



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con
herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con
bases fijas y aisladas, Lima, 2023**

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

AUTORES:

De Paz Contreras, Jorge Bladimir (orcid.org/0000-0001-6527-3163)

Fernandez Campos, Jordy Mitchel (orcid.org/0000-0002-4400-376X)

ASESORA:

Dra. Arriola Moscoso, Cecilia (orcid.org/0000-0003-2497-294X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

El presente proyecto va dedicado a Dios, por guiarme y brindarme los conocimientos fundamentales para realizar este trabajo. Así también, va dedicado a la asesora del curso, por brindar las pautas y consideraciones necesarias para la realización de dicho documento. Del mismo modo, este va dedicado a mi madre y hermanos por brindarme su apoyo incondicional, siendo así los pilares fundamentales para el logro de mis objetivos y metas.

De Paz Contreras Jorge Bladimir

La presente investigación va dedicada a Dios, por brindarme la sabiduría necesaria para llevar a cabo este trabajo. Así mismo, va dedicado a la asesora del curso, por ser el pilar y guía para llevar a cabo el desarrollo de dicho documento. De la misma manera, este va dedicado a mi familia por brindarme todo su apoyo y afecto para mi formación académica y profesional.

Fernández Campos Jordy Mitchel

Agradecimiento

Nuestro mayor y sincero agradecimiento a Dios, por brindarnos salud, fortaleza y sabiduría en las sendas del aprendizaje. Así también, mención especial a la Dra. Arriola Moscoso Cecilia, por brindarnos las pautas y sugerencias para el proceso de desarrollo del presente proyecto. Además, un agradecimiento importante a la Dra. Margarita Chumbirayco Pizarro y al Ing. Sifuentes Jiménez Armando Israel por ser los guías complementarios aportándonos sus conocimientos para llevar a cabo el presente trabajo. Finalmente, agradecemos a la Universidad César Vallejo por brindarnos la oportunidad de desarrollarnos como profesionales de éxito.

De Paz Contreras Jorge Bladimir
Fernández Campos Jordy Mitchel



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ARRIOLA MOSCOSO CECILIA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023", cuyos autores son FERNANDEZ CAMPOS JORDY MITCHEL, DE PAZ CONTRERAS JORGE BLADIMIR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 30 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARRIOLA MOSCOSO CECILIA DNI: 43851809 ORCID: 0000-0003-2497-294X	Firmado electrónicamente por: CARRIOLAM el 30- 11-2023 20:04:48

Código documento Trilce: TRI - 0674945

Declaratoria de originalidad de los autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, FERNANDEZ CAMPOS JORDY MITCHEL, DE PAZ CONTRERAS JORGE BLADIMIR estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis Completa:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JORDY MITCHEL FERNANDEZ CAMPOS DNI: 70564101 ORCID: 0000-0002-4400-376X	Firmado electrónicamente por: JMFERNANDEZF el 30-11-2023 20:04:41
JORGE BLADIMIR DE PAZ CONTRERAS DNI: 71959657 ORCID: 0000-0001-6527-3163	Firmado electrónicamente por: JBPAZP el 30-11-2023 20:04:54

Código documento Trilce: TRI - 0674944

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad de los autores	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.2 Variables y operacionalización	17
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5 Procedimientos	22
3.6 Método de análisis de datos	23
3.7 Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	62
VI. CONCLUSIONES	68
VII. RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS	72
ANEXOS	79

Índice de tablas

Tabla 1. Análisis estático.....	14
Tabla 2. Análisis dinámico.....	15
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
Tabla 4. Escala del coeficiente Kappa	21
Tabla 5. Resultados del ensayo de corte directo para el cálculo de q_{adm}	28
Tabla 6. Estados de daño y niveles de desempeño sísmico.....	37
Tabla 7. Análisis estático – Peso de la estructura.....	39
Tabla 8. Análisis estático – Cortante basal	40
Tabla 9. Análisis estático – Fuerzas estáticas equivalentes en el eje X.....	42
Tabla 10. Análisis estático – Fuerzas estáticas equivalentes en el eje Y.....	43
Tabla 11. Análisis dinámico – Rigidez de entrepiso dirección X.....	44
Tabla 12. Análisis dinámico – Rigidez de entrepiso dirección Y.....	46
Tabla 13. Análisis dinámico – Modos y periodos de vibración	47
Tabla 14. Análisis dinámico – Masa participativa	49
Tabla 15. Derivas en la dirección X.....	51
Tabla 16. Derivas en la dirección Y.....	52
Tabla 17. Cortantes dinámicos.....	54
Tabla 18. Rangos de notoriedad para la cortante basal en el eje X e Y.....	56
Tabla 19. Valores de notoriedad para la cortante basal	56
Tabla 20. Rangos de notoriedad para las derivas de entrepiso eje X	59
Tabla 21. Valores de notoriedad para las derivas de entrepiso eje X	59
Tabla 22. Rangos de notoriedad para las derivas de entrepiso eje Y	59
Tabla 23. Valores de notoriedad para las derivas de entrepiso eje Y	59
Tabla 24. Rangos de notoriedad para el cortante dinámico en el eje X e Y.....	60
Tabla 25. Valores de notoriedad para el cortante dinámico	61

Índice de figuras

Figura 1. Estructura convencional sin y con aislación basal	12
Figura 2. Comportamiento estructura convencional y con aisladores de base	12
Figura 3. Estructura convencional con aisladores y disipadores sísmicos	13
Figura 4. Mapa Político del Perú	25
Figura 5. Mapa Político del distrito de San Martín de Porres	25
Figura 6. Extensión y ubicación del distrito de San Martín de Porres	25
Figura 7. Ubicación del proyecto	26
Figura 8. Calicata 01	27
Figura 9. Calicata 02	27
Figura 10. Ensayo de corte directo.....	28
Figura 11. Cálculo de la capacidad portante	28
Figura 12. Curvas de fragilidad sísmica	35
Figura 13. Formulación conceptual del análisis pushover	36
Figura 14. Sectorización de la curva de capacidad	38
Figura 15. Modelo 3D de la estructura de 5 niveles	39
Figura 16. Variación del peso de la estructura	39
Figura 17. Análisis estático – Cortante basal eje X	40
Figura 18. Análisis estático – Cortante basal eje Y	40
Figura 19. Cortante basal conforme a los escenarios de estudio.....	41
Figura 20. Fuerzas estáticas equivalentes en la dirección X (ETABS).....	41
Figura 21. Fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel (Eje X)	42
Figura 22. Fuerzas estáticas equivalentes en la dirección Y (ETABS).....	43
Figura 23. Fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel (Eje Y)	43
Figura 24. Rigidez de entrepiso en la dirección X (ETABS)	44
Figura 25. Rigidez de entrepiso en el eje X.....	45
Figura 26. Rigidez de entrepiso en la dirección Y (ETABS)	45
Figura 27. Rigidez de entrepiso en el eje Y.....	46
Figura 28. Modos y periodos de vibración de la estructura	47
Figura 29. Análisis dinámico, periodos de vibración.....	48
Figura 30. Modos de vibración de la estructura.....	48
Figura 31. Masa participativa de las estructuras	50

Figura 32. Modelado de las estructuras (eje X).....	50
Figura 33. Variación de las derivas por nivel (eje X)	51
Figura 34. Modelado de las estructuras (eje Y).....	52
Figura 35. Variación de las derivas por nivel (eje y).....	53
Figura 36. Escenarios de análisis (cortantes dinámicos)	53
Figura 37. Cortantes dinámicos en la dirección X e Y	54

Resumen

Actualmente existe un amplio porcentaje de autoconstrucción e informalidad en las viviendas urbanas, es sumamente notorio identificar la nula existencia de juntas sísmicas, la incorrecta distribución de los elementos estructurales, además de que no se emplean los materiales cualificados para su desarrollo y ejecución. El objetivo del estudio es analizar el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, San Martín de Porres, Lima. La metodología fue del tipo de investigación aplicada, con un enfoque cuantitativo, siendo el diseño cuasi experimental y el nivel de investigación explicativo. La población fueron todas las edificaciones convencionales de 5 niveles con bases fijas y aisladas, y la muestra fue una edificación con sistema estructural dual en ambas direcciones. Se realizaron ensayos de laboratorio con respecto al corte directo, a fin de determinar la capacidad portante de la zona de estudio. Se determinó que las herramientas sísmicas mejoran el comportamiento sísmico de las edificaciones convencionales, al aplicarse un diseño por desempeño a nivel estático y dinámico. Es así como el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas está dentro de los parámetros de demanda sísmica y respuesta estructural.

Palabras clave: Edificaciones convencionales, análisis por desempeño, estático, dinámico y comportamiento sísmico.

Abstract

Currently there is a large percentage of self-construction and informality in urban housing, it is extremely notorious to identify the absence of seismic joints, the incorrect distribution of structural elements, and the fact that qualified materials are not used for their development and execution. The objective of the study is to analyze the seismic behavior by performance with seismic tools in conventional buildings with fixed and isolated foundations, San Martin de Porres, Lima. The methodology was of the applied research type, with a quantitative approach, being the design quasi-experimental and the level of research explanatory. The population was all conventional 5-story buildings with fixed and isolated bases, and the sample was a building with a dual structural system in both directions. Laboratory tests were carried out with respect to direct shear in order to determine the bearing capacity of the study area. It was determined that seismic tools improve the seismic behavior of conventional buildings by applying a design by static and dynamic performance. Thus, the seismic behavior by performance with seismic tools in conventional buildings with fixed and isolated bases is within the parameters of seismic demand and structural response.

Key words: Conventional buildings, analysis by performance, static, dynamic and seismic behavior.

I. INTRODUCCIÓN

El globo de vida terrestre, en su proceso de desarrollo, ha ido formando diversos fragmentos en la litosfera, dando origen a las placas tectónicas, las cuales al friccionarse generan una gran cantidad de movimientos sísmicos en la capa terrestre. Es aquí, donde la globalización e incremento de la población mundial ha generado una serie de problemáticas respecto a la construcción de edificaciones para poder subsistir, ya que a nivel mundial existe un gran índice de informalidad en dicha industria. De esta manera, Vicente (2023), determina que el 55% de la población mundial reside en países en desarrollo, donde la inmensa mayoría de las viviendas se construyeron sin una planificación adecuada ni ayuda técnica, lo que provocó la proliferación de un número masivo de asentamientos informales y todos los problemas asociados que conllevan. Por ende, existe la necesidad de construir estructuras que cumplan con criterios técnicos de construcción, a fin de que las sociedades a nivel mundial se puedan desarrollar adecuadamente.

El Perú es una nación propensa a la ocurrencia de movimientos sísmicos, precisamente porque se encuentra localizada en la región determinada como cinturón de fuego, lugar en el que existe una mayor ocurrencia de movimientos telúricos, debido a que se localizan diversas placas tectónicas, las cuales siempre están en constante fricción. De esta manera, el Instituto Geofísico del Perú (2014), refiere que en los últimos 500 años se han producido más de 35 terremotos de magnitud igual o superior a M7,5, que han hecho temblar violentamente la zona costera. De este modo, es necesario reconocer que las edificaciones requieren ser diseñadas mediante normativas de diseño sísmico, a fin de que éstas puedan soportar las demandas producto de los eventos sísmicos. Bajo esta realidad, se desarrolló en 1977 la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, siendo su versión más actual la del 2019. Así también, se llevó a cabo la creación de la N.T.P. E.031 Aislamiento sísmico en el año 2019, con el fin de mejorar el comportamiento de las edificaciones ante movimientos de alta magnitud.

En Lima, predomina un silencio sísmico de aproximadamente 277 años, por lo que el Instituto Geofísico del Perú (2023), ha precisado que toda la costa central del país espera un sismo de 8.5 grados de magnitud. De tal manera, distritos como San Martín de Porres, Callao, entre otros, están en peligro inminente. A esta

situación, se le suma la existencia de viviendas construidas inadecuadamente, haciendo referencia con predominancia al sistema constructivo que conforman a las estructuras, así como los materiales empleados para su construcción, todo esto debido precisamente a la autoconstrucción e informalidad, provocando de esta manera que tales edificaciones propensas a producir accidentes y daños significativos en caso ocurriera una actividad sísmica de magnitud moderada o severa. En ese sentido, Gestión (2023), evaluó que el 95% de las viviendas urbanas son de carácter informal y un 80% producto de la autoconstrucción, las cuales están comprendidas por diversos distritos, entre ellos, San Martín de Porres. Además, CISMID (2016), determina que las juntas sísmicas no son aplicadas correctamente en diversos distritos de Lima, uno de ellos San Martín de Porres, dado que se ha registrado juntas con un aproximado de 1.5 cm y otros ni siquiera tienen espesor, cuando lo recomendado es mayor a 3 cm. Por lo anteriormente mencionado, surge la necesidad de analizar y diseñar estructuras sismorresistentes capaces de brindar la seguridad ante un movimiento sísmico, además, de aplicar de forma directa la N.T.E.030 Diseño Sismorresistente y emplear herramientas sísmicas para incrementar el desempeño sísmico de las estructuras.

Por lo tanto, en la presente investigación, se ha definido el siguiente problema general: ¿Cuál es el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023? Así también, los problemas específicos: ¿Cuánto varían estáticamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas?, ¿En cuánto varían dinámicamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas?

La importancia del análisis sobre el uso de tecnologías sísmicas para analizar dos tipos diferentes edificaciones, tiene como justificación teórica, analizar el comportamiento sísmico de una edificación convencional con bases fijas y aisladas empleando aisladores de péndulo friccional FPS y disipadores a fricción mediante un análisis por desempeño. Por otro parte, la justificación práctica está basada en facilitar conocimientos sobre la importancia de las construcciones convencionales

y el uso de las herramientas sísmicas, con el propósito de colaborar en el progreso de la construcción sostenible, tomando en cuenta la aplicación del diseño sísmico y estructural como una base de desarrollo, a fin de brindar seguridad a la ciudadanía ante posibles eventos sísmicos.

La justificación social, se evidencia en el aporte favorable para salvaguardar la seguridad y vida de personas, manteniendo la funcionalidad de las estructuras durante y después de ocurrido los movimientos sísmicos, además, de contribuir a reducir los costos de reparación de los bienes materiales mediante el control de daños y seguridad estructural. Del mismo modo, respecto a la justificación metodológica, el proceso de análisis para el estudio del comportamiento sísmico estuvo basado en la compilación, comprensión y aplicación sistemática de la data obtenida, respetando estrictamente las directrices y normativas nacionales. El software ETABS es vital para lograr realizar el proceso de desarrollo referido a los cuatro escenarios de estudio, tanto para la modelización básica como aplicada de los dispositivos en las edificaciones de análisis.

Conforme a lo precisado en esta investigación, se ha formulado el siguiente objetivo general: Analizar el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023. Del mismo modo, los objetivos específicos: Analizar estáticamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas. Analizar dinámicamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas.

Por consiguiente, la hipótesis general planteada es: El comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, está dentro de los parámetros de demanda sísmica y respuesta estructural, Lima, 2023. Asimismo, las Hipótesis específicas: El análisis estático por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente. El análisis dinámico por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales en esta investigación, Quiroz (2020), tuvo como objetivo comparar las respuestas estructurales de dos estructuras de concreto armado empleando aisladores y disipadores en el distrito de Barranco, Lima, en el año 2020. Se aplicó un estudio aplicado y cuasi experimental. La población estuvo integrada por todos los edificios de concreto armado de 12 niveles localizados en el distrito de Barranco. La muestra de investigación estuvo dada por un solo edificio del Distrito de Barranco y el muestreo fue no probabilístico. Los instrumentos que se aplicó fueron información documentaria, programas ingenieriles y Microsoft Excel. Los principales hallazgos fueron que los desplazamientos son óptimos de acuerdo con los parámetros definidos en la N.T.P E.030 al comparar el modelo estándar y el modelo con disipador y aislador. Se determinó como conclusión que la respuesta estructural de un edificio de hormigón armado de 12 plantas mejoraba como resultado del empleo de un disipador de energía y un aislador sísmico. Tanto el aislador de núcleo de plomo como el disipador de fluido viscoso obtuvieron dos respuestas de mejora en los sistemas de protección sísmica, con la estructura con el aislador en la base exhibiendo un mayor rango de reacción.

Príncipe (2021), planteó como objetivo estudiar la respuesta sísmica del disipador de energía y el aislador sísmico para estructuras de marcos de tres, cinco y siete pisos en Áncash. Se aplicó un estudio aplicado y cuasi experimental. Las estructuras de concreto armado de 3, 5 y 7 niveles del barrio San Marcos de Huaraz y Ancash conformaron la población de la investigación. Los edificios de 3, 5 y 7 niveles del barrio Casero de Pucuta, del centro poblado de Quinhuaragra, distrito de San Marcos conformaron la muestra de la investigación, siendo el muestreo no probabilístico. Las herramientas empleadas fueron bibliografías y formularios de recolección de datos. Esta evaluación dio como resultado derivas por debajo de los requerimientos de dicha norma, cumpliendo así de manera óptima con un diseño sísmico exitoso. Las principales conclusiones fueron que el edificio tenía una respuesta sísmica suficiente y que las fuerzas cortantes y sísmicas sólo tenían un impacto modesto sobre él. Los indicadores de deriva en entrepisos, cortante basal estático e irregularidades torsionales establecidos por la N.T.P. E. 030, que

presentaban derivas inferiores a las exigidas por dicha norma, se utilizaron para evaluar la respuesta sísmica del edificio con el uso de aislador y disipador sísmico.

Batallas (2022), planteó como objetivo evaluar y validar la elección y aplicación de aisladores sísmicos en la cimentación de viviendas unifamiliares de hormigón armado en el proyecto Aldovea - Calderón para conocer las ventajas y beneficios frente a un proyecto con cimentación tradicional. Se empleó un estudio del tipo aplicado y experimental. Las viviendas unifamiliares conformaron la población de la investigación. Se seleccionó tres tipos de viviendas unifamiliares que se ubican en la residencial Aldovea, estas conformaron la muestra de la investigación, siendo el muestreo no probabilístico. Las técnicas empleadas fueron el análisis documental, libros, revistas, folletos, tesis y la observación de construcciones en el planeta tierra que incorporan estos dispositivos y su funcionalidad, y los instrumentos fueron las dichas de recolección de datos. Esta evaluación dio como resultado una clara diferencia en los desplazamientos, lo que indica que la estructura con base aislada presenta un mejor porcentaje de permanencia. Las principales conclusiones indican que, en caso de terremoto, una estructura que disponga de aisladores sísmicos en su base será la que más resista y la que menos daños estructurales sufra. Por lo tanto, se aconseja instalar estos dispositivos en este tipo de viviendas.

Seguidamente, los antecedentes internacionales como Marín (2019), tuvo como objetivo integrar un método de aislamiento sísmico basal con aisladores de núcleo de plomo en la estructura de un hospital. Se utilizó un análisis dinámico no lineal para establecer el comportamiento y la respuesta dinámica del sistema, y los resultados se compararon con los de la misma estructura sin sistema de aislamiento sísmico. Se trató de un estudio aplicado y cuasi experimental. Los edificios hospitalarios constituían la totalidad de la población, Bucaramanga, Colombia. El edificio hospitalario que sirvió de muestra para la investigación tenía dos pisos más una cubierta, y se utilizó un muestreo no probabilístico. Las herramientas que se tuvieron en consideración fueron Microsoft Excel y el software ETABS. Como resultado de mayor énfasis se planteó que la capacidad de la estructura para soportar la actividad sísmica se mejoró mediante el análisis dinámico no lineal de la estructura con aislamiento. Se concluyó que el uso de dispositivos sísmicos

disminuye los desplazamientos de la estructura y, por tanto, las derivas necesarias para un comportamiento sísmico eficaz.

Ñañez y Hernández (2019), basaron su objetivo en evaluar la resistencia sísmica de una estructura, diseñada bajo la NSR – 10. Fue un estudio del tipo aplicada y experimental. La población fueron todas las estructuras típicas apoyadas sobre aisladores de sismo y apoyos rígidos en Bogotá – Colombia. La muestra de la investigación fue una edificación típica apoyada sobre aisladores sísmicos y apoyos rígidos en la Av. Agoberto Mejía – Bogotá. Los instrumentos empleados fueron el programa ETABS y Microsoft Excel. Los principales resultados fueron que en el análisis dinámico las derivas no sobrepasaron el límite establecido por la NSR – 10, y con respecto al análisis estático se observó una disminución significativa del cortante basal, lo cual contribuyó a obtener un mejor desempeño estructural del modelo con aisladores sísmicos. Se concluyó que, el análisis realizado a una estructura con base empotrada se encuentra en los estándares de cumplimiento establecido en la NSR – 10, sin embargo, al emplear un sistema de aislación sísmica, la edificación logró mostrar un mejor desempeño con relación a los desplazamientos y fuerzas internas.

Herrera (2019), señaló como objetivo evaluar y contrastar el desempeño sísmico en estructuras con pórticos de concreto armado, diseñadas con aisladores elastoméricos y con amortiguadores de fluido viscoso. Se aplicó un estudio aplicado y experimental. Las estructuras aporticadas de concreto armado conforman la población de la investigación. Se seleccionaron 18 modelos de estructuras aporticadas con alturas de 12 a 60 metros empleándose cinco registros de acelerogramas de sismos reales que conformaron la muestra de la investigación, siendo el muestreo no probabilístico. Las herramientas que se emplearon estuvieron dadas por el software SAP2000, y los instrumentos la ficha de recolección de datos. En comparación con los datos obtenidos de las variantes sin dispositivo, esta evaluación demostró que la cortante basal, que corresponde a las variantes con amortiguadores de fluido viscoso, es menor en todas las situaciones. Esta reducción suele ser del 40 y 60% del cortante basal en ausencia de dispositivo. Cuando se contrastan estos resultados con los de las variantes que incluían aisladores, queda claro que los aisladores fueron más eficaces para los modelos de baja altura porque disminuían el valor del cortante más que los amortiguadores;

por el contrario, para los modelos de mayor altura, los amortiguadores eran más eficaces porque disminuían el cortante basal más que los aisladores. Las principales conclusiones fueron que, a pesar de tener valores de esbeltez comparables para la misma altura en los modelos de ambos grupos, los modelos del grupo 2 con aisladores tenían derivas de entrepiso que eran alrededor de un 5% más altas que los modelos del grupo 3 con aisladores. Esto podría deberse a que los modelos del grupo 3 tenían más columnas y una mayor superficie de piso, lo que significaba que se necesitaban más aisladores. Esta mayor rigidez ayudó a regular mejor las derivas de entrepiso. Sin embargo, la distribución en planta no influyó en las versiones con amortiguadores, ya que no hubo cambios apreciables en las derivas máximas obtenidas entre los modelos de los grupos 2 y 3.

Con respecto a los artículos científicos en otros idiomas, Auad y Almazán (2022), determinaron como objetivo evaluar el uso de curvatura variable friccional, aisladores para mitigar los efectos adversos de estos impactos internos, en el año 2022. Este proyecto fue de tipo aplicada y experimental. La población de estudio estuvo establecido por un modelo numérico utilizando el modelado de elementos finitos (FEM) con la capacidad de simular y analizar el comportamiento termomecánico de una nueva generación de deslizadores de superficie curva llamados aisladores de péndulo de fricción quíntuple (QFPI), la muestra fue un pórtico de hormigón armado no lineal equipado con aisladores con superficies de deslizamiento esféricas o elípticas para determinar la reducción promedio en los parámetros de demanda de ingeniería afectados por impactos internos, y el muestreo fue no probabilístico. Los instrumentos empleados fueron modelos numéricos, softwares de diseño y programas de cálculo. La data resultante más esencial fue el comportamiento friccional de este nuevo tipo de aisladores precisando el efecto de la velocidad, la generación de calor y el aumento de temperatura, que ocurre en las superficies deslizantes bajo grandes fuerzas de fricción y altas velocidades. Se concluyó que, en promedio, existen reducciones del 44 %, 11 %, 8 % y 6 % en la respuesta máxima del cortante base, primer desplazamiento entre pisos, segundo desplazamiento entre pisos, y la tercera deriva entre pisos se obtienen reemplazando los dispositivos clásicos del Sistema de péndulo de fricción (FPS) con aisladores de curvatura variable.

Kakolvand et al. (2021), determinaron como objetivo emplear un nuevo aislador sísmico innovador de bajo costo utilizando anillos de acero (SISR) para reducir la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de mampostería. Dicho estudio fue de tipo aplicada y experimental. La población estuvo determinada por todas las estructuras de mampostería, hecha de bloques de hormigón, la muestra estuvo basada en una estructura de mampostería considerando dos sistemas, base fija y aislado de la base con los SISR y el muestreo fue no probabilístico. El instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos mediante el uso de software ABAQUS. La mayor significancia de los resultados fue que se mostró un desempeño sumamente mejorado de la estructura de mampostería con el uso de los SISR. En este estudio, se logró concluir que la implementación de un nuevo aislador sísmico en estructuras de mampostería de baja altura contribuyó a obtener un comportamiento sísmico más adecuado, y por ende permitió analizar los parámetros del efecto de los SISR propuestos para el estudio.

Keikha y Ghodrati (2021), precisaron como objetivo simular y analizar el comportamiento termomecánico de una nueva generación de deslizadores de superficie curva llamados aisladores de péndulo de fricción quintuple (QFPI), en el año 2021. Tuvo como base un estudio de tipo descriptivo. La población la conformó un modelo numérico utilizando el modelado de elementos finitos (FEM), la muestra de la investigación fue un aislador deslizante esférico con seis superficies deslizantes, cinco pendulares efectivos y nueve etapas de operación que permiten un comportamiento adaptativo multietapa dependiendo de la amplitud de desplazamiento y el muestreo no probabilístico. El instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos mediante el uso de software de ingeniería. Los resultados de mayor relevancia fueron que se cumplieron los requisitos de los códigos sobre la variación máxima permitida en K_{eff} y EDC. Se concluyó que, el proceso numérico puede ayudar en los primeros estudios para seleccionar los materiales aislantes teniendo en cuenta su consistencia térmica y evaluando la variabilidad de las propiedades de diseño del aislamiento deslizante respecto a la fricción por calefacción.

Los artículos de esta investigación, según Jiying et al. (2022), tuvieron como objetivo evaluar su desempeño para la mitigación sísmica bajo movimientos de tierra cercanos a la falla, en el año 2022. Fue un estudio de tipo correlacional. La

población estuvo compuesta por el análisis de historia de tiempo no lineal para las estructuras sísmicamente aisladas con VFPN y FPB bajo, respecto a 120 registros de tierra cercanos a la falla de 19 terremotos del banco de datos de movimiento del suelo del Centro de Investigación de Ingeniería de Terremotos del Pacífico, la muestra estuvo conformada por cinco parámetros de respuesta obtenidos de los análisis de historia de tiempo no lineal para investigar las correlaciones entre los índices de intensidad y cantidades de respuesta. Estos parámetros de respuesta incluyeron la aceleración del techo, el desplazamiento del techo, la relación de deriva entre pisos (IDR), la deformación del aislador y el factor de concentración de deriva (DVF), y el muestreo fue no probabilístico. Los instrumentos utilizados fueron programas computacionales y ensayos de laboratorio. Como resultados de mayor significancia se tuvo que el desplazamiento del piso superior de la estructura aislada mediante VFPB es menor que el de la estructura aislada mediante FPB para la mayoría de los movimientos del suelo cercanos a la falla. Se concluyó que, bajo terremotos cercanos a la falla, el VFPB propuesto puede reducir simultáneamente el desplazamiento del aislador en un 30 % y las respuestas de la superestructura en un 5 % en comparación con el FPB convencional.

Linlin et al. (2022), plantearon como objetivo proponer un sistema de panel de revestimiento con disipador de energía (EDCPS) para estructuras de hormigón armado (RC), en el que se introducen amortiguadores de acero en forma de U (USD) para conectar la estructura principal y el panel, a fin de controlar y eliminar el daño a la estructura principal y los paneles de revestimiento, respectivamente, en el año 2022. Fue un estudio numérico, en el cual se aplicó el método de simulación numérica basado en OpenSees. La población de estudio fue las pruebas de mesa vibratoria de escala 1/2 en marcos RC con y sin EDCPS para validar los efectos duales de control de daños, la muestra fue una prueba de mesa vibratoria de escala 1/2 en marcos RC con y sin EDCPS. Los principales resultados fueron que para el marco RC con EDCPS, el daño que ocurrió bajo el DBE y el MCE fue de leve a moderado. Los MIDR fueron bien predichos con un error relativo máximo de aproximadamente 3%, lo que indica que la evolución del daño fue bien simulada. Para el marco RC desnudo, las diferencias relativas entre los MIDR de la prueba y los resultados simulados bajo el DBE fueron 1,75 % y 3,45 % bajo los movimientos Northridge y Chi-Chi, respectivamente. Estos valores se consideran aceptables. Se

concluyó que, las pruebas de mesa vibratoria indicaron que se logró un efecto de control satisfactorio para el marco RC con EDCPS. El MRD y MIDR del marco RC con EDCPS fueron aproximadamente un 20% más bajos que los del marco RC bajo el DBE. Tal efecto de control se hizo más evidente bajo el MCE. Estas respuestas críticas para el marco RC con EDCPS se redujeron a aproximadamente el 60 % de las del marco RC desnudo.

Álvarez et al. (2022), precisaron como objetivo presentar un método simple para el diseño de estructuras con amortiguadores viscosos mediante un análisis dinámico no lineal aplicando varios movimientos sísmicos. Fue un estudio de tipo aplicada y experimental. La población estuvo determinada por todas las edificaciones de 12 niveles, la muestra de la investigación fue una edificación de 12 niveles aplicando amortiguadores viscosos no lineales, se emplearon dos coeficientes de desplazamiento máximo con un modelo de varios grados de libertad y el otro con amortiguadores viscosos lineales y el muestreo fue no probabilístico. El instrumento utilizado fue el uso de software de ingeniería, SAP 2000 y ETABS. Los principales resultados fueron que los desplazamientos laterales no incidieron de manera significativa por la flexibilidad. Sin embargo, la forma de la curva de histéresis producida por el disipador tuvo una variación drástica, resaltándose un periodo de 0.5 segundos. Mediante el análisis de los picos de la gráfica de histéresis se pudo observar que son compatibles hasta un prolongado grado de fuerza y desplazamiento. Se logró concluir que, la respuesta sísmica empleando amortiguadores viscosos no lineales y lineales pueden ser significativamente distintas en una estructura. Además, el diseño de estructuras equipadas con estos amortiguadores usando un sistema de grado de libertad y haciendo uso de coeficientes de desplazamientos teniendo en cuenta un sistema no lineal de amortiguación y efecto de 1 GDL es funcional para el diseño sísmico.

La teoría de la variable edificaciones convencionales, como refiere el Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), estas estructuras conforman la base de urbanismo y desarrollo de la nación, ya que están configuradas por medio de reglamentaciones y normativas de diseño nacionales, además de seguir criterios técnicos y ser construidas por profesionales capacitados. Cabe precisar que, estas estructuras basan su diseño en diversas normativas según cada nación.

La teoría de la variable comportamiento sísmico, para Seismology Committee (1999), este está establecido como la respuesta sísmica de una estructura, basado en la capacidad de mantener sus características y funciones fundamentales, como son la seguridad y serviciabilidad, donde una estructura tiene un buen comportamiento sísmico cuando no pone en peligro el bienestar, seguridad y preserva la vida de las personas que están presentes en ella o externamente al suscitarse un evento sísmico. De esta manera, si una estructura puede efectuar las funciones operativas para las que fue construida, entonces puede considerarse útil. Es ahí donde recae el comportamiento adecuado de las edificaciones, precisando su desarrollo conforme a criterios técnicos, aplicación de normas y ejecución de los proyectos por medio de profesionales capacitados.

Los conceptos de la variable edificaciones convencionales, para Castillo (2016), es una estructura que cumple todas las normas de habitabilidad y seguridad requeridas. Por otra parte, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010), determina que se entiende como edificación convencional a aquella estructura cuya geometría, dimensiones generales, dimensiones de los elementos estructurales, materiales estructurales utilizados y procedimientos de dimensionamiento y determinación de la resistencia de sus elementos estructurales respecto a los esfuerzos, durante su vida útil, están previstos en las normas y reglamentos contenidos según cada nación. De la misma forma, Vergara y Zuñiga (2022), refieren que una estructura convencional es aquella que ha sido construida mediante procedimientos constructivos basados en la aplicación de normas técnicas, materiales de calidad bajo supervisión, diseño y construcción avalados por profesionales expertos.

Para la dimensión edificación convencional (con bases fijas), como afirma CASIOPEA (2020), son aquellas estructuras que tienen una cimentación basada en zapatas o cimiento corrido, cuya unión con los elementos verticales será empotrada y de forma rígida. Así también, Cervera y Blanco (2014), refiere que una edificación con bases fijas es una estructura que no presenta aislamiento basal, ya que está conectado directamente con las columnas y muros, transmitiendo las cargas de la estructura hacia el suelo. Estas edificaciones presentan mayores derivas, ya que se trasladan de forma más directa ante la acción de fuerzas laterales.

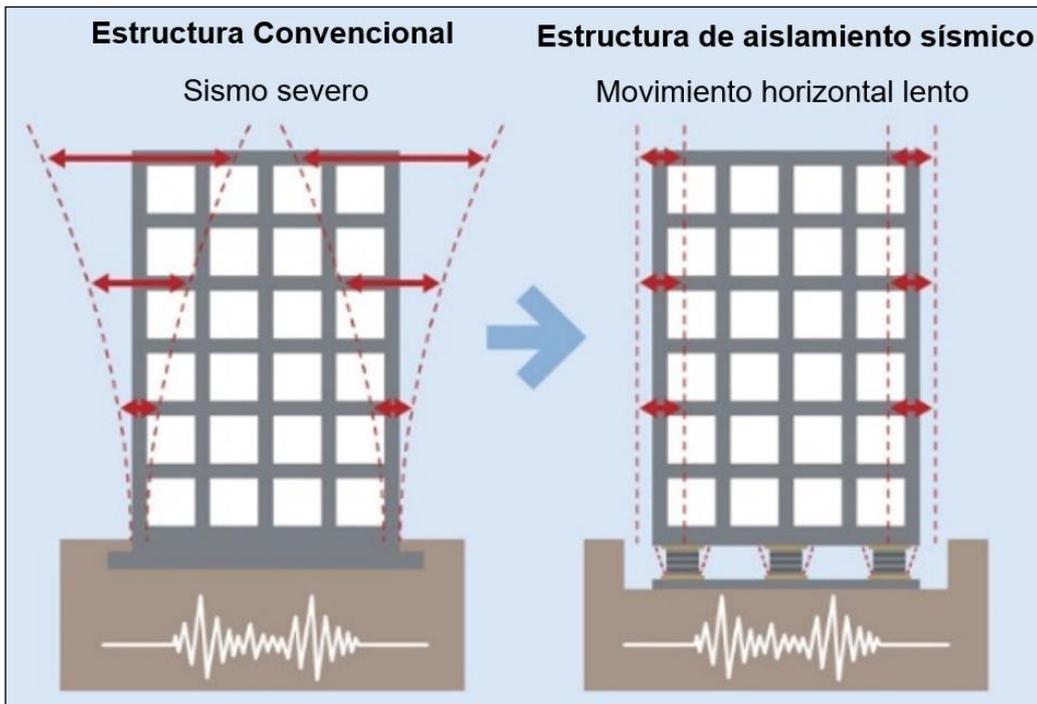


Figura 1. Estructura convencional sin y con aislación basal

Fuente: Rodríguez (2023)

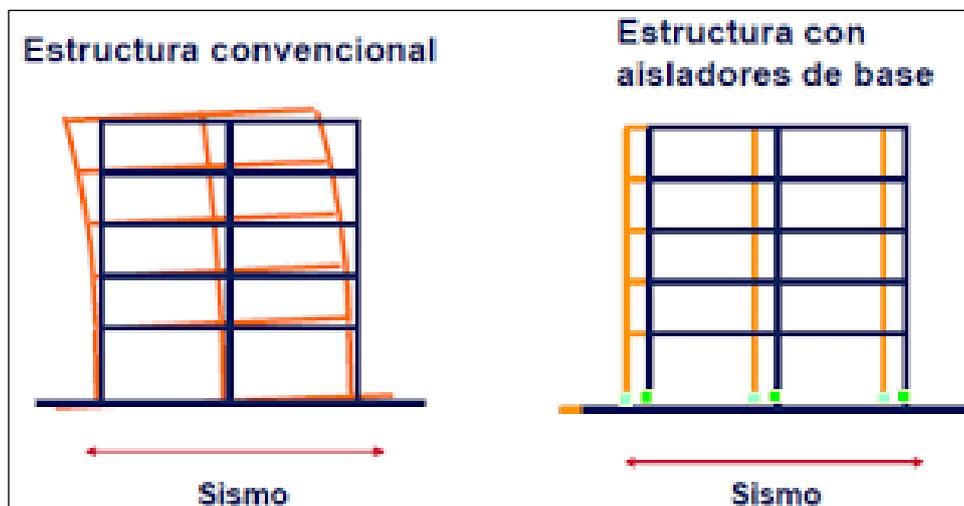


Figura 2. Comportamiento estructura convencional y con aisladores de base

Fuente: DIESCON Ingenieros (2020)

Para la dimensión edificación convencional (con bases aisladas y disipadores), según la Norma Técnica E.031 (2019), precisa que estas edificaciones se enfocan en la implementación de sistemas de aislamiento sísmico, con el cual se puede aislar la estructura de las vibraciones horizontales del suelo,

teniendo como propósito disipar la energía sísmica de forma pasiva. Así también, Korswagen, Arias y Huaranga (2012), señalan que el aislamiento de las estructuras implica la creación de un contacto flexible entre el suelo y la estructura con el fin de reducir significativamente las tensiones sísmicas que, de otro modo, se ejercerían sobre la estructura. Un edificio que no sufra daños y siga funcionando con normalidad tanto durante como después de un evento sísmico puede crearse utilizando un diseño relacionado a un factor de reducción de la fuerza sísmica menor.

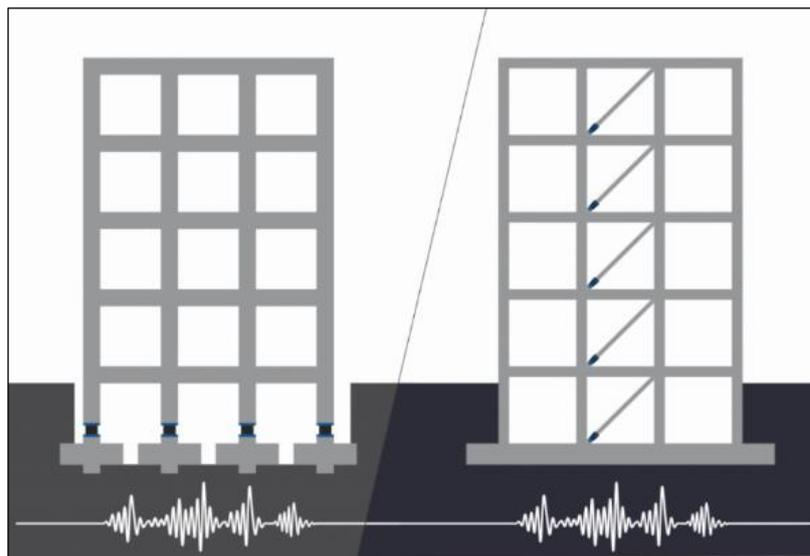


Figura 3. Estructura convencional con aisladores y disipadores sísmicos

Fuente: Quaketek (2017)

Los conceptos de la variable comportamiento sísmico, para SEAOC (1995), es una expresión del comportamiento deseado o del rendimiento objetivo que una estructura expuesta a una determinada cantidad de movimiento sísmico debería ser capaz de alcanzar. Igualmente, el Seismology Committee (1999), expresa que el comportamiento sísmico es la respuesta sísmica de una estructura basada en la capacidad para mantener sus características y funciones esenciales, como la capacidad de servicio y seguridad, durante y después de una exposición sísmica específica, tal y como los determinan los principios fundamentales de la ingeniería sísmica, en las que se asume que las estructuras deben soportar terremotos severo y poco habituales sufriendo daños importantes, sin llegar al límite de colapso general. De la misma forma, Terán (1997), sostiene que el comportamiento sísmico es el comportamiento previsto de las estructuras ante eventos sísmicos de diversas

intensidades, esto debe establecerse cualitativamente en las fases conceptuales preliminares, antes a pasar a las posteriores etapas del proceso, de las cuales predomina la fase numérica, centrada en el diseño de forma directa, y por último la fase de implementación, en la que debe garantizarse la calidad del diseño mediante una verificación de calidad a lo largo de la ejecución y el mantenimiento de los proyectos.

Para la dimensión análisis estático, Parametric Technology Corporation (2016), precisa el análisis estático es un procedimiento que se utiliza para determinar el estado de un mecanismo en condiciones controladas. Esta aplicación busca una configuración en la que la carga total sobre el mecanismo sea cero y todas sus fuerzas también estén equilibradas. Dado que la velocidad no se tiene en cuenta en el cálculo, un análisis estático puede identificar una conformación estática de forma más rápida respecto a un análisis dinámico. Asimismo, Zárate et al. (2003), determinan que el análisis estático es una forma más directa para el cálculo estructural, debido a que se ajustan a determinados enfoques de hipótesis en cuanto al comportamiento y tipos de estructuración.

Tabla 1. Análisis estático

Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes	
Requerimientos	Valores
Conocimiento en análisis sísmico	Peso de la estructura
Planos arquitectónicos y estructurales	Coficiente sísmico
Aplicación de normas de análisis sísmico	Cortante Basal
	Fuerzas estáticas equivalentes

Fuente: Elaboración propia (2023)

Para la dimensión análisis dinámico, según Ingegeek (2022), este análisis es una extensión del análisis estático, donde se estudia las pequeñas oscilaciones o vibraciones que puede sufrir una estructura en su posición de equilibrio, además de cuantificar los periodos de vibración, con el objetivo de verificar las derivas de la estructura respecto a los parámetros que establecen las normas de diseño. En este análisis se considera la acción de los sismos y vientos. De la misma manera,

Parametric Technology Corporation (2016), menciona que el análisis dinámico es un campo relacionado con la mecánica que examina las fuerzas con respecto al movimiento de un cuerpo rígido y, en ocasiones, con su equilibrio. Los análisis dinámicos posibilitan determinar cómo se relacionan la masa y movimiento de un cuerpo rígido con las fuerzas que se aplican sobre él en las mismas condiciones.

Tabla 2. Análisis dinámico

Análisis dinámico modal espectral		
Requerimientos	Análisis modal	Análisis espectral
Conocimiento en análisis sísmico	Periodo de vibración	Desplazamiento lateral
Planos arquitectónicos y estructurales	Número mínimo de modos	Distorsión o deriva
Aplicación de normas de análisis sísmico	Superar 90% de masa participativa	Fuerzas internas de diseño por sismo
		Controlar el cortante dinámico con el estático

Fuente: Elaboración propia (2023)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Una investigación aplicada es aquella indagación cuyo fin es dar solución a problemas concretos, reales y prácticos a nivel individual, grupal o social, teniendo como base de apoyo emplear herramientas científicas disponibles para plantear propuestas de solución (Arias, 2020). La investigación actual fue de tipo aplicada porque basó su propósito en la aplicación de principios, conocimientos y herramientas tecnológicas existentes para analizar sísmicamente estructuras convencionales a través de sistemas de aislación y disipación sísmica, para solucionar una problemática existente respecto a la construcción de edificaciones autoconstruidas e informales.

Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo en una investigación que se focaliza en mediciones objetivas, posibilitando examinar datos de forma numérica y llevar a cabo un análisis estadístico de información recabada a través de fichas de recolección o resultados, para responder a las preguntas de la investigación, probar hipótesis, así como verificar y comprobar teorías (Sáez, 2022). En la presente investigación se aplicó un enfoque cuantitativo en virtud de que se buscó determinar respuestas medibles de manera numérica, mediante un análisis de información estableciendo patrones de comportamiento a fin de probar las hipótesis previamente definidas.

3.1.2 Diseño de la investigación

Una investigación experimental es aquel estudio realizado con un enfoque científico, donde el investigador altera intencionadamente un conjunto de variables, mientras mide otra agrupación de variables como base del experimento (Velázquez, 2018). Además, una investigación cuasi experimental es aquella donde las unidades de investigación no pueden asignarse aleatoriamente a grupos por razones éticas o prácticas, por lo que se trabaja con una población y muestra ya definida por el investigador (Fernández et al., 2014). De este modo, el diseño de la presente investigación fue experimental, fundamentalmente porque la variable independiente fue manipulada a criterio del investigador, a fin de aplicar y estudiar

distintos escenarios para verificar el comportamiento de la variable dependiente. Además, para dicha investigación se aplicó el diseño cuasi experimental dado que se ha trabajado con una muestra representativa, previamente definida, la cual es una edificación convencional con bases fijas y aisladas localizada en el distrito de San Martín de Porres, este proceso permitió plantear adecuadamente las conclusiones y recomendaciones respectivas.

El nivel de la investigación

El nivel explicativo se encarga de descubrir el razonamiento que subyace a los fenómenos observados mediante la identificación de vínculos causales. Al poner a prueba la hipótesis, las investigaciones explicativas pueden abordar tanto la identificación de las causas, así como la de los efectos. Los resultados y conclusiones a los que llegan representan el nivel más alto de comprensión (Arias, 2006). El nivel de investigación del actual estudio fue explicativo, primordialmente porque se consideró relacionar diferentes condiciones y escenarios de análisis, a fin de evaluar la interacción y comportamiento entre las variables, precisando determinar adecuadamente los resultados y conclusiones a raíz de la información de análisis, la cual fue obtenida mediante los procedimientos de cálculo.

3.2 Variables y operacionalización

Las variables en investigación refieren a los distintos aspectos, características y/o propiedades de los seres vivos, las cosas y los acontecimientos que se están examinando, siendo susceptibles a cambios y que pueden observarse, medirse, analizarse y controlarse a lo largo del proceso de investigación (González, 2020). Para la investigación presente se planteó dos variables de estudio, las cuales se interrelacionaron teniendo en cuenta una variable independiente y otra dependiente, según se precisa líneas abajo.

Variable 1 : Edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas

Variable 2 : Comportamiento sísmico

La operacionalización de variables se basa en procesos empleando metodologías que descomponen las variables de una investigación con relación a una

problemática de estudio, siendo ésta focalizada desde lo genérico hasta lo específico de acuerdo con el tipo de estudio que se desee desarrollar (Carrasco, 2009). De esta manera, la presente investigación basó la operacionalización de variables en un procedimiento que enfatizó descomponer a las variables de análisis en características significativas, como son; definiciones conceptuales y operacionales, así como las diferentes dimensiones e indicadores que nacieron a raíz de las variables de estudio (ver anexo 1).

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

La población de la investigación está formada por todas las unidades, personas, cosas y sujetos que se ajustan a los criterios del estudio en cuanto a tamaño, composición y otras características (Narváez, 2023). En la investigación actual, la población de estudio estuvo determinada por todas las edificaciones convencionales de 5 niveles con bases fijas y aisladas para el análisis del comportamiento sísmico por desempeño en el distrito de San Martín de Porres, Lima.

3.3.2 Muestra

Una muestra es un subconjunto que conforma la población, la cual está siendo examinada. Esta representa una muestra estadística a partir de la cual se pueden hacer inferencias sobre una población más amplia a fin de determinar conclusiones acordes al estudio (Mugira, 2017). La muestra de la investigación presente estuvo constituida por una edificación convencional de 5 niveles con bases fijas y aisladas para el análisis del comportamiento sísmico por desempeño en el distrito de San Martín de Porres, Lima (ver anexo 5). Cabe destacar que, con el propósito de identificar las propiedades del terreno de estudio, así como determinar la capacidad portante, se realizó dos calicatas, ello, con el propósito de efectuar el estudio de mecánica de suelos de la zona de análisis, para de esta manera establecer los parámetros requeridos para el mencionado proyecto de investigación (ver anexo 5).

3.3.3 Muestreo

El muestreo no probabilístico por conveniencia es uno de los métodos que se emplea para la selección de un grupo de individuos que conforman la muestra de estudio estadístico. En el muestreo por conveniencia el investigador es quien designa los sujetos que intervendrán por medio de criterios factibles (Ortega, 2018). La presente investigación estuvo basada en la aplicación de un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que para el estudio se seleccionó una muestra representativa, la cual fue una edificación convencional con bases fijas y aisladas, siendo seleccionada por ubicarse en una zona crítica del distrito de San Martín de Porres, directamente en un área donde se presenta un suelo de capacidad portante media, conforme se revisó en el análisis documentario, determinándola además como una zona de sismicidad considerable.

3.3.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el elemento esencial en un estudio, es utilizado como punto de partida en una investigación (Arteaga, 2022). En la investigación presente la unidad de análisis fueron las edificaciones convencionales de 5 niveles con bases fijas y aisladas para el análisis del comportamiento sísmico por desempeño en el distrito de San Martín de Porres, Lima.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas de investigación son herramientas establecidas y estructuradas, las cuales permiten realizar procedimientos de recolección de datos de manera eficiente, obteniendo data objetiva y confiable (Maya, 2014). En la presente investigación se aplicaron las técnicas de la observación directa y observación experimental, tomando como referencia todos los indicadores propuestos para el estudio (ver tabla 3).

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son los recursos determinados por los investigadores para recopilar y estudiar información respecto a un objeto de interés, por lo que la misma debe ser fiable y válida (Tamayo y Silva, 2019). En la

investigación presente, se aplicó la ficha de recolección de datos y fichas de resultados de laboratorio como instrumentos para recabar información. Estas permitieron obtener todos los datos requeridos para el estudio, con el fin de ser analizados para la determinación y precisión de los resultados respectivos, y por ende, contribuyendo también a que se puedan realizar los planteamientos más idóneos para las conclusiones y recomendaciones propias del análisis (ver tabla 3).

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Descripción	Técnicas	Instrumentos
Estudio de mecánica de suelos	Observación experimental	Ficha de resultados de laboratorio
Normativas de diseño sísmico y estructural	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Materiales cualificados	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Sistema estructural	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Bases fijas (empotradas)	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Disipadores	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Aisladores	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Peso de la estructura	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Coefficiente sísmico estático	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Cortante basal	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Fuerzas estáticas equivalentes	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Rigidez de entrepiso	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Modos y periodos de vibración	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Masa participativa de la edificación	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Derivas de entrepiso	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Cortante dinámica	Observación directa	Ficha de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia (2023)

Las fichas de recolección de datos fueron elaboradas para cada indicador de estudio, a fin de obtener la información necesaria para su debido análisis e interpretación en el desarrollo de la investigación (ver anexo 3).

Validez

La validez brinda el nivel de exactitud con el que se mide un constructo teórico que pretende ser estudiado, es decir, los instrumentos de estudio tienen que ser validados y brindar la fiabilidad de dichos procesos que intervienen en su planteamiento y desarrollo, por lo que este aspecto es la cualidad más representativa de un instrumento de medida (Delgado, 2020). La validez de la actual investigación estuvo fundamentada por el análisis y revisión de tres expertos de la rama de ingeniería civil con su respectiva colegiatura. Es de esta manera que, luego de realizado el procedimiento de juicio de expertos se obtuvo un valor de índice kappa igual a 1.00, para el cual, aplicando la escala de Landis & Koch, se determinó que se encuentra en un parámetro casi perfecto conforme al criterio planteado por dichos autores (ver anexo 4).

Tabla 4. Escala del coeficiente Kappa

Coeficiente de Kappa	Fuerza de acuerdo
<0.00	Pobre
0.00-0.20	Leve
0.21-0.40	Justa
0.41-0.60	Moderado
0.61-0.80	Sustancial
0.81-1.00	Casi perfecta

Fuente: Landis & Koch (2010)

Confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos comprende la fiabilidad de los datos recopilados y la denegación de riesgos que modifiquen los resultados, es decir, la confiabilidad se enfoca en medir de manera precisa y correcta los instrumentos aplicados en una investigación (Mata, 2020). En el presente estudio, la confiabilidad estuvo avalado por el uso de programas ingenieriles con licencias (ver anexo 11), los cuales permitieron obtener información confiable y veraz, recabando de esta manera resultados válidos, los cuales fueron analizados e interpretados. Además, se recabó información por medio de un estudio de mecánica de suelos, teniendo como base obtener resultados de un laboratorio confiable y debidamente autorizado, conforme a la aplicación de normas, estándares de calidad y certificados de calibración, a fin de recolectar resultados de calidad y fiables (ver

anexo 7 y 9). Cabe destacar también que, se elaboró un Informe técnico sobre los resultados obtenidos mediante el análisis sísmico estático y dinámico en el programa ETABS, con el propósito de ser revisados, analizados y firmados por los expertos que validaron esta investigación, todos estos detalles son parte fundamental de la confiabilidad, contribuyendo de esta manera a dar la fiabilidad requerida a dicha investigación (ver anexo 7).

3.5 Procedimientos

Los procedimientos son el método por el cual se lleva a cabo acciones focalizadas, que contribuyen a un proceso determinado. En otras palabras, muestra el conjunto de actividades en secuencia a medida que se va desarrollando una acción (Pérez y Gardey, 2008). De esta manera, la investigación presente estuvo estructurada por distintos procesos y actividades secuenciales, las cuales se han realizado con el fin de lograr el desarrollo del mencionado estudio. Por tanto, líneas abajo se detalla los procesos de la investigación.

