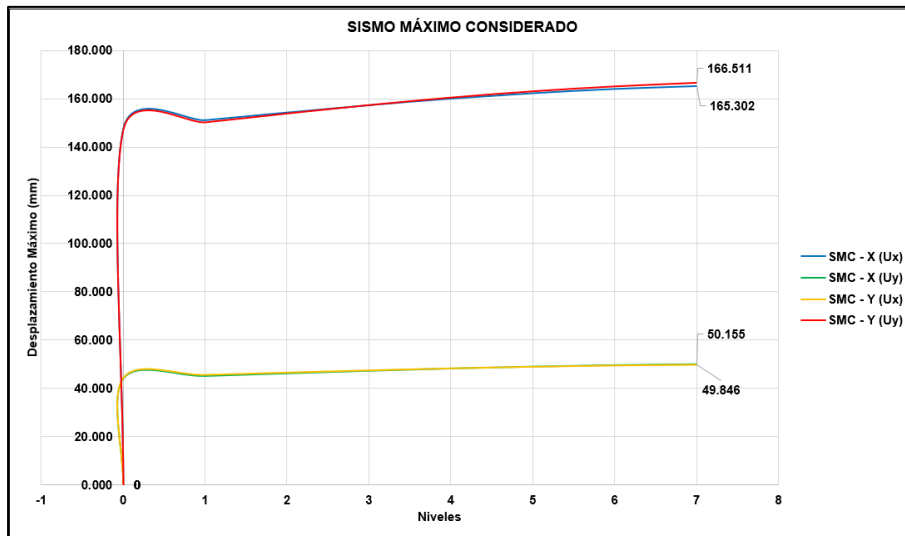


Figura 102. Desplazamientos Sismo Máximo Considerado

Los desplazamientos del centro de masa obtenidos mediante en análisis modal espectral del sismo máximo considerado SMC, en la dirección “X” fueron de $D_x=165.302$ mm y $D_y=50.155$ mm siendo un desplazamiento máximo en X de $DM=220.457$ mm; y en la dirección “Y” fueron de $D_y=166.511$ mm y $D_x=49.846$ mm siendo un desplazamiento máximo en Y de $DM=216.357$, según las figuras 100, 101 y 102.

Story	Elevation cm	Location	X-Dir	Y-Dir
Story7	2275	Top	0.000568	0.000223
Story6	2005	Top	0.000709	0.000282
Story5	1735	Top	0.000947	0.000348
Story4	1465	Top	0.001175	0.000411
Story3	1195	Top	0.001325	0.000453
▶ Story2	925	Top	0.001411	0.000473
Story1	655	Top	0.001103	0.000372
Piso Técnico	355	Top	0.00073	0.000323
Dispositivo	275	Top	0.363658	0.116441
Capitel	230	Top	0.000891	0.000266
Pedestal	150	Top	0.000532	0.000159
Base	0	Top	0	0

Figura 103. Deriva máxima SMC en dirección X.

Fuente: Etabs V19.1.0.

Story	Elevation cm	Location	X-Dir	Y-Dir
Story7	2275	Top	0.000208	0.000664
Story6	2005	Top	0.00025	0.000836
Story5	1735	Top	0.000312	0.001026
Story4	1465	Top	0.000382	0.001207
Story3	1195	Top	0.000431	0.001326
▶ Story2	925	Top	0.00046	0.001397
Story1	655	Top	0.000359	0.001106
Piso Técnico	355	Top	0.000274	0.000938
Dispositivo	275	Top	0.120724	0.340304
Capitel	230	Top	0.000281	0.000851
Pedestal	150	Top	0.000168	0.000508
Base	0	Top	0	0

Figura 104. Deriva máxima SMC en dirección Y.

Fuente: Etabs V19.1.0.

En las figuras 98 y 99 se visualizan los desplazamientos relativos máximos de piso o derivas máximas de piso de la edificación con el sistema de aislamiento correspondiente al sismo máximo considerado SMC, el cual cumple con límite permisible indicado en la norma E.031 de 3.5/1000, en la dirección en X se obtuvo una deriva máxima de $0.001411 \cdot 0.85 \cdot 2 = 0.0024$, mientras que para la dirección Y se obtuvo una deriva máxima de $0.001397 \cdot 0.85 \cdot 2 = 0.00237$, ambos valores aceptables dentro del límite de deriva.

Se realizó la verificación de la fuerza de restitución lateral del sistema de aislamiento sísmico, el cual cumple con lo indicado en la normativa vigente.

$$P = 1,583.32 \text{ tonnef}$$

$$K_{m\acute{a}x} = 2,757.31 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$D_M = 352.11 \text{ mm}$$

$$F_{m\acute{a}x} = K_{m\acute{a}x} * D_M = 970.89 \text{ tonnef}$$

$$F' = \frac{F_{m\acute{a}x} * (0.50D_M)}{D_M} = 485.44 \text{ tonnef}$$

$$F_r = F_{m\acute{a}x} - F' = 485.44 \text{ tonnef}$$

$$0.025 * P = 39.58 \text{ tonnef}$$

En donde la Fuerza de restitución (Fr) es mayor que el 2.5% de (P) peso sísmico de la edificación por lo tanto cumple con la verificación y el sistema se restituye, para lo cual se representa de forma gráfica.

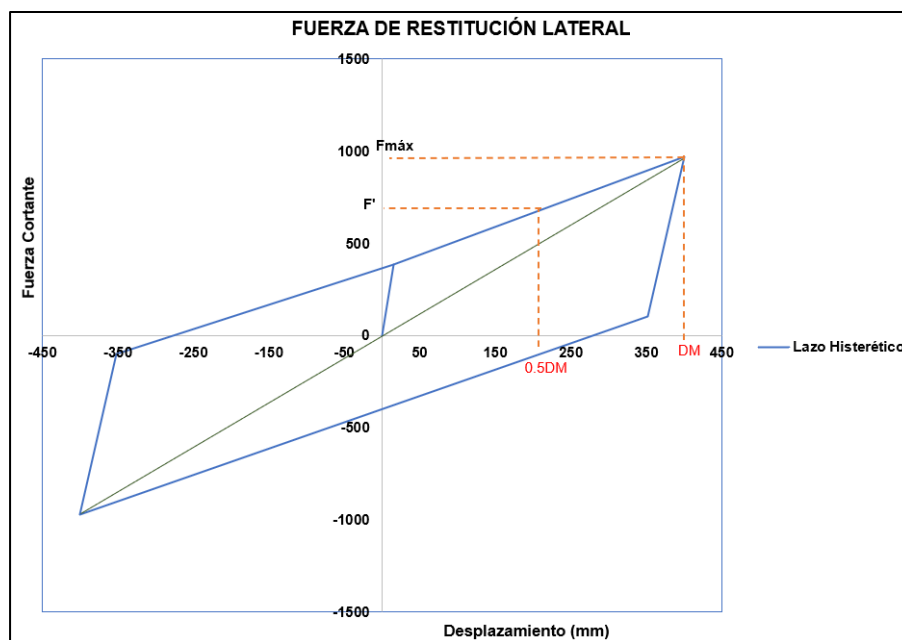


Figura 105 Fuerza de restitución lateral.

Mediante el uso del software Etabs V19.1.0 se realizó el cálculo del área de acero para los elementos estructurales de la edificación, los mismos que en algunas secciones cumple con la cuantía mínima requerida por norma, sin embargo, en algunas columnas no cumplen por encontrarse sobre esforzados por lo que requiere mayor área de concreto y área de acero; asimismo, se obtuvieron los diagramas de momentos flectores de la estructura para verificar la demanda de acero solicitada.

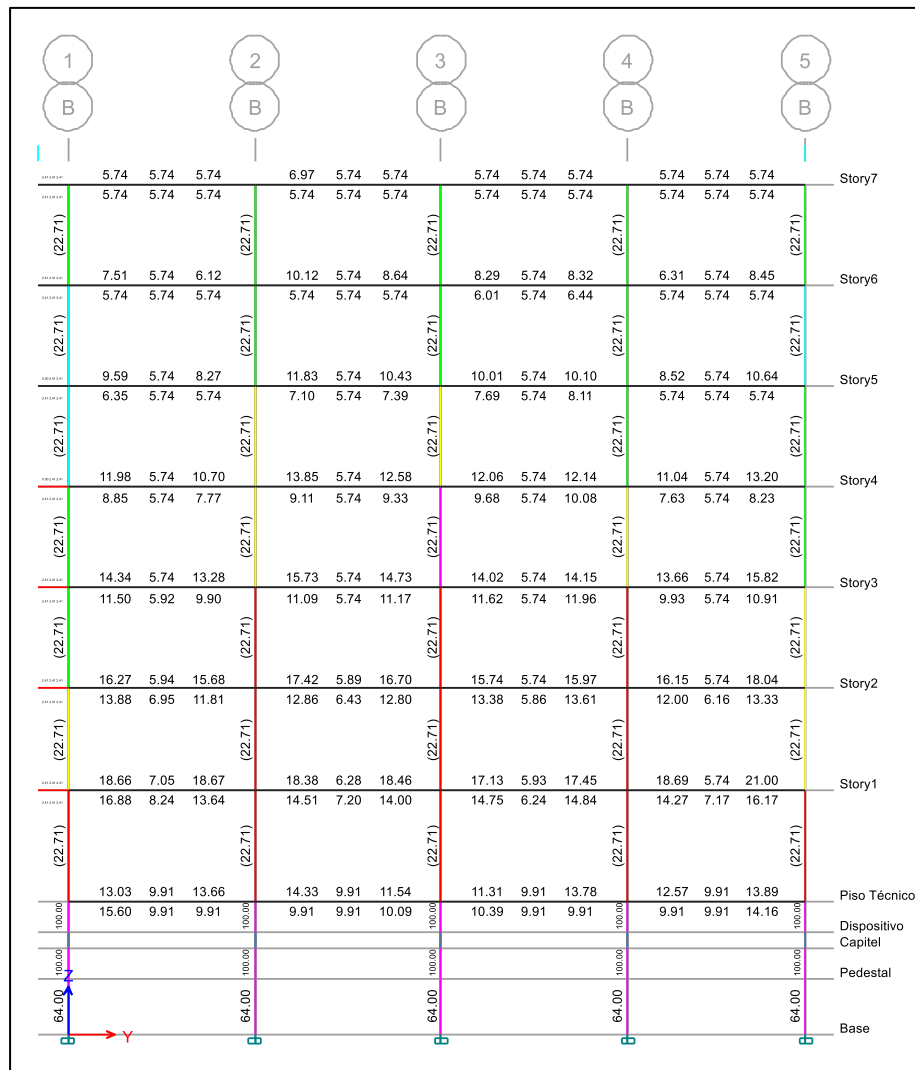


Figura 106. Cálculo de área de acero en vigas y columnas Eje B-B/1-5

Fuente: Etabs V19.1.0.

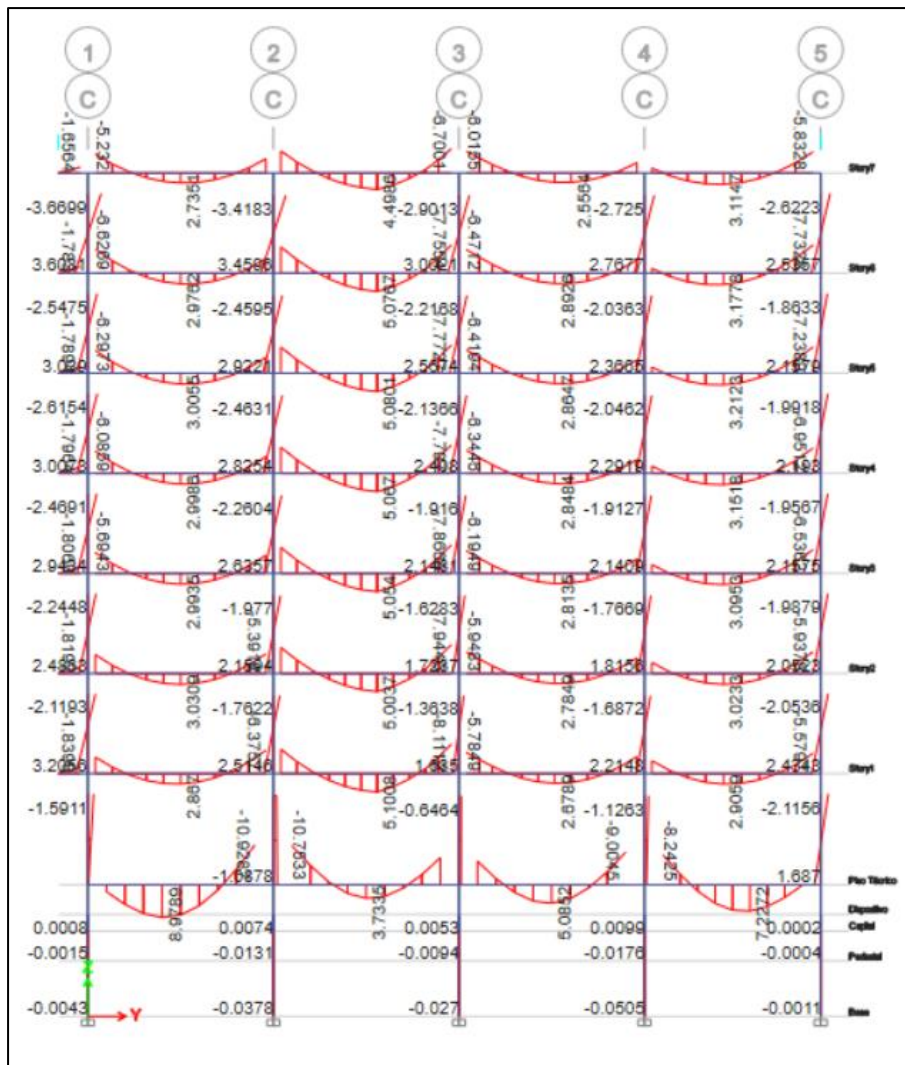


Figura 107. Diagrama de Momento Flector debido a cargas de servicio

Fuente: Etabs V19.1.0.

El diagrama de momentos flectores máximos nos muestra la resultante de la distribución de las fuerzas actuantes sobre los elementos, el cual es un valor importante para el cálculo del área de acero de los mismos.

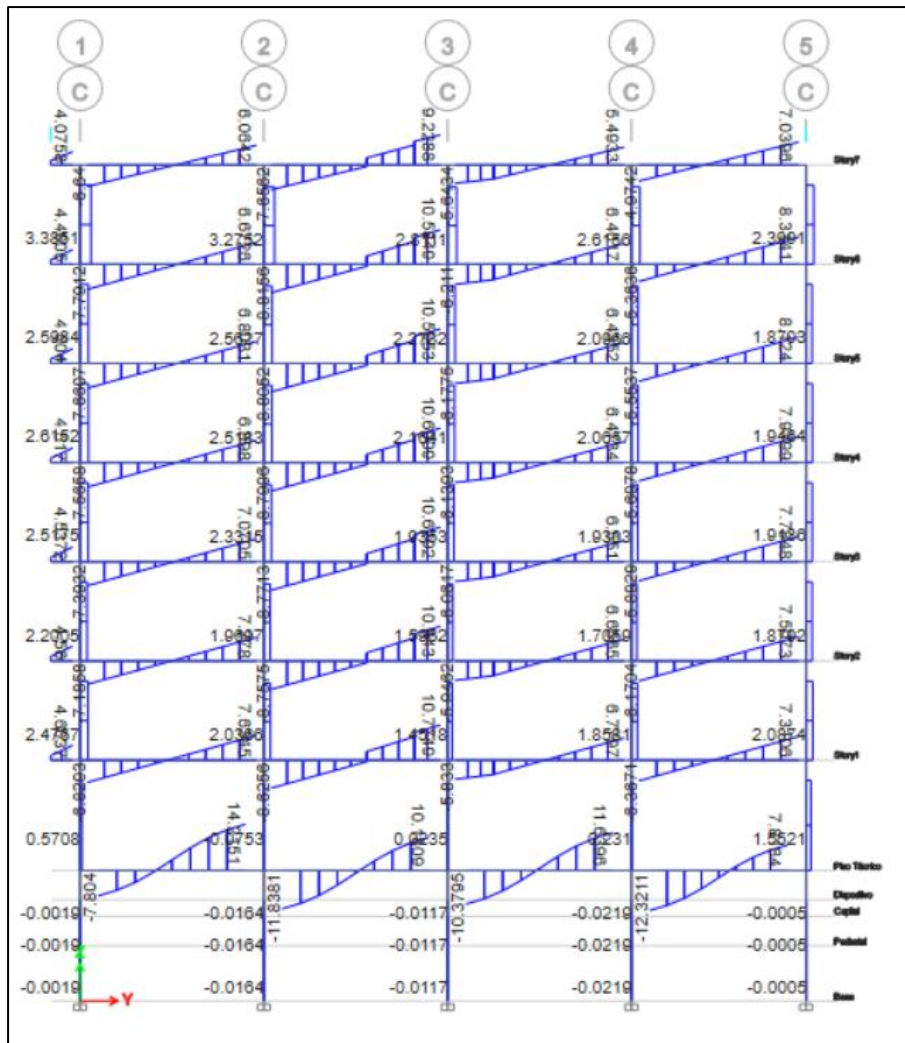


Figura 108. Diagrama de Fuerzas Cortantes debido a cargas de servicio

Fuente: Etabs V19.1.0.

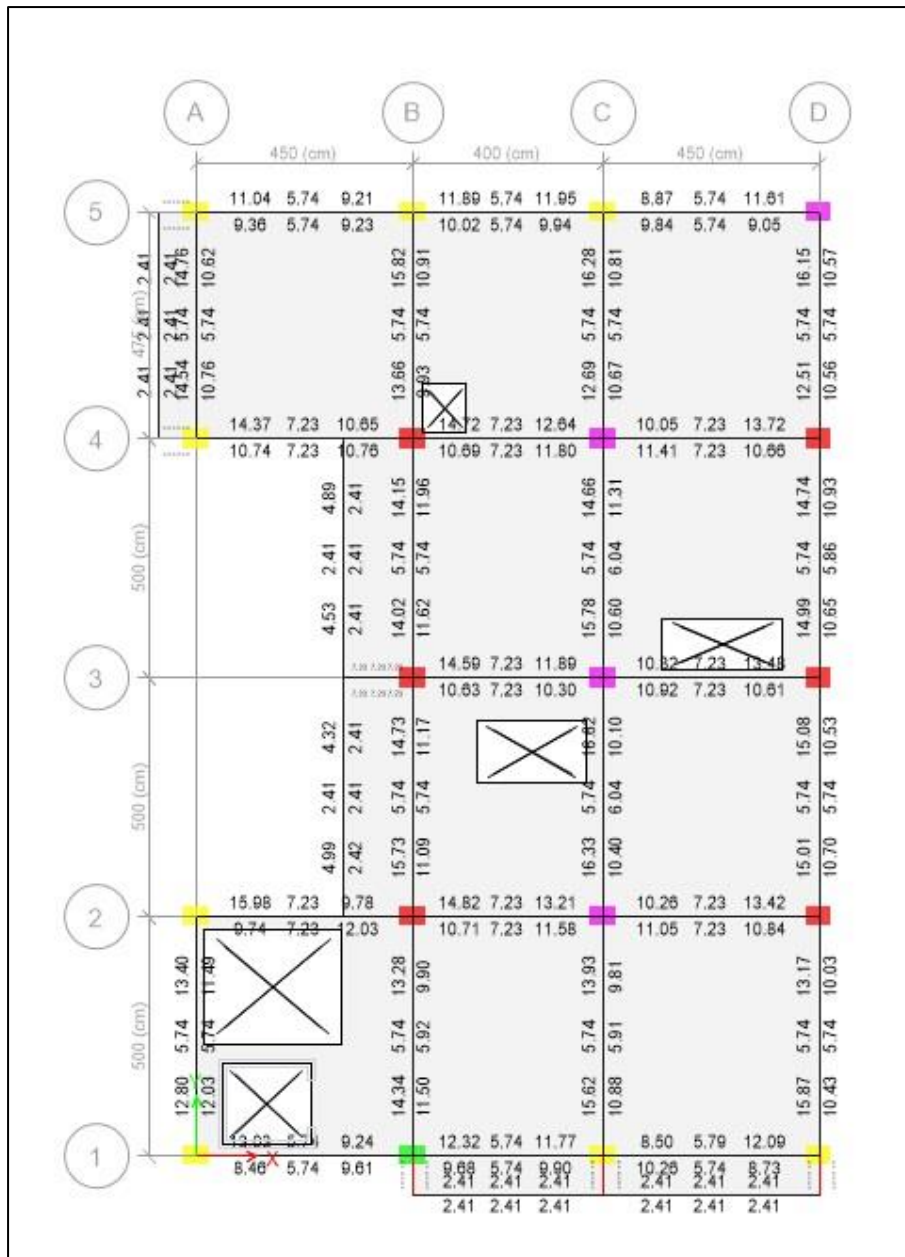


Figura 109. Cálculo de área de acero en vigas y columnas vista en planta

Fuente: Etabs V19.1.0.

En las figuras 105 y 108 se puede observar las columnas marcadas en color rojo que se encuentran sobre esforzadas, por lo que se realizó un dimensionamiento para lograr un diseño óptimo de los elementos estructurales.

Mediante el uso del software Etabs V19.1.0 se logró obtener una aproximación del cálculo del área de acero de los elementos, y estos fueron detallados con el uso del software CSI Detail V18.2.1.

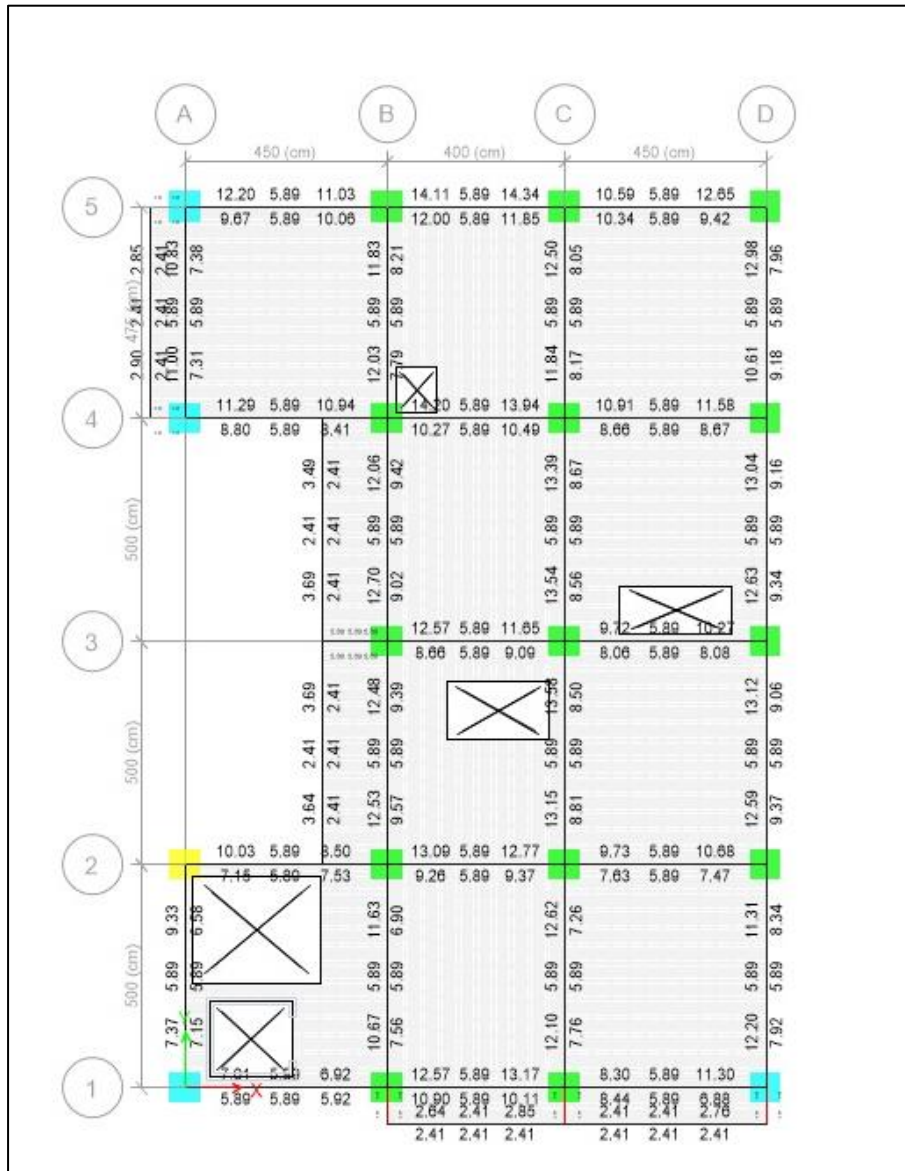


Figura 110. Cálculo de área de acero en vigas y columnas vista en planta

Fuente: Etabs V19.1.0.

