

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAUTISTA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE
AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO**

2023

TESIS

PRESENTADA POR BACHILLER(ES)

HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS

QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO

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

CHINCHA - PERÚ

2025

ASESOR:

MAG. ALVAREZ RUFRAN JORGE ENRIQUE
ORCID 0000-0002-5321-8500

TESISTAS:

HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS
ORCID 0009-0006-8431-0269

QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO
ORCID 0009-0003-5681-269

LÍNEA DE INVESTIGACION:
GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRE

AGRADECIMIENTO

José Luis Huari Sandoval: En primer lugar, agradecer a la Universidad Privada San Juan Bautista y la Facultad de Ingeniería Civil por haberme recibido en su hogar de estudios para formarme como profesional. También agradecer a nuestro asesor por brindarnos la ayuda de poder culminar este trabajo de investigación. De igual forma, agradezco a mi familia por todo su apoyo brindado a lo largo de esta etapa académica.

Jean Pool Rodrigo Quispe Oré: Agradezco a mis familiares, por apoyarme en estos 5 años de estudio, especialmente quiero agradecer a mis padres y hermanos que siempre estuvieron conmigo dándome sus palabras de apoyo. Así también, agradezco al docente del curso por habernos brindado las pautas y guía necesaria para culminar con esta investigación.

DEDICATORIA

José Luis Huari Sandoval: Dedico esta tesis a mis padres y hermano que estuvieron apoyándome en todo lo posible para poder concluir mi carrera profesional, donde ellos fueron un gran apoyo durante todo el tiempo que realice mis estudios. También quiero agradecer a los docentes que depositaron su esperanza en mi gracias a ellos pude realizar mi tesis.

Jean Pool Rodrigo Quispe Oré: La presente tesis tiene una dedicación muy especial para mi querida Madre María, quien ha sido mi principal fuente de apoyo, guía y fortaleza en momentos difíciles durante toda mi vida, su amor incondicional y su incansable dedicación por mi bienestar han sido una fuente de inspiración constante, lo que me ha impulsado a alcanzar mis metas y a superar cualquier obstáculo que se haya presentado en mi camino. Asimismo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi padre Daniel, por su apoyo incondicional y los valiosos consejos que me ha brindado en mi formación profesional. Su ejemplo como padre y como profesional ha sido una gran motivación para mi desarrollo y crecimiento personal. Por último, no puedo dejar de mencionar a mis queridas hermanas, quienes siempre han estado ahí para brindarme su constante apoyo y orientación en mi carrera profesional. Su apoyo ha sido fundamental en mi formación y en la consecución de mis objetivos.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la vulnerabilidad estructural del hospital ante eventos sísmicos mediante el uso de disipadores Shear Link Bozzo, conjuntamente con aisladores y concreto reforzado con 3% de conchas de abanico. La investigación realiza un análisis detallado del comportamiento de la estructura bajo cargas sísmicas con y sin la incorporación de estos dispositivos, demostrando que su implementación tiene un impacto sustancial en la reducción de los desplazamientos laterales y las distorsiones en el escenario 2 respecto al escenario 1. Por otra parte, en el escenario 3 se presentaron mayores desplazamientos y distorsiones, sin embargo, esto no afectó su adecuado desempeño sísmico. El uso de disipadores Shear Link Bozzo incrementa la rigidez lateral de la estructura, mientras que la implementación de aisladores y disipadores reduce la rigidez entre un 60% a 80% conforme a cada nivel diferenciadamente, volviéndose así más flexible. Cabe detallar que, en el escenario 3 se obtuvo derivas cercanas al permisible, mostrándose un comportamiento idóneo de la estructura, dado que una lejanía considerable de las distorsiones respecto al límite, no sugiere un mejor comportamiento, dado que se requiere un equilibrio entre la rigidez y ductilidad, para de esta manera lograr un desempeño y comportamiento adecuado ante cargas sísmicas considerables. Por consiguiente, se precisa que la implementación de disipadores, aisladores y concreto mejorado contribuye a obtener seguridad estructural y la capacidad de respuesta operativa del hospital en situaciones sísmicas, garantizando su continuidad un aspecto fundamental para la atención de emergencias post-sismo.

Palabras clave: Disipadores SLB, aisladores HDRB, concreto con conchas de abanico, análisis sísmico y vulnerabilidad sísmica.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the structural vulnerability of the hospital to seismic events through the use of Shear Link Bozzo dissipators, together with isolators and reinforced concrete with 3% fan shells. The research performs a detailed analysis of the behavior of the structure under seismic loads with and without the incorporation of these devices, demonstrating that their implementation has a substantial impact on the reduction of lateral displacements and distortions in scenario 2 compared to scenario 1. On the other hand, in scenario 3, greater displacements and distortions were presented, however, this did not affect its adequate seismic performance. The use of Shear Link Bozzo dissipators increases the lateral stiffness of the structure, while the implementation of isolators and dissipators reduces the stiffness between 60% and 80% according to each level differently, thus becoming more flexible. It should be noted that in scenario 3, drifts close to the permissible were obtained, showing an ideal behavior of the structure, given that a considerable distance of the distortions with respect to the limit does not suggest a better behavior, since a balance between rigidity and ductility is required, in order to achieve adequate performance and behavior under considerable seismic loads. Therefore, it is specified that the implementation of dissipators, isolators and improved concrete contributes to obtaining structural safety and the operational response capacity of the hospital in seismic situations, guaranteeing its continuity, a fundamental aspect for post-earthquake emergency care.

Key words: SLB dissipators, HDRB isolators, fan-shell concrete, seismic analysis and seismic vulnerability.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación consta de dos variables; variable independiente: Disipadores de energía sísmicos SLB, y variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho. Con base en estas variables, el proyecto se enfoca en el análisis de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho, con énfasis en la implementación de disipadores de fluencia metálicos tipo SLB y aisladores HDRB como medida de mejora estructural. En un contexto donde los sismos constituyen una amenaza constante en muchas regiones del mundo, especialmente en países ubicados en el cinturón de fuego del Pacífico, como Perú, garantizar la estabilidad y la operatividad de infraestructuras críticas, como los hospitales, se vuelve fundamental. La protección de estas edificaciones no solo tiene implicaciones para la seguridad estructural, sino que también afecta la capacidad de respuesta ante emergencias posteriores a un evento sísmico, lo que convierte a este tipo de investigaciones en una prioridad tanto para el ámbito académico como para la ingeniería aplicada (Pérez y Torres, 2021).

El Hospital Regional de Ayacucho, como una de las principales infraestructuras de salud en la región, desempeña un papel vital en la atención médica, tanto en situaciones cotidianas como en emergencias. Debido a su ubicación geográfica, Ayacucho es susceptible a la actividad sísmica, lo que pone en riesgo la integridad de sus edificaciones, incluidas las instalaciones del hospital. Este riesgo no solo afecta la seguridad de los ocupantes, sino que también compromete la continuidad de los servicios médicos en situaciones de desastre. En este contexto, el análisis de la vulnerabilidad sísmica de dicho hospital se presenta como una necesidad urgente para asegurar que este tipo de infraestructuras puedan resistir y seguir operando de manera efectiva después de un evento sísmico. La investigación se estructura entorno a objetivos claros y específicos, en las que se incluye una propuesta complementaria que sugiere el uso de una mezcla de concreto optimizada con conchas de abanico, explorándose el potencial de los materiales locales y sostenibles para mejorar las propiedades del concreto en estructuras ubicadas en zonas sísmicas. Al combinar esta propuesta con la implementación de disipadores de energía, se plantea una estrategia integral que no solo refuerza la seguridad

estructural del hospital, sino que también fomenta la utilización de recursos locales y sostenibles en el campo de la construcción.

El presente estudio se enmarca en una línea de investigación aplicada, cuyo propósito es generar soluciones concretas y factibles para la mejora de la infraestructura crítica en áreas sísmicamente activas. Así mismo, se basa en un enfoque cuantitativo y de nivel explicativo, buscándose describir las causas y efectos de los resultados. Como población se ha planteado al Hospital Regional de Ayacucho, lo que implica que la población es unitaria, por lo cual la muestra es igual a la población. Para el análisis y detalle de los resultados se ha empleado la estadística descriptiva e inferencial.

El proyecto presenta los siguientes capítulos:

I: EL PROBLEMA: Abarca el planteamiento y formulación del problema, justificación, delimitación del área de estudio, limitaciones de la investigación, objetivos y propósito de la investigación.

II: MARCO TEÓRICO: Incluye los antecedentes bibliográficos, la base teórica, el marco conceptual, así como las hipótesis, variables y la definición operacional.

III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: Abarca el diseño metodológico, la población y muestra, la técnica e instrumentos de recolección de datos, procesamiento y análisis de los mismos y aspectos éticos.

IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: Muestra los resultados, la contrastación de las hipótesis, la discusión de los resultados, los puntos débiles y fuertes de la metodología aplicada y la relevancia de la tesis acorde al contexto científico social en la que se está desarrollando.

V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Precisa las conclusiones y recomendaciones a las que se ha logrado llegar en el proyecto.

Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas y los anexos.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
ASESOR Y TESISISTAS	ii
LÍNEA DE INVESTIGACION:	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	viii
ÍNDICE	x
INFORME ANTIPLAGIO	xii
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE GRÁFICOS	xv
LISTA DE ANEXOS	xvi
CAPITULO I: EL PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 GENERAL	3
1.2.2 ESPECÍFICOS	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
1.4.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	6
1.4.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL	7
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.6 OBJETIVOS	8
1.6.1 GENERAL	8
1.6.2 ESPECÍFICOS	8
1.7 PROPÓSITO	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	10
2.2 BASE TEÓRICA	20
2.3 MARCO CONCEPTUAL	29

2.4 HIPÓTESIS.....	32
2.4.1 GENERAL.....	32
2.4.2 ESPECÍFICAS	32
2.5 VARIABLES.....	32
2.6 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE TÉRMINOS	33
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO.....	38
3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	39
3.2.1 POBLACIÓN.....	39
3.2.2 MUESTRA	39
3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
3.4 DISEÑO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	40
3.6 ASPECTOS ÉTICOS	41
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	42
4.1 RESULTADOS	42
4.2 DISCUSIÓN.....	88
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1 CONCLUSIONES	93
5.2 RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	107

INFORME ANTIPLAGIO

TESIS_ ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023_HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS & QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.upsjb.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Privada San Juan Bautista Trabajo del estudiante	<1%
7	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%



UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAUTISTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERIAS

INFORME DE VERIFICACIÓN DE SOFTWARE ANTIPLAGIO

FECHA: 11/03/2025

NOMBRE DEL AUTOR (A)/ ASESOR (A):

Huari Sandoval, José Luis / Álvarez Ruffran, Jorge Enrique

Quispe Oré, Jean Pool Rodrigo

TIPO DE PROINVESTIGACIÓN:

- PROYECTO ()
- TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ()
- TESIS (x)
- TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()
- ARTICULO ()
- OTROS ()

INFORMO SER PROPIETARIO (A) DE LA INVESTIGACIÓN VERIFICADA POR EL SOFTWARE ANTIPLAGIO TURNITIN, EL MISMO TIENE EL SIGUIENTE TÍTULO: "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023".

CULMINADA LA VERIFICACIÓN SE OBTUVO EL SIGUIENTE PORCENTAJE: 20 %

Conformidad Autor:

Nombre: Huari Sandoval, José Luis

DNI: 76029150

Huella:

Conformidad Asesor:

Nombre: Álvarez Ruffrán, Jorge Enrique

DNI: 71194521

Conformidad Autor:

Nombre: Quispe Oré, Jean Pool Rodrigo

DNI: 71469819

Huella:

GYT-FR-64

V.1

14/02/2020

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de objetivos de desempeño sísmico.....	23
Tabla 2. Distorsiones globales máximas asociadas a niveles de desempeño	24
Tabla 3. Datos de la V.I. (1)	33
Tabla 4. Datos de la V.I. (2)	35
Tabla 5. Datos de la V.D.	35
Tabla 6. Niveles de vulnerabilidad	42
Tabla 7. Compresión (7 días).....	47
Tabla 8. Compresión (14 días).....	49
Tabla 9. Compresión (28 días).....	50
Tabla 10. Parámetros para el cálculo (Patrón)	52
Tabla 11. Módulo de elasticidad (Patrón).....	53
Tabla 12. Parámetros para el cálculo (3% conchas de abanico).....	54
Tabla 13. Módulo de elasticidad (3% conchas de abanico).....	55
Tabla 14. Cortante basal (X e Y)	56
Tabla 15. Rigidez de entrepiso Eje X	58
Tabla 16. Rigidez de entrepiso Eje Y	59
Tabla 17. Desplazamiento en X	61
Tabla 18. Desplazamiento en Y	62
Tabla 19. Cortante dinámico (X e Y)	64
Tabla 20. Derivas en X.....	66
Tabla 21. Derivas en Y	68
Tabla 22. Prueba de normalidad – Compresión 28 días (SPSS)	83
Tabla 23. Prueba ANOVA – Compresión 28 días (SPSS)	84
Tabla 24. Prueba de normalidad – Desplazamientos laterales (SPSS)	85
Tabla 25. Prueba Kruskal-Wallis Desplazamientos (SPSS)	86
Tabla 26. Prueba de normalidad – Derivas de entrepiso (SPSS)	86
Tabla 27. Prueba Kruskal-Wallis Derivas (SPSS).....	87

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1. Ubicación del departamento de Ayacucho.	7
Figura 2. Disipadores de energía SLB y la forma de montaje.	26
Figura 3. Comportamiento de la resistencia compresión (7 días).....	48
Figura 4. Comportamiento de la resistencia compresión (14 días).....	49
Figura 5. Comportamiento de la resistencia compresión (28 días).....	51
Figura 6. Módulo de elasticidad (Patrón)	53
Figura 7. Módulo de elasticidad (3% conchas de abanico)	55
Figura 8. Cortante estática (dirección X e Y).....	57
Figura 9. Rigidez de entrepiso eje X.	58
Figura 10. Rigidez de entrepiso eje Y.	59
Figura 11. Desplazamientos eje X.....	61
Figura 12. Desplazamientos eje Y.....	63
Figura 13. Cortante dinámica (dirección X e Y).....	65
Figura 14. Distorsiones eje X.....	67
Figura 15. Distorsiones eje Y.....	69
Figura 16. Curva de capacidad Eje X (Escenario 1).....	71
Figura 17. Punto de desempeño – Eje X (Escenario 1).	72
Figura 18. Curva de capacidad Eje Y (Escenario 1).....	73
Figura 19. Punto de desempeño – Eje Y (Escenario 1).	74
Figura 20. Curva de capacidad Eje X (Escenario 2).....	75
Figura 21. Punto de desempeño – Eje X (Escenario 2).	76
Figura 22. Curva de capacidad Eje Y (Escenario 2).....	77
Figura 23. Punto de desempeño – Eje Y (Escenario 2).	78
Figura 24. Curva de capacidad Eje X (Escenario 3).....	79
Figura 25. Punto de desempeño – Eje X (Escenario 3).	80
Figura 26. Curva de capacidad Eje Y (Escenario 3).....	81
Figura 27. Punto de desempeño – Eje Y (Escenario 3).	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Cuadros de operacionalización de variables	107
Anexo 2: Matriz de consistencia	110
Anexo 3: Técnicas de instrumentos de recolección de datos	113
Anexo 4: Certificados de laboratorio.....	114
Anexo 5: Panel fotográfico	144
Anexo 6: Planos de la estructura.....	176
Anexo 7: Modelamiento estructural.....	178
Anexo 8: Diseño de los disipadores y aisladores.....	184
Anexo 9: Análisis sísmico estático y dinámico	217

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El cinturón de fuego del pacífico es una de las zonas de mayor actividad tectónica del mundo, especialmente aquella zona comprendida en el litoral del continente americano. Uno de los terremotos más devastadores de la historia ocurrió en Chile en 2010, este terremoto fue uno de los más poderosos registrados en la historia y tuvo un impacto significativo en la economía chilena. Se estima que los daños totales causados por el terremoto ascendieron a unos 30 mil millones de dólares (Guerra y Ichaso, 2024).

La vulnerabilidad sísmica en hospitales es una preocupación crítica a nivel mundial, dada la función esencial que estos centros de salud desempeñan durante y después de un evento sísmico (Martínez y Pérez, 2021). En particular, el Hospital Regional de Ayacucho, ubicado en una zona sísmicamente activa en el Perú, enfrenta riesgos inherentes a su infraestructura ante posibles sismos de gran magnitud. Este hospital, que es uno de los principales centros de atención médica en la región, debe estar preparado para brindar servicios de emergencia en situaciones críticas, lo que implica la necesidad de garantizar la integridad estructural de sus instalaciones.

La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones hospitalarias está directamente relacionada con su capacidad para resistir y amortiguar las fuerzas generadas por un terremoto, sin comprometer la seguridad del personal, pacientes ni la continuidad de los servicios (Rueda y Rodríguez, 2020). En este contexto, es fundamental estudiar y evaluar el uso de dispositivos de control de vibraciones, como los disipadores de fluencia SLB, aislación sísmica o concreto reforzado, los cuales han demostrado ser una solución eficiente para reducir los efectos de las cargas sísmicas en estructuras vulnerables.

A nivel global, se han realizado estudios que evidencian la importancia de incorporar tecnologías de disipación de energía sísmica en edificios esenciales, como hospitales, con el fin de minimizar los daños estructurales y evitar la pérdida de vidas humanas. Según investigaciones recientes en países con alta actividad sísmica,

como Japón, Chile y Estados Unidos, el uso de disipadores ha sido clave en la mejora de la resistencia sísmica de infraestructuras críticas (Rodríguez et al., 2020). Estos dispositivos no solo ayudan a reducir el movimiento de la estructura durante un sismo, sino que también mejoran la durabilidad y el rendimiento de las edificaciones frente a eventos sísmicos repetitivos (Kim y Lee, 2021).

En el ámbito nacional, el Perú presenta una situación geológica y sísmica que lo posiciona como uno de los países más vulnerables a terremotos devastadores. La interacción entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana genera terremotos frecuentes y de gran magnitud, especialmente en la región costera del país (Uceda, 2019). La región de Ayacucho, al igual que muchas otras zonas del país, se encuentra en una falla sísmica activa, lo que aumenta la probabilidad de un terremoto significativo en el futuro cercano. Aunque existen normativas y regulaciones de construcción sísmica, la implementación de tecnologías como los disipadores de fluencia SLB aún es incipiente y no se ha evaluado a fondo en el contexto de infraestructuras hospitalarias. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho, considerando la aplicabilidad y efectividad de los disipadores SLB como una medida preventiva frente a desastres naturales.

En el nivel local, el Hospital Regional de Ayacucho, debido a su importancia como centro de salud de referencia para la región, debe estar en condiciones óptimas para responder a emergencias sísmicas. A pesar de contar con una estructura que sigue normativas de resistencia sísmica, la evaluación de su vulnerabilidad en términos específicos y su comparación con modelos de intervención innovadores como los disipadores de fluencia no ha sido realizada. Este vacío de información y evaluación pone en riesgo la capacidad del hospital para operar eficazmente durante una crisis sísmica, lo que justifica la necesidad urgente de realizar un estudio sobre su vulnerabilidad sísmica y la viabilidad de implementar tecnologías de disipación.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho y evaluar el potencial uso de disipadores de fluencia SLB como una alternativa viable para mejorar su resistencia sísmica. Este análisis contribuirá a la formulación de políticas y

estrategias de intervención para la mejora de la infraestructura hospitalaria en la región, a la vez que proporcionará información relevante para futuras investigaciones en el área de la ingeniería sísmica aplicada a edificios críticos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 GENERAL

¿Qué nivel de vulnerabilidad sísmica presenta el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico, Ayacucho 2023?

1.2.2 ESPECÍFICOS

1. ¿Qué impacto tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, Ayacucho 2023?
2. ¿Qué impacto tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023?
3. ¿Qué impacto tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en las distorsiones de entrepiso del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023?
4. ¿Cuál es la serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho incorporando disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico con respecto a las características base del Hospital Regional de Ayacucho?

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La justificación social para la investigación propuesta se fundamenta en la importancia del Hospital Regional de Ayacucho como un centro de atención médica crucial para la salud y bienestar de la comunidad local. Además, la región de Ayacucho, al igual que muchas zonas del Perú, se encuentra en una zona sísmica activa y con un alto riesgo de sufrir terremotos.

La vulnerabilidad sísmica del hospital representa una amenaza a la seguridad de la población que depende de sus servicios médicos en caso de un sismo de gran magnitud. Por lo tanto, es fundamental analizar su capacidad estructural y su comportamiento sísmico ante eventos de alta intensidad, a fin de garantizar la continuidad de los servicios médicos y la seguridad de los pacientes, el personal médico y la comunidad en general.

En este sentido, la investigación propone el uso de disipadores de fluencia tipo Shear Link Bozzo (SLB) como una posible solución para mejorar la resistencia sísmica del hospital y reducir su vulnerabilidad. Los resultados de esta investigación pueden tener un impacto significativo en la seguridad y bienestar de la comunidad local al asegurar la capacidad del hospital de continuar brindando servicios médicos cruciales durante y después de un terremoto. Además, los hallazgos de esta investigación pueden ser relevantes para el diseño y construcción de otras estructuras críticas en zonas sísmicas del país.

1.3.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La justificación teórica del trabajo propuesto se basa en la importancia de desarrollar nuevas estrategias para proteger las estructuras de los edificios y minimizar los riesgos de daño en caso de eventos sísmicos.

El uso de disipadores de fluencia SLB es una técnica innovadora que ha demostrado ser efectiva para reducir la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Sin embargo, su aplicación en edificios de uso público, como hospitales, es limitada debido a la falta de estudios que evalúen su eficacia en este tipo de edificios.

En este sentido, la investigación busca llenar esta brecha en el conocimiento, realizando un análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho, y evaluando el uso de disipadores de fluencia SLB como una estrategia para mejorar su resistencia sísmica.

La justificación teórica de esta investigación radica en la necesidad de ampliar la comprensión del comportamiento sísmico de los edificios de uso público, en particular los hospitales, y en la importancia de desarrollar nuevas estrategias de protección

para minimizar los riesgos de daño en caso de terremotos. Al contribuir a este conocimiento, la investigación puede tener un impacto significativo en la seguridad de las personas que utilizan el Hospital Regional de Ayacucho, así como en la comunidad en general.

1.3.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La justificación metodológica para la presente investigación se basa en la necesidad de evaluar y mejorar la seguridad sísmica de una importante infraestructura hospitalaria ubicada en una zona de alta sismicidad. En este sentido, se plantea la necesidad de llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad sísmica del hospital, con el fin de identificar las posibles deficiencias estructurales y determinar la capacidad de resistencia ante posibles eventos sísmicos. Además, se pretende evaluar el uso de disipadores de energía SLB como una medida efectiva para reducir la demanda sísmica y mejorar la capacidad de disipación de energía en el edificio.

La metodología propuesta para llevar a cabo esta investigación incluirá la recopilación de información geotécnica y de diseño estructural del hospital, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica utilizando métodos analíticos y numéricos, la identificación de las zonas más vulnerables y la propuesta de medidas de mejora, incluyendo el diseño y simulación de la incorporación de disipadores de energía SLB. En resumen, la justificación de la metodología propuesta radica en la necesidad de mejorar la seguridad sísmica de una infraestructura crítica, como lo es un hospital, a través de la aplicación de técnicas avanzadas de análisis estructural y la incorporación de tecnologías innovadoras como los disipadores de energía SLB.

1.3.4 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El reforzamiento estructural es una técnica que permite mejorar la resistencia y ductilidad de una estructura ante cargas y eventos sísmicos. En el contexto de edificaciones esenciales, la importancia de asegurar su seguridad y continuidad de funcionamiento es crítica. Es por eso que una investigación que aborde la utilización de disipadores de energía en este tipo de refuerzos estructurales resulta altamente justificable.

Los disipadores de energía son sistemas que permiten reducir la energía cinética de un evento sísmico al absorber y disipar la energía en forma de calor a través de

procesos de deformación controlada. Estos sistemas son ampliamente utilizados en el refuerzo estructural de puentes, puentes colgantes, edificios y otros tipos de estructuras, debido a su eficacia en reducir las solicitaciones y deformaciones inducidas por los eventos sísmicos.

El uso de disipadores de energía en el reforzamiento estructural de edificaciones esenciales, además de mejorar su resistencia sísmica, permite lograr una reducción en la magnitud de las deformaciones, lo que, a su vez, reduce el riesgo de colapso y daño en elementos no estructurales. Asimismo, estos sistemas son discretos y no requieren de espacio adicional en la estructura, lo que resulta atractivo en edificaciones con limitaciones de espacio.

Por estas razones, una investigación que evalúe el uso de disipadores de energía en el reforzamiento estructural de edificaciones esenciales, permitiría aportar importantes conocimientos y mejorar las prácticas en la mitigación de la vulnerabilidad sísmica en el Perú. Esta investigación permitiría conocer los resultados específicos y limitaciones de esta técnica en este tipo de edificaciones, así como identificar su efectividad y viabilidad a largo plazo.

1.4 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.4.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

El presente trabajo de investigación se desarrolla dentro del departamento de Ayacucho, específicamente, dentro del distrito de Ayacucho, por lo que espacialmente está limitada por esta circunscripción.



Figura 1. Ubicación del departamento de Ayacucho.

Fuente: SINIA (2012).

1.4.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Esta investigación se realizó entre el mes de octubre del año 2023 y noviembre del año 2024.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Metodológicas: Se presenta la baja cantidad de antecedentes que hayan analizado la incorporación de un concreto mejorado con conchas de abanico, así como la implementación de disipadores y aislación sísmica en una estructura de categoría A, como lo es un hospital. A ello, se le suma que, el uso de disipadores de energía y aislación sísmica, como cualquier técnica de refuerzo estructural, presenta ciertas limitantes que deben ser considerados en su aplicación. Uno de los principales aspectos es la compatibilidad de los disipadores de energía con las estructuras

existentes. Es necesario asegurarse de que la adición de los disipadores no afecte negativamente la capacidad portante de la estructura, ni altere sus características originales. Además, pueden surgir problemas de integración en las conexiones con el sistema estructural existente.

Del investigador: Como estudiantes e investigadores, se ha tenido un limitado acceso a información de categoría significativa, tales como datos de espectros sísmicos para generar la simulación de sismos que puedan afectar a la estructura en un periodo de retorno específico. Así mismo, se ha presentado percances con el tiempo para la realización del proyecto, precisamente por la complejidad y vasto análisis que se debe realizar para plantear información detallada y confiable.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 GENERAL

Evaluar la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico, Ayacucho 2023.