- Revisión bibliográfica y documentaria: la investigación inició con la revisión bibliográfica de antecedentes y conceptos, con el propósito de estructurar la introducción, marco teórico y metodología.
- Diseño de la edificación: conforme al diseño de los planos arquitectónicos y mediante un análisis estructural y diseño realizado en el programa ETABS, además del uso del programa EXCEL para elaborar hojas de cálculo, se diseñó los planos estructurales de la edificación de análisis, para posteriormente ser estudiada conforme al propósito de la investigación.
- Modelado de la edificación en el software ETABS: una vez realizado los diseños previos respectivos, se analizó los planos arquitectónicos y estructurales, a fin de realizar un modelado 3D en el programa ETABS.
- Realización de los ensayos de laboratorio: se procedió a realizar las calicatas en el lugar de análisis, a fin de obtener las muestras respectivas, las cuales fueron analizadas para obtener información sobre la mecánica de suelos del área de estudio.
- Diseño de las herramientas sísmicas: se realizó el diseño de los aisladores y disipadores sísmicos empleando criterios técnicos y normativos.

- Aplicación de los escenarios de análisis: por medio del software ETABS se analizó cinco escenarios, los cuales permitieron obtener diversos resultados conforme al comportamiento y desempeño sísmico de las edificaciones convencionales implementando herramientas sísmicas.
- Análisis de resultados: en esta etapa se procedió a estudiar e interpretar la información recopilada por medio de la aplicación de los 4 escenarios de estudio, a fin de precisar el comportamiento y desempeño sísmico de la unidad de análisis con la implementación de las herramientas sísmicas planteadas para esta investigación.
- Redacción de conclusiones: teniendo analizado la información y resultados recopilados a través de los diferentes escenarios de estudio se planteó precisar con objetividad, veracidad y fiabilidad las conclusiones de la investigación.
- Redacción de recomendaciones: de acuerdo con los datos y detalles plasmados en toda la investigación, se procedió a redactar las recomendaciones respectivas, detallando todo criterio de relevancia y contribución para el estudio.

3.6 Método de análisis de datos

La estadística descriptiva hace referencia al análisis, síntesis y presentación de resultados, extraídos mediante un conjunto de información, cuyos datos provienen de una muestra, a fin de describir la información de manera sintética y significativa para posteriormente convertirlo en números que brinden información de dicho estudio (Ortega, 2021). Así también, la estadística inferencial se basa en realizar deducciones, es decir, inferir criterios de pensamientos y conclusiones de acuerdo con generalizaciones respecto a una muestra representativa (Porrás, 2017). De este modo, conforme a estas metodologías, luego de tener los resultados del análisis sísmico estático y dinámico se procedió a analizar, interpretar y describir el comportamiento obtenido respecto a los escenarios de estudio basándose en la aplicación de la estadística descriptiva. Posteriormente se aplicó la estadística inferencial, con la finalidad de generalizar respectivamente las conclusiones y recomendaciones con respecto a la población.

3.7 Aspectos éticos

Los aspectos éticos refieren a la aplicación minuciosa y responsable de conductas éticas en el desarrollo de una investigación, considerando aspectos en relación con la confidencialidad de datos y la comprobación de resultados, en otras palabras, se enfatiza como una capacidad del investigador para ser autónomo aplicando la ética y su propio criterio para analizar una conducta que conlleve a salvaguardar todo tipo de fidelidad y veracidad (Acevedo, 2002). En la presente investigación, se respetó la autoría y propiedad intelectual de los autores citados en todo el estudio, además, se mantuvo la objetividad y veracidad en los resultados obtenidos, sin realizar ninguna alteración. Así también, se siguió los lineamientos y criterios establecidos en las guías proporcionadas por la universidad.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

La presente investigación se realizó en la Manzana G, Lote 23 Asociación Virgen del Carmen en el distrito de San Martín de Porres, en el departamento de Lima.



Figura 4. Mapa Político del Perú
Fuente: INEI (2021)

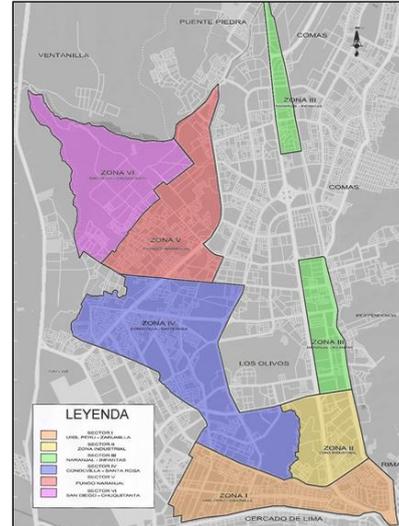


Figura 5. Mapa Político del distrito de San Martín de Porres
Fuente: Lara (2019)

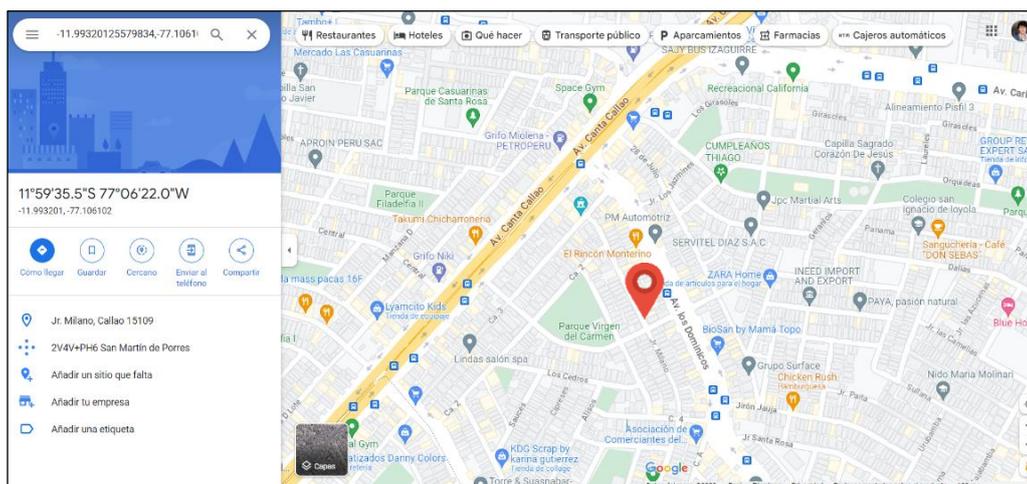


Figura 6. Extensión y ubicación del distrito de San Martín de Porres
Fuente: Google Maps (2023)

Ubicación del proyecto

El proyecto de investigación está directamente localizado en la dirección de vivienda precisada con anterioridad, en el distrito de San Martín de Porres, Lima. Referencia, cruce Av. Canta Callao con Av. Los Dominicos, calle Jr. Milano.

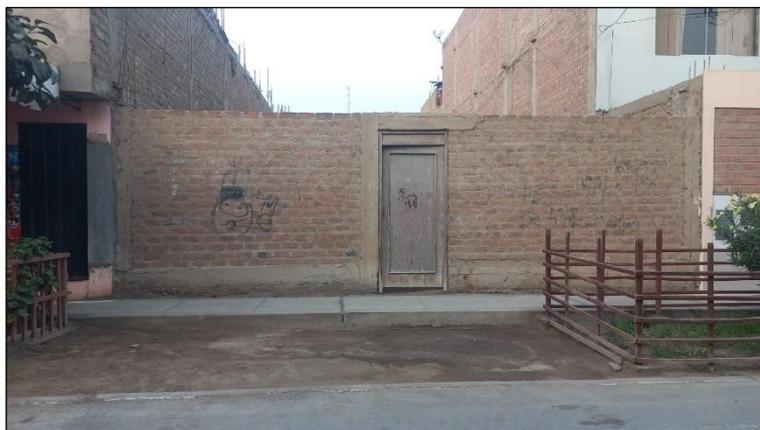


Figura 7. Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia (2023)

Límites

- Norte : Con el distrito de Ventanilla, Puente Piedra y Los Olivos.
- Sur : Con el Cercado de Lima de Carmen de la Legua Reynoso.
- Este : Con los distritos del Rímac, Independencia y Comas.
- Oeste : Con el distrito del Callao.

Ubicación geográfica

El distrito de San Martín de Porres tiene como coordenadas geográficas: Latitud Sur $12^{\circ} 1' 49''$ y Longitud Oeste $77^{\circ} 23' 26''$, contando con un área de 41.5 km^2 aproximadamente, con una altitud de 123 m.s.n.m. Según el INEI (2022), hasta el 2021 dicho distrito contaba con una población de 770725 habitantes.

Clima

El clima de San Martín de Porres es árido. La temperatura ambiente es alta durante todo el día, y las precipitaciones son improbables. La precipitación media anual en dicho distrito asciende a 84 mm, mientras que la temperatura media anual es de 21° . Pasa una media de 200 días al año sin precipitaciones, con una humedad relativa del 73% y un índice UV de 5 (Cardozo, 2022).

4.2 Trabajos preliminares

La presente investigación tuvo como base el análisis de una estructura con sistemas duales para cada dirección de estudio (X, Y), implementando aisladores y disipadores sísmicos en su tipo y modelo más económico. Como parte inicial para la investigación, se procedió a realizar dos calicatas en la zona de estudio, con el propósito de determinar la capacidad portante del terreno, para posteriormente proceder a desarrollar los escenarios de estudio planteados en la investigación.

Estudio de mecánica de suelos

Realización de las calicatas (excavación)

En referencia al estudio de mecánica de suelos se contempló el desarrollo de dos calicatas, con medidas de 1 m. de largo por 0.80 m. de ancho y 3 m. de profundidad. Estas fueron realizadas por personal técnico especializado. El proceso llevado a cabo para obtener las muestras se dio mediante la determinación de puntos específicos para realizar el trazado inicial de las dimensiones contempladas para las calicatas. Es así como mediante una excavación manual, se realizó de forma adecuada la remoción de material hasta una profundidad de 3 m., extrayéndose de esta manera la cantidad de estrato necesario para llevar a cabo los ensayos de laboratorio. Conforme a dicho estudio, se determinó que el estrato es un suelo arcilloso inorgánico de baja compresibilidad, determinándola así como un suelo tipo S2, que corresponde a un suelo intermedio de acuerdo con la Norma E.030.



Figura 8. Calicata 01

Fuente: Elaboración propia (2023)



Figura 9. Calicata 02

Fuente: Elaboración propia (2023)

Ensayo de corte directo para determinar la capacidad admisible de carga



Figura 10. Ensayo de corte directo

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 5. Resultados del ensayo de corte directo para el cálculo de q_{adm}

Parámetros	Resultados	Capacidad admisible de carga (q_{adm})
Cohesión (C)	7.85 kPa	3.52 Kg/cm ²
Ángulo de fricción interna (\emptyset)	27.80°	
Peso específico (γ)	1.75 gr/cm ³	

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según Terzaghi y Peck

Factor de Seguridad F_s =	3.00	Introducir Dato
Peso Volumétrico γ =	17.16 KN/m ³	Dato Automático
Profundidad de Cimentación D_f =	1.80 m	Introducir Dato
Ángulo de Fricción Interna \emptyset =	27.80 °	Introducir Dato
Cohesión c =	7.85 kPa	Dato Automático
Ancho de la Cimentación B =	0.50 m	Introducir Dato
Largo de la Cimentación L =	0.50 m	Introducir Dato
Coef. de Capacidad de Carga N_c =	25.43	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga N_q =	14.42	Dato Automático
Coef. de Capacidad de Carga N_γ =	16.27	Dato Automático
ξ_c =	1.57	Dato Automático
ξ_q =	1.53	Dato Automático
ξ_γ =	0.60	Dato Automático

Cálculo de Capacidad Portante en Zapatas Rectangulares

$$q_{adm} = \frac{1}{F_s} \left(c N_c \xi_c + \gamma D_f N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \xi_\gamma \right)$$

q Admisible =	344.86 kPa	Dato Automático
q Admisible =	3.52 Kg/cm ²	Dato Automático

Figura 11. Cálculo de la capacidad portante

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 5 y figura 11 se puede denotar los parámetros del terreno de estudio, dónde se ha determinado que es un suelo de perfil tipo S2, con una capacidad portante calculada de 3.52 Kg/cm², conforme a la fórmula de Terzagui y Peck. De esta manera, se detalla que el material de la zona presenta buena resistencia.

4.3 Edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas

Edificación convencional (bases fijas y disipadores)

- **Escenario 1: Edificación convencional con bases fijas (apoyos empotrados)**

Normativas de diseño sísmico estructural y sísmico

Para la edificación convencional con bases fijas (apoyos empotrados) se empleó las siguientes normativas de diseño estructural y sísmico:

- Norma E.020 Cargas
- Norma E.030 Diseño Sismorresistente
- Norma E.050 Suelos y cimentaciones
- Norma E.060 Concreto armado

Sistema estructural

La edificación convencional con bases fijas (apoyos empotrados), presenta un sistema con restricciones de traslación y rotación, lo que se traduce en la rigidez que se mantiene en la base al no permitir el movimiento de los mismos en 6 direcciones, 3 de rotación y 3 de traslación.

Materiales cualificados

Los materiales cualificados empleados para el diseño fueron:

- Concreto $f'c$: 210 Kg/cm²
- Peso específico del concreto armado (γ_c): 2.40 Ton/m³
- Grado de fluencia de las varillas de acero corrugado: 4200 Kg/cm²

Características de los apoyos rígidos empotrados

Se presenta las características de los apoyos rígidos empotrados para la edificación:

- Restricción de movimientos en 6 direcciones.
- Apoyos rígidos a nivel de la base.

- **Escenario 2: Edificación convencional con disipadores**

Normativas de diseño sísmico estructural y sísmico

Para el diseño de los disipadores se ha seguido los datos y parámetros establecidos en guías y normas de diseño, las cuales se presentan a continuación:

- Norma E.030
- FEMA 440
- NCH 2745
- Catálogo QUAKETEK

Disipadores a fricción

Los disipadores de energía del tipo de fricción minimizan las deformaciones y tensiones ocasionadas por vientos y sismos a través de un incremento en el amortiguamiento de la estructura de hasta un 75%.

Características de los disipadores

- Porcentaje de amortiguamiento
- Longitud
- Inercia
- Rigidez
- Periodo de diseño
- Desplazamiento requerido

El sistema convencional con disipadores está compuesto por 16 disipadores a fricción.

Edificación convencional (bases aisladas y disipadores)

- **Escenario 3: Edificación convencional con aisladores**

Normativas de diseño sísmico estructural y sísmico

Para el diseño de los aisladores se ha seguido los datos y parámetros establecidos en guías y normas de diseño, las cuales se presentan a continuación:

- Norma E.030
- Norma E.031
- Catálogo FIP

Aisladores de péndulo de fricción FPS

Los sistemas de péndulo de fricción más resistencia y estabilidad que la proporcionada por los elastómeros. Sus características y propiedades difícilmente se ven afectadas por el transcurrir del tiempo y la temperatura que se ejerce sobre ellas. La gran rigidez vertical de los apoyos, su bajo perfil y su gran resistencia contribuyen a reducir los costes de instalación.

Dado que el periodo del aislador, la capacidad de carga vertical, la amortiguación, la capacidad de desplazamiento y la capacidad de tensión se pueden elegir por separado, el diseño de estos componentes se simplifica.

El sistema convencional con aisladores está compuesto por 33 aisladores de péndulo de fricción.

Características de los aisladores

- Dimensiones
- Porcentaje de amortiguamiento
- Espesor
- Periodo de diseño
- Desplazamiento requerido

- **Escenario 4: Edificación convencional con aisladores y disipadores**

Normativas de diseño sísmico estructural y sísmico

Al igual que en los anteriores escenarios, se ha empleado guías y normas de diseño, las cuales se presentan líneas abajo.

- Norma E.030
- Norma E.031
- FEMA 440
- NCH 2745
- Catálogo FIP
- Catálogo QUAKETEK

Características de los aisladores y disipadores

Características de los disipadores

- Porcentaje de amortiguamiento

- Longitud
- Inercia
- Rigidez
- Periodo de diseño
- Desplazamiento requerido

Características de los aisladores

- Dimensiones
- Porcentaje de amortiguamiento
- Espesor
- Periodo de diseño
- Desplazamiento requerido

El sistema convencional con aisladores y disipadores está compuesto por 33 aisladores de péndulo de fricción y por 16 disipadores a fricción.

Parámetros sísmicos de la zona de estudio

Conforme a la Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, se tiene 5 parámetros sísmicos que conforman a la expresión precisada en dicha norma para calcular y determinar la cortante basal estática. Conforme a este apartado, líneas abajo se detalla la información necesaria para realizar el análisis sísmico.

Características de la zona de estudio

Zonificación:

- **Departamento:** Lima
- **Provincia:** Lima
- **Distrito:** San Martín de Porres
- **Zona:** 04

Parámetros de sitio

- **Perfil de suelo Tipo:** S2 – Suelos Intermedios
- **S:** 1.05
- **T_P:** 0.60 s

- T_L : 2.00 s

Categoría de la estructura:

- **Categoría:** Vivienda multifamiliar de 5 niveles – Categoría C (Edificaciones comunes)
- **Factor de uso (U):** 1.50

Sistema estructural (Escenario 1):

- **Eje X:** Concreto armado del tipo dual
- **Eje Y:** Concreto armado del tipo dual

Sistema estructural (Escenario 2, 3 y 4):

- **Eje X:** Pórticos
- **Eje Y:** Pórticos

Expresión para calcular la cortante basal:

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

Parámetros sísmicos:

- Factor de zona (Z): 0.45
- Factor de uso (U): 1.00
- Factor de amplificación sísmica: $C_X = 2.50$; $C_Y = 2.50$
- Factor de suelo (S): 1.05
- Coeficiente básico de reducción (Escenario 1): $R_X = 7$; $R_Y = 7$
- Coeficiente básico de reducción (Escenario 2, 3 y 4): $R_X = 8$; $R_Y = 8$

De la expresión para calcular la cortante basal:

$$\text{Coeficiente sísmico} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

Coeficiente sísmico = 0.169 Ambas direcciones (Escenario 1)

Coeficiente sísmico = 0.1477 Ambas direcciones (Escenario 2, 3 y 4)

Análisis por desempeño

Sustento teórico del análisis sísmico por desempeño

Conforme a la filosofía de diseño sismorresistente, se tiene como propósito dotar a las estructuras de la capacidad de soportar terremotos de baja intensidad sin experimentar daños estructurales importantes, de intensidad moderada con daños reparables, y de intensidad grave con la probabilidad de sufrir daños importantes pero sin derrumbarse.

El diseño para el rendimiento concibe los edificios en su diseño con la capacidad de precisar un comportamiento predecible en caso de que se produzcan terremotos de diversos grados. Este enfoque contempla tres procesos: conceptual; numérica y de evaluación; y de aplicación. En la fase conceptual se definen las prestaciones esperadas y los niveles de peligrosidad del edificio.

En el proceso numérico y de evaluación, la estructura se estudia utilizando diversos procesos que pueden ser equivalentes lineales o no lineales. Mediante un análisis de la demanda de capacidad, esta metodología pretende determinar el nivel de rendimiento estructural para cada intensidad sísmica especificada durante la fase conceptual. Además de abarcar las fases de selección del objetivo de rendimiento, características sísmicas del terreno, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño final, comprobaciones de aceptación en el transcurso del diseño y revisión del mismo. El análisis de desempeño establece la verificación de calidad en todo el transcurso del proceso de construcción y mantenimiento en el transcurso de la vida útil de las edificaciones (Arévalo y Bermúdez, 2007).

Curvas de capacidad y de fragilidad

La calibración de las funciones de pérdidas o vulnerabilidad se ha beneficiado de la caracterización de los daños, que puede adquirirse analíticamente o mediante la observación de cómo afectan los terremotos a las estructuras. No obstante, en los últimos años se han distinguido las curvas de fragilidad y de capacidad. Respecto a un determinado nivel de reacción sísmica, las primeras se utilizan para evaluar la posibilidad de dar alcance o superar determinados estados de daño.

Al emplear esta técnica, la posibilidad de dar alcance un estado de daño se determina utilizando la sustracción entre las curvas de fragilidad para llevar a cabo estas funciones; generalmente, la clasificación de un edificio basada en su sistema

estructural, uso, altura y otros factores se ha completado de antemano. En algunos casos, estos métodos pronostican los daños de forma independiente en el sistema estructural, en los componentes no estructurales sensibles a la aceleración (como techos suspendidos) y sensibles a la inclinación (como muros divisores). Para estas funciones, se definen cuatro categorías genéricas de daños: leves, moderados, graves y totales. Las curvas de fragilidad son, por tanto, en pocas palabras, funciones que, dado un valor de respuesta determinista, como el desplazamiento espectral, expresan la probabilidad de alcanzar o sobrepasar un umbral de daños estructurales o no estructurales (Blondet y Velásquez, 2005).

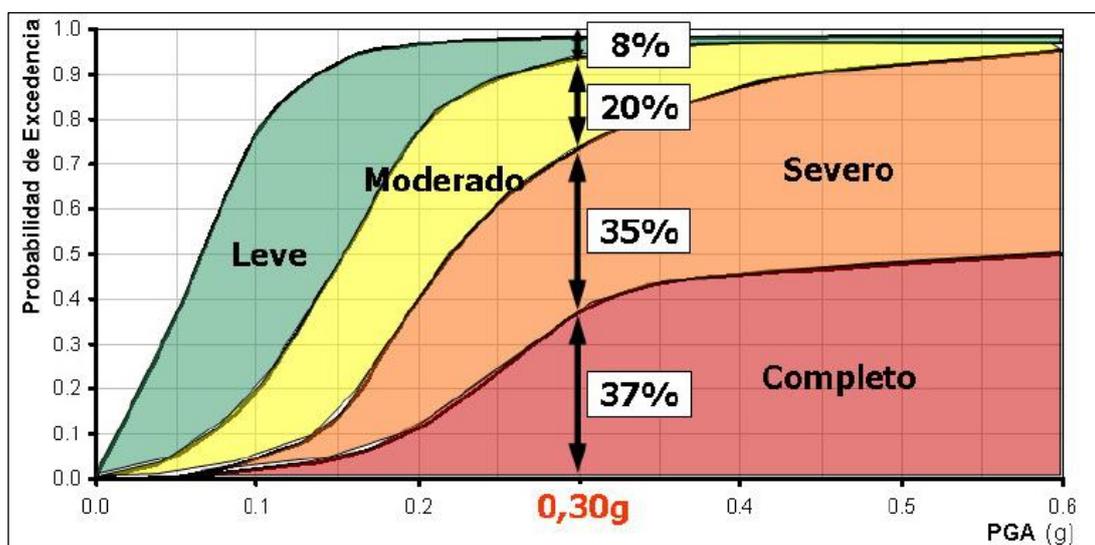


Figura 12. Curvas de fragilidad sísmica

Fuente: Blondet y Velásquez (2005)

Al trazar la resistencia a la carga lateral del edificio frente al desplazamiento lateral se obtienen curvas de capacidad. Las capacidades últimas y de fluencia de una estructura pueden determinarse utilizando este tipo de curvas. Las curvas de capacidad pueden obtenerse mediante diferentes métodos. Uno de ellos es el estudio pushover (ver figura 13), en el que se ejerce gradualmente una fuerza lateral a la edificación. La curva de capacidad, también conocida como la relación fuerza-deformación para una estructura, se obtiene determinando el desplazamiento para cada incremento de carga mientras se tiene en cuenta el comportamiento no lineal, es decir, es la figura que representa el enlace y conexión entre la fuerza cortante total y el desplazamiento lateral o el estado de derrumbe.

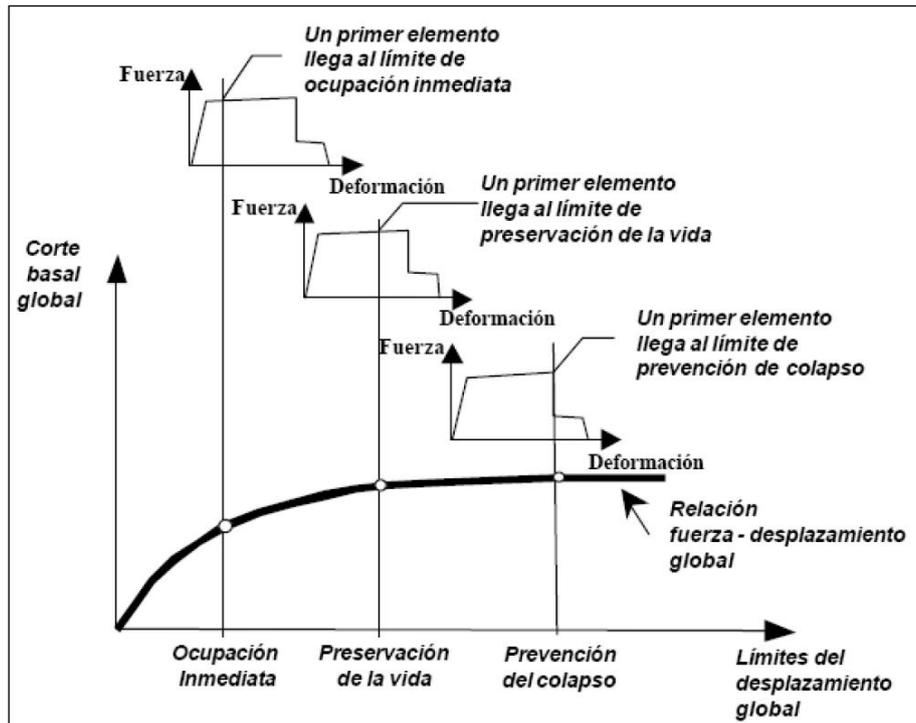


Figura 13. Formulación conceptual del análisis pushover

Fuente: Arévalo y Bermúdez (2007)

Esto permite determinar con precisión las fuerzas o desplazamientos que desencadenan la fluencia estructural o inclusive determinar el colapso. El punto en el que convergen la curva de capacidad y el espectro de demanda determina la respuesta de la estructura. Este tipo de investigación permite evaluar los nuevos diseños de edificios que estarán expuestos a terremotos potentes, así como estimar la respuesta o los daños probables de las estructuras ya existentes.

Niveles de daño

Los niveles de daños proporcionan información sobre el estado y el aspecto exterior del edificio tras un terremoto. Los niveles de daño se pueden obtener por medio de métodos cualitativos y cuantitativos. Para cuantificar los daños, se han dedicado muchos estudios al desarrollo de modelos de daños sísmicos que permiten determinar el grado de desperfectos sufridos por las estructuras durante un evento sísmico. Estos modelos, que se basan en diversos factores de reacción estructural, se denominan índices de daños sísmicos. Debido a la amplia gama de sistemas estructurales y a la naturaleza de la acción aplicada, actualmente no existe una

norma única para seleccionar los parámetros fundamentales de estos modelos (Arévalo y Bermúdez, 2007).

Tabla 6. *Estados de daño y niveles de desempeño sísmico*

Estado de daño	Nivel de desempeño	Detalle de los daños
Despreciable	Completamente operacional	Daños mínimos o inexistentes, tanto estructurales como no estructurales. Todas las instalaciones y sistemas de evacuación siguen operativos.
Leve	Operacional	Se muestra agrietamiento en algunos elementos estructurales. Los elementos arquitectónicos y el mobiliario presentan daños de leves a moderados. Los sistemas de evacuación y seguridad logran funcionar correctamente.
Moderado	Seguridad de vida	Los desperfectos en ciertos elementos son moderados. Disminución de la resistencia y rigidez del sistema de carga lateral. El sistema sigue funcionando. Puede haber pérdidas en algunas partes no estructurales y en el contenido. Podría ser indispensable cerrar temporalmente la edificación.
Severo	Cercano al colapso	Daños significativos en los componentes estructurales. Fallo en los elementos secundarios, no estructurales y del contenido. Puede ser predominante derribar la estructura.
Completo	Colapso	Cese casi total y/o total de la edificación. No es posible realizar reparaciones.

Fuente: Structural Engineers Association of California (1995)

Niveles de comportamiento estructural

Calvo y Chavez (2018), precisan que en total se tienen en cuenta cinco niveles de rendimiento estructural, cada uno asociado a un sector distinto de la curva de capacidad de la estructura y a los diagramas fuerza-deformación de sus componentes individuales. Antes de sectorizar la curva de capacidad y los diagramas fuerza-deformación de los elementos, es esencial determinar el desplazamiento de fluencia efectivo (ΔFE) y la capacidad de desplazamiento inelástico (Δp).

El desplazamiento efectivo por fluencia (ΔFE) se refiere al punto en el que el mecanismo de fallo alcanzó su máximo de incursiones inelásticas del 50% y ninguna porción del mismo sufrió una deformación por fluencia superior al 150%.

La capacidad de desplazamiento inelástico (Δ_p) denota el desplazamiento lateral experimentado por la estructura entre el punto de fluencia efectiva y el colapso.

La región inelástica de la curva de capacidad consta de cuatro sectores, representables como fracciones del (Δ_p) vinculadas a un determinado nivel de fluencia (ver figura 14).

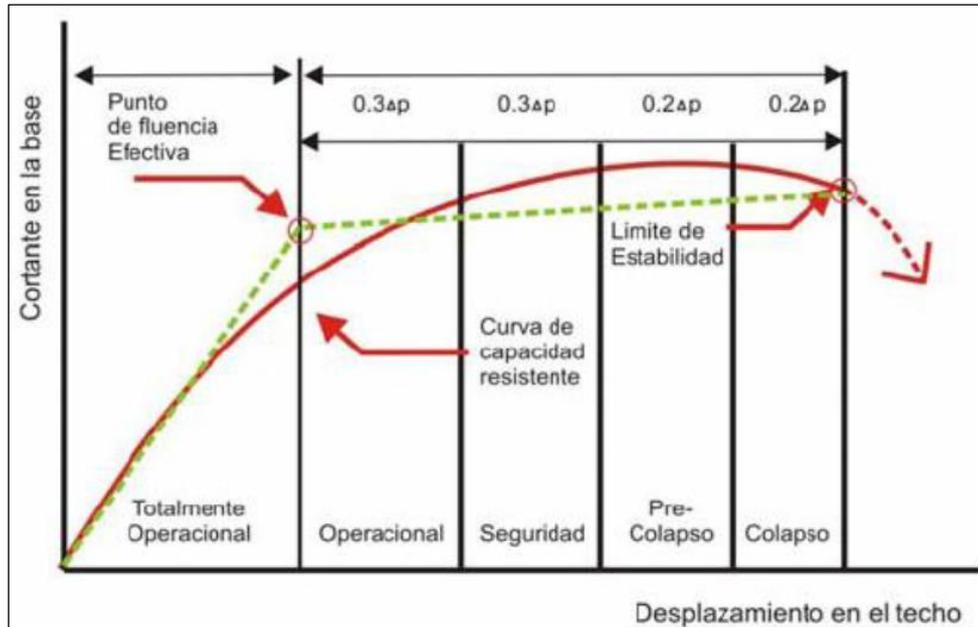


Figura 14. Sectorización de la curva de capacidad

Fuente: Calvo y Chavez (2018)

Análisis dinámico modal espectral

Contempla el análisis de las estructuras a nivel dinámico, básicamente porque se estudia mediante dos fases; modal y espectral, siendo así que en el primer análisis se determina el período de vibración, número mínimo de modos, así como también permite determinar si la estructura que es analizada sobrepasa el 90% de masa participativa. De la misma manera, para el segundo análisis contribuye a obtener desplazamientos laterales, distorsiones, fuerzas internas de diseño por sismo, además de controlar el cortante dinámico con el estático.

Es así como, en la norma E.030 se determina el proceso y verificaciones del mencionado estudio, conforme a las diversas solicitudes según las diferentes estructuras que se desea analizar.

4.4 Resultados por objetivos

Objetivo específico 1: Analizar estáticamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas.

Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

Peso de la estructura

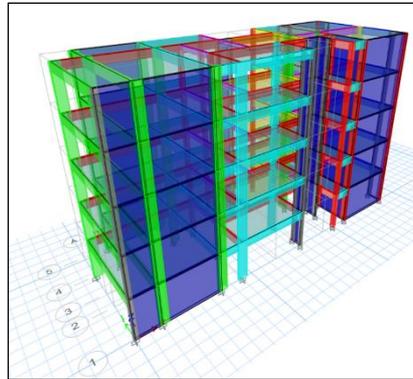


Figura 15. Modelo 3D de la estructura de 5 niveles

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 7. Análisis estático – Peso de la estructura

Parámetros de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Coefficiente estático en X e Y (Escenario 1)	0.169	0.169	0.169	0.169
Coefficiente estático en X e Y (Escenario 2, 3 y 4)	0.1477	0.1477	0.1477	0.1477
Peso de la estructura	624.598 Ton	564.476 Ton	386.321 Ton	445.655 Ton
% Variación (Peso)		-9.63%	-38.15%	-28.65%

Fuente: Elaboración propia (2023)

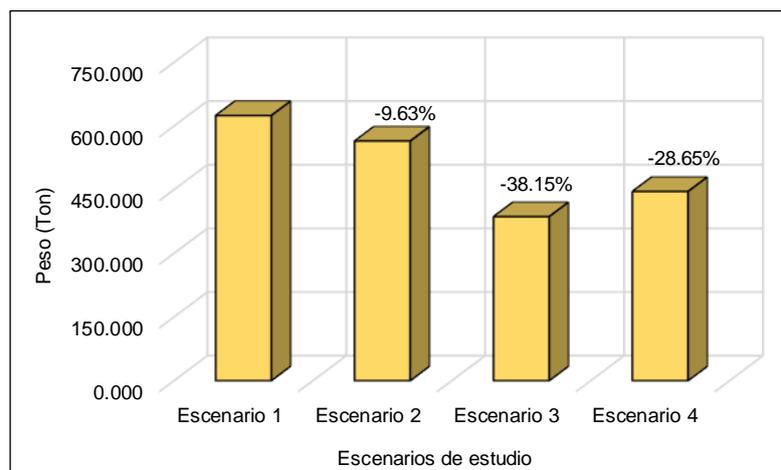


Figura 16. Variación del peso de la estructura

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 7 y figura 16 se constata la variación de pesos conforme a los escenarios de análisis. De tal forma, se aprecia que los escenarios donde se aplican las herramientas sísmicas tienden a disminuir sus pesos. Tal es el caso del escenario 3, el cual presenta el menor peso en su estructura debido a que al incorporarse los aisladores, se extrae los muros estructurales, reduciendo así las cargas. El peso de la mencionada fue de 386.321 Ton, reduciéndose un 38.15% respecto al peso obtenido en el escenario 1.

Cortante basal

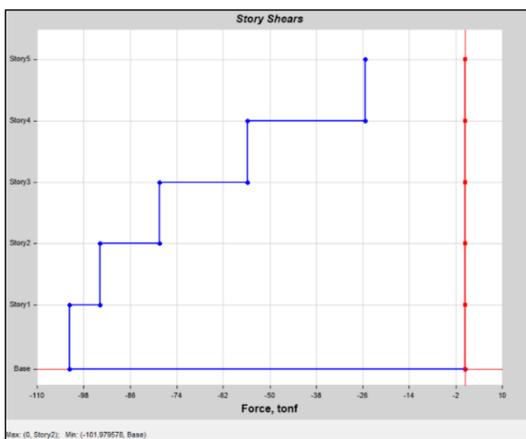


Figura 17. Análisis estático –
Cortante basal eje X

Fuente: Elaboración propia (2023)

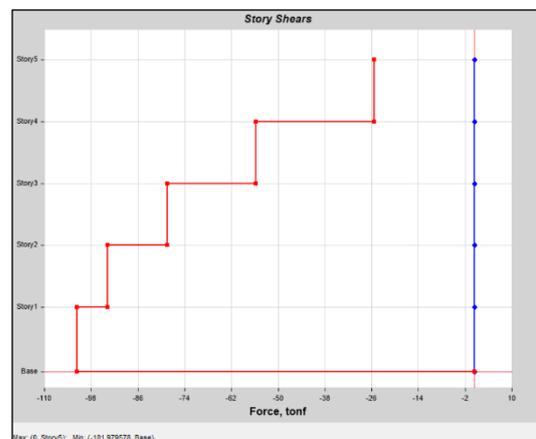


Figura 18. Análisis estático –
Cortante basal eje Y

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 8. Análisis estático – Cortante basal

Cortante basal (Ton)				
Parámetro de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Cortante basal dirección X	105.400	83.348	57.043	65.804
Cortante basal dirección Y	105.400	83.348	57.043	65.804
% Variación en la dirección X		-20.92	-45.88	-37.57
% Variación en la dirección Y		-20.92	-45.88	-37.57

Fuente: Elaboración propia (2023)

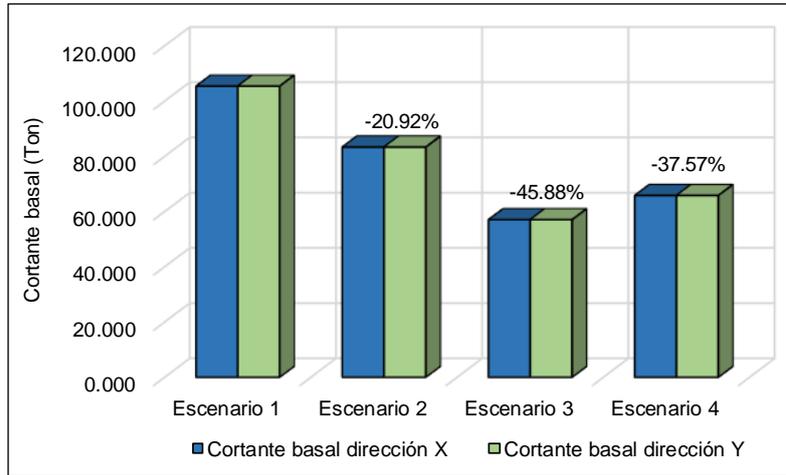


Figura 19. Cortante basal conforme a los escenarios de estudio

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 8 y figura 19 se constata para los cuatro escenarios de análisis los valores de la cortante basal estática en la dirección X e Y. Las cortantes tienden a disminuir al tener en su estructuración las herramientas sísmicas. Tal es el caso del escenario 3, el cual presenta aisladores FPS, dicho parámetro se reduce un 45.88% en cada dirección de análisis, en comparación al escenario 1. Precizando así que, el escenario 3 fue el que mayor reducción de cortante basal presentó con respecto a todos los escenarios de análisis.

Fuerzas estáticas equivalentes

Fuerzas laterales estáticas eje X

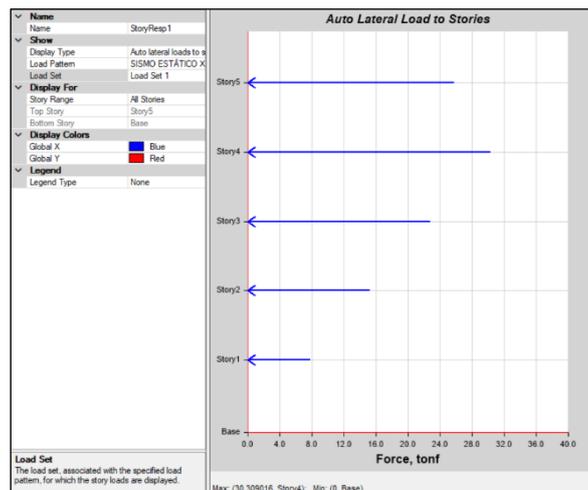


Figura 20. Fuerzas estáticas equivalentes en la dirección X (ETABS)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 9. Análisis estático – Fuerzas estáticas equivalentes en el eje X

Niveles	Fuerzas estáticas equivalentes (Ton)			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Nivel 5	30.993	24.178	16.688	20.180
Nivel 4	29.564	23.519	16.029	18.129
Nivel 3	22.243	17.694	12.054	13.635
Nivel 2	14.922	11.871	8.084	9.135
Nivel 1	7.679	6.087	4.188	4.725

Fuente: Elaboración propia (2023)

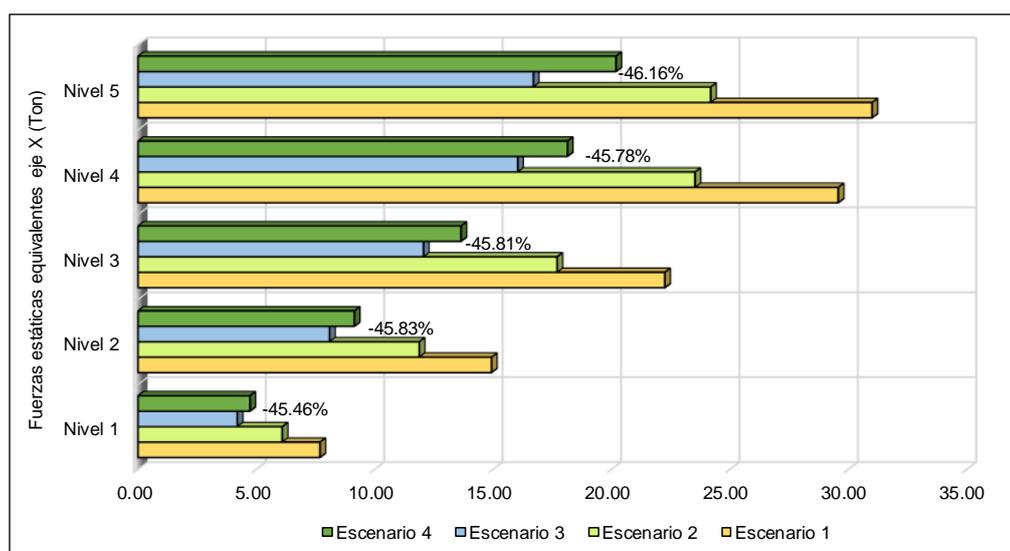


Figura 21. Fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel (Eje X)

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 9 y figura 21 se detalla en el eje X las fuerzas laterales estáticas que actúan en cada uno de los niveles de la estructura de análisis. Se constata que el escenario 3 presenta una mejor distribución de dichas fuerzas, además de que estas son menores a las determinadas en los otros escenarios de estudio. Teniendo como base el escenario 1, en comparación con el escenario 3, este presenta un mejor comportamiento, mostrando una reducción de las fuerzas laterales de -45.46% en el nivel 1, -45.83% en el nivel 2, -45.81% en el nivel 3, -45.78% en el nivel 4 y -46.16% en el nivel 5.

Fuerzas laterales estáticas eje Y

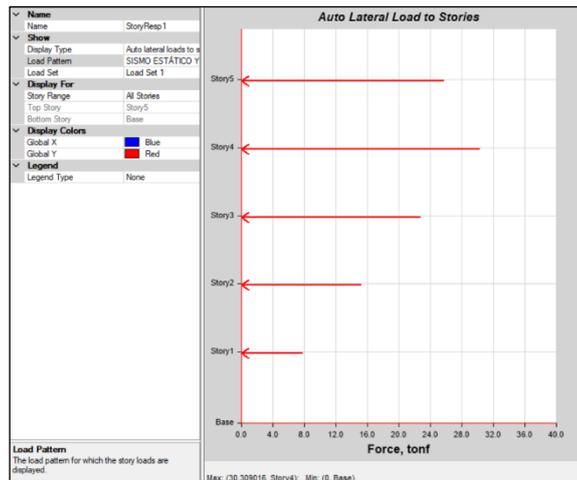


Figura 22. Fuerzas estáticas equivalentes en la dirección Y (ETABS)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 10. Análisis estático – Fuerzas estáticas equivalentes en el eje Y

Niveles	Fuerzas estáticas equivalentes (Ton)			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Nivel 5	30.993	24.178	16.688	20.180
Nivel 4	29.564	23.519	16.029	18.129
Nivel 3	22.243	17.694	12.054	13.635
Nivel 2	14.922	11.871	8.084	9.135
Nivel 1	7.679	6.087	4.188	4.725

Fuente: Elaboración propia (2023)

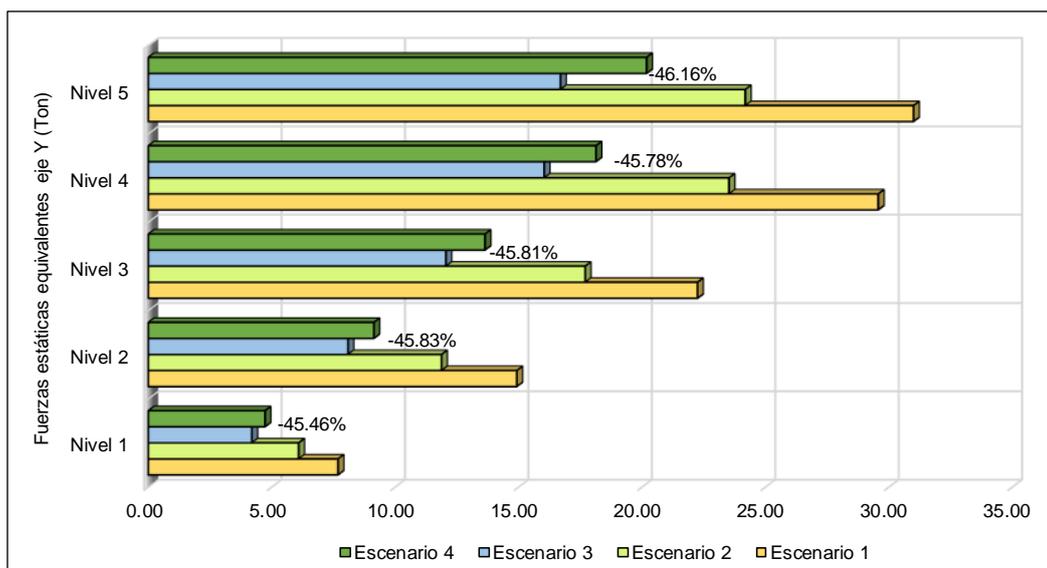


Figura 23. Fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel (Eje Y)

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 10 y figura 23 se observa en el eje Y las fuerzas laterales estáticas que actúan en cada uno de los niveles de la estructura de análisis. Se constata que el escenario 3 presenta una mejor distribución de dichas fuerzas, además de que éstas son menores a las determinadas en los otros escenarios de estudio. Tomando como base el escenario 1, en comparación con el escenario 3, este presenta un mejor comportamiento, mostrando una reducción de las fuerzas laterales de -45.46% en el nivel 1, -45.83% en el nivel 2, -45.81% en el nivel 3, -45.78% en el nivel 4 y -46.16% en el nivel 5.

Objetivo específico 2: Analizar dinámicamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas.

Análisis dinámico modal espectral

Rigidez de entrepiso en la dirección X

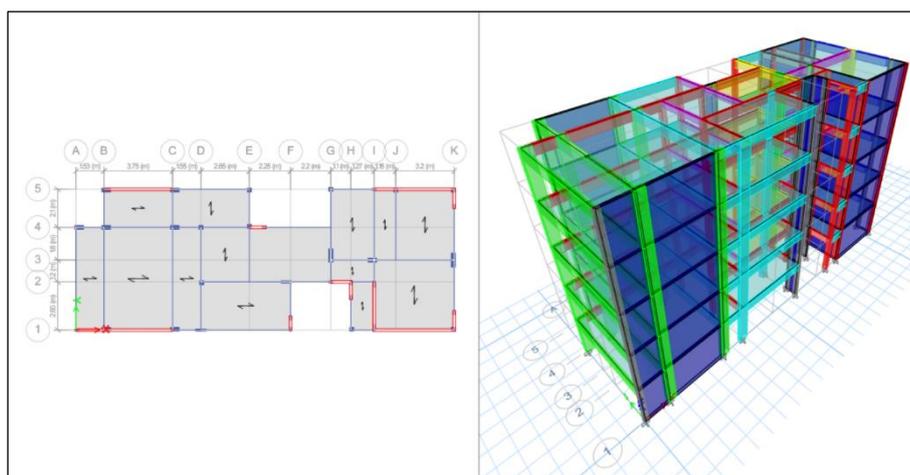


Figura 24. Rigidez de entrepiso en la dirección X (ETABS)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 11. Análisis dinámico – Rigidez de entrepiso dirección X

Rigidez de entrepiso (Ton/m)				
Niveles (Diafragmas)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Nivel 5 (D5)	12782.08	3073.46	340.17	417.68
Nivel 4 (D4)	36397.47	8205.82	680.67	806.60
Nivel 3 (D3)	74886.99	15910.72	951.16	1113.12
Nivel 2 (D2)	159314.55	31436.22	1146.90	1332.41
Nivel 1 (D1)	481035.85	86429.01	1262.71	1459.90

Fuente: Elaboración propia (2023)

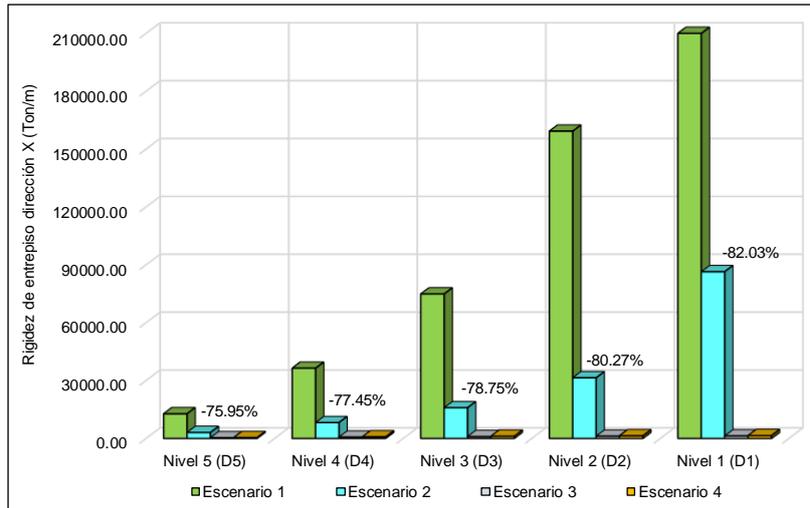


Figura 25. Rigidez de entepiso en el eje X

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 11 y figura 25 se denota que la rigidez de entepiso se reduce al implementarse las herramientas sísmicas, precisamente porque al extraerse los muros estructurales, las edificaciones se hacen más flexibles, aun así, cabe precisar que las estructuras no pierden ninguna condición de estabilidad, es más, tienden a actuar de manera más favorable ante la acción del sismo. Es así, que se determina que el escenario 2 muestra la menor reducción de rigidez de entepiso con respecto a los demás escenarios de análisis, en referencia al escenario 1.

Rigidez de entepiso en la dirección Y

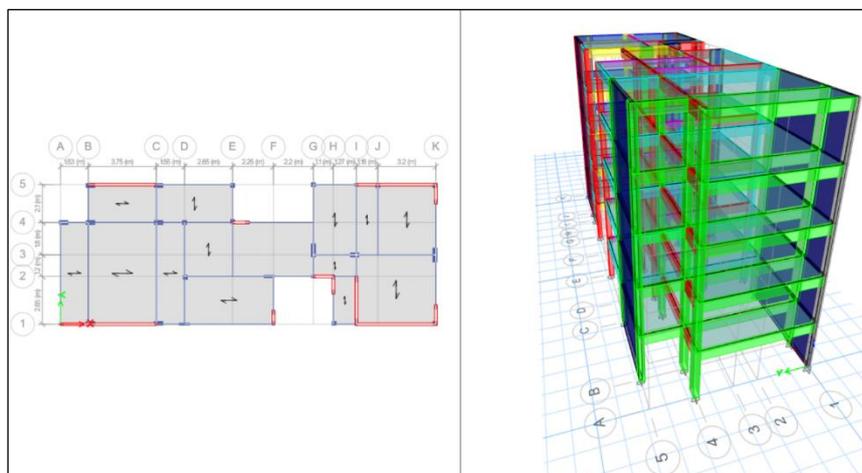


Figura 26. Rigidez de entepiso en la dirección Y (ETABS)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 12. Análisis dinámico – Rigidez de entrepiso dirección Y

Rigidez de entrepiso (Ton/m)				
Niveles (Diafragmas)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Nivel 5 (D5)	1763.83	1133.87	219.07	281.84
Nivel 4 (D4)	5011.81	3036.90	465.89	574.94
Nivel 3 (D3)	10297.21	5880.50	700.42	846.53
Nivel 2 (D2)	22122.86	11942.17	918.29	1091.07
Nivel 1 (D1)	70622.99	36951.25	1106.38	1294.81

Fuente: Elaboración propia (2023)

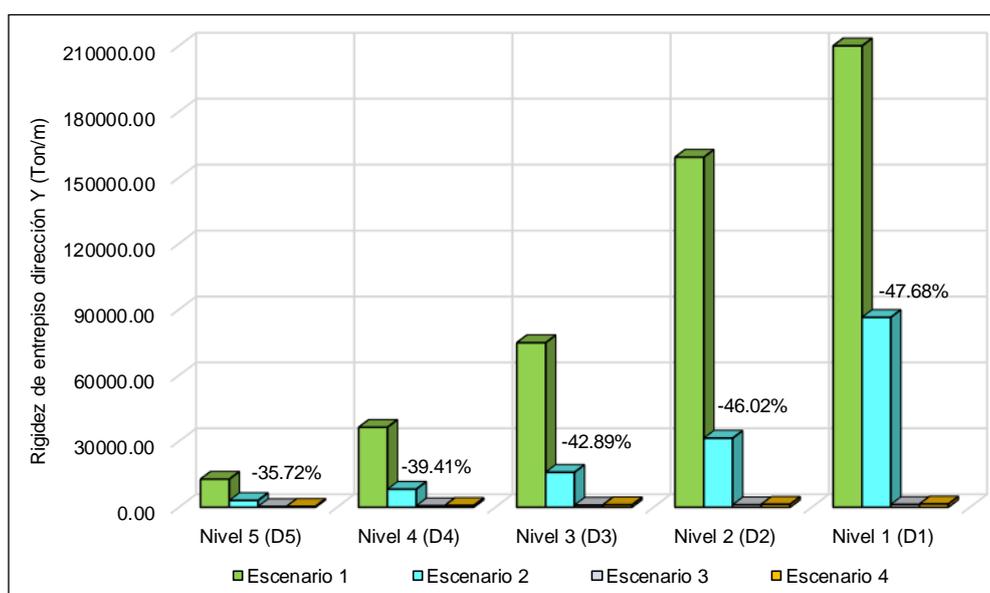


Figura 27. Rigidez de entrepiso en el eje Y

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 12 y figura 27 se puede apreciar la rigidez de entrepiso en la dirección Y, conforme a los escenarios de análisis. Se precisa que la rigidez de entrepiso se reduce al implementarse las herramientas sísmicas, precisamente porque al extraerse los muros estructurales, las edificaciones se hacen más flexibles, aun así, cabe precisar que las estructuras no pierden ninguna condición de estabilidad, es más, tienden a actuar de manera más favorable ante la acción del sismo. Es así, que se determina que el escenario 2 muestra la menor reducción de rigidez de entrepiso con respecto a los demás escenarios de análisis, en referencia al escenario 1.