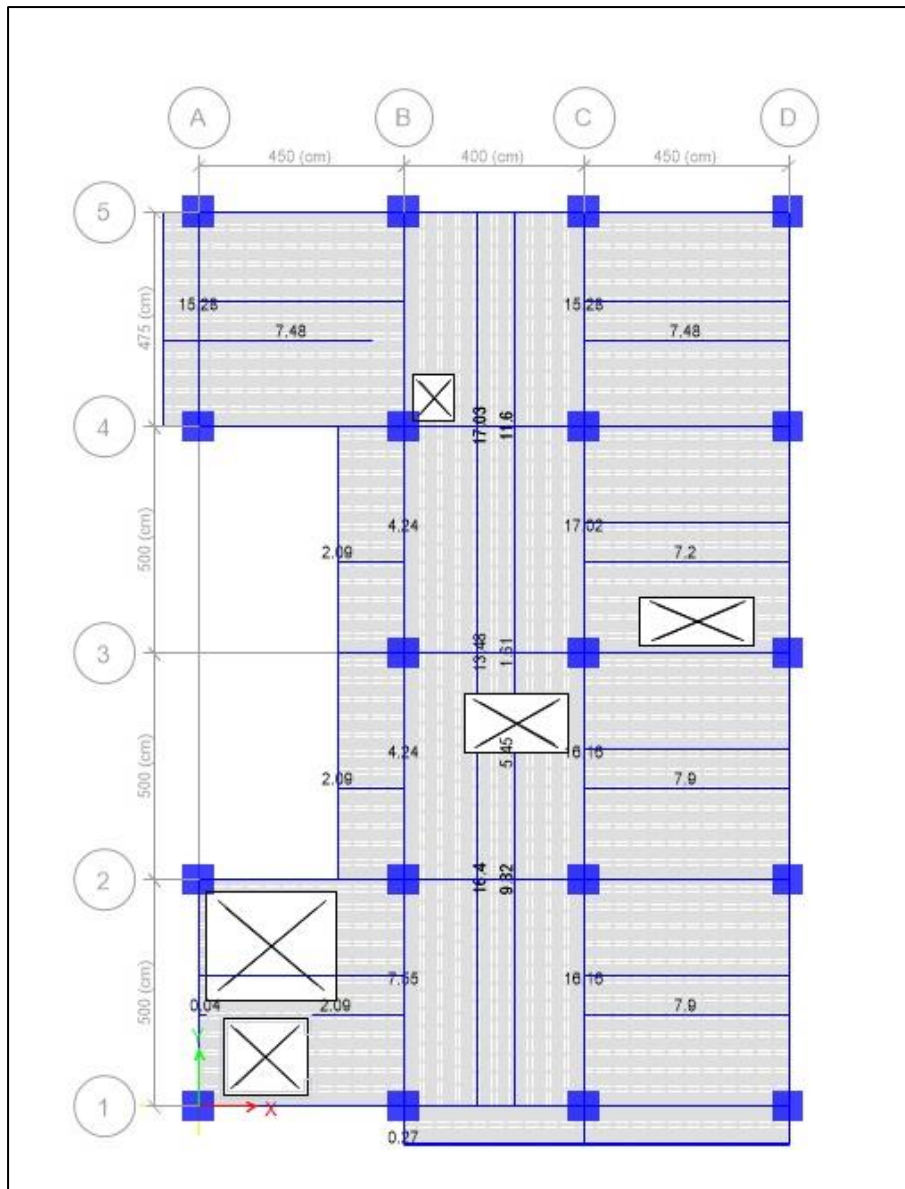


Figura 111 Cálculo de área de acero en losas aligeradas planta típica

Fuente: Etabs V19.1.0.

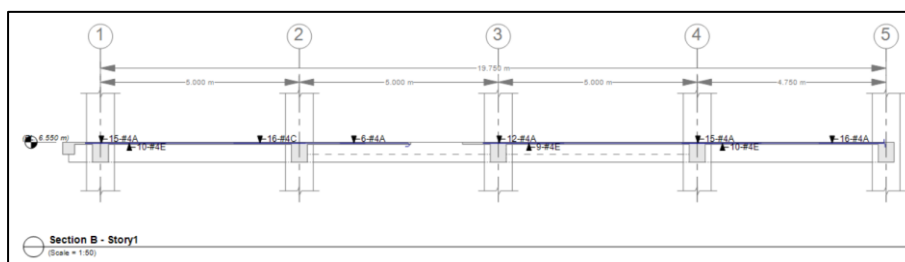


Figura 112. Detallado de acero de losa corte transversal

Fuente: Csi Detail V18.2.1.

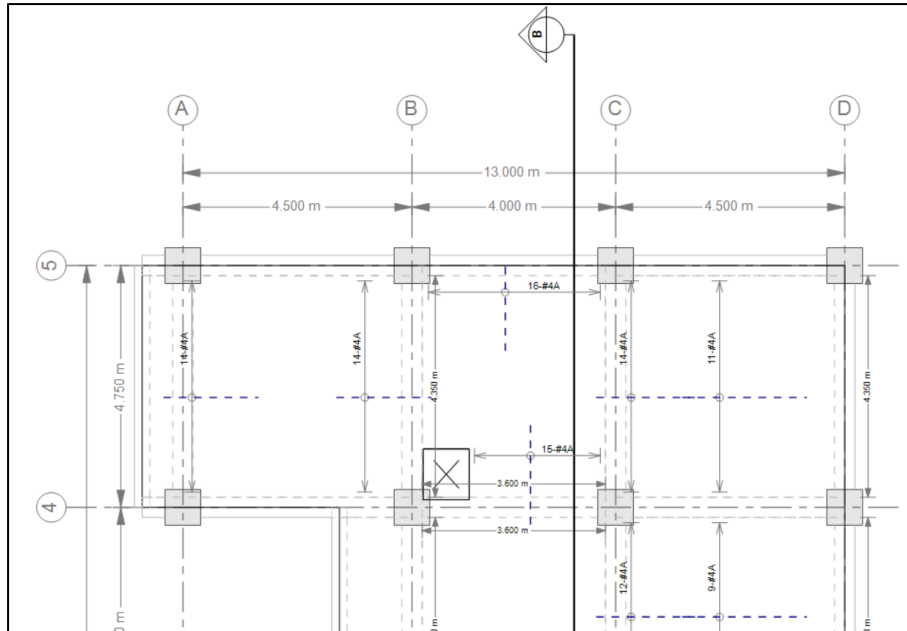


Figura 113. Detallado de acero de losa vista en planta

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

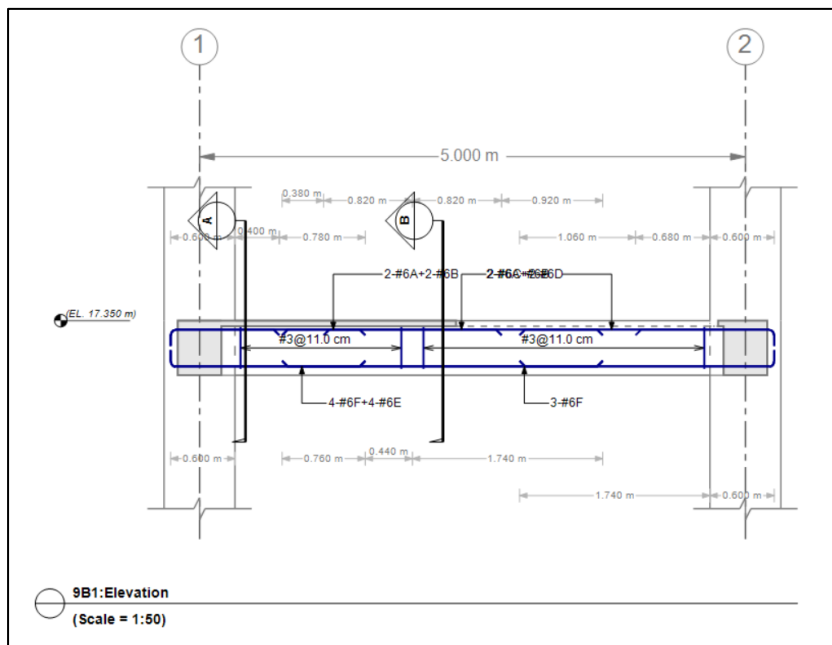


Figura 114. Detallado de acero en vigas, ejes 1-2

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

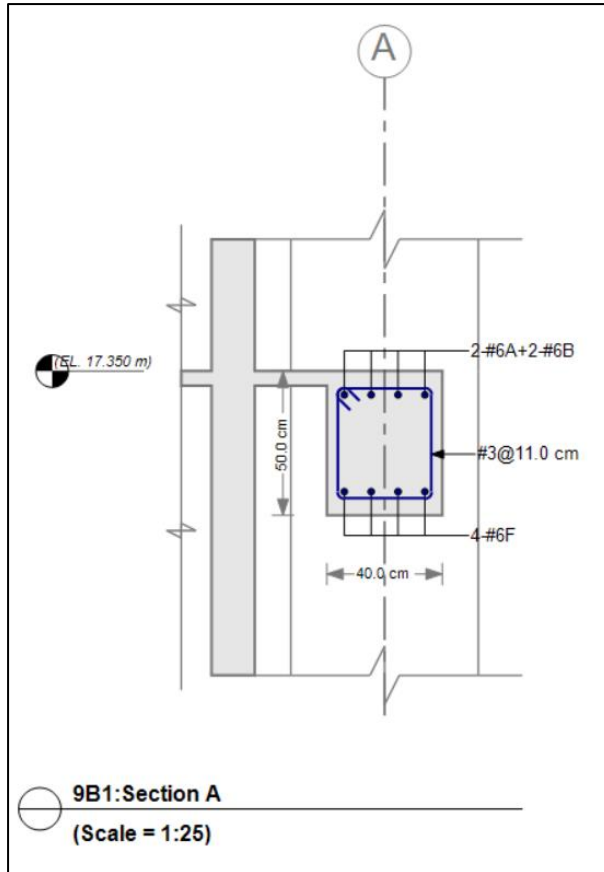


Figura 115. Sección de viga típica, eje A

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

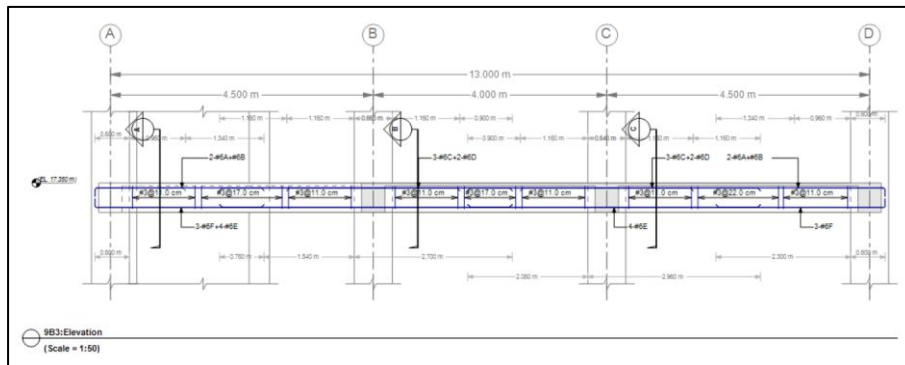


Figura 116. Detallado de acero en vigas, ejes A-D

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

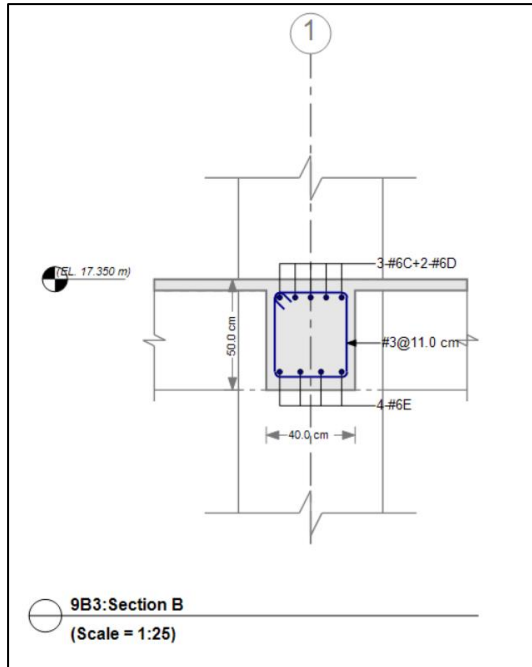


Figura 117. Sección de viga típica, eje 1

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

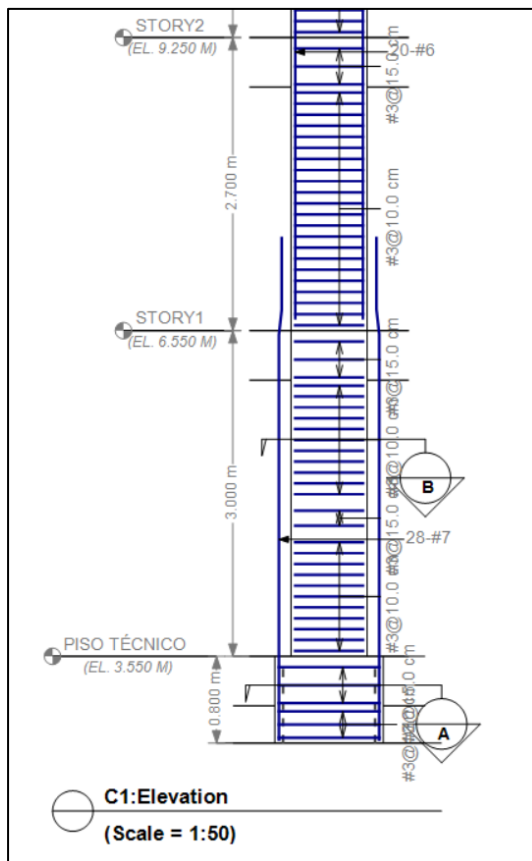


Figura 118. Detallado de acero en columnas, vista en elevación

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

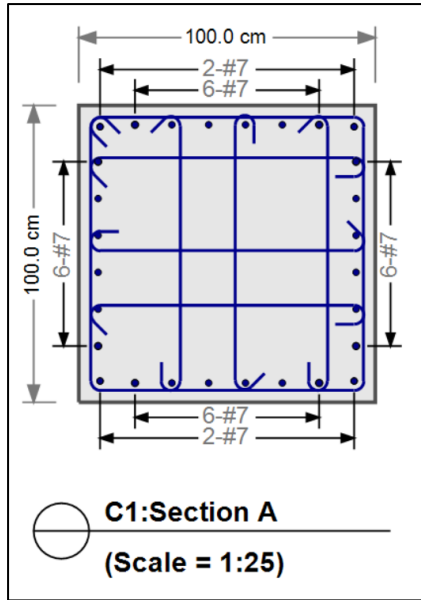


Figura 119. Detallado de acero en capiteles

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

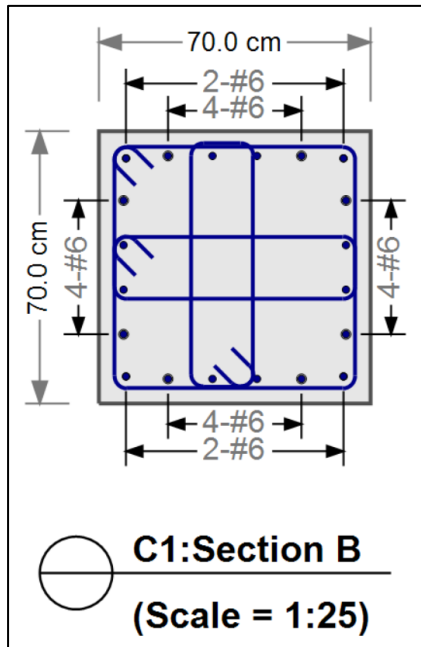


Figura 120. Detallado de acero en columnas típicas niveles 1-3

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

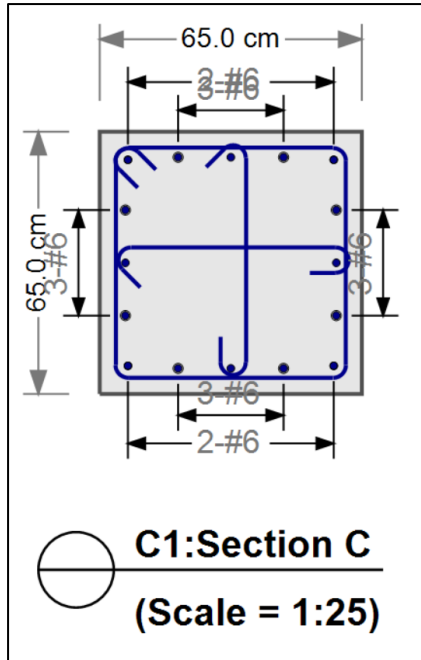


Figura 121. Detallado de acero en columnas típicas niveles 4-7

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

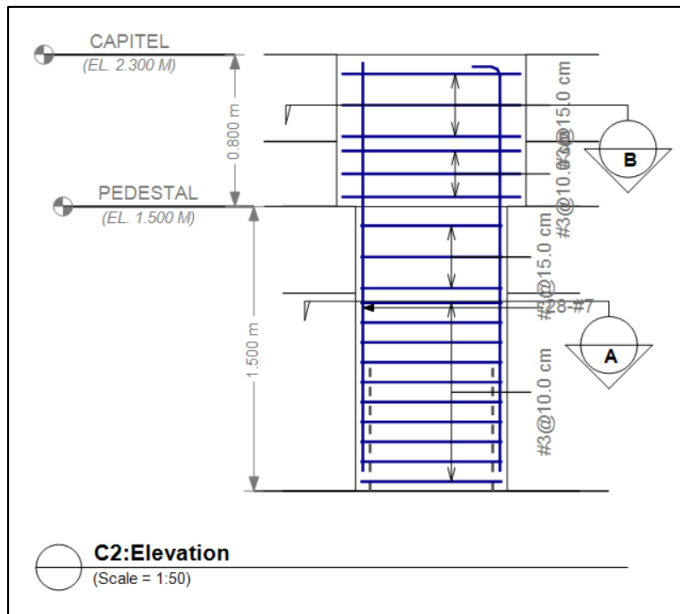


Figura 122. Detallado de acero en pedestal

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

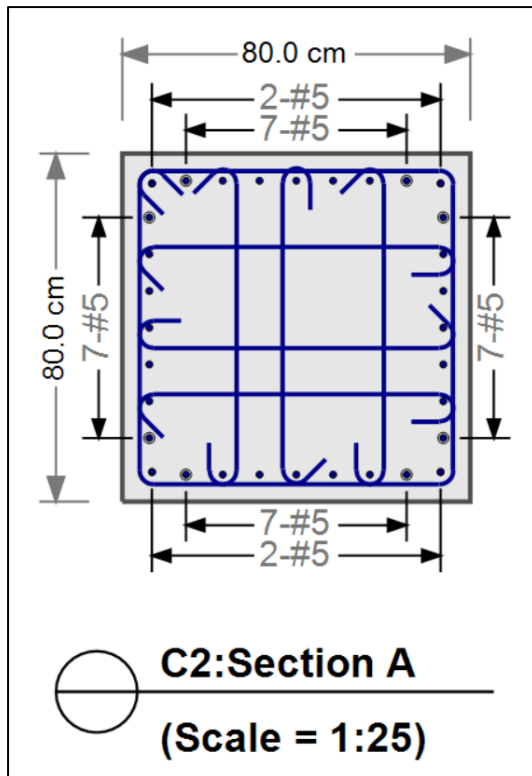


Figura 123. Corte transversal de acero en pedestal

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

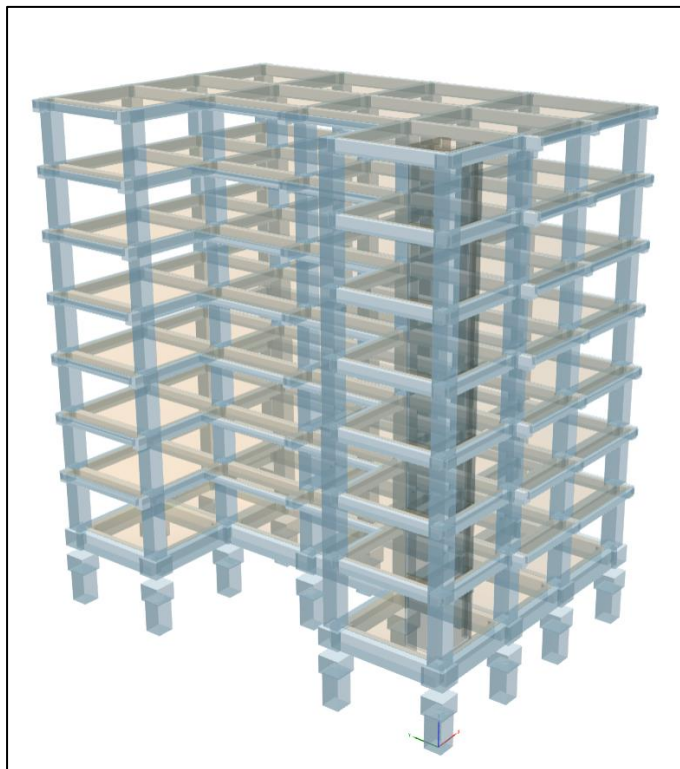


Figura 124. Vista tridimensional de la superficie de concreto

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

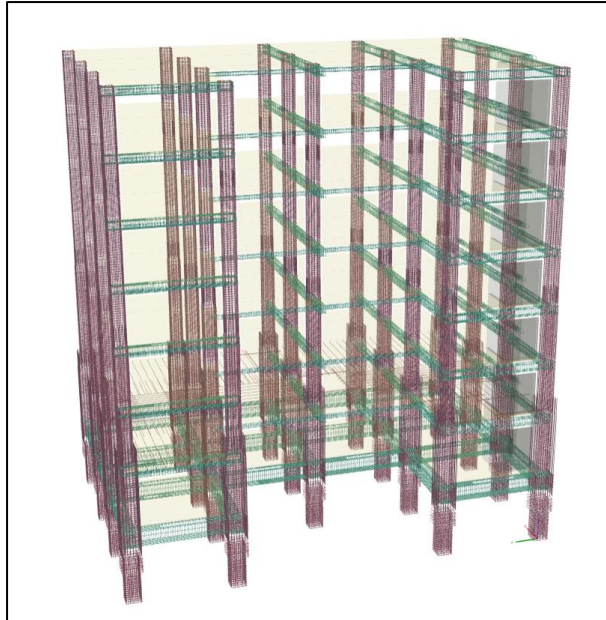


Figura 125. Vista tridimensional de acero en la edificación

Fuente: CSI Detail V18.2.1.

Se realizó el cálculo manual del diseño de cimentación (zapata aislada), para lo cual se tomó la ubicación del aislador que soporta la carga axial máxima vertical en el eje B-B/3-3, en el software denominado "Label 10", se consideraron las combinaciones y requerimientos establecidos en la norma E.050 Cimentaciones, por lo que se obtuvo una zapata aislada con dimensiones de 3.50 m x 3.50 m y H=0.70 m de altura, como se detalle específicamente en el Anexo 5.

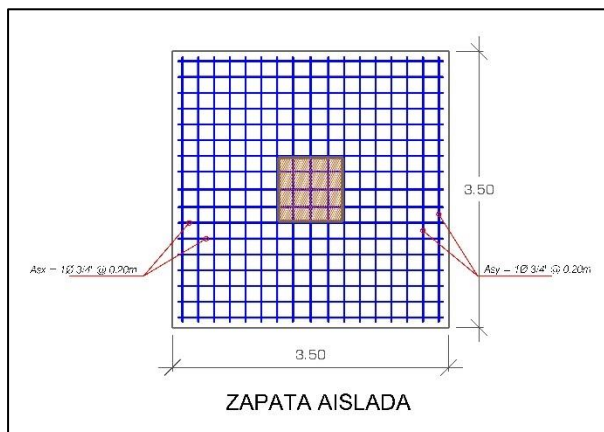


Figura 126. Detalle de acero zapata aislada

V. DISCUSIÓN.

Luego de los resultados obtenidos mediante la recopilación de la información y de los análisis, cálculos realizados, se precisa lo siguiente.

En relación con el objetivo general, Dávila e Hinojosa en su investigación titulada Análisis de la vulnerabilidad sísmica para una edificación de 10 pisos utilizando aisladores o el sistema dual, av. República de Panamá – Lima, recomienda realizar estudios para reemplazar los aisladores elastoméricos y proponer dispositivos deslizantes a fin de determinar la variación en las fuerzas actuantes; obteniendo un desplazamiento máximo del sistema de aislamiento de 270 mm. En esta investigación se consideró solamente el uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo y se obtuvieron resultados favorables en el comportamiento de la estructura con un desplazamiento máximo de 280.45 mm con una diferencia con respecto a la investigación antecedente del 3.87% y un desplazamiento máximo 213.29 mm con una variación de -21.00% para el análisis lineal y análisis no lineal tiempo historia respectivamente y se obtuvo un desplazamiento de 166.55 mm con una variación del -38.33% para el sismo máximo considerado, así también se comparte la opinión de utilizar otras alternativas para el sistema de aislamiento sin embargo esto dependerá del sistema estructural de la edificación y el uso del mismo.

1. En relación con el objetivo específico 1, Bermitt & Paima en su Tesis titulada “Comparación técnica entre un sistema aporticado de acero estructural y uno con aislador elastomérico con núcleo de plomo para un hotel en Tacna”, consideraron una altura de 30.30 m sobre el sistema de aislamiento obteniendo un desplazamiento máximo de 414.20 mm y un desplazamiento total máximo de 686.7 mm; en esta investigación se consideró una altura que no supera los 20.00 metros según los requisitos normativos, lo cual la investigación antecedente

supera en 51.5% la altura recomendada por norma. Debido a la estructuración, al modelado geométrico, y al modelo matemático se logró realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales y obtener en una primera instancia el peso de la edificación para los análisis sísmicos correspondientes, lo que finalmente se obtuvo un desplazamiento máximo de 280.45 mm que no supera al desplazamiento máximo calculado $DM=352.1146$ mm; ni al desplazamiento de diseño de los dispositivos de $d=400.00$ mm.