1.6.2 ESPECÍFICOS

1. Establecer el impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, Ayacucho 2023.
2. Determinar el impacto que tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023.
3. Establecer el efecto que tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en las distorsiones de entrepiso del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023.
4. Determinar la serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho incorporando disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico con respecto a las características base del Hospital Regional de Ayacucho.

1.7 PROPÓSITO

La investigación que se ha realizado es de suma importancia para la sociedad, ya que busca mejorar la seguridad de las edificaciones esenciales ante la acción de sismos de moderada a elevada intensidad. La construcción de estas edificaciones debe cumplir con normas y estándares para garantizar su resistencia y rigidez ante eventos sísmicos, sin embargo, en muchos casos estos estándares no son cumplidos y la sociedad se ve expuesta a riesgos innecesarios.

Por esta razón, la presente investigación se centra en utilizar disipadores de energía SLB como método de reforzamiento para incrementar tanto la resistencia como la rigidez lateral de las estructuras de concreto armado esenciales. Estos dispositivos permiten disipar la energía generada por un terremoto, reduciendo las fuerzas internas y externas que actúan sobre la estructura y mejorando su comportamiento en caso de un sismo.

Además, el uso de disipadores de energía SLB es un método económico y eficiente para mejorar la seguridad sísmica de las estructuras, lo que se traduce en una reducción de los costos de construcción y reparación en caso de un sismo.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En su investigación titulada "Influencia Estructural de Disipadores SLB para Muros Desacoplados en Estructuras de Concreto Armado y Arriostramientos en Estructuras Metálicas", Brito, Terán y Guerrero (2022), analizaron el comportamiento sismorresistente de estructuras que utilizan disipadores de energía Shear Link Bozzo (SLB), comparándolo con métodos constructivos tradicionales en concreto armado y estructuras metálicas. Mediante un análisis comparativo no lineal tiempo-historia con tres eventos sísmicos representativos del Ecuador, modelaron y simularon ocho estructuras, cuatro en concreto armado y cuatro en estructura metálica, con y sin disipadores SLB. Los resultados indicaron que los disipadores SLB redujeron significativamente las características fundamentales de las estructuras, en particular, el cortante máximo de piso, con una disminución mayor al 75% en ambos casos. Además, las estructuras con disipadores SLB mostraron un mejor comportamiento sismorresistente en comparación con las estructuras de métodos constructivos tradicionales, en términos de desplazamiento, aceleración y respuesta de la estructura. En conclusión, la implementación de disipadores de energía Shear Link Bozzo (SLB) en estructuras sismorresistentes puede mejorar su comportamiento ante eventos sísmicos, reduciendo el cortante máximo de piso. Por lo tanto, se recomienda su uso en la construcción de edificios en zonas sísmicas para asegurar la seguridad de los ocupantes y la integridad de la estructura. La investigación destaca la relevancia del estudio de disipadores SLB en la resistencia sísmica de estructuras, ofreciendo resultados valiosos para la toma de decisiones en la construcción de edificios en áreas sísmicas.

Ciliento et al. (2020), examinó tres procedimientos distintos para definir dispositivos de histéresis metálicas en la estructura de un edificio ubicado en una zona sísmica alta en Puerto Vallarta, México. Los métodos podían aplicarse manualmente o mediante un software específico en Visual Basic para automatizar el proceso. Los procedimientos comparados fueron el método iterativo "directo", el diseño basado en desplazamiento y el método iterativo "inverso". El método iterativo "directo" fue

descartado por generar amortiguadores excesivamente grandes y paredes de soporte inaceptablemente gruesas. El diseño basado en desplazamiento resultó ser más económico, pero los métodos inverso o directo fueron más efectivos para reducir la deriva entre niveles. El método iterativo "inverso" se consideró el más adecuado, ya que aseguraba un mejor comportamiento estructural, paredes desacopladas de espesor aceptable y menor tiempo de cálculo. A pesar de su naturaleza iterativa y potencialmente prolongada, este método fue preferido debido a sus ventajas mencionadas. En conclusión, el estudio de Ciliento et al. aporta información valiosa para la implementación de dispositivos histéresis metálicos en estructuras de edificios, ofreciendo opciones que se adaptan a diferentes objetivos de diseño y restricciones arquitectónicas y económicas. El método iterativo "inverso" se considera el enfoque más apropiado y realista, permitiendo una mejor comprensión del comportamiento sísmico de las estructuras y, en última instancia, una construcción más segura y confiable.

La investigación de Pantoja et al. (2020), analizó la correlación experimental y numérica en una estructura de hormigón prefabricado de dos grados de libertad con dispositivos SLB. Los análisis dinámicos no lineales se usaron para simular la respuesta sísmica del modelo en la mesa vibratoria, equipada con LVDT y acelerómetros. Durante las doce fases de prueba, los dispositivos SLB demostraron ser altamente efectivos para disipar la energía sísmica y mantener los elementos estructurales en el rango lineal-elástico sin sufrir daños significativos. A pesar de que los dispositivos cedieron en la primera fase, no requirieron reemplazo posterior, siempre que no se excedieran ciertos límites. Los resultados experimentales se compararon con los numéricos utilizando el modelo histerético simple de Wen y el análisis tiempo-historia no lineal, encontrando un buen acuerdo entre ambos, aunque con algunas diferencias en aceleración y desplazamiento máximo en algunas fases. En conclusión, los dispositivos SLB mejoran la resistencia sísmica de las estructuras de hormigón prefabricado. No obstante, se sugiere realizar ensayos a mayor escala debido a las limitaciones de la mesa vibratoria empleada en el estudio, para comprender mejor el rendimiento de los dispositivos SLB en situaciones reales de terremotos.

El estudio realizado por Pantoja et al. (2020), exploró diversos factores que influyen en el rendimiento de las conexiones SLB con el objetivo de ofrecer opciones para mejorar su efectividad. Los resultados indicaron que la capacidad de carga de las conexiones SLB está significativamente influenciada por variables como la altura total, la altura disipativa, el ancho y el grosor disipativo. Se determinó que incrementar la altura total de las conexiones SLB conduce a un rendimiento reducido, mientras que las conexiones SLB compactas muestran un mejor desempeño, dependiendo del desplazamiento disipativo máximo. Los dispositivos más altos presentan mayor flexibilidad y generan desplazamientos máximos más amplios, asociados con los límites de deriva máxima intersticial. Respecto a la ubicación de las conexiones SLB, se estableció que la distancia horizontal óptima es de 2300 mm, aunque las mejoras en otras distancias resultaron ser mínimas. Se encontró que un modelo con soportes fijos y conexiones sólidas entre la pared de reacción y los dispositivos SLB mejora significativamente el rendimiento de las conexiones SLB, con un 140% de incremento en la capacidad de carga en comparación con un modelo con soportes de resorte. En conclusión, el estudio proporciona información valiosa sobre los elementos que afectan el desempeño de las conexiones SLB, lo que podría facilitar el desarrollo de soluciones para optimizar su eficiencia y, en última instancia, mejorar la seguridad y estabilidad de las estructuras que las utilizan.

El estudio de Bozzo y su equipo propuso una solución innovadora para proporcionar viviendas asequibles a familias de bajos ingresos en Perú mediante la construcción de un edificio prefabricado de cinco pisos con 80 dispositivos SLB simples y compactos. Estos dispositivos concentran la demanda sísmica, reduciendo así los daños estructurales. La metodología de construcción prefabricada facilita la creación de cuatro departamentos por piso sin necesidad de columnas o muros internos. La investigación analizó 10 señales sísmicas de tiempo no lineales, compatibles con el espectro peruano en suelo S1 en la Zona 4, evaluando dos configuraciones de columnas: fijas o articuladas en sus bases. Ambas soluciones mostraron desempeños similares en términos de deriva, pero las columnas con bases articuladas tuvieron menores aceleraciones en todos los pisos, lo que demuestra una reducción efectiva con la altura debido a la energía disipada por los dispositivos. Con un espectro $R = 1$ y un período fundamental $T1 = 0,5s$, el coeficiente sísmico es de aproximadamente $0.95g$, lo que resulta en una reducción notable de la aceleración

del piso, especialmente en las plantas principales con una proporción de 3 (0.95g / 0.30g). Los valores promedio del coeficiente sísmico fueron de solo 0.13 y 0.17, lo que implica un factor de reducción "R" entre 5 y 7 para el edificio prefabricado sin daños estructurales, ya que los dispositivos SLB disipan toda la energía entrante. En conclusión, en caso de un terremoto extremo que exceda la capacidad de flexión en la base de las columnas, la respuesta estructural general mejorará la reducción de las aceleraciones del piso, manteniendo los desplazamientos máximos si se elige la solución de columna con base fija. Esto demuestra que el sistema estructural es robusto y capaz de resistir condiciones extremas. La disminución en la aceleración del piso con la altura sugiere que el edificio prefabricado es una opción viable para ofrecer viviendas seguras y económicas a familias de bajos ingresos en Perú.

El estudio de Torres (2019), se centra en evaluar y comparar dos métodos de refuerzo para un edificio dañado por el terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: disipadores de energía tipo Shear Link Bozzo y muros de corte. Mediante un análisis estático no lineal y el método del espectro de capacidad, se compararon la estructura original y las estructuras reforzadas con ambos enfoques. Los resultados numéricos mostraron diferencias notables en la resistencia de las estructuras reforzadas, y la comparación de la capacidad estructural y las derivas en el punto de desempeño permitió evaluar la idoneidad de los refuerzos. El análisis Pushover proporcionó información sobre la formación secuencial de rótulas en vigas y columnas conforme aumenta el corte basal. La distribución de fuerzas laterales se calculó utilizando los modos de vibración de la estructura mediante un código de Matlab y métodos simplificados establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Los hallazgos revelaron diferencias significativas en términos de nivel de desempeño, derivas inelásticas y cortantes en cada modelo de la estructura. Se concluyó que el refuerzo mediante disipadores de energía tipo Shear Link Bozzo es más efectivo que el uso de muros de corte para aumentar la resistencia de la estructura. En resumen, el estudio proporciona un análisis exhaustivo del comportamiento de un edificio reforzado con diferentes enfoques, lo que ayuda en la toma de decisiones informadas sobre el método de refuerzo más adecuado. Además, la metodología empleada en este estudio puede aplicarse a otros edificios para evaluar su capacidad frente a eventos sísmicos y proponer medidas de refuerzo.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

En el estudio "Diseño y análisis del desempeño sísmico de un edificio de concreto armado con y sin disipadores SLB en la ciudad de Lima 2020" de Aguilar (2022), se analizó el comportamiento sísmico de una construcción de concreto armado de siete pisos con y sin la utilización de disipadores Shear Link Bozzo (SLB) en Lima. El diseño del edificio se basó en el RNE, y se llevó a cabo un análisis de desempeño utilizando análisis Pushover y Tiempo Historia no lineal. El objeto de estudio fue un edificio de siete pisos, un semisótano y dos sótanos en Lima. Los hallazgos del análisis indicaron que la estructura cumple con los criterios de aceptación para niveles de amenaza de sismos de servicio (SLE) y de diseño (SD), pero no para la demanda de un sismo máximo (MCE). Por lo tanto, se añadieron disipadores SLB a la estructura y se evaluó su capacidad para resistir un sismo máximo. Los resultados demostraron que los disipadores SLB permitieron mantener el daño del edificio dentro de un margen de seguridad de vida. El método de investigación empleado fue el análisis de desempeño a través del análisis Pushover y Tiempo Historia no lineal, basándose en la normativa técnica y los documentos FEMA-440, ASCE/SEI 41-13 y ACI 318-19 para evaluar el comportamiento sísmico del edificio. Los resultados numéricos mostraron que la estructura sin disipadores SLB no cumplía con los criterios de aceptación para un sismo máximo (MCE), mientras que la incorporación de los disipadores SLB logró mantener el daño del edificio dentro de un margen de seguridad de vida. En resumen, la inclusión de disipadores SLB mejoró el comportamiento sísmico de la estructura, permitiendo controlar el daño del edificio y mantenerlo dentro de un margen de seguridad de vida. Este estudio es de gran relevancia para la construcción de edificaciones sismorresistentes en Lima y áreas sísmicas similares.

En la investigación "Análisis sísmico mediante la aplicación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB en el edificio San Borja, Lima - 2020" de Peralta (2021), se examinó el comportamiento sísmico de un edificio de oficinas al agregar amortiguadores de fluidos viscosos y disipadores metálicos SLB. Se utilizó un enfoque práctico y se empleó estadística descriptiva, incluyendo tabulaciones, cuadros y gráficos para el análisis. El estudio en cuestión abordó un edificio de siete pisos construido con concreto reforzado, que incluye una terraza y se encuentra en el distrito de San Borja. La investigación inicial se centró en evaluar la estructura sin

elementos disipadores, lo que permitió identificar deformaciones máximas y problemas de torsión. Para abordar estos problemas, se incorporaron amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB con el objetivo de controlar las deformaciones y torsiones. Para analizar el comportamiento sísmico y determinar la respuesta estructural de los edificios equipados con amortiguadores y disipadores, se utilizó el software ETABS en un análisis sísmico de tiempo-historia. Los hallazgos principales revelaron una reducción significativa en aspectos como los desplazamientos de los centros de masas, deformaciones máximas entre pisos, momentos de flexión y fuerzas cortantes, en edificaciones tanto con amortiguadores como con disipadores SLB. Sin embargo, se observó que la estructura equipada con amortiguadores de fluido viscoso disipaba más energía sísmica en comparación con los disipadores metálicos SLB. Además, los amortiguadores de fluido viscoso mostraron una mayor efectividad en la mejora de la respuesta de columnas y placas que los disipadores SLB. Por otro lado, los disipadores metálicos SLB demostraron un mejor control de las fuerzas internas en las vigas en comparación con los amortiguadores de fluido viscoso. En conclusión, el estudio demuestra que la implementación de amortiguadores de fluidos viscosos y disipadores metálicos SLB puede mejorar significativamente el desempeño sísmico de edificios de oficinas. Aun así, la elección entre uno u otro método dependerá de las características específicas de la estructura y del tipo de fuerzas que se deseen controlar. En términos generales, la combinación de ambas técnicas podría resultar en un sistema de protección sísmica más efectivo.

La investigación llevada a cabo por Quispe y García (2019), detalla la suma importancia de la ingeniería civil sobre la protección estructural en áreas propensas a sismos. El enfoque del estudio fue la aplicación de disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo en el fortalecimiento sísmico de un edificio de 14 pisos en Lima, y los hallazgos resultaron ser alentadores. La investigación indica que el empleo de disipadores histeréticos puede disminuir considerablemente las deformaciones en una construcción durante un terremoto, cumpliendo con los límites prescritos en las regulaciones técnicas. Además, el disipador logró absorber el 40% de la energía, lo que evidencia su efectividad para proteger la estructura y atenuar el impacto de un sismo. A pesar de los resultados positivos, la investigación señala que se requiere un análisis de desempeño más detallado para asegurar la capacidad de resistencia

sísmica frente a un terremoto que exceda los límites establecidos por la normativa. No obstante, este estudio representa un avance importante en la mejora de la seguridad estructural en áreas sísmicas y muestra que la utilización de disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo es una alternativa viable y eficiente para el refuerzo sísmico de edificaciones de gran altura.

Hoy en día, la protección estructural frente a terremotos es esencial en el diseño y construcción de edificios. Por esta razón, el estudio realizado por Rosario (2019), acerca del rendimiento sísmico de aisladores en un hospital de concreto armado es de gran importancia en el campo de la ingeniería civil. En esta investigación, se analizó la efectividad de los aisladores en la reducción de demandas sísmicas, obteniendo resultados que evidenciaron su correcto y eficiente funcionamiento, disminuyendo entre un 45% y 60% de las demandas sísmicas. Asimismo, se constató que la estructura del hospital no sufrió daños durante y después de un terremoto intenso, lo que sugiere que la estructura continúa siendo totalmente operativa. No obstante, es crucial resaltar que la evaluación del rendimiento sísmico debe ser abordada desde diversas perspectivas, empleando tanto análisis tiempo-historia como el procedimiento sugerido por el FEMA. Se requiere incorporar un análisis dinámico incremental para obtener valores de aceleraciones en los entresijos y, de este modo, realizar una evaluación integral de la estructura. La conclusión derivada del estudio establece una base sólida para futuras investigaciones sobre el rendimiento sísmico de aisladores en construcciones de concreto armado. Su enfoque en la evaluación exhaustiva de la estructura y su relevancia en la protección estructural pueden servir como referencia para futuros proyectos de ingeniería civil, especialmente en áreas sísmicas.

Enriquez y Sánchez (2019), desarrollaron una tesis llamada "Evaluación sísmica y propuesta de reforzamiento con disipadores de energía al hospital nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo-región Lambayeque, actualizado a la norma E.030-2016". En dicho estudio, se llevaron a cabo pruebas de diamantina para obtener muestras de los componentes estructurales del hospital, encontrándose que el $f'c$ era de 230 kg/cm² para vigas y 240 kg/cm² para columnas. Se descubrió también que la estructura del hospital carecía de planos estructurales completos y que algunos planos arquitectónicos no coincidían con la disposición de las áreas. El análisis de

vulnerabilidad sísmica de todos los bloques del hospital reveló que eran susceptibles a un terremoto. Para abordar este problema, se utilizó el software Etabs v.16.2 para modelar la estructura del hospital, compuesta por cuatro bloques (A-B-C-D), y se emplearon tres acelerogramas reales escalados con el programa Seismo-Match. Se evaluó el refuerzo de la estructura mediante disipadores de varios tipos, como disipadores de fluido viscoso, viscoelásticos, plastificación de metales y fricción. Los resultados indicaron que los disipadores de fluido viscoso eran los más eficientes, con una disipación del 88.64% para los bloques A y B. Al comparar las fuerzas axiales máximas con la deformación respectiva de los dispositivos de disipación pasiva, se determinó que el disipador de fluido viscoso absorbía la mayor fuerza axial y presentaba una menor deformación en comparación con los demás disipadores. Además, se encontró que el dispositivo de disipación que más reducía los desplazamientos del centro de masa en ambas direcciones para todos los bloques era el disipador de fluido viscoso. Aunque cumplía con la deriva máxima permitida por la norma en el Bloque C, en este caso, solo se redujo en un 29% en el eje X y en un 81% en el eje Y. En los otros bloques, los disipadores de fluido viscoso disminuyeron los desplazamientos en un rango del 54% al 76% en el eje X y del 55% al 66% en el eje Y. En conclusión, la aplicación de disipadores de fluido viscoso fue clave para mejorar la estabilidad estructural del hospital. A pesar de no generar cambios en el periodo de la estructura, estos disipadores ofrecieron mejores propiedades que los otros tipos de disipadores de energía al reducir las fuerzas axiales y disminuir los desplazamientos del centro de masa. En general, esta investigación aporta información valiosa para mejorar la seguridad de las estructuras en áreas sísmicas.

La investigación de Encizo (2019), comparó el diseño sísmico de estructuras con muros continuos y estructuras con muros desacoplados incorporando disipadores SLB, centrándose en un edificio universitario de 11 niveles en Huancayo. El estudio utilizó una metodología descriptiva de nivel aplicado y un diseño no experimental transversal comparativo. Se realizaron análisis sísmicos espectrales y Tiempo Historia No Lineal, además de diseñar componentes estructurales y comparar la respuesta sísmica y cantidades de acero de refuerzo. Los resultados mostraron que la estructura con muros continuos tenía mayor rigidez lateral que la estructura con muros desacoplados. Esta diferencia se reflejó en la variación de parámetros

evaluados, como derivas, desplazamiento del techo, cortante basal, periodo y torsión. La cantidad de acero varió, con incremento en columnas y vigas y disminución en muros en la estructura con muros desacoplados. En conclusión, el diseño sísmico de estructuras con muros continuos difiere del diseño con muros desacoplados y disipadores SLB en términos de rigidez lateral y cantidad de acero requerido en elementos estructurales. Los hallazgos son relevantes para el diseño de estructuras sismorresistentes y pueden mejorar la seguridad de edificaciones en zonas sísmicas.

Espinoza y Tong (2019), propusieron mejorar las propiedades mecánicas del concreto endurecido mediante la sustitución parcial del agregado fino por conchas de abanico trituradas (con tamaños entre 4.76 y 0.15 mm) y el uso de un aditivo plastificante, SikaCem. La mezcla de concreto diseñada tenía una resistencia de 210 kg/cm², utilizando los mismos agregados empleados en mezclas estándar, pero con reemplazos parciales del agregado fino (5%, 35% y 65% en peso) por conchas trituradas, con tamaños comprendidos entre los tamices N°4 y N°100. El estudio se llevó a cabo mediante un enfoque deductivo, de tipo aplicativo, cuantitativo y retrolectivo, seleccionando un grupo de muestras con características comunes y siguiendo su evolución a lo largo del tiempo. La población del estudio consistió en 72 probetas y 24 vigas, de las cuales 18 probetas y 6 vigas fueron usadas para el diseño de referencia, mientras que el resto de las muestras (27 probetas en cada grupo y 18 vigas) contenían sustituciones parciales del agregado fino en los porcentajes mencionados, junto con el aditivo SikaCem según las proporciones de su ficha técnica. Se evaluaron las propiedades de resistencia a compresión, tracción y flexión. Los resultados obtenidos indicaron que el uso de conchas de abanico trituradas como sustituto parcial del agregado fino, junto con el aditivo plastificante, produjo mejores resultados en comparación con el diseño de mezcla convencional, con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

Berru y Romero (2022), propusieron reducir el impacto ambiental de los residuos sólidos de concha de abanico, que han generado un problema significativo debido a la lentitud de su descomposición. La investigación buscó dar un uso provechoso a estos residuos en mezclas estructurales de concreto. Se trató de un estudio experimental en el cual se diseñó una mezcla para obtener concreto estructural con una resistencia de $f'c=210$ kg/cm², utilizando cemento Pacasmayo (Tipo Ms),

agregado grueso de la cantera de Sojo (Km 9 de la carretera Sullana-Paita) y agregado fino de la cantera Cerromochó. La investigación evaluó sustituciones del agregado fino en volúmenes de 5%, 15% y 30% en comparación con el diseño de mezcla estándar. Como resultados, determinaron que con un 15% de conchas de abanico sustituidos respecto a un porcentaje de cemento y agregado fino, se obtuvo la mayor resistencia entre todas las proporciones, alcanzándose un valor de 227 Kg/cm². Con la información recopilada, detallaron que porcentajes posteriores al 15%, provocan que la compresión tienda a disminuir progresivamente, por lo que el punto cúlmine de mejoría se encuentran entre el rango de 5% a 15% de conchas de abanico. Por consiguiente, determinaron que la aplicación del material mencionado contribuye a acrecentar la resistencia del concreto conforme a su diseño de base, y las características establecidas.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Cabrera (2021), llevó a cabo un estudio estructural en el Hospital Luis Heysen Incháustegui, situado en Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, con el propósito de evaluar su vulnerabilidad sísmica y sugerir una estrategia para optimizar su comportamiento frente a terremotos. La investigación comenzó con una revisión bibliográfica de los fundamentos de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones y los métodos de evaluación. A continuación, se inspeccionó el edificio visualmente y se realizaron pruebas de laboratorio para determinar las características mecánicas de los materiales empleados en la edificación. Utilizando software especializado en análisis estructural, se modeló el hospital y se efectuaron simulaciones numéricas para evaluar su respuesta ante cargas sísmicas. Se propuso la adopción de disipadores de fluencia SLB para incrementar la resistencia y la capacidad de disipación de energía de la estructura. Los resultados mostraron una mejora notable en la habilidad de la construcción para soportar cargas sísmicas gracias a la implementación de los disipadores de fluencia SLB. Se registraron valores de ductilidad de $\mu=5.08$ en la dirección "X" y $\mu=5.05$ en "Y", que mejoraron a $\mu=4.47$ en "X" y $\mu=4.44$ en "Y" después de aplicar los disipadores. Además, se alcanzó un 4.89% de amortiguamiento en las simulaciones Tiempo-Historia y se mantuvieron las derivas por debajo del 50% de la deriva máxima permitida según la Norma Técnica E.030 2019. En resumen, la utilización de disipadores de fluencia SLB es una solución eficaz para reforzar la resistencia

sísmica de estructuras existentes, como el Hospital Luis Heysen Incháustegui. Estos hallazgos subrayan la relevancia de evaluar la vulnerabilidad sísmica de construcciones actuales y la necesidad de implementar acciones para fortalecer su resistencia frente a terremotos. A nivel personal, resulta gratificante saber que los resultados de este estudio podrían contribuir a la protección de la vida de las personas que hacen uso de este hospital en la región de Lambayeque.

El estudio de Vargas et al. (2021), se centró en la estimación de la amenaza y vulnerabilidad sísmica en Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua. La investigación buscaba obtener información detallada sobre la vulnerabilidad sísmica de la ciudad y generar mapas precisos para la construcción de edificaciones seguras, ya que existía una carencia de datos sobre este tema. La metodología empleada incluyó la recopilación de datos en campo, la inspección visual de viviendas, la aplicación de modelos FEMA y la realización de muestreos en Moquegua. Se evaluaron más de 18,000 viviendas y se llevaron a cabo 53 muestreos utilizando la técnica de microtemores para calcular los periodos de vibración del suelo. Como resultado, se elaboraron mapas de periodos de vibración naturales del suelo, materiales y pisos, así como un mapa de resonancia sísmica que debían soportar las construcciones en Moquegua. Finalmente, se creó un mapa de escenarios sísmicos para una intensidad de VIII, basado en eventos sísmicos de gran magnitud ocurridos en 2001 y 1868. Este estudio resultó ser crucial para Moquegua, ya que proporcionó datos valiosos sobre su vulnerabilidad sísmica y permitió la generación de mapas precisos para el diseño de infraestructuras seguras. Los hallazgos son aplicables no solo a Moquegua, sino también a otras áreas sísmicas del país. Esta investigación demuestra cómo la ciencia y la tecnología pueden contribuir a mejorar la seguridad de la población frente a desastres naturales.

2.2 BASE TEÓRICA

2.2.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA

La vulnerabilidad sísmica de una estructura se refiere a su capacidad para resistir las fuerzas sísmicas que actúan sobre ella durante un evento sísmico. Según Gómez y Hernández (2021), la vulnerabilidad se refiere a la probabilidad de que una estructura sufra daños durante un evento sísmico.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras es un proceso esencial en la ingeniería estructural para determinar la capacidad de una edificación de soportar un evento sísmico sin experimentar daños graves. Una de las metodologías más robustas y utilizadas para esta evaluación es el uso de la curva de capacidad, la cual se deriva de un análisis pushover. Este enfoque permite relacionar la capacidad de resistencia de una estructura con la demanda sísmica esperada, proporcionando una visión clara de su desempeño durante un terremoto.