Modos y periodos de vibración

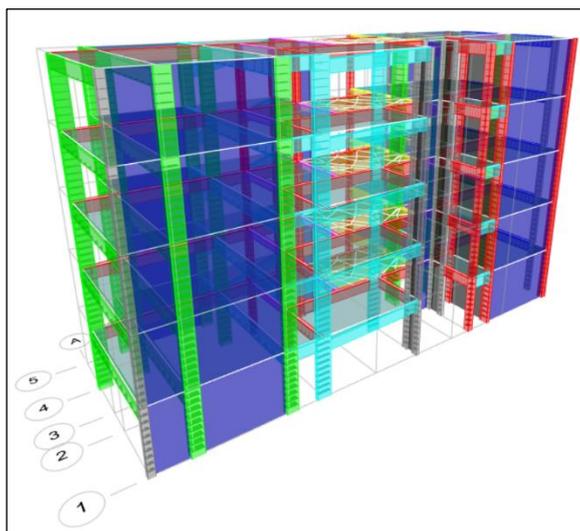


Figura 28. Modos y periodos de vibración de la estructura

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 13. Análisis dinámico – Modos y periodos de vibración

Modos de vibración	Periodos de vibración			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Modo 1	0.452	0.430	1.140	1.127
Modo 2	0.246	0.243	1.056	1.051
Modo 3	0.152	0.144	1.007	1.005
Modo 4	0.111	0.109	0.318	0.300
Modo 5	0.056	0.056	0.215	0.212
Modo 6	0.052	0.051	0.127	0.117
Modo 7	0.038	0.037	0.106	0.104
Modo 8	0.036	0.036	0.062	0.061
Modo 9	0.029	0.029	0.051	0.050
Modo 10	0.025	0.025	0.043	0.043
Modo 11	0.019	0.018	0.040	0.039
Modo 12	0.016	0.016	0.039	0.038
Modo 13	0.013	0.013	0.037	0.037
Modo 14	0.013	0.013	0.036	0.036
Modo 15	0.011	0.011	0.035	0.035

Fuente: Elaboración propia (2023)

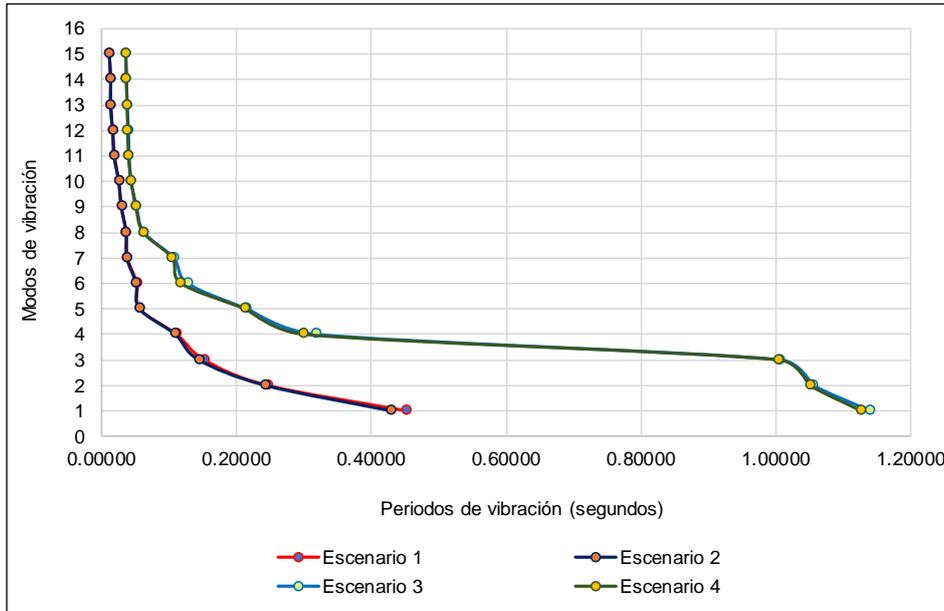


Figura 29. Análisis dinámico, periodos de vibración

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 13 y figura 29 se aprecia los periodos de vibración de la estructura de estudio, conforme a los diferentes escenarios de análisis. Se precisa que el escenario 1 y 2 presentan periodos bajos por lo que la estructura demuestra una composición basada en un sistema rígido, en cambio, comparando dichos periodos, el escenario 3 y 4 presentan periodos mayores por lo que sus sistemas son más flexibles.

Masa participativa de la edificación

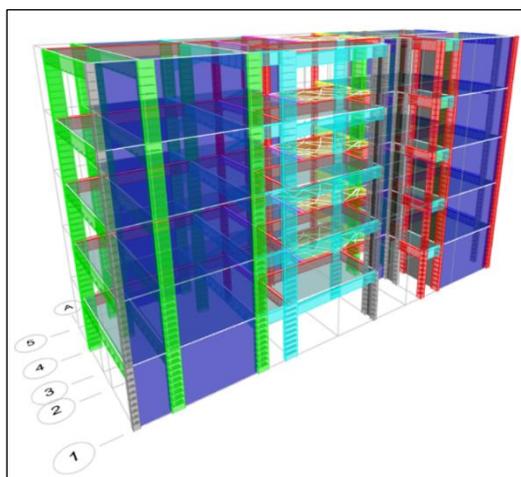


Figura 30. Modos de vibración de la estructura

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 14. Análisis dinámico – Masa participativa

Modos de vibración	Ejes de análisis	Ratios de masa modales participantes			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Modo 1	SumUX	0.0095	0.0076	0.0054	0.0027
	SumUY	0.6675	0.6605	0.7629	0.7016
Modo 2	SumUX	0.0111	0.0097	0.0238	0.0176
	SumUY	0.7098	0.7175	0.8907	0.8990
Modo 3	SumUX	0.7198	0.7272	0.9239	0.9241
	SumUY	0.7267	0.7303	0.9054	0.9099
Modo 4	SumUX	0.7344	0.7407	0.9242	0.9243
	SumUY	0.8876	0.8872	0.9241	0.9240
Modo 5	SumUX	0.7344	0.7407	0.9242	0.9243
	SumUY	0.8876	0.8873	0.9244	0.9244
Modo 6	SumUX	0.7349	0.7412	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9602	0.9604	0.9244	0.9244
Modo 7	SumUX	0.9371	0.9405	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9603	0.9608	0.9247	0.9247
Modo 8	SumUX	0.9373	0.9435	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9728	0.9727	0.9247	0.9247
Modo 9	SumUX	0.9374	0.9436	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9765	0.9764	0.9247	0.9247
Modo 10	SumUX	0.9374	0.9436	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9920	0.9920	0.9247	0.9247
Modo 11	SumUX	0.9828	0.9857	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9920	0.9920	0.9247	0.9247
Modo 12	SumUX	0.9828	0.9857	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9981	0.9982	0.9247	0.9247
Modo 13	SumUX	0.9968	0.9974	0.9247	0.9247
	SumUY	0.9981	0.9982	0.9247	0.9247
Modo 14	SumUX	0.9968	0.9975	0.9247	0.9247
	SumUY	1	1	0.9247	0.9247
Modo 15	SumUX	1	1	0.9247	0.9247
	SumUY	1	1	0.9247	0.9247

Fuente: Elaboración propia (2023)

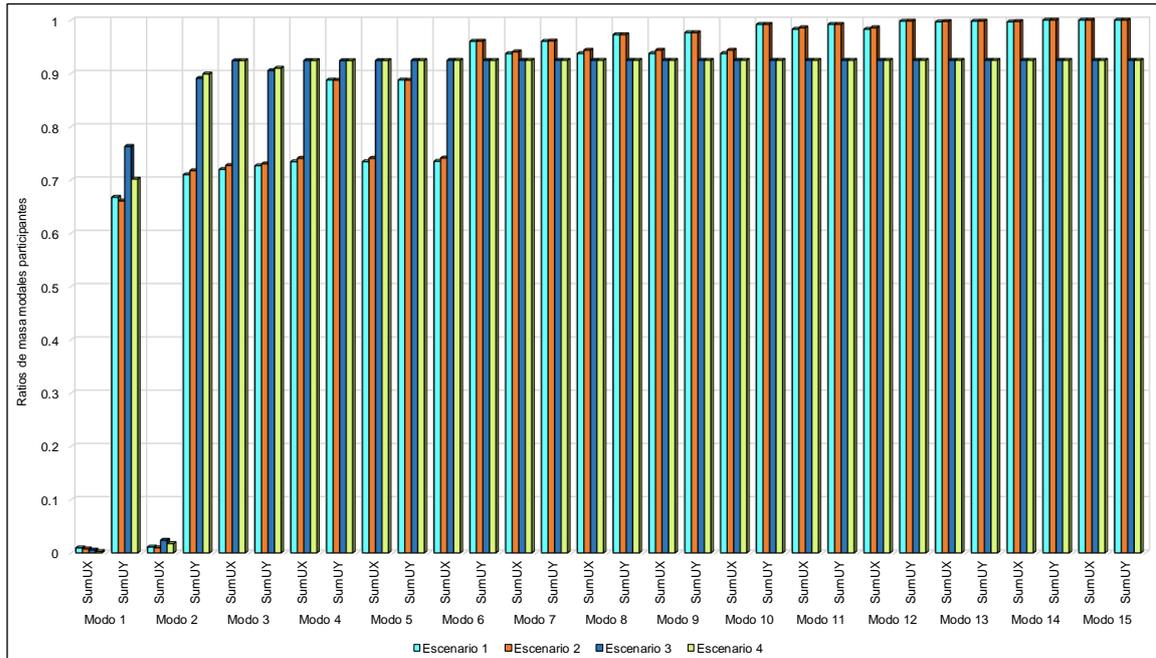


Figura 31. Masa participativa de las estructuras

Fuente: Elaboración propia (2023)

En la tabla 14 y figura 31 se denota la masa participativa en cada modo de vibración según los escenarios de estudio. Se constata que se cumple con la masa participativa de por los menos el 90% conforme establece la Norma E.030. La masa participativa presente al 100% estuvo dada en el escenario 1 y 2, en los modos 14 y 15 de la estructura.

Derivas

Derivas en la dirección X

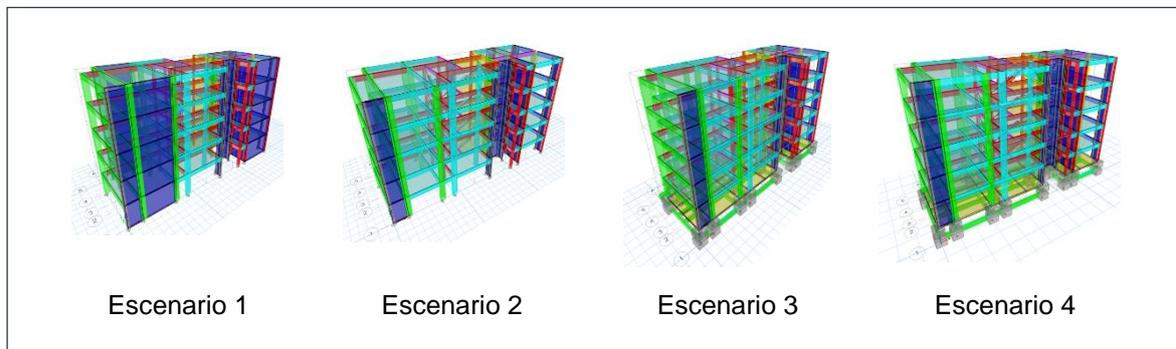


Figura 32. Modelado de las estructuras (eje X)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 15. Derivas en la dirección X

Derivas eje X				
Centros de masa (diafragmas)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
CM5 (D5)	0.000670	0.000592	0.000380	0.000319
CM4 (D4)	0.000689	0.000612	0.000380	0.000315
CM3 (D3)	0.000646	0.000578	0.000384	0.000319
CM2 (D2)	0.000523	0.000470	0.000361	0.000305
CM1 (D1)	0.000284	0.000272	0.000124	0.000100
% Variación (D5)		-11.75	-43.37	-52.41
% Variación (D4)		-11.14	-44.87	-54.25
% Variación (D3)		-10.63	-40.63	-50.63
% Variación (D2)		-10.04	-30.89	-41.70
% Variación (D1)		-4.11	-56.50	-64.73

Fuente: Elaboración propia (2023)

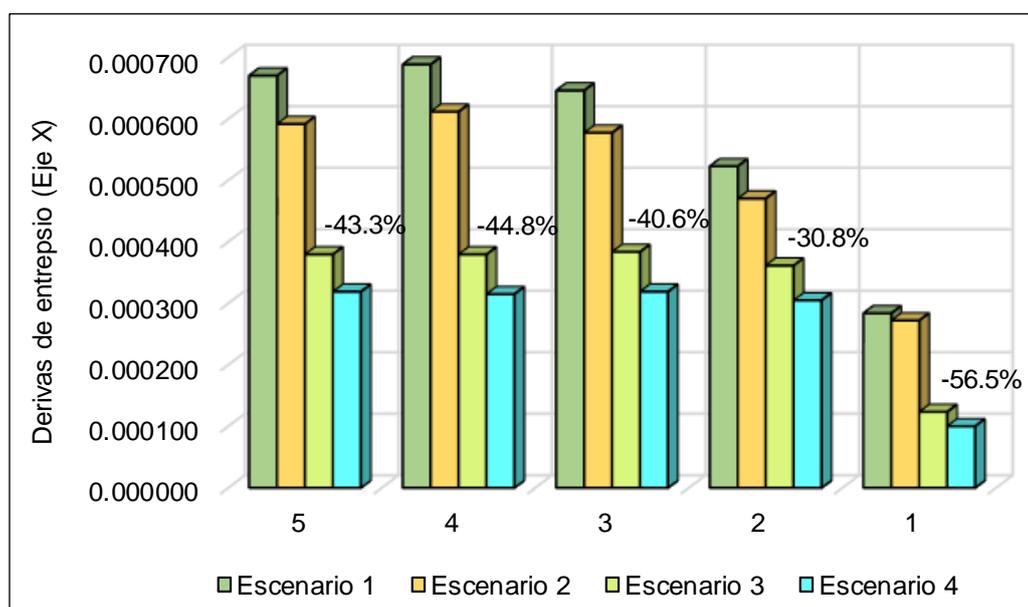


Figura 33. Variación de las derivas por nivel (eje X)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Conforme a la tabla 15 y figura 33 se observa las derivas de entrepiso en el eje X conforme a cada escenario de estudio. De las mismas, se determina que el

escenario 3 muestra reducciones de derivas de un aproximado de 40% en cada nivel en relación con el escenario 1. Sin embargo, cabe precisar que las menores derivas estuvieron dadas por el escenario 4 y el escenario 1 presentó las mayores derivas, en comparación a los demás escenarios de análisis. Además, se precisa que todas las derivas cumplen con la distorsión máxima de 0.007 que establece la Norma E.030 para el sistema estructural de concreto armado.

Derivas en la dirección Y

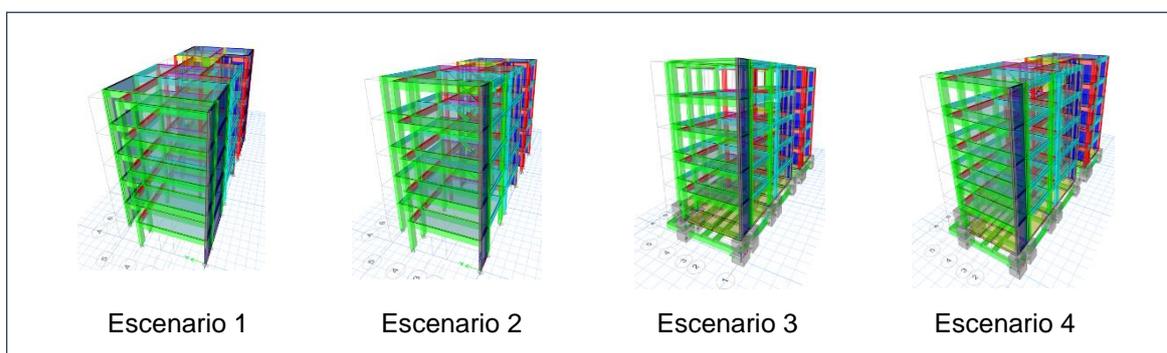


Figura 34. Modelado de las estructuras (eje Y)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 16. Derivas en la dirección Y

Derivas eje Y				
Centros de masa (diafragmas)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
CM5 (D5)	0.00555	0.00489	0.00227	0.00195
CM4 (D4)	0.00567	0.00498	0.00229	0.00196
CM3 (D3)	0.00546	0.00486	0.00236	0.00206
CM2 (D2)	0.00452	0.00409	0.00234	0.00207
CM1 (D1)	0.00227	0.00211	0.00113	0.00102
% Variación (D5)		-11.79	-59.16	-64.76
% Variación (D4)		-12.11	-59.54	-65.35
% Variación (D3)		-11.05	-56.71	-11.05
% Variación (D2)		-9.43	-48.28	-54.14
% Variación (D1)		-6.94	-50.42	-55.00

Fuente: Elaboración propia (2023)

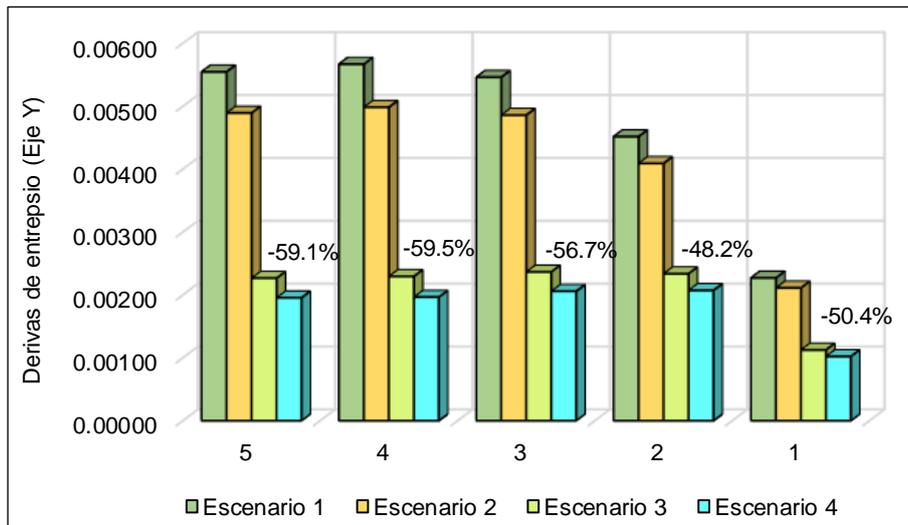


Figura 35. Variación de las derivas por nivel (eje y)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Conforme a la tabla 16 y figura 35 se observa las derivas de entrepiso en el eje Y conforme a cada escenario de estudio. De las mismas, se determina que el escenario 3 muestra reducciones de derivas de un aproximado de 50% en cada nivel en relación con el escenario 1. Sin embargo, cabe precisar que las menores derivas estuvieron dadas por el escenario 4 y el escenario 1 presentó las mayores derivas, en comparación a los demás escenarios de análisis. Además, se precisa que todas las derivas cumplen con la distorsión máxima de 0.007 que establece la Norma E.030 para el sistema estructural de concreto armado.

Cortante dinámica

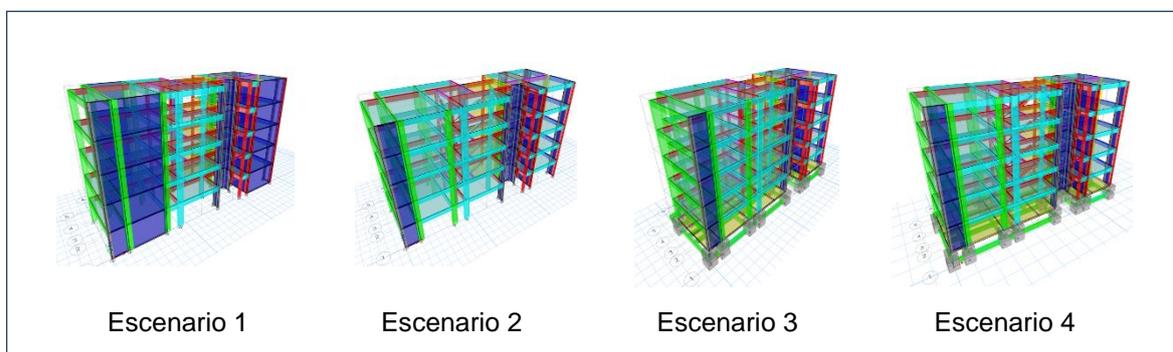


Figura 36. Escenarios de análisis (cortantes dinámicos)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 17. Cortantes dinámicos

Parámetros de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Cortante dinámico dirección X	83.145	67.126	48.126	56.255
Cortante dinámico dirección Y	83.145	67.126	48.126	56.255
% Variación (Cortante dinámico eje X)		-19.27	-45.12	-32.34
% Variación (Cortante dinámico eje Y)		-19.27	-45.12	-32.34

Fuente: Elaboración propia (2023)

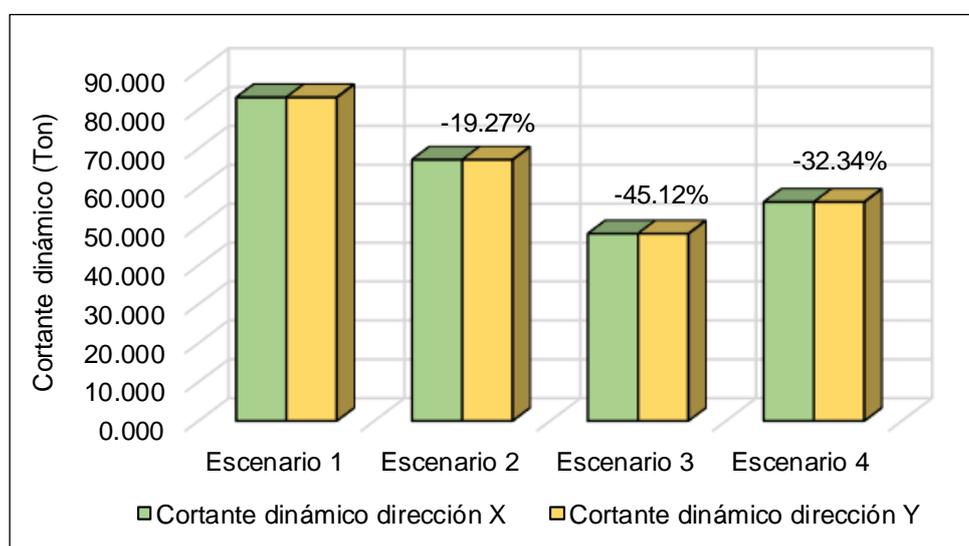


Figura 37. Cortantes dinámicos en la dirección X e Y

Fuente: Elaboración propia (2023)

De acuerdo con la tabla 17 y figura 37 se observa las cortantes dinámicas en las direcciones X e Y, conforme a los diferentes escenarios de análisis. De las mismas, se determina que el escenario 3 presenta la menor cortante dinámica y el escenario 1 presenta la mayor cortante dinámica en comparación a los demás escenarios analizados. Es así como se observa que la cortante dinámica en el eje X e Y sufre una reducción del 45.12% respecto a la edificación convencional. Además, se precisa que todas las cortantes dinámicas cumplieron con el 80% de la cortante estática, parámetro como mínimo que establece la Norma E.030 para la verificación de cortantes.

4.5 Contrastación de hipótesis

Contraste de Hipótesis: Edificaciones convencionales con bases fijas, aisladas con herramientas sísmicas y análisis estático por desempeño

Para realizar la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: El análisis estático por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, no varían notablemente.

H_a: El análisis estático por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.

Peso de la estructura

El peso de la estructura convencional en los 4 escenarios de análisis es distinto, con una tendencia de reducción debido al tipo y conjunto de herramientas sísmicas aplicadas para su análisis. Se puede deducir que la edificación con mayor peso es la vivienda convencional de 5 niveles sin implementar aisladores y disipadores sismorresistentes. La reducción del peso en las estructuras se debe a la implementación de las herramientas sísmicas (aislador sísmico FPS y disipador a fricción), dado que al aplicarse dichos sistemas se extraen de la estructura los muros estructurales, los cuales hacen que las mismas reduzcan sus cargas considerablemente, este aspecto es mayormente notorio en el sistema que conforma al escenario 3. De este modo, se detalla que el peso de la edificación varía notablemente en cada escenario de estudio (ver tabla 7 y figura 16).

Coefficiente sísmico

El coeficiente sísmico estático fue calculado conforme a los parámetros que establece la Norma E.030. De acuerdo con las características de la edificación y consideraciones precisadas para la misma, se determinó trabajar con un mismo coeficiente sísmico de 0.169 para el escenario 1, y con un coeficiente de 0.1477 para los demás escenarios de análisis, en ambas direcciones. Con relación a ello, se obtuvo resultados notables dado que la estructuración fue distinta para cada eje de análisis, además, de que con la implementación de las herramientas sísmicas la información de resultados fue notoria en comparativa al escenario 1, el cual representa a la edificación convencional con bases empotradas (ver tabla 7).

Cortante basal estática

La cortante basal tuvo una variación notable en ambas direcciones, según cada escenario de análisis, observándose un comportamiento descendente notorio entre el escenario 1, de la vivienda convencional, con mayor incidencia en la cortante basal, mientras que el escenario 3, con la implementación de los aisladores FPS, presentó una cortante basal menor, reduciéndose un 45.88% en el eje X y un 45.88% en el eje Y, con relación a la cortante obtenida en el escenario 1. Esto demuestra la variación obtenida en la cortante para cada escenario, haciéndose representativa y notoria dicha información en el escenario 3 (ver tabla 8 y 9, figura 19 y 21).

Tabla 18. Rangos de notoriedad para la cortante basal en el eje X e Y

Notoriedad	Rangos
No notorio	0 >
Notorio	-20 a -44
Muy notorio	-45 <

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 19. Valores de notoriedad para la cortante basal

Parámetro de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Cortante basal dirección X	105.400	83.348	57.043	65.804
Cortante basal dirección Y	105.400	83.348	57.043	65.804
Valor de notoriedad respecto al escenario 1 (Eje X)		-22.052	-48.357	-39.596
Notoriedad respecto al escenario 1 (Eje Y)		-22.052	-48.357	-39.596
Notoriedad		Notorio	Muy notorio	Notorio

Fuente: Elaboración propia (2023)

Los datos mostrados en la tabla 19, precisan la variación de rangos de notoriedad conforme a la cortante basal en las dos direcciones de análisis para los 4 escenarios analizados. Se aprecia que el escenario 3, con una cortante basal de 57.043 Ton en el eje X e Y, muestra una reducción de la cortante basal de 48.357 Ton respecto al escenario 1, lo cual, conforme a los rangos de notoriedad calculados, determinan

que se encuentra en un rango muy notable, dado que la cortante presenta una reducción notoria respecto a los resultados obtenidos para los demás escenarios de análisis.

Fuerzas estáticas equivalentes

Las fuerzas estáticas equivalentes varían entre los escenarios y distintos niveles que comprende la edificación, debido a que se reducen dichas fuerzas al implementarse las herramientas sísmicas. Se ha precisado que el escenario 3 presenta una mejor distribución de fuerzas laterales en ambas direcciones a comparación al resto de escenarios analizados, esto demuestra una variación progresiva notable respecto a la implementación de las herramientas sísmicas (ver tabla 9 y 10, figura 21 y 23).

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), demostrando que el análisis estático por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.

Contraste de Hipótesis: Edificaciones convencionales con bases fijas, aisladas con herramientas sísmicas y análisis dinámico por desempeño

Para realizar la contrastación se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 : El análisis dinámico por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, no varían notablemente.

H_a : El análisis dinámico por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.

Rigidez de entrepiso

La rigidez de entrepiso para ambas direcciones varía según los niveles de la estructura, se precisó que la aplicación de las herramientas sísmicas permite que la edificación cumpla su función de servicio y a la vez contribuya en la estabilidad de la vivienda. Se apreció que la rigidez del escenario 2, 3 y 4, en los distintos niveles se redujo con respecto al escenario 1, presentando así sistemas un poco más flexibles, esto demostró una varianza notoria, dado que se obtuvo menores

rigideces al implementar las herramientas sísmicas a la estructura de análisis, sin embargo, cabe precisar que la estabilidad y desempeño sísmico fue mejor respecto a los demás escenarios analizados (ver tabla 11 y 12, figura 25 y 27).

Modos y periodos de vibración

Los periodos de vibración variaron notoriamente de acuerdo con cada escenario de estudio según los modos de vibración, siendo los periodos de vibración distintos debido al análisis y condiciones de restricciones al emplear las herramientas sísmicas en el análisis. Los periodos de vibración sufrieron cambios debido al sistema sismorresistente empleado, observándose así que el escenario 1 y 2 presentaron periodos bajos, manteniéndose un sistema rígido, mientras que, el escenario 3 y 4 presentan periodos mayores, mostrándose como sistemas flexibles (ver tabla 13 y figura 29).

Masa participativa de la edificación

La masa participativa de la edificación cumple con lo estipulado por la norma E.030, dado que se supera el 90% de masa participativa de la estructura en todos los escenarios analizados. Esta condición se aprecia con un mejor desempeño en el escenario 3, precisamente porque la implementación de aisladores permitió a la edificación cumplir de manera más directa con la masa participativa en cada uno de los pisos de análisis, es así como se presentó un mejor comportamiento en comparación a los demás escenarios estudiados. De este modo, se precisa que la masa de participación varía notablemente en cada escenario de estudio (ver tabla 14 y figura 31).

Derivas de entrepiso

Las derivas tienen una variación notoria en ambas direcciones según cada escenario de estudio. Conforme a la Norma E.030 para la restricción de deriva máxima de 0.007 para concreto armado, se determinó que todos los sistemas cumplieron satisfactoriamente, denotándose así que el escenario 3 presentó las menores derivas y el escenario 1 presentó las derivas mayores, en comparación a los demás escenarios analizados (ver tabla 15 y 16, figura 33 y 35).

Tabla 20. Rangos de notoriedad para las derivas de entropía eje X

Notoriedad	Rangos
No notorio	0.00001 >
Notorio	-0.00001 a -0.00008
Muy notorio	-0.0001 <

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 21. Valores de notoriedad para las derivas de entropía eje X

Parámetro de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Nivel 5	0.000670	0.000592	0.000380	0.000319
Nivel 4	0.000689	0.000612	0.000380	0.000315
Nivel 3	0.000646	0.000578	0.000384	0.000319
Nivel 2	0.000523	0.000470	0.000361	0.000305
Nivel 1	0.000284	0.000272	0.000124	0.000100
Valor de notoriedad – Nivel 5		-0.000079	-0.000291	-0.000351
Valor de notoriedad – Nivel 4		-0.000077	-0.000309	-0.000374
Valor de notoriedad – Nivel 3		-0.000069	-0.000263	-0.000327
Valor de notoriedad – Nivel 2		-0.000053	-0.000162	-0.000218
Valor de notoriedad – Nivel 1		-0.000012	-0.000160	-0.000184
Notoriedad		Notorio	Muy notorio	Muy notorio

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 22. Rangos de notoriedad para las derivas de entropía eje Y

Notoriedad	Rangos
No notorio	0.0001 >
Notorio	-0.0001 a -0.0007
Muy notorio	-0.001 <

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 23. Valores de notoriedad para las derivas de entropía eje Y

Parámetro de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Nivel 5	0.00555	0.00489	0.00227	0.00195
Nivel 4	0.00567	0.00498	0.00229	0.00196
Nivel 3	0.00546	0.00486	0.00236	0.00206
Nivel 2	0.00452	0.00409	0.00234	0.00207
Nivel 1	0.00227	0.00211	0.00113	0.00102

Valor de notoriedad – Nivel 5		-0.000654	-0.003281	-0.003592
Valor de notoriedad – Nivel 4		-0.000687	-0.003376	-0.003705
Valor de notoriedad – Nivel 3		-0.000604	-0.003098	-0.003404
Valor de notoriedad – Nivel 2		-0.000426	-0.002181	-0.002445
Valor de notoriedad – Nivel 1		-0.000158	-0.001144	-0.001248
Notoriedad		Notorio	Muy notorio	Muy notorio

Fuente: Elaboración propia (2023)

La data evidenciada en la tabla 21 y 23, precisa la variación de rangos de notoriedad conforme a las derivas de entepiso respecto a las dos direcciones de análisis en coherencia a las condiciones estudiadas. Se aprecia que el escenario 3 y 4, muestran una reducción relevante de las derivas respecto al escenario 1, lo cual, conforme a los rangos de notoriedad calculados, determinan que se encuentran en un rango muy notorio, dado que las derivas tienen una reducción considerable respecto a los resultados obtenidos para los demás escenarios de análisis.

Cortante dinámico

De acuerdo con el análisis realizado, se precisa que el cortante dinámico disminuye al implementarse las herramientas sísmicas. Es así como, al contrastar los resultados respecto a la Normativa E.030 para la verificación de cortantes, las cortantes dinámicas en cada dirección de análisis, conforme a los diferentes escenarios cumplen con el parámetro mínimo de representar el 80% de la cortante estática. Se determinó que el escenario 3 presentó la menor cortante dinámica y el escenario 1 presentó la mayor cortante dinámica, en comparación a los demás escenarios analizados (ver tabla 17 y figura 37).

Tabla 24. Rangos de notoriedad para el cortante dinámico en el eje X e Y

Notoriedad	Rangos
No notorio	0 >
Notorio	-15 a -33
Muy notorio	-34 <

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 25. *Valores de notoriedad para el cortante dinámico*

Parámetro de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Cortante dinámico dirección X	83.145	67.126	48.126	56.255
Cortante dinámico dirección Y	83.145	67.126	48.126	56.255
Notoriedad respecto al escenario 1 (Eje X)		-16.019	-35.019	-26.890
Notoriedad respecto al escenario 1 (Eje Y)		-16.019	-35.019	-26.890
Notoriedad		Notorio	Muy notorio	Notorio

Fuente: Elaboración propia (2023)

La información precisada en la tabla 25, demuestra la variación de rangos de notoriedad entre la cortante dinámica calculada para cada dirección de análisis respecto a los diferentes escenarios de estudio. De este modo, se determina que el escenario 3 muestra una disminución considerable del cortante dinámico con relación al escenario 1, lo cual, conforme a los rangos de notoriedad determinados, se detalla que se encuentra en un rango muy notorio, dado que las cortantes de dicho escenario muestran resultados considerables en comparación a los demás escenarios de análisis.

Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), demostrando que el análisis dinámico por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.

V. DISCUSIÓN

Quiroz (2020), en su investigación “Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio de concreto armado con disipador de energía y con aislador sísmico”, realizaron la comparación entre un edificio de concreto armado con disipador de fluido viscosos y un edificio con aislador con núcleo de plomo, en cuanto a la respuesta estructural. Este proyecto fue realizado en el distrito de Barranco, Lima. Se analizó un edificio de 12 pisos, categoría tipo C, con sistemas de pórticos en las direcciones X e Y, con un suelo tipo S2 y zona 4. Determinó que a nivel estático se obtuvo reducciones considerables de la cortante basal al implementar los aisladores y disipadores, manteniéndose una correcta distribución de las fuerzas laterales, con periodos y modos de vibración acorde a lo establecido por la Norma E.030, mostrándose más de un 90% de la masa participativa de la edificación. En contraste a la investigación precisada, se realizó el análisis a una estructura de 5 niveles, categoría tipo C, ubicada en San Martín de Porres, Lima, determinada en una zona 4, con un sistema estructural dual en la dirección X e Y, con un suelo tipo S2, teniéndose así parámetros sísmicos similares con relación a la edificación estudiada por el autor. Al emplearse los aisladores de péndulo de fricción (FPS) y disipadores a fricción, se obtuvo un comportamiento estático adecuado, dado que la cortante basal presentó una notoria reducción al implementarse las herramientas sísmicas en comparación a la edificación convencional, así también las fuerzas estáticas se distribuyeron adecuadamente y se cumplió con la masa participativa que solicita la Norma E.030. De esta manera, al comparar la información de las investigaciones, se determina que hay una gran similitud en el comportamiento de las estructuras en relación con el análisis estático, al implementarse aisladores y disipadores. Cabe destacar que en la presente investigación, el escenario conformado por aisladores FPS mostró un mejor comportamiento respecto a los parámetros analizados con anterioridad. Por lo tanto, se precisa que la implementación adecuada de las herramientas sísmicas en edificaciones contribuye a obtener un mejor desempeño en el comportamiento sísmico.

Batallas (2022), en su investigación “Propuesta para la selección e implementación de aisladores sísmicos en la cimentación superficial de hormigón armado, del

proyecto de vivienda unifamiliar Aldovea, Parroquia Calderón, Cantón Quito”, realizó un análisis y validación de la implementación de aisladores sísmicos en cimientos de viviendas unifamiliares de hormigón armado, mediante una rigurosa investigación que comprendía el modelado con y sin aisladores de la edificación a fin de determinar los beneficios y ventajas en comparación con las metodologías de diseño tradicionales. Este proyecto fue realizado en Quito, Ecuador. Se analizó tres tipos de vivienda unifamiliar de hormigón armado que existen en la residencial Alvodea haciendo uso de los planos arquitectónicos, teniendo como referencia las normativas chilenas NCH433 y NCH2745 para el diseño de aisladores tipo elastoméricos con núcleo de plomo. Determinó que la implementación del aislador LRB en la base de viviendas unifamiliares cumplieron la función de distribuir uniformemente las fuerzas horizontales en la edificación, a fin de aislar la estructura y absorber la mayor parte de energía, mientras esta se disipa, asimismo, se observó una disminución significativa en los desplazamientos de la estructura, considerando la aplicación de esta herramienta sísmica como funcional, óptima y factible para su implementación en las edificaciones ubicadas en zonas altamente sísmicas. En contraste a la investigación precisada, los procesos y finalidad de la implementación de esta herramienta coinciden con el propósito y beneficio de estudio, debido a que con la aplicación del aislador péndulo de fricción (FPS), una herramienta sísmica del costo más bajo a comparación de sus predecesoras, sin desmerecer la finalidad del mismo, ha demostrado la factibilidad de adecuarse a demandas significativas de ductilidad al 100% ($R=1/R=7$), reduciéndose en cuánto a desplazamientos y permaneciendo en el rango de un comportamiento favorable para la edificación, en concordancia con los parámetros y normativas aplicadas.

Marín (2019), en su investigación “Análisis comparativo de la respuesta dinámica entre una estructura sísmicamente aislada con aisladores Lead Rubber Bearing (LRB) vs una estructura convencional”, realizó un análisis comparativo de la respuesta sísmica de un sector correspondiente a una estructura hospitalaria implementando un sistema de aislación sísmica con aisladores elastoméricos de núcleo de plomo LRB. Este proyecto fue realizado en Bucaramanga, Colombia. Se analizó un bloque de un centro hospitalario para la implementación de un sistema de aislación sísmica basal con aisladores de núcleo de plomo y contrastando para

la misma estructura sin el sistema en mención. En término estáticos, determinó que el dispositivo de aislación LRB arrojó un correcto cálculo de las propiedades mecánicas para el cual fue solicitado, así como un óptimo desempeño, obteniendo una reducción significativa en los parámetros que afectan la integridad de la estructura, presentando un aumento de 22% de amortiguamiento ocasionando el incremento del periodo fundamental a 2s, con una participación de masa cerca del 100% para los 3 primeros modos de comportamiento traslacional y torsional. En contraste a la investigación, efectivamente la implementación del aislador de péndulo de fricción FPS se correlaciona con lo mencionado por el autor, precisamente porque el uso y aplicación de la mencionada herramienta sísmica, ha evidenciado una cortante basal reducida y a su vez a aumentando el amortiguamiento, mejorando significativamente en los desplazamientos, sufriendo reducciones notables, y evitando que se produzcan daños considerables a la estructura. De esta manera, se logró que la edificación pueda mantenerse estable y conforme a los parámetros de demanda ante eventos sísmicos de acuerdo con su diseño de serviciabilidad y uso.

Príncipe (2021), en su investigación “Análisis sísmico de una estructura aporticada de 3, 5 y 7 niveles con disipador de energía y aislador sísmico”, determinó estudiar la respuesta sísmica del disipador de fluido viscoso y el aislador con núcleo de plomo para estructuras de diferentes niveles, con el propósito de realizar una comparativa entre los mismos. Este proyecto se llevó a cabo en San Marcos, centro poblado de Quinhuaragra, Caserío de Pucuta, Áncash. Se analizó estructuras de 3, 5 y 7 pisos, categoría tipo C, se trabajó con un sistema dual en las dos direcciones, con suelo tipo S2 y zona 3. Conforme al análisis dinámico, precisó que al incorporar los disipadores de energía y aislador sísmico se redujeron los desplazamientos y fuerzas cortantes, así como las derivas de entrepiso, cumpliéndose satisfactoriamente con los parámetros de la Norma E.030. En contraste a la investigación anteriormente detallada, se realizó el análisis a una estructura de 5 niveles, categoría tipo C, ubicada en San Martín de Porres, Lima, determinada en una zona 4, con un sistema estructural dual en la dirección X e Y, con un suelo tipo S2, teniéndose así algunas características similares a la edificación estudiada por el autor. Para el análisis se implementó aisladores de

péndulo de fricción (FPS) y disipadores a fricción. Conforme a este estudio, se obtuvo un adecuado comportamiento dinámico, dado que las derivas de entrepiso presentaron una notoria reducción al implementarse las herramientas sísmicas en comparación a la edificación convencional, así también se cumplió con la masa participativa, y con la verificación de cortantes según lo solicitado por la Norma E.030. De este modo, al comparar la información de las investigaciones, se determina que hay una gran similitud en el comportamiento de las estructuras en relación con el análisis dinámico, al implementarse aisladores y disipadores. Por otro lado, cabe mencionar que en la presente investigación, el escenario conformado por aisladores FPS mostró un mejor comportamiento respecto a los parámetros analizados con anterioridad. Por consiguiente, se precisa que el uso adecuado de las herramientas sísmicas permite obtener un mejor desempeño en el comportamiento sísmico de las estructuras con relación a las edificaciones convencionales.

Ñañez y Hernández (2019), en su investigación “Estudio comparativo del diseño de la estructura de una edificación típica apoyada sobre aisladores sísmicos y apoyos rígidos”, determinaron comparar los desplazamientos y fuerzas internas ocasionadas en una estructura, para contrastar los resultados en una misma estructura con un sistema de aislación en la base, a fin de obtener información relevante para la aplicación de la misma en edificaciones futuras. Este proyecto se llevó a cabo en la Universidad Católica de Colombia, Av. Agoberto Mejía – Bogotá y equipos de la empresa Julio Martínez Chávez & CIA, Colombia. Se analizó una edificación típica apoyada sobre aisladores sísmicos elastoméricos y apoyos rígidos mediante el software ETABS. Conforme al análisis dinámico, las derivas no sobrepasaron el límite establecido por la NSR – 10, asimismo, identificaron que la estructura con base empotrada se encuentra en los estándares de cumplimiento establecido en la NSR – 10, además, al implementar un sistema de aislación sísmica, la edificación presentó un mejor desempeño en relación con desplazamientos y fuerzas internas. En contraste al proyecto mencionado con anterioridad, se realizó el análisis a una estructura de 5 niveles, categoría tipo C, ubicada en San Martín de Porres, determinada en una zona 4, con un sistema estructural dual en la dirección X e Y, con un suelo tipo S2, teniéndose así algunas

características similares a las condiciones establecidas por el autor. Se determinó un adecuado comportamiento dinámico, el aislador péndulo de fricción mostró un mejor desempeño en cuanto al desplazamiento lateral a comparación del sistema con disipadores a fricción, sin embargo, ambos permanecieron en estricto rigor de acuerdo a la normativa E.030 y parámetros de seguridad de demanda, evidenciando un mejor comportamiento en los aisladores en mención, contribuyendo de manera más conforme a salvaguardar la seguridad y vida de las personas, permitiendo a que en la estructura se pueda evacuar y/o rehabilitar sin pérdidas materiales considerables ante la ocurrencia de eventos sísmicos.

Herrera (2019), en su investigación "Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso", realizó la evaluación de desempeño sísmico de la estructura por medio de un análisis de tiempo – historia obteniendo resultados de derivas y fuerzas internas que estén dentro de los parámetros de la norma E.030 y norteamericana ASCE 7 – 16. Este proyecto tuvo lugar en la Residencial Los Tulipanes, Camaná, Arequipa. Se analizaron estructuras apertadas de concreto armado implementando aisladores y amortiguadores sísmicos mediante las especificaciones del FEMA 274. Conforme al análisis dinámico, se concluyó que los periodos de vibración de la estructura empleando amortiguadores de fluido viscoso modifican el periodo fundamental sin alterar su rigidez de la edificación, en comparación con los aisladores sísmicos que se obtuvieron periodos elevados, haciendo que la estructura se vuelva flexible ocasionando la reducción de las aceleraciones sísmicas. En contraste al proyecto precisado con anterioridad, se realizó el análisis a una edificación de 5 niveles, categoría tipo C, localizada en San Martín de Porres, Lima, determinada en una zona 4, con un sistema estructural dual en la dirección X e Y, con un suelo tipo S2, mostrándose así algunas características similares a la edificación analizada por el autor, dado que aplicó también la normativa peruana referida al diseño sismorresistente. Se determinó que el sistema con aislamiento sísmico presentó un mejor desempeño, pues, al incorporarse los aisladores de péndulo de fricción en la estructura de estudio, este mostró una mayor flexibilidad en la estructura, sin perder su rigidez lateral, asimismo, el amortiguamiento que otorgó a la edificación fue significativamente favorable debido a que se evidenció una mejoría en contraste

con el autor en cuanto a demanda sísmica, puesto que la edificación se mantuvo en el debajo del límite de seguridad de desempeño. Así también, es predominante reconocer que la reducción de las derivas y fuerzas cortantes fue notoria en comparación a la edificación convencional. Conforme al análisis por desempeño se ha podido efectuar con mayor adecuación las condiciones necesarias para que la edificación funcione de manera más correcta, conforme a sus condiciones y parámetros de demanda. Por consiguiente, este análisis denota la capacidad de las herramientas sísmicas para mejorar el desempeño de las estructuras al verse afectadas por movimientos sísmicos, contribuyendo así que su implementación sea analizada con mayor criterio y rigurosidad para de este modo evitar que se puedan producir daños considerables a las futuras edificaciones en nuestro país, siendo predominante posteriores eventos telúricos en la ciudad de Lima, precisamente por el silencio sísmico que prevalece desde hace ya muchos años.

VI. CONCLUSIONES

1. En conformidad con la investigación realizada, el uso de herramientas sísmicas como el aislador de péndulo de fricción (FPS) y disipador a fricción, contribuyen notoriamente en el comportamiento sísmico por desempeño a nivel estático y dinámico. Por lo tanto, con relación al aislador de péndulo de fricción (FPS), este mostró una mayor flexibilidad en la estructura manteniendo su rigidez lateral, y reduciendo considerablemente las fuerzas sísmicas. Así también, el disipador a fricción disminuyó las fuerzas cortantes y las derivas de entrepiso, ambas herramientas mostraron una mejora importante respecto a la edificación convencional, destacándose el aislador sísmico por encima del disipador, dado que cumplió con mayor notoriedad con los diferentes parámetros y verificaciones establecidas en la Norma E.030. Cabe destacar que el análisis sísmico por desempeño es un estudio esencial y predominante para identificar adecuadamente las condiciones necesarios y parámetros de demanda de las estructuras, a fin de determinar correctamente los puntos y condiciones vulnerables de las edificaciones y de este modo establecer las herramientas sísmicas más favorables para su correcto comportamiento, procurando de esta manera mantener estabilidad y condiciones de desempeño a nivel de seguridad material y de la ciudadanía como tal. Por lo tanto, se detalla que el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas está dentro de los parámetros de demanda sísmica y respuesta estructural.
2. El análisis sísmico estático incorporando herramientas sísmicas, aislador de péndulo de fricción (FPS) y disipador a fricción, mediante un análisis por desempeño demostraron que brindan un mejor comportamiento sísmico a una edificación de 5 niveles en comparación a una estructura convencional. Se obtuvo reducciones considerables de la cortante basal al implementar los aisladores y disipadores, manteniéndose una correcta distribución de las fuerzas laterales, con periodos y modos de vibración acorde a lo establecido por la Norma E.030, mostrándose más de un 90% de la masa participativa

de la edificación, además de demostrar deformaciones considerablemente menores a nivel estático con respecto a la estructura convencional base. Por consiguiente, se determina que el análisis estático por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas varían notablemente.

3. El análisis sísmico dinámico incorporando herramientas sísmicas, aislador de péndulo de fricción (FPS) y disipador a fricción, mediante un análisis por desempeño demostraron que contribuyen a mejorar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 niveles en comparación a una estructura convencional. Es así como al incorporar los disipadores y aisladores se redujeron las fuerzas cortantes, fuerzas laterales, los desplazamientos, derivas, además de cumplirse con la verificación de cortantes. De este modo, la implementación de estos sistemas permitió demostrar un mejor desempeño sísmico en comparación a una edificación convencional, mostrando parámetros y condiciones en conformidad a las verificaciones establecidas por la Norma E.030. De esta manera, es preciso señalar que en el análisis dinámico por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas varían notablemente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Adecuar y ubicar correctamente los aisladores FPS y disipadores a fricción conforme a la simetría y distribución de los elementos estructurales de la edificación estudiada, analizando precisamente el comportamiento por desempeño de la estructura convencional mediante las gráficas de demanda, para de esta manera identificar los sectores vulnerables y diseñar correctamente las herramientas sísmicas, para luego ser incorporadas a la estructura en concordancia a las condiciones requeridas para la misma, y así obtener un óptimo comportamiento sísmico. Al reducirse las fuerzas sísmicas a efecto de la incorporación de los aisladores y disipadores se podrá adecuar a que la estructura pueda trabajar en el rango elástico, permitiéndose de esta manera reducir las secciones transversales de los elementos estructurales, contribuyendo a que se optimice los recursos a emplear para su diseño y ejecución, además de cumplirse satisfactoriamente las diferentes solicitaciones que exige la normativa peruana E.030. para que las respuestas estructurales frente a eventos sísmicos sean las adecuadas, conforme al desempeño óptimo de las mismas.
2. Realizar el análisis estático por desempeño de manera correcta, para de esta manera obtener información coherente y veraz con relación al comportamiento estático de la estructura antes las fuerzas y condiciones sísmicas. Esto permitirá analizar las gráficas de capacidad, lo que contribuirá a que se determine la mejor estructuración de la edificación, además de un adecuado diseño preliminar de los aceros requeridos para los elementos verticales y horizontales, ya que con ello se podrá cumplir adecuadamente con el comportamiento por desempeño óptimo, a fin de que la estructura no sufra daños considerables, y esté dentro de los parámetros de estabilidad, de nivel de ocupación inmediata y de nivel de seguridad de vida, otorgando un control de daño conforme a los límites de seguridad.
3. Realizar el análisis dinámico por desempeño de manera minuciosa y adecuada, para así obtener información coherente y veraz respecto al comportamiento dinámico de la estructura antes las fuerzas y condiciones

sísmicas. Esto permitirá analizar las gráficas de capacidad, lo que contribuirá a que se determine la mejor estructuración de la edificación, además de un adecuado diseño preliminar de los aceros requeridos para los elementos verticales y horizontales, ya que con ello se podrá cumplir adecuadamente con el comportamiento por desempeño óptimo, a fin de que la estructura no sufra daños considerables, y esté dentro de los parámetros de estabilidad, de nivel de ocupación inmediata y de nivel de seguridad de vida, otorgando un control de daño conforme a los límites de seguridad. Así también, la relevancia del estudio por desempeño a nivel dinámico otorgará una amplia perspectiva de las condiciones cercana a la realidad, dado que se analiza la estructura a fin de que pueda comportarse de manera óptima ante sismos moderados y severos manteniendo su nivel de serviciabilidad y seguridad conforme a la normativa nacional.

REFERENCIAS

ACEVEDO, Irene. Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y enfermería (Impresa)*. [en línea], 2002. vol. 8, no. 1, [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://n9.cl/jp0ia> ISSN 0717-2079. DOI 10.4067/s0717-95532002000100003.

ANÁLISIS estático por Zárate M. [et al.]. *Redalyc.org* [en línea]. 2003. [consulta: 08 junio 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/618/61806902.pdf>

ARÉVALO, Juan y BERMÚDEZ, William. Niveles de daño a partir de un análisis pushover para una estructura aporticada de concreto reforzado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. 10 pp.

ARIAS, E. Investigación aplicada. *Economipedia*. [en línea]. 2020. [consulta: 3 June 2023]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html>

ARIAS, Fideas. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6ª ed. Editorial Episteme. 2006. 23 pp.

ARTEAGA, G., La unidad de análisis explicada (con ejemplos). *TestSiteForMe*. [en línea]. 2022. [consulta: 7 June 2023]. Disponible en: <https://www.testsiteforme.com/unidad-de-analisis/>

AUAD, Gaspar y ALMAZÁN, José. Evaluación del uso de la curvatura variable friccional aisladores para mitigar los efectos adversos de los impactos laterales internos. *Scopus*. Volumen (266), 2022.