2. En relación con el objetivo específico 2, Ríos Goicochea en su Tesis titulada “Diseño Estructural con aisladores sísmicos respecto al edificio convencional para el bloque D del hospital de Villa María del Triunfo, Lima – 2020”, consideró realizar el análisis sísmico estático sólo para el modelo del edificio convencional del cual obtuvo una fuerza cortante de 2,614.65 toneladas para un edificio de 7 niveles, para el modelo del edificio con aislamiento sólo consideró el análisis modal espectral y el análisis tiempo historia según los requerimientos de la norma E.030, en la presente investigación se realizó el análisis estático lineal o de fuerzas estáticas equivalentes a fin de conocer el comportamiento de la edificación con base fija en el modelo matemático antes de incorporarle el sistema de aislamiento, debido a este análisis se halló la fuerza cortante estática en la base del edificio de 190.11 toneladas el cual es un valor inferior mayor a 10 veces la fuerza computada, esto se debe dos factores relevantes empleados en el cálculo como son el peso sísmico y el sistema estructural considerado. Así, también en esta investigación se consideró el análisis estático a la edificación aislada conjuntamente con el análisis modal espectral.
3. En relación con el objetivo específico 3, Mantilla & Apaza en su Tesis titulada “Análisis y diseño estructural con aislamiento sísmico en la base del hospital en el distrito de Yarabamba”, en su modelo matemático para su edificación convencional obtuvieron los tres

primeros periodos de $T_1=0.289$ s; $T_2=0.264$ s y $T_3=0.193$ s, por otra parte asumen un periodo objetivo de $T_{obj}=2.314$ s para el sistema de aislamiento, un detalle importante que se tiene en cuenta para preparar el modelo de edificación de base convencional a base aislada es considerar tres veces el periodo de base fija según el numeral 17.5 de la norma E.031 Aislamiento sísmico, sin embargo es un valor que asumieron y luego en su análisis dinámico espectral la iteración resultó un periodo fundamental de $T=2.331$ s, por el contrario en la presente investigación el modelo matemático de base fija o convencional se obtuvo un periodo fundamental de $T_1=0.809$ s para el análisis modal espectral, y proyectado al periodo objetivo se obtuvo $T_{obj}=2.83$ s valor con que se realizaron los cálculos para determinar el desplazamiento máximo objetivo, la rigidez objetiva y las dimensiones de los diámetros de los dispositivos elegido para el análisis del modelo de edificio aislado.

Así también es importante resaltar que en el análisis modal espectral para la edificación convencional y para la edificación aislada, se consideró en el espectro la aceleración de la gravedad al 100% en una dirección y el 30% en la dirección perpendicular, los desplazamientos obtenidos mediante el análisis modal espectral de la edificación con aislamiento en la base se calcularon realizando la sumatoria ortogonal siendo 215.457 mm y 216.357 mm en la en la dirección X e Y respectivamente, lo cual no superan al desplazamiento de diseño calculado de $DM=352.1146$ mm ni superan al desplazamiento de diseño de los dispositivos de $d=400.00$ mm.

4. En relación con el objetivo específico 4, Ríos Goicochea en su Tesis titulada “Diseño Estructural con aisladores sísmicos respecto al edificio convencional para el bloque D del hospital de Villa María del Triunfo, Lima – 2020”, en su análisis Tiempo Historia, sólo utiliza tres registros sísmicos que son el sismo de Lima 1966, Lima 1974 e Ica 2007, esta disposición para la utilización mínima de tres registros de

acelerogramas corresponde a la norma E.030, el cual se refleja en sus resultados que no reporta resultados puntuales con respecto a este análisis de carácter riguroso, siendo que para sistemas con aislamiento la norma exige como mínimo siete conjuntos de registros sísmicos. En la presente investigación para el análisis dinámico tiempo historia se emplearon siete registros de acelerogramas de sismos representativos ocurridos en diferentes años en el Perú, se utilizaron las dos componentes horizontales ortogonales como son Este-Oeste (EW) y Norte-Sur (NS), como indica la norma de aislamiento sísmico, por otra parte se dividió el análisis tiempo historia en análisis lineal y análisis no lineal, el primer análisis lineal fue mediante la integración lineal directa, el cual se toma el primero y segundo periodo fundamental y se le proporcionó un porcentaje de amortiguamiento del 5% y se calculó un coeficiente proporcional para la masa y para la rigidez por cada registro de sismo para el análisis; para el análisis no lineal tiempo historia se empleó un análisis no lineal modal rápido el cual utiliza el caso modal Ritz a diferencia del caso modal Eigen del análisis lineal. Estos análisis fueron realizados para las propiedades nominales y para las propiedades de límite superior de los aisladores elastoméricos, debido a la gran cantidad de datos que contienen este análisis dinámico tiempo historia lineal y no lineal demandan un gran costo computacional por el reiterativo proceso o iteraciones que se tienen que realizaron obteniendo desplazamientos más reales para cada caso de sismo, siendo los desplazamientos máximos en este análisis 280.45 mm para el caso lineal y 213.29 mm para el caso no lineal.

VI. CONCLUSIONES.

Como consecuencia de lo abordado en esta investigación se evidencia la importancia de las edificaciones con sistema de aislamiento, por lo que se llega a las siguientes conclusiones:

Respecto al objetivo general, se logró diseñar una edificación aislada cuyo comportamiento es eficiente y adecuado frente a un sismo de magnitud considerable, debido a que los dispositivos reducen la aceleración del suelo, soportan grandes cargas verticales y permiten un desplazamiento mayor con respecto a un edificio común.

1. En relación con el objetivo específico 1, es de suma importancia definir el modelado geométrico de la edificación para esquematizar correctamente la estructuración e idealizar un buen modelo matemático que precise resultados adecuados para los cálculos preliminares tal como el análisis gravitacional del cual se obtuvo el peso de la edificación para compararlos con el cálculo manual del metrado de cargas.
2. En relación con el objetivo específico 2, del análisis realizado se logró obtener las fuerzas laterales distribuidas en altura que permitieron inicialmente conocer la fuerza cortante estática en la base de la edificación, este análisis ha demostrado ser un proceso eficaz para conocer el comportamiento mediante la aplicación de parámetros sísmicos y debido a las cargas del propio edificio.
3. Respecto al objetivo específico 3, del análisis modal espectral realizado se lograron conocer en principio el periodo fundamental del modelo de la edificación de base empotrada al suelo para luego pasar al periodo objetivo para el sistema aislado, se logró determinar los desplazamientos iniciales de la edificación mediante un espectro de diseño con las características de los parámetros sísmicos de la zona. Del mismo modo se logró conocer las masas participantes de los

modos de vibración de la edificación, así como también los desplazamientos del sismo máximo considerado para un periodo de retorno de 2500 años.

4. Respecto al objetivo específico 4, del análisis tiempo historia realizado se desarrollaron procesos previos como son el procesamiento de los acelerogramas, el filtrado y el escalado para obtener valores exactos para los análisis considerados. Se procesaron siete registros de acelerogramas, y se efectuaron los análisis tiempo historia lineal y no lineal de los cuales se obtuvieron desplazamientos aceptables que no superan el desplazamiento de diseño de los dispositivos.

VII. RECOMENDACIONES.

Respecto al objetivo general, se recomienda el uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo por ser dispositivos modernos y eficientes que brindan una óptima seguridad a las edificaciones frente a los sismos.

1. En relación con el objetivo específico 1, se recomienda no considerar los elementos no estructurales participantes en el modelado geométrico y matemático a fin de evitar desequilibrio sobre los elementos estructurales y no causen distorsiones en la distribución de esfuerzos, sin embargo, este aspecto dependerá del sistema estructural con el que se desea realizar los análisis.
2. En relación con el objetivo específico 2, se recomienda considerar las cargas de servicio totales en edificaciones aisladas que permita conocer toda la carga actuante real sobre la edificación y se puedan distribuir en las fuerzas laterales calculadas y obtener una fuerza cortante en la base a partir de todo el peso.
3. En relación con el objetivo específico 3, se recomienda tomar en cuenta la fuerza sísmica vertical en el análisis a fin de conocer una respuesta respecto a ese parámetro que consigna en la norma E.030 Diseño Sismorresistente. Se recomienda considerar un margen cercano respecto a los desplazamientos relativos obtenidos.
4. En relación con el objetivo específico 4, se recomienda procesar los acelerogramas de forma automatizada debido a la gran cantidad de datos que contiene y evitar la pérdida de información; asimismo se recomienda contar con acceso a software con licencia educacional indeterminada que faciliten el procesamiento de los análisis sísmicos dado que los softwares computacionales de versión de prueba suprimen algunos reportes de resultados.

REFERENCIAS.

Aguiar, Roberto & Mejia, Rodny & Navia, P & Morales, Enrique. (2018). Sistemas constructivos en estructuras con aisladores sísmicos. Ciencia. 19. 10.24133/ciencia.v19i4.549.

Aguiar, Roberto. (2008). Análisis Sísmico de Edificios.

Alva, J. & Castillo, J. (1993). Peligro sísmico en el Perú. Lima. Perú.

ASCE/SEI 7-16, (2016), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, Estados Unidos.

Baldeón, E. & Ttica, R. (2020). Análisis comparativo entre los sistemas aporticados y el aislador elastomérico con núcleo de plomo para el pabellón b de un establecimiento de salud. Lima. Perú.

Benites Jessen, F., & Vargas Chang, E. (2021). Resiliencia en Edificaciones con Aisladores Sísmicos. Lima. Perú.

Bermitt, A. & Paima, C. (2020). Comparación técnica entre un sistema aporticado de acero estructural y uno con aislador elastomérico con núcleo de plomo para un hotel en Tacna. Lima. Perú.

Blanco, A. (1997). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Perú.

Calderón, V. (2021). Factibilidad de proteger con aislamiento sísmico un edificio de vivienda social de muros de ductilidad limitada. Lima. Perú.

Carhuacusma, W. (2020). La influencia en el comportamiento sísmico del edificio residencial las terrazas con cimentación fija frente al uso del aislador elastomérico de alto amortiguamiento (HDR), Huancayo 2017. Huancayo. Perú.

Dante, W. (2020). Análisis y diseño estructural de un edificio de concreto armado de seis pisos con base aislada. Lima. Perú.

Dávila, E. & Hinojosa, C. (2019). Análisis de la vulnerabilidad sísmica para una edificación de 10 pisos utilizando aisladores o el sistema dual, av. República de Panamá – Lima. Lima. Perú.

Delgado, G. (2011). Diseño de estructuras aporticadas de concreto armado. Lima. Perú.

Gamarra, C. (2009). Nuevas fuentes sismogénicas para la evaluación del peligro sísmico y generación de espectros de peligro uniforme en el Perú. Lima. Perú. Informe - Acelerogramas del Sismo de Lima del 07 de enero de 2022. (2022).

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6a. edición). México D.F.: McGraw-Hill.

Kassimali, A. (2015). Análisis estructural, quinta edición. ISBN: 978-607-519-540-7

Kelly, J.M. & Konstantinidis, D.A. (2011). Mechanics of Rubber Bearings for Seismic and Vibration Isolation. John Wiley & Sons Ltd. ISBN 978111999401-5

Mantilla, J. & Apaza, R. (2019). Análisis y diseño estructural con aislamiento sísmico en la base del hospital en el distrito de Yarabamba. Arequipa. Perú.

McCormac, J. & Csernak, S. (2013). Diseño de estructuras de acero. USA.

McVitty, W. & Constantinou, M. (2015). Property Modification Factors for Seismic Isolators: Design Guidance for Buildings.

Meléndez, G. & Gutiérrez, M. (2019). Diseño y proceso constructivo de instalación de los aisladores sísmicos elastoméricos en la base, en los bloques a y b del nuevo hospital Hipólito Unanue de Tacna. Tacna. Perú.

Mendoza, N. & Wong, R. (2019). Diseño de un hospital en concreto prefabricado y con aislación sísmica. Lima. Perú.

Mendoza, W. (2019). Análisis Sísmico de Edificación. Tacna. Perú.

Mohammed Ismail, Seismic isolation of structures. Part I: Concept, review and a recent development, Hormigón y Acero, Volume 69, Issue 285, 2018, Pages 147-161, ISSN 0439-5689, <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.10.002>.

Morales, R. (2006). Diseño en concreto armado. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima. Perú.

Muñoz, J. (2020). Comentarios a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Lima. Perú.

N. Murota, S. Suzuki, T. Mori, K. Wakishima, B. Sadan, C. Tuzun, F. Sutcu, M. Erdik, Performance of high-damping rubber bearings for seismic isolation of residential buildings in Turkey, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, ISSN 0267-7261, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106620>.

Naeim, F. & Kelly, J.M. (1999). Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice.

Necmettin Güneş, Risk-targeted design of seismically isolated buildings, Journal of Building Engineering, ISSN 2352-4102, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103665>.

Ottazzi, G. (2014). Apuntes del curso de análisis estructural I. Lima. Perú.

Oviedo, R. (2016). Diseño Sismorresistente de Edificaciones de Concreto Armado. Lima. Perú.

Özer, Esra & Inel, Mehmet. (2021). The effect of seismic isolation on performance of a residence building. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences. 304-312. 10.5505/pajes.2020.36825.

Piscal A., Carlos M., & López Almansa, Francisco (2019). Comparación de las dos metodologías de análisis y diseño más recientes de ASCE 7, para el análisis de su posible empleo en edificaciones con aislamiento sísmico de base en Colombia. Ingeniería y Desarrollo, 37(1),57-70. ISSN: 0122-3461. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85263723004>

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). Norma E.020, Cargas. (2006).

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). Norma E.030, Diseño Sismorresistente. (2019).

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). Norma E.031, Aislamiento Sísmico. (2019).

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). Norma E.050, Cimentaciones. (2009).

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). Norma E.060, Concreto Armado. (2019).

Rios, A. (2020). Diseño estructural con aisladores sísmicos respecto al edificio convencional para el bloque D del hospital de Villa María del Triunfo, Lima – 2020. Lima. Perú.

San Bartolomé, A. (1998). Análisis de edificios. Fondo Editorial PUCP. Lima. Perú.

San Bartolomé, A. et al (2018). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Fondo Editorial PUCP. Lima. Perú.

Sierra, D. & Paez, D. (2020). Aisladores sísmicos de base un compendio de alternativas. Colombia.

Taboada, D. et al (2019). Respuesta sísmica de un edificio de cinco pisos con sistema de aislamiento y amortiguadores viscosos suplementarios para sismo peruano. Lima. Perú.

Tena, A. (2020). Aspectos a considerar en el diseño de estructuras con aislamiento sísmico en suelos firmes y blandos.

Trevor, K. (2001). Base isolation of structures design guidelines.

Viera, Luisa & Quizanga, Diego & Carranco, José. (2020). Análisis estático no lineal de edificios aporticados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. 1. 72-78. 10.29166/revfig.v1i1.2186.

Villarreal, G. (2009). Análisis estructural. Trujillo. Perú.

Villarreal, G. (2009). Edificaciones con disipadores de energía. Trujillo. Perú.

Villareal, G. (2016). Ingeniería Sismorresistente. Trujillo. Perú.

Xinyu Wang, Linlin Xie, Demin Zeng, Cantian Yang, Qianmin Liu, Seismic retrofitting of reinforced concrete frame-shear wall buildings using seismic isolation for resilient performance, ISSN 2352-0124, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.10.081>.

Yenidogan, C. Earthquake-Resilient Design of Seismically Isolated Buildings: A Review of Technology. *Vibration* 2021, 4, 602-647. <https://doi.org/10.3390/vibration4030035>

Zanelli, C. & Paredes, P. (2019). Diseño estructural de un pabellón de hospital con aisladores sísmicos. Lima. Perú.

Zevallos, J. Blondet, M & Muñoz, A. (2001). Estado del arte en protección sísmica. Lima. Perú.

ANEXOS.

- Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.
- Anexo 2. Matriz de consistencia.
- Anexo 3. Validación por expertos.
- Anexo 4. Índice de similitud.
- Anexo 5. Medrado de cargas del sistema de aislamiento.
- Anexo 6. Cálculo de propiedades de los dispositivos.
- Anexo 7. Cálculo de zapata aislada.
- Anexo 8. Solicitud de proyecto de arquitectura.
- Anexo 9. Respuesta a solicitud de proyecto de arquitectura.
- Anexo 10. Estudio de Mecánica de suelos.
- Anexo 11. Planos del proyecto.

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable única: Diseño sísmico	Es el desempeño aceptable de una estructura durante un evento sísmico está basado en que el sistema resistente de fuerza lateral sea capaz de absorber y disipar energía de una manera estable por un largo número de ciclos. (Villarreal, 2009).	Es un método que permite analizar y diseñar estructuras bajo demandas sísmicas. Se trata de una metodología práctica, racional y sencilla que logra proyectar el nivel de respuesta que tendrá una estructura frente a un sismo de una intensidad determinada.	Características geométricas	Diámetro del aislador	Razón
				Altura del aislador	
				Número de capas de caucho	
				Diámetro del plomo	
			Propiedades de diseño	Rigidez producida	Razón
				Resistencia característica	
				Rigidez a la compresión	
				Desplazamiento máximo	
			Tipo de aislador	Elastomérico con núcleo de plomo	Razón
			Características del suelo	Tipo de suelo	Razón
				Capacidad portante	
			Estructuración	Planos y áreas	Razón
			Predimensionamiento	Áreas tributarias	Razón
				Longitudes de luces	
				Secciones de elementos estructurales	
			Metrado de cargas	Largo, ancho, altura	Razón
				Peso propio	
Peso específico					
Peso total					
Análisis estático sísmico	Peso sísmico	Razón			
	Cortante basal				
	Fuerzas laterales				
Análisis dinámico sísmico	Desplazamientos	Razón			
	Cortante basal				
	Espectro de diseño				
	Masa participativa				
Análisis tiempo - historia	Desplazamientos	Razón			
	Aceleraciones máximas				
	Desplazamientos relativos máximos				
Diseño estructural	Momentos flectores	Razón			
	Cortantes				
	Área de acero requerido				

Anexo 2. Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>ño sísmico de edificación multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la Ciudad de Tacna</p>	PROBLEMA GENERAL	<p>Determinar el diseño sísmico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Definir el modelado geométrico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna. Determinar el análisis estático de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna. Determinar el análisis dinámico modal-espectral de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna. Determinar el análisis tiempo-historia de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna. 	<p>Variable única: Diseño Sísmico</p>	Características geométricas	<p>Diámetro del aislador</p> <p>Altura del aislador</p> <p>Número de capas de caucho</p> <p>Diámetro del plomo</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de investigación: No experimental</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo</p> <p>Población: Edificaciones de siete niveles</p> <p>Muestra: Una edificación de siete niveles de 300 m2</p> <p>Muestreo: No probabilístico</p>
	¿Cuál es el resultado del diseño sísmico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?				Propiedades de diseño	<p>Rigidez producida</p> <p>Resistencia característica</p> <p>Rigidez a la compresión</p> <p>Desplazamiento máximo</p> <p>Capacidad de carga</p>	
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS				Tipo de aislador	Elastomérico con núcleo de plomo	
	P1: ¿Cuál es el resultado del modelado geométrico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?				Características del suelo	Tipo de suelo Capacidad portante	
	P2: ¿Cuál es el resultado del análisis estático de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?				Estructuración	Planos y áreas	
	P3: ¿Cuál es el resultado del análisis dinámico modal-espectral de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?				Predimensionamiento	Áreas tributarias Longitudes de luces Secciones de elementos estructurales	
	P4: ¿Cuál es el resultado del análisis tiempo-historia en el diseño sísmico de un edificio multifamiliar de siete niveles aporticado con aisladores elastoméricos en la ciudad de Tacna?				Metrado de cargas	Largo, ancho, altura Peso propio Peso específico Peso total Peso sísmico	
					Análisis sísmico estático	Cortante basal Fuerzas laterales Desplazamientos	
					Análisis sísmico dinámico	Cortante basal Espectro de diseño Masa participativa Desplazamientos	
					Análisis tiempo - historia	Aceleraciones máximas Desplazamientos relativos máximos	
	Diseño estructural	Momentos flectores Cortantes Área de acero requerido					

Anexo 3. Validación por expertos.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Facultad de Ingeniería Civil
VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES
APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE
TACNA”

Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : ... SANCHEZ VELASQUEZ SVEN PIER ...
- Grado académico :
- Título profesional : ... INGENIERO CIVIL ...
- N° de registro CIP : ... 100307 ...

Parte B: Aspectos a considerar

Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones
		0	1	
De contenido	1		X	
	2		X	
	3		X	
	4		X	
	5	X		
De constructo	6		X	
	7		X	
	8		X	
	9		X	
	10		X	
	11		X	
De criterio	12		X	
	13		X	
	14		X	
	15		X	
Total			14	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI EXISTE SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: SANCHEZ VELASQUEZ SVEN PIER

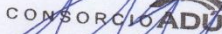
Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 100307

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


CONSORCIO ADU
 ING. SVEN PIER SANCHEZ VELASQUEZ
 RESIDENTE DE OBRA
 CIP-100307
 Firma y Sello

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Facultad de Ingeniería Civil
VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES
APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE
TACNA”

Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : MARTINEZ VALDIVIA JORGE JAVIER.....
- Grado académico :
- Título profesional : INGENIERO CIVIL.....
- N° de registro CIP : 161766.....

Parte B: Aspectos a considerar

Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones	
		0	1		
De contenido	1	¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2	¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3	¿EL número de dimensiones es adecuado?		X	
	4	¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5	¿Las hipótesis planteadas se contrastaran con la información recolectada en los instrumentos?	X		
De constructo	6	¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7	No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8	¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9	¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10	¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		X	
	11	¿Los indicadores son medibles?		X	
De criterio	12	¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13	¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		X	
	14	¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15	No es necesario considerar otros campos		X	
Total				14	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI EXISTE SUFICIENCIA.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: MARTINEZ VALDIVIA JORGE JAVIER

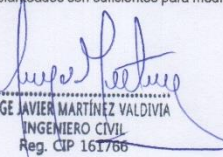
Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 161766

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


 JORGE JAVIER MARTÍNEZ VALDIVIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 161766

Firma y Sello

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Facultad de Ingeniería Civil
VALIDACIÓN POR EXPERTOS

“DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES
APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE
TACNA”

Parte A: Datos del experto

- Apellidos y Nombres : POHA TAQUILA JUAN CARLOS
- Grado académico :
- Título profesional : INGENIERO CIVIL
- N° de registro CIP : 149486

Parte B: Aspectos a considerar

Puntuación

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

Validez

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

Especificaciones

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

Parte C: Validación

Validez	Pregunta	Puntuación		Observaciones	
		0	1		
De contenido	1	¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2	¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3	¿EL número de dimensiones es adecuado?		X	
	4	¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5	¿Las hipótesis planteadas se contrastaran con la información recolectada en los instrumentos?	X		
De constructo	6	¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7	No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8	¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9	¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10	¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		X	
	11	¿Los indicadores son medibles?		X	
De criterio	12	¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13	¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		X	
	14	¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15	No es necesario considerar otros campos		X	
Total				14	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI EXISTE SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: POHA TAQUILA JUAN CARLOS

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Maestro [] Doctor []

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 149486

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

JUAN POHA TAQUILA
INGENIERO CIVIL
CIP 149486

Firma y Sello

Anexo 4. Índice de similitud.

The screenshot displays a web browser window with the Feedback Studio interface. The document cover page is centered and contains the following text:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño Sísmico de Edificación Multifamiliar de Siete Niveles
Aportado con Aisladores Elastoméricos en la Ciudad de Tacna**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:
Bach. Calderón Pasco, Diego Manuel
(<https://orcid.org/0000-0002-5459-1227>)

ASESOR:
Dr. Choque Floreg, Leopoldo
(<https://orcid.org/0000-0003-0914-7150>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño Sísmico y Estructural

LIMA, ATE - PERÚ
2022

At the bottom of the page, the Feedback Studio interface shows: "Página: 1 de 149", "Número de palabras: 23823", "Versión solo texto del informe", "Alta resolución", and "Activado". The Windows taskbar at the bottom indicates the date and time as 16:08 on 10/05/2022.

Anexo 5. Metrado de cargas con sistema de aislamiento.