2.2.2 COMITÉ VISIÓN 2000

El Comité Visión 2000 es un grupo de trabajo de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California que se estableció en 1995 con el objetivo de mejorar la seguridad sísmica de las edificaciones existentes en California. En particular, el Comité se enfocó en la evaluación y mejora de la vulnerabilidad sísmica de los edificios no estructurales, como los sistemas de tuberías, conductos y equipos mecánicos (SEOAC, 2018).

2.2.3 NIVELES DE DESEMPEÑO SÍSMICO

Torres y Sánchez (2021), precisan que los niveles de desempeño sísmico son categorías que describen la capacidad de una estructura para soportar y resistir los efectos de un terremoto. Estos niveles se basan en criterios de diseño, materiales y técnicas de construcción utilizados, así como en la respuesta esperada de la estructura durante un evento sísmico. Hay varios niveles de desempeño sísmico, que se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Operacional (Nivel A): En este nivel, la estructura puede resistir un terremoto severo sin sufrir daños significativos. Los sistemas no estructurales, como los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería, también deberían seguir siendo operativos después del evento sísmico.
2. Inmediatamente ocupable (Nivel B): La estructura experimenta daños menores, pero sigue siendo segura para ser ocupada inmediatamente después de un terremoto. Los sistemas no estructurales pueden sufrir daños menores, pero no representan un riesgo significativo para la seguridad de los ocupantes.

3. Seguridad de vida (Nivel C): En este nivel, la estructura puede experimentar daños moderados, pero aún proporciona un nivel mínimo de seguridad para sus ocupantes. La estructura puede requerir reparaciones importantes antes de volver a ser habitable, pero no hay riesgo inminente de colapso.
4. Colapso parcial (Nivel D): La estructura sufre daños significativos y puede experimentar colapso parcial durante un terremoto. Aunque algunos ocupantes pueden salir con vida, el riesgo de lesiones graves o muerte es considerable.
5. Colapso total (Nivel E): En este nivel, la estructura colapsa completamente durante un terremoto, lo que resulta en la pérdida de vidas y la destrucción total del edificio.

El objetivo principal del diseño sismorresistente es garantizar que las estructuras alcancen al menos el nivel de "seguridad de vida" durante un terremoto, minimizando el riesgo de colapso y protegiendo a los ocupantes. Idealmente, los ingenieros y arquitectos aspiran a diseñar estructuras que puedan lograr niveles de desempeño sísmico más altos, como "inmediatamente ocupable" u "operacional". Esto se logra mediante la selección adecuada de materiales, técnicas de construcción y sistemas de disipación de energía, como disipadores sísmicos y aisladores de base.

2.2.4 NIVELES DE PELIGRO SÍSMICO

La norma Vision 2000, establece cuatro niveles de demanda para el diseño sísmico de estructuras. Estos niveles están definidos en función de la probabilidad de ocurrencia y el período de retorno de los movimientos sísmicos. Sin embargo, es importante destacar que estos niveles están orientados a la realidad geosísmica norteamericana y, por lo tanto, es necesario realizar una calibración para adecuarlos a la realidad sismotectónica peruana. En otras palabras, estos niveles de demanda no pueden ser aplicados directamente en el diseño sísmico de estructuras en el Perú sin considerar las características específicas de la zona sísmica en la que se encuentra la estructura (SEOAC, 1995).

2.2.5 OBJETIVOS DE DESEMPEÑO SÍSMICO

En la ingeniería sísmica, es fundamental establecer los objetivos de desempeño ante la ocurrencia de un sismo. Estos objetivos se definen en función del nivel de demanda

sísmica esperado y se expresan como el grado de daño aceptable en la estructura, conocido como nivel de desempeño. El Comité Visión 2000 propone una matriz de objetivos de diseño para diferentes tipos de estructuras, en función de su importancia para la seguridad poblacional. Por ejemplo, para estructuras críticas como hospitales y centros de emergencia, se requiere un nivel de desempeño mayor que para edificios de viviendas.

Tabla 1. Matriz de objetivos de desempeño sísmico

Nivel de demanda sísmica	Nivel de significancia			
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de vida	Pre colapso
Frecuente	OB	X	X	X
Ocasional	OEP	OB	X	X
Raro	OSC	OEP	OB	X
Muy raro	-	OSC	OEP	OB

Nota. SEOAC (1995).

En este sentido, la Tabla 1 muestra una matriz de objetivos de diseño para diferentes tipos de estructuras, clasificadas según su importancia en la seguridad poblacional. Esta matriz establece objetivos mínimos de desempeño para cada tipo de estructura, los cuales se basan en la probabilidad de ocurrencia de un sismo y en el grado de daño que se espera que la estructura sufra.

Por otro lado, la Tabla 2 presenta los desplazamientos objetivos para cada uno de los niveles de desempeño propuestos por Visión 2000. Estos desplazamientos representan la relación entre el desplazamiento lateral máximo del nivel superior del edificio con respecto a la base y la altura del edificio. Para cumplir con los objetivos de desempeño propuestos, los desplazamientos objetivos deben ser menores a los valores señalados en la Tabla 5.

Tabla 2. *Distorsiones globales máximas asociadas a niveles de desempeño*

Nivel de desempeño	Desplazamiento objetivo Dt/H (%)
Totalmente operacional	≤ 0.2
Operacional	≤ 0.5
Seguridad de vida	≤ 1.5
Pre Colapso	≤ 2.5
Colapso	> 2.5

Nota. SEOAC (1995).

2.2.6 FEMA 273

FEMA 273, también conocido como NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, es un conjunto de pautas desarrollado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de EE. UU. en conjunto con el Programa Nacional de Investigación en Riesgos Sísmicos (NEHRP). El propósito de estas pautas es proporcionar orientación técnica y recomendaciones para la rehabilitación sísmica de edificios existentes. Las pautas FEMA 273 cubren una amplia variedad de temas relacionados con la rehabilitación sísmica, incluidos:

1. Evaluación del riesgo sísmico y del desempeño de edificios existentes.
2. Identificación de las deficiencias estructurales y no estructurales que pueden afectar el desempeño sísmico de un edificio.
3. Desarrollo de enfoques y soluciones para la rehabilitación sísmica, incluidos los métodos de refuerzo y reparación.
4. Procedimientos de análisis y diseño para la rehabilitación sísmica, incluidos los análisis estáticos y dinámicos.
5. Criterios de aceptación y desempeño para componentes estructurales y no estructurales rehabilitados.
6. Detalles de construcción y requisitos de inspección para garantizar la calidad y efectividad de las soluciones de rehabilitación sísmica.

FEMA 273 es ampliamente utilizado por ingenieros estructurales, arquitectos y profesionales de la construcción en los Estados Unidos para garantizar que los edificios existentes sean mejorados y rehabilitados de manera efectiva para resistir terremotos. El documento ha sido actualizado y reemplazado por FEMA P-58, Seismic Performance Assessment of Buildings, que amplía y mejora las pautas originales, pero FEMA 273 sigue siendo una referencia importante en el campo de la rehabilitación sísmica.

2.2.7 DISIPADORES DE ENERGÍA

Los disipadores de energía son elementos estructurales diseñados para absorber y disipar la energía sísmica generada durante un terremoto, reduciendo así las fuerzas y desplazamientos en la estructura principal. Estos dispositivos pueden ser activos o pasivos y se instalan en la estructura principal para mejorar su capacidad de resistencia y disminuir los daños estructurales. Algunos ejemplos de disipadores de energía son los disipadores de fluido viscoso, disipadores de fricción, disipadores de masa sintonizada y disipadores de fluencia lenta, entre otros. La elección del tipo de disipador depende de las características de la estructura, el tipo de terremoto esperado y las condiciones ambientales de la zona en la que se encuentra la estructura.

2.2.8 DISIPADORES DE ENERGÍA METÁLICOS

Los disipadores de energía por fluencia de metales son dispositivos estructurales diseñados para absorber la energía producida por una carga sísmica en una estructura y disiparla a través del comportamiento viscoplástico de los metales. Estos disipadores se basan en el principio de que los metales se deforman de manera plástica bajo cargas repetidas y son capaces de soportar deformaciones significativas sin fallar. Los disipadores de energía por fluencia de metales se utilizan a menudo en edificios y estructuras que son críticas para la seguridad pública, como hospitales, puentes y edificios gubernamentales.

2.2.9 DISIPADORES DE ENERGÍA SLB

El disipador de energía Shear Link Bozzo (SLB) es un tipo de disipador pasivo de energía que utiliza la fluencia de los materiales para disipar energía sísmica. Consiste en una barra de acero con un diámetro reducido en su sección media, lo que provoca

un aumento en la deformación local y una concentración de esfuerzos en esa zona (Bozzo, 2015). Esta deformación en la zona del cuello genera un aumento en la resistencia del material y la capacidad de disipar energía.

El SLB se instala en la estructura del edificio para absorber la energía sísmica y reducir las fuerzas y deformaciones en los elementos estructurales. Cuando un terremoto sacude la estructura, el disipador se deforma y absorbe parte de la energía sísmica, protegiendo así la estructura y reduciendo el riesgo de daños graves.



Figura 2. Disipadores de energía SLB y la forma de montaje.

Fuente: Bozzo (2015).

El SLB ha demostrado ser efectivo en la protección sísmica de edificios, y su uso se ha extendido en todo el mundo. Es fácil de instalar y no requiere mantenimiento, lo que lo convierte en una opción atractiva para la protección sísmica de edificios existentes y nuevas construcciones. Además, su eficacia en la disipación de energía es altamente predecible y puede ser modelado y simulado con precisión.

2.2.10 PROPIEDADES DE LOS DISIPADORES DE ENERGÍA

Los disipadores de energía SLB tienen varias propiedades que los hacen atractivos para su uso en la protección sísmica de estructuras. Algunas de estas propiedades son:

1. Alta capacidad de disipación de energía: Los disipadores SLB están diseñados para disipar grandes cantidades de energía, lo que los hace efectivos en la reducción de los efectos de los terremotos.
2. Comportamiento cíclico estable: Los disipadores SLB tienen un comportamiento estable y predecible durante cargas cíclicas, lo que significa que su capacidad de disipación de energía no disminuye significativamente con el tiempo.
3. Facilidad de instalación: Los disipadores SLB son fáciles de instalar y no requieren grandes modificaciones en la estructura existente.
4. Diseño compacto: Los disipadores SLB tienen un diseño compacto que permite su instalación en espacios reducidos.

2.2.11 AISLADORES HDRB

Los aisladores de base de desplazamiento horizontal (HDRB, por sus siglas en inglés, Horizontal Displacement Rubber Bearings) son dispositivos de ingeniería utilizados principalmente en la protección sísmica de estructuras. Su función principal es permitir la absorción de energía y el control de los desplazamientos horizontales provocados por fuerzas sísmicas, reduciendo de esta forma el impacto de los movimientos sísmicos sobre las estructuras. Los HDRB están compuestos por capas de caucho y acero, que trabajan de forma combinada para proporcionar flexibilidad en direcciones horizontales, mientras mantienen la estabilidad vertical de la estructura (Flores y Pérez, 2023).

La teoría básica detrás del funcionamiento de los aisladores HDRB se centra en la capacidad de estos dispositivos para desacoplar la estructura del suelo, de manera que los movimientos sísmicos no se transmitan directamente a la edificación. Estos aisladores operan mediante la deformación del caucho, el cual tiene propiedades viscoelásticas, lo que permite que absorban y disipen la energía sísmica. Además, las capas de acero dentro del aislador proporcionan rigidez vertical, lo que garantiza que la estructura permanezca estable y no experimente hundimiento. En términos de funcionamiento, los HDRB actúan como amortiguadores de alta eficiencia. Al experimentar un movimiento sísmico, los desplazamientos horizontales son absorbidos por la deformación del caucho, mientras que el acero ayuda a controlar los desplazamientos excesivos. La deformación del caucho depende de la magnitud

del movimiento sísmico, lo que permite que el aislador se adapte a diversas intensidades sísmicas. De esta manera, los HDRB contribuyen a reducir la aceleración y el desplazamiento de las estructuras durante un terremoto (González y Ramírez, 2022).

2.2.12 RESPUESTA ESTRUCTURAL

La respuesta estructural se define como la capacidad de un sistema estructural para resistir y soportar las cargas y fuerzas que actúan sobre él, incluyendo la gravedad, el viento, las cargas sísmicas y otros factores ambientales. Según la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), la respuesta estructural se refiere a "la forma en que una estructura se comporta y responde a la acción de las cargas, incluyendo los desplazamientos, deformaciones, tensiones, fuerzas internas, esfuerzos y momentos" (ASCE, 2005).

2.2.13 MÁXIMAS FUERZAS DE CORTE

Las máximas fuerzas cortantes basales se refieren a las cargas sísmicas horizontales que actúan en la base de una estructura durante un evento sísmico. Según Chopra y Goel (2005), las fuerzas cortantes basales máximas son aquellas que se desarrollan cuando la estructura experimenta su mayor desplazamiento lateral. Estas fuerzas son críticas para el diseño de una estructura sísmicamente resistente, ya que pueden causar fallas en elementos estructurales y, en última instancia, en la estructura en su conjunto.

2.2.14 IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL

Las irregularidades estructurales son desviaciones significativas de la geometría y la distribución de masas de un edificio respecto a las condiciones ideales de diseño. Estas irregularidades pueden comprometer la capacidad de un edificio para resistir las fuerzas sísmicas y aumentar el riesgo de falla durante un terremoto. Las irregularidades se clasifican en varios tipos según su naturaleza (Arce y Navarro, 2019).

2.2.15 IRREGULARIDADES EN PLANTA

La irregularidad en planta se refiere a una disposición asimétrica de la planta de un edificio o estructura, lo que puede generar una distribución desigual de la carga y la

resistencia en diferentes direcciones. Esto puede provocar una respuesta estructural desigual en caso de un evento sísmico o de otro tipo de carga (González y Pérez, (2020).

2.2.16 IRREGULARIDADES EN ALTURA

La norma técnica peruana E.030 sobre diseño sismo resistente establece límites para la irregularidad en altura, en función de la categoría de importancia del edificio y del tipo de sistema estructural utilizado. Estos límites se establecen para garantizar que la distribución de las cargas sísmicas sea uniforme en todo el edificio y para evitar que se generen concentraciones de tensiones que puedan provocar fallas en la estructura durante un terremoto (Hernández y López, 2021).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES

Los máximos desplazamientos laterales en una estructura son la magnitud máxima de desplazamiento que se produce en un punto de la estructura durante la ocurrencia de un sismo o una carga dinámica, y se considera una medida crítica de la respuesta sísmica de la estructura (Sánchez y Rodríguez, 2021).

2.3.2 MÁXIMAS DISTORSIONES LATERALES

Las máximas distorsiones laterales se refieren a la medida de la deformación angular máxima experimentada por un elemento estructural durante un evento sísmico. Según Chopra y Goel (2005), las distorsiones laterales máximas son medidas de la deformación angular máxima experimentada por un elemento estructural durante un terremoto (p. 9). Las distorsiones laterales son importantes porque pueden afectar significativamente la capacidad de un edificio para resistir cargas sísmicas y evitar el colapso.

2.3.3 CONCEPTO DE LA CURVA DE CAPACIDAD

La curva de capacidad es una representación gráfica que relaciona el desplazamiento espectral con la aceleración espectral de una estructura. En términos simples, esta curva muestra cómo una estructura se deformará y cuánta energía sísmica puede disipar antes de alcanzar un estado de falla o daño significativo. El

desplazamiento espectral está asociado con la deformación global de la estructura, mientras que la aceleración espectral se relaciona con la demanda de fuerza (Jiménez y Mora, 2019).

2.3.4 PROCESO DE GENERACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD

Según García y Pérez (2020), el proceso de obtención de la curva de capacidad involucra varios pasos clave:

Modelado Estructural: La estructura se modela utilizando software de análisis estructural, considerando todas las características relevantes como geometría, materiales, cargas y condiciones de soporte. El modelo debe representar adecuadamente el comportamiento no lineal de los materiales y las conexiones.

Análisis Pushover: Se aplica un análisis estático no lineal, conocido como análisis pushover, en el que la estructura se somete a un incremento progresivo de cargas laterales hasta que alcanza un estado límite de falla. Este análisis proporciona una serie de puntos de carga-desplazamiento que se utilizan para construir la curva de capacidad.

Construcción de la Curva: Los resultados del análisis pushover (fuerza base contra desplazamiento en la parte superior de la estructura) se transforman en coordenadas espectrales mediante la aplicación de factores de escala basados en la masa y la rigidez de la estructura. Estos puntos se trazan en un gráfico de aceleración espectral versus desplazamiento espectral, generando la curva de capacidad.

2.3.5 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE DESEMPEÑO

Torres y Sánchez (2021), detallan que, una vez obtenida la curva de capacidad, el siguiente paso es determinar el punto de desempeño, que es la intersección de la curva de capacidad con la curva de demanda sísmica. Esta última representa la demanda sísmica esperada sobre la estructura, basada en el espectro de diseño sísmico correspondiente a la localización del edificio.

Curva de Demanda Sísmica: Se construye utilizando el espectro de respuesta para el sismo de diseño y los factores de reducción de respuesta estructural. Representa

las demandas en términos de aceleración y desplazamiento que se espera que experimente la estructura durante un sismo.

Punto de Desempeño: Este punto indica el desplazamiento y la aceleración que la estructura experimentará durante un sismo de diseño. Su ubicación en la curva de capacidad permite evaluar si la estructura se encuentra en un estado seguro o si está en riesgo de sufrir daños significativos.

2.3.6 CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Serrano y Castillo (2018), determinan que la posición del punto de desempeño en la curva de capacidad es crucial para clasificar la vulnerabilidad sísmica de la estructura. De tal forma, líneas abajo precisan los niveles de vulnerabilidad.

Baja vulnerabilidad: Si el punto de desempeño está en una región donde la estructura mantiene su integridad y experimenta solo deformaciones menores.

Vulnerabilidad moderada: Si el punto de desempeño se encuentra en una región donde la estructura empieza a experimentar daños que podrían afectar su funcionalidad, pero aún no se espera un colapso.

Alta vulnerabilidad: Si el punto de desempeño se encuentra en una región donde la estructura está en riesgo de colapso o de sufrir daños severos que comprometan significativamente su estabilidad y seguridad.

2.3.7 INTERPRETACIÓN Y USO DE RESULTADOS

Serrano y Castillo (2018), señalan que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante la curva de capacidad proporciona información detallada sobre la capacidad de la estructura para resistir eventos sísmicos. Esta información es crucial para:

Tomar decisiones de reforzamiento: Si se detecta una alta vulnerabilidad, se pueden implementar medidas de reforzamiento, como la incorporación de disipadores de energía o el fortalecimiento de componentes estructurales críticos.

Planificación de emergencias: Comprender la vulnerabilidad sísmica ayuda a establecer planes de contingencia y de respuesta en caso de un sismo, especialmente en estructuras críticas como hospitales o edificios gubernamentales.

Evaluación del desempeño post-sismo: Después de un evento sísmico, la metodología permite evaluar rápidamente si la estructura ha superado su capacidad y si necesita ser evacuada o reforzada antes de ser ocupada nuevamente.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 GENERAL

El uso de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB en el Hospital Regional de Ayacucho 2023, reduce el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio, mejorando su capacidad de resistencia ante futuros terremotos en la zona.

2.4.2 ESPECÍFICAS

1. El impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB varía notablemente.
2. El uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico.
3. La implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico.
4. El uso de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y mezcla de concreto reforzado con conchas de abanico mejora el desempeño y serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho.

2.5 VARIABLES

2.5.1 INDEPENDIENTE

X_1 = Disipadores de energía sísmicos SLB.

X_2 = Concreto reforzado con conchas de abanico.

2.5.2 DEPENDIENTE

Y = Vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho.

2.6 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE TÉRMINOS

La tabla presentada a continuación, organiza de manera clara y concisa los indicadores clave para evaluar el impacto de los disipadores de energía sísmicos SLB en una estructura. Aquí se detalla la interpretación y relevancia de cada uno de los componentes de la tabla:

Tabla 3. Datos de la V.I. (1)

Variable independiente: Disipadores de energía sísmicos SLB			
Indicadores	Ítems	Nivel de medición	Instrumento
Ancho	cm	Razón	Instrumento de recolección de datos
Alto	cm	Razón	Instrumento de recolección de datos
Cortante máximo	Tonf	Razón	Instrumento de recolección de datos

Nota. Elaboración propia (2024).

Variable independiente 1: Disipadores de energía sísmicos SLB.

Descripción: Los disipadores de energía sísmicos SLB son dispositivos diseñados para absorber y disipar la energía sísmica que se genera durante un terremoto. Al reducir las fuerzas que actúan sobre la estructura, estos disipadores minimizan los desplazamientos y deformaciones, mejorando la estabilidad y seguridad de la edificación.

Indicadores:

Ancho, Alto, Cortante máximo.

Descripción: Estos indicadores son características fundamentales que se medirán en relación con los disipadores SLB para evaluar su efectividad.

Ancho: Se refiere a una dimensión física de los disipadores SLB, que podría afectar la cantidad de energía que pueden disipar.

Alto: Se refiere a la altura del disipador, que puede influir en su capacidad de deformación y absorción de energía.

Rigidez: Es una medida crítica que describe la resistencia del disipador a deformaciones bajo cargas sísmicas. Mayor rigidez generalmente implica una mejor capacidad para resistir desplazamientos laterales.

N° Ítems:

Ancho (1): Se evalúa un solo aspecto relacionado con la dimensión transversal de los disipadores.

Alto (2): Aquí se consideran dos medidas relacionadas con la altura, que podrían incluir la altura total y alguna subdivisión relevante para la función del disipador.

Rigidez (3): La rigidez se evalúa a través de tres ítems, lo cual sugiere que esta es una medida más compleja, posiblemente involucrando diferentes aspectos de rigidez (por ejemplo, rigidez inicial, rigidez post-elástica, etc.).

Nivel de Medición:

Razón:

Descripción: Todos los indicadores se miden en una escala de razón, lo que indica que estos atributos pueden tomar cualquier valor dentro de un rango dado. Esto es apropiado para mediciones físicas precisas como el ancho, el alto, y la rigidez, que no son categóricas, sino variables cuantitativas que pueden variar gradualmente.

Descripción: El cálculo es el método principal utilizado para medir estos indicadores. Esto implica que se emplean fórmulas matemáticas o modelos computacionales para determinar estos valores. Dado que estamos hablando de propiedades físicas y mecánicas, es probable que estos cálculos se basen en principios de ingeniería estructural, como la mecánica de materiales y el análisis estructural.

Tabla 4. Datos de la V.I. (2)

Variable independiente: Concreto reforzado con conchas de abanico			
Indicadores	Ítems	Nivel de medición	Instrumento
Resistencia a compresión	Kg/cm ²	Razón	Instrumento de recolección de datos
Módulo de elasticidad	Kg/cm ²	Razón	Instrumento de recolección de datos

Nota. Elaboración propia (2024).

Variable independiente 2: Concreto reforzado con conchas de abanico

Descripción: El concreto reforzado con conchas de abanico se aplicó con el fin de mejorar la resistencia a la compresión del concreto 210 Kg/cm². Se empleó dosis de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%.

Indicadores:

Resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

La tabla presentada a continuación, organiza los indicadores clave para evaluar la vulnerabilidad sísmica del Hospital de Ayacucho, una variable crítica en la gestión del riesgo sísmico. A continuación, se ofrece una interpretación detallada de los componentes de la tabla:

Tabla 5. Datos de la V.D.

Variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica del Hospital de Ayacucho			
Indicadores	Ítems	Nivel de medición	Instrumento
Cortante estático	Tonf	Razón	Instrumento de recolección de datos
Cortante dinámico	Tonf	Razón	Instrumento de recolección de datos

Desplazamientos laterales	m	Razón	Instrumento de recolección de datos
Distorsiones laterales	m	Razón	Instrumento de recolección de datos
Rigidez lateral	Tonf/m	Razón	Instrumento de recolección de datos
Punto de desempeño	-	Razón	Instrumento de recolección de datos
Índice de vulnerabilidad sísmica	-	Razón	Instrumento de recolección de datos

Nota. Elaboración propia (2024).

Variable dependiente: Vulnerabilidad sísmica del Hospital de Ayacucho.

Descripción: La vulnerabilidad sísmica se refiere al grado de susceptibilidad del hospital a sufrir daños durante un evento sísmico. Es una medida crítica que influye en la capacidad del hospital para mantener su operatividad y seguridad durante y después de un sismo.

Indicadores:

Desplazamientos laterales:

Descripción: Este indicador mide el desplazamiento horizontal que experimenta la estructura bajo cargas sísmicas. Es fundamental para evaluar cómo se comporta el hospital en términos de estabilidad lateral, un aspecto crucial para prevenir daños estructurales severos.

Distorsiones laterales:

Descripción: Las distorsiones laterales, también conocidas como distorsiones de entrepiso, se refieren a la diferencia en el desplazamiento lateral entre pisos adyacentes. Es un indicador crítico de la uniformidad en la respuesta de la estructura, y su minimización es vital para evitar daños localizados y posibles colapsos parciales.

Rigidez lateral:

Descripción: La rigidez lateral mide la capacidad de la estructura para resistir deformaciones bajo cargas sísmicas laterales. Una mayor rigidez lateral implica una menor deformación y desplazamiento, lo que mejora la estabilidad estructural y reduce la vulnerabilidad sísmica.

Ítems:

Desplazamientos laterales (1): Evaluado a través de un solo ítem, lo que sugiere que este indicador se mide de manera directa, posiblemente a través de un cálculo específico basado en las propiedades dinámicas del hospital.

Distorsiones laterales (2): Se miden dos ítems, lo que podría indicar la consideración de diferentes aspectos o condiciones (por ejemplo, diferentes niveles o direcciones de análisis) en la evaluación de las distorsiones.

Rigidez lateral (3): Se evalúa con tres ítems, lo que sugiere un análisis más detallado de la rigidez lateral, quizás abarcando diferentes zonas del hospital o bajo diferentes escenarios de carga sísmica.

Nivel de Medición:

Razón: Se obtiene valores numéricos positivos.

Descripción: Todos los indicadores se miden en una escala continua, permitiendo un análisis detallado y preciso de la vulnerabilidad sísmica. Este nivel de medición es ideal para capturar variaciones finas en el comportamiento estructural bajo cargas sísmicas.

Instrumento:

Instrumento de recolección de datos (Cálculo):

Descripción: El cálculo es el método principal utilizado para plasmar estos indicadores, lo que implica el uso de modelos matemáticos y simulaciones para determinar los desplazamientos, distorsiones y rigidez lateral del hospital. Esto subraya la importancia de un análisis cuantitativo detallado en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Toda esta información ha sido plasmada en un instrumento de recolección de información.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de este trabajo de investigación según el enfoque es cuantitativo y aplicada según el propósito. Un estudio aplicado refiere al uso de información preestablecida a lo largo del tiempo (Arias, 2020). Por otro lado, un enfoque cuantitativo hace alusión a la obtención de resultados plasmando datos numéricos (Arias, 2006).