BATALLAS, Jazmín. Propuesta para la selección e implementación de aisladores sísmicos en la cimentación superficial de hormigón armado, del proyecto de vivienda unifamiliar Aldovea, parroquia Calderón, Cantón Quito. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2022. Disponible en: <https://onx.la/a4689>

BLONDET, Marcial y VELÁSQUEZ, José. Estimación de pérdidas sísmicas mediante curvas de fragilidad analíticas. ResearchGate. 2005. Disponible en: <https://acortar.link/iCoGvm>

CALVO, Raphael y CHAVEZ, Franklin. Diseño sísmico por desempeño para una edificación de uso multifamiliar en la Ciudad de Huaraz – 2018. Huaraz: Universidad César Vallejo, 2018.

CARDOZO, L. Clima de San Martín de Porres: temperaturas, cuando visitar y precipitaciones. *Cuandovisitar.pe* [en línea]. 2022. [consulta: 25 Setiembre 2023]. Disponible en: <https://n9.cl/coyi6>

CARRASCO, J. ¿Qué es operacionalización de variables? *Metodología, Tipos y Técnicas de investigación*. [en línea]. 2009. [consulta: 3 June 2023]. Disponible en: <https://onx.la/e1a54>

CASIOPEA. Clase 9. Sismicidad - Casiopea. *Pucv.cl* [en línea], 2020. [consulta: 08 June 2023]. Disponible en: <https://onx.la/e70ac>

CASTILLO, Victoria. Sistema constructivo convencional. 2016.

CERVERA, Miguel y BLANCO, Elena. *Upc.edu* [en línea], 2014. [consulta: 15 June 2023 b]. Disponible en: <https://onx.la/dcdf0>

CISMID. Análisis de riesgo en zonas urbanas del distrito de San Martín de Porres (Biblioteca SIGRID). *Gob.pe*. [en línea]. 2016. [consulta: 10 June 2023]. Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/6996>

COMPARACIÓN del comportamiento sísmico entre estructuras de pórtico de hormigón armado con y sin sistema de panel de revestimiento disipador de energía: ensayo de mesa vibratoria y simulación numérica por Linlin Xie [et al.]. *ScienceDirect*. Volumen (62), 2022.

DELGADO, Yamile. Confiabilidad y validez – Hecho con depósito de ley. Venezuela 2020. Cap. 1 Disponible en: <https://yamilesmith.blogspot.com/2012/06/confiabilidad-y-validez-delos.html?m=0>
ISBN 980-390-022-6

DESEMPEÑO de edificios aislados sísmicamente con cojinetes de péndulo de fricción variable bajo movimientos de tierra cercanos a la falla por JIYING Shang [et al.]. *ScienceDirect*. Volumen (45), 2022.

DIESCON INGENIEROS. Diescon [en línea], 2020. [consulta: 26 Setiembre 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/GO929X>

EVALUATION of a new proposed seismic isolator for low rise masonry structures. *Structural Engineering and Mechanics* por Kakolvand H. [et al.]. 2021. *Web of Science*. 77(4), 481–493 pp. <https://doi.org/10.12989/SEM.2021.77.4.481>

GESTIÓN. En Perú el 80% de viviendas son autoconstruidas ¿Cuáles son los riesgos? *Gestión* [en línea]. 2023. [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://gestion.pe/peru/en-peru-el-80-de-viviendas-son-autoconstruidas-cuales-son-los-riesgos-sismos-desastres-naturales-noticia/>

GONZÁLEZ, G. Variables de investigación: tipos, características y ejemplos. *Lifeder* [en línea]. 2020. [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/variables-de-investigacion/>

GOOGLE MAPS. *Google Maps* [en línea], 2023. [consulta: 10 Octubre 2023]. Disponible en: <https://www.google.com/maps>

HERRERA, Marco. Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso. Piura: Universidad de Piura, 2019.

INEI. San Martín de Porres. *Distrito.pe* [en línea], 2022. [consulta: 25 Setiembre 2023]. Disponible en: <https://www.districto.pe/districto-san-martin-de-porres.html>

INEI. Superficie por región latitudinal y geográfica – Mapa Político del Perú. *Gob.pe* [en línea], 2021. [consulta: 26 Setiembre 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/FmboPS>

INGEGEEK. Diferencias de un análisis estático y dinámico. *Ingegeek* [en línea]. 2022. [consulta: 05 June 2023]. Disponible en:

<https://www.ingegeek.site/2022/10/28/diferencias-de-un-analisis-estatico-y-dinamico/>

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ. Peligro sísmico en Perú. *Gob.pe* [en línea]. 2014. [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Mapa_Peligro_Sismico_Peru_2015_Version_Preliminar.pdf

KEIKHA, Hamed y GHODRATI, Gholamreza. Evaluación del desempeño sísmico del aislador de péndulo de fricción quintuple con un enfoque en Friccional Comportamiento Impresionabilidad a partir de la velocidad y la temperatura. *Scopus*. Volumen (25), 2021.

KORSWAGEN, Paul., ARIAS, Julio y HUARINGA, Pamela. *Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.

LANDIS y KOCH. Medición de concordancia: Índice Kappa. 2010.

LARA, Juan. La zona en disputa entre Independencia y San Martín de Porres. *El Comercio Perú* [en línea], 2019. [consulta: 26 Setiembre 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/1BbLLL>

MARÍN, Edgar. Análisis Comparativo de la Respuesta Dinámica entre una Estructura Sísmicamente Aislada con Aisladores LRB (Lead Rubber Bearing) Vs una Estructura Convencional. (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Bucaramanga – Colombia: Universidad de Santander, Facultad de Ingeniería Civil, 2019. 197 pp.

MATA, Luis. Confiabilidad y validez en la investigación cuantitativa. *Investigalia* [en línea]. 2020. [consulta: 05 June 2023]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/confiabilidad-de-instrumentos-y-validez-de-resultados-en-la-investigacion-cuantitativa/>

MAYA, Esther. Métodos y técnicas de investigación. 1ª ed. México: Distrito Federal. 2014. 16 pp. ISBN: 978-97032-5432-3

MUGUIRA, A. Tipos de muestreo: Cuáles son y en qué consisten. *QuestionPro* [en línea]. 2017. [consulta: 3 June 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-muestreo-para-investigaciones-sociales/>

NARVÁEZ, M., ¿Qué es una población? Definición, tipos y métodos de estudio. *QuestionPro* [en línea]. 2023. [consulta: 05 June 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-una-poblacion/>

NORMA TÉCNICA E.031 AISLAMIENTO SÍSMICO. Reglamento Nacional de Edificaciones DECRETO SUPREMO N° 030-2019-VIVIENDA. *Elperuano.pe* [en línea], 2019. [consulta: 05 June 2023]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-norma-tecnica-e031-aislamie-decreto-supremo-n-030-2019-vivienda-1823291-2/>

ÑAÑEZ, Angie y HERNANDEZ, Saúl. Estudio comparativo del diseño de la estructura de una edificación típica apoyada sobre aisladores sísmicos y apoyos rígidos. Tesis (Para optar: Título Profesional de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería: Programa De Ingeniería Civil, 2019. 93 pp.

ORTEGA, C. Estadística descriptiva: Qué es, objetivo, tipos y ejemplos. *QuestionPro* [en línea]. 2021. [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/estadistica-descriptiva/>

ORTEGA, C. ¿Qué es el muestreo por conveniencia? *QuestionPro* [en línea]. 2018. [consulta: 05 June 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/>

PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION. *Ptc.com* [en línea], 2019. [consulta: 10 June 2023]. Disponible en: https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/spanish/index.html#page/simulate/mech_des/AboutDynamicAnalysis.html#

PÉREZ, J. y GARDEY, A. Procedimiento. *Definición.de* [en línea]. 2008. [consulta: 4 June 2023]. Disponible en: <https://definicion.de/procedimiento/>.

PORRAS, Alberto. *Repositorioinstitucional.mx* [en línea], 2017. [consulta: 05 June 2023]. Disponible en: <https://onx.la/45547>

PRÍNCIPE, Oker. Análisis sísmico de una estructura Aporticada de 3,5 y 7 niveles con disipador de energía y aislador sísmico, Ancash, 2021. Lima: Universidad César Vallejo, 2021.

QUAKETEK. Aisladores y Disipadores Sísmicos. ¿Como decidir? Protección Sísmica [en línea], 2017. [consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: <https://quaketek.com/es/aisladores-vs-disipadores-sismicos-como-decidir/>

QUIROZ, Laura. Análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio de concreto armado con disipador de energía y con aislador sísmico, Lima - 2020. Perú: Universidad César Vallejo, 2020.

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE. *Gov.co* [en línea], 2022. [consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.minvivienda.gov.co/node/46738>

RODRÍGUEZ, M. Construcción antisísmica - Medidas para la protección de edificios. 2023. PlanRadar [en línea]. [consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.planradar.com/es/construccion-antisismica/>.

RNE. Reglamento nacional de edificaciones. *Org.pe* [en línea]. 2019. [consulta: 08 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.capregionalaqp.org.pe/document/REGLAMENTO-NACIONAL-DE-EDIFICACIONES-ACTUALIZADO-02-MAYO-2019-V.pdf>

SÁEZ, M. Qué es Enfoque cuantitativo + características y etapas. [en línea]. 2022. [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <https://goo.su/iWEINV>

SEAOC. Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA. 1995.

SEISMOLOGY COMMITTEE. *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary*. Structural Engineers Association of California, 1999.

SIMPLIFIED method for seismic design of concrete frame buildings equipped with viscous dampers with nonlinear behaviour por Álvarez Juan [et al.]. [en línea]. México. 2022. *Scielo*. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n109/0185-092X-ris-109-110.pdf> ISSN 0185-092X

STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION OF CALIFORNIA. Vision 2000: "Performance based seismic engineering of buildings, San Francisco, 1995.

TAMAYO, Carla y SILVA, Irene. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. *Edu.pe* [en línea]. 2019. [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://goo.su/l4Jfn>

TERÁN, L. Desempeño sísmico de edificaciones esenciales. *Tdx.cat* [en línea]. 1997. [consulta: 08 June 2023]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6226/15CAPITULO6.pdf>

VALIDEZ estructurada para una investigación cuasiexperimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasiexperimentales por Fernández P. [et al.]. *Anales de psicología*. 2014. [en línea], vol. 30, no. 2, [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://goo.su/5AwA1Py> ISSN 0212-9728. DOI 10.6018/analesps.30.2.166911.

VELÁZQUEZ, A. Investigación experimental: Qué es, tipos y cómo realizarla. *QuestionPro* [en línea]. 2018. [consulta: 15 June 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>

VERGARA, Jean y ZUÑIGA, Hafid. Análisis comparativo entre el sistema constructivo convencional y el Sistema Steel Framing mediante el desarrollo de módulos básicos unifamiliares considerando el rol de la autoconstrucción en el Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2022.

VICENTE, C. El problema de la autoconstrucción en Latinoamérica: estudio del PREVI en Lima. S.I.: Arquitectura, 2023.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Título: Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023.					
Autores: De Paz Contreras Jorge Bladimir y Fernández Campos Jordy Mitchel.					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 Edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas (VI)	Una edificación convencional emplea materiales y procesos que están reglamentados y son llevados a cabo por profesionales capacitados. Las estructuras convencionales pueden tener bases empotradas o estar implementado con sistemas de aislamiento o disipación sísmica. (SENCICO, 2022, párr. 1 y 2)	En el análisis a desarrollar se establece estudiar dos tipos de edificaciones, una convencional con bases fijas y otra convencional con aisladores y disipadores, identificando todos los posibles escenarios a investigar conforme a los indicadores propuestas, con el propósito de identificar su comportamiento mediante el diseño sísmico.	Edificación convencional (bases fijas y disipadores)	Aplicación de normativas de diseño	Nominal
				Materiales cualificados	Nominal
				Sistema estructural	Nominal
				Bases fijas (empotradas)	Nominal
				Disipadores	Razón
			Edificación convencional (bases aisladas y disipadores)	Aplicación de normativas de diseño	Nominal
				Materiales cualificados	Nominal
				Sistema estructural	Nominal
				Aisladores	Razón
				Disipadores	Razón
Variable 2 Comportamiento sísmico (VD)	Comportamiento sísmico consiste en el estudio de parámetros generados durante un movimiento sísmico, como lo son las fuerzas y los desplazamientos. Para ello, se cuentan con una gran diversidad de métodos que otorgan valores numéricos, los cuales, si son bien desarrollados por medio de un adecuado diseño que mitigue que controle los efectos de estos movimientos, hacen que el efecto sísmico deje de ser una fuerte amenaza que vulnere contra la vida humana, puesto que el colapso total o parcial de la estructura es el principal causante de este tipo de pérdidas. (Oviedo y Duque, 2006, p. 106)	La comportamiento sísmico refleja el proceso mediante el cual se obtiene una serie de resultados de acuerdo a los diversos escenarios de estudio, luego de haber llevado a cabo el análisis sísmico estático y dinámico.	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes	Coeficiente sísmico estático	Razón
				Peso de la estructura	Razón
				Cortante basal	Razón
				Fuerzas estáticas equivalentes	Razón
			Análisis dinámico modal espectral	Rigidez de entrepiso	Razón
				Modos y periodos de vibración	Razón
				Masa participativa de la edificación	Razón
				Derivas de entrepiso	Razón
				Cortante dinámico	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Título: Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023.									
Autor: De Paz Contreras Jorge Bladimir y Fernández Campos Jordy Mitchel.									
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología		
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1 Edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas (VI)	Edificación convencional (bases fijas y disipadores)	Normativas de diseño estructural y sísmico	Ficha de recolección de datos	Tipo de investigación: Tipo aplicada. Enfoque de investigación: Cuantitativo. El diseño de la investigación: Cuasi experimental. El nivel de la investigación: Explicativa. Población: Todas las edificaciones convencionales de 5 niveles con bases fijas y aisladas del distrito de San Martín de Porres, Lima. Muestra: Una edificación convencional de 5 niveles con bases fijas y aisladas en el distrito de San Martín de Porres, Lima. Muestreo: No probabilístico por conveniencia.		
¿Cuál es el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023?	Analizar el comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023.	El comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, está dentro de los parámetros de demanda sísmica y respuesta estructural, Lima, 2023.			Materiales cualificados	Ficha de recolección de datos			
					Sistema estructural	Ficha de recolección de datos			
					Bases fijas (empotradas)	Ficha de recolección de datos			
				Disipadores	Ficha de recolección de datos				
				Edificación convencional (bases aisladas y disipadores)	Normativas de diseño sísmico y estructural	Ficha de recolección de datos			
					Materiales cualificados	Ficha de recolección de datos			
					Sistema estructural	Ficha de recolección de datos			
					Aisladores	Ficha de recolección de datos			
				Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:		Variable 2 Comportamiento sísmico (VD)	Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes
			Coeficiente sísmico estático				Ficha de recolección de datos		
Cortante basal	Ficha de recolección de datos								
Fuerzas estáticas equivalentes	Ficha de recolección de datos								
Rigidez de entrepiso	Ficha de recolección de datos								
Análisis dinámico modal espectral	Modos y periodos de vibración	Ficha de recolección de datos							
	Masa participativa de la edificación	Ficha de recolección de datos							
	Derivas	Ficha de recolección de datos							
	Cortante dinámico	Ficha de recolección de datos							
	¿Cuánto varían estáticamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas?	Analizar estáticamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas.	El análisis estático por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.						
¿En cuánto varían dinámicamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas?	Analizar dinámicamente por desempeño las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas.	El análisis dinámico por desempeño en las edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas con herramientas sísmicas, varían notablemente.							

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Datos generales de la investigación

"Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023"

Fecha: 06/06/2023

Número de ficha: 01

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica

Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Martín de Porres

Parte B: Normativas de diseño estructural y sísmico

Normativas de diseño estructural y sísmico	
Diseño estructural	Diseño sísmico
Norma Técnica E.060	Norma Técnica E.030
Norma Técnica E.020	
Norma Técnica E.050	

Parte C: Materiales cualificados

Registros de materiales cualificados
Sistema dual (pórticos con muros estructurales)
Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Varillas de acero certificado

Parte D: Sistemas estructurales

Sistema estructural por ejes	
Sistema Eje X	Sistema Eje Y
Sistema dual (pórticos con muros estructurales)	Sistema dual (pórticos con muros estructurales)

Parte E: Bases fijas (empotradas)

Bases fijas (empotradas)
Bases empotradas, unión de la cimentación y elementos verticales de manera rígida.

Parte F: Aisladores

Aisladores	
Parámetros de diseño	Detalles
Porcentaje de amortiguamiento	
Espesor	
Diámetro	
Periodo objetivo	
Desplazamiento requerido	

Parte G: Disipadores

Disipadores	
Parámetros de diseño	Detalles
Porcentaje de amortiguamiento	
Longitud	
Inercia	
Rigidez	
Periodo objetivo	
Desplazamiento requerido	
Resistencia elástica	

Parte H: Análisis sísmico estático

Análisis sísmico estático	
Parámetros de análisis	Resultados
Peso de la estructura	
Coefficiente sísmico estático	
Cortante basal	
Fuerzas estáticas equivalentes	

Parte I: Análisis sísmico dinámico

Análisis sísmico dinámico	
Parámetros de análisis	Resultados
Rigidez	
Modos de vibración	
Periodos de vibración	
Derivas	
Cortante dinámico o aceleración espectral	

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: LA TORRE SANCHEZ WILLIAMS ALEXANDER

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Nº de registro CIP: 301349


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP Nº 301349



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Datos generales de la investigación

"Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023"

Fecha: 06/06/2023

Número de ficha: 01

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica

Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Martín de Porres

Parte B: Normativas de diseño estructural y sísmico

Normativas de diseño estructural y sísmico	
Diseño estructural	Diseño sísmico
Norma Técnica E.060	Norma Técnica E.030
Norma Técnica E.020	
Norma Técnica E.050	

Parte C: Materiales cualificados

Registros de materiales cualificados
Sistema dual (pórticos con muros estructurales)
Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Varillas de acero certificado

Parte D: Sistemas estructurales

Sistema estructural por ejes	
Sistema Eje X	Sistema Eje Y
Sistema dual (pórticos con muros estructurales)	Sistema dual (pórticos con muros estructurales)

Parte E: Bases fijas (empotradas)

Bases fijas (empotradas)
Bases empotradas, unión de la cimentación y elementos verticales de manera rígida.

Parte F: Aisladores

Aisladores	
Parámetros de diseño	Detalles
Porcentaje de amortiguamiento	
Espesor	
Diámetro	
Periodo objetivo	
Desplazamiento requerido	

Parte G: Disipadores

Disipadores	
Parámetros de diseño	Detalles
Porcentaje de amortiguamiento	
Longitud	
Inercia	
Rigidez	
Periodo objetivo	
Desplazamiento requerido	
Resistencia elástica	

Parte H: Análisis sísmico estático

Análisis sísmico estático	
Parámetros de análisis	Resultados
Peso de la estructura	
Coefficiente sísmico estático	
Cortante basal	
Fuerzas estáticas equivalentes	

Parte I: Análisis sísmico dinámico

Análisis sísmico dinámico	
Parámetros de análisis	Resultados
Rigidez	
Modos de vibración	
Periodos de vibración	
Derivas	
Cortante dinámico o aceleración espectral	

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: CONTRERAS SERRANO GERARDO

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Nº de registro CIP: 304232

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP Nº 304232



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Datos generales de la investigación

"Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con bases fijas y aisladas, Lima, 2023"

Fecha: 06/06/2023

Número de ficha: 01

Parte A: Datos generales

Ubicación geográfica

Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Martín de Porres

Parte B: Normativas de diseño estructural y sísmico

Normativas de diseño estructural y sísmico	
Diseño estructural	Diseño sísmico
Norma Técnica E.060	
Norma Técnica E.020	Norma Técnica E.030
Norma Técnica E.050	

Parte C: Materiales cualificados

Registros de materiales cualificados
Sistema dual (pórticos con muros estructurales)
Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Varillas de acero certificado

Parte D: Sistemas estructurales

Sistema estructural por ejes	
Sistema Eje X	Sistema Eje Y
Sistema dual (pórticos con muros estructurales)	Sistema dual (pórticos con muros estructurales)

Parte E: Bases fijas (empotradas)

Bases fijas (empotradas)
Bases empotradas, unión de la cimentación y elementos verticales de manera rígida.

Parte F: Aisladores

Aisladores	
Parámetros de diseño	Detalles
Porcentaje de amortiguamiento	
Espesor	
Diámetro	
Periodo objetivo	
Desplazamiento requerido	

Parte G: Disipadores

Disipadores	
Parámetros de diseño	Detalles
Porcentaje de amortiguamiento	
Longitud	
Inercia	
Rigidez	
Periodo objetivo	
Desplazamiento requerido	
Resistencia elástica	

Parte H: Análisis sísmico estático

Análisis sísmico estático	
Parámetros de análisis	Resultados
Peso de la estructura	
Coefficiente sísmico estático	
Cortante basal	
Fuerzas estáticas equivalentes	

Parte I: Análisis sísmico dinámico

Análisis sísmico dinámico	
Parámetros de análisis	Resultados
Rigidez	
Modos de vibración	
Periodos de vibración	
Derivas	
Cortante dinámico o aceleración espectral	

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: NAPAN DE LA CRUZ JORHS ALBERTO

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Nº de registro CIP: 287148


 JORHS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 287148

Anexo 4. Validez

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 contrastarán 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			15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: LA TORRE SANCHEZ WILLIAMS ALEXANDER

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 301349

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



WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349

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 contrastarán 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			15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Existe suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: CONTRERAS SERRANO GERARDO

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 304232

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



GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

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 contrastarán 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			15	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: NAPAN DE LA CRUZ JORHS ALBERTO

Especialista: Metodólogo Temático

Grado: Maestro Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

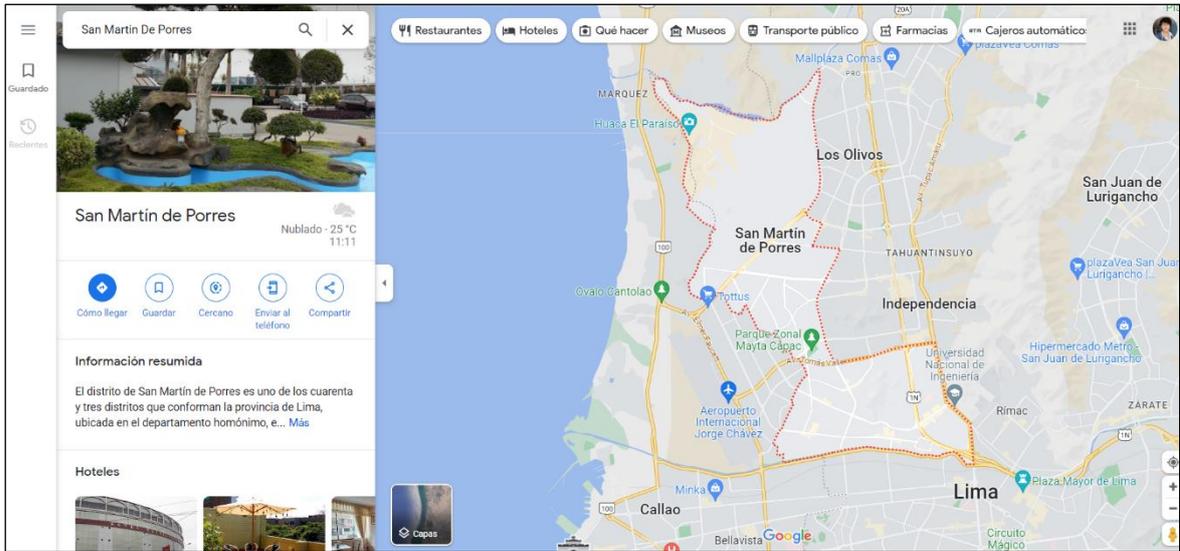
N° de registro CIP: 287148

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



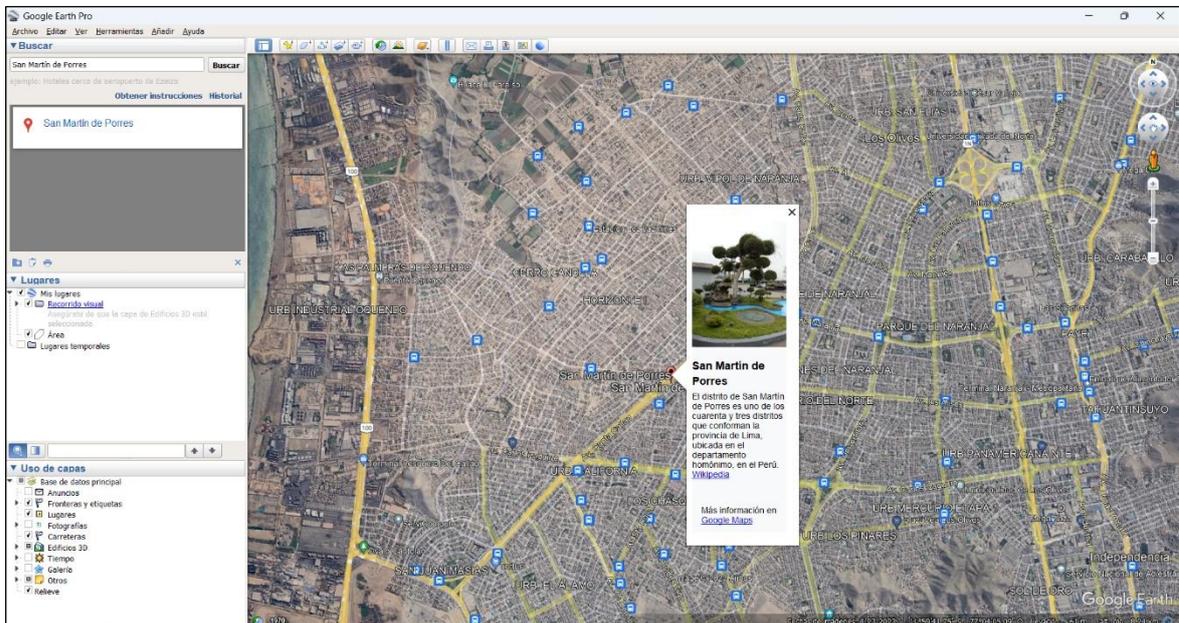
JORHS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

Anexo 5. Mapas y Planos



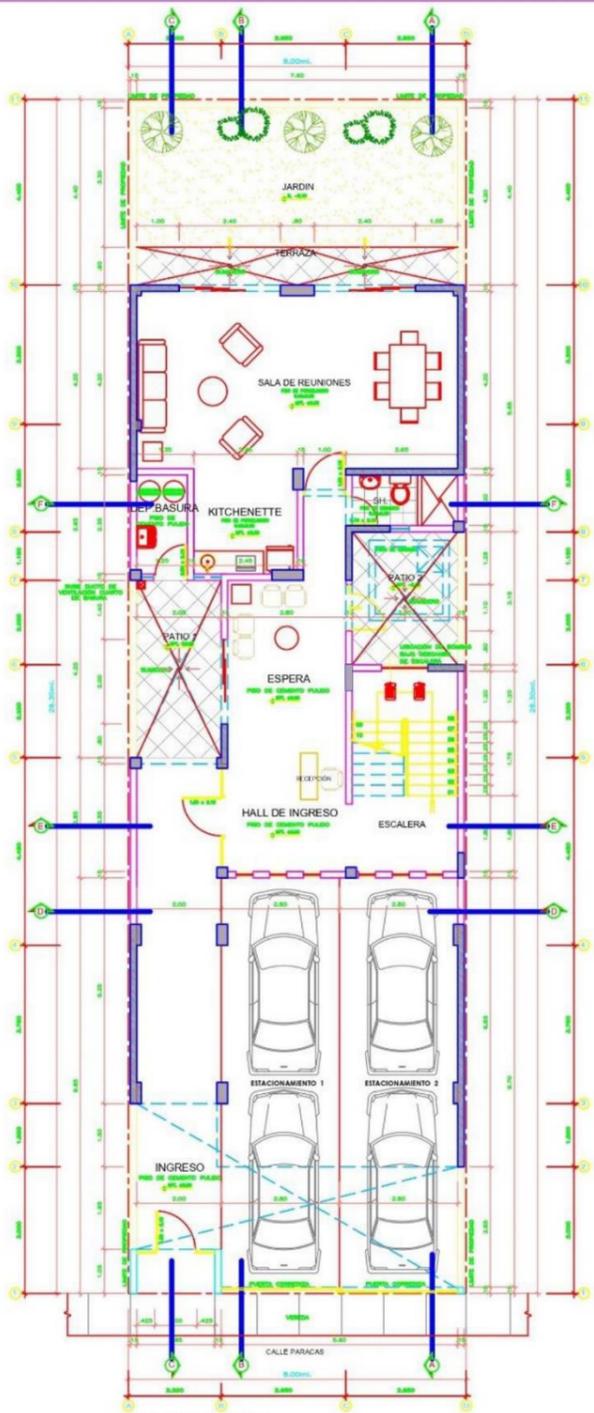
Ubicación del distrito donde se realizó la investigación

Fuente: Google Maps (2023)

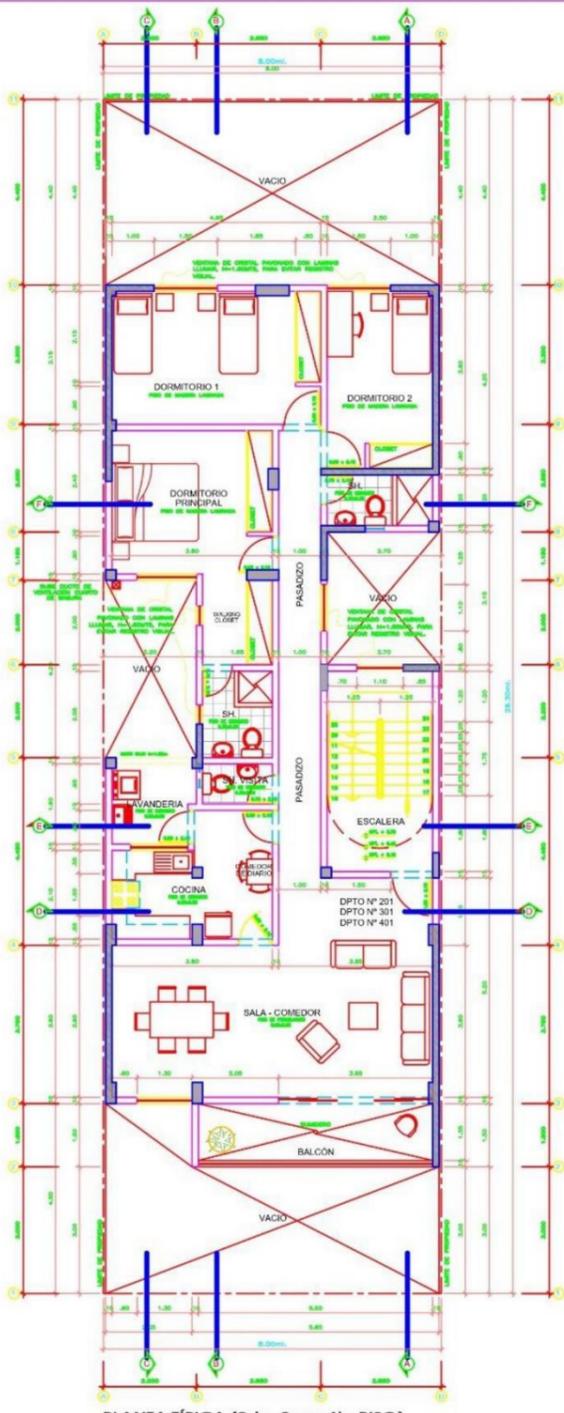


Geografía de la zona donde se realizó la investigación

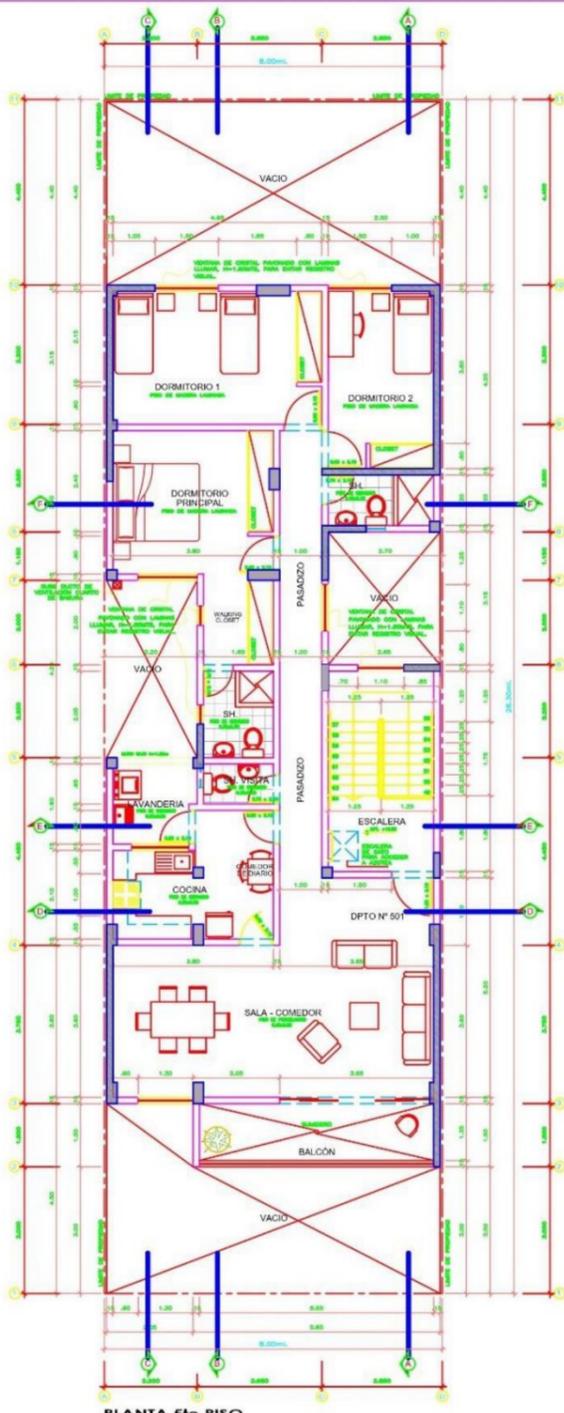
Fuente: Google Earth Pro (2023)



PLANTA 1er. PISO
ESCALA 1/75



PLANTA TÍPICA (2do, 3er y 4to PISO)
ESCALA 1/75



PLANTA 5to PISO
ESCALA 1/75

PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

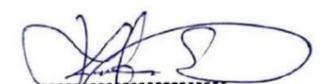
ALUMNOS TESISTAS:
JORGE B. DE PAZ CONTRERAS
JORDY M. FERNÁNDEZ CAMPOS

UBICACION:
DISTRITO : S.M.P
PROV. : LIMA
DEPT. : LIMA

ASESORA:
CECILIA ARRIOLA MOSCOSO

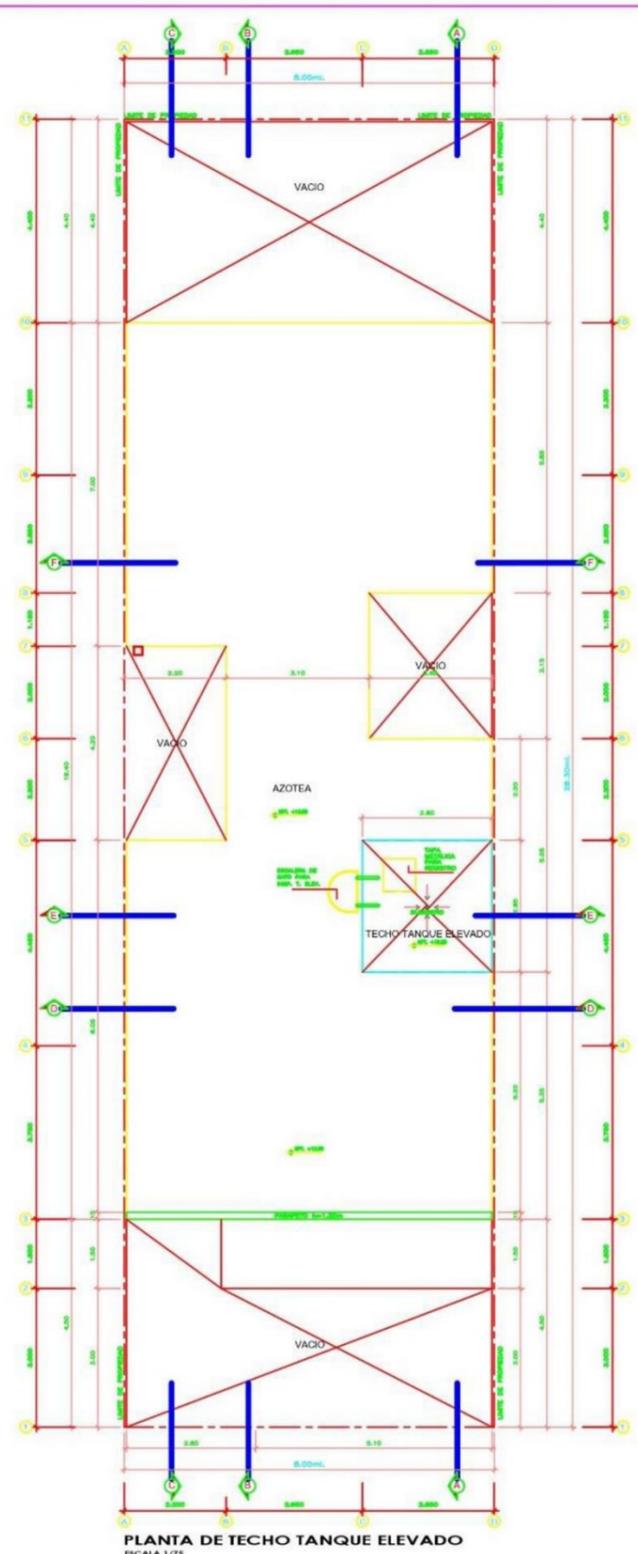
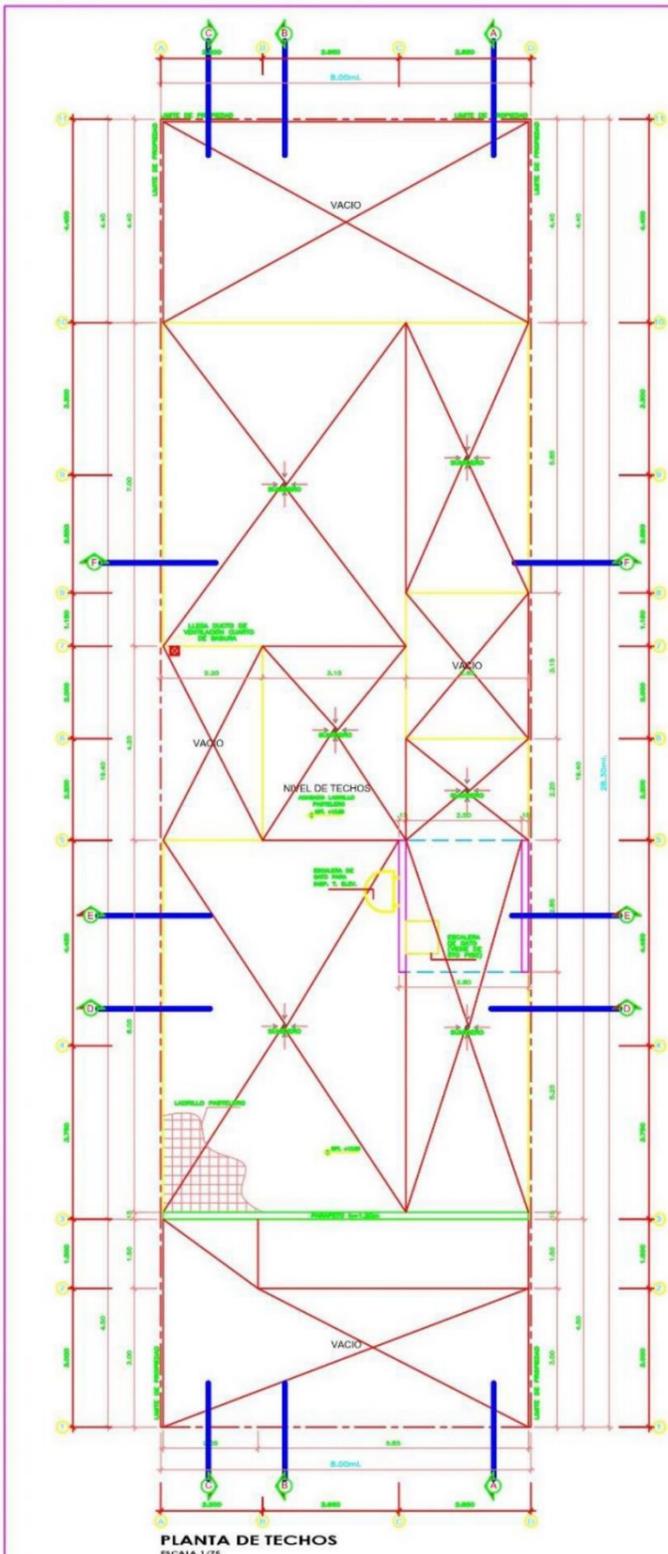
PLANO:
ARQUITECTURA
PLANTAS 1ER PISO,
TÍPICAS Y 5TO PISO

ESCALA: 1/50	LAMINA:
FECHA: JUNIO 2023	A-01


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232


JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148



PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

ALUMNOS TESISISTAS:
JORGE B. DE PAZ CONTRERAS
JORDY M. FERNÁNDEZ CAMPOS

UBICACION:
DISTRITO : S.M.P
PROV. : LIMA
DEPT. : LIMA

ASESORA:
CECILIA ARRIOLA MOSCOSO

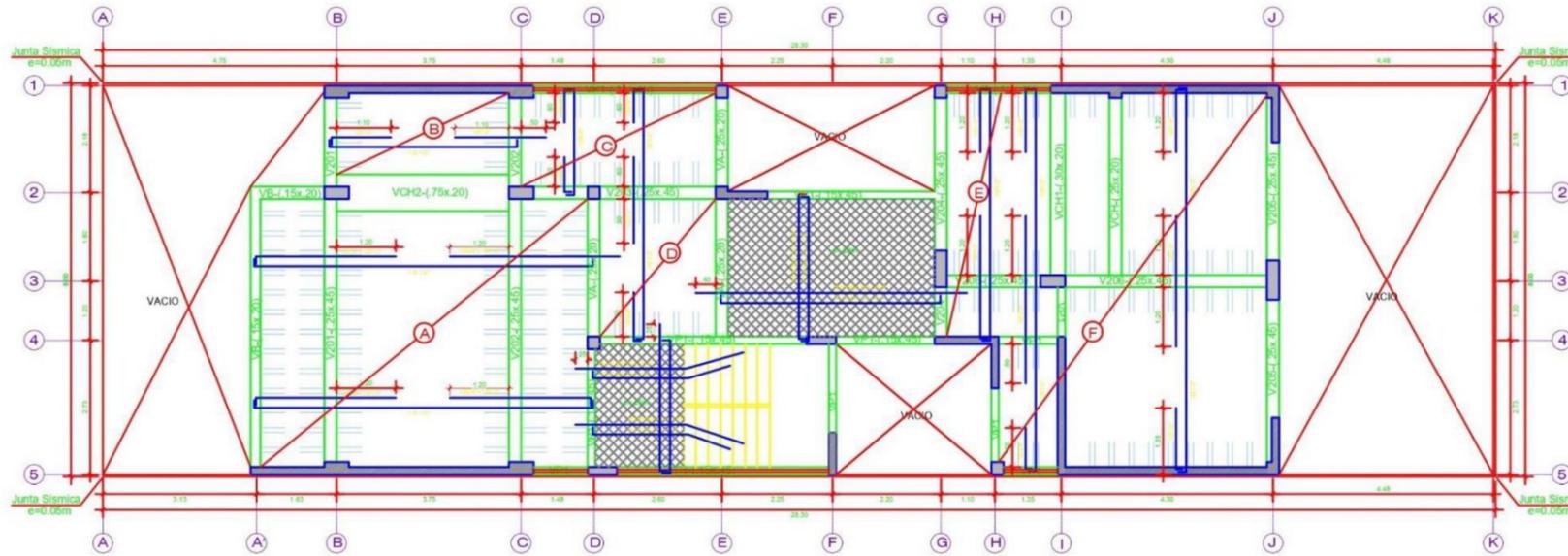
PLANO:
ARQUITECTURA
PLANTAS DE TECHOS
Y TANQUE ELEVADO

ESCALA: 1/50
FECHA: JUNIO 2023
LAMINA: **A-02**

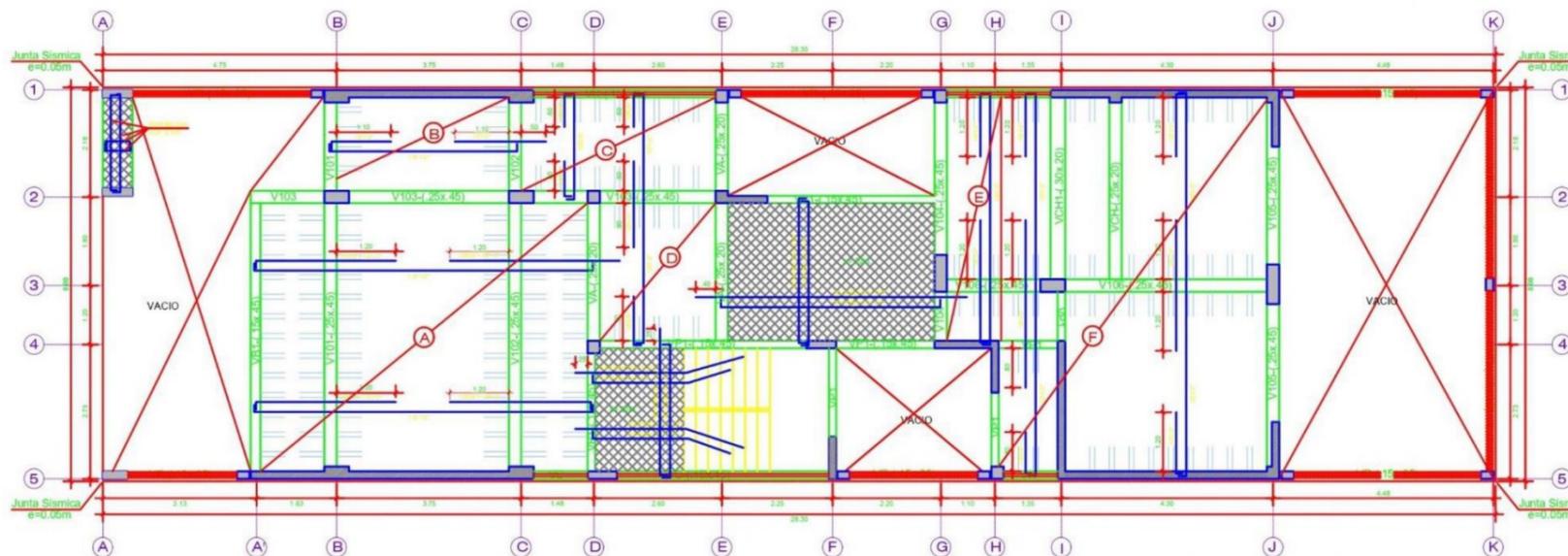

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232


JORHS ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148



ALIGERADO 2°, 3° Y 4° PISO
 ESCALA 1/50 h. 20m S/C - 200kg/m²



ALIGERADO PRIMER PISO
 ESCALA 1/50 h. 20m S/C - 200kg/m²

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

CECILIA ARRIOLA MOSCOSO

JORGE BLADIMIR DE PAZ CONTRERAS
 COD: 7002290595

JORDY MITCHEL FERNÁNDEZ CAMPOS
 COD: 7002289998

DIPTO.: LIMA
 PROV.: LIMA
 DISTRITO: SAN JABÓN DE PORRES

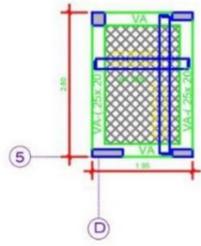
E-01
 01 DE 03

FECHA: 1/90 REVISO: 2023

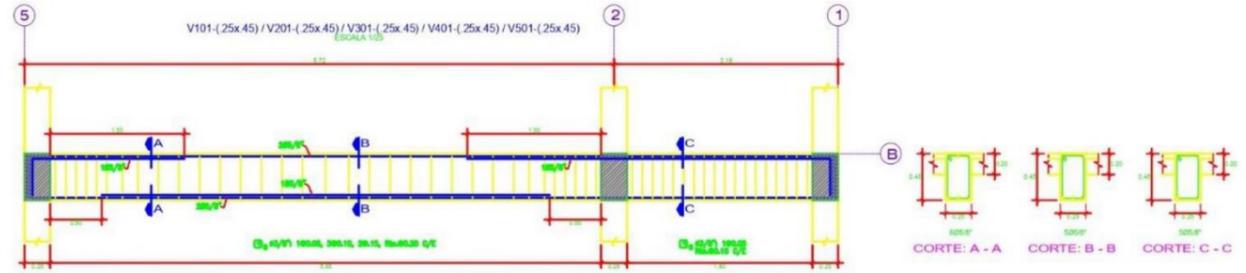
[Signature]
WILLIAMS ALEXANDER LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

[Signature]
GERARDO CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

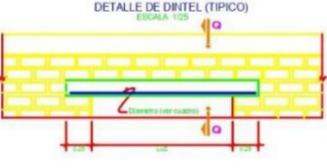
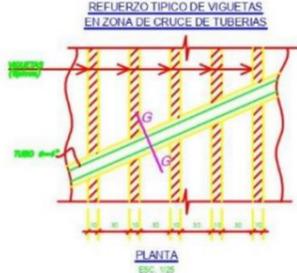
[Signature]
JORHIS ALBERTO NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148



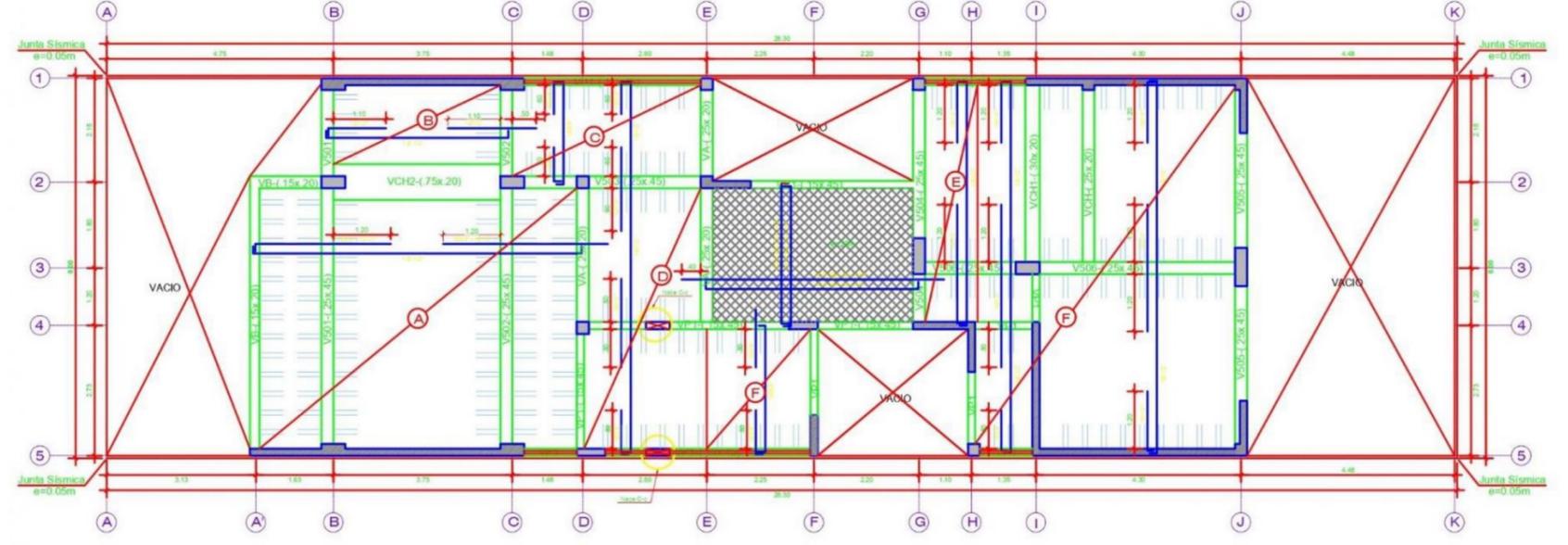
LOSA TANQUE ELEVADO
ESCALA 1/50



CORTE: A - A CORTE: B - B CORTE: C - C



LONG.	ESPESOR	Ø
1.00	0.10	2.00"φ
1.50	0.20	1.50"φ-2.00"φ
2.00	0.30	2.00"φ



ALIGERADO QUINTO PISO
ESCALA 1/50 1: 20m SC=100kg/m³

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

PROYECTO:

ARQUITECTO:

CECILIA ARRIOLA MOSCOSO

ALUMNO TUBERA:

JORGE BLADIMIR DE PAZ CONTRERAS
COD: 7002290595

ALUMNO TUBERA:

JORDY MITCHEL FERNÁNDEZ CAMPOS
COD: 7002289998

UBICACIÓN:

DPTO.: LIMA
PROV.: LIMA
DISTRITO: SAN MARTÍN DE PORRES

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PLANO:

ALIGERADO

LÁMINA:

E-02
02 DE 03

ESCALA: 1/50 FECHA: JUNIO - 2023

WILLIAMS ALEXANDER LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349

GERARDO CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JORIS ALBERTO NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148