METRADO - PRIMER AL SEXTO NIVEL							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)		ALTURA O LONGITUD (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m ³	PARCIAL	TOTAL (Tn)
PESO PROPIO							
SECCIÓN							
Columnas	20	0.65	0.50	3.00	2.40	46.800	107.158
Muros ascensor	3	1.75	0.15	3.00	2.40	5.670	
Muros ascensor	2	0.43	0.15	3.00	2.40	0.918	
Vigas principales (Dir XX)	10	0.30	0.50	4.50	2.40	16.200	
Vigas principales (Dir XX)	5	0.30	0.50	4.00	2.40	7.200	
Vigas secundarias (Dir YY)	16	0.30	0.50	5.00	2.40	28.800	
Vigas chatas	3	0.30	0.20	0.80	2.40	0.346	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	4.00	2.40	0.576	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	4.50	2.40	0.648	
TOTAL PESO PROPIO							107.16 Tn
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	LONGITUDES (m)		ESPESOR (cm)	PESO PROPIO Tn/m ²	PARCIAL	TOTAL (Tn)
CARGA MUERTA							
ÁREA =							
Losas aligeradas	4	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	27.000	137.170
Losas aligeradas	2	1.00	20.00	20.00 cm	0.30	12.000	
Losas aligeradas	1	1.00	16.46	20.00 cm	0.30	4.938	
Losas aligeradas	1	1.00	19.50	20.00 cm	0.30	5.850	
Losas aligeradas	1	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	6.750	
Losas aligeradas	1	1.00	12.72	20.00 cm	0.30	3.816	
Losas aligeradas	1	1.00	19.22	20.00 cm	0.30	5.766	
Losas aligeradas	1	1.00	22.20	20.00 cm	0.30	6.660	
Losa Volado	1	1.00	3.20	20.00 cm	0.30	0.960	
Losa Volado	1	1.00	3.60	20.00 cm	0.30	1.080	
Área total		área =	266.80				
Área libre		área =	17.40				
Área techada		área =	249.40				
Acabados					0.10	24.94	
Tabiquería					0.15	37.41	
TOTAL CARGA MUERTA							137.17 Tn
CARGA VIVA							
Uso Vivienda		área =	249.40		0.20	49.88	49.88
TOTAL CARGA VIVA							49.88 Tn
PESO POR PISO							294.21 Tn

METRADO - SÉPTIMO NIVEL							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)		ALTURA O LONGITUD (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m3	PARCIAL	TOTAL (Tn)
PESO PROPIO							
		SECCIÓN					
Columnas	20	0.60	0.50	3.00	2.40	43.200	103.558
Muros ascensor	3	1.75	0.15	3.00	2.40	5.670	
Muros ascensor	2	0.43	0.15	3.00	2.40	0.918	
Vigas principales (Dir XX)	10	0.30	0.50	4.50	2.40	16.200	
Vigas principales (Dir XX)	5	0.30	0.50	4.00	2.40	7.200	
Vigas secundarias (Dir YY)	16	0.30	0.50	5.00	2.40	28.800	
Vigas chatas	3	0.30	0.20	0.80	2.40	0.346	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	4.00	2.40	0.576	
Vigas chatas	1	0.30	0.20	4.50	2.40	0.648	
TOTAL PESO PROPIO							103.56 Tn
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	LONGITUDES (m)		ESPESOR (cm)	PESO PROPIO Tn/m2	PARCIAL	TOTAL (Tn)
CARGA MUERTA							
		DIR X	DIR Y				
Losas aligeradas	4	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	27.000	137.170
Losas aligeradas	2	1.00	20.00	20.00 cm	0.30	12.000	
Losas aligeradas	1	1.00	16.46	20.00 cm	0.30	4.938	
Losas aligeradas	1	1.00	19.50	20.00 cm	0.30	5.850	
Losas aligeradas	1	1.00	22.50	20.00 cm	0.30	6.750	
Losas aligeradas	1	1.00	12.72	20.00 cm	0.30	3.816	
Losas aligeradas	1	1.00	19.22	20.00 cm	0.30	5.766	
Losas aligeradas	1	1.00	22.20	20.00 cm	0.30	6.660	
Losa Volado	1	1.00	3.20	20.00 cm	0.30	0.960	
Losa Volado	1	1.00	3.60	20.00 cm	0.30	1.080	
Área total		área =	266.80				
Área libre		área =	17.40				
Área techada		área =	249.40				
Acabados					0.10	24.94	
Tabiquería					0.15	37.41	
TOTAL CARGA MUERTA							137.17 Tn
CARGA VIVA							
Uso Vivienda		área =	249.40		0.10	24.94	24.94
TOTAL CARGA VIVA							24.94 Tn
PESO POR PISO							265.67 Tn

INTERFAZ DE AISLAMIENTO

METRADO - INTERFAZ DE AISLAMIENTO							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)		ALTURA O LONGITUD (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m3	PARCIAL	TOTAL (Tn)
PESO PROPIO							
		SECCIÓN					
Capiteles	20	1.00	1.00	0.80	2.40	38.400	136.680
Pedestales	20	0.80	0.80	1.50	2.40	46.080	
Vigas principales (Dir XX)	10	0.30	0.50	4.50	2.40	16.200	
Vigas principales (Dir XX)	5	0.30	0.50	4.00	2.40	7.200	
Vigas secundarias (Dir YY)	16	0.30	0.50	5.00	2.40	28.800	
TOTAL PESO PROPIO							136.68 Tn
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CANTIDAD	LONGITUDES (m)		ESPESOR (m)	PESO VOLUMÉTRICO Tn/m3	PARCIAL	TOTAL (Tn)
CARGA MUERTA							
Piso Técnico		ÁREA =					
Losa Maciza	8	1.00	22.50	0.25	2.40	108.000	259.400
Losa Maciza	4	1.00	20.00	0.25	2.40	48.000	
Capiteles	20	1.00	1.00	0.80	2.40	38.400	
Área total		área =	260.00				
Área techada		área =	260.00				
Acabados					0.10	26.00	
Tabiquería					0.15	39.00	
TOTAL CARGA MUERTA							259.40 Tn
CARGA VIVA							
Uso Vivienda		área =	260.00		0.20	52.00	52.00
TOTAL CARGA VIVA							52.00 Tn
PESO POR PISO							448.08 Tn

Anexo 6. Hoja de cálculo en Mathcad 6.0 - cálculo de propiedades de los dispositivos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis: DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE TACNA

Tesis: DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE TACNA

Autor: Bachiller Diego Manuel Calderón Pasco

Asesor: Dr. Leopoldo Choque Flores

CÁLCULO DE PROPIEDADES DE LOS DISPOSITIVOS

1. Parámetros Sísmicos:

$Z := 0.45$	Zona sísmica.
$U := 1$	Categoría de uso.
$S := 1.05$	Tipo de suelo = S2 (Suelos intermedios). Según EMS.
$Q_{adm} := 2.25 \frac{kgf}{cm^2}$	Capacidad portante del suelo. Según EMS.
$T_p := 0.60 \text{ s}$	Periodo que define la plataforma del factor C (s).
$T_l := 2.00 \text{ s}$	Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.
$T_1 := 0.809 \text{ s}$	Periodo 1.
$T_2 := 0.674 \text{ s}$	Periodo 2.
$T_3 := 0.539 \text{ s}$	Periodo 3.
$T_f := T_1 = 0.809 \text{ s}$	Período base fija.
$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$	Aceleración de la gravedad.

2. Período Objetivo.

$Factor := 3.5$	
$T_M := Factor \cdot T_f = 2.83 \text{ s}$	Periodo objetivo para el SA (Sistema de Aislamiento)

3. Factor de amplificación sísmico:

$$C := \begin{cases} \text{if } T_M < T_p \\ \left| C \leftarrow 2.5 \right| \\ \text{if } T_p \leq T_M \leq T_l \\ \left| C \leftarrow 2.5 \cdot \frac{T_p}{T_M} \right| \\ \text{if } T_M \geq T_l \\ \left| C \leftarrow 2.5 \cdot \frac{T_p \cdot T_l}{T_M^2} \right| \end{cases}$$

$$C = 0.3742$$

4. Asumir amortiguamiento.

Amortiguamiento Efectivo, β_a (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_w
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
≥ 40	1,9

$$\varepsilon := \left(\frac{T_f}{T_M} \right)^2 \quad \varepsilon = 0.08 \quad \xi_{obj} := 0.1$$

$$\beta_M := 0.20 \quad \text{Porcentaje de amortiguamiento efectivo}$$

$$B_M := 1.5 \quad \text{Factor de amortiguamiento}$$

5. Aceleración espectral.

$$S_a := 1.5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot g$$

$$S_a = 1.5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot C = 0.27 \text{ g}$$

$$S_a = 2.6 \frac{m}{s^2} \quad \text{Aceleración espectral}$$

6. Desplazamiento.

$$Sd := \frac{Sa}{\left(2 \cdot \frac{\pi}{T_M}\right)^2 \cdot BM}$$

$$Sd = 352.115 \text{ mm}$$

$$Sd = 35.21 \text{ cm}$$

Desplazamiento

7. Cálculo de KM a partir de TM

$$W_{edif} := 1481.89 \text{ tonnef} \quad \text{Peso del edificio}$$

$$W_{ais} := 348.09 \text{ tonnef} \quad \text{Peso del sistema de aislamiento}$$

$$W_{total} := W_{edif} + W_{ais} = 1829.98 \text{ tonnef}$$

$$W_{total} = 1829.98 \text{ tonnef} \quad \text{Peso total del edificio (toneladas)}$$

$$W_{total} = 17945.97 \text{ kN} \quad \text{Peso total del edificio (kN)}$$

i) Convertir peso a masa.

$$M := \frac{W_{total}}{g}$$

$$M = 186.606 \frac{s^2}{m} \cdot \text{tonnef} \quad \text{Masa del edificio}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} \quad \text{Periodo fundamental}$$

ii) Cálculo de rigidez objetivo.

$$N := 19 \quad \text{Número de dispositivos}$$

$$K_{obj} := 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{M}{T_M^2}$$

$$K_{obj} = 918.87 \frac{\text{tonnef}}{m} \quad \text{Rigidez objetivo}$$

$$K_{Aisl} := \frac{K_{obj}}{N} = 48.36 \frac{\text{tonnef}}{m} \quad \text{Rigidez de cada aislador}$$



ii) **Peso de aislador.**

$$Peso_{Aislador} := \frac{W_{total}}{N} = 96.31 \text{ tonnef}$$

8. Cargas.

$C = 0.3742$ Factor de amplificación sísmica

$R := 2$ Factor básico de reducción.

$P := 1583.32 \text{ tonnef}$ Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.

$P_S := 1749.72 \text{ tonnef}$ Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, calculado en forma similar a P pero sin incluir el nivel de base.

$CM := 1501.78 \text{ tonnef}$ Carga Muerta

$CV := 328.20 \text{ tonnef}$ Carga Viva

Carga Sísmica Horizontal.

$$CSH := \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P_S \quad CSH = 154.68 \text{ tonnef}$$

Carga Sísmica Vertical.

$$CSV := 0.5 \cdot (1.5 \cdot Z \cdot S) \cdot CM \quad CSV = 532.19 \text{ tonnef}$$

Carga de Nieve.

$$CN := 0 \text{ tonnef}$$

9. Combinaciones:

9.1. Carga Vertical Promedio:

$$CVP := 1 \cdot CM + 0.5 \cdot CV$$

$$CVP = 1665.88 \text{ tonnef}$$

9.2. Carga Vertical Máxima:

$$CVM := 1.25 \cdot (CM + CV) + 1 \cdot (CSH + CSV) + 0.20 \cdot (CN)$$

$$CVM = 2974.35 \text{ tonnef}$$

9.3. Carga Vertical Mínima:

$$CVMin := 0.90 \cdot (CM) - 1 \cdot (CSH + CSV)$$

$$CVMin = 664.73 \text{ tonnef}$$

10. Área total del diafragma rígido:

$$Atotal := 223.38 \text{ m}^2$$

11. Carga vertical en los dispositivos:

Promedio:

$$prom := \frac{CVP}{Atotal} = 7.46 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

Máxima:

$$max := \frac{CVM}{Atotal} = 13.32 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

Mínima:

$$min := \frac{CVMin}{Atotal} = 2.98 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

11.1. Dispositivo Céntrico:

$$Atrib := 4.5 \text{ m} \cdot 5.00 \text{ m} = 22.5 \text{ m}^2$$

$$cvp_C := prom \cdot Atrib = 167.8 \text{ tonnef}$$

Carga vertical promedio sobre el dispositivo 1

$$cvm_C := max \cdot Atrib = 299.59 \text{ tonnef}$$

$$cvmin_C := min \cdot Atrib = 66.96 \text{ tonnef}$$

11.2. Dispositivo Excéntrico:

$$Atrib := 2.375 \text{ m} \cdot 5.00 \text{ m} = 11.88 \text{ m}^2$$

$$cvp_E := prom \cdot Atrib = 88.56 \text{ tonnef}$$

Carga vertical promedio sobre el dispositivo 2

$$cvm_E := max \cdot Atrib = 158.12 \text{ tonnef}$$

$$cvmin_E := min \cdot Atrib = 35.34 \text{ tonnef}$$

11.3. Dispositivo Esquinado:

$$Atrib := 2.375 \text{ m} \cdot 2.625 \text{ m} = 6.23 \text{ m}^2$$

$$cvp := prom \cdot Atrib = 46.49 \text{ tonnef}$$

$$cvm := max \cdot Atrib = 83.01 \text{ tonnef}$$

$$cvmin := min \cdot Atrib = 18.55 \text{ tonnef}$$

12. Sismo Máximo Considerado SMC.

$$S_{aM} := 1.5 \cdot Z \cdot C \cdot S \cdot g$$

$$S_{aM} = 2600.77 \frac{mm}{s^2}$$

$$S_{aM} = 2.6 \frac{m}{s^2}$$

13. Amortiguamiento Efectivo.

Amortiguamiento Efectivo, β_w (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_w
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
≥ 40	1,9

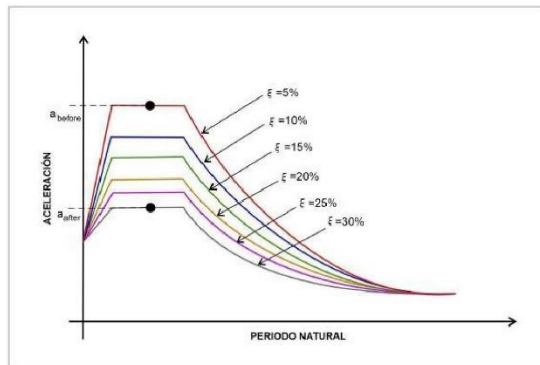
β_M	B_M
0%	0.8
2%	0.8
5%	1
10%	1.2
15%	1.35
20%	1.5
30%	1.7
40%	1.9

$$\xi := 0.2 \quad \text{Porcentaje de amortiguamiento crítico}$$

$$\beta_M := \xi = 0.2 \quad \text{Porcentaje de amortiguamiento crítico}$$

$$B_M := \text{linterp}(\beta_M, B_M, \xi)$$

$$B_M = 1.5 \quad \text{Factor de amortiguamiento}$$



14. Desplazamiento Máximo DM.

$$T_M = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{P_S}{k_M \cdot g}}$$

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot B_M}$$

$$D_M := \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot B_M}$$

$$D_M = 0.3521 \text{ m}$$

$$D_M = 35.21 \text{ cm}$$

$$D_M = 352.1146 \text{ mm}$$

Desplazamiento máximo.

15. Desplazamiento Máximo DTM.

$$C_{MX} := 7.0531 \text{ m} \quad \text{Coordenada Centro de masa en X}$$

$$C_{MY} := 9.6909 \text{ m} \quad \text{Coordenada Centro de masa en Y}$$

$$C_{RX} := 6.6984 \text{ m} \quad \text{Coordenada Centro de rigidez en X}$$

$$C_{RY} := 9.7731 \text{ m} \quad \text{Coordenada Centro de rigidez en Y}$$

$$e_X := C_{MX} - C_{RX} = 0.35 \text{ m} \quad \text{Excentricidad en X}$$

$$e_Y := C_{RY} - C_{MY} = 0.08 \text{ m} \quad \text{Excentricidad en Y}$$



$d := 20 \text{ m}$	Dimensión mayor de la proyección en planta de la estructura
$b := 13 \text{ m}$	Dimensión menor de la proyección en planta de la estructura
$e_{acc} := d \cdot 0.05 = 1 \text{ m}$	Excentricidad accidental
$e := e_{\gamma} + e_{acc} = 1.08 \text{ m}$	Excentricidad obtenida
$y := \frac{d}{2} = 10 \text{ m}$	Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico y el elemento de interés.
$T_1 = 0.809 \text{ s}$	Periodo fundamental del modo 1
$T_2 = 0.674 \text{ s}$	Periodo fundamental del modo 3
$T_3 = 0.539 \text{ s}$	Periodo fundamental del modo 3

$$P_T = \frac{1}{r_a} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}}$$

Razón entre el período traslacional efectivo del sistema de aislamiento sísmico y el período rotacional efectivo del sistema de aislamiento sísmico; calculada mediante un análisis dinámico o como se indica en la ecuación 9, pero no requiere ser menor que 1:

$$P_T := \frac{T_1}{T_3} = 1.5$$

$$D_{TM} := D_M \cdot \left(1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \cdot \left(\frac{12 e}{b^2 + d^2} \right) \right)$$

$$D_{TM} = 0.39 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 38.78 \text{ cm}$$

$$D_{TM} = 387.79 \text{ mm}$$

Desplazamiento total

16. Propiedades de los dispositivos.

$$\gamma := 1.0 \quad \text{Deformación por corte.}$$

$$G := 0.80 \text{ MPa} \quad \text{Módulo de corte del caucho. (Según Libro MCEER Property Modification Factors for Seismic Isolators: Design Guidance for Buildings. William J. McVitty)}$$

Para $G = 0.5 - 1.0 \text{ MPa}$

Dispositivo 1:
Rigidez Horizontal:

$$P_{Umax.1} := cvp_C$$

$$P_{Umax.1} = 167.8 \text{ tonnef}$$

$$K_{h.1} := \left(P_{Umax.1} \cdot \left(\frac{2 \pi}{T_M} \right)^2 \right) \cdot 0.1 \frac{s^2}{m}$$

$$K_{h.1} = 0.81 \text{ MPa} \cdot m$$

$$K_{h.1} = 0.81 \frac{kN}{mm}$$

Dispositivo 2:
Rigidez Horizontal:

$$P_{Umax.2} := cvp_E$$

$$P_{Umax.2} = 88.56 \text{ tonnef}$$

$$K_{h.2} := \left(P_{Umax.2} \cdot \left(\frac{2 \pi}{T_M} \right)^2 \right) \cdot 0.1 \frac{s^2}{m}$$

$$K_{h.2} = 0.4276 \text{ MPa} \cdot m$$

$$K_{h.2} = 0.43 \frac{kN}{mm}$$

Altura del dispositivo 1 y 2:

$$H_r := \frac{D_M}{\gamma} = 0.352 \text{ m}$$

$$H_r = 35.21 \text{ cm}$$

$$H_r = 352.11 \text{ mm}$$

Área del dispositivo 1 y 2:

$$A_1 := \frac{K_{h.1} \cdot H_r}{G} \quad A_1 = 0.36 \text{ m}^2$$

$$A_2 := \frac{K_{h.2} \cdot H_r}{G} \quad A_2 = 0.19 \text{ m}^2$$

Diámetro del dispositivo 1 y 2:

$$d_1 := 2 \cdot \left(\sqrt{\frac{A_1}{\pi}} \right)$$

$$d_1 = 0.6739 \text{ m}$$

$$d_1 = 67.39 \text{ cm}$$

$$d_1 = 673.86 \text{ mm}$$

$$d_2 := 2 \cdot \left(\sqrt{\frac{A_2}{\pi}} \right) \quad d_2 = 0.49 \text{ m} \quad d_2 = 48.95 \text{ cm} \quad d_2 = 489.54 \text{ mm}$$

PROPIEDADES DEL AISLADOR (CATÁLOGOS) VER TABLAS DE AIS 3 DISEÑO (EXCEL)

Resumen: PROPIEDADES DE LOS DISPOSITIVOS

Propiedades	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Unidades
Rigidez Horizontal del dispositivo	0.81	0.4276	Mpa*m
Altura del dispositivo	0.352	0.352	m
Área del dispositivo	0.36	0.19	m ²
Diámetro del dispositivo	0.674	0.489	m
Desplazamiento máximo DM	0.3521	0.3521	m
Desplazamiento total máximo DTM	0.387	0.387	m
Módulo de corte del caucho	0.8	0.8	MPa.
Porcentaje de amortiguamiento	0.2	0.2	
Cantidad de dispositivos	6	13	und

Dispositivo 1 (céntrico)

$K_{h,1} = 0.81 \text{ MPa} \cdot \text{m}$ Rigidez Horizontal del dispositivo.

$H_r = 352.11 \text{ mm}$ Altura del dispositivo.

$A_1 = 0.36 \text{ m}^2$ Área de dispositivo.

$d_1 = 0.6739 \text{ m}$ Diámetro del dispositivo.

$D_M = 0.3521 \text{ m}$ Desplazamiento máximo DM.

$D_{TM} = 0.39 \text{ m}$ Desplazamiento total máximo DTM.

$G = 0.8 \text{ MPa}$ Módulo de corte del caucho.

$\beta_M = 0.2$ Porcentaje de amortiguamiento.

$N_{disp,1} := 6$ Cantidad de dispositivos.

Dispositivo 2 (excéntrico)

$K_{h,2} = 0.428 \text{ MPa} \cdot \text{m}$ Rigidez Horizontal del dispositivo

$H_r = 352.11 \text{ mm}$ Altura del dispositivo

$A_2 = 0.19 \text{ m}^2$ Área de dispositivo

$d_2 = 0.4895 \text{ m}$ Diámetro del dispositivo



- $D_M = 0.3521 \text{ m}$ Desplazamiento máximo DM
- $D_{TM} = 0.39 \text{ m}$ Desplazamiento total máximo DTM
- $G = 0.8 \text{ MPa}$ Módulo de corte del caucho
- $\beta_M = 0.2$ Porcentaje de amortiguamiento
- $N_{disp_2} := 13$ Cantidad de dispositivos.

a) PROPIEDADES NOMINALES.

PROPIEDADES DE DISEÑO DEL AISLADOR (Catálogo)		d = 400 mm	
Propiedades		Dispositivo 1	Dispositivo 2
FIP INDUSTRIAL	UNIDAD	167.80 Tn	88.56 Tn
Modelo del dispositivo		LRB-SN-750/203-170	LRB-SN-550/200-145
Diámetro	mm.	750	550
Altura total	mm.	397	407
Tamaño de Chapas	mm.	800x800	600x600
Espesor total de goma	mm	203	200
Rigidez Vertical Kv	kN/mm	1736	904
Rigidez Horizontal Efectiva Keff	kN/mm	1.95	1.18
Desplazamiento diseño	mm.	400	400
Carga de Diseño Horizontal	mm.		
Carga Estática Vertical Máxima	kN	11480	4300
Amortiguamiento efectivo	%	22	27
Desplazamiento de fluencia (Yielding displacement)	mm	16	16
Fuerza de fluencia Fy	kN	259	184

Dispositivo 1 - Catálogo.

Modelo: LRB-SN-750/203-170

- $d_{disp_1} := 750 \text{ mm}$ diámetro del dispositivo.
- $At_{disp_1} := 397 \text{ mm}$ altura total del dispositivo.
- $At_{dispositivo} := 450 \text{ mm}$ altura total del dispositivo globalizada.
- $k_{V1} := 1736 \frac{kN}{mm}$ rigidez vertical. $k_{V1} = 177022.73 \frac{tonnef}{m}$
- $k_{eff_dis1} := 1.95 \frac{kN}{mm}$ rigidez horizontal efectiva.
- $d_{diseño_dis1} := 400 \text{ mm}$ desplazamiento de diseño.
- $\xi_{e_1} := 0.22$ amortiguamiento efectivo.

Dispositivo 2 - Catálogo.

Modelo: LRB-SN-550/200-145

$d_{disp_2} := 550 \text{ mm}$	diámetro del dispositivo.	
$At_{disp_2} := 407 \text{ mm}$	altura total del dispositivo.	
$At_{dispositivo} := 450 \text{ mm}$	altura total del dispositivo globalizada.	
$k_{V2} := 904 \frac{kN}{mm}$	rigidez vertical.	$k_{V2} = 92182.35 \frac{tonnef}{m}$
$k_{eff_dis2} := 1.18 \frac{kN}{mm}$	rigidez horizontal efectiva.	
$d_{diseño_dis2} := 400 \text{ mm}$	desplazamiento de diseño.	
$\xi_{e_2} := 0.27$	amortiguamiento efectivo.	