3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel explicativo se centra en desentrañar los motivos detrás de los fenómenos observados, buscando identificar las relaciones causales que los originan. Al probar una hipótesis, las investigaciones explicativas no solo se enfocan en reconocer las causas, sino también en entender los efectos que se derivan de ellas. Los hallazgos y conclusiones obtenidas en este tipo de estudios ofrecen el mayor grado de comprensión sobre los fenómenos en cuestión (Arias, 2006). El nivel de investigación es explicativo porque busca describir la causa y el efecto. El diseño de investigación propuesto para este trabajo de investigación consiste en los siguientes pasos.

1. Selección de la muestra: Se estudiarán las características arquitectónicas y estructurales del Hospital Regional de Ayacucho
2. Recopilación de datos: Se realizará una revisión bibliográfica para recopilar información sobre los terremotos que han ocurrido en la región en los últimos años y sus efectos sobre los hospitales de la zona. También se deben recopilar datos sobre el diseño estructural del Hospital Regional de Ayacucho y las características de los disipadores de energía SLB.
3. Análisis de datos: Se realizaron una serie de análisis estructurales de los datos recopilados para comparar la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho con y sin disipadores de energía SLB, y evaluar el impacto que tienen estos dispositivos en la reducción de los desplazamientos laterales, las máximas distorsiones de entrepiso y la rigidez lateral.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Según Narváez (2023), la definición de la población de estudio está condicionada por la definición previa de la unidad de análisis. De acuerdo con este autor, la unidad de análisis es el objeto del cual se pretende obtener información cuantitativa y objetiva. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mitigar la vulnerabilidad sísmica en una ubicación específica, en este caso, del Hospital Regional de Ayacucho. Por lo tanto, queda claramente establecido que la unidad de análisis en este trabajo de investigación es el Hospital Regional de Ayacucho. Según el mismo autor, la población es el conjunto total de unidades de análisis disponibles en un período de tiempo y en una determinada zona de trabajo. Estos parámetros pueden establecerse claramente al delimitar el problema de investigación. En este caso, la población corresponde al del Hospital Regional de Ayacucho, lo que implica que la población es unitaria.

3.2.2 MUESTRA

Según Muguirá (2017), la muestra es un subconjunto de la población, usualmente con un número de elementos mucho menor que el de la población. Se toma cuando el estudio de cada una de las unidades de análisis disponibles resulta imposible o inabordable. Es importante aclarar que la muestra se obtiene mediante un proceso llamado muestreo, que consiste en un proceso estadístico enfocado en la obtención de un conjunto de unidades representativas de la población. En el presente trabajo de investigación, al tener una población unitaria, no será necesario buscar una muestra ni utilizar un método de muestreo.

3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de investigación son métodos organizados y sistemáticos que facilitan la recolección de datos de forma efectiva, asegurando que la información obtenida sea objetiva y confiable (Maya, 2014). Los instrumentos utilizados para la recolección de datos son herramientas seleccionadas por los investigadores para obtener y analizar información sobre un tema específico, por lo que es esencial que estos sean válidos y confiables (Tamayo y Silva, 2019). Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se recopiló información principalmente a través de la consulta

bibliográfica y documental de las memorias de cálculo y planos disponibles. Además, se utilizaron fichas de recolección de datos apropiadas para este caso, diseñadas para obtener información sobre secciones transversales de columnas, vigas, muros, losas, entre otros. En otras palabras, se utilizó el análisis documental como medio de recolección de datos.

El análisis de la información consistirá en la recolección directa, para lo cual se ha acudido a la zona donde se encuentra ubicada la edificación y se tomarán muestras de suelo, materiales, entre otros, con el fin de realizar los estudios pertinentes y obtener información de fuentes primarias (ver anexo 3).

3.4 DISEÑO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El análisis de la vulnerabilidad sísmica propuesto tiene como objetivo evaluar la respuesta estructural de la edificación analizada en este trabajo de investigación. Para evaluar este parámetro, se medirá la reducción de parámetros de respuesta estructural, como las máximas distorsiones laterales de entrepiso. Luego, se ha llevado a cabo un análisis de confiabilidad utilizando modelos computacionales. Dado que las mediciones de ingeniería suelen producir datos normales, se empleará una prueba paramétrica para analizar los resultados obtenidos.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En cuanto al procesamiento y análisis de datos, en este trabajo de investigación se usa la estadística, que consiste en la cuantificación de datos y el procesamiento de estos, tanto de forma numérica como de forma gráfica. En este trabajo se aplicarán especialmente dos subtipos de técnicas claramente diferenciadas. La primera de ellas es la tabulación de los datos mediante el uso de cuadros de doble entrada. Este tipo de procesamiento de datos nos permitirá establecer relaciones directas entre las variables de interés. La segunda forma de procesamiento de datos consiste en la formulación de organizadores visuales. Dentro de este acápite no está incluida la generación de figuras en 2 dimensiones, esto consiste en observar la relación existente de forma gráfica entre las magnitudes de interés del problema de investigación (Ortega, 2021).

3.6 ASPECTOS ÉTICOS

Este apartado refiere a la aplicación directa de la ética en el proceso de investigación, así como en la información plasmada para su desarrollo (Acevedo, 2022). En cuanto a los aspectos éticos, se debe mencionar que el presente trabajo de investigación ha sido desarrollado de forma íntegra por los autores del mismo. En los casos en los que se utilicen ideas o conclusiones de otros autores, estas serán citadas apropiadamente siguiendo el sistema de citas de la American Psychological Association (APA). Es importante señalar que cualquier plagio o uso inapropiado de ideas de otros autores será considerado una violación ética y académica. Por lo tanto, se garantiza la integridad académica y la honestidad intelectual en la realización de este trabajo de investigación.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

OG: Evaluar la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico, Ayacucho 2023..

En conformidad al análisis sísmico realizado previamente, así como la determinación de la serviciabilidad, el desempeño sísmico y las aceleraciones espectrales plasmados en los objetivos específicos, se establece la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho conforme a los escenarios de estudio establecidos para la investigación.

Vulnerabilidad sísmica

Para calcular la vulnerabilidad sísmica de la estructura, es necesario analizar la relación entre la demanda y la capacidad que se muestra en la curva.

Tabla 6. *Niveles de vulnerabilidad*

Niveles de vulnerabilidad	
Indicadores	N° Ítems
$0.271 \leq V \leq 0.457$	Muy alta
$0.155 \leq V \leq 0.271$	Alta
$0.078 \leq V \leq 0.155$	Media
$0.039 < V \leq 0.078$	Baja

Nota. ASCE (2015).

Para proceder al cálculo del índice de vulnerabilidad, se ha tomado como base las aceleraciones espectrales establecidas en el análisis del punto de desempeño, realizados en el objetivo 4, de tal forma líneas abajo se establece el proceso de cálculo para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras.

Análisis eje X

- Identificación del Punto de Desempeño:

Escenario 1: Edificación con características base (Patrón).

El punto de desempeño se encuentra en la intersección de la curva de capacidad (verde) y la curva de demanda (roja).

Conforme a la figura 17, el punto de desempeño se ubica aproximadamente en un desplazamiento espectral de 0.654 cm, con una aceleración espectral de 0.2620g.

Escenario 2: Edificación con disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.

De acuerdo a la figura 21, el punto de desempeño se ubica aproximadamente en un desplazamiento espectral de 0.558 cm, con una aceleración espectral de 0.284g.

Escenario 3: Edificación con aisladores y disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.

Con relación a la figura 25, el punto de desempeño se ubica aproximadamente en un desplazamiento espectral de 0.565 cm, con una aceleración espectral de 0.286g.

- Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica:

La vulnerabilidad sísmica se puede estimar utilizando la relación entre la demanda y la capacidad. Esto se puede expresar en términos de un índice de vulnerabilidad V , donde:

$$V = \text{Demanda} / \text{Capacidad}$$

Cálculo Aproximado:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Capacidad vs demanda (Escenario 1 vs Escenario 2)

Capacidad:

$$C = 0.284g = 0.284 * 9.81 = 2.78604$$

Demanda:

$$D = 0.262g = 0.262 * 9.81 = 2.57022$$

Entonces, la vulnerabilidad V sería aproximadamente:

$$V = 2.57022 / 2.78604 \quad V = 0.9225$$

Capacidad vs demanda (Escenario 1 vs Escenario 3)

Capacidad:

$$C = 0.286g = 0.286 * 9.81 = 2.80566$$

Demanda:

$$D = 0.262g = 0.262 * 9.81 = 2.57022$$

Entonces, la vulnerabilidad V sería aproximadamente:

$$V = 2.57022 / 2.80566 \quad V = 0.9160$$

Análisis eje Y

- **Identificación del Punto de Desempeño:**

Escenario 1: Edificación con características base (Patrón).

El punto de desempeño se encuentra en la intersección de la curva de capacidad (verde) y la curva de demanda (roja).

Conforme a la figura 19, el punto de desempeño se ubica aproximadamente en un desplazamiento espectral de 0.247 cm, con una aceleración espectral de 0.292g.

Escenario 2: Edificación con disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.

De acuerdo a la figura 23, el punto de desempeño se ubica aproximadamente en un desplazamiento espectral de 0.233 cm, con una aceleración espectral de 0.306g.

Escenario 3: Edificación con aisladores y disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.

Con relación a la figura 27, el punto de desempeño se ubica aproximadamente en un desplazamiento espectral de 0.237 cm, con una aceleración espectral de 0.312g.

- **Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica:**

La vulnerabilidad sísmica se puede estimar utilizando la relación entre la demanda y la capacidad. Esto se puede expresar en términos de un índice de vulnerabilidad V, donde:

$$V = \text{Demanda} / \text{Capacidad}$$

Cálculo Aproximado:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Capacidad vs demanda (Escenario 1 vs Escenario 2)

Capacidad:

$$C = 0.306g = 0.306 * 9.81 = 3.00186$$

Demanda:

$$D = 0.292g = 0.292 * 9.81 = 2.86452$$

Entonces, la vulnerabilidad V sería aproximadamente:

$$V = 2.86452 / 3.00186 \quad V = 0.9542$$

Capacidad vs demanda (Escenario 1 vs Escenario 3)

Capacidad:

$$C = 0.312g = 0.312 * 9.81 = 3.06072$$

Demanda:

$$D = 0.292g = 0.292 * 9.81 = 2.86452$$

Entonces, la vulnerabilidad V sería aproximadamente:

$$V = 2.86452 / 3.06072 \quad V = 0.9358$$

Escala de Vulnerabilidad

De acuerdo con la tabla 6, que refiere a los niveles de vulnerabilidad, líneas abajo se precisa la vulnerabilidad de las estructuras analizadas.

Índice de Vulnerabilidad Estimado:

Escenario 1 vs Escenario 2

El valor de V calculado para la dirección X fue aproximadamente de 0.9225 y para Y fue 0.9542, esta información indica que la demanda sísmica es inferior a la capacidad de la estructura, precisándose una capacidad de reserva significativa para resistir mayores demandas sísmicas. Por consiguiente, el nivel de vulnerabilidad sísmica es media, dado que se ubican en el rango de $0.078 \leq V \leq 0.155$.

Escenario 1 vs Escenario 3

El valor de V calculado fue de aproximadamente X fue aproximadamente de 0.9160 y para Y fue 0.9358, esta información indica que la demanda sísmica es inferior a la capacidad de la estructura, precisándose una capacidad de reserva significativa para resistir mayores demandas sísmicas. Por lo tanto, el nivel de vulnerabilidad sísmica es media, dado que se ubican en el rango de $0.078 \leq V \leq 0.155$.

Por lo detallado con anterioridad, se puede concluir de forma directa que la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho se reduce con la implementación de las herramientas sísmicas, conjuntamente con la incorporación del concreto mejorado con las conchas de abanico.

OE1: Establecer el impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, Ayacucho 2023.

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión (7 días)

Tabla 7. *Compresión (7 días)*

Dosificaciones	Resistencia compresión				% Influencia
	1	2	3	Promedio	
Patrón (0%)	177.70	178.70	179.70	178.70	
Conchas de abanico 1%	180.90	181.70	182.30	181.63	1.64
Conchas de abanico 2%	184.70	183.60	184.50	184.27	3.12
Conchas de abanico 3%	187.20	188.20	185.80	187.07	4.68
Conchas de abanico 4%	175.60	177.20	175.80	176.20	-1.40
Conchas de abanico 5%	172.50	173.70	174.70	173.63	-2.84

Nota. Elaboración propia (2024).

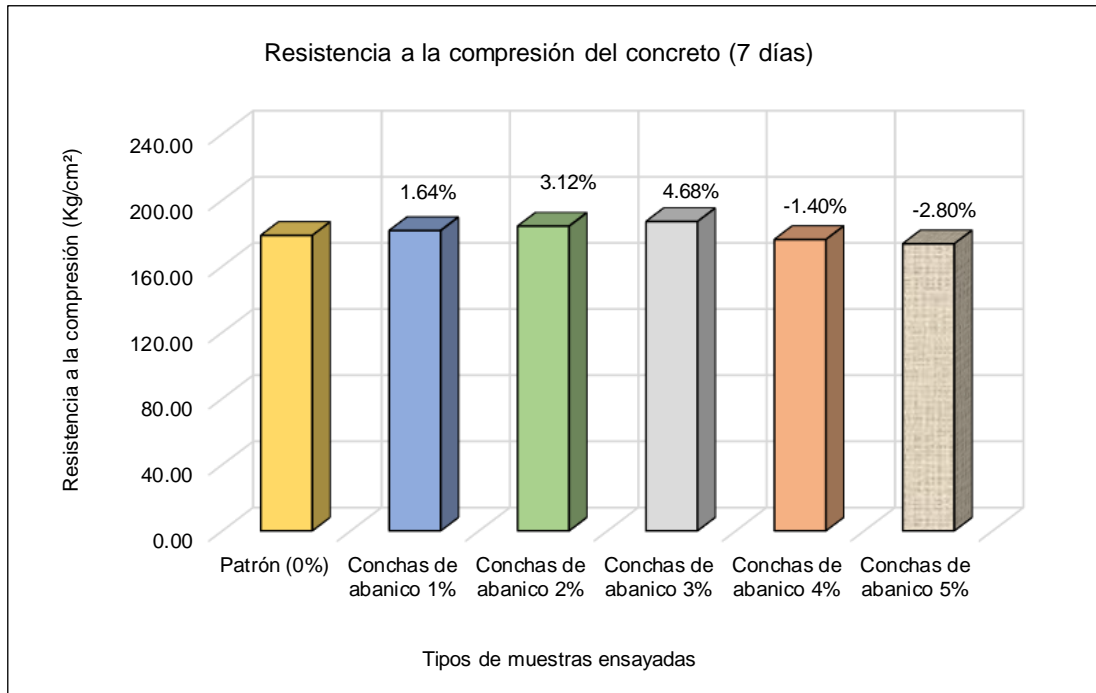


Figura 3. Comportamiento de la resistencia compresión (7 días)

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 7 y figura 3 se denota los resultados del ensayo a compresión realizados a los especímenes de concreto conformados por ceniza de concha de abanico y sin este material, a la edad de 7 días de curado. De tal forma, se ha obtenido tendencias progresivas positivas hasta la incorporación de 3%, posteriormente a ello la resistencia tiene una proclividad a disminuir. Conforme a los resultados, se determina que la mayor resistencia se ha logrado obtener con la combinación de 3% de conchas de abanico, con un valor de 187.07 Kg/cm², incrementando un 4.68% respecto al espécimen patrón.

Resistencia a la compresión (14 días)

Tabla 8. Compresión (14 días)

Dosificaciones	Resistencia compresión				% Influencia
	1	2	3	Promedio	
Patrón (0%)	200.50	201.30	202.60	201.47	
Conchas de abanico 1%	203.70	204.40	205.10	204.40	1.46
Conchas de abanico 2%	206.40	207.50	206.10	206.67	2.58
Conchas de abanico 3%	207.90	209.20	210.10	209.07	3.77
Conchas de abanico 4%	199.90	197.80	197.30	198.33	-1.56
Conchas de abanico 5%	195.40	194.50	195.90	195.27	-3.08

Nota. Elaboración propia (2024).

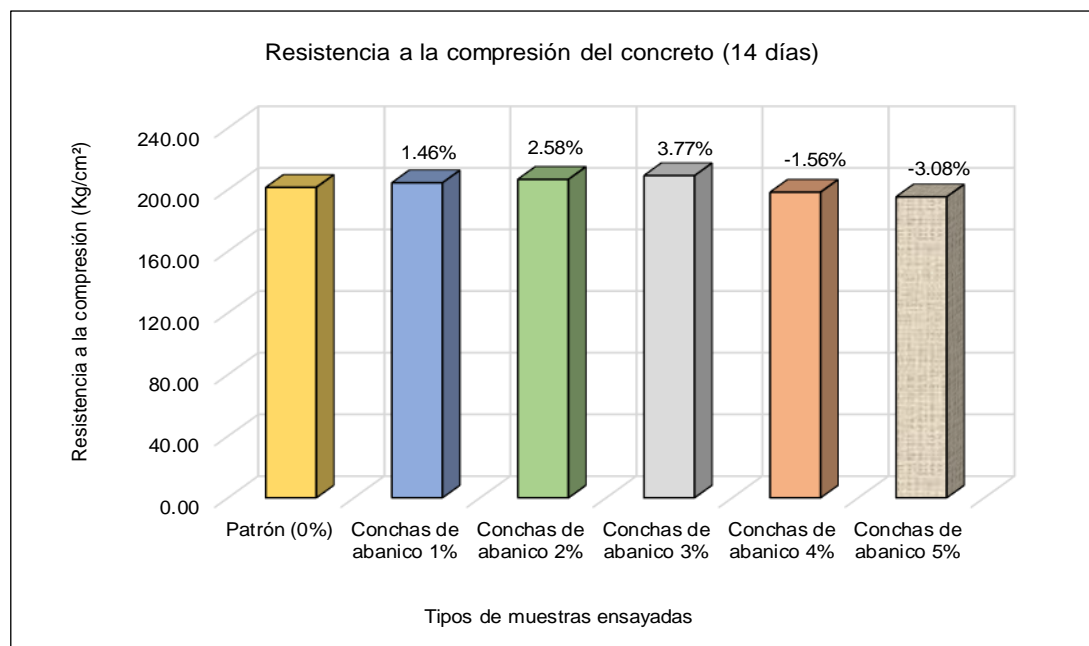


Figura 4. Comportamiento de la resistencia compresión (14 días)

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 8 y figura 4 se precisa los resultados del ensayo a compresión realizados a los especímenes de concreto conformados por ceniza de concha de abanico y sin este material, a la edad de 14 días de curado. De tal forma, se ha obtenido tendencias progresivas positivas hasta la incorporación de 3%, posteriormente a ello la resistencia tiene una proclividad a disminuir. Conforme a los resultados, se determina que la mayor resistencia se ha logrado obtener con la combinación de 3% de conchas de abanico, con un valor de 209.07 Kg/cm², incrementando un 3.77% respecto al espécimen patrón.

Resistencia a la compresión (28 días)

Tabla 9. *Compresión (28 días)*

Dosificaciones	Resistencia compresión				% Influencia
	1	2	3	Promedio	
Patrón (0%)	255.90	257.30	256.60	256.60	
Conchas de abanico 1%	258.50	259.90	259.50	259.30	1.05
Conchas de abanico 2%	261.20	262.90	262.40	262.17	2.17
Conchas de abanico 3%	264.80	263.60	263.20	263.87	2.83
Conchas de abanico 4%	254.40	252.30	253.70	253.47	-1.22
Conchas de abanico 5%	251.40	250.50	249.20	250.37	-2.43

Nota. Elaboración propia (2024).

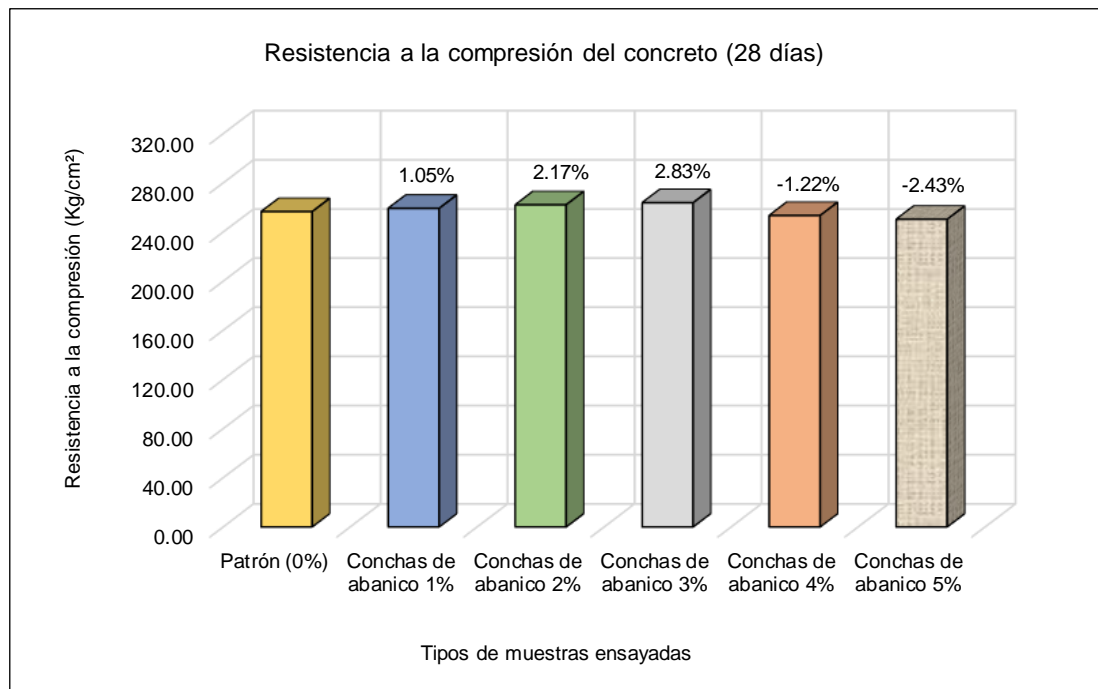


Figura 5. Comportamiento de la resistencia compresión (28 días)

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 9 y figura 5 se precisa los resultados del ensayo a compresión realizados a los especímenes de concreto conformados por ceniza de concha de abanico y sin este material, a la edad de 28 días de curado. De tal forma, se ha obtenido tendencias progresivas positivas hasta la incorporación de 3%, posteriormente a ello la resistencia tiene una proclividad a disminuir. Conforme a los resultados, se determina que la mayor resistencia se ha logrado obtener con la combinación de 3% de conchas de abanico, con un valor de 263.87 Kg/cm², acrecentándose un 2.83% respecto al espécimen patrón.

Cabe precisar que, antes de realizar todo el estudio de vulnerabilidad ha sido necesario desarrollar el proceso de análisis de la resistencia a la compresión del concreto mejorado con conchas de abanico, con el propósito de determinar la mayor resistencia, para que esta sea empleada como refuerzo en el escenario 2 y 3, conjuntamente con la aplicación de las herramientas sísmicas correspondientes, es por ello la valía de estudiar de forma preliminar este objetivo.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Para analizar la incidencia de las conchas de abanico en el módulo de elasticidad se ha ensayado los especímenes de concreto conformado por el ejemplar patrón (0%) y la composición con conchas de abanico que presentó la mejor resistencia, mezcla 3%.

Módulo de elasticidad – Concreto patrón (0%)

Tabla 10. *Parámetros para el cálculo (Patrón)*

Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Kg/cm²)
0.000000	0.00
0.000010	6.37
0.000040	12.73
0.000070	19.10
0.000090	25.46
0.000100	31.83
0.000130	38.20
0.000150	44.56
0.000170	50.93
0.000190	57.30
0.000210	63.66
0.000230	70.03
0.000250	76.39
0.000260	82.76
0.000270	89.13
0.000300	95.49
0.000320	101.86

0.000340	108.23
0.000350	114.59
0.000370	120.96
0.000400	127.32
0.000410	133.69
0.000430	140.06

Nota. Elaboración propia (2024).

Tabla 11. Módulo de elasticidad (Patrón)

Parámetros	Unidad (Kg/cm ²)
Módulo E _c	334484
Cte. Elást. f'c Ult.	20883
Cte. Elást. f'c Nomin.	20865

Nota. Elaboración propia (2024).

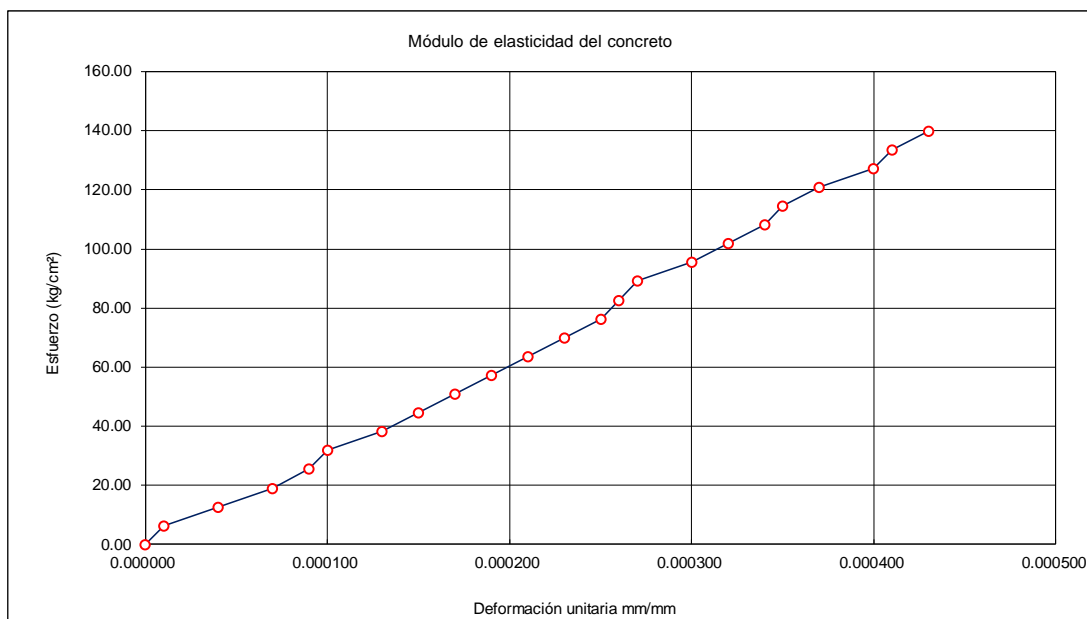


Figura 6. Módulo de elasticidad (Patrón)

Fuente: Elaboración propia (2024).