CALICATA N° 1

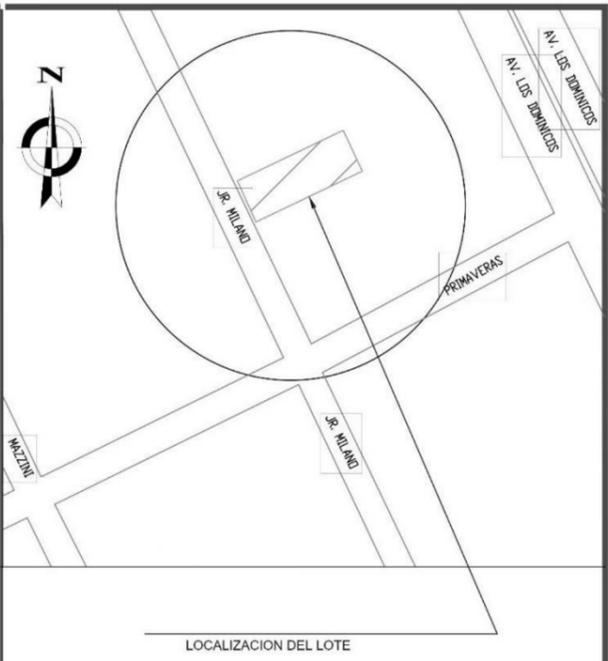
CALICATA N° 2

JR MILANO

PRIMAVERAS



PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA 1/500



ESQUEMA DE LOCALIZACION
ESCALA 1 / 5 000

DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : SAN MARTIN DE PORRES
 URBANIZACIÓN : ASOC. VIRGEN DEL CARMEN
 CALLE : JIRÓN MILANO
 N° DEL INMUEBLE : LOTE N° 23

PROPIETARIO: ANGELA INÉS LASTRA ALCÁNTARA

PROYECTO: CALICATAS

PLANO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN
 LÁMINA: U-01

DIBUJO: DE PAZ, J. FERNÁNDEZ, J.
 ESCALA: 1/500
 FECHA: JUNIO - 2023

CUADRO NORMATIVO			CUADRO DE ÁREAS (m ²)	
PARÁMETROS	NORMATIVO	PROYECTO	PISOS/NIVELES	
USO PERMITIDO	R.N.E.	-	ÁREA DEL TERRENO	153.26 m ²
				5 Pisos

JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Anexo 6. Panel fotográfico



Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia (2023)



Calicata 01

Fuente: Elaboración propia (2023)



Calicata 02

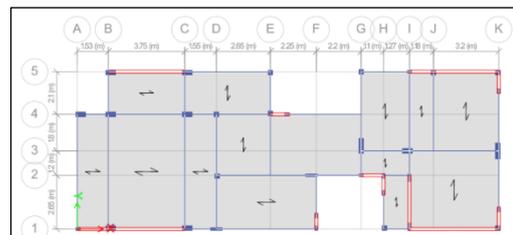
Fuente: Elaboración propia (2023)



Fuente: Elaboración propia (2023)

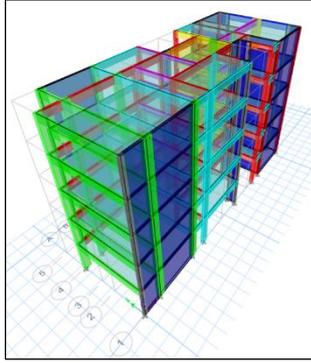


Fuente: Elaboración propia (2023)

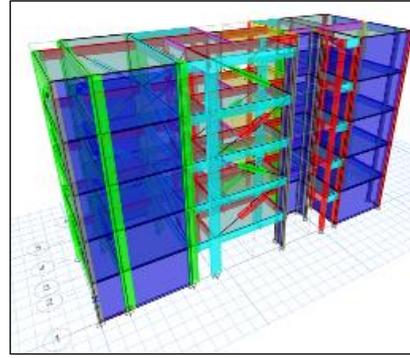


Estructura en planta

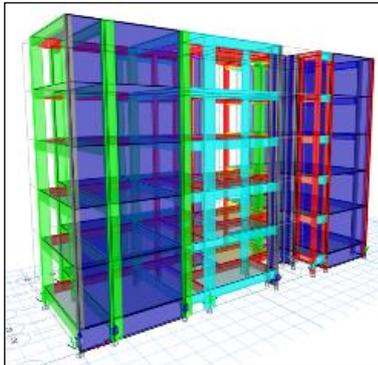
Fuente: Elaboración propia (2023)



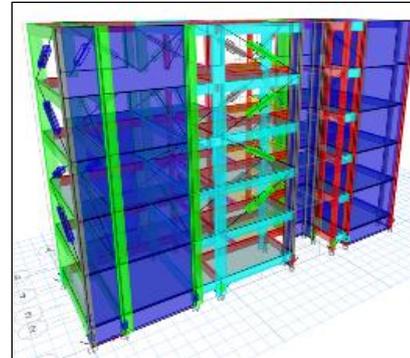
Modelado 3D de la estructura convencional
Fuente: Elaboración propia (2023)



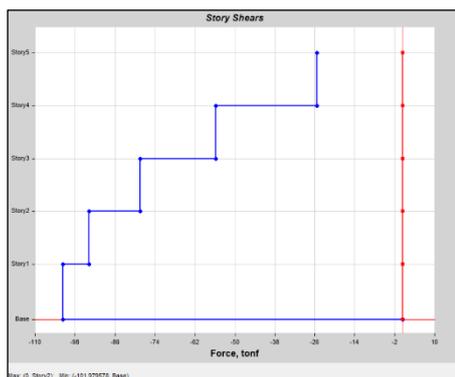
Estructura con disipadores
Fuente: Elaboración propia (2023)



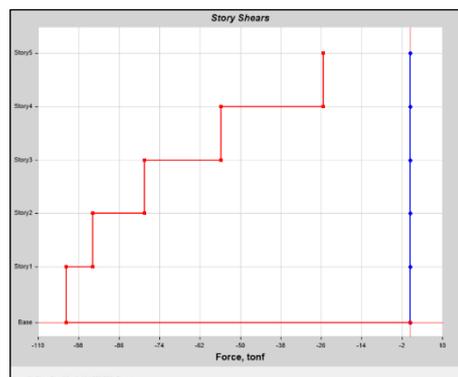
Estructura con aisladores
Fuente: Elaboración propia (2023)



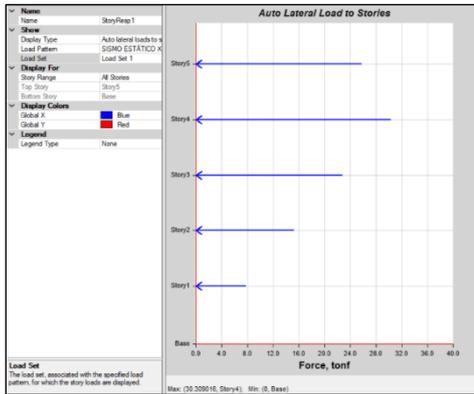
Estructura con aisladores y disipadores
Fuente: Elaboración propia (2023)



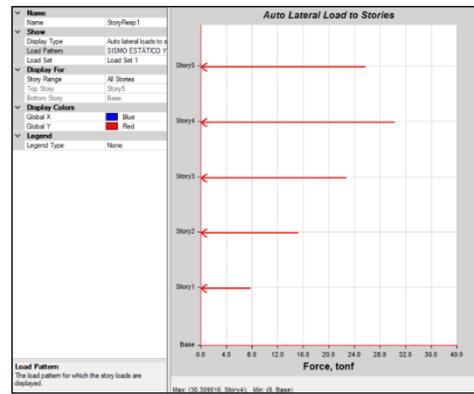
Análisis estático – Cortante basal estática eje X
Fuente: Elaboración propia (2023)



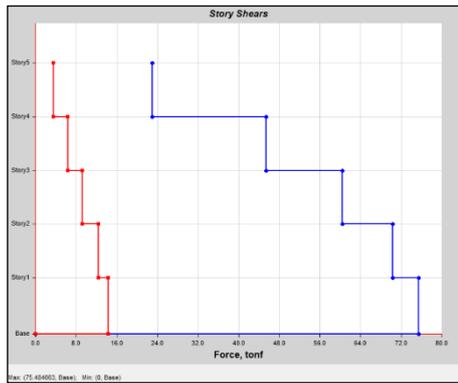
Análisis estático – Cortante basal estática eje Y
Fuente: Elaboración propia (2023)



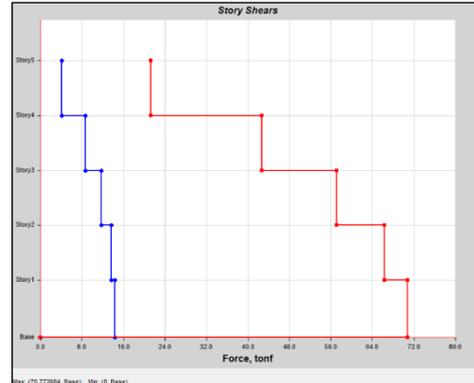
Fuerzas laterales eje X
Fuente: Elaboración propia (2023)



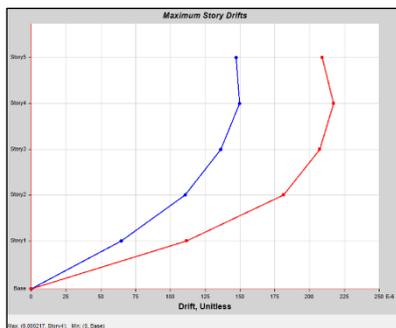
Fuerzas laterales eje Y
Fuente: Elaboración propia (2023)



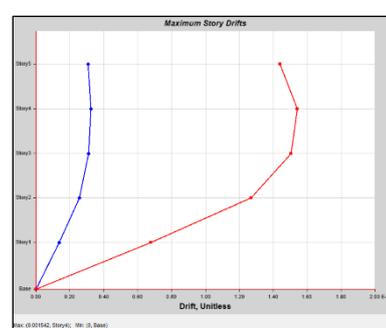
Análisis dinámico – Cortante dinámico eje X
Fuente: Elaboración propia (2023)



Análisis dinámico – Cortante dinámico eje Y
Fuente: Elaboración propia (2023)



Máximas derivas eje X
Fuente: Elaboración propia (2023)



Máximas derivas eje Y
Fuente: Elaboración propia (2023)

CORMAX

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & ASFALTO

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



PROYECTO: *COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES*

SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR-FERNANDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES

UBICACIÓN : MZ. G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN, LIMA-SAN MARTIN DE PORRES

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

Franklin Raúl Comez Sapallamay
FRANKLIN RAÚL
COMEZ SAPALLAMAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
REG. C.P. N° 137831

Mza. Q' Lote. 14 Agrupación Pachacarnac
Sector 4 Tera Etapa - Villa el Salvador

✉ cormaxlaboratorio@gmail.com

☎ 981 845 842



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFORME TÉCNICO DEL MODELADO Y ANÁLISIS SÍSMICO EN
ETABS**

**Análisis del comportamiento sísmico por desempeño con
herramientas sísmicas en edificaciones convencionales con
bases fijas y aisladas, Lima, 2023**

AUTORES:

De Paz Contreras, Jorge Bladimir (<https://orcid.org/0000-0001-6527-3163>)
Fernández Campos, Jordy Mitchel (<https://orcid.org/0000-0002-4400-376X>)

ASESORA:

Dra. Arriola Moscoso, Cecilia (<https://orcid.org/0000-0003-2497-294X>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JORHS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO

1. Parámetros

Ubicación del estudio: Mz. G Lote 23 Asociación Virgen del Carmen, San Martín de Porres, Lima

- Zonificación

Departamento :	LIMA
Provincia :	Lima
Distrito :	San Martín de Porres
Zona Sísmica :	4

Vista frontal de la zona donde se realizó el estudio:



Zonas sísmicas



Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

La actividad sísmica en el departamento de Lima, dónde específicamente se ubica el área de estudio, es de origen tectónico, y manifiesta una estructura interna compleja debido a la interacción por subducción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana.

Zona: 4

Factor de zona (Z): 0.45

El factor de zona se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

- Condiciones geotécnicas

Estudio de mecánica de suelos:

Ángulo de fricción interna:	$\phi = 27.80^\circ$
Cohesión (C):	$C = 0.08$
Peso específico (γ):	$\gamma = 1.08$
Capacidad admisible de carga (q_{adm}):	$q_{adm} = 3.52 \text{ Kg/cm}^2$

JORIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Estrato:

Arcilla inorgánica de baja compresibilidad (CL)

Conformado por: 1.80% Grava 28.30% Arena 69.90% Finos

Por lo tanto: → **Perfil de suelo tipo:** S2 Suelos intermedios

- Parámetros de sitio

Determinando S , T_p y T_L

FACTOR DE SUELO				
Suelo / Zona	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

PERIODOS " T_p " y " T_L "				
	Perfil de Suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_p (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Conforme a las condiciones iniciales de Suelo y zona:

Zona: 4 Suelo tipo: S2

→ $S = 1.05$

$T_p = 0.60$

$T_L = 2.00$

- Categoría de la edificación

CATEGORÍA	U
A Esencial	1.50
B Importante	1.30
C Común	1.00
D Temporal	*

Uso:

Vivienda

Categoría:

C

U = 1.00


 JOHNIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

- Irregularidades

Se ha determinando que la estructura no presenta irregularidades.

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	I_a
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando - Piso débil	0.75
Irregularidad Extrema de Rigidez - Extrema de Resistencia	0.50
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
Discontinuidad extrema en Sistemas Resistentes	0.60

$I_a = 1.00$

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA	I_p
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	0.60
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.90

$I_p = 1.00$


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Para la determinación del coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas y el cálculo del factor C_T :

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

Descripción	C_T
Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:	35
a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.	
b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.	45
Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:	
a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras	60
b) Pórticos de acero arriostrados.	
Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.	

Para la estimación del peso (P): Categoría: C → 25% CV

Peso	
A y B	50% Carga Viva
C	25% Carga Viva
Depósitos	80% Peso Total
Azoteas y techos	25% Carga Viva
Estructuras de tanques	100% de su Capacidad de Carga

Implementos para el análisis
Herramientas sísmicas
Aisladores de péndulo friccional (FPS)
Disipadores a fricción

Cargas vivas

$S/C = 200.0 \text{ Kg/m}^2$ (Nivel 1 hasta nivel 4)
 $S/C = 150.0 \text{ Kg/m}^2$ (Azotea)

Cargas muertas

Losa = 300.0 Kg/m^2
 Acabados = 150.0 Kg/m^2


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORNS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 1: Edificación convencional - Bases empotradas



 JORHS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:

Sistema estructural: Concreto Armado: Dual



 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$$\begin{aligned}
 R_x &= 7 & I_a &= 1.00 & I_p &= 1.00 & R_x &= 7.00 \\
 \text{Entonces: } R_{xx} &= 7 * 1.00 * 1.00 & R_{xx} &= 7.00
 \end{aligned}$$

C_{Tx}	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
----------	--	----

$$T_x = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_x = 0.250$$

$$\begin{aligned}
 T < T_p: & \quad T < T_p & \quad 0.250 \text{ s} < 0.60 \text{ s} & \rightarrow C_x = 2.50
 \end{aligned}$$

Comprobación: → $C_x = 2.50$ **OK**

- Análisis eje Y

Sistema estructural: Concreto Armado: Dual



 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

$$\begin{aligned}
 R_y &= 7 & I_a &= 1.00 & I_p &= 1.00 & R_y &= 7.00 \\
 \text{Entonces: } R_{yy} &= 7 * 1.00 * 1.00 & R_{yy} &= 7.00
 \end{aligned}$$

C_{Ty}	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
----------	--	----

$$T_y = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_y = 0.250$$

$$\begin{aligned}
 T < T_p: & \quad T < T_p & \quad 0.250 \text{ s} < 0.60 \text{ s} & \rightarrow C_y = 2.50
 \end{aligned}$$

Comprobación: → $C_y = 2.50$ **OK**

2. Se precisa el cálculo de la cortante basal y las fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel mediante un análisis matemático manual

Detalles para el cálculo

Z = 0.45 U = 1.00 S = 1.05 h_n = 13.10 m

Eje x

Z = 0.45
 U = 1.00
 C_x = 2.50
 S = 1.05
 C_{Tx} = 60
 T_x = 0.218 s
 k_x = 1.00
 R_x = 7.00


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

Eje y

Z = 0.45
 U = 1.00
 C_y = 2.50
 S = 1.05
 C_{Ty} = 60
 T_y = 0.218 s
 k_y = 1.00
 R_y = 7.00

$$C_{e_{xx}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$


 JOHN ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

$$C_{e_{yy}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{7.00}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{7.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.1688$$


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$$C_{e_{yy}} = 0.1688$$

Coefficiente sísmico estático _{xx} = 0.1688

Coefficiente sísmico estático _{yy} = 0.1688

- Cálculo de la cortante basal

Peso de la estructura obtenida mediante el modelado y análisis en ETABS:

Story forces					
Story	Output Case	Location	Pesos acumulados (tonf)	Peso por piso (tonf)	h _{ei}
Piso 5	Peso sísmico	Bottom	108.2054	108.2054	2.60
Piso 4	Peso sísmico	Bottom	236.9797	128.7743	2.60
Piso 3	Peso sísmico	Bottom	365.7516	128.7719	2.60
Piso 2	Peso sísmico	Bottom	494.5224	128.7708	2.60
Piso 1	Peso sísmico	Bottom	624.5975	130.0751	2.70
			Peso total	624.5975	

Cortante basal eje X

$$V_x = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_x = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{7.00} * 624.60$$

$$V_x = 105.401 \text{ Ton}$$

Cortante basal Eje Y

$$V_y = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_y = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{7.00} * 624.60$$

$$V_y = 105.401 \text{ Ton}$$

- Fuerzas estáticas equivalentes y cortantes estáticas

- Análisis eje X

Calculando $P_i * h_i^k$

Nivel	$P_i * h_i^k$		
5	108.205	*	13.100 ¹ = 1417.491
4	128.774	*	10.500 ¹ = 1352.130
3	128.772	*	7.900 ¹ = 1017.298
2	128.771	*	5.300 ¹ = 682.485
1	130.075	*	2.700 ¹ = 351.203


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 JOHN ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Calculando α_i

Nivel	$P_i * h_i^k$	÷	$\sum P_i * h_i^k$	=	α_i
5	1417.49	÷	4820.607	=	0.29405
4	1352.13	÷	4820.607	=	0.28049
3	1017.30	÷	4820.607	=	0.21103
2	682.49	÷	4820.607	=	0.14158
1	351.20	÷	4820.607	=	0.07285


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	*	V_x (tonf)	=	F_{xi} (tonf)
5	0.29405	*	105.401	=	30.993
4	0.28049	*	105.401	=	29.564
3	0.21103	*	105.401	=	22.243
2	0.14158	*	105.401	=	14.922
1	0.07285	*	105.401	=	7.679

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	108.205	13.100	1417.491	0.2940	30.9929	30.993
4	2.60	128.774	10.500	1352.130	0.2805	29.5638	60.557
3	2.60	128.772	7.900	1017.298	0.2110	22.2429	82.800
2	2.60	128.771	5.300	682.485	0.1416	14.9223	97.722
1	2.70	130.075	2.700	351.203	0.0729	7.6789	105.401
Total	13.10	624.598		4820.61	1.00	105.401	

- Análisis eje Y

Calculando $P_i * h_i^k$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Nivel	$P_i * h_i^k$			
5	108.205	*	13.100 ¹	= 1417.491
4	128.774	*	10.500 ¹	= 1352.130
3	128.772	*	7.900 ¹	= 1017.298
2	128.771	*	5.300 ¹	= 682.485
1	130.075	*	2.700 ¹	= 351.203

Calculando α_i


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Nivel	$P_i * h_i^k$	÷	$\sum P_i * h_i^k$	=	α_i
5	1417.49	÷	4820.607	=	0.29405
4	1352.13	÷	4820.607	=	0.28049
3	1017.30	÷	4820.607	=	0.21103
2	682.49	÷	4820.607	=	0.14158
1	351.20	÷	4820.607	=	0.07285


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	*	V_x (tonf)	=	F_{xi} (tonf)
5	0.29405	*	105.401	=	30.993
4	0.28049	*	105.401	=	29.564
3	0.21103	*	105.401	=	22.243
2	0.14158	*	105.401	=	14.922
1	0.07285	*	105.401	=	7.679

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	108.205	13.100	1417.491	0.2940	30.9929	30.993
4	2.60	128.774	10.500	1352.130	0.2805	29.5638	60.557
3	2.60	128.772	7.900	1017.298	0.2110	22.2429	82.800
2	2.60	128.771	5.300	682.485	0.1416	14.9223	97.722
1	2.70	130.075	2.700	351.203	0.0729	7.6789	105.401
Total	13.10	624.598		4820.607	1.00	105.40	


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

- Aceleración Espectral

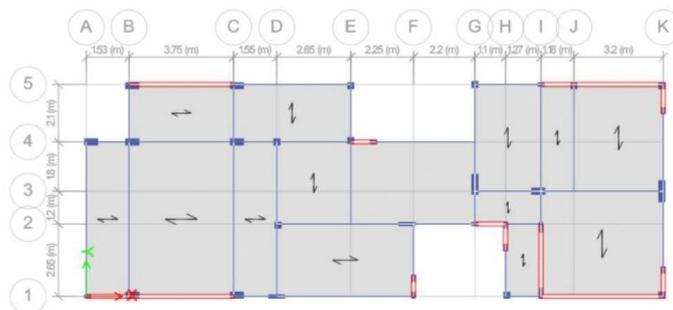
$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} * g \quad g = 980.00 \text{ cm/s}^2$$

$$S_a = \frac{0.45 * 1.00 * 1.05 * 2.50}{7.00} * 980.00$$

$$S_a = 165.375 \text{ cm/s}^2 \quad S_a = 1.654 \text{ m/s}^2$$

Datos obtenidos por medio del modelado y análisis de la estructura en ETABS

Modelo de la estructura en el Programa ETABS

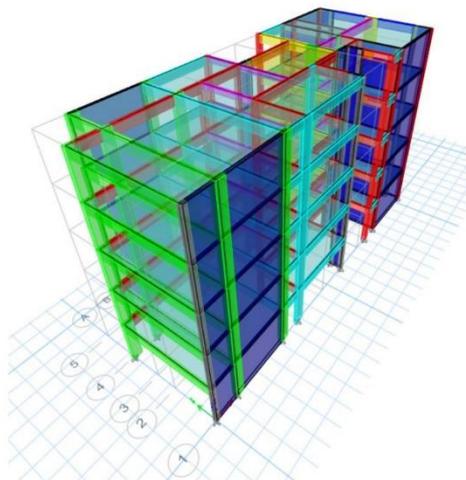


Vista en planta


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348


JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232



Vista 3D de la estructura

3. Se precisa la información obtenida mediante el análisis sísmico estático y dinámico en el programa ETABS

- Peso de la estructura

TABLE: Load Pattern definitions - Auto seismic - User coefficient		
Name	Coficiente sísmico estático	Weight Used (Ton)
Sismo estático XX	0.169	603.429
Sismo estático YY	0.169	

- Fuerza cortante estática (Cortante basal)

TABLE: Load Pattern definitions - Auto seismic - User coefficient					
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	Weight Used (Ton)	Base Shear (Ton)
Sismo estático X	0.050	Story 5	Base	603.429	101.980
Sismo estático Y	0.050	Story 5	Base	603.429	101.980

- Fuerzas estáticas equivalentes

Eje X


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	25.743	0.002014	25.743	0.000474
D4	56.052	0.001540	30.309	0.000487
D3	78.856	0.001053	22.804	0.000462
D2	94.155	0.000591	15.299	0.000379
D1	101.980	0.000212	7.825	0.000212

Eje Y


 JORHES ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	25.743	0.014595	25.743	0.003411
D4	56.052	0.011184	30.309	0.003526
D3	78.856	0.007658	22.804	0.003402
D2	94.155	0.004256	15.299	0.002812
D1	101.980	0.001444	7.825	0.001444

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D5	25.743	25.743	0.00201	0.000474	12782.08
D4	30.309	56.052	0.00154	0.000487	36397.47
D3	22.804	78.856	0.00105	0.000462	74886.99
D2	15.299	94.155	0.00059	0.000379	159314.55
D1	7.825	101.980	0.00021	0.000212	481035.85

Eje Y

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D5	25.743	25.743	0.01460	0.003411	1763.83
D4	30.309	56.052	0.01118	0.003526	5011.81
D3	22.804	78.856	0.00766	0.003402	10297.21
D2	15.299	94.155	0.00426	0.002812	22122.86
D1	7.825	101.980	0.00144	0.001444	70622.99

- Periodos de vibración según modos


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348


JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	0.452	0.0095000	0.6675000
Modal	2	0.246	0.0016000	0.0423000
Modal	3	0.152	0.7087000	0.0169000
Modal	4	0.111	0.0145000	0.1609000
Modal	5	0.056	0.0000032	0.0000048
Modal	6	0.052	0.0005000	0.0725000
Modal	7	0.038	0.2022000	0.0001000
Modal	8	0.036	0.0002000	0.0125000
Modal	9	0.029	0.0001000	0.0037000
Modal	10	0.025	0.0000078	0.0155000
Modal	11	0.019	0.0454000	0.0000097
Modal	12	0.016	0.0000000	0.0062000
Modal	13	0.013	0.0140000	0.0000000
Modal	14	0.013	0.0000000	0.0018000
Modal	15	0.011	0.0032000	0.0000071

- Masa participativa en cada modo

Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.0095	0.6675
Modal	2	0.0111	0.7098
Modal	3	0.7198	0.7267
Modal	4	0.7344	0.8876
Modal	5	0.7344	0.8876
Modal	6	0.7349	0.9602
Modal	7	0.9371	0.9603
Modal	8	0.9373	0.9728
Modal	9	0.9374	0.9765
Modal	10	0.9374	0.9920
Modal	11	0.9828	0.9920
Modal	12	0.9828	0.9981
Modal	13	0.9968	0.9981
Modal	14	0.9968	1
Modal	15	1	1


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

- Verificación de derivas

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

Desplazamientos laterales Eje X

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_X = 0.007$$

Nivel	Mod. X	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.001398	5.2500	0.00734	0.00174	2.60	0.0006704	CUMPLE
4	0.001066	5.2500	0.00560	0.00179	2.60	0.0006886	CUMPLE
3	0.000725	5.2500	0.00381	0.00168	2.60	0.0006462	CUMPLE
2	0.000405	5.2500	0.00213	0.00136	2.60	0.0005230	CUMPLE
1	0.000146	5.2500	0.00077	0.00077	2.70	0.0002839	CUMPLE

Derivas Eje X

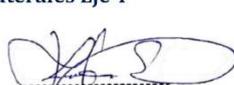
TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 5	D5	Sismo dinámico X	0.001398
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.001066
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.000725
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.000405
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.000146

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.0014	0.00033	0.00174	2.600	0.000670	0.007	CUMPLE
D4	0.0011	0.00034	0.00179	2.600	0.000689	0.007	CUMPLE
D3	0.0007	0.00032	0.00168	2.600	0.000646	0.007	CUMPLE
D2	0.0004	0.00026	0.00136	2.600	0.000523	0.007	CUMPLE
D1	0.0001	0.00015	0.00077	2.700	0.000284	0.007	CUMPLE

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_y = 0.007$$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.011664	5.2500	0.06124	0.014422	2.60	0.0055468	CUMPLE
4	0.008917	5.2500	0.04681	0.014742	2.60	0.0056700	CUMPLE
3	0.006109	5.2500	0.03207	0.014201	2.60	0.0054620	CUMPLE
2	0.003404	5.2500	0.01787	0.011744	2.60	0.0045170	CUMPLE
1	0.001167	5.2500	0.00613	0.006127	2.70	0.0022692	CUMPLE

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 5	D5	Sismo dinámico Y	0.011664
Story 4	D4	Sismo dinámico Y	0.008917
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.006109
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.003404
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.001167

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.01166	0.00275	0.01442	2.600	0.005547	0.007	CUMPLE
D4	0.00892	0.00281	0.01474	2.600	0.005670	0.007	CUMPLE
D3	0.00611	0.00271	0.01420	2.600	0.005462	0.007	CUMPLE
D2	0.00340	0.00224	0.01174	2.600	0.004517	0.007	CUMPLE
D1	0.00117	0.00117	0.00613	2.700	0.002269	0.007	CUMPLE

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions					
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)	MX (Ton-m)	MY (Ton-m)	MZ (Ton-m)
Sismo dinámico X	83.1450	14.3133	110.9762	702.2173	383.1945
Sismo dinámico Y	14.3132	83.1450	663.8206	137.1329	682.8483

- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	101.97960	101.97960
"V" Dinámica	83.14500	83.14500
80 % de la "V" Estática	81.58368	81.58368
	Cumple	Cumple

1.00

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.981222	0.981222
Cumple	Cumple


 WILLIAMS ALEXÁNDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP No 301348


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP No 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP No 304232

MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN CONVENCIONAL CON HERRAMIENTAS SÍSMICAS

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Consideraciones relevantes para el diseño:

- i. El diseño por desempeño se basa en el comportamiento que se puede predecir y evaluar.
- ii. El objetivo es tomar decisiones más acertadas a la realidad teniendo una información sustentada con un enfoque en la seguridad de vida y control de daños.
- iii. La norma E-030 Diseño Sismorresistente brinda el coeficiente de reducción sísmica R_0 según el sistema estructural, al asumir un valor R se quiere ver que ocurre al aplicar una demanda y cual es su correspondiente de capacidad.
- iv. En la filosofía de la E-030 se permite daño ante un sismo severo, pero si quisieramos reducir o observar el daño, se pretende colocar criterios específicos que puedan cuantificar el nivel de desempeño y amenaza que tendría la edificación.
- v. La definición del objetivo de desempeño se basa en como se espera que responda la edificación ante un sismo de diseño/máximo/etc.

A.- Medidas de Comportamiento

El diseño por desempeño se aplica para 2 medidas:


WILLIAMS ALEXANDER
LATORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JORGE ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

a)	Evaluación sísmica:	Metodología para la evaluación de deficiencias en una estructura que impida alcanzar un objetivo de desempeño.
b)	Rehabilitación sísmica:	Diseño de medidas para la mejora del desempeño sísmico de componentes estructurales y no estructurales, en un edificio mediante la corrección de deficiencias identificadas en una evaluación sísmica, relativas a un objetivo de desempeño seleccionado.

B.- Amenaza Sísmica

La amenaza sísmica debido al movimiento del terreno debe contemplar la ubicación del edificio con respecto a las fallas que existan, las características geológicas, regionales y en sitio y la escogencia del nivel de amenaza seleccionado para el diseño. Se definirá en términos de **Espectro de Respuesta de Aceleraciones** o **Registros Tiempo-Historia** en base probabilística o determinística.

Niveles de Amenaza Sísmica		
Sísmo de Servicio (SE)	Sísmo de Diseño (DE)	Sismo Máximo (ME)
Nivel del movimiento del terreno con 50% de probabilidad de excedencia en un periodo de 50 años.	Nivel del movimiento del terreno con 10% de probabilidad de excedencia en un periodo de 50 años.	Nivel del movimiento del terreno con entre 2% y 5% de probabilidad de excedencia en un periodo de 50 años.

Periodo de retorno: T= 75 años.	Periodo de retorno: T= 475 años.	Periodo de retorno: T= entre 975 y 2475 años.
--	---	--

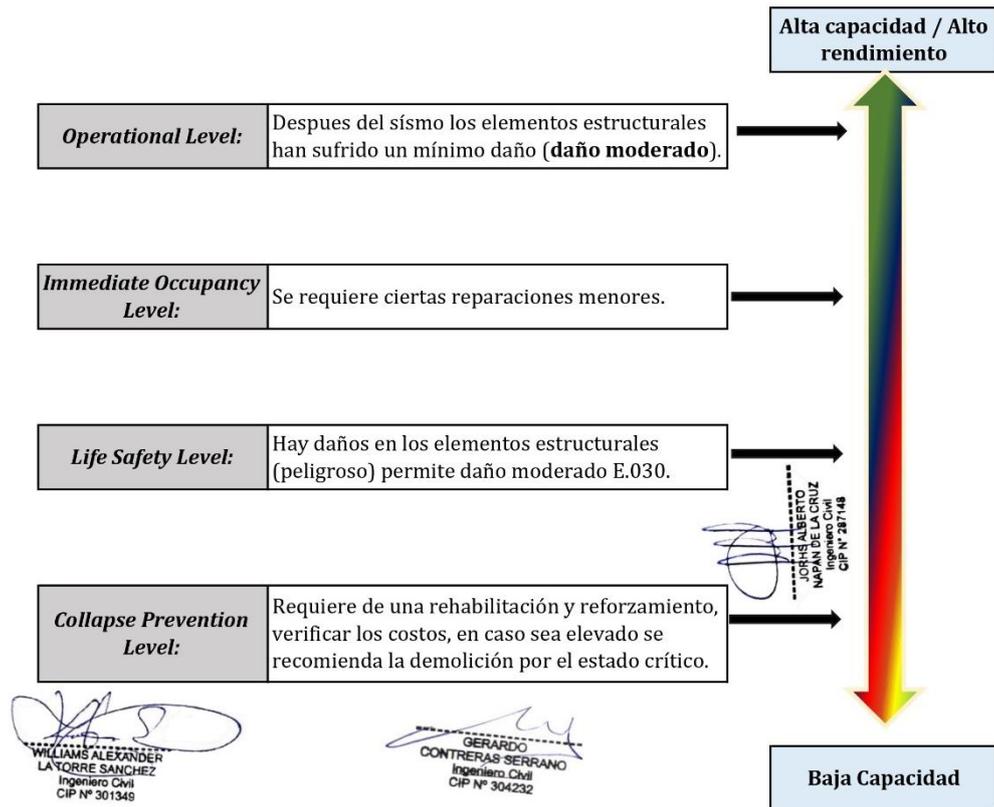
C.- Objetivo de Desempeño

- i.- El objetivo de desempeño está referido al tipo de comportamiento esperado de la estructura, tomando en consideración también el comportamiento de elementos no estructurales.

Objetivo de Desempeño = Nivel de Desempeño Estructural + Nivel de Desempeño No Estructural

- ii.- Estos niveles están referidos a puntos discretos en una escala continua, describiendo el comportamiento esperado de la estructura, o alternativamente, cuánto daño y pérdidas económicas pueden ocurrir.

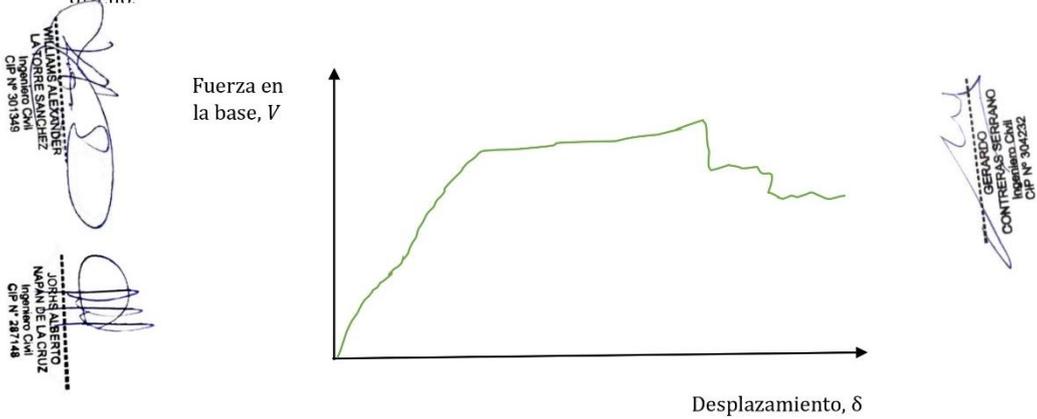
Nivel de Desempeño Estructural:	describe el estado límite de daño del sistema estructural.
Nivel de Desempeño Estructural:	describe el estado límite de daño de componentes no estructurales.



WILLIAMS ALEXANDER
LATORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

D.- Cálculo de la Capacidad de la Estructura

- i.- Para determinar la capacidad total de la estructura se puede aplicar un Análisis Estático No Lineal o Pushover, en el cual se establece la aplicación de un patrón (o varios) de carga lateral monotónicamente creciente, hasta alcanzar un desplazamiento máximo definido en el tope, o bien, el colapso de la estructura.
- ii.- La curva de capacidad se plantea a través del desplazamiento en el tope versus la fuerza de corte de la base.
- iii.- El modelo matemático incorpora los efectos de la respuesta inelástica de los materiales, por lo que las fuerzas calculadas serán aproximaciones razonables a las fuerzas esperadas durante el sismo de diseño.



E.- Cálculo de la Demanda

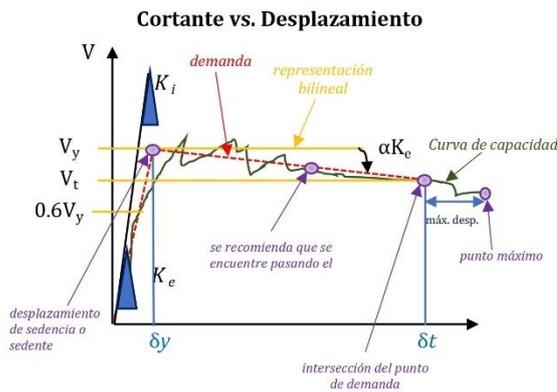
- i.- El cálculo de la demanda está referido al desplazamiento máximo que experimentará la estructura bajo el nivel de amenaza sísmica elegido. Los procedimientos aquí representados son:

1.- Método de los Coeficientes de Desplazamiento

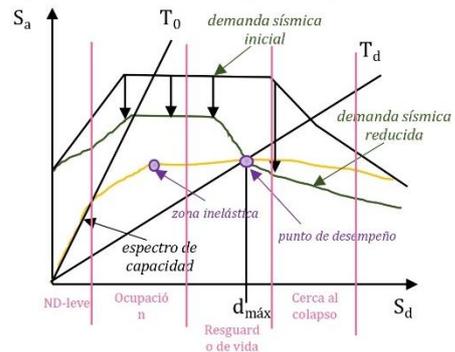
Definido por el FEMA 356 (*Federal Emergency Management Agency, 2000*)

2.- Método de Espectro de Capacidad

Definido por el ATC-40 (*Applied Technology Council, 1996*)



Espec. Aceleración vs. Espec. Desplazamiento



ii.- Método de Coeficientes de Desplazamiento:

- El punto de intersección de demanda no debe estar cerca al punto máximo, lo recomendable es que pase el rango elástico y esté alejado de la zona inelástica.
- En caso que no intercepte los puntos significa que se debe de mejorar la estructura.
- La división entre el desplazamiento del punto de intersección (δ_t) y desplazamiento sedente (δ_y) se obtiene el valor de la ductilidad.

iii.- Método de Espectro de Capacidad:

- Depende de la estructura en que punto de la curva se encuentra, a fin de lograr que el punto de desempeño tenga un nivel mejorado.

iv.- Los niveles de desempeño se emplean como evaluación y rehabilitación y como parte del tema de reforzamiento.

v.- Para un diseño convencional no es obligatorio, pero se toma en consideración por los objetivos y daño esperado, se toma en cuenta el diseño por desempeño por la filosofía de la E.030. Asimismo, para brindar la seguridad de que el diseño obtendrá una correspondiente respuesta.

F.- Objetivos de Desempeño

i.- Consideraciones para seleccionar el Nivel de Desempeño Esperado de la Edificación con un Nivel de Amenaza Sísmica.

Nivel de Desempeño Esperado:	Seguridad de los ocupantes durante y después del evento sísmico.
	Costo y factibilidad de restaurar la estructura a la condición antes del sísmo.
	Tiempo de duración de la reparación de la estructura.
	Impacto económico, arquitectónico o histórico en la comunidad por daños ocasionados.
Nivel de Amenaza Sísmica:	Depende de la probabilidad de ocurrencia según su periodo de retorno (promedio de años entre eventos de severidad similar).

G.- Niveles de Sísmo

SEAO - VISIÓN 2000		
Nivel de sismo de diseño	Intervalo de recurrencia	Probabilidad de excedencia
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	970 años	10% en 100 años

ATC-ATC 40		
Nivel de sismo de diseño	% del Sísmo de diseño	Probabilidad de excedencia
Serviciabilidad	50%	50% en 50 años
Diseño	100%	10% en 50 años
Máximo	125 o 150%	5% en 50 años


WILLIAMS ALEXANDER
LATORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JOSHE ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

FEMA/ASCE - FEMA 273	
Nivel de sismo de diseño	Probabilidad de excedencia
Sismo 1	50% en 50 años
Sismo 2	20% en 50 años
Sismo de seguridad básico BSE-1	10% en 50 años
Sismo de seguridad básico BSE-2	2% en 50 años


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

H.- Niveles de Desempeño

i.- Se designa una combinación alfanumérica.

Nivel de Desempeño = Nivel de Desempeño Estructural + Nivel de Desempeño No Estructural

Nivel de Desempeño Estructural

- S-1: Ocupación inmediata
- S-2: Rango de Control de Daño
- S-3: Protección de Vida
- S-4: Rango de Seguridad Limitad
- S-5: Prevención de Colapso
- S-6: No Considerado

Nivel de Desempeño no Estructural

- A. Operacional
- B. Ocupación Inmediata
- C. Protección de Vida
- N-D: Amenaza Reducida
- N-E: No Considerado


 JORHIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Medidos de acuerdo al criterio de aceptabilidad en función a la demanda en la estructura y sus componentes.

I.- Niveles de Desempeño

i.- Los niveles de desempeño se emplean de acuerdo a:

VISIÓN 2000
Completamente operacional
Operacional
Supervivencia
Cerca al colapso

FEMA/ASCE Y ATC
Operatividad (O)
Ocupación Inmediata (IO)
Protección de Vida (LS)
Prevención del colapso (PC)


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SAIGOCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301346

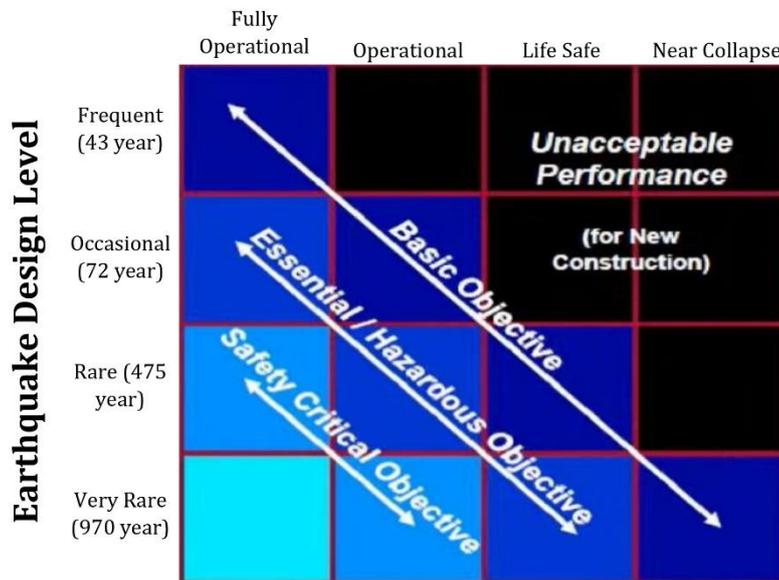
Nivel de Desempeño	Estado de Daño	Descripción
Completamente Operacional	Despreciable	Sin daño estructural. Se conserva la rigidez y resistencia. Todos los componentes estructurales operan. La edificación está disponible para su uso normal. Prácticamente no existe riesgo de daño alguno a los ocupantes del edificio durante el sismo.
Operacional	Ligero	Solamente pequeños daños estructurales. La estructura se mantiene casi íntegramente su resistencia y rigidez. Los elementos no estructurales están seguros y los sistemas de seguridad están operables. El riesgo de daño durante el sismo es muy bajo.

Nivel de Desempeño	Estado de Daño	Descripción
Nivel de desempeño	Moderado	Daño estructural y no estructural importante. La estructura ha perdido una parte importante de su rigidez original, pero conserva parte de su resistencia lateral y un margen de seguridad contra el colapso. Los elementos estructurales están seguros pero podrán no operar. El edificio puede no ser seguro antes de ser operado. El riesgo de daño durante el sismo es bajo.

Nivel de Desempeño	Estado de Daño	Descripción
Cerca al colapso	Severo	Se ha producido un daño sustancial en la estructura. La estructura ha perdido casi toda su rigidez y resistencia original y conserva solo un pequeño margen contra el colapso. Los elementos no estructurales pueden terminar fuera de su sitio y estar en peligro de caerse. Probablemente no resulta práctico reparar la estructura.

J.- Diseño por Desempeño (o Comportamiento)

Earthquake Performance Level



GERARDO CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304632

LOPEZ ALBERTO NARANJO LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

- i.- El diseño por desempeño se realizó mediante la propuesta de una vivienda convencional de 5 niveles, asimismo, de observar la varianza de intersección del desempeño en cuanto al empleo de herramientas sísmicas, como también en el análisis sísmico y dinámico, se tuvo las siguientes consideraciones:

1. Parámetros

Ubicación del estudio: Mz. G Lote 23 Asociación Virgen del Carmen, San Martín de Porres, Lima

- Zonificación

Departamento :	LIMA
Provincia :	Lima
Distrito :	San Martín de Porres
Zona Sísmica :	4

Vista frontal de la zona donde se realizó el estudio:



Zonas sísmicas



Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Zona:

Factor de zona (Z): 0.45

La actividad sísmica en el departamento de Lima, donde específicamente se ubica el área de estudio, es de origen tectónico, y manifiesta una estructura interna compleja debido a la interacción por subducción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana.

El factor de zona se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

- Condiciones geotécnicas

Estudio de mecánica de suelos:

WILLIAM ALLENDEZ
 L. VORRE SANJHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301346

Ángulo de fricción interna: $\phi = 27.80^\circ$
 Cohesión (C): $C = 0.08$
 Peso específico (γ): $\gamma = 1.08$
 Capacidad admisible de carga (q_{adm}): $q_{adm} = 3.52 \text{ Kg/cm}^2$

GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

JOHNS ALBERTO
 NARAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Estrato:

Arcilla inorgánica de baja compresibilidad (CL)

Conformado por: 1.80% Grava 28.30% Arena 69.90% Finos

Por lo tanto: → Perfil de suelo tipo: S2 Suelos intermedios
 - Parámetros de sitio

Determinando S, T_p y T_L

FACTOR DE SUELO				
Suelo / Zona	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

PERIODOS "T _p " y "T _L "				
	Perfil de Suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T _L (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Conforme a las condiciones iniciales de Suelo y zona: Zona: 4 Suelo tipo: S2

→ S = 1.05 T_p = 0.60 T_L = 2.00

- Categoría de la edificación

CATEGORÍA		U
A	Esencial	1.50
B	Importante	1.30
C	Común	1.00
D	Temporal	*

Uso: Vivienda

Categoría: C U = 1.00

- Irregularidades

Se ha determinado que la estructura no presenta irregularidades.

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	I _a
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando - Piso débil	0.75
Irregularidad Extrema de Rigidez - Extrema de Resistencia	0.50
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
Discontinuidad extrema en Sistemas Resistentes	0.60

JORIS ALBERTO
 NARANDE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 281148

I_a = 1.00

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA	I _p
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	0.60
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.90

GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

I_p = 1.00

WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 CIP N° 301346

Para la determinación del coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas y el cálculo del factor C_T :

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

Descripción	C_T
Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:	35
a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte. b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.	
Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:	45
a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras b) Pórticos de acero arriostrados.	
Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.	60


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Para la estimación del peso (P): Categoría: **C** → 25% CV

Peso	
A y B	50% Carga Viva
C	25% Carga Viva
Despósitos	80% Peso Total
Azoteas y techos	25% Carga Viva
Estructuras de tanques	100% de su Capacidad de Carga

Implementos para el análisis
Herramientas sísmicas
Aisladores de péndulo friccional (FPS)
Disipadores a fricción

Cargas vivas

S/C = 200.0 Kg/m² (Nivel 1 hasta nivel 4)
 S/C = 150.0 Kg/m² (Azotea)

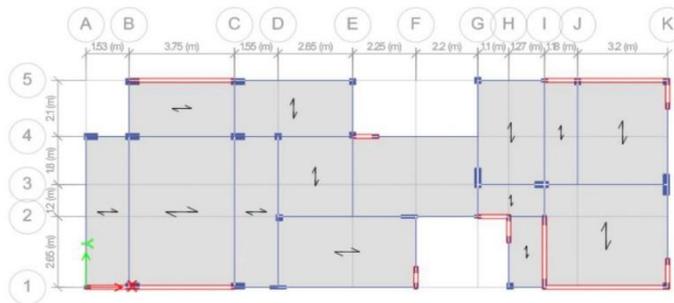
Cargas muertas

Losa = 300.0 Kg/m²
 Acabados = 150.0 Kg/m²

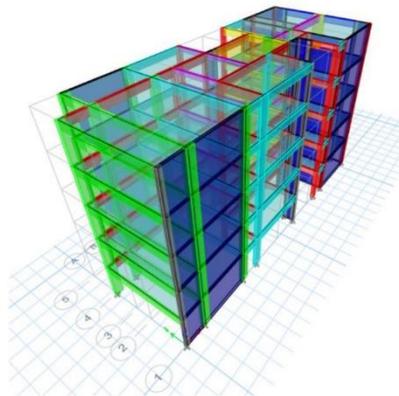
ii.- Haciendo uso del software ETABS se procede con el modelado de la vivienda convencional aplicando los parámetros mencionados anteriormente, obteniendo las siguientes vistas de la edificación:

Modelado de la estructura en ETABS

Modelo de la estructura en el Programa ETABS



Vista en planta



Vista 3D de la estructura

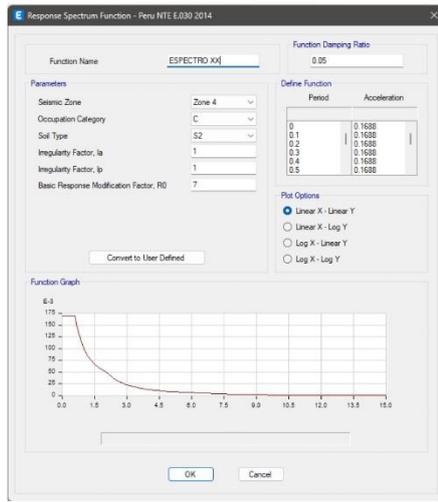
*WILMAY ALEXANDER
 LA CORRE SANJHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348*

*GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304632*

*JOSÉ ALBERTO
 NAJUNDE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148*

- iii.- Seguidamente se define el espectro de respuesta, mediante la normativa peruana NTE E.030 2014.
- iv.- Se tiene las consideraciones de ubicación, tipo, suelo, etc., respecto a la edificación convencional de 5 niveles presentada anteriormente para el espectro de respuesta.
- v.- Se considera un $R = 7$ por el sistema dual de acuerdo a la normativa.
- vi.- Se considera un $R = 1$, nivel de amenaza sísmica.