Rigidez efectiva lineal (de cada dispositivo).

$$K_{eff1} := k_{eff_dis1} \quad K_{eff1} = 1.95 \frac{kN}{mm}$$

$$K_{eff2} := k_{eff_dis2} \quad K_{eff2} = 1.18 \frac{kN}{mm}$$

Rigidez compuesta del sistema.

$$K_{obj_total} := K_{eff1} \cdot N_{disp_1} + K_{eff2} \cdot N_{disp_2} = 27.04 \frac{kN}{mm}$$

Energía Disipada.

$$E_{ciclo1} := 2 \pi \cdot K_{eff1} \cdot D_M^2 \cdot \beta_M = 303.82 \text{ kN} \cdot m$$

$$E_{ciclo2} := 2 \pi \cdot K_{eff2} \cdot D_M^2 \cdot \beta_M = 183.85 \text{ kN} \cdot m$$

Fuerza Característica.

$$Dy_{inicial} := 0.00 \text{ m}$$

$$Q_1 := \frac{E_{ciclo1}}{4 \cdot (D_M - Dy_{inicial})} = 215.71 \text{ kN}$$

$$Q_2 := \frac{E_{ciclo2}}{4 \cdot (D_M - Dy_{inicial})} = 130.53 \text{ kN}$$

Rigidez Post Fluencia.

$$k2_{disp1} := Keff1 - \frac{Q_1}{D_M} = 1337.39 \frac{kN}{m}$$

$$k2_{disp2} := Keff2 - \frac{Q_2}{D_M} = 809.29 \frac{kN}{m}$$

Rigidez Inicial.

$$k1_{disp1} := k2_{disp1} \cdot 10 = 13373.89 \frac{kN}{m}$$

$$k1_{disp2} := k2_{disp2} \cdot 10 = 8092.92 \frac{kN}{m}$$

Desplazamiento de Fluencia.

$$D_{y_1} := \frac{Q_1}{k1_{disp1} - k2_{disp1}} = 0.01792 \text{ m}$$

$$D_{y_2} := \frac{Q_2}{k1_{disp2} - k2_{disp2}} = 0.01792 \text{ m}$$

Fuerza Característica.

$$Qd_1 := \frac{E_{ciclo1}}{4 \cdot (D_M - D_{y_1})} = 227.28 \text{ kN}$$

$$Qd_2 := \frac{E_{ciclo2}}{4 \cdot (D_M - D_{y_2})} = 137.53 \text{ kN}$$

Rigidez Post Fluencia (k2).

$$kd2_{disp1} := Keff1 - \frac{Qd_1}{D_M} = 1304.54 \frac{kN}{m}$$

$$kd2_{disp2} := Keff2 - \frac{Qd_2}{D_M} = 789.41 \frac{kN}{m}$$

Rigidez Inicial (k1).

$$kd1_{disp1} := kd2_{disp1} \cdot 10 = 13045.38 \frac{kN}{m}$$

$$kd1_{disp2} := kd2_{disp2} \cdot 10 = 7894.13 \frac{kN}{m}$$

Fuerza de Fluencia.

$$F_{y_1} := Qd_1 + (kd2_{disp1} \cdot D_{y_1}) = 250.66 \text{ kN}$$



$$F_{y.2} := Qd_2 + (kd_{2,disp2} \cdot D_{y.2}) = 151.68 \text{ kN}$$

Ratio (Relación Rigidez inicial/Rigidez Post Fluencia).

$$R_1 := \frac{kd_{2,disp1}}{kd_{1,disp1}} = 0.1$$

$$R_2 := \frac{kd_{2,disp2}}{kd_{1,disp2}} = 0.1$$

Periodo del sistema.

$$K_M := K_{obj_total} = 27.04 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$K_M = 2757.31 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$T_M := 2 \pi \cdot \sqrt{\frac{P_S}{K_M \cdot g}} = 1.6 \text{ s}$$

Frecuencia angular.

$$\omega := 2 \frac{\pi}{T_M} = 3.93 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Amortiguamiento efectivo.

$$\xi_{e1} := \frac{E_{ciclo1}}{\pi \cdot D_M^2 \cdot \omega} = 0.2 \text{ kN} \cdot \frac{\text{s}}{\text{mm}}$$

$$\xi_{e2} := \frac{E_{ciclo2}}{\pi \cdot D_M^2 \cdot \omega} = 0.12 \text{ kN} \cdot \frac{\text{s}}{\text{mm}}$$

Parámetros para ingresar al software (Nominal).**Dispositivo 1.****Propiedades Lineales (Linear Properties).** (Para U1 en Etabs)

$$k_{V1} = 1736 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez Efectiva.}$$

$$k_{V1} = 177022.73 \frac{tonnef}{m}$$

$$\xi_{e1} = 0.2 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento Efectivo.}$$

$$\xi_{e1} = 20.23 \frac{tonnef \cdot s}{m}$$

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

$$K_{eff1} = 1.95 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez Efectiva.}$$

$$\xi_{e1} = 0.2 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento Efectivo.}$$

Propiedades No lineales (Nonlinear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)**Bilineal para aislador Ais1**

$$K1 := kd1_{disp1} = 13.05 \frac{kN}{mm} \quad \text{Stiffness - Rigidez.}$$

$$K1 := kd1_{disp1} = 1330.26 \frac{tonnef}{m}$$

$$F_{y,1} = 250.66 \text{ kN} \quad \text{Yield Strength - Fuerza de fluencia.}$$

$$F_{y,1} = 25.56 \text{ tonnef}$$

$$ratio1 := \frac{kd2_{disp1}}{K1} = 0.1$$

Dispositivo 2.

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U1 en Etabs)

$$k_{V2} = 904 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez Efectiva.}$$

$$\xi_{e2} = 0.12 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento efectivo.}$$

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

$$K_{eff2} = 1.18 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez Efectiva.}$$

$$\xi_{e2} = 0.12 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento efectivo.}$$

Propiedades No lineales (Nonlinear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

Bilineal para aislador Ais2

$$K2 := kd1_{disp2} = 7.89 \frac{kN}{mm} \quad \text{Stiffness - Rigidez.}$$

$$K2 := kd1_{disp2} = 804.98 \frac{tonnef}{m}$$

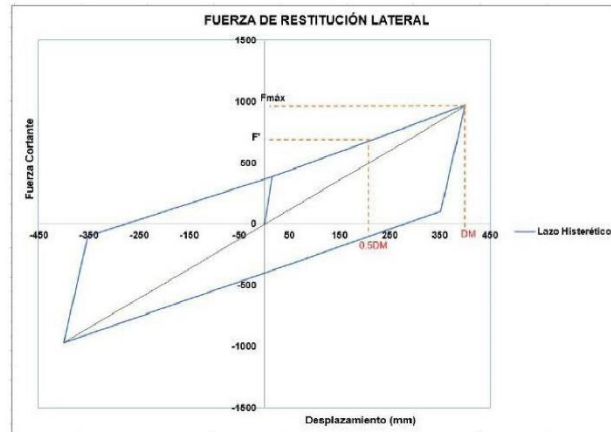
$$F_{y,2} = 151.68 \text{ kN} \quad \text{Yield Strength - Fuerza de fluencia.}$$

$$F_{y,2} = 15.47 \text{ tonnef}$$

$$ratio2 := \frac{kd2_{disp2}}{K2} = 0.1$$

Fuerza de Restitución Lateral.

Tendrá la capacidad de generar una fuerza de restitución necesaria en el desplazamiento máximo, tal que resulte mayor a $0.025P$ al $50\%D_{max}$. Considerando tanto sus propiedades límites inferiores como superiores.



En propiedades Nominales.

$$P = 1583.32 \text{ tonnef}$$

$$K_{max} := K_{obj_total} = 2757.31 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$D_M = 352.11 \text{ mm}$$

$$F_{max} := K_{max} \cdot D_M = 970.89 \text{ tonnef}$$

$$F' := \frac{F_{max} \cdot (0.5 \cdot D_M)}{D_M} = 485.44 \text{ tonnef}$$

$$F_r := F_{max} - F' = 485.44 \text{ tonnef}$$

$$0.025 P = 39.58 \text{ tonnef}$$

if ($F_r > 0.025 P$, "Restitución", "No se restituye") = "Restitución"

Diagrama de Histéresis.
Aislador 1.

Rigidez Efectiva Horizontal	$K_{eff1} = 1.95 \frac{kN}{mm}$	$K_{eff1} = 198.84 \frac{tonnef}{m}$	
Amortiguamiento Efectivo	$C := 22 \frac{tonnef \cdot s}{m}$	$C = 215746.3 \frac{kg}{s}$	
Fuerza Horizontal Máxima	$F_2 := 651 \text{ kN}$	$F_2 = 66.38 \text{ tonnef}$	
Fuerza Post Fluencia	$F_1 := 259 \text{ kN}$	$F_1 = 26.41 \text{ tonnef}$	
Fluencia por desplazamiento	$d_1 := 16 \text{ mm}$		
Desplazamiento Máximo	$d_2 := 400 \text{ mm}$	$d := 400 \text{ mm}$	$D_M = 352.11 \text{ mm}$
Rigidez Vertical	$k_{V1} = 1736 \frac{kN}{mm}$	$k_{V1} = 177022.735 \frac{tonnef}{m}$	
	$K_p := kd2_{disp1} = 133.03 \frac{tonnef}{m}$		
Rigidez Post Fluencia	$K_p := \frac{F_2 - F_1}{d_2 - d_1} = 104.1 \frac{tonnef}{m}$	$\psi := 6$	
Rigidez Elástica	$K_e := \frac{F_1}{d_1} = 1650.666 \frac{tonnef}{m}$		Relación de la Rigidez Elástica y Rigidez Post Fluencia (ψ)
	$K_e := \psi \cdot K_p = 624.58 \frac{tonnef}{m}$		
$\lambda_{maxkp} := 1.3$	$\lambda_{minkp} := 0.8$	$\lambda_{kp} := 1$	
$\lambda_{maxQd} := 1.5$	$\lambda_{minQd} := 0.8$	$\lambda_{Qd} := 1$	
$K_p := \lambda_{kp} \cdot K_p = 104.1 \frac{tonnef}{m}$			
$d_1 := \lambda_{Qd} \cdot d_1 = 1.6 \text{ cm}$			
$F_1 := \lambda_{Qd} \cdot F_1 = 26.41 \text{ tonnef}$			

RECTA 1 P1 (0;0) ---- P2(d1,f1)

$$y1(x1) := \frac{F_1}{d_1} \cdot x1 \quad x1 := 0 \text{ cm}, 0.1 \text{ cm} \dots d_1 \quad F_1 = 26.41 \text{ tonnef}$$

RECTA 2 P2 (d1,f1) ---- P3(d2,f2)

$$y1(x2) := (K_p) \cdot (x2 - d_1) + F_1 \quad F_{max} := F_2 \quad x2 := d_1, d_1 + 1 \text{ cm} \dots d_2$$

RECTA 3 P3(d2,f2) ---- P4(X4,Y4)

$$x_4 := \frac{-(d_1 \cdot K_p + d_2 \cdot K_e - F_1 - F_2)}{K_p - K_e} = 30.49 \text{ cm}$$

$$y_4 := K_p \cdot (x_4 + d_1) - F_1 = 7 \text{ tonnef}$$

$$y3(x3) := (K_e) \cdot (x3 - d_2) + F_2 \quad x3 := x_4, x_4 + 1 \text{ cm} \dots d_2$$

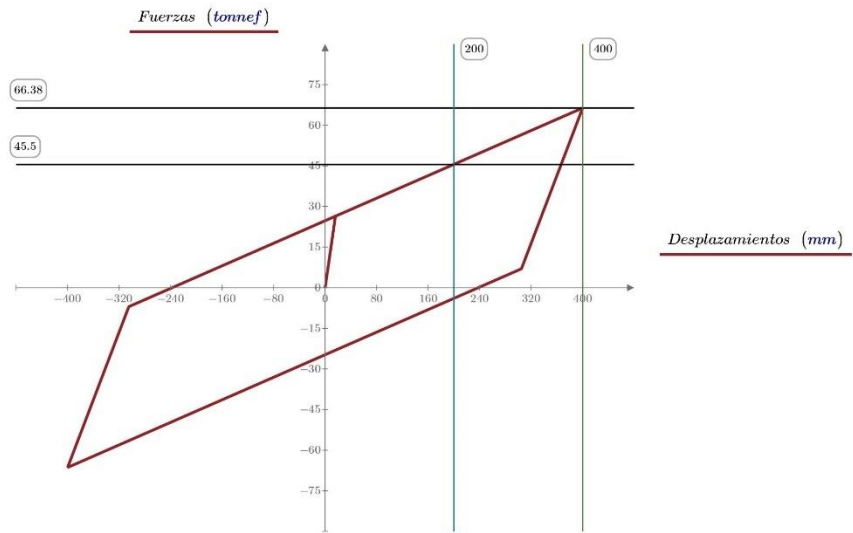
RECTA 4 P3(d2,f2) ---- P4(X4,Y4)

$$y4(x4) := (K_p) \cdot (x4 + d_1) - F_1$$

$$y4 = \text{"Function: } y4\{\text{VARIABLE}\}\text{"}$$

$$x4 := -d_2, -d_2 + 1 \text{ cm} \dots 100 \text{ cm}$$

$$\text{Desplazamientos} := \begin{bmatrix} 0 \text{ cm} \\ d_1 \\ d_2 \\ x_4 \\ -d_2 \\ -x_4 \\ d_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.6 \\ 40 \\ 30.49 \\ -40 \\ -30.49 \\ 1.6 \end{bmatrix} \text{ cm} \quad \text{Fuerzas} := \begin{bmatrix} 0 \text{ tonnef} \\ F_1 \\ F_2 \\ y_4 \\ -F_2 \\ -y_4 \\ F_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 26.41 \\ 66.38 \\ 7 \\ -66.38 \\ -7 \\ 26.41 \end{bmatrix} \text{ tonnef}$$



b) PROPIEDADES Upper Bound (Límite Superior).

Factores modificación lambda (Norma E.031-Aislamiento Sísmico)

Para Upper Bound (Límite Superior)

$$\lambda_{Q_{max}} := 1.5 \quad \lambda_{K_{max}} := 1.3$$

Rigidez efectiva lineal (de cada dispositivo).

$$K_{eff1_{upper}} := k_{eff_dis1} \cdot \lambda_{K_{max}} \quad K_{eff1_{upper}} = 2.54 \frac{kN}{mm}$$

$$K_{eff2_{upper}} := k_{eff_dis2} \cdot \lambda_{K_{max}} \quad K_{eff2_{upper}} = 1.53 \frac{kN}{mm}$$

Rigidez compuesta del sistema.

$$K_{obj_total} := K_{eff1_{upper}} \cdot N_{disp_1} + K_{eff2_{upper}} \cdot N_{disp_2} = 35.15 \frac{kN}{mm}$$

Energía Disipada.

$$E_{ciclo1} := 2 \pi \cdot K_{eff1_{upper}} \cdot D_M^2 \cdot \beta_M = 394.96 \text{ kN} \cdot m$$

$$E_{ciclo2} := 2 \pi \cdot K_{eff2_{upper}} \cdot D_M^2 \cdot \beta_M = 239 \text{ kN} \cdot m$$

Fuerza Característica.

$$Dy_{inicial} := 0.00 \text{ m}$$

$$Q_1 := \frac{E_{ciclo1}}{4 \cdot (D_M - Dy_{inicial})} \cdot \lambda_{Q_{max}} = 420.63 \text{ kN}$$

$$Q_2 := \frac{E_{ciclo2}}{4 \cdot (D_M - Dy_{inicial})} \cdot \lambda_{Q_{max}} = 254.54 \text{ kN}$$

Rigidez Post Fluencia.

$$k_{2_{disp1}} := K_{eff1_{upper}} - \frac{Q_1}{D_M} = 1340.41 \frac{kN}{m}$$

$$k_{2_{disp2}} := K_{eff2_{upper}} - \frac{Q_2}{D_M} = 811.12 \frac{kN}{m}$$

Rigidez Inicial.

$$k_{1_{disp1}} := k_{2_{disp1}} \cdot 10 = 13404.09 \frac{kN}{m}$$



$$k1_{disp2} := k2_{disp2} \cdot 10 = 8111.2 \frac{kN}{m}$$

Desplazamiento de Fluencia.

$$D_{y,1} := \frac{Q_1}{k1_{disp1} - k2_{disp1}} = 0.03487 \text{ m}$$

$$D_{y,2} := \frac{Q_2}{k1_{disp2} - k2_{disp2}} = 0.03487 \text{ m}$$

Fuerza Característica.

$$Qd_{1_upper} := \frac{E_{ciclo1}}{4 \cdot (D_M - D_{y,1})} \cdot \lambda_{Qmax} = 466.86 \text{ kN}$$

$$Qd_{2_upper} := \frac{E_{ciclo2}}{4 \cdot (D_M - D_{y,2})} \cdot \lambda_{Qmax} = 282.51 \text{ kN}$$

Rigidez Post Fluencia (k2).

$$kd2_{disp1} := Keff1_{upper} - \frac{Qd_{1_upper}}{D_M} = 1209.12 \frac{kN}{m}$$

$$kd2_{disp2} := Keff2_{upper} - \frac{Qd_{2_upper}}{D_M} = 731.67 \frac{kN}{m}$$

Rigidez Inicial (k1).

$$kd1_{disp1} := kd2_{disp1} \cdot 10 = 12091.15 \frac{kN}{m}$$

$$kd1_{disp2} := kd2_{disp2} \cdot 10 = 7316.7 \frac{kN}{m}$$

Fuerza de Fluencia.

$$F_{y,1} := Qd_{1_upper} + (kd2_{disp1} \cdot D_{y,1}) = 509.02 \text{ kN}$$

$$F_{y,2} := Qd_{2_upper} + (kd2_{disp2} \cdot D_{y,2}) = 308.02 \text{ kN}$$

Ratio (Relación Rigidez inicial/Rigidez Post Fluencia).

$$R_1 := \frac{kd2_{disp1}}{kd1_{disp1}} = 0.1$$

$$R_2 := \frac{kd2_{disp2}}{kd1_{disp2}} = 0.1$$



Periodo del sistema.

$$K_M := K_{obj_total} = 35.15 \frac{kN}{mm} \quad K_M = 3584.51 \frac{tonnef}{m}$$

$$T_M := 2 \pi \cdot \sqrt{\frac{P_s}{K_M \cdot g}} = 1.4 \text{ s}$$

Frecuencia angular.

$$\omega := 2 \frac{\pi}{T_M} = 4.48 \frac{rad}{s}$$

Amortiguamiento efectivo.

$$\xi_{e1} := \frac{E_{ciclo1}}{\pi \cdot D_M^2 \cdot \omega} = 0.23 \text{ kN} \cdot \frac{s}{mm}$$

$$\xi_{e2} := \frac{E_{ciclo2}}{\pi \cdot D_M^2 \cdot \omega} = 0.14 \text{ kN} \cdot \frac{s}{mm}$$

Parámetros para ingresar al software (Upper Bound).

Dispositivo 1.

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U1 en Etabs)

$$k_{V1} = 1736 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez Efectiva.}$$

$$\xi_{e1} = 0.23 \text{ kN} \cdot \frac{s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento efectivo.}$$

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

$$K_{eff1_upper} = 2.54 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez Efectiva.}$$

$$\xi_{e1} = 0.23 \text{ kN} \cdot \frac{s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento efectivo.}$$

Propiedades No lineales (Nonlinear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

Bilineal para aislador Ais1

$$K1 := kd1_{disp1} = 12.09 \frac{kN}{mm} \quad \text{Stiffness - Rigidez.}$$

$$K1 := kd1_{disp1} = 1232.95 \frac{tonnef}{m}$$

$$F_{y_1} = 509.02 \text{ kN} \quad \text{Yield Strength - Fuerza de fluencia.}$$



$$F_{y,1} = 51.91 \text{ tonnef}$$

$$\text{ratio1} := \frac{kd2_{disp1}}{K1} = 0.1$$

Dispositivo 2.

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U1 en Etabs)

$$k_{V2} = 904 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez efectiva.}$$

$$\xi_{e2} = 0.14 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento efectivo.}$$

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

$$K_{eff2_{upper}} = 1.53 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness - Rigidez efectiva.}$$

$$\xi_{e2} = 0.14 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping - Amortiguamiento efectivo.}$$

Propiedades No lineales (Nonlinear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

Bilineal para aislador Ais2

$$K2 := kd1_{disp2} = 7.32 \frac{kN}{mm} \quad \text{Stiffness - Rigidez.}$$

$$K2 := kd1_{disp2} = 746.1 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$F_{y,2} = 308.02 \text{ kN} \quad \text{Yield Strength - Fuerza de fluencia.}$$

$$F_{y,2} = 31.41 \text{ tonnef}$$

$$\text{ratio2} := \frac{kd2_{disp2}}{K2} = 0.1$$

c) PROPIEDADES Lower Bound (Límite Inferior).

Factores modificación lambda (Norma E.031-Aislamiento Sísmico)

Para Lower Bound (Límite Inferior)

$$\lambda_{Qmin} := 0.8 \quad \lambda_{Kmin} := 0.8$$

Rigidez efectiva lineal (de cada dispositivo).

$$K_{eff1_{lower}} := k_{eff_dis1} \cdot \lambda_{Kmin} \quad K_{eff1_{lower}} = 1.56 \frac{kN}{mm}$$

$$K_{eff2_{lower}} := k_{eff_dis2} \cdot \lambda_{Kmin} \quad K_{eff2_{lower}} = 0.94 \frac{kN}{mm}$$

Rigidez compuesta del sistema.

$$K_{obj_total} := K_{eff1_{lower}} \cdot N_{disp_1} + K_{eff2_{lower}} \cdot N_{disp_2} = 21.63 \frac{kN}{mm}$$

Energía Disipada.

$$E_{ciclo1} := 2 \pi \cdot K_{eff1_{lower}} \cdot D_M^2 \cdot \beta_M = 243.05 \text{ kN} \cdot m$$

$$E_{ciclo2} := 2 \pi \cdot K_{eff2_{lower}} \cdot D_M^2 \cdot \beta_M = 147.08 \text{ kN} \cdot m$$

Fuerza Característica.

$$Dy_{inicial} := 0.00 \text{ m}$$

$$Q_1 := \frac{E_{ciclo1}}{4 \cdot (D_M - Dy_{inicial})} \cdot \lambda_{Qmin} = 138.05 \text{ kN}$$

$$Q_2 := \frac{E_{ciclo2}}{4 \cdot (D_M - Dy_{inicial})} \cdot \lambda_{Qmin} = 83.54 \text{ kN}$$

Rigidez Post Fluencia.

$$k_{2_{disp1}} := K_{eff1_{lower}} - \frac{Q_1}{D_M} = 1167.93 \frac{kN}{m}$$

$$k_{2_{disp2}} := K_{eff2_{lower}} - \frac{Q_2}{D_M} = 706.75 \frac{kN}{m}$$

Rigidez Inicial.

$$k_{1_{disp1}} := k_{2_{disp1}} \cdot 10 = 11679.29 \frac{kN}{m}$$

$$k_{1_{disp2}} := k_{2_{disp2}} \cdot 10 = 7067.47 \frac{kN}{m}$$



Desplazamiento de Fluencia.

$$D_{y_1} := \frac{Q_1}{k1_{disp1} - k2_{disp1}} = 0.01313 \text{ m}$$

$$D_{y_2} := \frac{Q_2}{k1_{disp2} - k2_{disp2}} = 0.01313 \text{ m}$$

Fuerza Característica.

$$Qd_1 := \frac{E_{ciclo1}}{4 \cdot (D_M - D_{y_1})} \cdot \lambda_{Qmin} = 143.4 \text{ kN}$$

$$Qd_2 := \frac{E_{ciclo2}}{4 \cdot (D_M - D_{y_2})} \cdot \lambda_{Qmin} = 86.78 \text{ kN}$$

Rigidez Post Fluencia (k2).

$$kd2_{disp1} := Keff1_{lower} - \frac{Qd_1}{D_M} = 1152.74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$kd2_{disp2} := Keff2_{lower} - \frac{Qd_2}{D_M} = 697.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Rigidez Inicial (k1).

$$kd1_{disp1} := kd2_{disp1} \cdot 10 = 11527.39 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$kd1_{disp2} := kd2_{disp2} \cdot 10 = 6975.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fuerza de Fluencia.

$$F_{y_1} := Qd_1 + (kd2_{disp1} \cdot D_{y_1}) = 158.54 \text{ kN}$$

$$F_{y_2} := Qd_2 + (kd2_{disp2} \cdot D_{y_2}) = 95.94 \text{ kN}$$

Ratio (Relación Rigidez inicial/Rigidez Post Fluencia).

$$R_1 := \frac{kd2_{disp1}}{kd1_{disp1}} = 0.1$$

$$R_2 := \frac{kd2_{disp2}}{kd1_{disp2}} = 0.1$$

Periodo del sistema.

$$K_M := K_{obj_total} = 21.63 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$T_M := 2 \pi \cdot \sqrt{\frac{P_S}{K_M \cdot g}} = 1.79 \text{ s}$$

Frecuencia angular.

$$\omega := 2 \frac{\pi}{T_M} = 3.52 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Amortiguamiento efectivo.

$$\xi_{e1} := \frac{E_{ciclo1}}{\pi \cdot D_M^2 \cdot \omega} = 0.18 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}}{\text{mm}}$$

$$\xi_{e2} := \frac{E_{ciclo2}}{\pi \cdot D_M^2 \cdot \omega} = 0.11 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}}{\text{mm}}$$

Parámetros para ingresar al software (Lower Bound).

Dispositivo 1.

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U1 en Etabs)

$$k_{V1} = 1736 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \quad \text{Effective Stiffness}$$

$$\xi_{e1} = 0.18 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}}{\text{mm}} \quad \text{Effective Damping}$$

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

$$K_{eff1_{lower}} = 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \quad \text{Effective Stiffness}$$

$$\xi_{e1} = 0.18 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}}{\text{mm}} \quad \text{Effective Damping}$$

Propiedades No lineales (Nonlinear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

Bilineal para aislador Ais1

$$K1 := kd1_{disp1} = 11.53 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \quad \text{Stiffness}$$

$$K1 := kd1_{disp1} = 1175.47 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$F_{y,1} = 158.54 \text{ kN} \quad \text{Yield Strength}$$

$$F_{y,1} = 16.17 \text{ tonnef}$$

$$ratio1 := \frac{kd2_{disp1}}{K1} = 0.1$$

Dispositivo 2.