En tabla 10, 11, y figura 6, se denota el módulo de elasticidad del concreto patrón, para el cual se ha obtenido un resultado de 334484 Kg/cm². Este parámetro detalla la capacidad del concreto para deformarse al aplicarle cargas progresivas.

Tabla 12. *Parámetros para el cálculo (3% conchas de abanico)*

Deformación unitaria (mm/mm)	Esfuerzo (Kg/cm²)
0.000000	0.00
0.000010	6.37
0.000030	12.73
0.000060	19.10
0.000080	25.46
0.000090	31.83
0.000110	38.20
0.000140	44.56
0.000160	50.93
0.000180	57.30
0.000190	63.66
0.000210	70.03
0.000230	76.39
0.000240	82.76
0.000260	89.13
0.000280	95.49
0.000310	101.86
0.000330	108.23
0.000350	114.59

0.000380	120.96
0.000410	127.32
0.000420	133.69
0.000440	140.06
0.000460	146.42

Nota. Elaboración propia (2024).

Tabla 13. Módulo de elasticidad (3% conchas de abanico)

Parámetros	Unidad (Kg/cm ²)
Módulo E _c	399560
Cte. Elást. f'c Ult.	24582
Cte. Elást. f'c Nomin.	24591

Nota. Elaboración propia (2024).

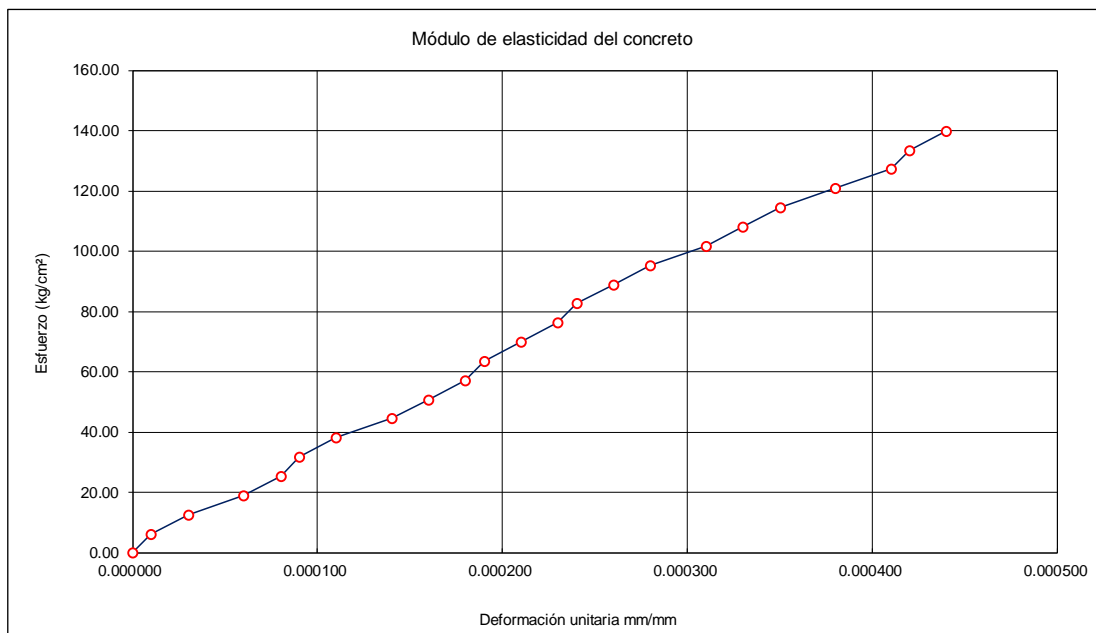


Figura 7. Módulo de elasticidad (3% conchas de abanico)

Fuente: Elaboración propia (2024).

En tabla 12, 13, y figura 7, se detalla el módulo de elasticidad del concreto con 3% conchas de abanico, obteniéndose un resultado de 399 560 Kg/cm². Este parámetro demuestra el cambio que ha sufrido el concreto para deformarse elásticamente.

OE2: Determinar el impacto que tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023.

Análisis sísmico estático y dinámico (Análisis PUSH OVER)

En la investigación, se ha realizado un proceso de análisis por desempeño (Pus Over) para poder realizar el análisis de vulnerabilidad y determinar la serviciabilidad de la estructura de estudio.

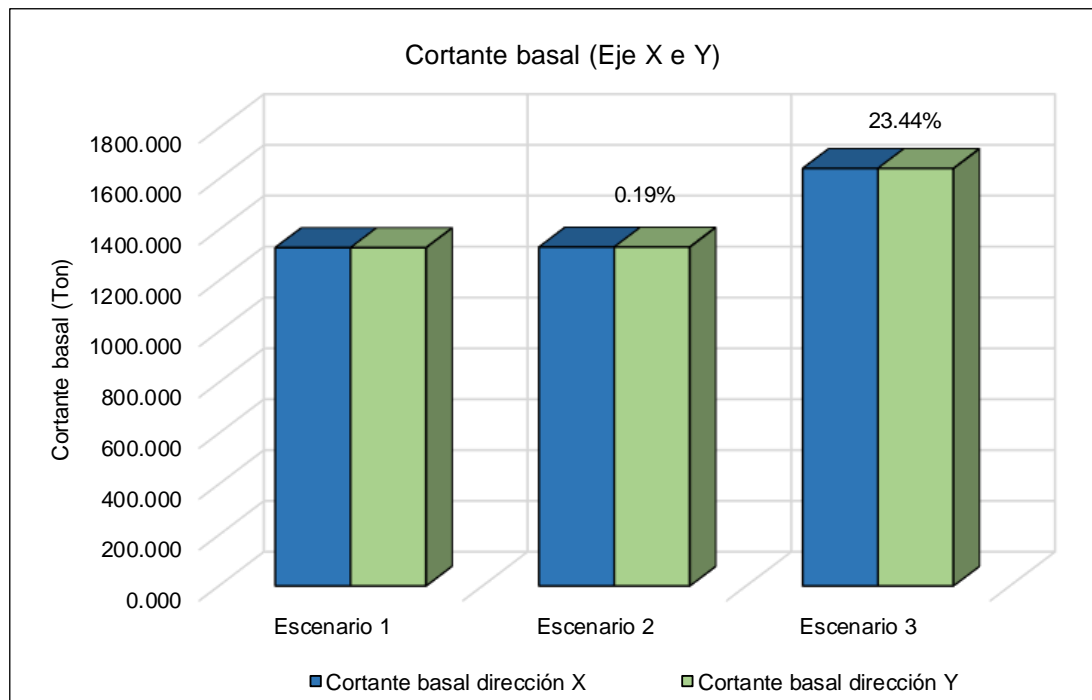
Para el análisis de sísmico se ha considerado 3 escenarios de estudio, los cuales presentan las siguientes denominaciones y características:

- **Escenario 1:**
Edificación con características base (Patrón).
- **Escenario 2:**
Edificación con disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.
- **Escenario 3:**
Edificación con aisladores y disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.

Cortante estática

Tabla 14. Cortante basal (X e Y)

Cortante basal (Tonf)			
Parámetro de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
V basal X	1330.135	1332.632	1641.956
V basal Y	1330.135	1332.632	1641.956
% Influencia (X)		0.19	23.44
% Influencia (Y)		0.19	23.44



Nota. Elaboración propia (2024).

Figura 8. Cortante estática (dirección X e Y).

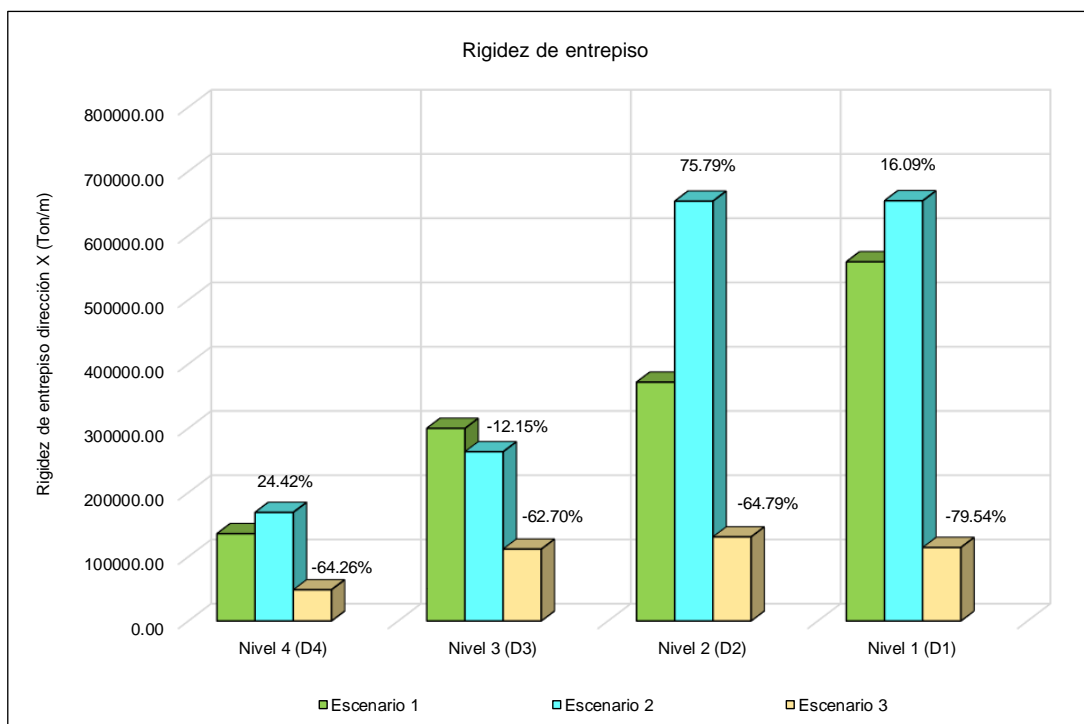
Fuente: Elaboración propia (2024).

De acuerdo a la tabla 14 y figura 8, se establece los valores de la cortante estática determinada para los tres escenarios de estudio con respecto al eje X e Y. De tal forma, se denota que el escenario 1, tiene la menor cortante basal, 1330.135 tonf, mientras que la cortante del escenario 2 incrementa un 0.19% con respecto al escenario 1. De igual forma, el escenario 3, presenta una V estática de 1641.956 tonf, aumentando un 23.44%. Cabe precisar que las cortantes del escenario 2 y 3 tienden a incrementar, pudiéndose suponer que, por el peso de las herramientas sísmicas y su sistema de apoyo, así como de la estructura, dado que no se retiró muros para alivianar la carga, tal y como se haría según el concepto de aislación sísmica, es por lo que la estructura presentó dicho comportamiento. Además, la resistencia del concreto fue mayor, dado que se empleó el concreto mejorado con conchas de abanico, lo que supone un aumento en el peso de la estructura. La edificación se mantuvo en su composición base con el fin de poder verificar su comportamiento conforme a estas características, siendo influenciada por la colocación de las herramientas sísmicas, sin alterar su distribución estructural.

RIGIDEZ DE ENTREPISO DIRECCIÓN X

Tabla 15. Rigidez de entrepiso Eje X

Rigidez Eje X (Ton/m)			
Centros de masa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
D4	135898.97	169088.06	48567.88
D3	299925.90	263484.45	111881.06
D2	371792.09	653584.04	130898.43
D1	559185.69	654213.01	114419.79



Nota. Elaboración propia (2024).

Figura 9. Rigidez de entrepiso eje X.

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 15 y figura 9 se denota la rigidez de entrepiso en la dirección X. De la información, se detalla un incremento de la rigidez en el escenario 2, mientras que el escenario 3, se reduce esta propiedad, con respecto al escenario patrón. Dado que

los sistemas de disipación y aislación en conjunto incrementan la flexibilidad de la estructura, provocan que esta tienda a perder rigidez. De tal manera, conforme a cada nivel de la estructura, se establece un incremento de la rigidez en un rango de entre 24% a 76% en el escenario 2 con relación al escenario 1. Por otra parte, en el escenario 3, se ha presentado una reducción de la rigidez de entre 64% a 80% conforme a cada nivel de forma diferenciada, en contraste al escenario 1.

RIGIDEZ DE ENTREPISO DIRECCIÓN Y

Tabla 16. Rigidez de entrepiso Eje Y

Rigidez Eje Y (Ton/m)			
Centros de masa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
D4	322048.62	357112.44	126072.03
D3	714017.14	798314.51	287962.20
D2	881952.46	1122191.46	350255.65
D1	1288890.50	1420716.31	313009.38

Nota. Elaboración propia (2024).

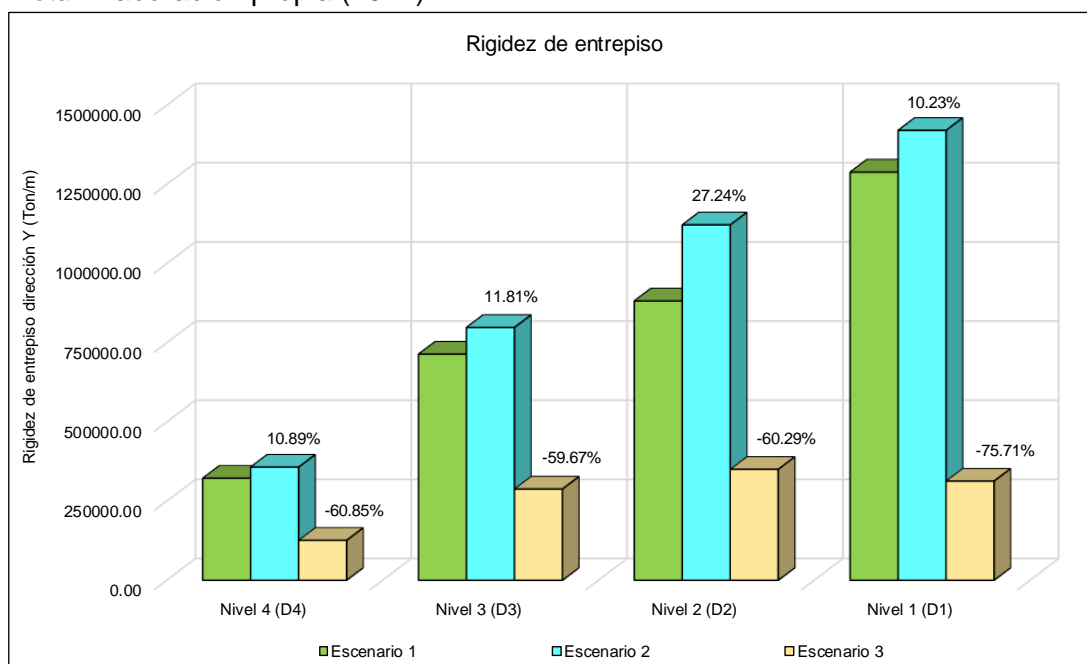


Figura 10. Rigidez de entrepiso eje Y.

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 16 y figura 10 se detalla la rigidez de entrepiso en la dirección Y. De la información, se detalla un incremento de la rigidez en el escenario 2, mientras que el escenario 3, se reduce esta propiedad, con respecto al escenario patrón. Dado que los sistemas de disipación y aislación en conjunto incrementan la flexibilidad de la estructura, provocan que esta tienda a perder rigidez. De tal forma, conforme a cada nivel de la estructura, se establece un incremento de la rigidez en un rango de entre 10% a 30% en el escenario 2 con relación al escenario 1. Por otra parte, en el escenario 3, se ha presentado una reducción de la rigidez de entre 60% a 76% conforme a cada nivel de manera diferenciada, en contraste al escenario 1.

DESPLAZAMIENTOS EN LA DIRECCIÓN X

Tabla 17. Desplazamiento en X

Desplazamientos Eje X (m)			
Centros de masa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
D4	0.008533	0.007051	0.280708
D3	0.006590	0.005536	0.275875
D2	0.004428	0.003784	0.271562
D1	0.001928	0.001661	0.266391

Nota. Elaboración propia (2024).

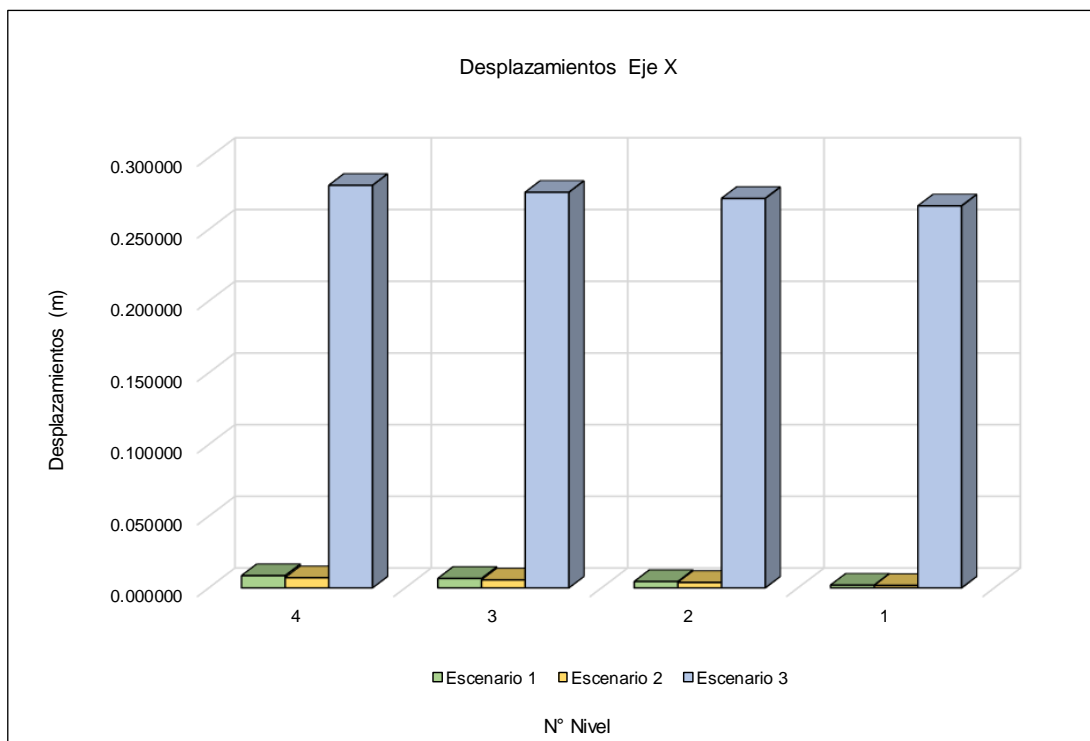


Figura 11. Desplazamientos eje X.

Fuente: Elaboración propia (2024).

De acuerdo a la tabla 17 y figura 11, se presenta los desplazamientos laterales en el sentido X obtenidos por medio del análisis sísmico en el programa ETABS. Conforme

a los resultados, se establece una reducción de los desplazamientos en el escenario 2 con respecto al escenario patrón, mientras que el escenario 3, tiende a incrementar sus desplazamientos. De tal forma, en el escenario 2 se observó una mayor reducción de los desplazamientos en el piso 4, con un valor de 0.007051 m, siendo 17.37% menos que el valor mostrado en el E1 respecto al mismo nivel. Por lo tanto, se ha establecido que la implementación de herramientas sísmicas ha permitido obtener desplazamientos considerables con relación a la edificación patrón. Cabe precisar que, el comportamiento de este parámetro puede deberse al peso adicional que generan estos sistemas de aislación y disipación sísmica, además de que no se retiró muros en la estructura, con el propósito de evidenciar de forma directa el comportamiento en su estado base y con sus modificaciones, tanto con estos sistemas como con la incorporación del concreto mejorado con conchas de abanico. Así mismo, es pertinente detallar que el sistema de aislación y disipación en conjunto han provocado una mayor flexibilidad, por lo que la estructura ha presentado menor rigidez, por ende, se ha obtenido mayores desplazamientos.

DESPLAZAMIENTOS EN LA DIRECCIÓN Y

Tabla 18. *Desplazamiento en Y*

Desplazamientos Eje Y (m)			
Centros de masa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
D4	0.00410	0.00371	0.26286
D3	0.00317	0.00269	0.26114
D2	0.00215	0.00195	0.25918
D1	0.00094	0.00086	0.25678

Nota. Elaboración propia (2024).

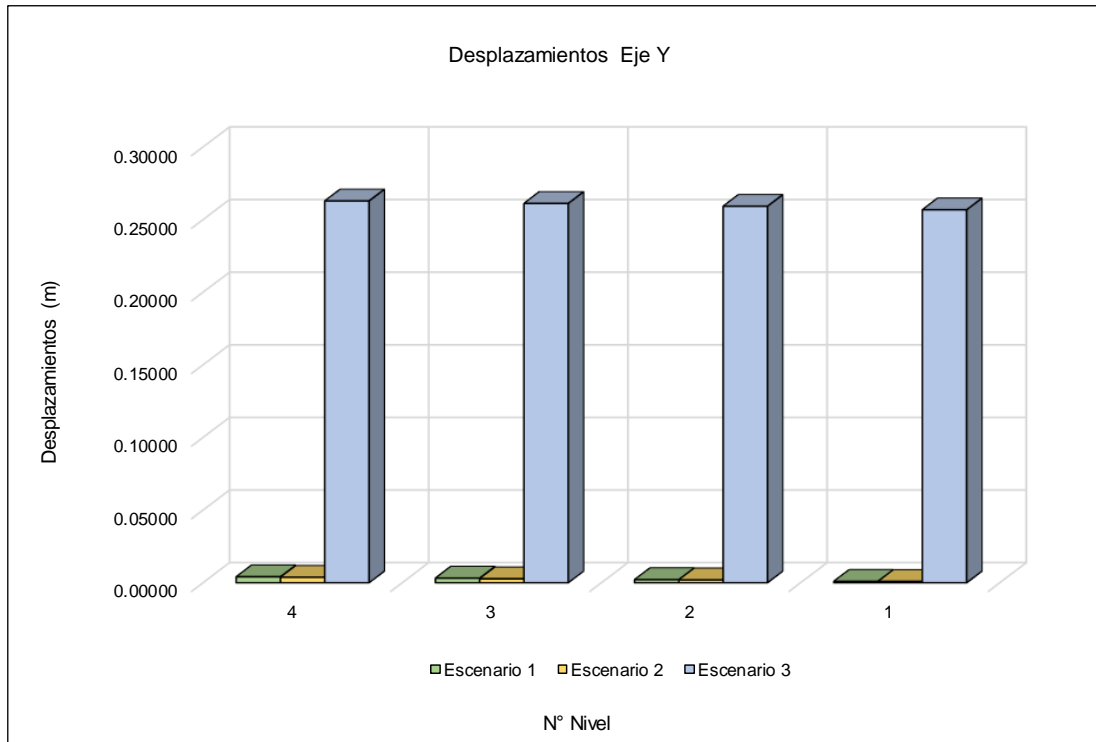


Figura 12. Desplazamientos eje Y.

Fuente: Elaboración propia (2024).

De acuerdo a la tabla 18 y figura 12, se presenta los desplazamientos laterales en el sentido Y obtenidos por medio del análisis sísmico en el programa ETABS. De acuerdo a los resultados, se establece una reducción de los desplazamientos en el escenario 2 con respecto al escenario patrón, mientras que el escenario 3, tiende a incrementar sus desplazamientos. De tal manera, en el escenario 2 se observó una mayor reducción de los desplazamientos en el piso 3, con un valor de 0.0026870 m, siendo 15.263% menos que el valor mostrado en el E1 respecto al mismo nivel. Por lo tanto, se ha establecido que la implementación de herramientas sísmicas ha permitido obtener desplazamientos considerables con relación a la edificación patrón. Cabe precisar que, el comportamiento de este parámetro puede deberse al peso adicional que generan estos sistemas de aislación y disipación sísmica y con la incorporación del concreto mejorado con conchas de abanico. Así también, es pertinente detallar que el sistema de aislación y disipación en conjunto han provocado

una mayor flexibilidad, por lo que la estructura ha presentado menor rigidez, por ende, se ha obtenido mayores desplazamientos.

OE3: Establecer el efecto que tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en las distorsiones de entrepiso del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023.

Análisis sísmico estático y dinámico (Análisis PUSH OVER)

Tabla 19. *Cortante dinámico (X e Y)*

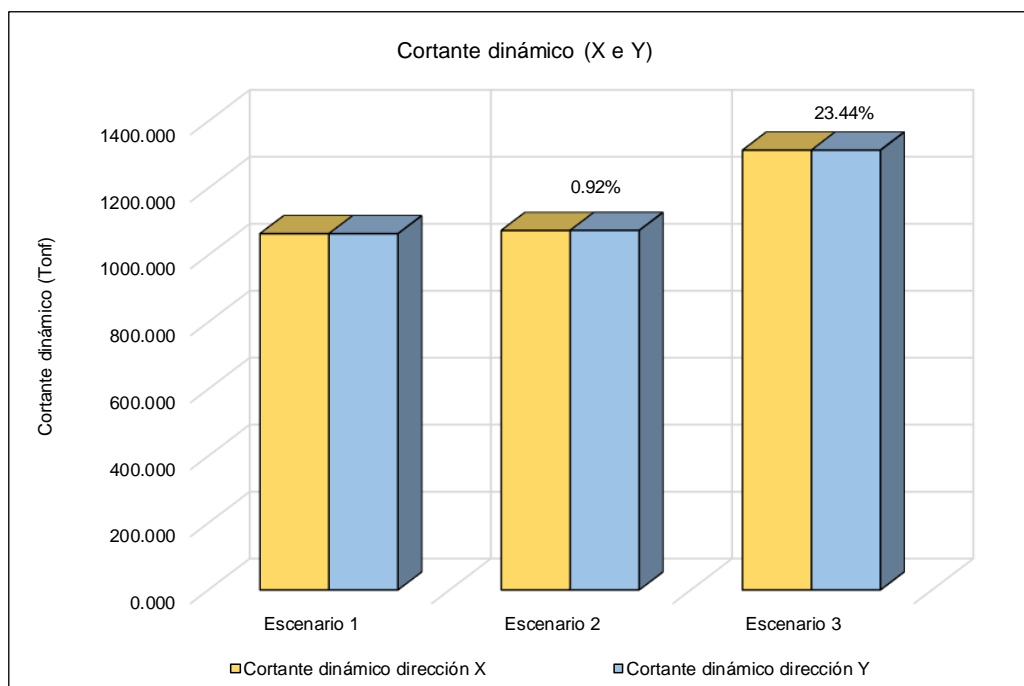
Cortante dinámico (Tonf)			
Parámetros de análisis	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
V dinámico X	1064.112	1073.649	1313.572
V dinámico Y	1064.115	1073.890	1313.567
% Variación (XX)		0.90	23.44
% Variación (YY)		0.92	23.44

Nota. Elaboración propia (2024).

Figura 13. Cortante dinámica (dirección X e Y).

Fuente: Elaboración propia (2024).