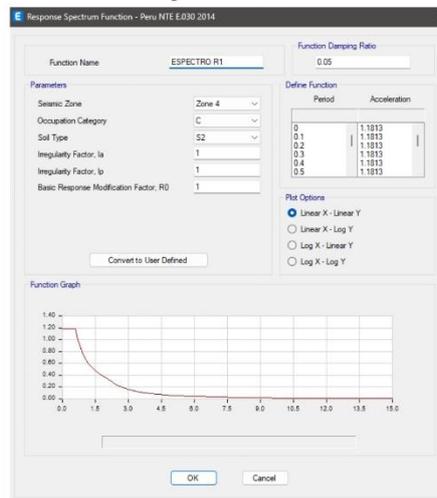
Espectro XX



Espectro YY



Espectro R=1




HUMBERTO SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


GERARDO SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304252


JORIS ALBERTO NAPIRI DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Gráfica Cortante vs. Sismo XX

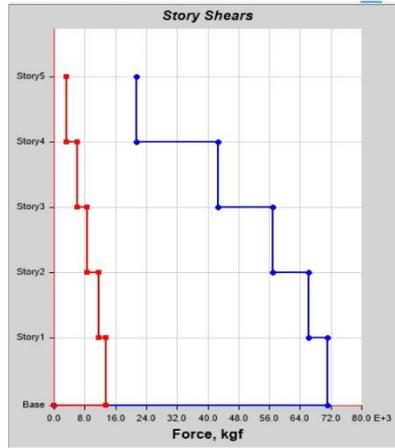
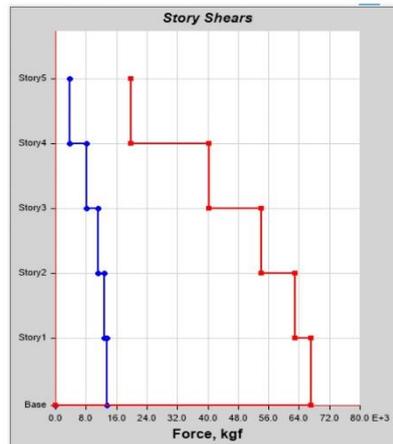


TABLE: Story Response

Nivel	Elevation (cm)	Location	X-Dir (kgf)	Fx (kgf)	F lat-X (PushOver)	Y-Dir (kgf)	Fy (kgf)	F lat-Y (PushOver)
5	1310	Top	21349.80	21349.80	527.41	3274.35	3274.35	419.84
4	1050	Top	42648.41	21298.61	526.14	6010.35	2736.00	350.81
3	790	Top	56898.50	35599.89	879.43	8713.76	5977.76	766.47
2	530	Top	66321.81	30721.92	758.92	11762.39	5784.63	741.71
1	270	Top	71202.76	40480.84	1000.00	13583.68	7799.05	1000.00
0	0	Top	0					

Gráfica Cortante vs. Sismo YY



WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JORIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 28146

TABLE: Story Response								
Nivel	Elevation (cm)	Location	X-Dir (kgf)	Fx (kgf)	F lat-X (PushOver)	Y-Dir (kgf)	Fy (kgf)	F lat-Y (PushOver)
5	1310	Top	3823.43	3823.43	509.83	19858.81	19858.81	524.46
4	1050	Top	8120.56	4297.13	573.00	40340.79	20481.98	540.92
3	790	Top	11140.33	6843.20	912.50	54138.93	33656.95	888.87
2	530	Top	12927.43	6084.23	811.30	62943.67	29286.72	773.45
1	270	Top	13583.61	7499.38	1000.00	67151.63	37864.91	1000.00
0	0	Top	0					


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

DISEÑO DISIPADOR A FRICCIÓN

1. Parámetros

Ecuación general:

$$m \ddot{x} + C \dot{x} + kx = F(x)$$

- m:** masa
- \ddot{x} :** aceleración
- C:** coeficiente de amortiguamiento
- \dot{x} :** velocidad
- Kx:** coeficiente de rigidez
- F(x):** fuerza externa

Al incluir los disipadores se tiene las siguientes consideraciones:

- Al aumentar la rigidez (kx) la estructura puede tener un menor desplazamiento y se hace más rígida, asimismo, las fuerzas sísmicas suelen ser mayores.
- El coeficiente de amortiguamiento (C) trabaja con la velocidad (\dot{x})
- Los históricos suelen trabajar con elementos rígidos (análisis no lineal estático/análisis no lineal tiempo historia)

1. Rigidez del Brazo Metálico

Ecuación general:

$$K = \frac{EA}{L}$$

a) Módulo de Elasticidad del Acero

- E: 21000000.00 kg/cm² = 2.10E+07 tonf/m²
- E: Módulo de elasticidad del Acero

b) Área del Brazo Metálico

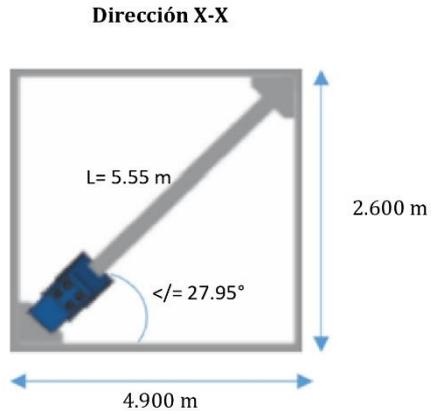
- A: 30 in² = 0.0193548 m²


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232


JOHN ALBERTO
MAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


WILLIAMS LEÑERO
LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

b) Longitud del Brazo Metálico



Elevación en "1,2"

CO = 2.60 m
 H = 5.55 m
 $\angle = 27.95^\circ$
 L = 5.55 m

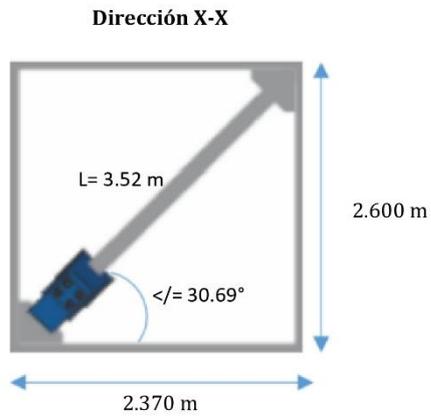
Entonces la rigidez X - X: 2.650 m

$$K_x = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{5.55}$$

Kx = 73273.19 tonf/m

GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

FRANCISCO ALBERTO
 NARANJO DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148



Elevación en "3"

CO = 2.60 m
 H = 3.52 m
 $\angle = 47.65^\circ$
 L = 3.52 m

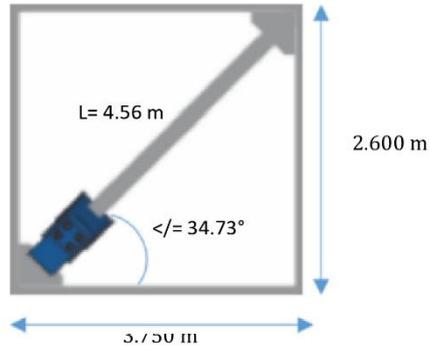
Entonces la rigidez X - X: 2.650 m

$$K_x = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{3.52}$$

Kx = 115532.16 tonf/m

WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Dirección X-X



Elevación en "4"

CO = 2.60 m

H = 4.56 m

</= 34.73 °

L = 4.56 m

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

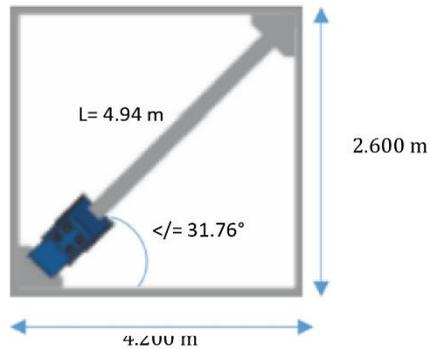
Entonces la rigidez X - X: 2.650 m

$$K_x = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{4.56}$$

Kx = 89072.25 tonf/m

ALBERTO
MAYANES LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

Dirección X-X



Elevación en "5"

CO = 2.60 m

H = 4.94 m

</= 31.76 °

L = 4.94 m

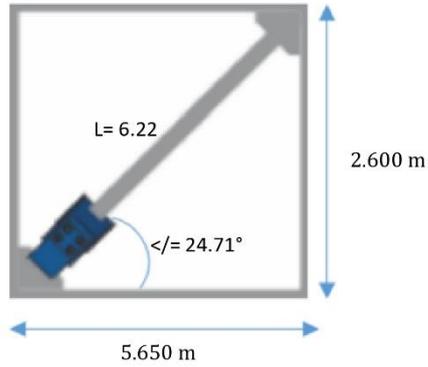
WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

Entonces la rigidez X - X: 2.650 m

$$K_x = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{4.94}$$

Kx = 82283.72 tonf/m

Dirección Y-Y



Elevación en "A,B,C"

CO= 2.60 m

H= 6.22 m

</= 24.71 °

L= 6.22 m

GERARDO
GONZALEZ
CONTRERAS
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

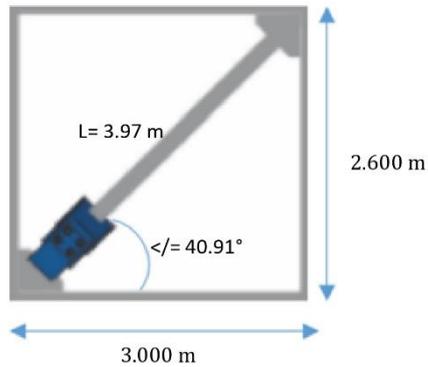
Entonces la rigidez Y-Y:

$$Kx = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{6.22}$$

Kx = 65350.90 tonf/m

JOSUIS ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

Dirección Y-Y



Elevación en "D"

CO= 2.60 m

H= 3.97 m

</= 40.91 °

L= 3.97 m

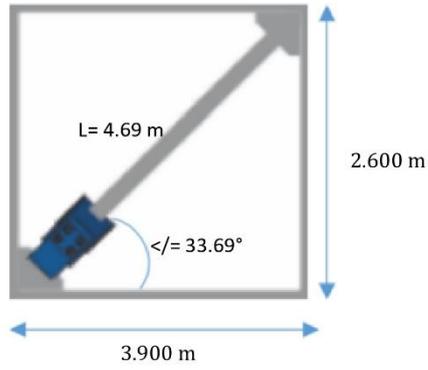
WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

Entonces la rigidez Y-Y:

$$Kx = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{3.97}$$

Kx = 102383.68 tonf/m

Dirección Y-Y



Elevación en "G,I"

CO= 2.60 m
 H= 4.69 m
 </= 33.69 °
 L= 4.69 m

GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

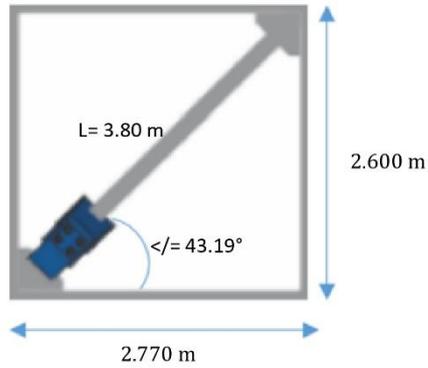
Entonces la rigidez Y-Y:

$$K_x = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{4.69}$$

Kx = 86714.92 tonf/m

JORGE ALBERTO
 NARANJO DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Dirección Y-Y



Elevación en "K"

CO= 2.60 m
 H= 3.80 m
 </= 43.19 °
 L= 3.80 m

WILLIAM ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Entonces la rigidez Y-Y:

$$K_x = \frac{2.10E+07 * 0.0193548}{3.80}$$

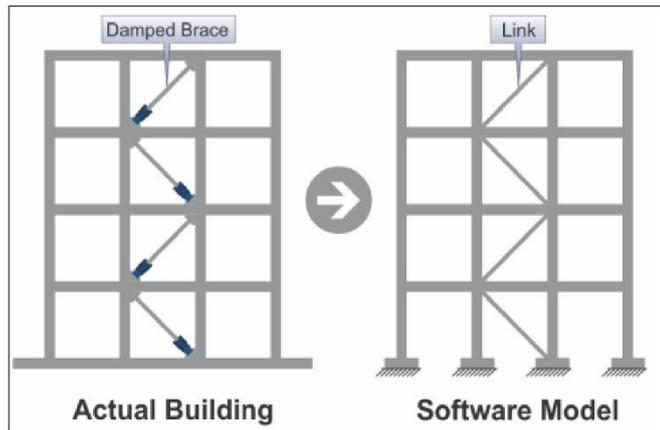
Kx = 106987.26 tonf/m

2. Implementación de la estructura en el software ETABS

Consideraciones:

- I.- El empleo de los disipadores QUAKETEK que principalmente son disipadores que trabajan a fricción manteniendo una rigidez total de la estructura, estos disipadores son modelados con una curva de histéresis rectangular o como un resorte esta curva histerética es rectangular, mucho mayor en área y confiable para muchísimos ciclos, con lo cual permiten al edificio deformarse elásticamente y disipar la energía de terremoto.
- II.- Los Disipadores a fricción están diseñados para accionarse antes que los miembros estructurales alcancen estados plásticos. De esta forma el edificio es capaz de resistir un terremoto sin recibir un daño significativo a su estructura principal.
- III.- Los disipadores a fricción operan con los principios de un amortiguador tipo Coulomb transformando la energía cinética en calor mediante la fricción.

Implementación de los Disipadores a Fricción



Fuente: QUAKETEK

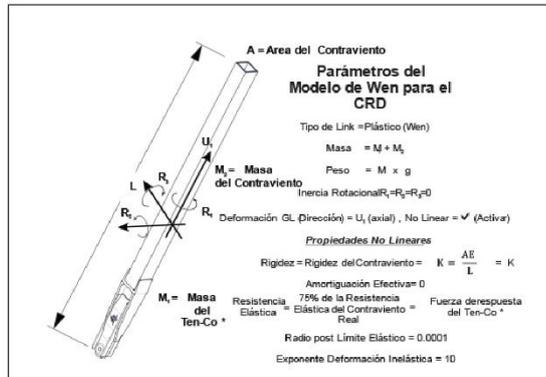
GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

ALBERTO
NARANJO DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE GONZALEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

a) Parámetros del Disipador a Fricción

Parámetros de Diseño: Modelo de Wen Para el CRD



Fuente: QUAKETEK

GERARDO CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

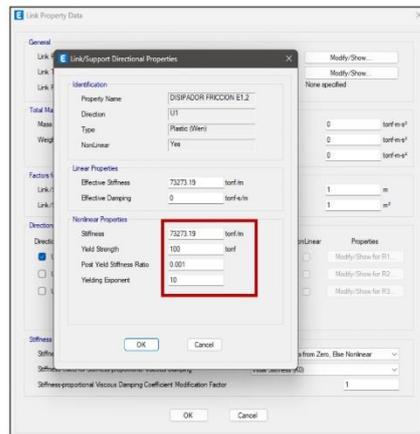
b) Asignación de parámetros calculados

Consideraciones:

Se adecuo de acuerdo a la estructura analizada hallando la rigidez y la fuerza de desplazamiento, los demás que son (post yield stiffness ratio, yielding exponent) son parámetros de acuerdo al estudio que hace QUAKETEK al originar los disipadores y como en su propia página lo rectifica.

JORIS ALBERTO NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Parámetros de Diseño: Modelo de Wen Para el CRD



Fuente: Elaboración propia

WILLIAMS ALEXANDER LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Asignación Rigidez X-X - ELEV. 1,2

Link Property Data dialog for DISPADOR FRICCION E1.2. The Effective Stiffness field is highlighted with a red box and contains the value 73273.19.

Fuente: Elaboración propia

Asignación Rigidez Y-Y- ELEV. A,B,C

Link Property Data dialog for DISPADOR FRICCION EA. The Effective Stiffness field is highlighted with a red box and contains the value 63300.90.

Fuente: Elaboración propia

Asignación Rigidez X-X - ELEV. 3

Link Property Data dialog for DISPADOR FRICCION E3. The Effective Stiffness field is highlighted with a red box and contains the value 115532.16.

Fuente: Elaboración propia

Asignación Rigidez Y-Y- ELEV. D

Link Property Data dialog for DISPADOR FRICCION ED. The Effective Stiffness field is highlighted with a red box and contains the value 102383.68.

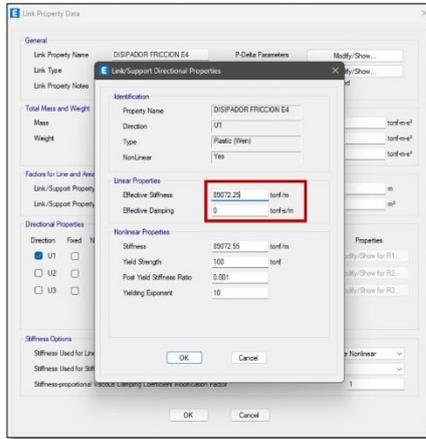
Fuente: Elaboración propia


**WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


**JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

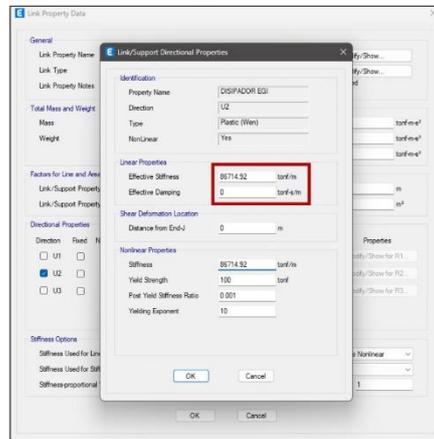

**GERARDO
 CONTRERAS SERRANO**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Asignación Rigidez X-X - ELEV. 4



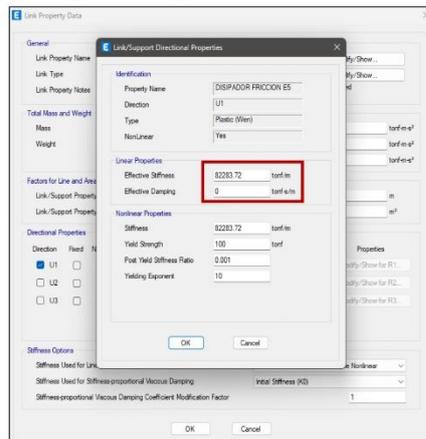
Fuente: Elaboración propia

Asignación Rigidez Y-Y- ELEV. G,I



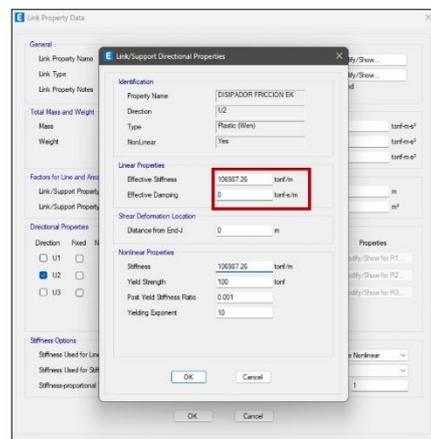
Fuente: Elaboración propia

Asignación Rigidez X-X - ELEV. 5



Fuente: Elaboración propia

Asignación Rigidez Y-Y- ELEV. K



Fuente: Elaboración propia


WILLIAMS ALEXANDER
 LATORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

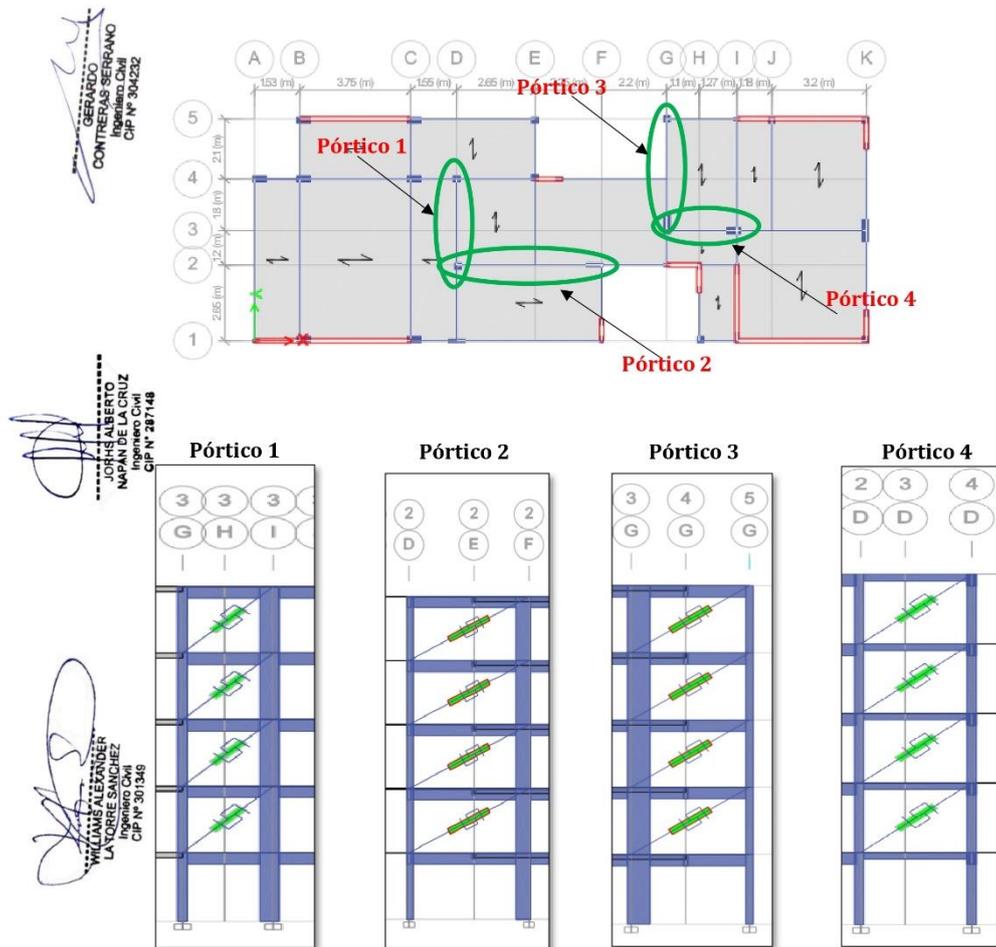

JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Consideraciones para la colocación de disipadores de fricción:

- i.- Los disipadores por fricción utilizan el mecanismo de fricción sólida que se desarrolla por el deslizamiento relativo entre sí entre dos cuerpos sólidos sometidos a presión, la fuerza de fricción es igual a la fuerza normal por el coeficiente de rozamiento. Generalmente la curva histerética es de forma rectangular similar a las características de fricción tipo Coulomb.
- ii.- La implementación del disipador a fricción aparte de disipar la energía sísmica, se buscó la optimización de la misma, mediante una colocación estratégica en pórticos, a fin de minimizar los gastos de esta herramienta sin perder sus propiedades fundamentales para la preservación de la edificación.

Identificación de los pórticos para la colocación de la herramienta sísmica

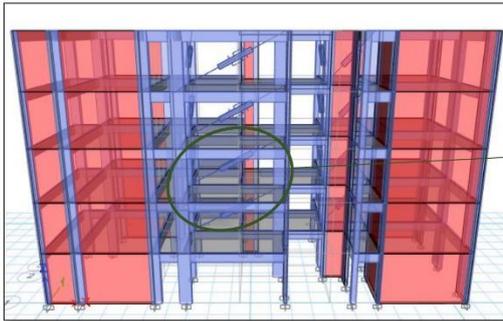


Vista de la Edificación Convencional de 5 niveles con Disipador a Fricción

Consideraciones:

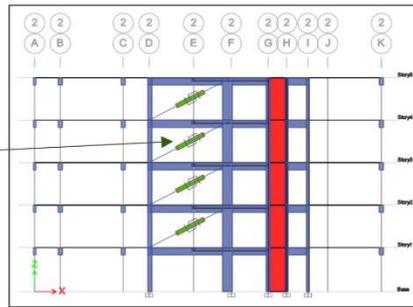
Proveedor: QUAKETEK
Modelo: Wen
N° Disipador a Fricción: Eje X: 2 DF / Eje Y: 2 DF

Vista elevación X-X



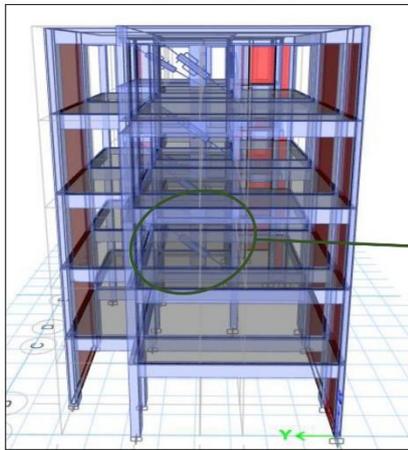
Fuente: Elaboración propia

Vista Disipador a Fricción



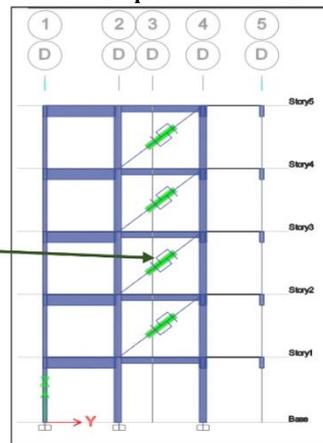
Fuente: Elaboración propia

Vista elevación Y-Y



Fuente: Elaboración propia

Vista Disipador a Fricción



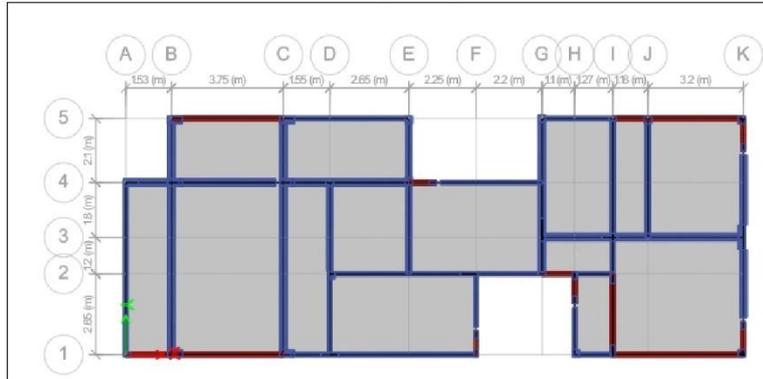
Fuente: Elaboración propia


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHÁN ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

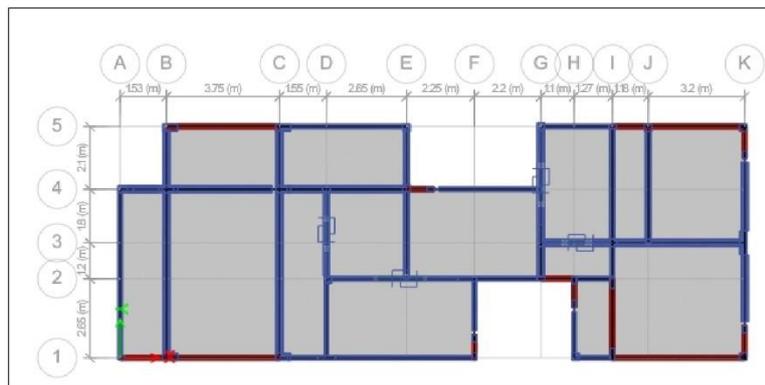

 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Vista planta piso 1



Fuente: Elaboración propia

Vista planta piso 2,3,4 y 5




WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346


JORHIS ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

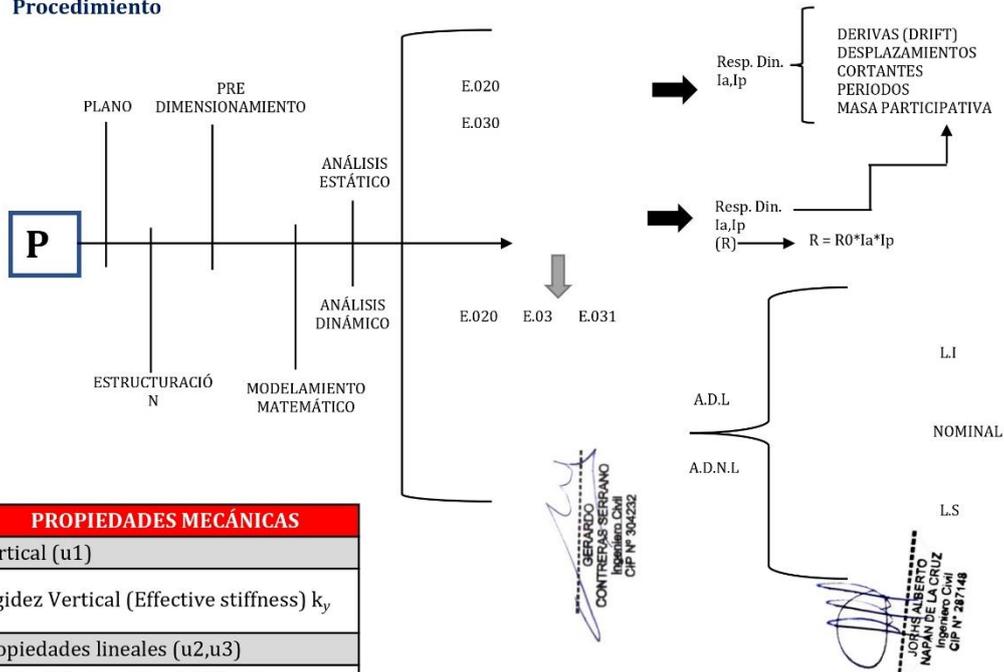
MEMORIA DE CÁLCULO

DISEÑO AISLADOR FRICCIONAL (FPS)

Normativa aplicada:

- I.- Norma E.030 Diseño Sismorresistente: Analisis con diseño sismorresistente de estructura de base fija
- ii.- Norma E.031 Aislamiento Sísmico: Análisis con diseño sismorresistente de estructura aislada.
- iii.- CURVED SURFACE SLIDERS (Deslizadores de Superficie Curva)

Procedimiento



PROPIEDADES MECÁNICAS
Vertical (u1)
Rigidez Vertical (Effective stiffness) k_y
Propiedades lineales (u2,u3)
Rigidez Efectiva Lineal (Effective stiffness) k_{Eff}
Amortiguamiento efectivo (Effective Damping) c
Propiedades no lineales (u2,u3)
Rigidez inicial(Stiffness) k_i
Coefic. Fricción Lenta (Friction Coefficient, Slow)
Coefic. Fricción Rápida (Friction Coefficient, Fast)
Parametro de Ajuste (Rate parameter)
Radio del Péndulo (Net Pendulum Radius)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Rigidez horizontal del Dispositivo FPS	
Altura del dispositivo	
Diámetro del Aislador	
Desplazamiento máximo	
Desplazamiento total máximo	
Modulo de Corte	
Porcentaje de amortiguamiento	
Cantidad de aisladores	

WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

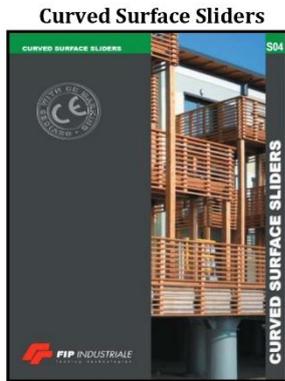
Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

1.Consideraciones de diseño

- i.- Las consideraciones para el diseño son valores previos colocados a inicio del documento como parte de la identificación de la zona del proyecto, cuyos valores son usados para el presente diseño del aislador FPS, previamente siguiendo la normativa E.031.
- ii.- Se identificó los periodos modales en dirección "Y" y "X" de la estructura convencional:

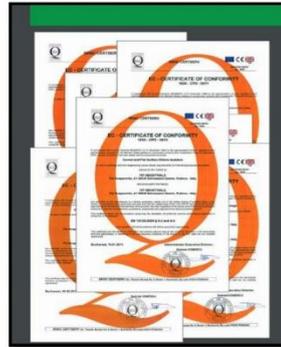
Periodo Y	0.4518	modo 1	$R_0 = 7$	(sistema dual)
Periodo X	0.2462	modo 2	$V = 105.401$	Ton (cortante basal)
	0.1518	modo 3		

Se empleó el catálogo **CURVED SURFACE SLIDERS (Deslizadores de Superficie Curva)** de características físicas y mecánicas del Aislador Friccional (FPS) para el diseño.



Fuente: FIP INDUSTRIALE

EC - Certificate of Conformity



Fuente: FIP INDUSTRIALE

Consideraciones:

- El aislador friccional FPS al actuar como un péndulo no depende de la masa del edificio.
- Su comportamiento si depende como ciclo isterético (peso que tenga el aislador encima)
- Para el análisis solamente depende del radio de curvatura que tenga el aislador.

Modelo de Aislador Friccional (FPS) del Proveedor



Fuente: FIP INDUSTRIALE

[Signature]
 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

[Signature]
 GERARDO
 CONTRERAS GERIANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

[Signature]
 JORHIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 281148

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

• **Parámetros**

Z (ZONA):	0.45	
U (USO):	1.00	
C (COEF. SÍSMICO):	1.05	
S (SUELO):	2.50	
G (GRAVEDAD):	9810.00	mm/s ² (Norma mm ²)
R:	7.00	
P (PESO):	624.598	Ton

• **Deformación por corte**

$$\gamma = 150.00\% = 1.5$$

• **Modulo de corte**

Proveedores: **CATÁLOGO FIP**

$$G = 0.8 \text{ Mpa}$$

• **Peso sísmico sobre el interfaz de aislamiento**

$$P = 624.598 \text{ Tn}$$

$$P = 6125.245207 \text{ Kn}$$

• **Peso efectivo sin nivel de base**

$$P_s = 674.566 \text{ Tn}$$

$$P_s = 6615.266392 \text{ Kn}$$

• **Sísmo máximo considerado**

$$S_{AM} = 1.772 \text{ mm/s}^2$$

(NORMA E.031)

$$S_{aM} = 1,5 ZCS g$$

• **Amortiguamiento efectivo BM en porcentaje del amortiguamiento crítico**

$$BM = 15\% = 1.38 \text{ (NORMA E.031)}$$

• **Desplazamiento máximo (DM)**

$$DM = 354.18 \text{ mm}$$

$$SaM = 1.772 \text{ mm/s}^2$$

$$TM = 3.300 \text{ sg}$$

$$BM = 1.380$$

(NORMA E.031)

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

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JORGE ALBERTO
MORALES DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

• **Periodo efectivo para desplazamiento máximo TM**

TM= 26.18 sg **TM= 26.18**
 P= 6125.245 kn
 KM= 35.970 kn/mm
 g= 9.810 mm/s²

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{k_M g}} \quad k_M = \frac{\sum |F_M^+| + \sum |F_M^-|}{2D_M}$$

• **Desplazamiento máximo**

D_M= 354.178 mm 35.42 cm

• **Desplazamiento total máximo (DTM)**

y = 10350.00 mm
 b= 7750.00 mm
 d= 20900.00 mm
 e= 1045.000 mm
 D_M= 354.178 mm
 P_t= 2.976 periodo modo1/modo3 =

$$D_{TM} = D_M \left[1 + \left(\frac{y}{P_t^2} \right) \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right]$$

GERARDO
 CONTRERAS
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Desplazamiento total máximo

D_{TM}= 364.62 mm 36.46 cm

PROPIEDADES DEL SISTEMA DE AISLACIÓN

Datos para el cálculo de las propiedades físicas del dispositivo

DM =	354.178	mm	0.354	m
DTM =	364.62	mm	0.365	m
TM =	26.18	sg	26.178	sg
CARGA EN DISPOSITIVO A =	89.45	Tn	0.089	Mpa*m
CARGA EN DISPOSITIVO B =	156.72	Tn	0.157	Mpa*m
DEFORMACIÓN POR CORTE=	1.5	---	1.5	---
MODULO DE CORTE =	0.8	Mpa	0.8	Mpa

JORGE ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

• **Parámetros**

Z (ZONA):	0.45	
U (USO):	1.00	
C (COEF. SÍSMICO):	1.05	
S (SUELO):	2.50	
G (GRAVEDAD):	9810.00	mm/s ² (Norma mm2)
R:	7.00	
P (PESO):	624.598	Ton

WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

METRADO DE CARGAS

CM =	1734.560	Ton
CV =	381.974	Ton
CSH =	105.401	Ton
CSV =	1463.535	Ton

GERARDO
GERARDO SERRANO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

a) Carga vertical promedio

CVP =	1925.547	Ton
CM =	1734.560	Ton
CV =	381.974	Ton

N. E.031
1,0 CM + 0,5 CV

JOHNS ALBERTO
MAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

b) Carga vertical máxima

CVM =	4214.603	Ton
CM =	1734.560	Ton
CV =	381.974	Ton
CSH =	105.401	Ton
CSV =	1463.535	Ton
CN =	0.000	Ton

N. E.031
1,25 (CM + CV) + 1,0 (CSH + CSV) + 0,2 CN

MAURICIO ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

c) Carga vertical mínima

CVM =	-7.832	Ton
CM =	1734.560	Ton
CSH =	105.401	Ton
CSV =	1463.535	Ton

N. E.031
0,9 CM - 1,0 (CSH + CSV)

Carga vertical promedio
1925.547 Ton

Carga vertical máximo
4214.603 Ton

Carga vertical mínimo
-7.832 Ton

CARGA EN LOS DISPOSITIVOS

13.35	Ton/m ²	29.22	Ton/m ²	-0.05	Ton/m ²
-------	--------------------	-------	--------------------	-------	--------------------

Área total del diafragma

ÁREA = 144.23 m²

DISPOSITIVOS	ÁREA TRIBUTARIA	CARGA VERTICAL PROMEDIO
Esquinado:	6.83 m ²	91.18 Ton
Excentrico: D.A.	6.70 m ²	89.45 Ton
Centrico: D.B.	11.74 m ²	156.72 Ton

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

PROPIEDADES FÍSICAS

a) Rigidez horizontal del dispositivo

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

Comprobación: $K_h = \frac{G * A}{H_r}$

Dispositivo tipo A

kh =	0.32	Mpa*m
Pu max =	0.089	Mpa*m
TM =	3.300	sg

Dispositivo tipo A

kh =	0.32	Mpa*m	OK
G =	0.8	Mpa	
Hr =	0.24	m	
A =	0.10	m2	

Dispositivo tipo B

kh =	0.57	Mpa*m
Pu max =	0.16	Mpa*m
TM =	3.300	sg

Dispositivo tipo B

kh =	0.57	Mpa*m	OK
G =	0.8	Mpa	
Hr =	0.24	m	
A =	0.17	m2	

b) Altura de caucho

Dispositivo tipo A y B

$$H_r = \frac{D_M}{Y}$$

Hr =	0.24	m
DM =	0.354	m
Y =	1.5	


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 30422

c) Área del dispositivo

Dispositivo A

$$A = \frac{K_h * H_r}{G}$$

A =	0.10	m2
Kh =	0.324	Mpa.m
Hr =	0.24	m
G =	0.8	Mpa


JORHIS LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

Dispositivo B

A =	0.17	m2
Kh =	0.568	Mpa.m
Hr =	0.24	m
G =	0.8	Mpa


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

d) Diámetro Aislador

Dispositivo A

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{A}{\pi}} \right\}$$

d =	0.35	m
A =	0.10	m ²

Dispositivo B

d =	0.46	m
A =	0.17	m ²

WILLIAMS ALEXANDER
LAZARE SANJUAN
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

d.1) Radio de curvatura

$$R = \frac{T^2 * g}{4\pi^2}$$

R =	1.6	m
T =	2.5	Periodo objetivo deseado
g =	9.81	

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JOHNS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

i.- De acuerdo a la normativa E.031 Diseño de aislación sísmica se obtiene las siguientes propiedades:

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLADOR			
Propiedades	Tipo A	Tipo B	Unidades
RIGIDEZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO (Kh)	0.32	0.57	Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO (Hr)	0.24	0.24	m
ÁREA DEL DISPOSITIVO	0.10	0.17	m ²
DIÁMETRO DEL AISLADOR	0.35	0.46	m
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	0.35	0.35	m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO	0.36	0.36	m
MÓDULO DE CORTE	0.80	0.80	Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15	0.15	---
CANTIDAD DE AISLADORES	23	10	Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (EXCENTRICO)	89.449		Ton
CARGA EN DISPOSITIVO B (CENTRO)		156.72	Ton

PROPIEDADES FÍSICAS - NOMINAL		Dispositivo A	Dispositivo B
TDI - HDRB	UNIDAD	89.449	156.72
CATALOGO TENSA		TDRI-550-NM-175	TDRI-550-NM-175
Diámetro	mm.	550	550
Altura total incluyendo chapas	mm.	337	337
Tamaño de Chapas	mm.	600X600	600X601
Espesor total de goma	mm.	175	175
Factor de Forma S	--	27	27
Rigidez vertical Kv	Kn/mm	1320	1320
Rigidez Horizontal Efectiva keff	Kn/mm	1.09	1.09
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292	292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	300	300
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	5700	5700
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2000	2000

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

PROPIEDADES MECÁNICAS - NOMINAL

1. Rigidez compuesta del sistema (según E-031, 2018- "KM")

$$K_H = (n)K_H^A + (n)K_H^B$$

Dispositivo A + B

KH =	35.97	Kn/mm
KH.a =	1.09	Kn/mm
KH.b =	1.09	Kn/mm
#Tipo A =	23	Unid
#Tipo B =	10	Unid

2. Energía Disipada E.cilo

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_M^2 * \beta$$

Tipo A

WD =	128.87	Kn/m	
Keff =	1.090	Kn/mm	1090.00 Kn/m
DM =	0.35	Kn/mm	
B =	0.15	Kn/mm	

Tipo B

WD =	128.87	Kn/m	
Keff =	1.090	Kn/mm	1090.00 Kn/m
DM =	0.35	Kn/mm	
B =	0.15	Kn/mm	


GERARDO CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP Nº 304232


JORIS ALBERTO NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP Nº 287148

3. Fuerza característica Q para determinar el desplazamiento de fluencia

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Tipo A

Q =	90.96	kn
WD =	128.867	Kn/m
DM =	0.35	m
DY =	0	m

Tipo B

Q =	90.96	kn
WD =	128.867	Kn/m
DM =	0.35	m
DY =	0	m


WILLIAMS SÁNCHEZ
Ingeniero Civil
CIP Nº 301348

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

4. Primera aproximación de valores de k2 rigidez post-fluencia

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Tipo A		
K2 =	833.17	kn/m
Keff.a =	1.090	Kn/mm
Q =	90.96	Kn
DM =	0.35	m

1090.00 Kn/m

Tipo B		
K2 =	833.17	kn/m
Keff.b =	1.090	Kn/mm
Q =	90.96	Kn
DM =	0.35	m

1090.00 Kn/m

5. Primera aproximación de valores inicial K1_ asumiendo que K2 es 10 veces k1

$$K_1^A = 10K_2^A$$

Tipo A		
K1 =	8331.75	kn/m
K2 =	833.175	Kn/m

$$K_1^B = 10K_2^B$$

Tipo B		
K1 =	8331.75	kn/m
K2 =	833.175	Kn/m

6. Desplazamiento de fluencia (iterativo)

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

Tipo A		
DY =	0.0121	m
QA =	90.962	Kn
K1.a =	8331.748	Kn/m
K2.a =	833.175	Kn/m

Tipo B		
DY =	0.0121	m
QB =	90.962	Kn
K1.b =	8331.748	Kn/m
K2.b =	833.175	Kn/m

GERARDO
CONTRERAS BERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

ROBERTO
NAPALIEL CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAM ALEXANDER
LA ROSA SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

7. Fuerza característica Q

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_Y)}$$

Tipo A	
QA =	94.19 Kn
WD =	128.867 Kn
DM =	0.35 m
DY =	0.012 m

Tipo B	
QB =	94.19 Kn
WD =	128.867 Kn
DM =	0.35 m
DY =	0.012 m

8. Rigidez post-fluencia K2

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Tipo A			
K2 =	824.07 Kn/m	→	0.824 Kn/mm
Keff.a =	1.090 Kn/mm		1090.00 Kn/m
QA =	94.19 Kn		
DM =	0.35 m		

Tipo B			
K2 =	824.07 Kn/m	→	0.824 Kn/mm
Keff.b =	1.090 Kn/mm		1090.00 Kn/m
QB =	94.19 Kn		
DM =	0.35 m		

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

9. Rigidez inicial del dispositivo K1

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_Y} + K_2^A$$

Tipo A			
K1 =	8588.57 Kn/m	→	8.59 Kn/mm
QA =	94.19 Kn/mm		
DY =	0.0121 m		
K2 =	824.07 m		

Tipo B			
K1 =	8588.57 Kn/m	→	8.59 Kn/mm
QB =	94.19 Kn/mm		
DY =	0.0121 m		
K2 =	824.07 m		

JOHNS ALBERTO
MORALES LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

10. Fuerza de fluencia FY

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

Tipo A

FY =	104.18	Kn
QA =	94.19	Kn
K2 =	824.07	Kn/m
DY =	0.0121	m

Tipo B

FY =	104.18	Kn
QB =	94.19	Kn
K2 =	824.07	Kn/m
DY =	0.0121	m

11. Ratio de rigidez (relación de rigidez post-fluencia/rigidez inicial)

$$\frac{K_2^A}{K_1^A}$$

Tipo A

RATTIO-A =	0.096	
K2 =	824.07	Kn/m
K1 =	8588.57	Kn/m

Tipo B

RATTIO-B =	0.096	
K2 =	824.07	Kn/m
K1 =	8588.57	Kn/m


 GERARDO SORIANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232


 JUAN LUIS NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

12. Periodo real del sistema

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

TM =	0.83	segundos
P =	6125.25	Kn
KM =	35.97	Kn/mm
g =	9810	mm/s ²


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

13. Frecuencia angular del sistema

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}}$$

W =	7.590	rad/sg
TM =	0.83	sg

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

14. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Tipo A

C =	43.08	Kn.sg/m	0.04	Kn.sg/mm
WD =	128.87	Kn.m		
DM =	0.35	m		
W =	7.59	rad/sg		

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Tipo B

C =	43.08	Kn.sg/m	0.04	Kn.sg/mm
WD =	128.87	Kn.m		
DM =	0.35	m		
W =	7.59	rad/sg		

JORJIS ALBERTO
NARANJO DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

PROPIEDADES NOMINALES	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		TDRI-550-NM-175	TDRI-550-NM-175
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K_v	Kn/mm	1320	1320
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K_{eff}	Kn/mm	1.09	1.09
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn.seg/mm	0.04	0.04
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K_1	Kn/mm	8.59	8.59
Fuerza de Fluencia (yield strength) K_y	Kn	104.18	104.18
Relación R.inici/R.Post K_2/K_1	ratio	0.096	0.096
Energía Disipada W_D	Kn.m	128.87	128.87
Rigidez Post-Fluencia K_2	Kn/mm	0.82	0.82

- i.- Una vez obtenido la rigidez efectiva con las propiedades nominales, se procede a multiplicar por un λ_{min} y λ_{max} de acuerdo a la norma E.031 y tablas a continuación:



WILLIAM ALEJANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

Tabla N° 2: Factores de modificación máximos y mínimos de las propiedades de los dispositivos clase I (*)

	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación λ_{max}	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7
Máximo Factor de Modificación λ_{min}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente: ASCE 7-16, CAP-17

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

1) Cálculo de la rigidez mínima y máxima (λ)

A) Propiedades nominales

Catálogo

$K_{eff} =$	1.09	Kn/mm
TIPO A		
K_{min}	K_{max}	
0.87	2.18	

Catálogo

$K_{eff} =$	1.09	Kn/mm
TIPO B		
K_{min}	K_{max}	
0.87	2.18	

JORGE ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

ALEXANDER
LAZARIE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301248

ii.- Para el cálculo del límite inferior se considera el K_{min} de la propiedad nominal para el diseño.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLADOR			
Propiedades	Tipo A	Tipo B	Unidades
RIGIDEZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO (K_h)	0.32	0.57	Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO (H_r)	0.24	0.24	m
ÁREA DEL DISPOSITIVO	0.10	0.17	m ²
DIÁMETRO DEL AISLADOR	0.35	0.46	m
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	0.35	0.35	m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO	0.36	0.36	m
MÓDULO DE CORTE	0.80	0.80	Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15	0.15	---

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

CANTIDAD DE AISLADORES	23.00	10.00	Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (EXCENTRICO)	89.45	0.00	Ton
CARGA EN DISPOSITIVO B (CENTRO)	0.00	156.72	Ton

PROPIEDADES FÍSICAS - LÍMITE INFERIOR		Dispositivo A	Dispositivo B
TDI - HDRB	UNIDAD	89.449	156.72
CATALOGO TENSA		TDRI-550-NM-175	TDRI-550-NM-175
Diámetro	mm.	550	550
Altura total incluyendo chapas	mm.	337	337
Tamaño de Chapas	mm.	600X600	600X601
Espesor total de goma	mm.	175	175
Factor de Forma S	--	27	27
Rigidez vertical Kv	Kn/mm	1320	1320
Rigidez Horizontal Efectiva keff	Kn/mm	0.87	0.87
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292	292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	300	300
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	5700	5700
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2000	2000

PROPIEDADES MECÁNICAS - LÍMITE INFERIOR

1. Rigidez compuesta del sistema (según E-031, 2018- "KM")

$$K_H = (n)K_H^A + (n)K_H^B$$

Dispositivo A + B

KH	28.78	Kn/mm
KH.a	0.87	Kn/mm
KH.b	0.87	Kn/mm
#Tipo A	23	Unid
#Tipo B	10	Unid

2. Energía Disipada E.cilo

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_M^2 * \beta$$

Tipo A

WD	103.09	Kn/m	
Keff	0.87	Kn/mm	872.00 Kn/m
DM	0.35	Kn/mm	
B	0.15	Kn/mm	

Tipo B

WD	103.09	Kn/m	
Keff	0.872	Kn/mm	872.00 Kn/m
DM	0.35	Kn/mm	

GERARDO
CONTRERAS SENA
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JORJES ALBERTO
MAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLIAMS ALEXANDER
LATORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

$$B = \boxed{0.15} \text{ Kn/mm}$$

3. Fuerza característica Q para determinar el desplazamiento de fluencia

$$Q_A = \frac{w_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Tipo A

Q =	72.77	kn
WD =	103.094	Kn/m
DM =	0.35	m
DY =	0	m

Tipo B

Q =	72.77	kn
WD =	103.094	Kn/m
DM =	0.35	m
DY =	0	m

4. Primera aproximación de valores de k2 rigidez post-fluencia

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Tipo A

K2 =	666.54	kn/m	872.00 Kn/m
Keff.a =	0.872	Kn/mm	
Q =	72.77	Kn	
DM =	0.35	m	

Tipo B

K2 =	666.54	kn/m	872.00 Kn/m
Keff.b =	0.872	Kn/mm	
Q =	72.77	Kn	
DM =	0.35	m	

5. Primera aproximación de valores inicial K1_ asumiendo que K2 es 10 veces k1

$$K_1^A = 10K_2^A$$

Tipo A

K1 =	6665.40	kn/m
K2 =	666.540	Kn/m

$$K_1^B = 10K_2^B$$

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JORHS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 281748

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

Tipo B

$$K1 = \boxed{6665.40} \text{ kn/m}$$

$$K2 = \boxed{666.540} \text{ Kn/m}$$

6. Desplazamiento de fluencia (iterativo)

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

Tipo A

$$DY = \boxed{0.0121} \text{ m}$$

$$QA = \boxed{72.770} \text{ Kn}$$

$$K1.a = \boxed{6665.398} \text{ Kn/m}$$

$$K2.a = \boxed{666.540} \text{ Kn/m}$$

Tipo B

$$DY = \boxed{0.0121} \text{ m}$$

$$QB = \boxed{72.770} \text{ Kn}$$

$$K1.b = \boxed{6665.398} \text{ Kn/m}$$

$$K2.b = \boxed{666.540} \text{ Kn/m}$$

7. Fuerza característica Q

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Tipo A

$$QA = \boxed{75.35} \text{ Kn}$$

$$WD = \boxed{103.094} \text{ Kn}$$

$$DM = \boxed{0.35} \text{ m}$$

$$DY = \boxed{0.012} \text{ m}$$

Tipo B

$$QB = \boxed{75.35} \text{ Kn}$$

$$WD = \boxed{103.094} \text{ Kn}$$

$$DM = \boxed{0.35} \text{ m}$$

$$DY = \boxed{0.012} \text{ m}$$


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

8. Rigidez post-fluencia K2

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Tipo A

$$K2 = \boxed{659.25} \text{ Kn/m} \rightarrow \boxed{0.659} \text{ Kn/mm}$$

$$K_{eff.a} = \boxed{0.872} \text{ Kn/mm} \rightarrow \boxed{872.00} \text{ Kn/m}$$

$$QA = \boxed{75.35} \text{ Kn}$$

$$DM = \boxed{0.35} \text{ m}$$


 JOHN'S ALBERTO
 M. DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Tipo B

$$K2 = \boxed{659.25} \text{ Kn/m} \rightarrow \boxed{0.659} \text{ Kn/mm}$$

$$K_{eff.b} = \boxed{0.872} \text{ Kn/mm} \rightarrow \boxed{872.00} \text{ Kn/m}$$

$$QB = \boxed{75.35} \text{ Kn}$$

$$DM = \boxed{0.35} \text{ m}$$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

9. Rigidez inicial del dispositivo K1

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

Tipo A

K1 =	6870.86	Kn/m	→	6.87	Kn/mm
QA =	75.35	Kn/mm			
DY =	0.0121	Kn			
K2 =	659.25	m			

Tipo B

K1 =	6870.86	Kn/m	→	6.87	Kn/mm
QB =	75.35	Kn/mm			
DY =	0.0121	Kn			
K2 =	659.25	m			

10. Fuerza de fluencia FY

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

Tipo A

FY =	83.35	Kn
QA =	75.35	Kn
K2 =	659.25	Kn/m
DY =	0.0121	m

Tipo B

FY =	83.35	Kn
QB =	75.35	Kn
K2 =	659.25	Kn/m
DY =	0.0121	m

11. Ratio de rigidez (relación de rigidez post-fluencia/rigidez inicial)

$$\frac{K_2^A}{K_1^A}$$

Tipo A

RATTIO-A =	0.096	
K2 =	659.25	Kn/m
K1 =	6870.86	Kn/m

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JORIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

WILLY ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

Tipo B

RATIO-B =

0.096

K2 =

659.25

 Kn/m

K1 =

6870.86

 Kn/m

12. Periodo real del sistema

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

TM =

0.93

 segundos

P =

6125.25

 Kn

KM =

28.78

 Kn/mm

g =

9810

 mm/s²

GERARDO
 CONTRERAS SEBRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

13. Frecuencia angular del sistema

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}}$$

W =

6.789

 rad/sg

TM =

0.93

 sg

GONZALO
 GONZÁLEZ ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

14. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Tipo A

c =

38.53

 Kn.sg/m

0.04

 Kn.sg/mm

WD =

103.09

 Kn.m

DM =

0.35

 m

W =

6.79

 rad/sg

Tipo B

c =

38.53

 Kn.sg/m

0.04

 Kn.sg/mm

WD =

103.09

 Kn.m

DM =

0.35

 m

W =

6.79

 rad/sg

WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

PROPIEDADES LÍMITE INFERIOR	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		TDRI-550-NM-175	TDRI-550-NM-175
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K_v	Kn/mm	1320	1320
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K_{eff}	Kn/mm	0.87	0.87
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn.seg/mm	0.04	0.04

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K_1	Kn/mm	6.87	6.87
Fuerza de Fluencia (yield strength) K_y	Kn	83.35	83.35
Relación R.inici/R.Post K_2/K_1	ratio	0.096	0.096
Energía Disipada W_D	Kn.m	103.09	103.09
Rigidez Post-Fluencia K_2	Kn/mm	0.659	0.659


**WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


**JOHNS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


**GERARDO
 CONTRERAS SERRANO**
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

iii.- Para el cálculo del límite superior se considera el $K_{m\acute{a}x}$ de la propiedad nominal para el dise\~no.