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U1 en Etabs)

$$k_{v2} = 904 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness}$$

$$\xi_{e2} = 0.11 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping}$$

Propiedades Lineales (Linear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

$$K_{eff2_{lower}} = 0.94 \frac{kN}{mm} \quad \text{Effective Stiffness}$$

$$\xi_{e2} = 0.11 \frac{kN \cdot s}{mm} \quad \text{Effective Damping}$$

Propiedades No lineales (Nonlinear Properties). (Para U2 & U3 en Etabs)

Bilineal para aislador Ais2

$$K2 := kd1_{disp2} = 6.98 \frac{kN}{mm} \quad \text{Stiffness}$$

$$K2 := kd1_{disp2} = 711.31 \frac{tonnef}{m}$$

$$F_{y,2} = 95.94 \text{ kN} \quad \text{Yield Strength}$$

$$F_{y,2} = 9.78 \text{ tonnef}$$

$$ratio2 := \frac{kd2_{disp2}}{K2} = 0.1$$

17. Fuerza lateral mínima requerida.

$$V_b := K_{obj_total} \cdot D_M = 7616.94 \text{ kN}$$

Fuerza cortante total en el sistema de aislamiento sísmico o en los elementos bajo el nivel de aislamiento.

$$V_b = 776.71 \text{ tonnef}$$

18. Fuerza cortante no reducida.

$$V_{st} := V_b \cdot \left(\frac{P_S}{P} \right)^{(1-2.5\beta_{st})} = 8007.2 \text{ kN}$$

Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base.

$$V_{st} = 816.51 \text{ tonnef}$$

19. Fuerza cortante en la base.

$$R_a := 2$$

Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico, calculado como $3/8R_0$ pero no menor que 1 ni mayor que 2.

$$V_s := \frac{V_{st}}{R_a} = 4003.6 \text{ kN}$$

Fuerza cortante en la base de la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico, determinada con la ecuación 11 y con los límites indicados en el numeral 21.3 del artículo 21 de la presente Norma Técnica

$$V_s = 408.25 \text{ tonnef}$$

$$F_1 := \frac{V_b - V_{st}}{R_a} = -19.9 \text{ tonnef}$$

$$\frac{V_b}{W_{edif}} = 0.52$$

Derivas (Maximun Story Drifts):

Limite de deriva:

ANALISIS MODAL ESPECTRAL - AISLADO (NOMINAL)

Espectral:

$$factor := 0.85 \quad R := 2$$

$$dr_{_espec} := \frac{3.5}{1000} = 0.0035$$

SMC_X

Time-History:

$$dr_X := 0.001411$$

$$dr_{_th} := \frac{5}{1000} = 0.005$$

$$SMC_X := dr_X \cdot factor \cdot R = 0.0024$$

if ($dr_X < dr_{_espec}$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

SMC_Y

$$dr_Y := 0.001397$$

$$SMC_Y := dr_Y \cdot factor \cdot R = 0.00237$$

if ($dr_Y < dr_{_espec}$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

ANALISIS TIEMPO HISTORIA - AISLADO (NOMINAL)

$$factor := 0.85 \quad R := 2$$

Anexo 7. Hoja de cálculo en Mathcad 6.0 – Diseño de zapata aislada.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tesis: DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE TACNA

Tesis: DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS EN LA CIUDAD DE TACNA

Autor: Bachiller Diego Manuel Calderón Pasco

Asesor: Dr. Leopoldo Choque Flores

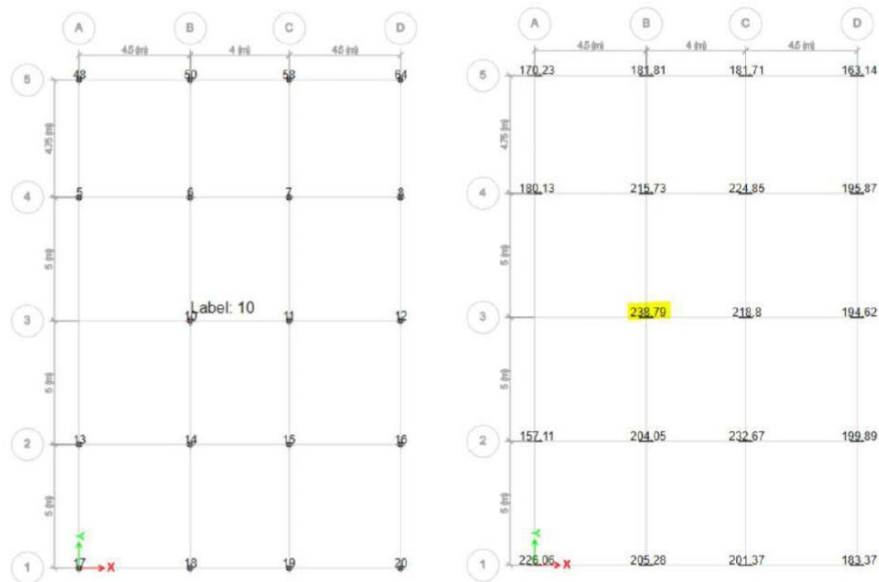
DISEÑO DE CIMENTACIONES (Zapata Aislada)

1. Datos.

$f_c := 2800 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$	Resistencia a la compresión del concreto.
$f_y := 42000 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$	Esfuerzo de cedencia del acero.
$\phi_f := 0.90$	Factor de reducción de la resistencia por flexión.
$B := 3.5 \text{ m}$	Base de la zapata.
$T := 3.5 \text{ m}$	Espesor de la zapata.
$b := 0.80 \text{ m}$	Base de la columna (pedestal).
$t := 0.80 \text{ m}$	Espesor de la columna (pedestal).
$D_f := 2.50 \text{ m}$	Profundidad de desplante.
$h_z := 0.70 \text{ m}$	Altura de la zapata.
$h_{pt} := 0.10 \text{ m}$	Altura de piso terminado.
$S_c := 0.40 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$	Sobrecarga distribuida.
$\gamma_{\text{concreto}} := 2.40 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$	Peso específico del concreto.
$\gamma_{\text{suelo}} := 1.80 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$	Peso específico del suelo.
$\sigma_{adm} := 22.5 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$	Esfuerzo admisible del suelo (capacidad portante).
$\sigma_{adm} = 2.25 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Esfuerzo admisible del suelo (capacidad portante).
$K := 4.5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^3}$	Coefficiente de Winkler.

2. Cargas. (Eje B-B / Eje 3-3)

E Joint Reactions								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Joint Reactions								
Filter: ([Label] = '10') AND ([Output Case] = 'Dead' OR [Output Case] = 'Live' OR [Output Case] = 'SMC_X' OR [Output Case] = 'SMC_Y' OR [Output Case] = 'SMC_Z')								
	Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m
▶	Base	10	492	Dead	LinStatic	89.6273	-0.0075	0.0193
	Base	10	492	Super Dead	LinStatic	29.6976	-0.0026	0.0033
	Base	10	492	Live	LinStatic	23.1304	-0.0019	0.0052
	Base	10	492	SMC_X	LinRespSpec	60.7254	21.0609	66.3895
	Base	10	492	SMC_Y	LinRespSpec	18.3359	66.7664	19.9274



$$P_{CM} := 89.6373 \text{ tonnef} + 29.6976 \text{ tonnef} = 119.33 \text{ tonnef} \quad \text{Carga puntual muerta.}$$

$$P_{CV} := 23.1304 \text{ tonnef} \quad \text{Carga puntual viva.}$$

$$P_{SX} := 60.7254 \text{ tonnef} \quad \text{Carga puntual de sismo en X.}$$

$$P_{SY} := 18.3359 \text{ tonnef} \quad \text{Carga puntual de sismo en Y.}$$

$$M_{X_{CM}} := 0.0075 \text{ tonnef} \cdot m + 0.0026 \text{ tonnef} \cdot m = 0.01 \text{ tonnef} \cdot m \quad \text{Momento alrededor del eje X debido a la carga muerta.}$$

$$M_{Y_{CM}} := 0.0193 \text{ tonnef} \cdot m + 0.0033 \text{ tonnef} \cdot m = 0.02 \text{ tonnef} \cdot m \quad \text{Momento alrededor del eje Y debido a la carga muerta.}$$



$M_{X_{CV}} := 0.0019 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$	Momento alrededor del eje X debido a la carga viva.
$M_{Y_{CV}} := 0.0052 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$	Momento alrededor del eje Y debido a la carga viva.
$M_{X_{SX}} := 21.0609 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$	Momento alrededor del eje X debido al sismo en X.
$M_{Y_{SX}} := 66.3895 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$	Momento alrededor del eje Y debido al sismo en X.
$M_{X_{SY}} := 66.7664 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$	Momento alrededor del eje X debido al sismo en Y.
$M_{Y_{SY}} := 19.9274 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$	Momento alrededor del eje Y debido al sismo en Y.

3. Fórmulas previas.

$A := B \cdot T = 12.25 \text{ m}^2$	Área de la zapata.
$h_r := D_f - h_z = 1.8 \text{ m}$	Altura del relleno.
$h_p := h_r + h_{pt} = 1.9 \text{ m}$	Altura del pedestal.
$P_{sc} := (A - b \cdot t) \cdot S_c = 4.64 \text{ tonnef}$	Peso de la sobrecarga.
$P_{pt} := (A - b \cdot t) \cdot h_{pt} \cdot \gamma_{concreto} = 2.79 \text{ tonnef}$	Peso del piso terminado.
$P_r := (A - b \cdot t) \cdot h_r \cdot \gamma_{suelo} = 37.62 \text{ tonnef}$	Peso del relleno.
$P_p := b \cdot t \cdot h_p \cdot \gamma_{concreto} = 2.92 \text{ tonnef}$	Peso del pedestal.
$P_z := B \cdot T \cdot h_z \cdot \gamma_{concreto} = 20.58 \text{ tonnef}$	Peso de la zapata.
$c_x := \frac{B}{2} = 1.75 \text{ m}$	Distancia de la fibra máxima en compresión al eje neutro en X.
$c_y := \frac{T}{2} = 1.75 \text{ m}$	Distancia de la fibra máxima en compresión al eje neutro en Y.
$I_x := B \cdot \frac{T^3}{12} = 12.51 \text{ m}^4$	Momento de inercia alrededor del eje X.
$I_y := T \cdot \frac{B^3}{12} = 12.51 \text{ m}^4$	Momento de inercia alrededor del eje Y.



4. Combinaciones de servicio.

$$P_1 := P_{CM} + P_{CV} + P_{sc} + P_{pt} + P_r + P_p + P_z = 211.01 \text{ tonnef}$$

$$P_2 := P_{CM} + P_{CV} + 0.80 P_{SX} + P_{sc} + P_{pt} + P_r + P_p + P_z = 259.59 \text{ tonnef}$$

$$P_3 := P_{CM} + P_{CV} - 0.80 P_{SX} + P_{sc} + P_{pt} + P_r + P_p + P_z = 162.43 \text{ tonnef}$$

$$P_4 := P_{CM} + P_{CV} + 0.80 P_{SY} + P_{sc} + P_{pt} + P_r + P_p + P_z = 225.68 \text{ tonnef}$$

$$P_5 := P_{CM} + P_{CV} - 0.80 P_{SY} + P_{sc} + P_{pt} + P_r + P_p + P_z = 196.34 \text{ tonnef}$$

$$M_{x1} := M_{X_{CM}} + M_{X_{CV}} = 0.01 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{x2} := M_{X_{CM}} + M_{X_{CV}} + 0.8 M_{X_{SX}} = 16.86 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{x3} := M_{X_{CM}} + M_{X_{CV}} - 0.8 M_{X_{SX}} = -16.84 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{x4} := M_{X_{CM}} + M_{X_{CV}} + 0.8 M_{X_{SY}} = 53.43 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{x5} := M_{X_{CM}} + M_{X_{CV}} - 0.8 M_{X_{SY}} = -53.4 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{y1} := M_{Y_{CM}} + M_{Y_{CV}} = 0.03 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{y2} := M_{Y_{CM}} + M_{Y_{CV}} + 0.8 M_{Y_{SX}} = 53.14 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{y3} := M_{Y_{CM}} + M_{Y_{CV}} - 0.8 M_{Y_{SX}} = -53.08 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{y4} := M_{Y_{CM}} + M_{Y_{CV}} + 0.8 M_{Y_{SY}} = 15.97 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{y5} := M_{Y_{CM}} + M_{Y_{CV}} - 0.8 M_{Y_{SY}} = -15.91 \text{ tonnef} \cdot m$$



5. Verificación de presiones en la dirección X.

$$1.3 \cdot \sigma_{adm} = 29.25 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{1max} := \frac{P_1}{A} + \frac{M_{y1} \cdot cx}{I_y} = 17.23 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{1max} \leq \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{1min} := \frac{P_1}{A} - \frac{M_{y1} \cdot cx}{I_y} = 17.22 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{1min} \leq \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{2max} := \frac{P_2}{A} + \frac{M_{y2} \cdot cx}{I_y} = 28.63 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{2max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{2min} := \frac{P_2}{A} - \frac{M_{y2} \cdot cx}{I_y} = 13.75 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{2min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{3max} := \frac{P_3}{A} + \frac{M_{y3} \cdot cx}{I_y} = 5.83 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{3max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{3min} := \frac{P_3}{A} - \frac{M_{y3} \cdot cx}{I_y} = 20.69 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{3min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{4max} := \frac{P_4}{A} + \frac{M_{y4} \cdot cx}{I_y} = 20.66 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{4max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{4min} := \frac{P_4}{A} - \frac{M_{y4} \cdot cx}{I_y} = 16.19 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{4min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{5max} := \frac{P_5}{A} + \frac{M_{y5} \cdot cx}{I_y} = 13.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{5max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{5min} := \frac{P_5}{A} - \frac{M_{y5} \cdot cx}{I_y} = 18.25 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{5min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

6. Verificación de presiones en la dirección Y.

$$1.3 \cdot \sigma_{adm} = 29.25 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{1max} := \frac{P_1}{A} + \frac{M_{x1} \cdot cy}{I_x} = 17.23 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{1max} \leq \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{1min} := \frac{P_1}{A} - \frac{M_{x1} \cdot cy}{I_x} = 17.22 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{1min} \leq \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{2max} := \frac{P_2}{A} + \frac{M_{x2} \cdot cy}{I_x} = 23.55 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{2max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{2min} := \frac{P_2}{A} - \frac{M_{x2} \cdot cy}{I_x} = 18.83 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{2min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{3max} := \frac{P_3}{A} + \frac{M_{x3} \cdot cy}{I_x} = 10.9 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{3max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{3min} := \frac{P_3}{A} - \frac{M_{x3} \cdot cy}{I_x} = 15.62 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{3min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{4max} := \frac{P_4}{A} + \frac{M_{x4} \cdot cy}{I_x} = 25.9 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{4max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{4min} := \frac{P_4}{A} - \frac{M_{x4} \cdot cy}{I_x} = 10.95 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{4min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{5max} := \frac{P_5}{A} + \frac{M_{x5} \cdot cy}{I_x} = 8.55 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{5max} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"

$$\sigma_{5min} := \frac{P_5}{A} - \frac{M_{x5} \cdot cy}{I_x} = 23.5 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

if ($\sigma_{5min} \leq 1.3 \cdot \sigma_{adm}$, "Cumple", "No Cumple") = "Cumple"



7. Combinaciones de resistencia última.

$$P_{u1} := 1.4 P_{CM} + 1.7 P_{CV} = 206.39 \text{ tonnef}$$

$$P_{u2} := 1.25 P_{CM} + 1.25 P_{CV} + P_{SX} = 238.81 \text{ tonnef}$$

$$P_{u3} := 1.25 P_{CM} + 1.25 P_{CV} - P_{SX} = 117.36 \text{ tonnef}$$

$$P_{u4} := 1.25 P_{CM} + 1.25 P_{CV} + P_{SY} = 196.42 \text{ tonnef}$$

$$P_{u5} := 1.25 P_{CM} + 1.25 P_{CV} - P_{SY} = 159.75 \text{ tonnef}$$

$$M_{xu1} := 1.4 M_{X_{CM}} + 1.7 M_{X_{CV}} = 0.02 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{xu2} := 1.25 M_{X_{CM}} + 1.25 M_{X_{CV}} + M_{X_{SX}} = 21.08 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{xu3} := 1.25 M_{X_{CM}} + 1.25 M_{X_{CV}} - M_{X_{SX}} = -21.05 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{xu4} := 1.25 M_{X_{CM}} + 1.25 M_{X_{CV}} + M_{X_{SY}} = 66.78 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{xu5} := 1.25 M_{X_{CM}} + 1.25 M_{X_{CV}} - M_{X_{SY}} = -66.75 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{yu1} := 1.4 M_{Y_{CM}} + 1.7 M_{Y_{CV}} = 0.04 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{yu2} := 1.25 M_{Y_{CM}} + 1.25 M_{Y_{CV}} + M_{Y_{SX}} = 66.42 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{yu3} := 1.25 M_{Y_{CM}} + 1.25 M_{Y_{CV}} - M_{Y_{SX}} = -66.35 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{yu4} := 1.25 M_{Y_{CM}} + 1.25 M_{Y_{CV}} + M_{Y_{SY}} = 19.96 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{yu5} := 1.25 M_{Y_{CM}} + 1.25 M_{Y_{CV}} - M_{Y_{SY}} = -19.89 \text{ tonnef} \cdot m$$



8. Presiones últimas en la dirección en X.

$$\sigma_{u1max} := \frac{P_{u1}}{A} + \frac{M_{yu1} \cdot cx}{I_y} = 16.85 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u1min} := \frac{P_{u1}}{A} - \frac{M_{yu1} \cdot cx}{I_y} = 16.84 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u2max} := \frac{P_{u2}}{A} + \frac{M_{yu2} \cdot cx}{I_y} = 28.79 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u2min} := \frac{P_{u2}}{A} - \frac{M_{yu2} \cdot cx}{I_y} = 10.2 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u3max} := \frac{P_{u3}}{A} + \frac{M_{yu3} \cdot cx}{I_y} = 0.29 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u3min} := \frac{P_{u3}}{A} - \frac{M_{yu3} \cdot cx}{I_y} = 18.87 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u4max} := \frac{P_{u4}}{A} + \frac{M_{yu4} \cdot cx}{I_y} = 18.83 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u4min} := \frac{P_{u4}}{A} - \frac{M_{yu4} \cdot cx}{I_y} = 13.24 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u5max} := \frac{P_{u5}}{A} + \frac{M_{yu5} \cdot cx}{I_y} = 10.26 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u5min} := \frac{P_{u5}}{A} - \frac{M_{yu5} \cdot cx}{I_y} = 15.82 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{umax_x} := \max(\sigma_{u1max}, \sigma_{u2max}, \sigma_{u3max}, \sigma_{u4max}, \sigma_{u5max}) = 28.79 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{umin_x} := \min(\sigma_{u1min}, \sigma_{u2min}, \sigma_{u3min}, \sigma_{u4min}, \sigma_{u5min}) = 10.2 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$



9. Presiones últimas en la dirección en Y.

$$\sigma_{u1max} := \frac{P_{u1}}{A} + \frac{M_{xu1} \cdot cy}{I_x} = 16.85 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u1min} := \frac{P_{u1}}{A} - \frac{M_{xu1} \cdot cy}{I_x} = 16.85 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u2max} := \frac{P_{u2}}{A} + \frac{M_{xu2} \cdot cy}{I_x} = 22.44 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u2min} := \frac{P_{u2}}{A} - \frac{M_{xu2} \cdot cy}{I_x} = 16.55 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u3max} := \frac{P_{u3}}{A} + \frac{M_{xu3} \cdot cy}{I_x} = 6.63 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u3min} := \frac{P_{u3}}{A} - \frac{M_{xu3} \cdot cy}{I_x} = 12.53 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u4max} := \frac{P_{u4}}{A} + \frac{M_{xu4} \cdot cy}{I_x} = 25.38 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u4min} := \frac{P_{u4}}{A} - \frac{M_{xu4} \cdot cy}{I_x} = 6.69 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u5max} := \frac{P_{u5}}{A} + \frac{M_{xu5} \cdot cy}{I_x} = 3.7 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{u5min} := \frac{P_{u5}}{A} - \frac{M_{xu5} \cdot cy}{I_x} = 22.38 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{umax_y} := \max(\sigma_{u1max}, \sigma_{u2max}, \sigma_{u3max}, \sigma_{u4max}, \sigma_{u5max}) = 25.38 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$\sigma_{umin_y} := \min(\sigma_{u1min}, \sigma_{u2min}, \sigma_{u3min}, \sigma_{u4min}, \sigma_{u5min}) = 6.69 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

10. Diseño por flexión en la dirección X.

$$\sigma_m := \left(\frac{B+b}{2B} \right) \cdot (\sigma_{umax_x} - \sigma_{umin_x}) + \sigma_{umin_x} = 21.62 \frac{\text{tonnef}}{m^2}$$

$$F := \left(\frac{\sigma_{umax_x} + \sigma_m}{2} \right) \cdot \left(\frac{B-b}{2} \right) \cdot T = 119.09 \text{ tonnef}$$

$$x := \left(\frac{2 \cdot \sigma_{umax_x} + \sigma_m}{\sigma_{umax_x} + \sigma_m} \right) \cdot \left(\frac{B-b}{6} \right) = 0.71 \text{ m}$$

$$M_{u_x} := F \cdot x = 84.2 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_u := \sigma_{ulmax} \cdot (B-b)^2 \cdot \frac{T}{8} = 53.74 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$rec := 7.5 \text{ cm}$$

$$d_b := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$d := h_z - rec - \frac{d_b}{2} = 0.615 \text{ m}$$

$$A_{s_x} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot T \cdot d}{f_y} - \sqrt{\frac{1.7 \cdot f_c \cdot T}{f_y^2} \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f_c \cdot T \cdot d^2}{2} - \frac{M_{u_x}}{\phi f} \right)}$$

$$A_{s_x} = 36.74 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot T \cdot h_z = 44.1 \text{ cm}^2 \quad \text{En una cara}$$

$$A_{smin2} := 0.0012 \cdot T \cdot h_z = 29.4 \text{ cm}^2 \quad \text{En dos caras}$$

$$A_{sb} := \begin{cases} \text{if } d_b = \frac{1}{4} \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 0.317 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{if } d_b = \frac{3}{8} \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 0.71 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{if } d_b = \frac{1}{2} \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 1.29 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{if } d_b = \frac{5}{8} \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 1.99 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{if } d_b = \frac{3}{4} \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 2.84 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{if } d_b = \frac{7}{8} \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 3.87 \text{ cm}^2 \right. \\ \text{if } d_b = 1 \text{ in} \\ \left\| A_{sb} \leftarrow 5.10 \text{ cm}^2 \right. \end{cases}$$

$$A_{sb} = 2.84 \text{ cm}^2$$

Área de acero de la barra.

Espaciamiento del acero:

$$s := \frac{A_{sb}}{\max(A_{s_x}, A_{smin})} \cdot T = 0.23 \text{ m}$$

Acero: 3/4" @ 0.20m

11. Diseño por flexión en la dirección Y.

$$\sigma_n := \left(\frac{T+t}{2T} \right) \cdot (\sigma_{umax_y} - \sigma_{umin_y}) + \sigma_{umin_y} = 18.17 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$F := \left(\frac{\sigma_{umax_y} + \sigma_n}{2} \right) \cdot \left(\frac{T-t}{2} \right) \cdot B = 102.89 \text{ tonnef}$$

$$y := \left(\frac{2 \cdot \sigma_{umax_y} + \sigma_m}{\sigma_{umax_y} + \sigma_m} \right) \cdot \left(\frac{T-t}{6} \right) = 0.69 \text{ m}$$

$$M_{u_y} := F \cdot y = 71.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$rec := 7.5 \text{ cm}$$

$$d_b := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$d := h_z - rec - \frac{d_b}{2} = 0.615 \text{ m}$$

$$A_{s_y} := \frac{0.85 \cdot f_c \cdot B \cdot d}{f_y} - \sqrt{\frac{1.7 \cdot f_c \cdot B}{f_y^2} \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f_c \cdot B \cdot d^2}{2} - \frac{M_{u_y}}{\phi f} \right)}$$

$$A_{s_y} = 31.04 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} := 0.0018 \cdot T \cdot h_z = 44.1 \text{ cm}^2 \quad \text{En una cara}$$

$$A_{smin2} := 0.0012 \cdot T \cdot h_z = 29.4 \text{ cm}^2 \quad \text{En dos caras}$$

$$A_{sb} = 2.84 \text{ cm}^2$$

Área de acero de la barra.

Espaciamiento del acero:

$$s := \frac{A_{sb}}{\max(A_{s_y}, A_{smin})} \cdot T = 0.23 \text{ m}$$

Acero: 3/4" @ 0.20m

$$A_{sb} := \begin{cases} \text{if } d_b = \frac{1}{4} \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 0.317 \text{ cm}^2 \\ \text{if } d_b = \frac{3}{8} \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 0.71 \text{ cm}^2 \\ \text{if } d_b = \frac{1}{2} \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 1.29 \text{ cm}^2 \\ \text{if } d_b = \frac{5}{8} \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 1.99 \text{ cm}^2 \\ \text{if } d_b = \frac{3}{4} \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 2.84 \text{ cm}^2 \\ \text{if } d_b = \frac{7}{8} \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 3.87 \text{ cm}^2 \\ \text{if } d_b = 1 \text{ in} \\ \parallel A_{sb} \leftarrow 5.10 \text{ cm}^2 \end{cases}$$



12. Diseño por cortante en la dirección en X.

$$\sigma_u := \max(\sigma_{u2max}, \sigma_{u2min}) = 22.44 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$V_{u_x} := \left(\frac{B-b}{2} - d\right) \cdot T \cdot \sigma_u = 57.7 \text{ tonnef}$$

$$\phi V_u := 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot T \cdot d = 162.39 \text{ tonnef}$$

13. Diseño por cortante en la dirección en Y.

$$\sigma_u := \max(\sigma_{u4max}, \sigma_{u4min}) = 25.38 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$V_{u_y} := \left(\frac{T-t}{2} - d\right) \cdot B \cdot \sigma_u = 65.25 \text{ tonnef}$$

$$\phi V_u := 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot B \cdot d = 162.39 \text{ tonnef}$$

14. Diseño por cortante en dos direcciones (punzonamiento)

$$\sigma_u = 25.38 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$b_o := 2 \cdot (b+d) + 2 \cdot (t+d) = 5.66 \text{ m}$$

$$A_o := (b+d) \cdot (t+d) = 2 \text{ m}^2$$

$$V_u := (A - A_o) \cdot \sigma_u = 260.05 \text{ tonnef}$$

$$\alpha := 40$$

$$\beta := \frac{t}{b} = 1$$

$$\phi V_{u_1} := 0.85 \cdot 0.53 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot b_o \cdot d = 788.08 \text{ tonnef}$$

if ($\phi V_{u_1} > V_u$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"



$$\phi V_{u_2} := 0.85 \cdot 0.27 \cdot \left(\alpha \cdot \frac{d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{kgf}{cm^2}} \cdot b_o \cdot d = 849.54 \text{ tonnef}$$

if ($\phi V_{u_2} > Vu$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

$$\phi V_{u_3} := 0.85 \cdot 1.06 \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{kgf}{cm^2}} \cdot b_o \cdot d = 525.38 \text{ tonnef}$$

if ($\phi V_{u_3} > Vu$, "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Anexo 8. Solicitud de proyecto de arquitectura.