Conforme a la tabla 19 y figura 13, se presenta los valores de la cortante dinámica determinada para los tres escenarios de estudio con respecto al eje X e Y. De tal forma, para ambas direcciones, se denota que el escenario 2 presenta una V dinámica de 1073.649 tonf, incrementando un 0.90% con respecto al escenario 1. De igual manera, el escenario 3, presenta una V dinámica de 1313.572 tonf, aumentando un 23.44% en contraste al escenario base. Conforme a la Norma E.030 se ha cumplido con que las cortantes dinámicas tengan un valor como mínimo del 80% del valor de la cortante estática. Cabe precisar que, estas cortantes tienden a acrecentarse, pudiéndose suponer que, por el peso de los sistemas sísmicos, así como de la incorporación del concreto mejorado con conchas de abanico, además de que no se retiró muros para alivianar la carga, tal y como se haría según el concepto de aislación sísmica, es por lo que la estructura presentó este comportamiento. Sin embargo, esto no determina que la estructura muestre un menor



desempeño sísmico.

DERIVAS EN LA DIRECCIÓN X

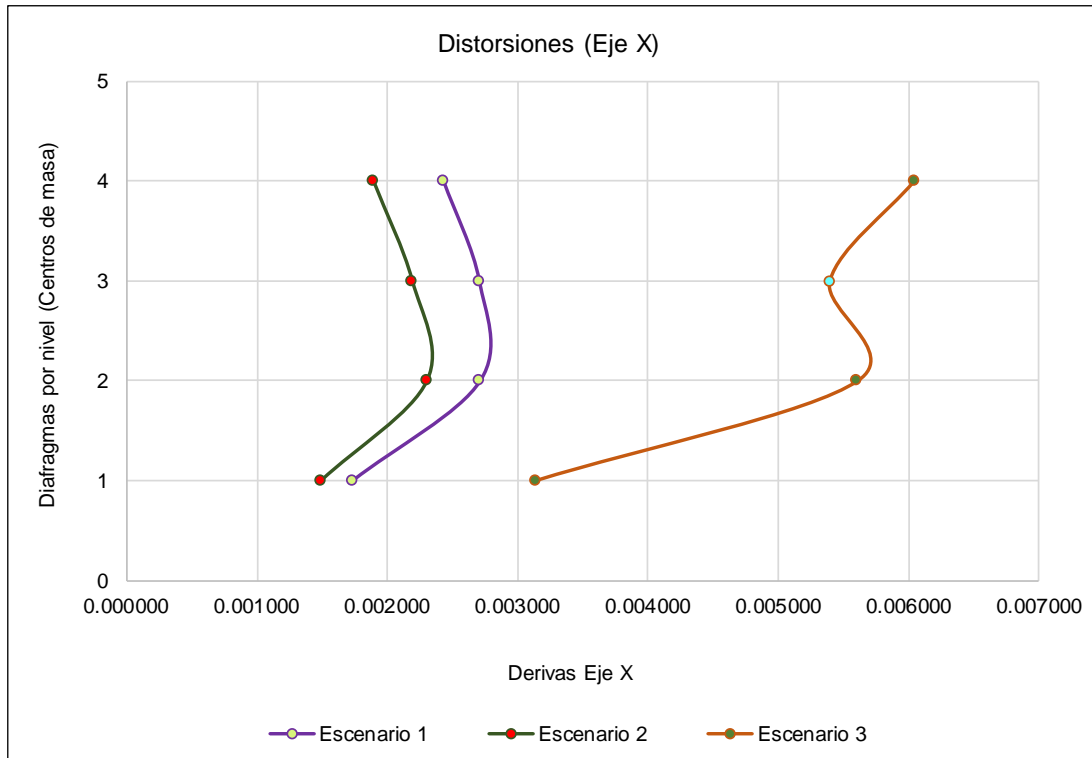


Tabla 20. *Derivas en X*

Distorsiones (Eje X)			
Centros de masa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
D4	0.002429	0.001894	0.006041
D3	0.002703	0.002190	0.005391
D2	0.002711	0.002302	0.005607
D1	0.001735	0.001495	0.003135
% Influencia (D4)		-22.03	147.74
% Influencia (D3)		-18.96	99.49
% Influencia (D2)		-15.08	106.84
% Influencia (D1)		-13.85	80.65

Nota. Elaboración propia (2024).

Figura 14. Distorsiones eje X.

Fuente: Elaboración propia (2024).

De acuerdo a la tabla 20 y figura 14, se presenta las derivas laterales en el sentido X obtenidos por medio del análisis sísmico en el programa ETABS. De acuerdo a los resultados, se establece una reducción de las derivas en el escenario 2, mientras que en el escenario 3, esta tiende a incrementar con respecto al escenario base. De tal forma, en el escenario 2, se observó una mayor reducción de las distorsiones en el piso 4, con un valor de 0.0018938 m, siendo 22.03% menos que el valor mostrado en el E1 respecto al mismo nivel. Debido a los resultados, se ha establecido que la implementación de sistemas de aislación y disipación sísmica han permitido obtener derivas considerables con relación a la edificación patrón. Cabe precisar que el comportamiento de este parámetro puede deberse al peso adicional que generan estos sistemas de aislación y disipación sísmica, puesto que no se retiró muros en la estructura, además de que se incorporó el concreto mejorado con conchas de abanico. Cabe destacar que este comportamiento no determinó que la estructura presente un menor desempeño sísmico, puesto que los tres escenarios presentaron derivas menores al límite permisible de 0.007 para concreto armado, conforme a la Tabla N° 11 de la Norma E.030. Es relevante precisar que, en el escenario 3 se obtuvo derivas cercanas al permisible, con una cierta holgura, esto permite detallar que el comportamiento es adecuado, dado que una lejanía considerable de las distorsiones respecto al límite, no sugiere un mejor comportamiento, sino que presenta una mayor rigidez, lo cual no siempre es idónea, dado que se requiere un equilibrio entre la rigidez y ductilidad de la estructura, para de esta manera lograr un desempeño y comportamiento adecuado ante cargas sísmicas considerables.

DERIVAS EN LA DIRECCIÓN Y

Tabla 21. Derivas en Y

Distorsiones (Eje Y)			
Centros de masa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
D4	0.00116	0.00128	0.00216
D3	0.00127	0.00092	0.00244
D2	0.00132	0.00119	0.00261
D1	0.00084	0.00077	0.00216
% Influencia (D4)		10.345	86.207
% Influencia (D3)		-27.796	91.843
% Influencia (D2)		-9.715	98.102
% Influencia (D1)		-8.849	98.102

Nota. Elaboración propia (2024).

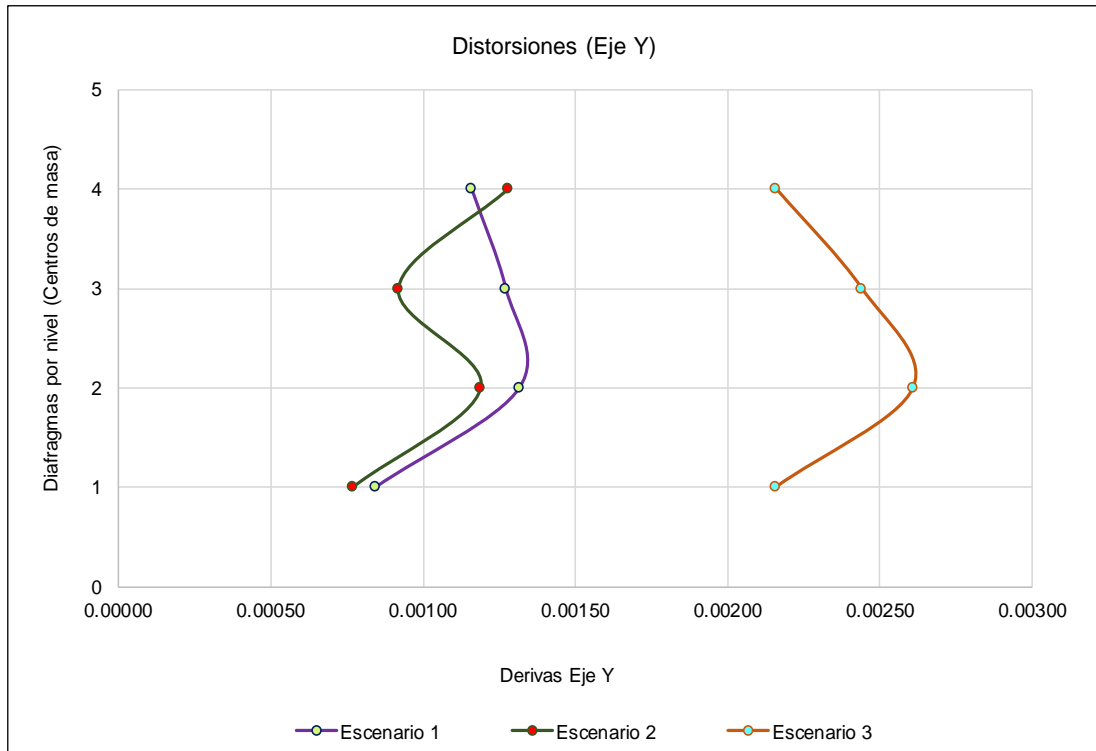


Figura 15. Distorsiones eje Y.

Fuente: Elaboración propia (2024).

En coherencia a la tabla 21 y figura 15, se presenta las derivas laterales en el sentido X obtenidos por medio del análisis sísmico en el programa ETABS. Con respecto a los resultados, se determina una reducción de las derivas en el escenario 2, mientras que en el escenario 3, esta tiende a incrementar con respecto al escenario base. De tal forma, en el escenario 2, se observó una mayor reducción de las distorsiones en el piso 3, con un valor de 0.0009188 m, siendo 27.796% menos que el valor mostrado en el E1 respecto al mismo nivel. Debido a los resultados, se ha establecido que la implementación de sistemas de aislación y disipación sísmica han permitido obtener derivas considerables con relación a la edificación patrón. Cabe denotar que el comportamiento de este parámetro puede deberse al peso adicional que generan estos sistemas de aislación y disipación sísmica, puesto que no se retiró muros en la estructura, además de que se incorporó el concreto mejorado con conchas de abanico. Cabe precisar que este comportamiento no determinó que la estructura presente un menor desempeño sísmico, puesto que los tres escenarios presentaron derivas menores al límite permisible de 0.007 para concreto armado, conforme a la

Tabla N° 11 de la Norma E.030. Es relevante detallar que, en el escenario 3 se obtuvo derivas cercanas al permisible, con una cierta holgura, esto permite establecer que el comportamiento es adecuado, puesto que una lejanía considerable de las distorsiones respecto al límite, no sugiere un mejor comportamiento, sino que presenta una mayor rigidez, lo cual no siempre es idónea, dado que se requiere un equilibrio entre la rigidez y ductilidad de la estructura, para de esta manera lograr un desempeño y comportamiento adecuado ante cargas sísmicas considerables.

De acuerdo al análisis realizado en el objetivo 2 y 3, donde se ha confirmado un adecuado comportamiento sísmico de las estructuras, a nivel estático y dinámico, se procede en el objetivo 4 a determinar los puntos de desempeño, en cada escenario y respecto a cada dirección de análisis, con el fin de determinar las aceleraciones espectrales que serán empleadas para determinar los índices de vulnerabilidad, y en consecuencia la vulnerabilidad sísmica de la estructura. Por lo tanto, es necesario en primera instancia corroborar el cumplimiento de los parámetros sísmicos según la Norma E.030 para posteriormente continuar con el análisis de vulnerabilidad sísmica, dado que el comportamiento de las estructuras tiene que estar dentro de los límites permisibles para establecer que las edificaciones son estables y soportan adecuadamente las fuerzas sísmicas.

OE4: Determinar la serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho incorporando disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico con respecto a las características base del Hospital Regional de Ayacucho.

Desempeño sísmico – Serviciabilidad y Vulnerabilidad sísmica



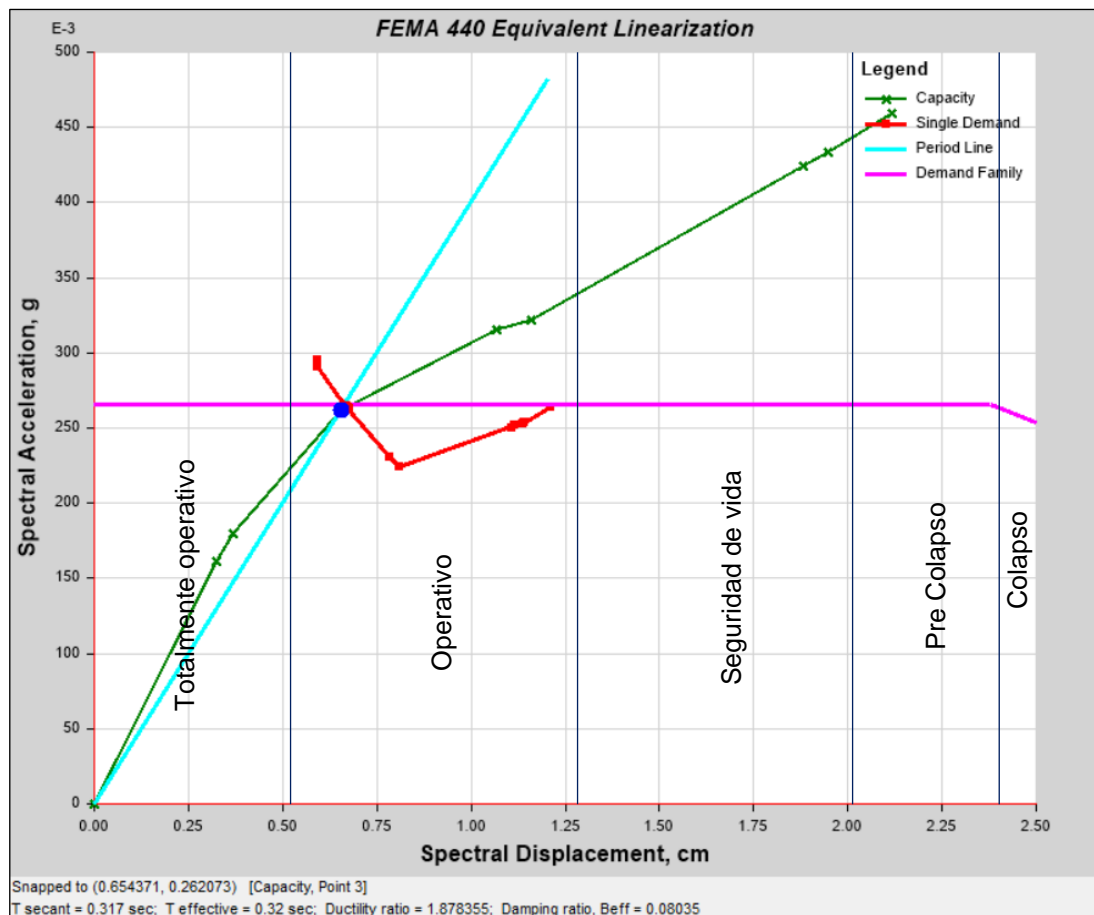
Análisis de la estructura base (sin disipadores y aisladores)

Figura 16. Curva de capacidad Eje X (Escenario 1).

Fuente: Elaboración propia (2024).

Con respecto a la figura 16, se muestra la curva de capacidad, que relaciona la fuerza cortante en la base de la estructura con el desplazamiento monitoreado. Esta curva, representada en verde, comienza con una pendiente pronunciada que indica un

comportamiento elástico de la estructura bajo pequeñas deformaciones. A medida que el desplazamiento aumenta, la curva se torna menos inclinada, reflejando la entrada de la estructura en un régimen inelástico donde se produce daño acumulativo y la capacidad de resistencia disminuye progresivamente. El rango elástico está dado aproximadamente hasta un desplazamiento 0.492 cm, con una cortante en la base



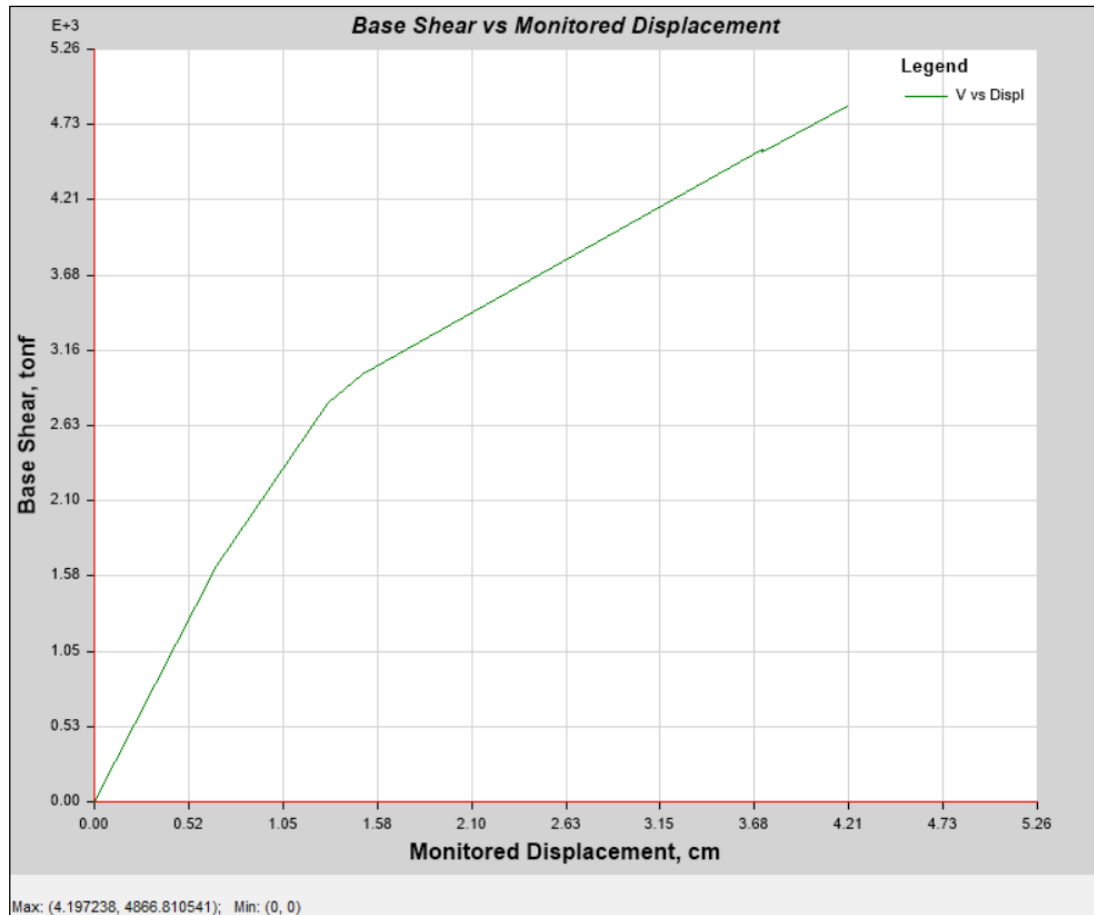
de 660.72 Tonf.

Figura 17. Punto de desempeño – Eje X (Escenario 1).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la figura 17 se aprecia la curva de capacidad, pero en un espacio de desplazamiento espectral, junto con la curva de demanda sísmica, representada en rojo. La curva de demanda describe cómo se espera que la estructura responda ante un evento sísmico específico. El punto donde estas dos curvas se interceptan es conocido como el punto de desempeño sísmico de la estructura. Este punto es crítico

porque define el nivel de desplazamiento y aceleración espectral en el cual la estructura alcanzará un equilibrio entre su capacidad y la demanda sísmica. En este caso, la intersección ocurre aproximadamente a un desplazamiento espectral de 0.654 cm, con una aceleración espectral de 0.262g. Esto sugiere que la estructura presenta una serviciabilidad de “Operativo” para soportar el evento sísmico dentro de



estos límites antes de sufrir daños considerables.

Figura 18. Curva de capacidad Eje Y (Escenario 1).

Fuente: Elaboración propia (2024).

Con respecto a la figura 18, se muestra la curva de capacidad, que relaciona la fuerza cortante en la base de la estructura con el desplazamiento monitoreado. Se precisa que, a medida que el desplazamiento aumenta, la curva se torna menos inclinada, reflejando la entrada de la estructura en un régimen inelástico donde se produce daño acumulativo y la capacidad de resistencia disminuye progresivamente. El rango

elástico está dado aproximadamente hasta un desplazamiento 0.677 cm, con una cortante en la base de 1647.805 Tonf.

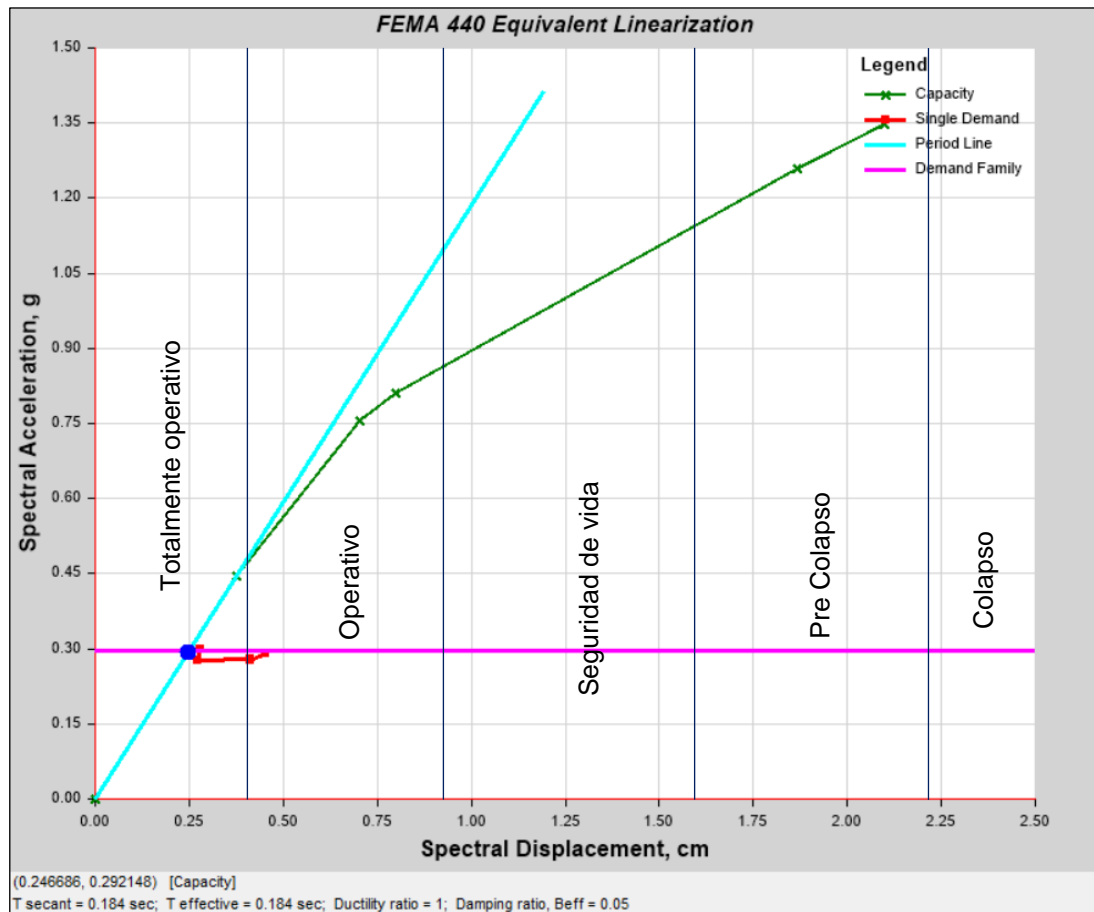


Figura 19. Punto de desempeño – Eje Y (Escenario 1).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la figura 19 se aprecia la curva de capacidad, pero en un espacio de desplazamiento espectral, junto con la curva de demanda sísmica, representada en rojo. Este punto es crítico porque define el nivel de desplazamiento y aceleración espectral en el cual la estructura alcanzará un equilibrio entre su capacidad y la demanda sísmica. En este caso, la intersección ocurre aproximadamente a un desplazamiento espectral de 0.247 cm, con una aceleración espectral de 0.292g. Esto sugiere que la estructura presenta una serviciabilidad de “Totalmente operativo” para soportar el evento sísmico dentro de estos límites antes de sufrir daños considerables.

Análisis de la estructura con disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.



Figura 20. Curva de capacidad Eje X (Escenario 2).

Fuente: Elaboración propia (2024).

Con respecto a la figura 20, se muestra la curva de capacidad, que relaciona la fuerza cortante en la base de la estructura con el desplazamiento monitoreado. Se precisa que, a medida que el desplazamiento aumenta, la curva se torna menos inclinada, reflejando la entrada de la estructura en un régimen inelástico donde se produce daño acumulativo y la capacidad de resistencia disminuye progresivamente. El rango elástico está dado aproximadamente hasta un desplazamiento 0.428 cm, con una cortante en la base de 712.739 Tonf.

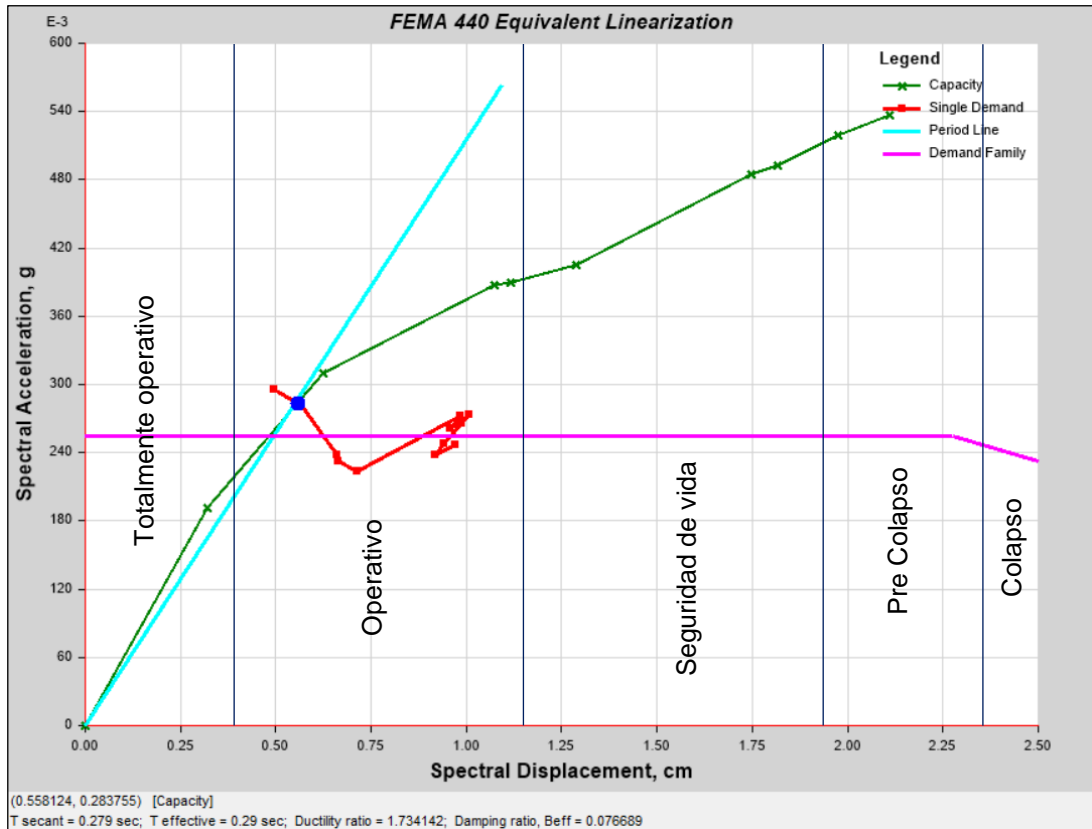


Figura 21. Punto de desempeño – Eje X (Escenario 2).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la figura 21 se detalla la curva de capacidad, pero en un espacio de desplazamiento espectral, junto con la curva de demanda sísmica, representada en rojo. Este punto es crítico porque define el nivel de desplazamiento y aceleración espectral en el cual la estructura alcanzará un equilibrio entre su capacidad y la demanda sísmica. En este caso, la intersección ocurre aproximadamente a un desplazamiento espectral de 0.558 cm, con una aceleración espectral de 0.284g. Basado a los datos y análisis detallado, se puede denotar que la estructura presenta una serviciabilidad de “Operativo” para soportar el evento sísmico dentro de estos límites antes de sufrir daños considerables.