Catálogo

$K_{eff} =$	1.09	Kn/mm
TIPO A		
$K_{m\acute{i}n}$	$K_{m\acute{a}x}$	
0.87	2.18	

Catálogo

$K_{eff} =$	1.09	Kn/mm
TIPO B		
$K_{m\acute{i}n}$	$K_{m\acute{a}x}$	
0.87	2.18	

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLADOR			
Propiedades	Tipo A	Tipo B	Unidades
RIGIDEZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO (Kh)	0.32	0.57	Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO (Hr)	0.24	0.24	m
ÁREA DEL DISPOSITIVO	0.10	0.17	m ²
DIÁMETRO DEL AISLADOR	0.35	0.46	m
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	0.35	0.35	m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO	0.36	0.36	m
MÓDULO DE CORTE	0.80	0.80	Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15	0.15	---
CANTIDAD DE AISLADORES	23.00	10.00	Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (EXCENTRICO)	89.45	0.00	Ton
CARGA EN DISPOSITIVO B (CENTRO)	0.00	156.72	Ton

PROPIEDADES FÍSICAS - LÍMITE SUPERIOR	Dispositivo A	Dispositivo B
TDI - HDRB	UNIDAD	89.449
CATALOGO TENSA	TDRI-550-NM-175	TDRI-550-NM-175
Diámetro	mm.	550
Altura total incluyendo chapas	mm.	337
Tamaño de Chapas	mm.	600X600
Espesor total de goma	mm.	175
Factor de Forma S	--	27
Rigidez vertical K_v	Kn/mm	1320
Rigidez Horizontal Efectiva k_{eff}	Kn/mm	2.18
Desplazamiento dise\~no (EN 1998)	mm.	292

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

Carga de Diseño Horizontal	mm.	300	300
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	5700	5700
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2000	2000

PROPIEDADES MECÁNICAS - LÍMITE INFERIOR

1. Rigidez compuesta del sistema (según E-031, 2018- "KM")

$$K_H = (n)K_H^A + (n)K_H^B$$

Dispositivo A + B

KH =	71.94	Kn/mm
KH.a =	2.18	Kn/mm
KH.b =	2.18	Kn/mm
#Tipo A =	23	Unid
#Tipo B =	10	Unid

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

2. Energía Disipada E.cilo

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_M^2 * \beta$$

Tipo A

WD =	257.73	Kn/m	
Keff =	2.18	Kn/mm	2180.00 Kn/m
DM =	0.35	Kn/mm	
B =	0.15	Kn/mm	

ALBERTO
LOSAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

Tipo B

WD =	257.73	Kn/m	
Keff =	2.180	Kn/mm	2180.00 Kn/m
DM =	0.35	Kn/mm	
B =	0.15	Kn/mm	

3. Fuerza característica Q para determinar el desplazamiento de fluencia

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Tipo A

Q =	181.92	kn
WD =	257.734	Kn/m
DM =	0.35	m
DY =	0	m

Tipo B

Q =	181.92	kn
WD =	257.734	Kn/m

WILLIAM ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

$$DM = \begin{array}{|c|} \hline 0.35 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

$$DY = \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

4. Primera aproximación de valores de k2 rigidez post-fluencia

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Tipo A

$$K_2 = \begin{array}{|c|} \hline 1666.35 \\ \hline \end{array} \text{ kn/m}$$

$$K_{\text{eff.a}} = \begin{array}{|c|} \hline 2.180 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/mm} \quad \begin{array}{|c|} \hline 2180.00 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

$$Q = \begin{array}{|c|} \hline 181.92 \\ \hline \end{array} \text{ Kn}$$

$$DM = \begin{array}{|c|} \hline 0.35 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Tipo B

$$K_2 = \begin{array}{|c|} \hline 1666.35 \\ \hline \end{array} \text{ kn/m}$$

$$K_{\text{eff.b}} = \begin{array}{|c|} \hline 2.180 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/mm} \quad \begin{array}{|c|} \hline 2180.00 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

$$Q = \begin{array}{|c|} \hline 181.92 \\ \hline \end{array} \text{ Kn}$$

$$DM = \begin{array}{|c|} \hline 0.35 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

5. Primera aproximación de valores inicial K1_ asumiendo que K2 es 10 veces k1

$$K_1^A = 10K_2^A$$

Tipo A

$$K_1 = \begin{array}{|c|} \hline 16663.50 \\ \hline \end{array} \text{ kn/m}$$

$$K_2 = \begin{array}{|c|} \hline 1666.350 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

JORIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

$$K_1^B = 10K_2^B$$

Tipo B

$$K_1 = \begin{array}{|c|} \hline 16663.50 \\ \hline \end{array} \text{ kn/m}$$

$$K_2 = \begin{array}{|c|} \hline 1666.350 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

6. Desplazamiento de fluencia (iterativo)

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

Tipo A

$$DY = \begin{array}{|c|} \hline 0.0121 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

$$QA = \begin{array}{|c|} \hline 181.924 \\ \hline \end{array} \text{ Kn}$$

$$K_{1.a} = \begin{array}{|c|} \hline 16663.496 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

$$K_{2.a} = \begin{array}{|c|} \hline 1666.350 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

Tipo B

$$DY = \begin{array}{|c|} \hline 0.0121 \\ \hline \end{array} \text{ m}$$

$$QB = \begin{array}{|c|} \hline 181.924 \\ \hline \end{array} \text{ Kn}$$

$$K_{1.b} = \begin{array}{|c|} \hline 16663.496 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

$$K_{2.b} = \begin{array}{|c|} \hline 1666.350 \\ \hline \end{array} \text{ Kn/m}$$

WILLIAMS ALEXANDER
LA ROSA SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

7. Fuerza característica Q

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Tipo A	
QA =	188.38 Kn
WD =	257.734 Kn
DM =	0.35 m
DY =	0.012 m

Tipo B	
QB =	188.38 Kn
WD =	257.734 Kn
DM =	0.35 m
DY =	0.012 m


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

8. Rigidez post-fluencia K2

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Tipo A	
K2 =	1648.13 Kn/m → 1.648 Kn/mm
Keff.a =	2.180 Kn/mm → 2180.00 Kn/m
QA =	188.38 Kn
DM =	0.35 m

Tipo B	
K2 =	1648.13 Kn/m → 1.648 Kn/mm
Keff.b =	2.180 Kn/mm → 2180.00 Kn/m
QB =	188.38 Kn
DM =	0.35 m


JORGE ALBERTO
NAPÁN DEL CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 281748

9. Rigidez inicial del dispositivo K1

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

Tipo A	
K1 =	17177.15 Kn/m → 17.18 Kn/mm
QA =	188.38 Kn/mm
DY =	0.0121 Kn
K2 =	1648.13 m

Tipo B	
K1 =	17177.15 Kn/m → 17.18 Kn/mm
QB =	188.38 Kn/mm


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301346

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

$$DY = \boxed{0.0121} \text{ Kn}$$

$$K2 = \boxed{1648.13} \text{ m}$$

10. Fuerza de fluencia FY

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

Tipo A

$$FY = \boxed{208.37} \text{ Kn}$$

$$QA = \boxed{188.38} \text{ Kn}$$

$$K2 = \boxed{1648.13} \text{ Kn/m}$$

$$DY = \boxed{0.0121} \text{ m}$$

Tipo B

$$FY = \boxed{208.37} \text{ Kn}$$

$$QB = \boxed{188.38} \text{ Kn}$$

$$K2 = \boxed{1648.13} \text{ Kn/m}$$

$$DY = \boxed{0.0121} \text{ m}$$

11. Ratio de rigidez (relación de rigidez post-fluencia/rigidez inicial)

$$\frac{K_2^A}{K_1^A}$$

Tipo A

$$\text{RATTIO-A} = \boxed{0.096}$$

$$K2 = \boxed{1648.13} \text{ Kn/m}$$

$$K1 = \boxed{17177.15} \text{ Kn/m}$$

Tipo B

$$\text{RATTIO-B} = \boxed{0.096}$$

$$K2 = \boxed{1648.13} \text{ Kn/m}$$

$$K1 = \boxed{17177.15} \text{ Kn/m}$$

12. Periodo real del sistema

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

$$TM = \boxed{0.59} \text{ segundos}$$

$$P = \boxed{6125.25} \text{ Kn}$$

$$KM = \boxed{71.94} \text{ Kn/mm}$$

$$g = \boxed{9810} \text{ mm/s}^2$$


 GERARDO CONTRERAS SERPIANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232


 JORHIS ALBERTO NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 WILFREDO ALEXANDER LATORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}}$$

$$W = \frac{10.734}{0.59} \text{ rad/sg}$$

$$TM = 0.59 \text{ sg}$$

14. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Tipo A

$$C = 60.93 \text{ Kn.sg/m}$$

$$WD = 257.73 \text{ Kn.m}$$

$$DM = 0.35 \text{ m}$$

$$W = 10.73 \text{ rad/sg}$$

$$0.06 \text{ Kn.sg/mm}$$

Tipo B

$$C = 60.93 \text{ Kn.sg/m}$$

$$WD = 257.73 \text{ Kn.m}$$

$$DM = 0.35 \text{ m}$$

$$W = 10.73 \text{ rad/sg}$$

$$0.06 \text{ Kn.sg/mm}$$

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JOHNS ALBERTO
NÚÑEZ GARCÍA
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

MARILYN WANDER
LA TORRE SÁNCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

PROPIEDADES LÍMITE SUPERIOR	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		TDRI-550-NM-175	TDRI-550-NM-175
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K_v	Kn/mm	1320	1320
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K_{eff}	Kn/mm	2.18	2.18
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn.seg/mm	0.06	0.06
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K_1	Kn/mm	17.18	17.18
Fuerza de Fluencia (yield strength) K_y	Kn	208.37	208.37
Relación R.inici/R.Post K_2/K_1	ratio	0.096	0.096
Energía Disipada W_D	Kn.m	257.73	257.73
Rigidez Post-Fluencia K_2	Kn/mm	1.648	1.648

i.- Asimismo, se tuvo las siguientes consideraciones para el cálculo del AISLADOR FPS, y con ello aignarlo en el software ETABS.

1. Cálculo de rádio (R) del Aislador Friccional FPS

Para el diseño de acuerdo a la tabla **TABLES FIP-D STANDARD** se consideró un desplazamiento de **±250 mm**, equivalente a un radio de curvatura de **R= 1600 mm**

Autores: De Paz , J. y Fernández, J.

g = 9.807

T_a = 2.5 Período objetivo

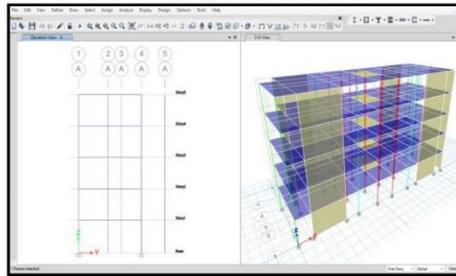
R = 1.6 Rádío del aislador friccional (asumido)

$$T_{sec} \approx 2\pi \sqrt{\frac{R}{G}}$$
$$R = \frac{g * T_a^2}{4 * \pi^2}$$

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

2. Interfaz de aislación

Interfaz de Aislación

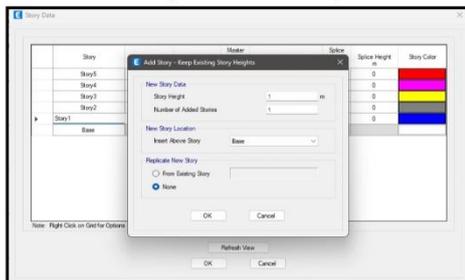


Fuente: Elaboración propia

JORIS ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

- i.- Seguidamente, se procede a insertar un nuevo piso de 1m de altura en la base para el Aislador Friccional (FPS).

Asignando New Story



Fuente: Elaboración propia

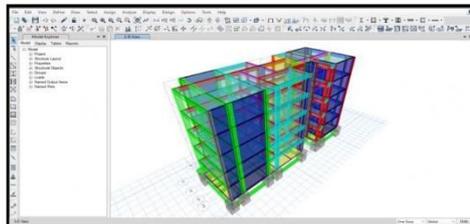
New Story: AISLADOR FPS

Story	Height (m)	Elevation (m)	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height	Story Color
Story5	2000	15540	Yes	None	No	0	Red
Story4	2000	12440	No	Story5	No	0	Yellow
Story3	2000	8540	No	Story5	No	0	Blue
Story2	2000	7240	No	Story5	No	0	Green
Story1	2700	4640	No	Story5	No	0	Orange
NIVEL DE BASE	800	1540	No	None	No	0	Blue
INTERFAZ DE AISLAMI.	340	1140	No	None	No	0	Green
CAPITEL	800	800	No	None	No	0	Red
Base		0					

Fuente: Elaboración propia

- ii.- Se procede a replicar el AISLADOR FPS en el history 1.

Replicate History 1

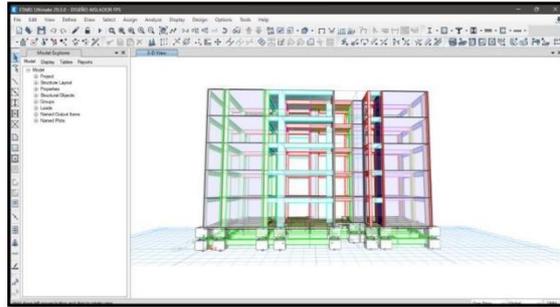


WILLIAM ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

iii.- Se elimina las columnas que estan en la interfaz, porque seran parte del sistema de aislación.

Vista en elevación sin columnas



Fuente: Elaboración propia

GERARDO CONTRERAS GEBRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 394232

3. Definiendo el elemento LINK

a) Dirección U2: Rigidez lateral

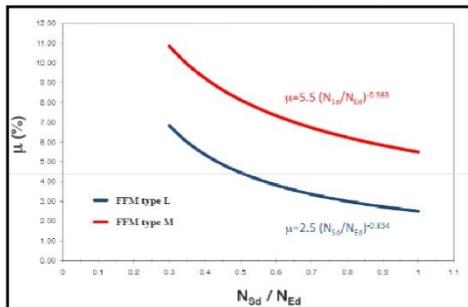
Se considera una rigidez de 8.59 Kn/mm

b) Coeficiente de fricción: Low and Fast (Lento y Rápido)

- Estos coeficientes dependen de la velocidad de carga.
- Los proveedores de sistemas de aislacion te brindan una curva.
- Dependiendo de la carga axial como: peso sísmico y carga axial maxima se diseña las curvas.

OSCAR ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

FIP Friction Material (FFM)



Fuente: FIP INDUSTRIALE

Carga axial peso sísmico

Carga axial máxima

azul Coeficiente friccion lento

rojo Coeficiente friccion rapido

WILLIAM FERNANDEZ
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349

Autores: De Paz , J. y Fernández, J.

Se procede a realizar un análisis sísmico

Data del Proveedor FFM

		Ns		Ne			
Aislador		Psis (tonf)	Pmáx (tonf)	Ns/Ne	L (Low friction)	M (Medium friction)	
1	1	49.00	83.80	0.585	3.911	7.440	
2	1	58.00	110.40	0.525	4.276	7.902	
3	1	49.00	83.90	0.584	3.915	7.445	
4	1	72.80	132.40	0.550	4.117	7.702	
5	1	72.80	132.40	0.550	4.117	7.702	
6	1	43.80	87.70	0.499	4.461	8.131	
7	1	43.70	87.60	0.499	4.465	8.136	
8	1	72.80	132.30	0.550	4.114	7.699	
9	1	72.90	132.50	0.550	4.115	7.699	
10	1	49.10	84.00	0.585	3.912	7.441	
11	1	58.00	111.40	0.521	4.309	7.942	
12	1	48.90	83.70	0.584	3.914	7.443	
13	1	130.50	207.10	0.630	3.675	7.133	
14	2	96.10	172.30	0.558	4.068	7.640	
15	2	96.20	172.50	0.558	4.069	7.641	
16	2	130.50	207.10	0.630	3.675	7.133	

GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

JOSÉ ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

4.136 7.724

3.872 7.387

Fuente: FIP INDUSTRIALE

De acuerdo al análisis se obtuvo:

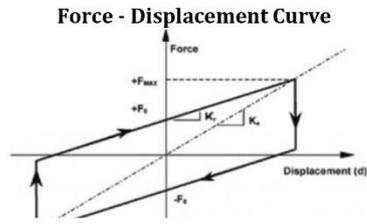
		Ns		Ne			
Aislador		Psis (tonf)	Pmáx (tonf)	Ns/Ne	L (Low friction)	M (Medium friction)	
1	1	115.96	69.58	1.667	1.633	4.125	
2	1	134.56	80.74	1.667	1.633	4.125	
3	1	135.56	81.34	1.667	1.633	4.125	
4	1	136.56	81.94	1.667	1.633	4.125	
5	1	136.11	81.67	1.667	1.633	4.125	

WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349

Fuente: Elaboración propia

1.633 4.125
1.6% 4.1%

Coefficiente fricción low (mín). 2.50% 0.025
Coefficiente fricción fast (mín). 5.50% 0.055



Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

Coefficiente fricción low (mín). 1.6% 0.016 OK

Coefficiente fricción fast (mín). 4.1% 0.041 OK



Fuente: FIP INDUSTRIALE

• Teniendo en consideración lo mencionado anteriormente se consideró un coeficiente de fricción de 7% = 0.07 para ambos estados, dado que se encuentra entre 4 a 7%, además se tuvo en consideración la geometría de la estructura donde las cargas se concentraban en mayor cantidad en ciertas zonas a comparación de otras áreas

PROPIEDADES NOMINALES	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		FIP ISOLATOR	FIP ISOLATOR
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K_v	Ton/m	134601.537	134601.537
Relación Post-Fluencia/Fluencia inicial	Ton-s/m	0.023	0.023
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K_{eff}	Ton/m	111.149	111.149
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Ton-s/m	32.108	32.108
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K_1	Ton/m	875.936	875.94
Coefficiente de fricción Slow		0.07	0.07
Coefficiente de fricción Fast		0.07	0.07
Parametro de ajuste	sec/m	0.00	0.00
Radio de curvatura	m	1.60	1.60

MODELAMIENTO DEL AISLADOR FPS

I.- El programa ETABS proporciona opciones para definir el Aislador, el cual se consideró tipo "FRICTION ISOLATOR"

Características

- Stiffness**, esta propiedad se relaciona con la rigidez lateral del aislador, dentro del campo se puede asignar un valor grande, debido a que el Aislador FPS permanece sin deformación hasta que se vence la fricción elástica.
- Friction Coefficient, Slow**, esta propiedad se relaciona con el coeficiente de fricción mínimo, para el caso se empleó 0.07 a criterio del análisis del peso sísmico en los aisladores, tanto del proveedor y la edificación.
- Friction Coefficient, Fast**, esta propiedad se relaciona con el coeficiente de fricción mínimo, para el caso se empleó 0.07 a criterio del análisis del peso sísmico en los aisladores, tanto del proveedor y la edificación.
- Rate Parameter**, es un parámetro de ajuste que define la transición del coeficiente mínimo al máximo. Se consideró un valor a 0.
- Net Pendulum Radius**, este parámetro se relaciona con el radio de curvatura de la superficie del plato. Se asignó un valor de 1.6 m.


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

Link Property Data U1

Fuente: Elaboración propia

Link Property Data U2,U3

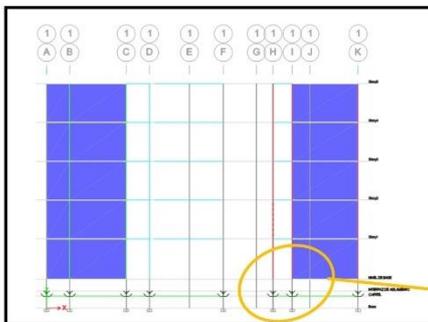
Fuente: Elaboración propia

Vista de la Edificación Convencional de 5 niveles con Aisladores Friccionales (FPS)

Consideraciones:

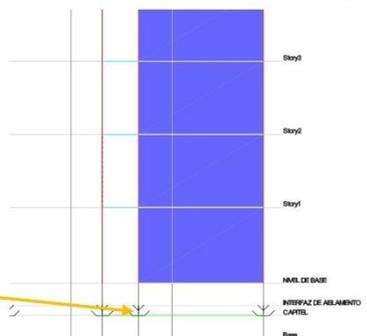
Proveedor: **FIP INDUSTRIALE** *leading technologies*
 Modelo: **FIP series / FIP - D series**
 N° Aislador Friccional (FPS): 33 aisladores FPS

Vista elevación



Fuente: Elaboración propia

Vista Aislador Friccional (FPS)



Fuente: Elaboración propia

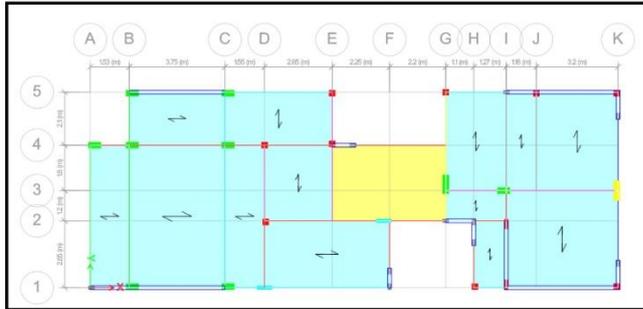
WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301346

JOHN ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

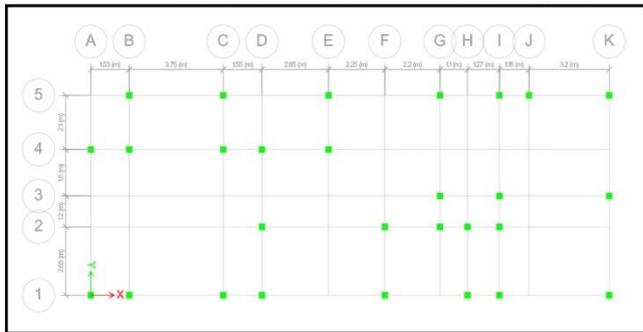
Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

Vista planta



Fuente: Elaboración propia

Vista planta Z=0 Aislador Friccional (FPS)



Fuente: Elaboración propia


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JORHS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Autores: De Paz, J. y Fernández, J.

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 2: Edificación convencional - Disipadores


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:

Sistema estructural: Concreto Armado: Pórticos


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$$\begin{array}{llll}
 R_x = & 8 & I_a = & 1.00 & I_p = & 1.00 & R_x = & 8.00 \\
 \text{Entonces:} & & R_{xx} = & 8 & * & 1.00 & * & 1.00 & R_{xx} = & 8.00
 \end{array}$$

C_{Tx}	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
----------	--	----

$$T_x = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_x = 0.250$$

$$\begin{array}{llll}
 T < T_p: & T & < & T_p & & 6 \\
 & 0.250 \text{ s} & < & 0.60 \text{ s} & \rightarrow & C_x = 2.50
 \end{array}$$

Comprobación: $\rightarrow C_x = 2.50 \quad \text{OK}$

- Análisis eje Y

Sistema estructural: Concreto Armado: Pórticos


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

$$\begin{array}{llll}
 R_y = & 8 & I_a = & 1.00 & I_p = & 1.00 & R_y = & 8.00 \\
 \text{Entonces:} & & R_{yy} = & 8 & * & 1.00 & * & 1.00 & R_{yy} = & 8.00
 \end{array}$$

C_{Ty}	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
----------	--	----

$$T_y = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_y = 0.250$$

$$\begin{array}{llll}
 T < T_p: & T & < & T_p & & 6 \\
 & 0.250 \text{ s} & < & 0.60 \text{ s} & \rightarrow & C_y = 2.50
 \end{array}$$

Comprobación: $\rightarrow C_y = 2.50 \quad \text{OK}$

2. Se precisa el cálculo de la cortante basal y las fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel mediante un análisis matemático manual

Detalles para el cálculo

Z = 0.45 U = 1.00 S = 1.05 h_n = 13.10 m

Eje x

Z = 0.45
 U = 1.00
 C_x = 2.50
 S = 1.05
 C_{Tx} = 60
 T_x = 0.218 s
 k_x = 1.00
 R_x = 8.00


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Eje y

Z = 0.45
 U = 1.00
 C_y = 2.50
 S = 1.05
 C_{Ty} = 60
 T_y = 0.218 s
 k_y = 1.00
 R_y = 8.00


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

$$C_{e_{xx}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.1477$$


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$$C_{e_{yy}} = 0.1477$$

Coefficiente sísmico estático _{xx} = 0.1477

Coefficiente sísmico estático _{yy} = 0.1477

- Cálculo de la cortante basal

Peso de la estructura obtenida mediante el modelado y análisis en ETABS:

Story forces					
Story	Output Case	Location	Pesos acumulados (tonf)	Peso por piso (tonf)	h _{ei}
Piso 5	Peso sísmico	Bottom	96.2919	96.2919	2.60
Piso 4	Peso sísmico	Bottom	213.1520	116.8601	2.60
Piso 3	Peso sísmico	Bottom	330.0077	116.8557	2.60
Piso 2	Peso sísmico	Bottom	446.8627	116.8550	2.60
Piso 1	Peso sísmico	Bottom	564.4758	117.6131	2.70
			Peso total	564.4758	

Cortante basal eje X

$$V_x = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_x = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00} * 564.48$$

$$V_x = 83.348 \text{ Ton}$$

Cortante basal Eje Y

$$V_y = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_y = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00} * 564.48$$

$$V_y = 83.348 \text{ Ton}$$

- Fuerzas estáticas equivalentes y cortantes estáticas

- Análisis eje X

Calculando $P_i * h_i^k$

Nivel	$P_i * h_i^k$		
5	96.292	*	13.100 ¹ = 1261.424
4	116.860	*	10.500 ¹ = 1227.031
3	116.856	*	7.900 ¹ = 923.160
2	116.855	*	5.300 ¹ = 619.332
1	117.613	*	2.700 ¹ = 317.555


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Calculando α_i

Nivel	$P_i * h_i^k$	÷	$\sum P_i * h_i^k$	=	α_i
5	1261.42	÷	4348.502	=	0.29008
4	1227.03	÷	4348.502	=	0.28217
3	923.16	÷	4348.502	=	0.21229
2	619.33	÷	4348.502	=	0.14242
1	317.56	÷	4348.502	=	0.07303


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	*	V_x (tonf)	=	F_{xi} (tonf)
5	0.29008	*	83.348	=	24.178
4	0.28217	*	83.348	=	23.519
3	0.21229	*	83.348	=	17.694
2	0.14242	*	83.348	=	11.871
1	0.07303	*	83.348	=	6.087

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	96.292	13.100	1261.424	0.2901	24.1779	24.178
4	2.60	116.860	10.500	1227.031	0.2822	23.5187	47.697
3	2.60	116.856	7.900	923.160	0.2123	17.6943	65.391
2	2.60	116.855	5.300	619.332	0.1424	11.8708	77.262
1	2.70	117.613	2.700	317.555	0.0730	6.0866	83.348
Total	13.10	564.476		4348.50	1.00	83.348	

- Análisis eje Y

Calculando $P_i * h_i^k$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

Nivel	$P_i * h_i^k$			
5	96.292	*	13.100 ¹	= 1261.424
4	116.860	*	10.500 ¹	= 1227.031
3	116.856	*	7.900 ¹	= 923.160
2	116.855	*	5.300 ¹	= 619.332
1	117.613	*	2.700 ¹	= 317.555

Calculando α_i


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Nivel	$P_i * h_i^k$	÷	$\sum P_i * h_i^k$	=	α_i
5	1261.42	÷	4348.502	=	0.29008
4	1227.03	÷	4348.502	=	0.28217
3	923.16	÷	4348.502	=	0.21229
2	619.33	÷	4348.502	=	0.14242
1	317.56	÷	4348.502	=	0.07303


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	*	V_x (tonf)	=	F_{xi} (tonf)
5	0.29008	*	83.348	=	24.178
4	0.28217	*	83.348	=	23.519
3	0.21229	*	83.348	=	17.694
2	0.14242	*	83.348	=	11.871
1	0.07303	*	83.348	=	6.087

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	96.292	13.100	1261.424	0.2901	24.1779	24.178
4	2.60	116.860	10.500	1227.031	0.2822	23.5187	47.697
3	2.60	116.856	7.900	923.160	0.2123	17.6943	65.391
2	2.60	116.855	5.300	619.332	0.1424	11.8708	77.262
1	2.70	117.613	2.700	317.555	0.0730	6.0866	83.348
Total	13.10	564.476		4348.502	1.00	83.348	



JORIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148



WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349



GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

- Aceleración Espectral

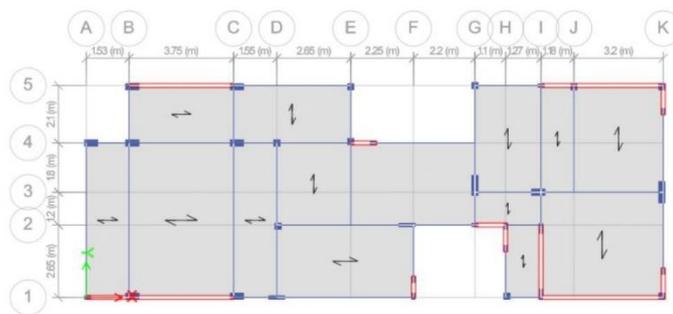
$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} * g \quad g = 980.00 \text{ cm/s}^2$$

$$S_a = \frac{0.45 * 1.00 * 1.05 * 2.50}{8.00} * 980.00$$

$$S_a = 144.703 \text{ cm/s}^2 \quad S_a = 1.447 \text{ m/s}^2$$

Datos obtenidos por medio del modelado y análisis de la estructura en ETABS

Modelo de la estructura en el Programa ETABS

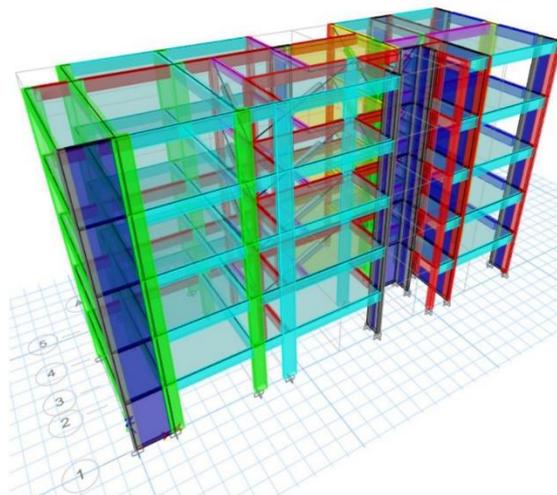


Vista en planta


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JORHIS ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232



Vista 3D de la estructura

3. Se precisa la información obtenida mediante el análisis sísmico estático y dinámico en el programa ETABS

- Peso de la estructura

TABLE: Load Pattern definitions - Auto sismic - User coefficient		
Name	Coficiente sísmico estático	Weight Used (Ton)
Sismo estático XX	0.148	550.641
Sismo estático YY	0.148	

- Fuerza cortante estática (Cortante basal)

TABLE: Load Pattern definitions - Auto sismic - User coefficient					
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	Weight Used (Ton)	Base Shear (Ton)
Sismo estático X	0.050	Story 5	Base	550.641	81.330
Sismo estático Y	0.050	Story 5	Base	550.641	81.330

- Fuerzas estáticas equivalentes

Eje X


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	21.155	0.006883	21.155	0.001389
D4	45.083	0.005494	23.928	0.001529
D3	63.086	0.003965	18.003	0.001574
D2	75.164	0.002391	12.078	0.001450
D1	81.330	0.000941	6.166	0.000941

Eje Y


 JORHE ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	21.155	0.018657	21.155	0.003812
D4	45.083	0.014845	23.928	0.004117
D3	63.086	0.010728	18.003	0.004434
D2	75.164	0.006294	12.078	0.004093
D1	81.330	0.002201	6.166	0.002201

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D5	21.155	21.155	0.00688	0.001389	3073.46
D4	23.928	45.083	0.00549	0.001529	8205.82
D3	18.003	63.086	0.00397	0.001574	15910.72
D2	12.078	75.164	0.00239	0.001450	31436.22
D1	6.166	81.330	0.00094	0.000941	86429.01

Eje Y

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D5	21.155	21.155	0.01866	0.003812	1133.87
D4	23.928	45.083	0.01485	0.004117	3036.90
D3	18.003	63.086	0.01073	0.004434	5880.50
D2	12.078	75.164	0.00629	0.004093	11942.17
D1	6.166	81.330	0.00220	0.002201	36951.25

- Periodos de vibración según modos


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP Nº 304232


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP Nº 301348


JORHIS ALBERTO
NAPÁN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP Nº 287148

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	0.430	0.007600	0.660500
Modal	2	0.243	0.002200	0.057000
Modal	3	0.144	0.717400	0.012800
Modal	4	0.109	0.013500	0.156900
Modal	5	0.056	0.000029	0.000019
Modal	6	0.051	0.000500	0.073100
Modal	7	0.037	0.199300	0.000400
Modal	8	0.036	0.003000	0.011900
Modal	9	0.029	0.000200	0.003700
Modal	10	0.025	0.000037	0.015650
Modal	11	0.018	0.042000	0.000003
Modal	12	0.016	0.000003	0.006200
Modal	13	0.013	0.011800	0.000001
Modal	14	0.013	0.000015	0.001800
Modal	15	0.011	0.002500	0.000006

- Masa participativa en cada modo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.0076	0.6605
Modal	2	0.0097	0.7175
Modal	3	0.7272	0.7303
Modal	4	0.7407	0.8872
Modal	5	0.7407	0.8873
Modal	6	0.7412	0.9604
Modal	7	0.9405	0.9608
Modal	8	0.9435	0.9727
Modal	9	0.9436	0.9764
Modal	10	0.9436	0.9920
Modal	11	0.9857	0.9920
Modal	12	0.9857	0.9982
Modal	13	0.9974	0.9982
Modal	14	0.9975	1
Modal	15	1	1


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

- Verificación de derivas

Límites para distorsión del entrepiso (Norma E.030)	
Material predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Desplazamientos laterales Eje X

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_x = 0.007$$

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático X							
Nivel	Mod. X	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.001255	5.2500	0.00659	0.001538	2.60	0.0005916	CUMPLE
4	0.000962	5.2500	0.00505	0.001591	2.60	0.0006118	CUMPLE
3	0.000659	5.2500	0.00346	0.001502	2.60	0.0005775	CUMPLE
2	0.000373	5.2500	0.00196	0.001223	2.60	0.0004705	CUMPLE
1	0.000140	5.2500	0.00074	0.000735	2.70	0.0002722	CUMPLE

Derivas Eje X

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 5	D5	Sismo dinámico X	0.001255
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.000962
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.000659
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.000373
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.000140

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.0013	0.00029	0.00154	2.600	0.000592	0.007	CUMPLE
D4	0.0010	0.00030	0.00159	2.600	0.000612	0.007	CUMPLE
D3	0.0007	0.00029	0.00150	2.600	0.000578	0.007	CUMPLE
D2	0.0004	0.00023	0.00122	2.600	0.000470	0.007	CUMPLE
D1	0.0001	0.00014	0.00074	2.700	0.000272	0.007	CUMPLE

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_Y = 0.007$$


 JORIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.010409	5.2500	0.05465	0.012721	2.60	0.0048926	CUMPLE
4	0.007986	5.2500	0.04193	0.012957	2.60	0.0049835	CUMPLE
3	0.005518	5.2500	0.02897	0.012632	2.60	0.0048583	CUMPLE
2	0.003112	5.2500	0.01634	0.010637	2.60	0.0040910	CUMPLE
1	0.001086	5.2500	0.00570	0.005702	2.70	0.0021117	CUMPLE

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 5	D5	Sismo dinámico Y	0.010409
Story 4	D4	Sismo dinámico Y	0.007986
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.005518
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.003112
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.001086

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.01041	0.00242	0.01272	2.600	0.004893	0.007	CUMPLE
D4	0.00799	0.00247	0.01296	2.600	0.004983	0.007	CUMPLE
D3	0.00552	0.00241	0.01263	2.600	0.004858	0.007	CUMPLE
D2	0.00311	0.00203	0.01064	2.600	0.004091	0.007	CUMPLE
D1	0.00109	0.00109	0.00570	2.700	0.002112	0.007	CUMPLE

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions					
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)	MX (Ton-m)	MY (Ton-m)	MZ (Ton-m)
Sismo dinámico X	67.1255	6.4368	65.8248	588.0343	318.4328
Sismo dinámico Y	6.4368	67.1255	388.2204	61.0394	598.8178

- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	81.32970	81.32970
"V" Dinámica	67.12548	67.12548
80 % de la "V" Estática	65.06376	65.06376
	Cumple	Cumple

1.00

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.969286	0.969286
Cumple	Cumple


 WILLIAMS ALEXÁNDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP No 301348


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP No 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP No 304232

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 3: Edificación convencional - Aisladores


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Sistema estructural: Concreto Armado: Pórticos

$$\begin{array}{llll}
 R_x = & 8 & I_a = & 1.00 & I_p = & 1.00 & R_x = & 8.00 \\
 \text{Entonces:} & & R_{xx} = & 8 & * & 1.00 & * & 1.00 & R_{xx} = & 8.00
 \end{array}$$

C_{Tx} :	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
------------	--	----

$$T_x = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_x = 0.250$$

$$\begin{array}{llll}
 T < T_p: & T & < & T_p & & 6 \\
 & 0.250 \text{ s} & < & 0.60 \text{ s} & \rightarrow & C_x = 2.50
 \end{array}$$

Comprobación: $\rightarrow C_x = 2.50$ **OK**

- Análisis eje Y


 WILLIAMS ALEXÁNDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Sistema estructural: Concreto Armado: Pórticos

$$\begin{array}{llll}
 R_y = & 8 & I_a = & 1.00 & I_p = & 1.00 & R_y = & 8.00 \\
 \text{Entonces:} & & R_{yy} = & 8 & * & 1.00 & * & 1.00 & R_{yy} = & 8.00
 \end{array}$$

C_{Ty} :	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
------------	--	----

$$T_y = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_y = 0.250$$

$$\begin{array}{llll}
 T < T_p: & T & < & T_p & & 6 \\
 & 0.250 \text{ s} & < & 0.60 \text{ s} & \rightarrow & C_y = 2.50
 \end{array}$$

Comprobación: $\rightarrow C_y = 2.50$ **OK**

2. Se precisa el cálculo de la cortante basal y las fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel mediante un análisis matemático manual

Detalles para el cálculo

$Z = 0.45$ $U = 1.00$ $S = 1.05$ $h_n = 13.10 \text{ m}$

Eje x

$Z = 0.45$
 $U = 1.00$
 $C_x = 2.50$
 $S = 1.05$
 $C_{Tx} = 60$
 $T_x = 0.218 \text{ s}$
 $k_x = 1.00$
 $R_x = 8.00$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

Eje y

$Z = 0.45$
 $U = 1.00$
 $C_y = 2.50$
 $S = 1.05$
 $C_{Ty} = 60$
 $T_y = 0.218 \text{ s}$
 $k_y = 1.00$
 $R_y = 8.00$


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

$$C_{e_{xx}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.1477$$


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$$C_{e_{yy}} = 0.1477$$

Coefficiente sísmico estático $_{xx} = 0.1477$

Coefficiente sísmico estático $_{yy} = 0.1477$

- Cálculo de la cortante basal

Peso de la estructura obtenida mediante el modelado y análisis en ETABS:

Story forces					
Story	Output Case	Location	Pesos acumulados (tonf)	Peso por piso (tonf)	h_{ei}
Piso 5	Peso sísmico	Bottom	61.1235	61.1235	2.60
Piso 4	Peso sísmico	Bottom	134.3747	73.2512	2.60
Piso 3	Peso sísmico	Bottom	207.5901	73.2154	2.60
Piso 2	Peso sísmico	Bottom	280.7746	73.1845	2.60
Piso 1	Peso sísmico	Bottom	355.2005	74.4259	2.70
Nivel de base	Peso sísmico	Bottom	362.1250	6.9245	
Interf. Aislamiento	Peso sísmico	Bottom	362.1250	0.0000	
Capitel	Peso sísmico	Bottom	386.3210	24.1960	
			Peso total	386.3210	

Cortante basal eje X

$$V_x = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_x = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00} * 386.32$$

$$V_x = 57.043 \text{ Ton}$$

Cortante basal Eje Y

$$V_y = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_y = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00} * 386.32$$

$$V_y = 57.043 \text{ Ton}$$

- Fuerzas estáticas equivalentes y cortantes estáticas

- Análisis eje X

Calculando $P_i * h_i^k$

Nivel	$P_i * h_i^k$		
5	61.124	*	13.100 ¹ = 800.718
4	73.251	*	10.500 ¹ = 769.138
3	73.215	*	7.900 ¹ = 578.402
2	73.185	*	5.300 ¹ = 387.878
1	74.426	*	2.700 ¹ = 200.950


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Calculando α_i

Nivel	$P_i * h_i^k$	$\Sigma P_i * h_i^k$	α_i
5	800.72	÷ 2737.085	= 0.29254
4	769.14	÷ 2737.085	= 0.28101
3	578.40	÷ 2737.085	= 0.21132
2	387.88	÷ 2737.085	= 0.14171
1	200.95	÷ 2737.085	= 0.07342


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	V_x (tonf)	F_{xi} (tonf)
5	0.29254	* 57.043	= 16.688
4	0.28101	* 57.043	= 16.029
3	0.21132	* 57.043	= 12.054
2	0.14171	* 57.043	= 8.084
1	0.07342	* 57.043	= 4.188

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	61.124	13.100	800.718	0.2925	16.6875	16.688
4	2.60	73.251	10.500	769.138	0.2810	16.0294	32.717
3	2.60	73.215	7.900	578.402	0.2113	12.0543	44.771
2	2.60	73.185	5.300	387.878	0.1417	8.0836	52.855
1	2.70	74.426	2.700	200.950	0.0734	4.1879	57.043
Total	13.10	355.200		2737.08	1.00	57.043	

- Análisis eje Y

Calculando $P_i * h_i^k$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348

Nivel	$P_i * h_i^k$			
5	61.124	*	13.100	= 800.718
4	73.251	*	10.500	= 769.138
3	73.215	*	7.900	= 578.402
2	73.185	*	5.300	= 387.878
1	74.426	*	2.700	= 200.950

Calculando α_i


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Nivel	$P_i * h_i^k$	\div	$\sum P_i * h_i^k$	$=$	α_i
5	800.72	\div	2737.085	$=$	0.29254
4	769.14	\div	2737.085	$=$	0.28101
3	578.40	\div	2737.085	$=$	0.21132
2	387.88	\div	2737.085	$=$	0.14171
1	200.95	\div	2737.085	$=$	0.07342


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	$*$	V_x (tonf)	$=$	F_{xi} (tonf)
5	0.29254	*	57.043	$=$	16.688
4	0.28101	*	57.043	$=$	16.029
3	0.21132	*	57.043	$=$	12.054
2	0.14171	*	57.043	$=$	8.084
1	0.07342	*	57.043	$=$	4.188

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	61.124	13.100	800.718	0.2925	16.6875	16.688
4	2.60	73.251	10.500	769.138	0.2810	16.0294	32.717
3	2.60	73.215	7.900	578.402	0.2113	12.0543	44.771
2	2.60	73.185	5.300	387.878	0.1417	8.0836	52.855
1	2.70	74.426	2.700	200.950	0.0734	4.1879	57.043
Total	13.10	355.200		2737.085	1.00	57.043	


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

- Aceleración Espectral

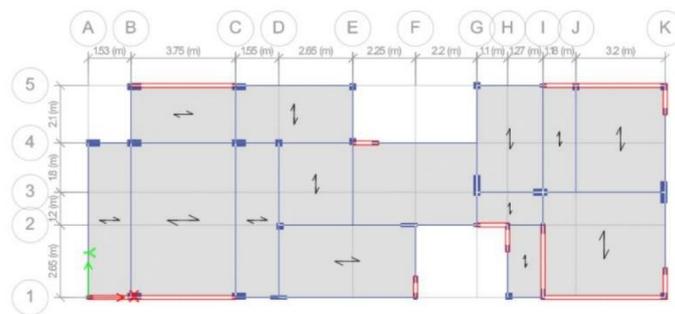
$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} * g \quad g = 980.00 \text{ cm/s}^2$$

$$S_a = \frac{0.45 * 1.00 * 1.05 * 2.50}{8.00} * 980.00$$

$$S_a = 144.703 \text{ cm/s}^2 \quad S_a = 1.447 \text{ m/s}^2$$

Datos obtenidos por medio del modelado y análisis de la estructura en ETABS

Modelo de la estructura en el Programa ETABS

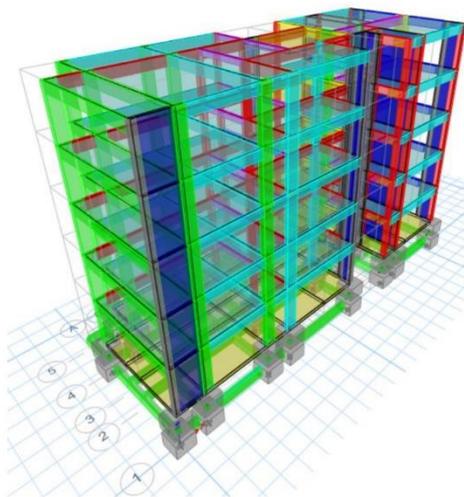


Vista en planta


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JOHN ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232



Vista 3D de la estructura

3. Se precisa la información obtenida mediante el análisis sísmico estático y dinámico en el programa ETABS

- Peso de la estructura

TABLE: Load Pattern definitions - Auto sismic - User coefficient		
Name	Coficiente sísmico estático	Weight Used (Ton)
Sismo estático XX	0.148	388.215
Sismo estático YY	0.148	

- Fuerza cortante estática (Cortante basal)

TABLE: Load Pattern definitions - Auto sismic - User coefficient					
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	Weight Used (Ton)	Base Shear (Ton)
Sismo estático X	0.050	Story 5	Base	388.215	56.422
Sismo estático Y	0.050	Story 5	Base	388.215	56.422

- Fuerzas estáticas equivalentes

Eje X


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	16.688	0.049056	16.688	0.000990
D4	32.717	0.048066	16.029	0.000996
D3	44.771	0.047070	12.054	0.000985
D2	52.855	0.046085	8.084	0.000910
D1	57.043	0.045175	4.188	0.045175

Eje Y

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	16.688	0.076176	16.688	0.005951
D4	32.717	0.070225	16.029	0.006305
D3	44.771	0.063920	12.054	0.006362
D2	52.855	0.057558	8.084	0.006000
D1	57.043	0.051558	4.188	0.051558


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D5	16.688	16.688	0.04906	0.000990	340.17
D4	16.029	32.717	0.04807	0.000996	680.67
D3	12.054	44.771	0.04707	0.000985	951.16
D2	8.084	52.855	0.04609	0.000910	1146.90
D1	4.188	57.043	0.04518	0.045175	1262.71

Eje Y

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D5	16.688	16.688	0.07618	0.005951	219.07
D4	16.029	32.717	0.07023	0.006305	465.89
D3	12.054	44.771	0.06392	0.006362	700.42
D2	8.084	52.855	0.05756	0.006000	918.29
D1	4.188	57.043	0.05156	0.051558	1106.38

- Periodos de vibración según modos


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	1.140	0.0054000	0.7629000
Modal	2	1.056	0.0184000	0.1278000
Modal	3	1.007	0.9001000	0.0147000
Modal	4	0.318	0.0003000	0.0187000
Modal	5	0.215	0.0000078	0.0003000
Modal	6	0.127	0.0005000	0.0000231
Modal	7	0.106	0.0000059	0.0003000
Modal	8	0.062	0.0000000	0.0000065
Modal	9	0.051	0.0000000	0.0000094
Modal	10	0.043	0.0000068	0.0000000
Modal	11	0.040	0.0000000	0.0000006
Modal	12	0.039	0.0000026	0.0000000
Modal	13	0.037	0.0000008	0.0000018
Modal	14	0.036	0.0000000	0.0000026
Modal	15	0.035	0.0000025	0.0000014


 JOHNS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Masa participativa en cada modo

Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.0054	0.7629
Modal	2	0.0238	0.8907
Modal	3	0.9239	0.9054
Modal	4	0.9242	0.9241
Modal	5	0.9242	0.9244
Modal	6	0.9247	0.9244
Modal	7	0.9247	0.9247
Modal	8	0.9247	0.9247
Modal	9	0.9247	0.9247
Modal	10	0.9247	0.9247
Modal	11	0.9247	0.9247
Modal	12	0.9247	0.9247
Modal	13	0.9247	0.9247
Modal	14	0.9247	0.9247
Modal	15	0.9247	0.9247


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232


 JOSHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Verificación de derivas

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

Desplazamientos laterales Eje X

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_x = 0.007$$

Nivel	Mod. X	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.013206	5.2500	0.06933	0.000987	2.60	0.0003796	CUMPLE
4	0.013018	5.2500	0.06834	0.000987	2.60	0.0003796	CUMPLE
3	0.012830	5.2500	0.06736	0.000997	2.60	0.0003837	CUMPLE
2	0.012640	5.2500	0.06636	0.000940	2.60	0.0003614	CUMPLE
1	0.012461	5.2500	0.06542	0.065420	2.70	0.0001235	CUMPLE

Derivas Eje X

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 5	D5	Sismo dinámico X	0.013206
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.013018
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.012830
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.012640
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.012461

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.0132	0.00019	0.00099	2.600	0.000380	0.007	CUMPLE
D4	0.0130	0.00019	0.00099	2.600	0.000380	0.007	CUMPLE
D3	0.0128	0.00019	0.00100	2.600	0.000384	0.007	CUMPLE
D2	0.0126	0.00018	0.00094	2.600	0.000361	0.007	CUMPLE
D1	0.0125	0.01246	0.06542	2.700	0.000124	0.007	CUMPLE

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_y = 0.007$$


 JORIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.017161	5.2500	0.09010	0.005890	2.60	0.0022656	CUMPLE
4	0.016039	5.2500	0.08420	0.005964	2.60	0.0022938	CUMPLE
3	0.014903	5.2500	0.07824	0.006148	2.60	0.0023645	CUMPLE
2	0.013732	5.2500	0.07209	0.006074	2.60	0.0023363	CUMPLE
1	0.012575	5.2500	0.06602	0.066019	2.70	0.0011251	CUMPLE

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 5	D5	Sismo dinámico Y	0.017161
Story 4	D4	Sismo dinámico Y	0.016039
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.014903
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.013732
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.012575

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.01716	0.00112	0.00589	2.600	0.002266	0.007	CUMPLE
D4	0.01604	0.00114	0.00596	2.600	0.002294	0.007	CUMPLE
D3	0.01490	0.00117	0.00615	2.600	0.002365	0.007	CUMPLE
D2	0.01373	0.00116	0.00607	2.600	0.002336	0.007	CUMPLE
D1	0.01258	0.01258	0.06602	2.700	0.001125	0.007	CUMPLE

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions					
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)	MX (Ton-m)	MY (Ton-m)	MZ (Ton-m)
Sismo dinámico X	48.1256	0.7764	9.5007	230.5133	120.8069
Sismo dinámico Y	0.7764	48.1256	213.6663	9.5962	321.1773

- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	56.42150	56.42150
"V" Dinámica	48.12560	48.12560
80 % de la "V" Estática	45.13720	45.13720
	Cumple	Cumple

1.00

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.937904	0.937904
Cumple	Cumple



 JORIS ALBERTO
 NAPAN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N 287148



 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N 301349



 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N 304232

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 4: Edificación convencional - Aisladores y disipadores



 JOHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:

Sistema estructural: Concreto Armado: Pórticos



 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$R_x = 8$ $I_a = 1.00$ $I_p = 1.00$ $R_x = 8.00$
Entonces: $R_{xx} = 8 * 1.00 * 1.00$ $R_{xx} = 8.00$

C_{Tx} :	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
------------	--	----

$$T_x = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_x = 0.250$$

$$T < T_p: \quad T < T_p \quad 0.250 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_x = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_x = 2.50$ **OK**

- Análisis eje Y

Sistema estructural: Concreto Armado: Pórticos



 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SÁNCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

$R_y = 8$ $I_a = 1.00$ $I_p = 1.00$ $R_y = 8.00$
Entonces: $R_{yy} = 8 * 1.00 * 1.00$ $R_{yy} = 8.00$

C_{Ty} :	Para edificios de albañilería - Dual - De muros estructurales - Muros de ductilidad limitada	60
------------	--	----

$$T_y = \frac{3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00 + 3.00}{60} \quad T_y = 0.250$$

$$T < T_p: \quad T < T_p \quad 0.250 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_y = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_y = 2.50$ **OK**

2. Se precisa el cálculo de la cortante basal y las fuerzas estáticas equivalentes en cada nivel mediante un análisis matemático manual

Detalles para el cálculo

$Z = 0.45$ $U = 1.00$ $S = 1.05$ $h_n = 13.10 \text{ m}$

Eje x

$Z = 0.45$
 $U = 1.00$
 $C_x = 2.50$
 $S = 1.05$
 $C_{Tx} = 60$
 $T_x = 0.218 \text{ s}$
 $k_x = 1.00$
 $R_x = 8.00$


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349

Eje y

$Z = 0.45$
 $U = 1.00$
 $C_y = 2.50$
 $S = 1.05$
 $C_{Ty} = 60$
 $T_y = 0.218 \text{ s}$
 $k_y = 1.00$
 $R_y = 8.00$


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

$$C_{e_{xx}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.1477$$


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

$$C_{e_{yy}} = 0.1477$$

Coeficiente sísmico estático $_{xx} = 0.1477$

Coeficiente sísmico estático $_{yy} = 0.1477$

- Cálculo de la cortante basal

Peso de la estructura obtenida mediante el modelado y análisis en ETABS:

Story forces					
Story	Output Case	Location	Pesos acumulados (tonf)	Peso por piso (tonf)	h_{ei}
Piso 5	Peso sísmico	Bottom	78.1253	78.1253	2.60
Piso 4	Peso sísmico	Bottom	165.6878	87.5625	2.60
Piso 3	Peso sísmico	Bottom	253.2200	87.5322	2.60
Piso 2	Peso sísmico	Bottom	340.6352	87.4153	2.60
Piso 1	Peso sísmico	Bottom	429.3838	88.7486	2.70
Nivel de base	Peso sísmico	Bottom	433.2158	3.8320	
Interf. Aislamiento	Peso sísmico	Bottom	433.2158	0.0000	
Capitel	Peso sísmico	Bottom	445.6548	12.4390	
			Peso total	445.6548	

Cortante basal eje X

$$V_x = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_x = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00} * 445.65$$

$$V_x = 65.804 \text{ Ton}$$

Cortante basal Eje Y

$$V_y = \frac{Z * U * S * C}{R} * \text{Peso}$$

$$V_y = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{8.00} * 445.65$$

$$V_y = 65.804 \text{ Ton}$$

- Fuerzas estáticas equivalentes y cortantes estáticas

- Análisis eje X

Calculando $P_i * h_i^k$

Nivel	$P_i * h_i^k$		
5	78.125	*	13.100 1 = 1023.441
4	87.563	*	10.500 1 = 919.406
3	87.532	*	7.900 1 = 691.504
2	87.415	*	5.300 1 = 463.301
1	88.749	*	2.700 1 = 239.621