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Tacna, 03 de enero del 2022

CARTA N°001-2022-DMCP

Señor

Arq. Fernando Alonso Bardales Silva

Gerente General B & O CONSTRUCTORA Y ARQUITECTURA E.I.R.L.

C.H. A. UGARTE II ET MZA. K2 LOTE. 29 CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA-TACNA
CIUDAD.

ASUNTO : SOLICITO PROYECTO DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDA

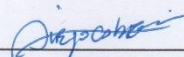
De mi mayor consideración y estima:

Me es grato dirigirme a usted para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo comentarle que estoy desarrollando un proyecto de tesis en la Universidad César Vallejo en la línea de investigación diseño sísmico y estructural, por lo que solicito a usted me pueda proporcionar los planos de arquitectura de un proyecto de vivienda multifamiliar para el desarrollo de mi investigación, con un área no menor a 300 m².

Agradecido por la atención brindada, estaré a la espera de su respuesta.

Sin otro en particular, reitero a usted los sentimientos de mi mayor consideración,

Atentamente,


DIEGO MANUEL CALDERON PASCO
TESISTA UCV
DNI 41848360


B & O CONSTRUCTORA Y ARQUITECTURA E.I.R.L.
RUC: 20605495479

ARQ. FERNANDO ALONSO BARDALES SILVA
GERENTE GENERAL

Adjunto:
DOCUMENTO NACIONAL DE IDENTIDAD

Celular: 945534795
Email institucional: dcalderonpa12@ucvvirtual.edu.pe
Email personal: dmcalderonp@gmail.com

Pccolicho
03/01/2022

Anexo 9. Respuesta de aceptación a solicitud del proyecto.



B & O CONSTRUCTORA Y ARQUITECTURA EIRL
RUC 20605495479
C. H. ALFONSO UGARTE II ETAPA MZ. K2 LOTE 29
DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA
TACNA

Tacna, 06 de enero del 2022

CARTA N°003-2022-B&OCYA - TACNA

Señor

DIEGO MANUEL CALDERON PASCO

Tesista de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

CIUDAD.-

REFERENCIA: CARTA N°001-2022-DMCP

ASUNTO : Proyecto de Edificación de Vivienda para Tesis

Estimado Sr. Diego,

Es grato dirigirme a usted para enviarle un cordial saludo y en virtud al documento de la referencia; hacerle llegar nuestra aceptación en colaborar con su proyecto de tesis, facilitándole un anteproyecto de arquitectura para un edificio multifamiliar de siete niveles, por lo que se le solicita sírvase comunicarse con nosotros para realizar las coordinaciones necesarias.

Sin más que agregar, garantizo mi compromiso con usted.

Atentamente,

B & O CONSTRUCTORA Y ARQUITECTURA E.I.R.L.
RUC 20605495479

ARQ. FERNANDO ALONSO BARDALLES SILVA
GERENTE GENERAL

Arq. Fernando Alonso Bardales Silva
Gerente General
B & O CONSTRUCTORA Y ARQUITECTURA

C.c. Archivo
F.A.B.S/

Anexo 10. Estudio de mecánica de suelos.



INFORME TECNICO

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CAPACIDAD PORTANTE CLASIFICACION E IDENTIFICACION.

TESIS

“DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA – U.C.V”

SOLICITANTE

DIEGO MANUEL CALDERON PASCO

UBICACIÓN

CERCADO DE TACNA – REGION TACNA.



Jonathan F. Salazar Huanchi
Jonathan F. Salazar Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383

FECHA

TACNA, MARZO DEL 2022



Asociación las buganvillas manzana "M" – lote: 07- Coronel Gregorio Albarracín - Tacna joseluisilva@outlook.es - joseluisilva@outlook.es
celular: #983 372588 RUC. 20603133278 - TACNA - PERU

GRÁFICO MAPA DE ZONA SISMICIDAD



Fuente: norma sismo-Resistente E-030

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la tabla N° 1 este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONIFICACION: El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad según como lo muestra la tabla siguiente:

Tabla 01: Factores de la zona

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

El are de estudio se encuentra ubicada en la zona 4(Z=0.45)

[Firma]
 Jonathan E. Beluarte Huanachi
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 198383

CONDICIONES GEOTECNICAS: El tipo de suelo se clasifica tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte:

Cuadro N° 0: Tipo de perfiles de suelos

PERFIL	TIPO DE PERFIL DE SUELOS
S0	Roca Dura
S1	Roca o Suelos muy Rígidos
S2	Suelos Intermedios
S3	Suelos Blandos
S4	suelo excepcionales

Fuente: NTP E.030 Diseño Sismo Resistente

El área de estudio presenta un tipo de suelo intermedio (S₂).

Cuadro N° 1: Clasificación de los perfiles de suelo

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

FUENTE: Diseño Sismo Resistente, Norma E.030

PARAMETROS DE SITIO: Se considera el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de ampliación del suelo S y de los periodos T_p y T_l dados en los cuadros N° 2-3 y cuadro N°4.

Cuadro N° 0-2: Factor de Suelo "S"


SUELOS ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: NTP E.030 Diseño Sismo Resistente

Cuadro N° 0-3: Periodos "T_p" y "T_l"

	S0	S1	S2	S3
TP (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
TL (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: NTP E.030 Diseño Sismo Resistente



Jonathan R. Baluarte Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383





CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U)

Según la Norma de Diseño Sismo Resistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, cada estructura de acuerdo con la categoría y al factor de uso o importancia (u), obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro N° 0-4: Categoría de las edificaciones y factor "U"

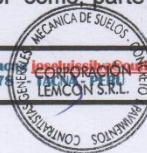
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimiento del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	1.50
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluye las siguientes edificaciones: - Establecimiento de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivo de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del estado	
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimiento penitenciario o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. también se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1.30
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acere peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes	1.00
E Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, castas y otras similares.	Ver nota

Nota: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuada para acciones laterales, a criterios del proyectista

Zona 1.- Comprende la ciudad de Iquitos, y parte del Departamento de Iquitos, parte del Departamento de Ucayali y Madre de Dios; en esta región la sismicidad es baja.

Zona 2.- En esta zona la sismicidad es medía. Comprende el resto de la región de la selva, Puno, Madre de Dios, y parte del Cusco. En esta región los sismos se presentan con mucha frecuencia, pero no son percibidos por las personas en la mayoría de las veces.

Zona 3.- Es la zona de la sierra Comprende toda la Sierra peruana, de Tumbes a Tacna, la sierra norte y central, así como parte de ceja de selva.



Jose Luis Silva
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 198383

Zona 4.- Es la zona de más alta sismicidad. Comprende toda la costa peruana, de Tumbes a Tacna, es la zona más afectada por los fenómenos telúricos. De acuerdo al mapa de Zonificación Sísmica del Perú, la zona de estudio se encuentra ubicada en Tacna, por tanto en la Zona 4, correspondiéndole una Sismicidad alta con intensidad mayor de VII en la escala modificada de Mercalli, los registros históricos dan una aceleración de la gravedad del terreno de hasta 0.45 g; y del desplazamiento continental relacionada a la tectónica de placas, un coeficiente que varía desde 0.10 hasta 0.30. Las Fuerzas sísmicas horizontales cortantes en la base pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismo resistente E-030, del Reglamento Nacional de Edificaciones, según la siguiente relación:

ECUACION N° 1

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

Donde:

V = CORTANTE BASAL

Z = FACTOR DE ZONA

U = FACTOR DE USO

S = FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL SUELO

C = FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

R = COEFICIENTE DE REDUCCIÓN

P = PESO DE LA EDIFICACIÓN

En el mapa de Zonificación Sísmica de la Zona, se observa que el perfil de suelo para la zona de estudio es tipo (**tipo S2**), (**Zona 4**), el cual corresponde a estratos suelos intermedios. Esto es válido para la zona en donde se proyecta emplazar la estructura proyectada. El valor del periodo predominante del suelo es adoptado de la norma E-030 del RNE.

CUADRO I
COEFICIENTES SÍSMICOS

Según la Norma de Diseño Sismo Resistente E-030 del reglamento nacional de edificaciones. se obtuvieron los siguientes resultados:

Tipo de Suelo: Intermedio.



José Luis Silva
Ing. José Luis Silva
INGENIERO CIVIL
C.A.P. N° 198383

TIPO DE SUELO: INTERMEDIO, MEDIANAMENTE FLEXIBLE		
ZONA 4	Z=	0,45
Tipo de perfil del suelo		Suelo Intermedio (S2)
Factor de Uso	U=	1,00
Factor de Ampliación del suelo	S=	1,05
Periodo Predominante Tp	(s)=	0,6
	Tl (s)=	2,0

3.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

3.1 EXPLORACIÓN DE SUELOS

La fase de exploración de suelos en marcado en el firme objetivo de investigar las características físico químicas de la calicata que se ha explorado, las cuales tienen la siguiente secuencia:

Todos los trabajos de campo fueron realizados, por personal Técnico a cargo del Especialista y el Técnico de laboratorio de mecánica de suelos, se programaron de tal manera que toda el área e investigación fuera cubierta.

Así, se excavo **Una (01) Calicata** a cielo abierto, la cual se profundizo hasta un máximo de **3.00 m**.

Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de tipo de suelos para la Cimentación considerando un perfil en diagonal que cubra la mayor parte del área estudiada.

3.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Esta fase tuvo como objetivo reconocer el terreno en el cual se establecería el estudio, asimismo el grado de dificultad y los inconvenientes posibles en la ejecución de la fase de campo, periodo en el cual se trabajó a tiempo completo para conseguir los fines del estudio.


Jonathan E. Salazar Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383



En una primera apreciación de esta salida se pudo observar que en área de estudio es un terreno vacío no existe construcción dentro de la zona de estudio.

Asimismo, como parte de esta fase se realizó la recolección de muestras para su posterior análisis de laboratorio y analizar el comportamiento físico del suelo.

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis. Previamente se identificaron los suelos, mediante procedimientos manuales de campo, tales como la dilatancia (reacción de agitación), la resistencia en estado seco (característica de rompimiento). También se extrajeron muestras representativas para los ensayos especiales, para los ensayos Químicos de Laboratorios.

Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos. No se encontró presencia de la Napa Freática.

3.3 FASE DE CAMPO (MUESTREO)

La presente etapa es una de las más importantes, pues incluye la apreciación visual de las características del suelo, y el muestreo del terreno, sea en forma alterada o inalterada; dichas muestras serán luego sometidas a pruebas en laboratorio, para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

Se realizó 01 calicata a cielo abierto.

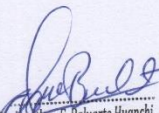
CUADRO DE CALICATA

Calicata	Prof. (m)	NIVEL FREÁTICO
CALICATA 01	0.0 – 3.00	NO SE ENCONTRO

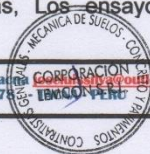
4.0 INVESTIGACIONES EN LABORATORIO

4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron ensayos en el campo (in situ) y en laboratorio solicitados, siguiendo los procedimientos de las normas establecidas en el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (2016) según las normas establecidas, Los ensayos que se realizaron fueron los siguientes:



Jonathan E. Baluarte Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383



NORMAS APLICADAS EN LOS ENSAYOS DE SUELOS

ENSAYO	USO	NORMA APLICABLE			PROPÓSITO
		NTP	ASTM	NORMA AASHTO	DEL ENSAYO
Perfil Estratigráfico	Clasificación	NTP 339.134	D 2488		Descripción de los diferentes estratos que se constituyen el suelo
Contenido de Humedad	Clasificación	NTP 339.127	D - 2216	T - 265	Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados.
Densidad In-situ mediante el cono de arena	Clasificación	NTP 339.143	D-1556	E-117	Determinar la densidad In-situ natural de suelos.
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	NTP 339.128	D - 422	T - 27, 7 - 88	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite Líquido	Clasificación	NTP 339.129	D - 4318	T - 90	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Límite Plástico	Clasificación	NTP 339.129	D - 4318	T - 89	Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo.
Índice Plástico	Clasificación	NTP 339.129	D - 4318	-	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Clasificación de Suelos SUCS	Clasificación	NTP 339.134	D- 4287	M 145	Clasificación de suelos según la norma SUCS.
Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación	-	D - 3282	-	Clasificación de suelos según la norma AASHTO.

ENSAYOS QUIMICOS PARA AGREGADOS	
ENSAYOS	NORMAS NTP Y ASTM
Sales Solubles Totales	NTP 33.152 (ASTM D 1889)
Sulfatos	NPT 339.178 (ASTM D 516)
Cloruros	NTP 339.177 (ASTM D 512)
Agua destilada (utilizada)	(ASTM D-1193)

Fuente: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES


Jonathan E. Baltarte Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383



RESUMEN DE PROPIEDADES DE LA CALICATA

Descripción	Calicata N° C-01 – 2do estrato – granular
Densidad Seca (gr/cc)	1.890
Densidad Humedad (gr/cc)	1.901
Humedad Natural (%)	0.81
Límite Líquidos (%)	18.06
Límite Plásticos (%)	N.P.
Indicé Plástico (%)	N.P.
Angulo de Fricción (%)	32.73
Cohesión	0.00
Clasificación SUCS	GP

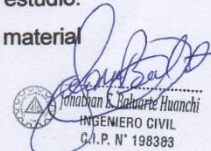
5.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS

CALICATA DE EXPLORACION

Se realizó 01 calicatas a cielo abierto de exploración hasta alcanzar una profundidad de 3.00 metros Calicata C-01), En dicha calicatas se verificó el perfil estratigráfico general del subsuelo predominante en la zona de estudio. Debido a la condición del tipo de suelo de forma general presentó un material con las siguientes características:

CALICATA N° 01:

Se encontró Dos estratos bien definidos: Primer estrato de 0.00 a 2.20 mts. Material de Tierra de chacra, Segundo estrato de 2.20 mts. A 3.00 mts.



Jonathan S. Duarte Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.A.P. N° 198393





conformado por material granular gravas, arena, material fino de nula plasticidad, con una clasificación SUCS conformado por las siglas (GP).

6.0 ANALISIS DE CIMENTACION

6.1 Profundidad de la Cimentación.

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, características de las estructuras a edificar, en la ubicación de la calicata C - 0 1 se recomienda cimentar a partir de una profundidad Df (m)= 2.50 mts. – B (m) = 2.50 mts. con respecto a la superficie del terreno sobre material granular.

6.2 Tipo de Cimentación.

Teniendo en cuenta las características del proyecto y el tipo de suelo, corresponde a un diseño de, Zapatas corridas, Zapatas Aisladas, Vigas de Cimentación, Muros armado con cimientos corridos, apoyados sobre el estrato estrato granular, dependiendo de los niveles a construirse y según lo crea por conveniente el ing estructuralista.

6.3 Cálculo de la capacidad portante.

Para los cálculos de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones de Terzaghi.

Los parámetros utilizados en los cálculos de la cimentación de la estructura proyectada, consistente en cimientos corridos, se tomaron de los ensayos físicos efectuados a la matriz del tercer estrato, gravas, arenas con finos no plásticos, donde se estima se cimentará dicha estructura.

Angulo de Fricción Calicata N° 1 = 32.73° - material granular


Cohesión = 0.00 kg/cm

Para la aplicación de la capacidad portante, se aplica la teoría de Terzaghi para el caso de cimientos corridos.

En donde :

Qult. = Capacidad última de Carga

Qadm = Capacidad de Carga Admisible


Jonathan E. Baltazar Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383

Asociación las buganvillas manzana "M" - lote: 07- Coronel Gregorio Albarracín - Tacna
jose Luis silva@outlook.es celular: #983 372588 RUC. 20603133278



- FS = Factor de Seguridad
- Yd = Peso específico ó Densidad Natural seca (Kg/m³)
- B = Ancho de la Cimentación
- DF = Profundidad de la Cimentación
- Nc, Nq, Ny = Factores de Capacidad de carga

• **FORMULA DE KARL TERZAGHI**

- **Cimientos corridos (continuos o infinitos)**

$$qu = c Nc + q Nq + \frac{1}{2} B \gamma Ny$$

- **Cimientos con forma**

$$qu = 1.3c Nc + q Nq + 0.4 \gamma B Ny$$

$$qu = 1.3c Nc + q Nq + 0.6 \gamma B Ny$$

Cuadro N° 0-1 Factores de Corrección por Forma de Terzaghi

FACTOR	CORRIDO	CUADRADO	CIRCULAR
Sc	1,0	1,3	1,3
Sq	1,0	1,0	1,0
Sy	1,0	0,8	0,6

Fuente: Diseño de Cimentaciones Dr. Jorge Alva Hurtado

a) **Capacidad Portante para suelos granulares. (ver formatos de cálculos)**

Calicata C-1	CAPACIDAD PORTANTE
Estrato granular	(DF = 2.50 ; B= 2.50) = 2.25 Kg/cm ²

6.4 Análisis de Asentamientos

En los términos de referencia se mencionan que el asentamiento diferencial permisible es L/500 para un sistema aporticado, que es el más importante. Para una distorsión angular de 1/500 (0.002) y una luz máxima L de 10.00 m, resulta un asentamiento diferencial máximo de 0.02 m, que a su vez es el asentamiento total máximo tolerable (s).

En los suelos que contienen partículas gruesas medianamente densas, de baja compresibilidad y con la ausencia de nivel freático, donde las sobrepresiones se liberan rápidamente, como en este caso, predomina el asentamiento del tipo

Jorge Alva Hurtado
Jorge Alva Hurtado
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383



CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."

UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.

SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.

ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

DESCRIPCION	UNIDAD	CALICATA
PROFUNDIDAD	MT	3.00 Mts
CLASIFICACION SUCS		Gp
CLASIFICACION AASHTO		A-1-a
DENSIDAD SECA - IN SITU (Dd)	GR/CC	1.890
DENSIDAD MINIMA (Dmin)	GR/CC	1.786
DENSIDAD MAXIMA (Dmax)	GR/CC	1.996
DENSIDAD RELATIVA (Dr)	GR/CC	51.5
ANGULO FRICCION (φ)	°	32.73
COHESION (C)	KG/C2	0.00
DENSIDAD HUMEDA (Dm)	GR/CC	1.901
Nc (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	17.15
Nq (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	9.04
Ny (Factor de Capacidad de Carga)	S/D	13.15

Cimentación	Valores de If (cm/m)		
Cuadrada	Rigida		82
	Flexible	Centro	112
		Esquina	56
Circular	Rigida	Centro	95
		Esquina	88
	Flexible	Centro	100
Rectangular	Rigida	Esquina	64
		Medio	85
	Flexible	Centro	120
[S=>L/B =>2]	Flexible	Esquina	153
		Esquina	77
		Medio	130

Poisson (μ) : 0.35
Módulo de Elasticidad (ton/m²) : 17500

$$S_t = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_c} I_f$$

Tipo de Suelo	MODULO DE ELASTICIDAD		Relación de Poisson
	Lb/pulg ²	MN/m ²	
Arena Suelta	1500-3500	10.35-24.15	0.20-0.40
Arena densa media	2500-4000	17.25-27.60	0.25-0.40
Arena densa	5000-8000	34.50-55.20	0.30-0.45
Arena limosa	1500-2500	10.35-17.25	0.20-0.40
Arena y grava	10000-25000	69.00-172.50	0.15-0.35
Arcilla suave	600-3000	4.1-20.7	
Arcilla Media	3000-6000	20.7-41.4	0.20-0.50
Arcilla Firme	6000-14000	41.4-96.6	

Formula : $S_t = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_c} I_f$

Simbología : S_t = Asentamiento Probable (cm)
μ = Relación de Poisson (-)
E_c = Módulo de Elasticidad (ton/m²)
I_f = Factor de Forma (cm/m)
q = Presión de Trabajo (ton/m²)
B = Ancho de la Cimentación (m)



[Signature]
Jonathan E. Ballarte Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198393



CIMENTACION CORRIDA

TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."

UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.

SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.

ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

$$Q(uilt) = Sc \cdot c \cdot Nc + Sq \cdot q \cdot Nq + 1/2 \cdot Sg \cdot B \cdot Pc \cdot Ng$$

Df (m)	B (m)	Quil.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
				S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
0.60	0.40	15.24	0.51	0.012	0.016	0.008	0.013
0.60	0.50	16.48	0.55	0.017	0.021	0.011	0.018
0.60	0.60	17.72	0.59	0.021	0.027	0.014	0.023
0.80	0.40	18.66	0.62	0.015	0.019	0.010	0.016
0.80	0.50	19.90	0.66	0.020	0.025	0.013	0.022
0.80	0.60	21.14	0.70	0.025	0.032	0.016	0.028
1.00	0.40	22.07	0.74	0.018	0.023	0.011	0.019
1.00	0.50	23.32	0.78	0.023	0.030	0.015	0.025
1.00	0.60	24.56	0.82	0.030	0.038	0.019	0.032
1.20	0.40	25.49	0.85	0.020	0.026	0.013	0.022
1.20	0.50	26.73	0.89	0.027	0.034	0.017	0.029
1.20	0.60	27.98	0.93	0.034	0.043	0.022	0.036
1.40	0.40	28.91	0.96	0.023	0.030	0.015	0.025
1.40	0.50	30.15	1.01	0.030	0.039	0.019	0.033
1.40	0.60	31.39	1.05	0.038	0.048	0.024	0.041
1.60	0.40	32.32	1.08	0.026	0.033	0.017	0.028
1.60	0.50	33.57	1.12	0.034	0.043	0.022	0.036
1.60	0.60	34.81	1.16	0.042	0.053	0.027	0.045

ASENTAMIENTO ADMISIBLE

Tipo de asentamiento	Factor limitativo	Asentamiento máximo
Asentamiento total	Drenaje	6-12 p/g
	Acceso	12-24 p/g
Probabilidad de asentamiento no uniforme	Estructuras con muros de mampostería	1-2 p/g
	Estructuras resilonales	2-4 p/g
	Chimeneas, ejes, placas	3-12 p/g



[Signature]
Guillermo B. Ballearte Huanchi
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 198383

Asociación las bugamillas manzana "M" - lote: 07 - Coronel Gregorio Albarracín - Tacna - jeselussilva@outlook.es -
jeselussilva@outlook.es celular: #983 372585 RUC. 20603133278 - TACNA - PERU

CIMENTACION CUADRADA

TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."

UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.

SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.

ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

$Q(ult.) = 1.3 Sc. + c. Nc + Sq. q. Nq + 0.4 Sg. B. Pe. Ng$

Df (m)	B (m)	Qult.(Tn/m2)	Qadm.(Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
				S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
1.50	1.00	35.59	1.19	0.049	0.067	0.033	0.057
1.50	1.50	40.56	1.35	0.083	0.114	0.057	0.097
1.50	2.00	45.53	1.52	0.125	0.170	0.085	0.145
1.50	2.50	50.50	1.68	0.173	0.236	0.118	0.200
1.50	3.00	55.47	1.85	0.228	0.312	0.156	0.264
2.00	1.00	44.13	1.47	0.060	0.083	0.041	0.070
2.00	1.50	49.11	1.64	0.101	0.138	0.069	0.117
2.00	2.00	54.08	1.80	0.148	0.202	0.101	0.172
2.00	2.50	59.05	1.97	0.202	0.276	0.138	0.234
2.00	3.00	64.02	2.13	0.263	0.360	0.180	0.305
2.50	1.00	52.68	1.76	0.072	0.099	0.049	0.084
2.50	1.50	57.65	1.92	0.119	0.162	0.081	0.137
2.50	2.00	62.62	2.09	0.172	0.234	0.117	0.199
2.50	2.50	67.59	2.25	0.232	0.316	0.158	0.268
2.50	3.00	72.56	2.42	0.298	0.407	0.204	0.346
3.00	1.00	61.22	2.04	0.084	0.115	0.057	0.097
3.00	1.50	66.19	2.21	0.136	0.186	0.093	0.158
3.00	2.00	71.16	2.37	0.195	0.266	0.133	0.226
3.00	2.50	76.13	2.54	0.261	0.356	0.178	0.302
3.00	3.00	81.10	2.70	0.333	0.455	0.228	0.396



Jonathan E. Beltrame Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383



CIMENTACION CIRCULAR

TESIS : DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V.
UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.
SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.
ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.
PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.
FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

$Q_{(ult.)} = 1.3 S_c \cdot c \cdot N_c + S_q \cdot q \cdot N_q + 0.6 S_g \cdot b \cdot P_e \cdot N_g$

Df (m)	B (m)	Q _{ult.} (Tn/m2)	Q _{adm.} (Kg/cm2)	Asentamiento metodo elastico			
				S(cm) Rigida	S(cm) Centro	S(cm) Esquina	S(cm) Medio
1.50	1.00	40.56	1.35	0.05	0.06	0.04	0.05
1.50	1.50	48.02	1.60	0.09	0.10	0.07	0.09
1.50	2.00	55.47	1.85	0.13	0.15	0.10	0.13
1.50	2.50	62.93	2.10	0.19	0.21	0.14	0.18
1.50	3.00	70.39	2.35	0.24	0.28	0.18	0.24
2.00	1.00	49.11	1.64	0.067	0.092	0.046	0.078
2.00	1.50	56.56	1.89	0.116	0.159	0.079	0.136
2.00	2.00	64.02	2.13	0.175	0.240	0.120	0.203
2.00	2.50	71.47	2.38	0.245	0.334	0.167	0.284
2.00	3.00	78.93	2.63	0.325	0.443	0.222	0.376
2.50	1.00	57.65	1.92	0.079	0.108	0.054	0.092
2.50	1.50	65.10	2.17	0.134	0.183	0.091	0.155
2.50	2.00	72.56	2.42	0.199	0.272	0.136	0.230
2.50	2.50	80.02	2.67	0.274	0.374	0.187	0.318
2.50	3.00	87.47	2.92	0.360	0.491	0.246	0.417
3.00	1.00	66.19	2.21	0.091	0.124	0.062	0.105
3.00	1.50	73.65	2.45	0.151	0.207	0.103	0.175
3.00	2.00	81.10	2.70	0.222	0.304	0.152	0.258
3.00	2.50	88.56	2.95	0.303	0.414	0.207	0.352
3.00	3.00	96.02	3.20	0.395	0.539	0.270	0.457




 Ingeniero Civil
 E.P. N° 198383

Asociación las bugamillas manzana "M" - lote: 07 - Coronel Gregorio Albarracín - Tacna | josefussilva@outlook.es -
josefussilva@outlook.es | celular: #983 372588 RUC. 20603133275 - TACNA - PERU



HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIONES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

DISTRITO DE POCOLLAY –DEPARTAMENTO TACNA – PROVINCIA TACNA

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN			
Profesional responsables (PR):	Jonathan E. Baluarte Huanchi	Ing. Civil CIP:	198383
Tipo de cimentación:	Cimientos corridos, zapatas cuadradas		
Estrato de apoyo de la cimentación:	GP		
Profundidad de la Napa Freática:	No Identifica hasta a la profundidad de exploración	Fecha:	Marzo del 2022
Parámetros de diseño de la cimentación			
Profundidad de cimentación:	2.50 m		
Presión admisible (BxL) :	2.35 kg/cm2 (2.50 x 2.50m)		
Factor de seguridad por Corte (estático, Dinámico) :	3.00		
Asentamiento diferencial:	Menor a un asentamiento de 2.54cm lo cual es permitida		
Parámetros Sísmico del suelo (De acuerdo a la Norma E0.30)			
Zona Sísmica:	Zona 4		
Tipo de perfil del Suelo:	Suelos Intermedios (S2)		
Factor del Suelo (S):	1.00		
Periodo TP (s):	0.60		
Periodo TL (s):	2.00		
Agresividad del suelo a la cimentación:	moderada, uso de cemento tipo IP, relación máxima de agua-cemento 0.50 a/c.		
Problemas Especiales de cimentación			
Licuaición:	NO PRESENTA EN EL ÁREA DE ESTUDIO		
Colapso:	NO PRESENTA EN EL ÁREA DE ESTUDIO		
Expansión:	NO PRESENTA EN EL ÁREA DE ESTUDIO		

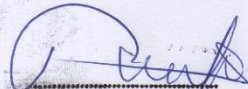
13.0 ANEXOS



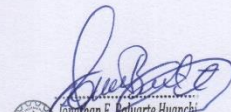
[Firma manuscrita]
Jonathan E. Baluarte Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383

ANEXO N° 01:

ENSAYOS DE LABORATORIO - PANEL FOTOGRAFICO


Roberto Carlos Huanachi Quispe
TCO. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos




Juan Carlos Huanachi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198383

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) NTP 339.127 - ASTM D 2216 - MTC E 108 - 1999

TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."

UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.

SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.

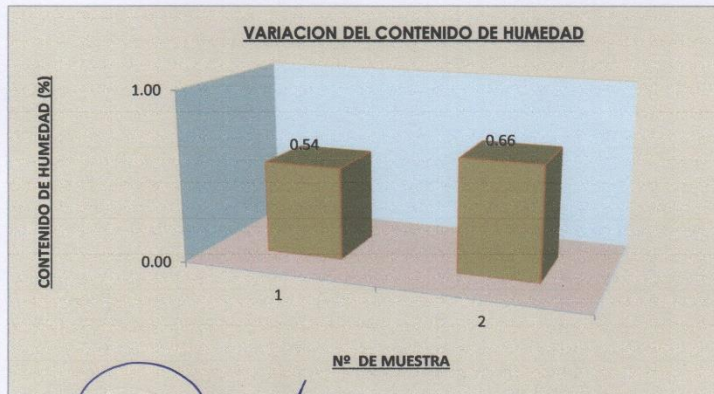
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.

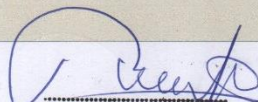
ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

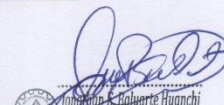
FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

ESTRATO DE 2.20 A 3.00 MTS	CALICATA C-01	
	M - 01	M - 02
CARACTERISTICAS		
RECIPIENTE (Nº)	01	02
1. Peso de recipiente	grs 120.52	135.26
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs 245.15	231.48
3. Peso recipiente + muestra seca	grs 244.48	230.85
4. Peso de agua	cc 0.67	0.63
5. Peso de la muestra seca neta	grs 123.96	95.59
6. Contenido de humedad	% 0.54	0.66
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.60	




Roberto Carlos Hilarachi Quispe
 TCO. LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos




Roberto Carlos Hilarachi Quispe
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 198383

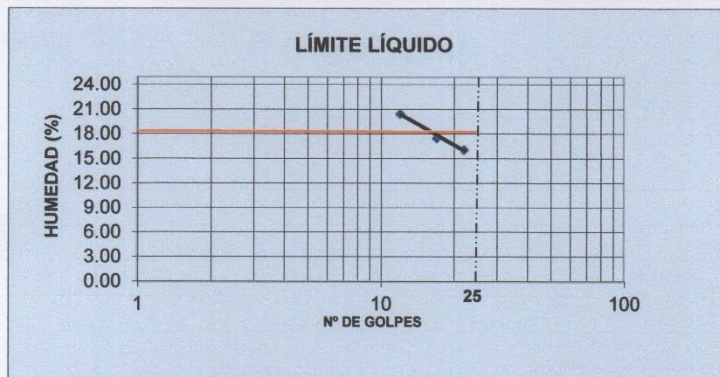


TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."
UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.
SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.
ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.
PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.
FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

**LIMITES DE ATTERBERG
NORMA ASTM D-4318**

Nº DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	12	17	22		
Nº DE TARA	7	2	5	0	0
PESO SUELO HUMEDO + TARA	47.15	49.52	46.23	0	0
PESO SUELO SECO + TARA	40.96	43.63	41.27	0	0
PESO DE TARA	10.8	10.1	10.5	0	0
PESO DEL AGUA	6.19	5.89	4.96	0	0
SUELO SECO	30.2	33.5	30.7	0	0
HUMEDAD %	20.49	17.56	16.14	0.00	0.00

LL: 18.06 LP: N.P IP: N.P



Roberto Carlos Huanachi Quispe
 TCO. LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos Concretos y Pavimentos

Jonathan E. Baluarte Huanachi
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 198383

Asociación las buganvillas manzana "M" - lote: 07- Coronel Gregorio Albarado - Tacna - PERU
 Contacto: joseluisilva@outlook.es celular: #983 372588 RUC: 29603133278 - TACNA - PERU



ENSAYO DE DENSIDAD MINIMA

TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."

UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.

SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.

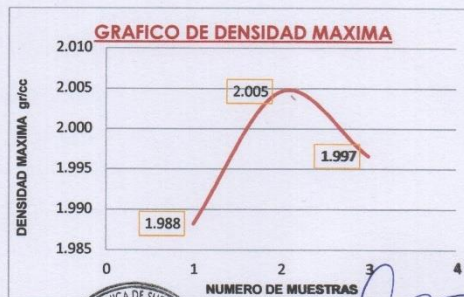
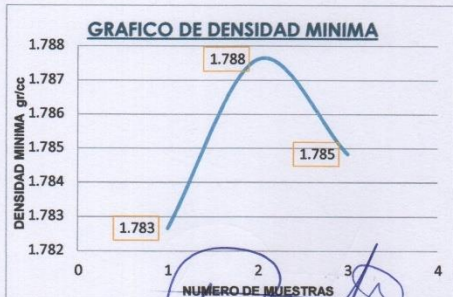
ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

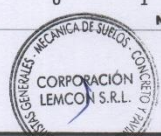
FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

DENSIDAD MINIMA	UND.	CALICATA C-1		
		SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS		
Numero de muestras		M-1	M-2	M-3
Peso del molde	grs	6900.00	6900.00	6900.00
peso del molde + muestra seca	grs	12,658	12,674	12,665
Peso de la Muestra seca neta	grs	5758.00	5774.00	5765.00
volumen del molde	cc	3,230	3,230	3,230
Densidad mínima	gr/cc	1.783	1.788	1.785
Promedio Densidad mínima	gr/cc	1.785		

DENSIDAD MAXIMA	UND.	CALICATA C-1		
		SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS		
Numero de muestras		M-1	M-2	M-3
Peso del molde	grs	6890.00	6890.00	6890.00
peso del molde + muestra seca	grs	13,312	13,365	13,339
Peso de la Muestra seca neta	grs	6422.00	6475.00	6449.00
volumen del molde	cc	3,230	3,230	3,230
Densidad maxima	gr/cc	1.988	2.005	1.997
Promedio Densidad maxima	gr/cc	1.996		



Roberto Carlos Huanchi Quispe
T.C.O. LABORATORISTA
Mecánica de Suelos Concreto y Pavimentos



Roberto E. Balvarín Huanchi
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 198388



TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."
UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.
SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.
ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.
PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.
FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

ENSAYO DE DENSIDAD IN SITU

NORMA ASTM D - 1556 - NTP E - 177

CALICATA C-1		
CARACTERISTICAS		M-1
PROFUNDIDAD (m)		3.00
Peso de la muestra Humeda + Lata	grs	4,021.0
Peso de la lata	grs	195.0
Peso de la muestra humeda neta	grs	3,826.0
Peso de la Arena + frasco	grs	6,695.0
Peso de la Arena q' queda en frasco	grs	2,056.0
Peso de la Arena en el embudo	gr/cc	1,677.0
Peso de la Arena en el hoyo	cc	2,962.0
Densidad de la Arena	gr/cc.	1.472
Volumen del hoyo	cc.	2,012.2
Humedad	(%)	0.60
DENSIDAD HUMEDA	grs/cc	1.901
DENSIDAD SECA	grs/cc	1.890

DENSIDAD RELATIVA

DENSIDAD SECA	grs/cc	1.890
Densidad Máxima	grs/cc	1.996
Densidad Mínima	grs/cc	1.789
Densidad Relativa	%	51.5

GRAFICA DE DENSIDAD IN SITU



Asociación las bugamillas manzana "M" - lote: 07- Coronel Gregorio Albarracín - Tacna joseluisilva@outlook.es -
joseluisilva@outlook.es celular: #983 372588 RUC. 20603133278 - TACNA - PERU

PERFIL ESTRATIGRAFICO CALICATA C-01

TESIS : "DISEÑO SISMICO DE EDIFICACION MULTIFAMILIAR DE SIETE NIVELES APORTICADO CON AISLADORES ELASTOMERICOS EN LA CIUDAD DE TACNA - U.C.V."

UBICACIÓN : CERCADO DE TACNA - REGION TACNA.

SOLICITANTE : DIEGO MANUEL CANDERON PASCO.




MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA C - 01- MATERIAL GRANULAR.

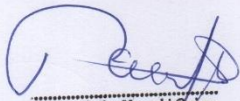
ESTRATO : SEGUNDO ESTRATO DE 2.20 MTS A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

PROFUNDIDAD : 0.00 A 3.00 MTS DE PROFUNDIDAD.

FECHA : TACNA, MARZO DEL 2022.

1.-DESCRIPCION DE LA CALICATA			
PROCEDENCIA:	CERCADO DE TACNA - REGION TACNA	ESTRATO:	E-1 - E-2
UBICACIÓN:	CERCADO DE TACNA - REGION TACNA	PROFUNDIDAD:	3.00
CALICATA:	C-1	NIVEL FREATICO:	NO PRESENTA

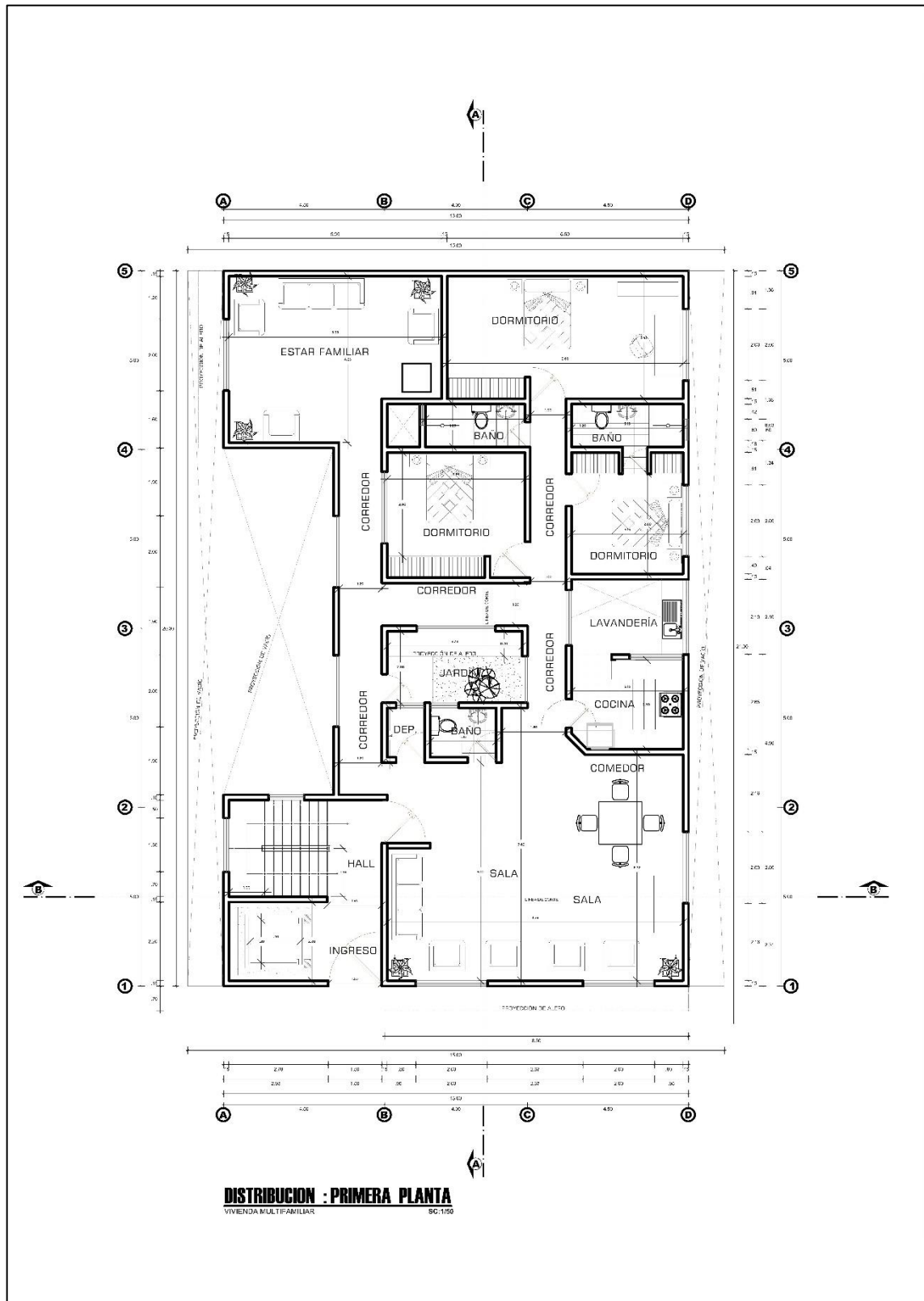
2.-DATOS DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO						
PROFUNDIDAD (Metros)	MUESTRA			CLASIFICACION		FOTOGRAFIA DE LA CALICATA
	N° DE ESTRATO	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	ASHTO	SUCS	
0.00 m	ESTRATO N° 1		material conformado por arena limosa (tierra de chacra) de color café claro con material fino no plastico.	A-3	SM	
1.50 m						
2.20 m	ESTRATO N° 2		Suelo de material granular conformado por gravas, arena con finos, no presenta plasticidad, presenta bolonerías diámetros entre 15 a 40 cm Medianamente compacto, a mayor profundidad mayor es la compactad	A-1-a	GP	
3.00 m						

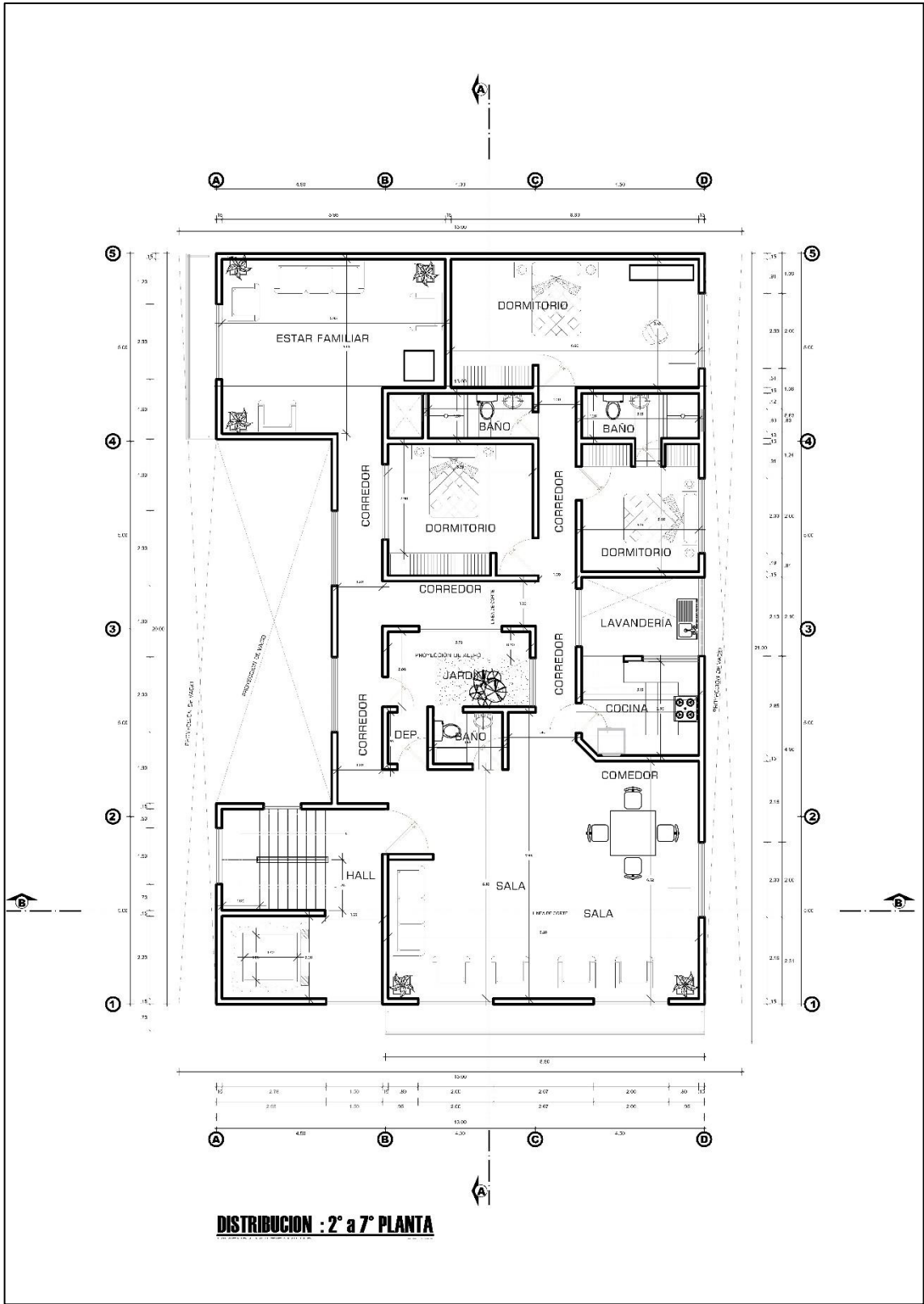

Roberto Carlos Huanachi Quispe
 TCO. LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

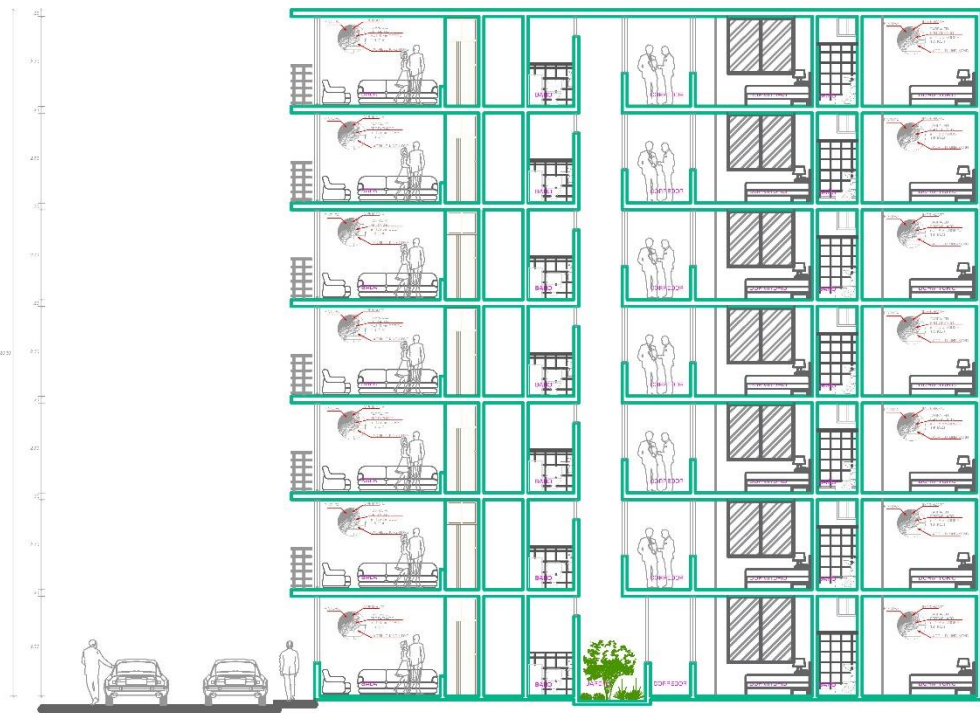

Jonathan E. Bataure Huanachi
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 198383



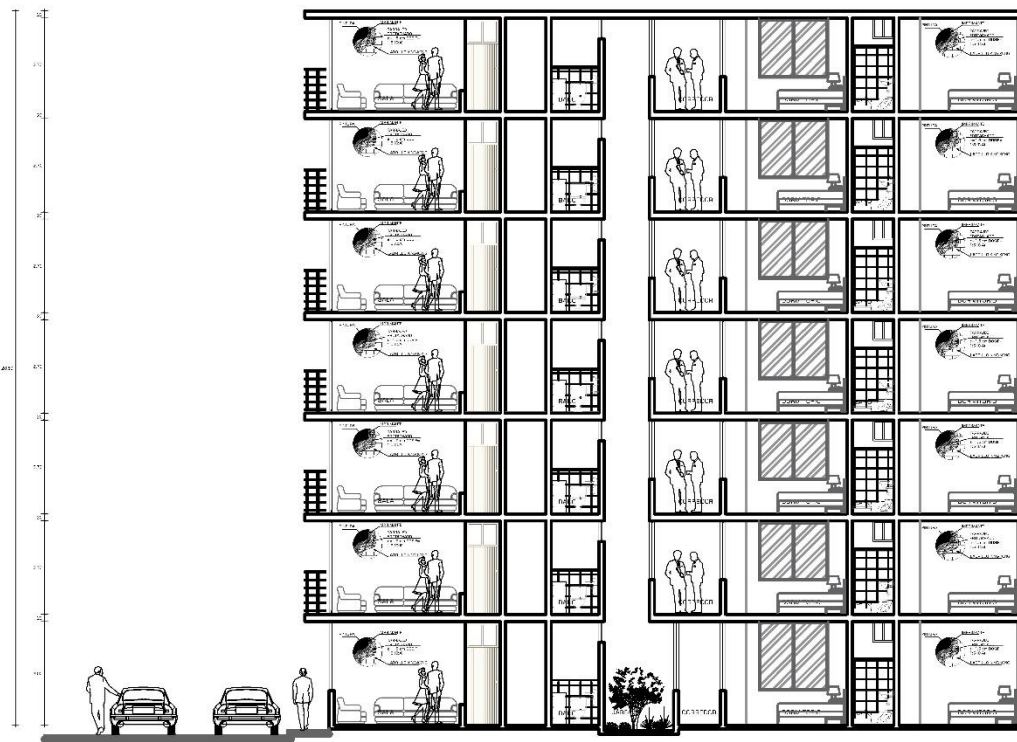
Anexo 11. Planos del proyecto







CORTE LONGITUDINAL : A-A
WIKENSA DULCIPAB LDRR ESC-18V



CORTE LONGITUDINAL : A-A
 VIVIENDA FAMILIAR - ELIA
 ESC: 1/50



ELEVACION PRINCIPAL : FRONTAL
 VIVIENDA MULTIFAMILIAR ESC:1/50