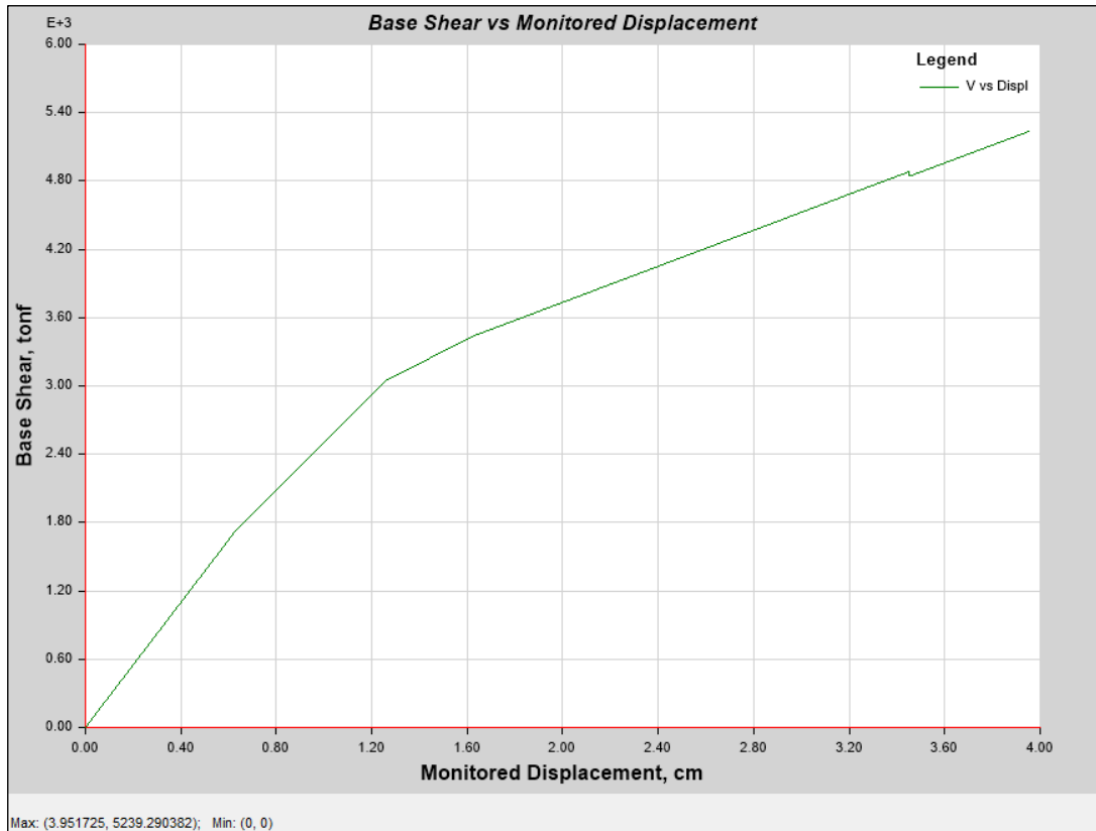


Figura 22. Curva de capacidad Eje Y (Escenario 2).

Fuente: Elaboración propia (2024).

Con respecto a la figura 22, se muestra la curva de capacidad, que relaciona la fuerza cortante en la base de la estructura con el desplazamiento monitoreado. Se precisa que, a medida que el desplazamiento aumenta, la curva se torna menos inclinada, reflejando la entrada de la estructura en un régimen inelástico donde se produce daño acumulativo y la capacidad de resistencia disminuye progresivamente. El rango elástico está dado aproximadamente en el desplazamiento 0.630 cm, con una cortante en la base de 1725.553 Tonf.

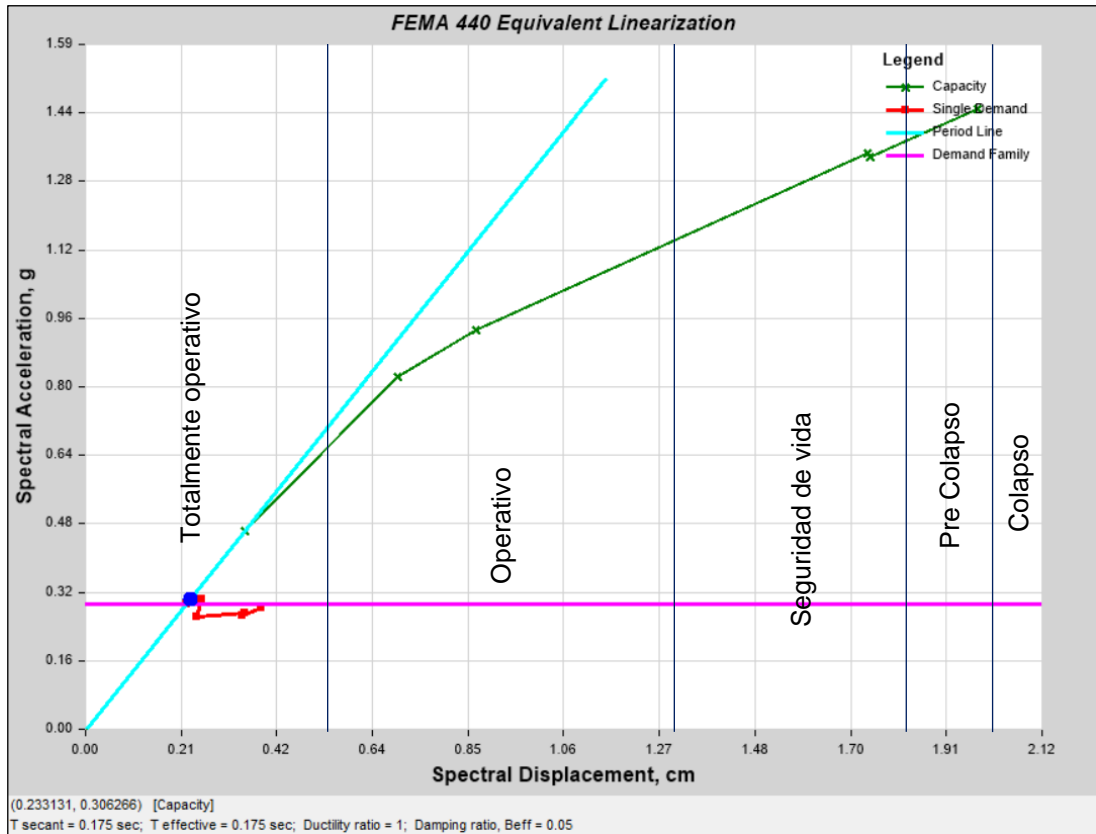


Figura 23. Punto de desempeño – Eje Y (Escenario 2).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la figura 23 se aprecia la curva de capacidad, pero en un espacio de desplazamiento espectral, junto con la curva de demanda sísmica, representada en rojo. Este punto es crítico porque define el nivel de desplazamiento y aceleración espectral en el cual la estructura alcanzará un equilibrio entre su capacidad y la demanda sísmica. En este caso, la intersección ocurre aproximadamente a un desplazamiento espectral de 0.233 cm, con una aceleración espectral de 0.306g. Basado a los datos y análisis detallado, se puede denotar que la estructura presenta una serviciabilidad de “Totalmente operativo” para soportar el evento sísmico dentro de estos límites antes de sufrir daños considerables.

Análisis de la estructura con aisladores y disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico.



Figura 24. Curva de capacidad Eje X (Escenario 3).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En conformidad a la figura 24, se muestra la curva de capacidad, que relaciona la fuerza cortante en la base de la estructura con el desplazamiento monitoreado. Se precisa que, a medida que el desplazamiento aumenta, la curva se torna menos inclinada, reflejando la entrada de la estructura en un régimen inelástico donde se produce daño acumulativo y la capacidad de resistencia disminuye progresivamente. El rango elástico está dado aproximadamente en el desplazamiento 0.401 cm, con una cortante en la base de 722.354 Tonf.

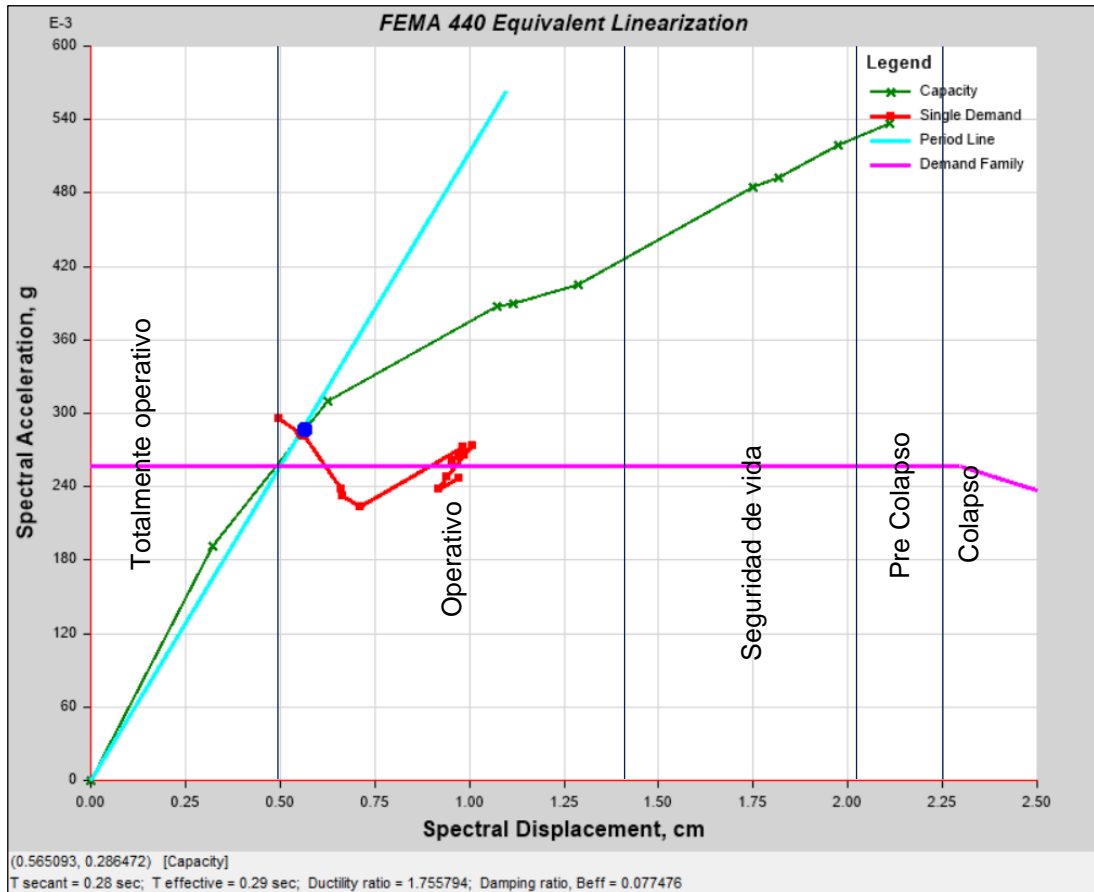


Figura 25. Punto de desempeño – Eje X (Escenario 3).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la figura 25 se aprecia la curva de capacidad, pero en un espacio de desplazamiento espectral, junto con la curva de demanda sísmica, representada en rojo. Este punto es crítico porque define el nivel de desplazamiento y aceleración espectral en el cual la estructura alcanzará un equilibrio entre su capacidad y la demanda sísmica. En este caso, la intersección ocurre aproximadamente a un desplazamiento espectral de 0.565 cm, con una aceleración espectral de 0.286g. De acuerdo a la información y análisis precisado, se puede denotar que la estructura presenta una serviciabilidad de “Operativo” para soportar el evento sísmico dentro de estos límites antes de sufrir daños considerables.



Figura 26. Curva de capacidad Eje Y (Escenario 3).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En relación a la figura 26, se muestra la curva de capacidad, que relaciona la fuerza cortante en la base de la estructura con el desplazamiento monitoreado. Se precisa que, a medida que el desplazamiento aumenta, la curva se torna menos inclinada, reflejando la entrada de la estructura en un régimen inelástico donde se produce daño acumulativo y la capacidad de resistencia disminuye progresivamente. El rango elástico está dado aproximadamente en el desplazamiento 0.614 cm, con una cortante en la base de 1746.852 Tonf.

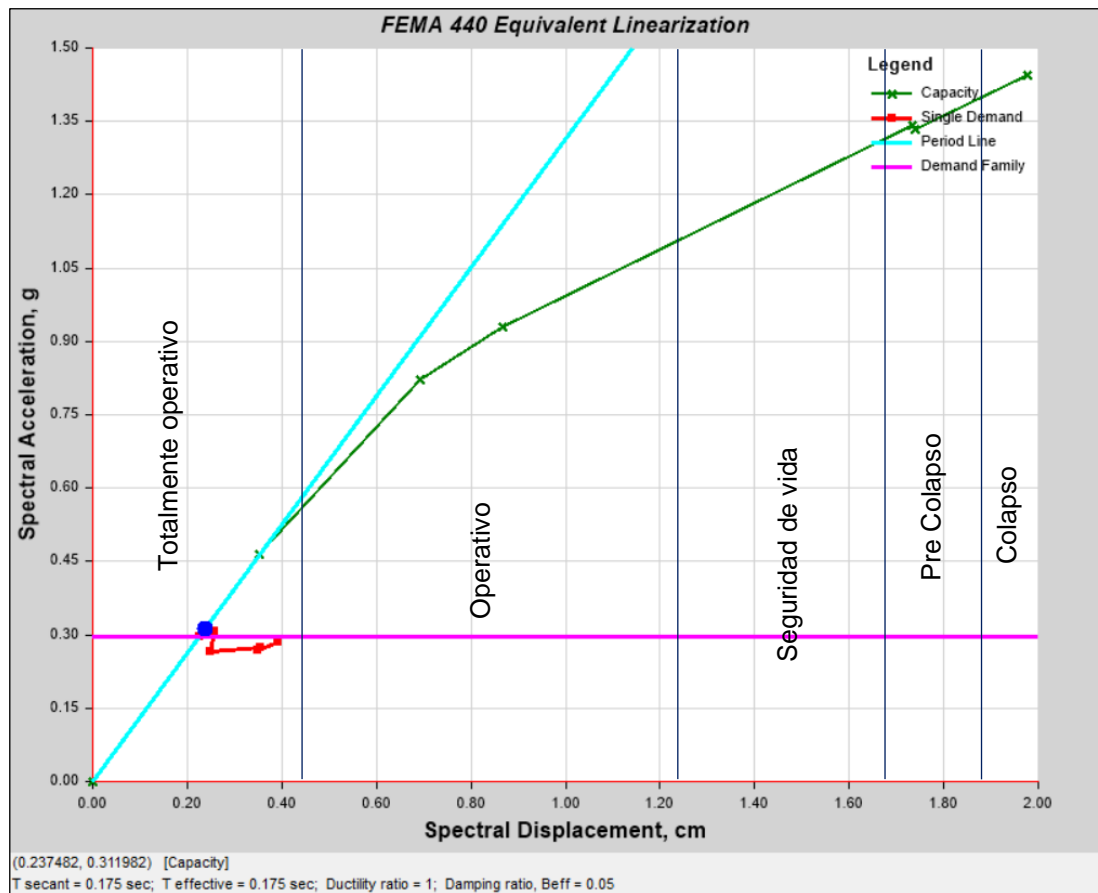


Figura 27. Punto de desempeño – Eje Y (Escenario 3).

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la figura 27 se aprecia la curva de capacidad, pero en un espacio de desplazamiento espectral, junto con la curva de demanda sísmica, representada en rojo. Este punto es crítico porque define el nivel de desplazamiento y aceleración espectral en el cual la estructura alcanzará un equilibrio entre su capacidad y la demanda sísmica. En este caso, la intersección ocurre aproximadamente a un desplazamiento espectral de 0.237 cm, con una aceleración espectral de 0.312g. De acuerdo a la información y análisis precisado, se puede denotar que la estructura presenta una serviciabilidad de “Totalmente operativo” para soportar el evento sísmico dentro de estos límites antes de sufrir daños considerables.

Al haber confirmado el adecuado comportamiento sísmico de las estructuras en el objetivo 2 y 3, además de establecer la serviciabilidad y aceleraciones espectrales conforme al análisis del punto de desempeño, se ha procedido al cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica en el objetivo general, para con ello determinar la vulnerabilidad sísmica de la estructura en comparación a los escenarios 2 y 3. Cabe precisar que, las aceleraciones espectrales especificadas con antelación son el punto clave para dar respuesta al objetivo general, puesto que con ellos se calcula el índice de vulnerabilidad “V”, el cual es contrastado con los niveles de vulnerabilidad sísmica para así determinar cuál es el nivel de vulnerabilidad que presentan las estructuras.

Contrastación de hipótesis

HE1

- H_0 : El impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210$ Kg/cm² para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, si tienen normalidad.
- H_1 : El impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210$ Kg/cm² para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, no tienen normalidad.

Tabla 22. Prueba de normalidad – Compresión 28 días (SPSS)

Shapiro-Wilk			
Parámetro	Estadístico	gl	Significancia
Resistencia compresión (28 días)	0.938	18	0.269

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 22, $(n) = 18 < 50$, por lo que se trabajó con el valor de Shapiro-Wilk. Así mismo, la significancia (el p-valor) muestra valores superiores a 0.05, entonces, se opta por aceptar la hipótesis nula. De este modo, los datos si están sujetos a la normalidad, con un alcance significativo de 5%.

Prueba ANOVA

- H_0 : El impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210$ Kg/cm² para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB no varía notablemente.
- H_a : El impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210$ Kg/cm² para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB varía notablemente.

Tabla 23. Prueba ANOVA – Compresión 28 días (SPSS)

Parámetros	Suma de cuadrados	gl	F	Sig.
Entre grupos	383.639	5	117.302	0.000
Dentro de grupos	7.849	12		
Total	391.488	17		

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 23, se aprecia que la significancia es 0.000, por lo tanto $0.000 < 0.05$, entonces se acepta la hipótesis de la investigación y se rechaza H_0 . De este modo, existe evidencia estadística para determinar que el impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210$ Kg/cm² para el Hospital Regional de Ayacucho con y sin disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB varía notablemente.

HE2

- H_0 : El uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico, si tienen normalidad.
- H_1 : El uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico, no tienen normalidad.

Tabla 24. Prueba de normalidad – Desplazamientos laterales (SPSS)

Shapiro-Wilk			
Parámetro	Estadístico	gl	Significancia
Desplazamientos laterales	0.631	12	0.000

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 24, $(n) = 12 < 50$, de este modo se aplicó Shapiro-Wilk. De igual forma, la significancia (el p-valor) muestra valores inferiores a 0.05, por lo cual se optó por aceptar la hipótesis alterna. Por consiguiente, los datos no están sujetos a la normalidad.

Prueba Kruskal-Wallis

- H_0 : El uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico no reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico.
- H_a : El uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico.

Tabla 25. Prueba Kruskal-Wallis Desplazamientos (SPSS)

Parámetros	Desplazamientos
H de Kruskal-Wallis	7.538
gl	2
Sig. asintótica	0.023

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 25, se denota que la significancia es 0.023, por lo tanto $0.023 < 0.05$, por lo cual se acepta la hipótesis de la investigación y se rechaza H_0 . Por consiguiente, existe evidencia estadística para determinar que el uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico.

HE3

- H_0 : La implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico, si tienen normalidad.
- H_1 : La implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico, no tienen normalidad.

Tabla 26. Prueba de normalidad – Derivas de entrepiso (SPSS)

Parámetro	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Significancia
Derivas	0.812	12	0.013

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 26, $(n) = 12 < 50$, de este modo se aplicó Shapiro-Wilk. De igual forma, la significancia (el p-valor) muestra valores inferiores a 0.05, por lo cual se optado por aceptar la hipótesis alterna. Por consiguiente, los datos no están sujetos a la normalidad.

Prueba Kruskal-Wallis

- H_0 : La implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho no contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico.
- H_a : La implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico.

Tabla 27. Prueba Kruskal-Wallis Derivas (SPSS)

Parámetros	Derivas
H de Kruskal-Wallis	8.346
gl	2
Sig. asintótica	0.015

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla 27, se denota que la significancia es 0.015, por lo tanto $0.015 < 0.05$, por lo cual se acepta la hipótesis de la investigación y se rechaza H_0 . Por consiguiente, existe evidencia estadística para determinar que la implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico.

4.2 DISCUSIÓN

Discusión 1: La vulnerabilidad sísmica de una estructura hospitalaria depende de su capacidad para resistir las fuerzas sísmicas sin sufrir daños significativos. Sin los disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, el hospital puede estar expuesto a mayores deformaciones durante un evento sísmico, lo que podría afectar su funcionalidad y seguridad. Según el estudio de Cabrera (2021), el uso de disipadores metálicos como los SLB reduce la energía transmitida a la estructura, disminuyendo las deformaciones y mejorando la respuesta sísmica de edificios existentes. Los aisladores HDRB (High Damping Rubber Bearings) también han demostrado ser eficaces para reducir las vibraciones y los desplazamientos en estructuras durante un terremoto. En contraste con el proyecto, se trabajó en Ayacucho, donde se analizó el Hospital Regional de dicha zona. Se empleó concreto reforzado con conchas de abanico, para el cual se empleó proporciones de 1% a 5%, denotándose un mejor comportamiento a compresión en la dosis de 3%. Así mismo, se emplearon disipadores SLB y aisladores HDRB, este último para cumplir con los criterios de aislación sísmica estipulados para edificaciones tipo A, según la Norma E.030. De tal forma, se obtuvo un comportamiento y desempeño adecuado de la estructura, al ser analizado mediante tres escenarios de análisis, donde se obtuvo una menor vulnerabilidad sísmica en la estructura que implementó el sistema de disipación y aislación sísmica.

Discusión 2: El concreto con $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (resistencia a compresión) puede tener propiedades mecánicas limitadas en términos de resistencia sísmica. Sin embargo, el uso de conchas de abanico, como elementos de refuerzo, puede mejorar el comportamiento sísmico al aumentar la capacidad de absorción de energía y reducir las fisuras que podrían comprometer la integridad estructural. Para Espinoza y Tong (2019), las conchas de abanico actúan como refuerzos estructurales y mejoran la disipación de energía en el concreto, lo que reduce el riesgo de fallos en estructuras durante sismos. Con respecto al proyecto, se localizó en Ayacucho, donde se analizó el Hospital Regional de dicha zona. Se empleó concreto reforzado con conchas de abanico, para el cual se empleó proporciones de 1% a 5%, denotándose un mejor comportamiento a compresión en la dosis de 3%. Así mismo, se emplearon disipadores SLB y aisladores HDRB, este último para cumplir con los criterios de

aislación sísmica estipulados para edificaciones tipo A, según la Norma E.030. Con relación a la compresión del concreto incorporando conchas de abanico, se ha precisado un comportamiento adecuado, dado que se obtuvo un incremento considerable de la resistencia hasta un 3% de dicho material, posteriormente ello, como punto cúspide, se mantuvo una tendencia de declive, haciendo que dicha propiedad disminuya secuencialmente. Estos resultados se asemejan a los del autor, dado que exhibe un comportamiento similar hasta un punto máximo, para posteriormente obtener resultados menores según se incorpora los materiales de estudio.

Berru y Romero (2022), propusieron reducir el impacto ambiental de los residuos sólidos de concha de abanico, que han generado un problema significativo debido a la lentitud de su descomposición. Se realizó un diseño una mezcla para obtener concreto estructural con una resistencia de $f'c=210$ kg/cm². La investigación evaluó sustituciones del agregado fino en volúmenes de 5%, 15% y 30% en comparación con el diseño de mezcla estándar. Como resultados, determinaron que con un 15% de conchas de abanico sustituidos respecto a un porcentaje de cemento y agregado fino, se obtuvo la mayor resistencia entre todas las proporciones, alcanzándose un valor de 227 Kg/cm². En coherencia con el presente estudio, tuvo lugar en Ayacucho, dónde se analizó el Hospital Regional de dicha zona. Se empleó concreto reforzado con conchas de abanico, para el cual se empleó proporciones de 1% a 5%, denotándose un mejor comportamiento a compresión en la dosis de 3%. Así mismo, se emplearon disipadores SLB y aisladores HDRB. Con respecto a la compresión del concreto incorporando conchas de abanico, se ha precisado un comportamiento adecuado, dado que se obtuvo un incremento considerable de la resistencia hasta un 3% de dicho material, posteriormente ello, como punto cúspide, se mantuvo una tendencia de declive, haciendo que dicha propiedad disminuya secuencialmente. Estos resultados se asemejan a los del autor, dado que exhibe un comportamiento similar hasta un punto máximo, para posteriormente obtener resultados menores según se incorpora los materiales de estudio.