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301348


 JORHIS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

Calculando α_i

Nivel	$P_i * h_i^k$	$\Sigma P_i * h_i^k$	α_i
5	1023.44	÷ 3337.274	= 0.30667
4	919.41	÷ 3337.274	= 0.27550
3	691.50	÷ 3337.274	= 0.20721
2	463.30	÷ 3337.274	= 0.13883
1	239.62	÷ 3337.274	= 0.07180


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	V_x (tonf)	F_{xi} (tonf)
5	0.30667	* 65.804	= 20.180
4	0.27550	* 65.804	= 18.129
3	0.20721	* 65.804	= 13.635
2	0.13883	* 65.804	= 9.135
1	0.07180	* 65.804	= 4.725

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	78.125	13.100	1023.441	0.3067	20.1800	20.180
4	2.60	87.563	10.500	919.406	0.2755	18.1287	38.309
3	2.60	87.532	7.900	691.504	0.2072	13.6349	51.944
2	2.60	87.415	5.300	463.301	0.1388	9.1353	61.079
1	2.70	88.749	2.700	239.621	0.0718	4.7248	65.804
Total	13.10	429.384		3337.27	1.00	65.804	

- Análisis eje Y



WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

Calculando $P_i * h_i^k$

Nivel	$P_i * h_i^k$			
5	78.125	*	13.100 ¹	= 1023.441
4	87.563	*	10.500 ¹	= 919.406
3	87.532	*	7.900 ¹	= 691.504
2	87.415	*	5.300 ¹	= 463.301
1	88.749	*	2.700 ¹	= 239.621

Calculando α_i



JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

Nivel	$P_i * h_i^k$	÷	$\sum P_i * h_i^k$	=	α_i
5	1023.44	÷	3337.274	=	0.30667
4	919.41	÷	3337.274	=	0.27550
3	691.50	÷	3337.274	=	0.20721
2	463.30	÷	3337.274	=	0.13883
1	239.62	÷	3337.274	=	0.07180



GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232

Calculando F_{xi} (tonf)

Nivel	α_i	*	V_x (tonf)	=	F_{xi} (tonf)
5	0.30667	*	65.804	=	20.180
4	0.27550	*	65.804	=	18.129
3	0.20721	*	65.804	=	13.635
2	0.13883	*	65.804	=	9.135
1	0.07180	*	65.804	=	4.725

Nivel	h_{ei} (m)	P_i (tonf)	h_i (m)	$P_i * h_i^k$	α_i	F_{xi} (tonf)	V_{xi} (tonf)
5	2.60	78.125	13.100	1023.441	0.3067	20.1800	20.180
4	2.60	87.563	10.500	919.406	0.2755	18.1287	38.309
3	2.60	87.532	7.900	691.504	0.2072	13.6349	51.944
2	2.60	87.415	5.300	463.301	0.1388	9.1353	61.079
1	2.70	88.749	2.700	239.621	0.0718	4.7248	65.804
Total	13.10	429.384		3337.274	1.00	65.804	


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301349


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

- Aceleración Espectral

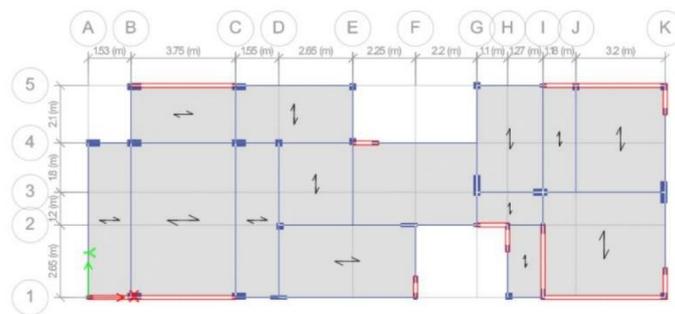
$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} * g \quad g = 980.00 \text{ cm/s}^2$$

$$S_a = \frac{0.45 * 1.00 * 1.05 * 2.50}{8.00} * 980.00$$

$$S_a = 144.703 \text{ cm/s}^2 \quad S_a = 1.447 \text{ m/s}^2$$

Datos obtenidos por medio del modelado y análisis de la estructura en ETABS

Modelo de la estructura en el Programa ETABS

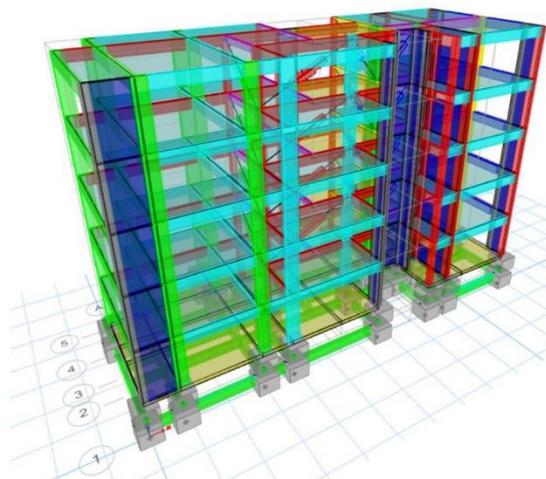


Vista en planta


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348


JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232



Vista 3D de la estructura

3. Se precisa la información obtenida mediante el análisis sísmico estático y dinámico en el programa ETABS

- Peso de la estructura

TABLE: Load Pattern definitions - Auto seismic - User coefficient		
Name	Coefficiente sísmico estático	Weight Used (Ton)
Sismo estático XX	0.148	447.846
Sismo estático YY	0.148	

- Fuerza cortante estática (Cortante basal)

TABLE: Load Pattern definitions - Auto seismic - User coefficient					
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	Weight Used (Ton)	Base Shear (Ton)
Sismo estático X	0.050	Story 5	Base	447.846	67.125
Sismo estático Y	0.050	Story 5	Base	447.846	67.125

- Fuerzas estáticas equivalentes

Eje X


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301345


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	20.180	0.048315	20.180	0.000821
D4	38.309	0.047494	18.129	0.000829
D3	51.944	0.046665	13.635	0.000824
D2	61.079	0.045841	9.135	0.000767
D1	65.804	0.045074	4.725	0.045074

Eje Y

Story forces				
Niveles	V (Ton)	Desp. (m)	Fuerzas laterales (Ton)	Drif (m)
D5	20.180	0.071602	20.180	0.004971
D4	38.309	0.066631	18.129	0.005270
D3	51.944	0.061361	13.635	0.005380
D2	61.079	0.055981	9.135	0.005160
D1	65.804	0.050821	4.725	0.050821


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K_e (Ton/m)
D5	20.180	20.180	0.04832	0.000821	417.68
D4	18.129	38.309	0.04749	0.000829	806.60
D3	13.635	51.944	0.04667	0.000824	1113.12
D2	9.135	61.079	0.04584	0.000767	1332.41
D1	4.725	65.804	0.04507	0.045074	1459.90

Eje Y

Story forces					
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Desplazamientos (m)	Drif (m)	K_e (Ton/m)
D5	20.180	20.180	0.07160	0.004971	281.84
D4	18.129	38.309	0.06663	0.005270	574.94
D3	13.635	51.944	0.06136	0.005380	846.53
D2	9.135	61.079	0.05598	0.005160	1091.07
D1	4.725	65.804	0.05082	0.050821	1294.81

- Periodos de vibración según modos


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301348

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	1.1270	0.002700	0.701600
Modal	2	1.0510	0.014900	0.197500
Modal	3	1.0050	0.906600	0.010800
Modal	4	0.3000	0.000200	0.014100
Modal	5	0.2120	0.000010	0.000400
Modal	6	0.1170	0.000400	0.000017
Modal	7	0.1040	0.000007	0.000300
Modal	8	0.0610	0.000000	0.000006
Modal	9	0.0500	0.000000	0.000009
Modal	10	0.0430	0.000007	0.000000
Modal	11	0.0390	0.000000	0.000001
Modal	12	0.0380	0.000002	0.000000
Modal	13	0.0370	0.000001	0.000002
Modal	14	0.0360	0.000000	0.000002
Modal	15	0.0350	0.000001	0.000001


JORHIS ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

- Masa participativa en cada modo

Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.0027	0.7016
Modal	2	0.0176	0.8990
Modal	3	0.9241	0.9099
Modal	4	0.9243	0.9240
Modal	5	0.9243	0.9244
Modal	6	0.9247	0.9244
Modal	7	0.9247	0.9247
Modal	8	0.9247	0.9247
Modal	9	0.9247	0.9247
Modal	10	0.9247	0.9247
Modal	11	0.9247	0.9247
Modal	12	0.9247	0.9247
Modal	13	0.9247	0.9247
Modal	14	0.9247	0.9247
Modal	15	0.9247	0.9247


 WILLIAMS ALEXANDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 301345


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP N° 287148


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP N° 304232

- Verificación de derivas

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

Desplazamientos laterales Eje X

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_x = 0.007$$

Nivel	Mod. X	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.013093	5.2500	0.06874	0.000829	2.60	0.0003190	CUMPLE
4	0.012935	5.2500	0.06791	0.000819	2.60	0.0003150	CUMPLE
3	0.012779	5.2500	0.06709	0.000829	2.60	0.0003190	CUMPLE
2	0.012621	5.2500	0.06626	0.000793	2.60	0.0003049	CUMPLE
1	0.012470	5.2500	0.06547	0.065468	2.70	0.0001001	CUMPLE

Derivas Eje X

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 5	D5	Sismo dinámico X	0.013093
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.012935
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.012779
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.012621
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.012470

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.0131	0.00016	0.00083	2.600	0.000319	0.007	CUMPLE
D4	0.0129	0.00016	0.00082	2.600	0.000315	0.007	CUMPLE
D3	0.0128	0.00016	0.00083	2.600	0.000319	0.007	CUMPLE
D2	0.0126	0.00015	0.00079	2.600	0.000305	0.007	CUMPLE
D1	0.0125	0.01247	0.06547	2.700	0.000100	0.007	CUMPLE

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

$$(\Delta_i / h_{ei})_y = 0.007$$


GERARDO
CONTRERAS SERRANO
Ingeniero Civil
CIP N° 304232


WILLIAMS ALEXANDER
LA TORRE SANCHEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 301349


JOHN ALBERTO
NAPAN DE LA CRUZ
Ingeniero Civil
CIP N° 287148

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coefficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
5	0.016627	5.2500	0.08729	0.005082	2.60	0.0019546	CUMPLE
4	0.015659	5.2500	0.08221	0.005108	2.60	0.0019647	CUMPLE
3	0.014686	5.2500	0.07710	0.00535	2.60	0.0020576	CUMPLE
2	0.013667	5.2500	0.07175	0.005387	2.60	0.0020717	CUMPLE
1	0.012641	5.2500	0.06637	0.066365	2.70	0.0010211	CUMPLE

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 5	D5	Sismo dinámico Y	0.016627
Story 4	D4	Sismo dinámico Y	0.015659
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.014686
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.013667
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.012641

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			5.25				
D5	0.01663	0.00097	0.00508	2.600	0.001955	0.007	CUMPLE
D4	0.01566	0.00097	0.00511	2.600	0.001965	0.007	CUMPLE
D3	0.01469	0.00102	0.00535	2.600	0.002058	0.007	CUMPLE
D2	0.01367	0.00103	0.00539	2.600	0.002072	0.007	CUMPLE
D1	0.01264	0.01264	0.06637	2.700	0.001021	0.007	CUMPLE

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions					
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)	MX (Ton-m)	MY (Ton-m)	MZ (Ton-m)
Sismo dinámico X	56.2548	0.4173	5.1803	303.7712	155.5590
Sismo dinámico Y	0.4173	56.2548	218.0021	5.2067	397.3993

- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	67.12540	67.12540
"V" Dinámica	56.25480	56.25480
80 % de la "V" Estática	53.70032	53.70032
	Cumple	Cumple

1.00

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.954591	0.954591
Cumple	Cumple


 WILLIAMS ALEXÁNDER
 LA TORRE SANCHEZ
 Ingeniero Civil
 CIP No 301348


 GERARDO
 CONTRERAS SERRANO
 Ingeniero Civil
 CIP No 304232


 JORHS ALBERTO
 NAPÁN DE LA CRUZ
 Ingeniero Civil
 CIP No 287148

Anexo 8. Certificado de laboratorio de los ensayos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 044798

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S23 - 458-1

SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR - FERNÁNDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
 PROYECTO : TESIS - COMPORTAMIENTO SÍSMICO EN EDIFICACIONES
 UBICACIÓN : MZ. G LOTE 23 ASOCIACIÓN VIRGEN DEL CARMEN - S.M.P.
 FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1
 Prof. (m.) : 3.00

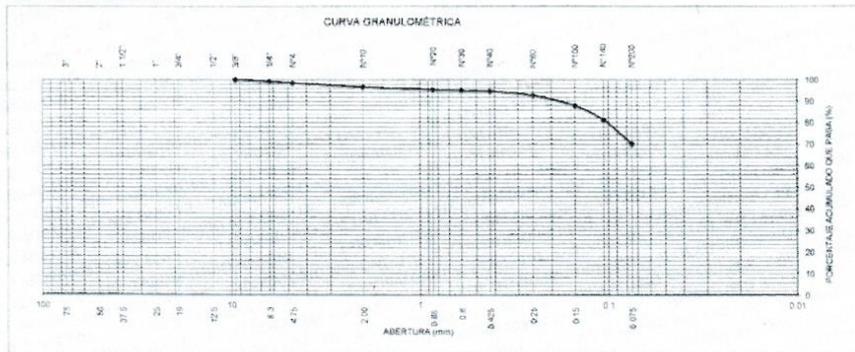
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M-17
 Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "B"

Tamiz	Abertura (mm)	(% Acumulado)	
		(%) Parcial Retenido	(%) Retenido Pasa
3"	75 000	-	-
2"	50 000	-	-
1 1/2"	37 500	-	-
1"	25 000	-	-
3/4"	19 000	-	-
1/2"	12 500	-	-
3/8"	9 500	0.3	0.3
1/4"	6 300	0.8	1.1
N°4	4 750	0.7	1.8
N°10	2 000	1.8	3.6
N°20	0 850	1.3	4.9
N°30	0 600	0.4	5.3
N°40	0 425	0.4	5.7
N°60	0 250	1.9	7.6
N°100	0 150	4.9	12.5
N°140	0 106	6.5	19.0
N°200	0 075	11.1	30.1
FONDO		69.9	

% Grava	: 1.8
% Arena	: 28.3
% Finos	: 69.9

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Procedimiento interno AT-PR.5	
Límite Líquido	: 32
Límite Plástico	: 23
Índice Plástico	: 9

Clasificación SUCS ASTM D2487-17e1 : CL



Nota

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente
 Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente

Ejecución : Tec. R. Fakón S
 Aprobación : Ing. H. Espinoza C.

ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
 JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
 www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

ABET Engineering Technology Accreditation Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 044797

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S23 - 458-1

SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR - FERNÁNDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
PROYECTO : TESIS - COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
UBICACIÓN : MZ G LOTE 23 ASOCIACIÓN VIRGEN DEL CARMEN - S.M.P.
FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080/D3080M-11

Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-1
Prof. (m.) : 3.00

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	5.96	5.96	5.96
Altura inicial de la muestra (cm)	1.88	1.88	1.88
Densidad húmeda inicial (g/cm ³)	1.456	1.456	1.456
Densidad seca inicial (g/cm ³)	1.274	1.274	1.274
Cont. de humedad inicial (%)	14.3	14.3	14.3
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.878	1.874	1.858
Altura final de la muestra (cm)	1.87	1.86	1.84
Densidad húmeda final (g/cm ³)	1.753	1.745	1.763
Densidad seca final (g/cm ³)	1.287	1.290	1.306
Cont. de humedad final (%)	36.2	35.3	35.0
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	2.0
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.343	0.614	1.136
Angulo de fricción interna :	27.8 °		
Cohesión (kg/cm ²) :	0.08		

Nota

Los especímenes se remoldearon al 80% de la densidad proporcionada por el cliente.
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Tec. R. Falcon S.
Aprobación : Ing. H. Espinoza C.



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Nº 044796

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S23 - 458-1

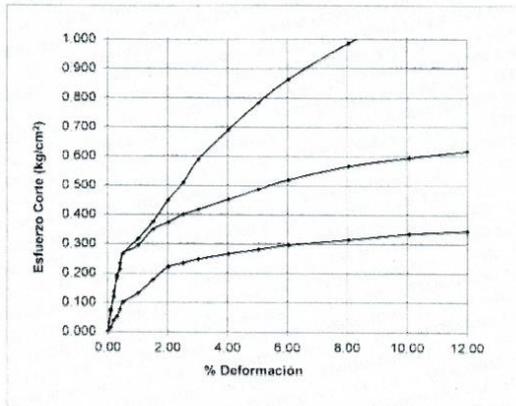
SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR - FERNÁNDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
PROYECTO : TESIS - COMPORTAMIENTO SÍSMICO EN EDIFICACIONES
UBICACIÓN : MZ. G LOTE 23 ASOCIACIÓN VIRGEN DEL CARMEN - S.M.P.
FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080/D3080M-11

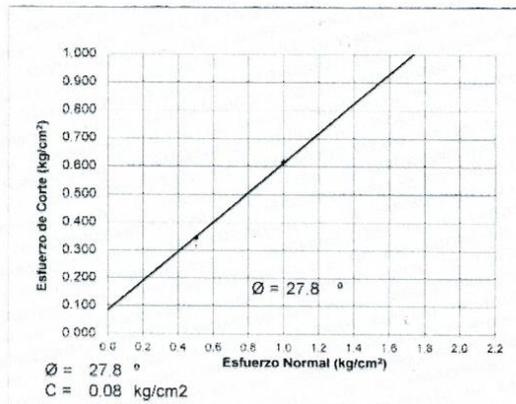
Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-1
Prof. (m.) : 3.00

% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (H) LABORATORIO N° 02 MECÁNICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25. Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.ims.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Nº 044795

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S23 - 458-2

SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR - FERNÁNDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
PROYECTO : TESIS - COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
UBICACIÓN : MZ. G LOTE 23 ASOCIACIÓN VIRGEN DEL CARMEN - S.M.P.
FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1
Prof. (m.) : 3.00

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD - REFERENCIA ASTM D2216-19
Procedimiento Interno: AT-PR.1

Contenido de Humedad (%) : 14.3
Método "B"

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. R. Falcón S.

Aprobación : Ing. H. Espinoza C.


ING. HECTOR ESPINOZA COENTE
JEFE (a) LABORATORIO N° 02 MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI-FIC



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME DE RESULTADOS



SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR-FERNANDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
 OBRA : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
 UBICACIÓN : MZ.G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN , LIMA-SAN MARTIN DE PORRES
 FECHA DE ENSAYO : 16/09/2023
 MATERIAL : TERRENO NATURAL

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO- MÉTODO CONO DE ARENA

N° Prueba		01			
Progresiva(ubicación)		CALICATA C-1			
Capa					
1) P. unitario de arena calibrada	g/cm ³	1.41			
2) Peso de arena + envase	g.	5883			
3) Peso de arena en cono y placa	g.	1688			
4) Peso final de arena + envase	g.	2745			
5) Peso de arena en cavidad	g.	1450			
6) Volumen de cavidad	cm ³	1028			
7) Peso total de muestra húmeda	g.	1800			
8) Peso de material > 3/4"	g.	0			
9) Peso de material < 3/4"	g.	1800			
10) Peso específico de grava	g/cm ³	2.7			
11) Volumen de la grava	cm ³	0.0			
12) Volumen de material	cm ³	1028			
13) Densidad húmeda	g/cm ³	1.750			
CONTENIDO DE HUMEDAD/ HUMEDÓMETRO					
14) Contenido de humedad	%				
15) Densidad de suelo seco	g/cm ³				
16) Máxima densidad seca (Proctor)	g/cm ³				
Grado de Compactación	%				

FRANKLIN BALDI
 GOMEZ SAPALLAN
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP. N° 57831

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (Guía Peruana INDECOPI: GP 004:1993)



ANALISIS FISICO QUIMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : MZ.G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN , LIMA-SAN MARTIN DE PORRES FECHA : 28/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : 01
Prof. (m) : 3.00

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS	SULFATOS (SO4)	SALES SOUBLES TOTALES
	ASTM D 5194 AASHTO T-290	ASTM E 275 AASHTO T-290	MTC E 219 ASTM D 1888
C1 PROFUNDIDAD: 3.0m	1095 (ppm)	1465 (ppm)	1218 (ppm)

Observaciones:

Franklin Raul Gomez Sapallanay
FRANKLIN RAUL
GOMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP N° 137831



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
 SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR-FERNANDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
 UBICACIÓN : MZ. G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN, LIMA-SAN MARTIN DE PORRES

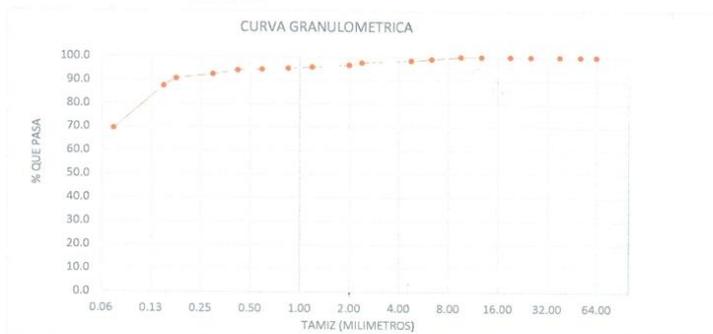
MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422- 63

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-2 PROF: 3m FECHA: 28/09/2023
 PESO DE LA MUESTRA 5324.00 % DE HUMEDAD : 14.6%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% PASA
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.00	0.0	100.0
1/2"	12.700	0.00	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.00	0.0	100.0
1/4"	6.350	0.90	0.9	99.1
N° 4	4.760	0.70	1.6	98.4
N° 8	2.380	0.90	2.5	97.5
N° 10	2.000	1.00	3.5	96.5
N° 16	1.190	0.80	4.3	95.7
N° 20	0.850	0.90	4.9	95.1
N° 30	0.600	0.40	5.3	94.7
N° 40	0.420	0.40	5.7	94.3
N° 50	0.297	1.70	7.4	92.6
N° 80	0.177	2.00	9.4	90.6
N° 100	0.149	3.10	12.5	87.5
N° 200	0.074	18.10	30.6	69.4
< N° 200		69.40	100.0	0.0
		100.0		

Fracciones	
Grava	1.6
Arena	29.0
Finos	69.4
Consistencia	
L. Líquido	30
L. Plástico	22
I. Plástico	8
Clasificación	
S.U.C.S.	
CL	



OBSERVACIONES :
 1.- Muestra provista e identificada por el personal técnico del solicitante.

Franklin Raul Comez Sapallanay
 FRANKLIN RAUL
 COMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



ANALISIS FISICO QUIMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : MZ G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN , LIMA-SAN MARTIN DE PORRES FECHA : 28/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA

Calicata : 02
Prof. (m) : 3.00

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS	SULFATOS (SO4)	SALES SOUBLES TOTALES
	ASTM D 5194 AASHTO T-290	ASTM E 275 AASHTO T-290	MTC E 219 ASTM D 1888
C2 PROFUNDIDAD: 3.0m	1062 (ppm)	1421 (ppm)	1245 (ppm)

Observaciones:

Franklin Raul Gomez Sapallanay
FRANKLIN RAUL
GÓMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP N° 137831



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
 SOLICITANTE : DE PAZ CONTRERAS, JORGE BLADIMIR-FERNANDEZ CAMPOS, JORDY MITCHEL
 UBICACIÓN : MZ.G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN , LIMA-SAN MARTIN DE PORRES

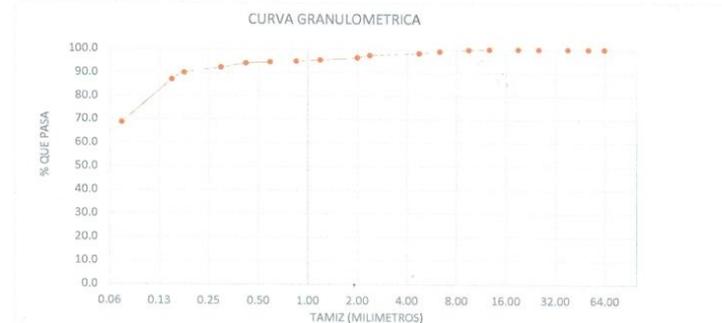
MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422- 63

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-3 PROF: 3m FECHA: 28/09/2023
 PESO DE LA MUESTRA 5128.00 % DE HUMEDAD : 14.2%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% PASA
3"	76.200		0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.00	0.0	100.0
1/2"	12.700	0.00	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.20	0.2	99.8
1/4"	6.350	0.70	0.9	99.1
N° 4	4.760	0.80	1.7	98.3
N° 8	2.380	0.90	2.6	97.4
N° 10	2.000	1.00	3.6	96.4
N° 16	1.190	0.90	4.5	95.5
N° 20	0.850	0.60	5.1	94.9
N° 30	0.590	0.40	5.5	94.5
N° 40	0.420	0.50	6.0	94.0
N° 50	0.297	1.80	7.8	92.2
N° 60	0.177	2.20	10.0	90.0
N° 100	0.149	2.90	12.9	87.1
N° 200	0.074	18.40	31.3	68.7
< N° 200		68.70	100.0	0.0
		100.0		

Fracciones	
Grava	1.7
Arena	29.6
Finos	68.7
Consistencia	
L. Líquido	33
L. Plástico	24
I. Plástico	9
Clasificación S.U.C.S.	
CL	



OBSERVACIONES :
 1.- Muestra provista e identificada por el personal técnico del solicitante.

Franklin Raúl Comez Sapallanay
 FRANKLIN RAUL
 COMEZ SAPALLANAY
 INGENIERO CIVIL
 ESPECIALISTA EN SUELOS
 Reg. CIP N° 137831



ANALISIS FISICO QUIMICO (NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES
MATERIAL : SUELO - EXISTENTE
UBICACIÓN : MZ G LOTE 23 ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN , LIMA-SAN MARTIN DE PORRES FECHA : 28/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA

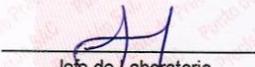
Calicata : 03
Prof. (m) : 3.00

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLORUROS ASTM D 5194 AASHTO T-290	SULFATOS (SO4) ASTM E 275 AASHTO T-290	SALES SOUBLES TOTALES MTC E 219 ASTM D 1888
C3 PROFUNDIDAD: 3.0m	1024 (ppm)	1452 (ppm)	1237 (ppm)

Observaciones:


FRANKLIN RAÚL
GÓMEZ SAPALLANAY
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN SUELOS
Reg. CIP N° 137831

Anexo 9. Certificado de calibración de equipos

 Laboratorio PP	Punto de Precisión SAC LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 Registro N° LC - 033
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-528-2022		
Página: 1 de 3		
Expediente :	152-2022	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión :	2022-09-02	
1. Solicitante :	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Dirección :	AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA	
2. Instrumento de Medición :	BALANZA	Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
Marca :	AND	
Modelo :	FX-3000i	PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie :	15604451	
Alcance de Indicación :	3 200 g	
División de Escala de Verificación (e) :	0,1 g	
División de Escala Real (d) :	0,01 g	
Procedencia :	JAPÓN	
Identificación :	BL-5	
Tipo :	ELECTRÓNICA	
Ubicación :	LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES)	
Fecha de Calibración :	2022-08-26	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES) de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA	
 PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106		
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-528-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	18,9	18,9
Humedad Relativa	76,8	76,8

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 3 200,48 g para una carga de 3 200,00 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

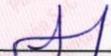
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 18,9			Final 18,9		
	Carga L1= 1 600,002 g			Carga L2= 3 200,002 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	1 600,00	0,007	-0,004	3 200,01	0,009	0,004
2	1 600,01	0,006	0,007	3 200,01	0,008	0,005
3	1 600,01	0,008	0,005	3 200,01	0,006	0,007
4	1 600,01	0,009	0,004	3 200,01	0,007	0,006
5	1 600,00	0,007	-0,004	3 200,01	0,006	0,007
6	1 600,01	0,006	0,007	3 200,01	0,008	0,005
7	1 600,00	0,008	-0,005	3 200,01	0,009	0,004
8	1 600,01	0,009	0,004	3 200,01	0,008	0,005
9	1 600,00	0,007	-0,004	3 200,01	0,006	0,007
10	1 600,00	0,006	-0,003	3 200,01	0,008	0,005
Diferencia Máxima	0,012			0,003		
Error máximo permitido	± 0,2 g			± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

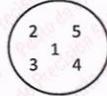
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-528-2022
 Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _s				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	Δl (g)	E _o (g)	Carga L (g)	l (g)	Δl (g)	E (g)	E _c (g)
1	0,200	0,20	0,006	-0,003	1 000,001	1 000,01	0,007	0,007	0,010
2		0,20	0,009	-0,004		999,99	0,006	-0,012	-0,008
3		0,20	0,006	-0,001		999,97	0,008	-0,034	-0,033
4		0,20	0,007	-0,002		1 000,02	0,009	0,015	0,017
5		0,20	0,006	-0,001		1 000,04	0,007	0,037	0,038
Error máximo permitido : ± 0,2 g									

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	Δl (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	Δl (g)	E (g)	E _c (g)	
0,200	0,20	0,007	-0,002						
0,500	0,50	0,008	-0,003	-0,001	0,50	0,009	-0,004	-0,002	0,1
20,000	20,00	0,009	-0,004	-0,002	20,00	0,006	-0,001	0,001	0,1
100,000	100,00	0,007	-0,002	0,000	100,00	0,008	-0,003	-0,001	0,1
500,000	500,00	0,006	-0,001	0,001	500,01	0,009	0,006	0,008	0,1
700,001	700,00	0,008	-0,004	-0,002	700,00	0,007	-0,003	-0,001	0,2
1 000,001	1 000,03	0,007	0,027	0,029	1 000,02	0,006	0,018	0,020	0,2
1 500,002	1 500,01	0,006	0,007	0,009	1 500,01	0,008	0,005	0,007	0,2
2 000,000	2 000,04	0,008	0,037	0,039	2 000,03	0,007	0,028	0,030	0,2
3 000,001	3 000,01	0,009	0,005	0,007	3 000,01	0,006	0,008	0,010	0,3
3 200,002	3 200,01	0,007	0,006	0,008	3 200,01	0,007	0,006	0,008	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 9,52 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4,92 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 5,91 \times 10^{-10} \times R^2}$$

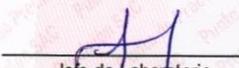
R: Lectura de la balanza Δl: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-530-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 152-2022
Fecha de Emisión : 2022-09-02

1. Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de Serie : 8339460484

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 1 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BL-26

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS
FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES)

Fecha de Calibración : 2022-08-26

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

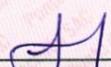
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES) de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-530-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	18,5	18,5
Humedad Relativa	76,6	76,6

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 993 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 18,5			Final 18,5		
	Carga L1= 15 000,0 g			Carga L2= 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,8	-0,3
2	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
3	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,9	0,6
4	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,6	0,9
5	15 000	0,5	0,0	30 001	0,8	0,7
6	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,5	1,0
7	14 999	0,4	-0,9	30 001	0,7	0,8
8	15 000	0,9	-0,4	30 001	0,6	0,9
9	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,9	0,6
10	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,5	1,0
Diferencia Máxima	0,9			1,3		
Error máximo permitido ±	2 g			3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-537-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 152-2022
Fecha de Emisión : 2022-09-02

1. Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS
Modelo : SE6001F
Número de Serie : B415927623
Alcance de Indicación : 6 000 g
División de Escala de Verificación (e) : 1 g
División de Escala Real (d) : 0,1 g
Procedencia : NO INDICA
Identificación : BL-6
Tipo : ELECTRÓNICA
Ubicación : LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS
FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES)
Fecha de Calibración : 2022-08-31

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

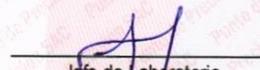
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración
LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES) de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-537-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	18,4	18,5
Humedad Relativa	73,3	74,3

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 5 999,5 g para una carga de 6 000,0 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 3 000,00 g			Carga L2= 6 000,01 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 999,9	0,04	-0,09	5 999,9	0,03	-0,09
2	3 000,0	0,09	-0,04	5 999,9	0,04	-0,10
3	3 000,0	0,05	0,00	5 999,9	0,03	-0,09
4	3 000,0	0,06	-0,01	5 999,9	0,04	-0,10
5	3 000,0	0,08	-0,03	5 999,9	0,02	-0,08
6	3 000,0	0,05	0,00	5 999,9	0,04	-0,10
7	2 999,9	0,03	-0,08	5 999,9	0,03	-0,09
8	3 000,0	0,09	-0,04	5 999,9	0,04	-0,10
9	3 000,0	0,06	-0,01	5 999,9	0,03	-0,09
10	3 000,0	0,08	-0,03	5 999,9	0,04	-0,10
Diferencia Máxima	0,09			0,02		
Error máximo permitido	± 3 g			± 3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-537-2022
 Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Inicial Final
 Temp. (°C) 18,5 18,5

Posición de la Carga	Determinación de E _c				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E _o (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1,00	1,0	0,08	-0,03	2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	0,02
2		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,08	-0,03	-0,03
3		1,0	0,07	-0,02		1 999,9	0,04	-0,09	-0,07
4		1,0	0,09	-0,04		1 999,9	0,03	-0,08	-0,04
5		1,0	0,06	-0,01		1 999,8	0,09	-0,24	-0,23
					Error máximo permitido : ± 3 g				

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Inicial Final
 Temp. (°C) 18,4 18,4

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,00	1,0	0,06	-0,01						
2,00	2,0	0,09	-0,04	-0,03	2,0	0,08	-0,03	-0,02	1
50,00	50,0	0,07	-0,02	-0,01	50,0	0,06	-0,01	0,00	1
100,00	100,0	0,06	-0,01	0,00	100,1	0,09	0,06	0,07	1
500,00	500,0	0,09	-0,04	-0,03	500,1	0,07	0,08	0,09	2
1 000,00	1 000,0	0,05	0,00	0,01	1 000,1	0,05	0,10	0,11	2
1 500,00	1 500,0	0,08	-0,03	-0,02	1 500,1	0,09	0,06	0,07	2
2 000,00	2 000,0	0,06	-0,01	0,00	1 999,9	0,04	-0,09	-0,08	2
4 000,01	4 000,0	0,09	-0,05	-0,04	4 000,0	0,08	-0,04	-0,03	3
5 000,01	4 999,9	0,04	-0,10	-0,09	4 999,9	0,02	-0,08	-0,07	3
6 000,01	5 999,9	0,03	-0,09	-0,08	5 999,9	0,03	-0,09	-0,08	3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,11 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{3,85 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,99 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2907 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : 152-2022
Fecha de emisión : 2022-09-02

1. Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : HUMBOLDT
Modelo de Copa : NO INDICA
Serie de Copa : NO INDICA
Código de Identificación : CC-8

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS FIC - UNI (ÁREA DE PAVIMENTOS)
31 - AGOSTO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM. Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

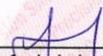
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	18,9	19,0
Humedad %	75	75

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2907 - 2022

Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c

DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MEDIDA TOMADA	54,39	2,03	27,22	46,11	50,07	150,44	124,77	10,03	2,07	13,30
	54,62	2,04	27,34	46,12	50,06	150,40	124,82	10,04	2,06	13,30
	54,22	2,03	27,20	46,14	50,09	150,45	124,62	10,05	2,03	13,29
	54,45	2,02	27,38	46,15	50,08	150,38	124,73	10,04	2,02	13,31
	54,36	2,01	27,42	46,13	50,05	150,25	124,72	10,03	2,05	13,30
	54,28	1,99	27,28	46,14	50,06	150,44	124,64	10,04	2,07	13,31
PROMEDIO	54,39	2,02	27,31	46,13	50,07	150,39	124,72	10,04	2,05	13,30
MEDIDAS STANDARD	54,00	2,00	27,00	47,00	50,00	150,00	125,00	10,00	2,00	13,50
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0	0,05	0,1	0,1
ERROR	0,39	0,02	0,31	-0,87	0,07	0,39	-0,28	0,04	0,05	-0,20

	Rango según norma	Medida encontrada
Resiliencia	77 % a 90 %	84 %

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 653 - 2022

Página : 1 de 4

Expediente : 152-2022
Fecha de Emisión : 2022-09-09

1. Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : ANILLO DE CARGA DE EQUIPO CORTE DIRECTO CD-1

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Marca de Prensa : SOILTEST
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : 1390
Código de Identificación : CD-1

Marca de Anillo : HUMBOLDT
Modelo de Anillo : H-4454
Serie de Anillo : 0103929
Capacidad del Anillo : 2,0 kN
Código de Identificación : AC-39

Marca del Dial : HUMBOLDT
Modelo del Dial : H4460
Serie del Dial : 153004550
Procedencia : USA
Código de Identificación : DF-39

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS FIC - UNI (ÁREA DE ENSAYOS ESPECIALES)
08 - SETIEMBRE - 2022

4. Método de Calibración
La calibración se realizó por el método de comparación del dial del anillo y la lectura de celda patrón.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,1	19,1
Humedad %	70	70

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 653 - 2022

Página : 2 de 4

TABLA N° 1

SISTEMA ANALÓGICO "A" DIVISIONES	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)			PROMEDIO "B" kgf
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	
50	20,00	20,00	20,00	20,00
100	40,00	40,00	40,00	40,00
150	59,50	59,50	59,50	59,50
200	79,50	79,50	79,50	79,50
250	99,00	99,00	98,50	98,83
300	118,50	118,50	118,50	118,50
350	138,00	138,00	138,00	138,00
400	157,50	157,50	157,50	157,50
450	177,00	177,50	177,50	177,33
500	197,00	197,50	197,50	197,33

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

Coefficiente Correlación: $R^2 = 1,0000$

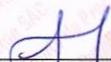
Ecuación de ajuste para valores en kgf : $y = 0,3930x + 0,5667$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (kgf)

Ecuación de ajuste para valores en lbf : $y = 0,8665x + 1,2493$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (lbf)




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN kgf

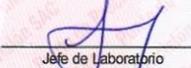
Página 3 de 4

Marca de Prensa Marca de Anillo Serie de Anillo Capacidad del Anillo	SOILTEST HUMBOLDT 0103929 2.0 kN	Marca del Dial Modelo del Dial Serie del Dial Código de Identificación	HUMBOLDT H4460 153004550 DF-39
---	---	---	---

$$y = 0,3930x + 0,5667$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en kgf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	4,50	4,89	5,28	5,68	6,07	6,46	6,85	7,25	7,64	8,03
20	8,43	8,82	9,21	9,61	10,00	10,39	10,78	11,18	11,57	11,96
30	12,36	12,75	13,14	13,54	13,93	14,32	14,71	15,11	15,50	15,89
40	16,29	16,68	17,07	17,47	17,86	18,25	18,64	19,04	19,43	19,82
50	20,22	20,61	21,00	21,40	21,79	22,18	22,57	22,97	23,36	23,75
60	24,15	24,54	24,93	25,33	25,72	26,11	26,50	26,90	27,29	27,68
70	28,08	28,47	28,86	29,26	29,65	30,04	30,43	30,83	31,22	31,61
80	32,01	32,40	32,79	33,19	33,58	33,97	34,36	34,76	35,15	35,54
90	35,94	36,33	36,72	37,12	37,51	37,90	38,29	38,69	39,08	39,47
100	39,87	40,26	40,65	41,05	41,44	41,83	42,22	42,62	43,01	43,40
110	43,80	44,19	44,58	44,98	45,37	45,76	46,15	46,55	46,94	47,33
120	47,73	48,12	48,51	48,91	49,30	49,69	50,08	50,48	50,87	51,26
130	51,66	52,05	52,44	52,84	53,23	53,62	54,01	54,41	54,80	55,19
140	55,59	55,98	56,37	56,77	57,16	57,55	57,94	58,34	58,73	59,12
150	59,52	59,91	60,30	60,70	61,09	61,48	61,87	62,27	62,66	63,05
160	63,45	63,84	64,23	64,63	65,02	65,41	65,80	66,20	66,59	66,98
170	67,38	67,77	68,16	68,56	68,95	69,34	69,73	70,13	70,52	70,91
180	71,31	71,70	72,09	72,49	72,88	73,27	73,66	74,06	74,45	74,84
190	75,24	75,63	76,02	76,42	76,81	77,20	77,59	77,99	78,38	78,77
200	79,17	79,56	79,95	80,35	80,74	81,13	81,52	81,92	82,31	82,70
210	83,10	83,49	83,88	84,28	84,67	85,06	85,45	85,85	86,24	86,63
220	87,03	87,42	87,81	88,21	88,60	88,99	89,38	89,78	90,17	90,56
230	90,96	91,35	91,74	92,14	92,53	92,92	93,31	93,71	94,10	94,49
240	94,89	95,28	95,67	96,07	96,46	96,85	97,24	97,64	98,03	98,42
250	98,82	99,21	99,60	100,00	100,39	100,78	101,17	101,57	101,96	102,35
260	102,75	103,14	103,53	103,93	104,32	104,71	105,10	105,50	105,89	106,28
270	106,68	107,07	107,46	107,86	108,25	108,64	109,03	109,43	109,82	110,21
280	110,61	111,00	111,39	111,79	112,18	112,57	112,96	113,36	113,75	114,14
290	114,54	114,93	115,32	115,72	116,11	116,50	116,89	117,29	117,68	118,07
300	118,47	118,86	119,25	119,65	120,04	120,43	120,82	121,22	121,61	122,00
310	122,40	122,79	123,18	123,58	123,97	124,36	124,75	125,15	125,54	125,93
320	126,33	126,72	127,11	127,51	127,90	128,29	128,68	129,08	129,47	129,86
330	130,26	130,65	131,04	131,44	131,83	132,22	132,61	133,01	133,40	133,79
340	134,19	134,58	134,97	135,37	135,76	136,15	136,54	136,94	137,33	137,72
350	138,12	138,51	138,90	139,30	139,69	140,08	140,47	140,87	141,26	141,65
360	142,05	142,44	142,83	143,23	143,62	144,01	144,40	144,80	145,19	145,58
370	145,98	146,37	146,76	147,16	147,55	147,94	148,33	148,73	149,12	149,51
380	149,91	150,30	150,69	151,09	151,48	151,87	152,26	152,66	153,05	153,44
390	153,84	154,23	154,62	155,02	155,41	155,80	156,19	156,59	156,98	157,37
400	157,77	158,16	158,55	158,95	159,34	159,73	160,12	160,52	160,91	161,30
410	161,70	162,09	162,48	162,88	163,27	163,66	164,05	164,45	164,84	165,23
420	165,63	166,02	166,41	166,81	167,20	167,59	167,98	168,38	168,77	169,16
430	169,56	169,95	170,34	170,74	171,13	171,52	171,91	172,31	172,70	173,09
440	173,49	173,88	174,27	174,67	175,06	175,45	175,84	176,24	176,63	177,02
450	177,42	177,81	178,20	178,60	178,99	179,38	179,77	180,17	180,56	180,95
460	181,35	181,74	182,13	182,53	182,92	183,31	183,70	184,10	184,49	184,88
470	185,28	185,67	186,06	186,46	186,85	187,24	187,63	188,03	188,42	188,81
480	189,21	189,60	189,99	190,39	190,78	191,17	191,56	191,96	192,35	192,74
490	193,14	193,53	193,92	194,32	194,71	195,10	195,49	195,89	196,28	196,67
500	197,07	197,46	197,85	198,25	198,64	199,03	199,42	199,82	200,21	200,60
510	201,00	201,39	201,78	202,18	202,57	202,96	203,35	203,75		




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN lbf

Pagina 4 de 4

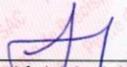
Marca de Prensa	SOILTEST	Marca del Dial	HUMBOLDT
Marca de Anillo	HUMBOLDT	Modelo del Dial	H4450
Serie de Anillo	0103929	Serie del Dial	153004550
Capacidad del Anillo	2.0 kN	Código de Identificación	DF-39

$y = 0,8665x + 1,2493$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en lbf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	66,93	74,36	81,78	89,21	96,64	104,06	111,49	118,92	126,34	133,77
20	141,20	148,63	156,05	163,48	170,91	178,33	185,76	193,19	200,61	208,04
30	215,47	222,90	230,32	237,75	245,18	252,60	260,03	267,46	274,88	282,31
40	289,74	297,17	304,59	312,02	319,45	326,87	334,30	341,73	349,15	356,58
50	364,01	371,44	378,86	386,29	393,72	401,14	408,57	416,00	423,42	430,85
60	438,28	445,71	453,13	460,56	467,99	475,41	482,84	490,27	497,69	505,12
70	512,55	519,98	527,40	534,83	542,26	549,68	557,11	564,54	571,96	579,39
80	586,82	594,25	601,67	609,10	616,53	623,95	631,38	638,81	646,23	653,66
90	661,09	668,52	675,94	683,37	690,80	698,22	705,65	713,08	720,50	727,93
100	735,36	742,79	750,21	757,64	765,07	772,49	779,92	787,35	794,77	802,20
110	809,63	817,06	824,48	831,91	839,34	846,76	854,19	861,62	869,04	876,47
120	883,90	891,33	898,75	906,18	913,61	921,03	928,46	935,89	943,31	950,74
130	958,17	965,60	973,02	980,45	987,88	995,30	1002,73	1010,16	1017,58	1025,01
140	1032,44	1039,87	1047,29	1054,72	1062,15	1069,57	1077,00	1084,43	1091,85	1099,28
150	1106,71	1114,14	1121,56	1128,99	1136,42	1143,84	1151,27	1158,70	1166,12	1173,55
160	1180,98	1188,41	1195,83	1203,26	1210,69	1218,11	1225,54	1232,97	1240,39	1247,82
170	1255,25	1262,68	1270,10	1277,53	1284,96	1292,38	1299,81	1307,24	1314,66	1322,09
180	1329,52	1336,95	1344,37	1351,80	1359,23	1366,65	1374,08	1381,51	1388,93	1396,36
190	1403,79	1411,22	1418,64	1426,07	1433,50	1440,92	1448,35	1455,78	1463,20	1470,63
200	1478,06	1485,49	1492,91	1500,34	1507,77	1515,19	1522,62	1530,05	1537,47	1544,90
210	1552,33	1559,76	1567,18	1574,61	1582,04	1589,46	1596,89	1604,32	1611,74	1619,17
220	1626,60	1634,03	1641,45	1648,88	1656,31	1663,73	1671,16	1678,59	1686,01	1693,44
230	1700,87	1708,30	1715,72	1723,15	1730,58	1738,00	1745,43	1752,86	1760,28	1767,71
240	1775,14	1782,57	1789,99	1797,42	1804,85	1812,27	1819,70	1827,13	1834,55	1841,98
250	1849,41	1856,84	1864,26	1871,69	1879,12	1886,54	1893,97	1901,40	1908,82	1916,25
260	1923,68	1931,11	1938,53	1945,96	1953,39	1960,81	1968,24	1975,67	1983,09	1990,52
270	1997,95	2005,38	2012,80	2020,23	2027,66	2035,08	2042,51	2049,94	2057,36	2064,79
280	2072,22	2079,65	2087,07	2094,50	2101,93	2109,35	2116,78	2124,21	2131,63	2139,06
290	2146,49	2153,92	2161,34	2168,77	2176,20	2183,62	2191,05	2198,48	2205,90	2213,33
300	2220,76	2228,19	2235,61	2243,04	2250,47	2257,89	2265,32	2272,75	2280,17	2287,60
310	2295,03	2302,46	2309,88	2317,31	2324,74	2332,16	2339,59	2347,02	2354,44	2361,87
320	2369,30	2376,73	2384,15	2391,58	2399,01	2406,43	2413,86	2421,29	2428,71	2436,14
330	2443,57	2451,00	2458,42	2465,85	2473,28	2480,70	2488,13	2495,56	2502,98	2510,41
340	2517,84	2525,27	2532,69	2540,12	2547,55	2554,97	2562,40	2569,83	2577,25	2584,68
350	2592,11	2599,54	2606,96	2614,39	2621,82	2629,24	2636,67	2644,10	2651,52	2658,95
360	2666,38	2673,81	2681,23	2688,66	2696,09	2703,51	2710,94	2718,37	2725,79	2733,22
370	2740,65	2748,08	2755,50	2762,93	2770,36	2777,78	2785,21	2792,64	2800,06	2807,49
380	2814,92	2822,35	2829,77	2837,20	2844,63	2852,05	2859,48	2866,91	2874,33	2881,76
390	2889,19	2896,62	2904,04	2911,47	2918,90	2926,32	2933,75	2941,18	2948,60	2956,03
400	2963,46	2970,89	2978,31	2985,74	2993,17	3000,59	3008,02	3015,45	3022,87	3030,30
410	3037,73	3045,16	3052,58	3060,01	3067,44	3074,86	3082,29	3089,72	3097,14	3104,57
420	3112,00	3119,43	3126,85	3134,28	3141,71	3149,13	3156,56	3163,99	3171,41	3178,84
430	3166,27	3173,70	3181,12	3188,55	3195,98	3203,40	3210,83	3218,26	3225,68	3233,11
440	3260,54	3267,97	3275,39	3282,82	3290,25	3297,67	3305,10	3312,53	3319,95	3327,38
450	3334,81	3342,24	3349,66	3357,09	3364,52	3371,94	3379,37	3386,80	3394,22	3401,65
460	3409,08	3416,51	3423,93	3431,36	3438,79	3446,21	3453,64	3461,07	3468,49	3475,92
470	3483,35	3490,78	3498,20	3505,63	3513,06	3520,48	3527,91	3535,34	3542,76	3550,19
480	3557,62	3565,05	3572,47	3579,90	3587,33	3594,75	3602,18	3609,61	3617,03	3624,46
490	3631,89	3639,32	3646,74	3654,17	3661,60	3669,02	3676,45	3683,88	3691,30	3698,73
500	3706,16	3713,59	3721,01	3728,44	3735,87	3743,29	3750,72	3758,15	3765,57	3773,00
510	3780,43	3787,86	3795,28	3802,71	3810,14	3817,56	3824,99	3832,42		

FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152831

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CDD-039-2022**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Ubicado en la Av. Circunvalación s/n. Mz.B Lt.1
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Tipo de dial : Dial Indicador de equipo de corte directo CD-1

Capacidad del dial : 1.0" (pulgada)

División de escala : 0,001" (pulgada)

Marca : SOILTEST

Modelo : no indica

Nº de serie del dial : no indica

Código : DF - 6

Procedencia : USA

Método de calibración : Procedimiento de calibración de comparadores de cuadrante (usando
bloques) - PC 014 - Indecopi - segunda edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 24,3°C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 24,4°C / 68%

Patrones de referencia : Patrones utilizados marca MITUTOYO bloque de 0,1" 080775 con certificado
Nº LLA-070-2022, bloque de 0,2" 090572 con certificado Nº LLA-069-2022,
bloque de 0.2" 090547 con certificado Nº LLA-071-2022, bloque de 0,5"
080141 con informe Nº LLA-068-2022 Grado 0 con Trazabilidad INACAL.

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-12-27

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-12-30	 Vladimir Jello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JIRAJÁ INGENIERO CIVIL Reg. del CIP Nº 34265

RESULTADOS DE MEDICIÓN

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN (pulg.)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (%)
0,1000	0,1003	0,0003	0,3
0,2000	0,2003	0,0003	0,1
0,3000	0,3006	0,0006	0,2
0,4000	0,4006	0,0006	0,1
0,5000	0,5003	0,0003	0,1
0,6000	0,6000	0,0000	0,0
0,7000	0,7000	0,0000	0,0
0,8000	0,8003	0,0003	0,0
0,9000	0,9000	0,0000	0,0
1,0000	1,0002	0,0002	0,0

Alcance del error de indicación (f_e) : 0,0006 pulg.

Incertidumbre del error de indicación : $\pm 0,0003$ pulg. (para $k = 2$)

ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

VALOR PATRÓN (pulg.)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (%)
0,4000	0,4005	0,0005	0,1
	0,4005	0,0005	0,1
	0,4005	0,0005	0,1
	0,4005	0,0005	0,1
	0,4005	0,0005	0,1

Error de repetibilidad (f_w) : 0,0000 pulg.

Incertidumbre del error de indicación : $\pm 0,0003$ pulg. (para $k = 2$)

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



Anexo 10. Boleta de ensayos de laboratorio (doc. que sustente)

CORMAX LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO S.A.C.
 MZA. Q' LOTE. 14 AGRUPACION PACHACAMAC SEC PRO EL OVALO LAS
 PALOMAS
 VILLA EL SALVADOR - LIMA - LIMA

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
RUC: 20605400338
EB01-5

Fecha de Vencimiento :
 Fecha de Emisión : **30/09/2023**
 Señor(es) : **JORGE BLADIMIR DE PAZ**
 : **CONTRERAS**
 DNI : **71959657**
 Dirección del Cliente : **AV. 2006 URB. LA LIBERTAD MZA. S/N**
 : **LOTE. S/N LIMA-LIMA-COMAS**
 Tipo de Moneda : **SOLES**
 Observación :

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS , PROYECTO : COMPORTAMIENTO SISMICO EN EDIFICACIONES - SMP	1,779.6610	0.00	2,100.00001	0.00
Otros Cargos :						S/ 0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/2,100.00

SON: UN MIL NOVECIENTOS Y 00/100 SOLES

(*) Sin impuestos.
 (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Op. Gravada :	S/ 1,779.66
Op. Exonerada :	S/ 0.00
Op. Inafecta :	S/ 0.00
ISC :	S/ 0.00
IGV :	S/ 320.34
ICBPER :	S/ 0.00
Otros Cargos :	S/ 0.00
Otros Tributos :	S/ 0.00
Monto de Redondeo :	S/ 0.00
Importe Total :	S/ 2,100.00

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.

Anexo 11. Licencia del software ETABS