Discusión 3: Los desplazamientos laterales son una de las principales preocupaciones en la ingeniería sísmica, ya que pueden afectar la estabilidad de la estructura y la seguridad de los ocupantes. Los disipadores de energía metálicos SLB

y los aisladores HDRB son tecnologías ampliamente utilizadas para reducir estos desplazamientos. Conforme a Torres (2019), se centró en evaluar y comparar dos métodos de refuerzo para un edificio dañado por el terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: disipadores de energía tipo Shear Link Bozzo y muros de corte. Mediante un análisis estático no lineal y el método del espectro de capacidad, se compararon la estructura original y las estructuras reforzadas con ambos enfoques. Los resultados numéricos mostraron diferencias notables en la resistencia de las estructuras reforzadas, y la comparación de la capacidad estructural y las derivas en el punto de desempeño permitió evaluar la idoneidad de los refuerzos. Los hallazgos revelaron diferencias significativas en términos de nivel de desempeño, derivas inelásticas y cortantes en cada modelo de la estructura. Con relación al presente estudio, tuvo lugar en Ayacucho, dónde se analizó el Hospital Regional de dicha zona. Se empleó concreto reforzado con conchas de abanico, para el cual se empleó proporciones de 1% a 5%, denotándose un mejor comportamiento a compresión en la dosis de 3%. Así mismo, se emplearon disipadores SLB y aisladores HDRB. Con respecto a los desplazamientos, se obtuvo reducciones de mediana considerable en el escenario 2, con respecto al escenario 1. Por otra parte, en el escenario 3, se obtuvo desplazamientos mayores, dado que la estructura presenta una mayor flexibilidad, precisamente porque los sistemas de aislamiento y disipación redujeron la rigidez de entrepiso. Estos resultados se asemejan a los del autor, dado que exhibe un comportamiento similar en el uso de los disipadores, lográndose una reducción adecuada de los desplazamientos en ambos sentidos de análisis. De este modo, se puede detallar que los disipadores SLB contribuyen a disipar la energía sísmica, limitando las deformaciones laterales. Además, los aisladores HDRB actúan como una barrera de aislamiento que reduce los desplazamientos horizontales al desacoplar la estructura del movimiento del suelo.

Discusión 4: Las distorsiones de entrepiso son otro factor crítico en la evaluación sísmica, ya que pueden afectar la funcionalidad y la seguridad del edificio. El uso de disipadores de energía y aisladores puede reducir estas distorsiones al controlar el movimiento relativo entre los entrepisos durante un sismo. Rosario (2019), precisa que el empleo de estas tecnologías permite un control más eficaz de la deformación estructural, minimizando las distorsiones de entrepiso y, por lo tanto, aumentando la serviciabilidad del hospital. El estudio de Lozano, Pozo y Martí (2019) sobre la

evaluación de distorsiones máximas de entrepiso en edificios de concreto reforzado también proporciona un contexto valioso. Estos autores subrayan la importancia de controlar las deformaciones relativas entre pisos para evitar daños graves y garantizar la estabilidad estructural. Los resultados obtenidos en el hospital, muestran una notable reducción en las distorsiones de entrepiso gracias a los disipadores SLB, confirman la efectividad de estas tecnologías en mantener la uniformidad de las deformaciones a lo largo de la estructura, minimizando el riesgo de colapso parcial. De acuerdo al presente estudio, se emplearon disipadores SLB y aisladores HDRB. Con respecto las distorsiones laterales, se obtuvo reducciones de mediamente considerables en el escenario 2, con respecto al escenario 1. Por otra parte, en el escenario 3, se obtuvo distorsiones mayores, dado que la estructura presenta una mayor flexibilidad, precisamente porque los sistemas de aislación y disipación redujeron la rigidez de entrepiso. Estos resultados se asemejan a los del autor, dado que exhibe un comportamiento similar en la aplicación de los disipadores se logró una reducción adecuada de los desplazamientos en ambos sentidos de análisis. Cabe destacar que este comportamiento no determinó que la estructura presente un menor desempeño sísmico, puesto que los tres escenarios presentaron derivas menores al límite permisible de 0.007 para concreto armado, conforme a la Tabla N° 11 de la Norma E.030. Es relevante precisar que, en el escenario 3 se obtuvo derivas cercanas al permisible, con una cierta holgura, esto permite detallar que el comportamiento es adecuado, dado que una lejanía considerable de las distorsiones respecto al límite, no sugiere un mejor comportamiento, sino que presenta una mayor rigidez, lo cual no siempre es idónea, dado que se requiere un equilibrio entre la rigidez y ductilidad de la estructura, para de esta manera lograr un desempeño y comportamiento adecuado ante cargas sísmicas considerables.

Discusión 5: La serviciabilidad de un hospital depende de su capacidad para seguir funcionando después de un evento sísmico. Un hospital debe ser capaz de resistir los sismos sin sufrir daños graves que puedan interrumpir su operación. El uso de disipadores de energía metálicos, aisladores HDRB y el refuerzo del concreto con conchas de abanico contribuyen a mejorar la resiliencia del hospital al aumentar su capacidad de absorción de energía y reducir las deformaciones. Aguilar (2022), estas tecnologías combinadas mejoran la serviciabilidad al permitir que el edificio resista las cargas sísmicas sin comprometer su integridad funcional. En su investigación,

analizó el comportamiento sísmico de una construcción de concreto armado de siete pisos con y sin la utilización de disipadores Shear Link Bozzo (SLB) en Lima. El diseño se llevó a cabo mediante un análisis de desempeño utilizando Pushover y Tiempo Historia no lineal. Los hallazgos del análisis indicaron que la estructura cumple con los criterios de aceptación para niveles de amenaza de sismos de servicio (SLE) y de diseño (SD), pero no para la demanda de un sismo máximo (MCE). Por lo tanto, se añadieron disipadores SLB a la estructura y se evaluó su capacidad para resistir un sismo máximo. Los resultados demostraron que los disipadores SLB permitieron mantener el daño del edificio dentro de un margen de seguridad de vida. De acuerdo al presente estudio, se emplearon disipadores SLB y aisladores HDRB. Se realizó un análisis por desempeño, Pushover, mediante el cual se ha obtenido las curvas de capacidad, así como los puntos de desempeño sísmico. Esta información permitió determinar el índice de vulnerabilidad sísmica, el cual fue comparado entre la demanda, determinando un adecuado comportamiento sísmico de las estructuras conformadas por aislación y disipación sísmica. De tal forma, se obtuvo una serviciabilidad de “Operativo” para ambos sentidos de estudio, así como una vulnerabilidad de grado medio. Este enfoque multidisciplinario asegura que el hospital no solo cumpla con los requisitos mínimos de seguridad, sino que también se posicione como una infraestructura resiliente y capaz de mantener su funcionalidad operativa en situaciones de emergencia. Por tanto, la combinación de disipadores SLB y materiales optimizados representa una estrategia eficaz para reducir la vulnerabilidad sísmica y mejorar la seguridad y la serviciabilidad de instalaciones críticas, alineándose con las mejores prácticas internacionales en ingeniería estructural. De tal forma, se puede precisar que la metodología empleada en este estudio puede aplicarse a otros edificios para evaluar su capacidad frente a eventos sísmicos y proponer medidas de refuerzo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 GENERAL

La presente investigación ha permitido evaluar exhaustivamente la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho, analizando su comportamiento tanto con la implementación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB como sin ellos. A través de los objetivos específicos planteados, se ha demostrado que el uso de disipadores de energía tiene un impacto notorio en la reducción de los desplazamientos laterales y las distorsiones de entrepiso, lo que contribuye a mejorar la estabilidad y la seguridad estructural del hospital ante eventos sísmicos. En particular, se ha cuantificado cómo los disipadores de energía SLB incrementan la rigidez lateral de la estructura, lo que se traduce en una reducción notable de las deformaciones y, por ende, en una mejor capacidad de la estructura para soportar cargas sísmicas sin experimentar daños severos. Esta mejora en la rigidez lateral y la reducción de las deformaciones no solo incrementan la seguridad del hospital, sino que también mejoran su serviciabilidad, permitiendo que la instalación pueda mantenerse operativa y funcional después de un sismo. Asimismo, la investigación también ha explorado la posibilidad de mejorar la serviciabilidad del hospital a través del uso de un diseño de mezcla de concreto optimizado con conchas de abanico, lo que sugiere un enfoque integral y novedoso en el fortalecimiento estructural del edificio.

5.1.2 ESPECÍFICAS

1. El uso de conchas de abanico como refuerzo del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ mejora notablemente el desempeño sísmico del hospital. Se obtuvo una máxima resistencia con la combinación de 3% de conchas de abanico (263.87 Kg/cm^2), superando en un 2.83% al concreto patrón diseñado (256.60 Kg/cm^2). De tal forma, este material contribuyó a incrementar la capacidad de disipación de energía del concreto, mejorando su resistencia y reduciendo el riesgo de fisuras o colapsos durante un sismo. Combinadas con los disipadores SLB y los aisladores HDRB, estas conchas optimizan el

comportamiento estructural y proporcionan una solución robusta para enfrentar las cargas sísmicas.

2. El uso de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB reduce considerablemente los desplazamientos laterales en el Hospital Regional de Ayacucho, mientras que el escenario conformado por el sistema de aislación y disipación mostró mayores desplazamientos, básicamente porque aumento la flexibilidad y reducción de la rigidez de la estructura. Así mismo, la cortante estática sufrió un incremento del 0.19% para el escenario 2 y 23.44% para el escenario 3, con respecto al escenario 1, en ambos sentidos. Cabe precisar que este comportamiento puede deberse al peso de los sistemas de aislación y disipación, además de la implementación del concreto mejorado, con una mayor resistencia, además, de que no se retiró muros para alivianar la carga, tal y como se haría según el concepto de aislación sísmica. Aun así, cabe destacar que estos dispositivos permiten que la estructura se desplace de manera controlada, minimizando las fuerzas transmitidas a la edificación, mejorando la estabilidad general del hospital, evitando daños estructurales graves que puedan comprometer su funcionalidad durante un terremoto.
3. El uso de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB reduce considerablemente las distorsiones laterales en el Hospital Regional de Ayacucho, mientras que el escenario conformado por el sistema de aislación y disipación mostró mayores distorsiones, básicamente porque aumento la flexibilidad y reducción de la rigidez de la estructura, este último parámetro se redujo entre 60% a 80% proporcionalmente para cada nivel con relación al escenario 1. Por otra parte, la cortante dinámica sufrió un incremento del 0.90% para el escenario 2 y 23.44% para el escenario 3, con respecto al escenario 1, en ambas direcciones. Cabe precisar que el comportamiento de este parámetro puede deberse al peso adicional que generan estos sistemas de aislación y disipación sísmica, puesto que no se retiró muros en la estructura, además de que se incorporó el concreto mejorado con conchas de abanico. Cabe destacar que este comportamiento no determinó que la estructura presente un menor desempeño sísmico, puesto que los escenarios 2 y 3 presentaron derivas menores al límite permisible de 0.007 para concreto armado. De igual forma, es relevante detallar que en el escenario 3 se obtuvo derivas cercanas al permisible, lo que permite demostrar un comportamiento

idóneo de la estructura, dado que una lejanía considerable de las distorsiones respecto al límite, no sugiere un mejor comportamiento, sino que presenta una mayor rigidez, lo cual no siempre es idónea, dado que se requiere un equilibrio entre la rigidez y ductilidad de la estructura, para de esta manera lograr un desempeño y comportamiento adecuado ante cargas sísmicas considerables.

4. El uso combinado de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico contribuye a mejorar la serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho. De tal forma, se logró obtener una capacidad de la estructura en un estado Operativo y Totalmente operativo, en ambos sentidos, con la implementación de estos sistemas, manteniéndose una aceleración espectral mayor (entre 0.28g a 0.29g) al escenario 1 (0.262g). Así también, el índice de vulnerabilidad se posicionó en un rango medio, dado que los valores tanto en X como en Y fueron de entre 0.91 a 0.96, localizándose en el rango de $0.078 \leq V \leq 0.155$. Cabe acotar que estas tecnologías permitieron que la estructura se mantenga en un estado de funcionando incluso después de un evento sísmico, garantizando que la edificación sea funcional. El enfoque integral de mejorar la capacidad sísmica de la edificación no solo incrementa la seguridad, sino que también asegura la continuidad de los servicios esenciales en situaciones de emergencia, lo cual es vital en un hospital.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB en edificaciones de categoría A, con el fin de mejorar la capacidad sísmica de la estructura, reduciendo notablemente las deformaciones y desplazamientos laterales, así como las distorsiones de entrepiso durante un sismo. De este modo, se optimiza la seguridad de la edificación y se asegura la operatividad del hospital durante eventos sísmicos, dado que su índice de vulnerabilidad se reduce.
2. Se recomienda emplear conchas de abanico en un rango de 1% a 3% (en sustitución del porcentaje de cemento) como refuerzo para el concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, especialmente en las zonas de mayor vulnerabilidad sísmica. Este tipo de refuerzo mejora la capacidad de disipación de energía del concreto, reduciendo el riesgo de fisuras y colapsos, y aumentando la durabilidad del material frente a las cargas sísmicas.
3. Realizar un análisis por desempeño mediante Push Over, para determinar el comportamiento adecuado de una estructura ante eventos sísmicos de distinta demanda. Esto permitirá analizar el desempeño de la estructura permitiendo identificar la demanda, así como su capacidad, contribuyendo a identificar los puntos a reforzar o mejorar de la edificación de estudio.
4. Realizar análisis por desempeño mediante Tiempo-Historia y Push Over, para analizar el desempeño de las estructuras a nivel más complejo, estudiando no solo la estructura de manera estática, sino también dinámica. Esto permitirá identificar los puntos de desempeño óptimo, así como determinar el reforzamiento más adecuado que requiera la estructura.
5. Desarrollar un estudio de vulnerabilidad sísmica no solo a nivel de programas, tales como ETABS o SAP, sino también realizar un estudio de campo, identificando las zonas críticas de la estructura, permitiendo analizar todos los aspectos cruciales, para de este modo determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura en tiempo actual. Por lo tanto, es fundamental garantizar que estas edificaciones esenciales no se vean comprometidos por daños estructurales, para que puedan soportar adecuadamente un evento sísmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I. (2022). *Aspectos éticos en la investigación científica*. Ciencia y enfermería (Impresa). [en línea] <https://n9.cl/jp0ia> ISSN 0717-2079.
- Aguilar, C. (2022). *Diseño y análisis del desempeño sísmico de un edificio de concreto armado con y sin disipadores SLB en la ciudad de Lima 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de Tesis USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4996>
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2005). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE/SEI 7-05.
- Arias, E. (2020). *Investigación aplicada*. Economipedia. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. 6ª ed. Editorial Episteme. 23 pp.
- Arce, J., & Navarro, L. (2019). *Irregularidades estructurales y su impacto en el comportamiento sísmico de edificaciones*. Revista de Ingeniería Civil, 23(1).
- ASCE/SEI 7-16. (2016). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers.
- Berru, J., y Romero, L. (2022). Aplicación del residuo de concha de abanico como agregado fino en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² Sechura– Piura. Universidad César Vallejo.
- Brito, J., Terán, R., y Guerrero, D. (2022). Influencia Estructural de Disipadores SLB para Muros Desacoplados en Estructuras de Concreto Armado y Arriostramientos en Estructuras Metálicas. *Serbiluz*, vol. 45 n° 3. <https://doi.org/10.22209/rt.v45n3a05>
- Bozzo, L. (2015) Disipadores SLB para diseño sismorresistente. https://luisbozzo.com/wp-content/uploads/2018/05/Dossier_disipadores_2017_V6.pdf
- Cabrera, D. (2021). *Mejoramiento de la ductilidad mediante la implementación de disipadores sísmicos en el hospital Luis Heysen Incháustegui Chiclayo 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de Tesis USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3922>

- Chopra, A. K. & Goel, R. K. (2005). *A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings*. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 34(12), 1485-1511.
- Enciso, F. (2019). *Análisis comparativo del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y con muros desacoplados incorporando disipadores SLB en la ciudad de Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5046>
- Enriquez, M. y Sánchez, C. (2019). *Evaluación sísmica y propuesta de reforzamiento con disipadores de energía al Hospital Nacional Almanzor Aguinaga asenjo de Chiclayo – región Lambayeque, actualizado a la Norma E030 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5518>
- Espinoza, V. y Tong, W. (2019). *Concreto modificado con conchas de abanico y aditivo Sikacem plastificante para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido*. Universidad Ricardo Palma - URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2821>
- Federal Highway Administration (FHWA). (2019). *Structural Engineering. Bridge Engineering Center*. Recuperado de <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/structural/>
- Flores, J., & Pérez, M. (2023). Estudio de aisladores HDRB: Principios, teorías y aplicaciones. *Journal of Earthquake Engineering*, 45(4), 278-290.
- García, J., & Pérez, A. (2020). *Análisis Push Over: Aplicaciones en la evaluación sísmica de estructuras*. *Revista de Ingeniería Sismológica*, 42(2), 98-110.
- González, M., y Pérez, R. (2020). *Irregularidades estructurales en planta: Consecuencias y consideraciones para el diseño sísmico*. *Boletín de Ingeniería Sismológica*, 15(2), 33-47.
- González, A., y Ramírez, P. (2022). La importancia de los aisladores HDRB en la protección sísmica de infraestructuras críticas. *Revista de Sismología y Protección Sísmica*, 13(1), 56-64.
- Guerra, W., y Ichaso, M. R. (2024). *¿Qué es el Cinturón de Fuego del Pacífico y cómo funciona?* CNN en Español. <https://cnnespanol.cnn.com/2024/04/02/cinturon-fuego-pacifico-explainer-orix/>

- Gómez, M., y Hernández, L. (2021). *Impacto de las infraestructuras en la vulnerabilidad sísmica: Evaluación y mitigación*. Boletín de Ingeniería Sismológica, 38(2), 56-70. <https://doi.org/10.5678/boins2021.38>
- Hernández, J., & López, F. (2021). *Impacto de las irregularidades estructurales en altura en el comportamiento sísmico de edificios*. Revista de Ingeniería Estructural Avanzada, 30(1), 52-64.
- Jiménez, F., & Mora, C. (2019). *Curva de capacidad sísmica y su aplicación en el diseño de estructuras resistentes a terremotos*. Revista de Análisis Estructural, 35(4), 112-123.
- Kim, H., & Lee, S. (2021). *Efficacy of energy dissipation devices in seismic retrofitting of critical infrastructure*. Earthquake Engineering Journal, 59(2), 234-249. <https://doi.org/10.1016/j.eej.2021.01.009>
- Lozano, J. A., Pozo, F., y Martí, J. (2015). *Assessment of maximum interstorey drifts in existing reinforced concrete buildings*. Engineering Structures, 92, 22-36.
- Martínez, J., y Pérez, S. (2021). *Vulnerabilidad sísmica en infraestructuras hospitalarias: Un análisis estructural*. Journal of Structural Engineering, 48(2), 231-245. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.01.003>
- Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. 1ª ed. México: Distrito Federal. 16 pp. ISBN: 978-97032-5432-3
- Miranda, E., Ruiz-García, J., & Torres-Martínez, J. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de estructuras de concreto reforzado usando parámetros de intensidad sísmica*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 33(2), 131-138.
- Muguirra, A. (2017) *Tipos de muestreo: Cuáles son y en qué consisten*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-muestreo-para-investigaciones-sociales/>
- Narváez, M. (2023). *¿Qué es una población? Definición, tipos y métodos de estudio*. QuestionPro. Recuperado de: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-una-poblacion/>
- Ortega, C. (2021). *Estadística descriptiva: Qué es, objetivo, tipos y ejemplos*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/estadistica-descriptiva/>
- Peralta, D. (2021). *Respuesta sísmica con la implementación de amortiguadores de fluido viscoso y disipadores metálicos SLB en el edificio San Borja AMP, Lima*

- 2020 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29104>
- Pérez, J., y Torres, M. (2021). *Diseño sísmico de infraestructuras críticas: El caso de los hospitales en zonas sísmicas*. Revista de Ingeniería Estructural, 15(3), 45-58. <https://doi.org/10.1234/abc123>
- Quipe, C. y García, P. (2019). *Reforzamiento sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2782>
- Rodríguez, M., González, J., & Pérez, L. (2020). *Estudio de la resistencia sísmica de infraestructuras hospitalarias en zonas de alta actividad sísmica*. Journal of Structural Engineering, 45(3), 321-335. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.02.013>
- Rosario, M. (2019). *Desempeño sísmico de aisladores: estudio de un hospital de concreto armado* [Tesis de pregrado, Universidad PUCP]. Repositorio de Tesis PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13045>
- Rueda, A., y Rodríguez, J. (2020). *Vulnerabilidad sísmica en áreas urbanas: un enfoque integral*. Revista de Estudios Geográficos, 45(3), 134-145. <https://doi.org/10.1234/regar2020.45>
- Sánchez, L., & Rodríguez, M. (2021). *Máximos desplazamientos laterales en estructuras sismorresistentes: Cálculo y control en el diseño sísmico*. Revista de Ingeniería Sísmica, 24(3), 80-92.
- Serrano, M., & Castillo, R. (2019). *Clasificación de vulnerabilidad sísmica: Evaluación y estrategias de mitigación de riesgos*. Revista de Evaluación de Riesgos, 29(3), 14-27.
- SINIA. (2012). *Mapa de ubicación geográfica de la región Ayacucho*. Gob.pe. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-ubicacion-geografica-region-ayacucho>
- SEOAC. (2018). *Comité Visión 2000: 25 años de avances en normativas sismorresistentes en el Perú*. Revista de Ingeniería Estructural, 42(2), 76-89.

- SEOAC. (1995). *Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings*. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA.
- Sociedad Geológica del Perú. (2023). Peligro Sísmico. *Org.pe*. Recuperado el 22 de noviembre de 2024. <https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>
- Tamayo, C. y Silva, I. (2019) *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Edu.pe. <https://goo.su/l4Jfn>
- Torres, A., & Sánchez, F. (2021). *El punto de desempeño en la evaluación de estructuras sismorresistentes: Definición y aplicación práctica*. Boletín de Ingeniería Civil, 39(1), 25-38.
- Uceda, S. (2019). *Geología y actividad sísmica del Perú: Un análisis de la interacción tectónica y sus efectos en la población*. Revista de Geología Peruana, 56(1), 112-130. <https://doi.org/10.4321/geoperu2019.56>
- Vargas, A., Villa, C., Salas, M. y Del Carpio, F. (2021). *Estimación de la amenaza y vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua - 2014*. [Proyecto de Investigación, Universidad Nacional de Moquegua]. Repositorio Institucional UNAM. <https://repositorio.unam.edu.pe/items/ce1f7d74-e471-4463-b15e-4026cfe070d3>

BIBLIOGRAFÍA

- Alam, M. S., Khan, M. J., & Aslam, M. (2020). *Performance-based seismic design of RC buildings incorporating hysteretic dampers*. Journal of Structural Engineering, 146(6), 04020083. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002622](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002622)
- Álvarez, J. et al. (2022). *Simplified method for seismic design of concrete frame buildings equipped with viscous dampers with nonlinear behaviour*. México. Scielo. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n109/0185-092X-ris-109-110.pdf>
- Arévalo, J. y Bermúdez, W. (2007). *Niveles de daño a partir de un análisis pushover para una estructura aperturada de concreto reforzado*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Auad, G. y Almazán, J. (2022). *Evaluación del uso de la curvatura variable friccional aisladores para mitigar los efectos adversos de los impactos laterales internos*. Scopus. Volumen (266).
- Batallas, J. (2022). *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*. <https://onx.la/a4689>
- Blondet, M. y Velásquez, J. (2005). *Estimación de pérdidas sísmicas mediante curvas de fragilidad analíticas*. ResearchGate. <https://acortar.link/iCoGvm>
- Calvo, R. y Chavez, F. (2019). *Diseño sísmico por desempeño para una edificación de uso multifamiliar en la Ciudad de Huaraz*. Universidad César Vallejo.
- Castillo, C. A., Hernández, R. O., & Morales, A. L. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificios de concreto armado utilizando análisis de capacidad*. Revista Ingeniería Sísmica, 97, 23-40. <https://doi.org/10.1016/j.ijsms.2021.02.003>
- Castillo, V. (2016). *Sistema constructivo convencional*.
- Cervera, M. y Blanco. (2014). E. *Upc.edu* [en línea], [consulta: 15 June 2023 b]. Disponible en: <https://onx.la/dcdf0>
- Contreras, V., & Meli, R. (2019). *Seismic vulnerability assessment of reinforced concrete buildings with retrofitted shear walls*. Engineering Structures. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109628>

- Cordero, L., & Martínez, P. (2021). *Aplicación de aislación sísmica en hospitales: Un estudio de caso en Chile*. *Ingeniería Sísmica Latinoamericana*, 38(2), 121-134. <https://doi.org/10.1016/j.isl.2021.02.011>
- Fan, L., Lin, L., & Lu, Y. (2022). *An integrated approach for seismic vulnerability assessment of high-rise buildings considering soil-structure interaction*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 154, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107155>
- Fernández, P. et al. (2014). *Validez estructurada para una investigación cuasiexperimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasiexperimentales*. *Anales de psicología*. <https://goo.su/5AwA1Py> ISSN 0212-9728. DOI 10.6018/analesps.30.2.166911
- Fernández, R., & Silva, E. (2022). *El concreto reforzado en la reconstrucción de hospitales en zonas sísmicas de Perú*. *Journal of Construction and Materials Science*, 29(1), 75-89. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2022.01.008>
- García-Pérez, J., Fajfar, P., & Manzanares, A. (2023). *Seismic performance of RC frame buildings with energy dissipation devices: A case study*. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 52(7), 1010-1028. <https://doi.org/10.1002/eqe.3602>
- Gestión. (2023). *En Perú el 80% de viviendas son autoconstruidas ¿Cuáles son los riesgos?* <https://gestion.pe/peru/en-peru-el-80-de-viviendas-son-autoconstruidas-cuales-son-los-riesgos-sismos-desastres-naturales-noticia/>
- González, P. (2020). *Aislación sísmica en edificios hospitalarios: Estudio de caso en zonas sísmicas de América Latina*. *Journal of Seismic Engineering*, 18(1), 12-28. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.05.004>
- González, M., & Ramírez, A. (2022). *Eficiencia de los disipadores de fluencia SLB en la mejora de la resistencia sísmica en hospitales*. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 37(3), 90-105. <https://doi.org/10.1016/j.ris.2022.04.007>
- Jiying, S. et al. (2022). *Desempeño de edificios aislados sísmicamente con cojinetes de péndulo de fricción variable bajo movimientos de tierra cercanos a la falla*. *ScienceDirect*. Volumen (45), 2022.
- Kakolvand H. et al. (2021). *Evaluation of a new proposed seismic isolator for low rise masonry structures. structural engineering and mechanics. Web of Science*. 77(4), 481–493 pp. <https://doi.org/10.12989/SEM.2021.77.4.481>

- Korkmaz, K. A., & Yilmaz, H. (2020). *Seismic vulnerability assessment of existing RC buildings: A case study for Turkey*. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(2), 953-974. <https://doi.org/10.1007/s10518-019-00755-5>
- Linlin Xie et al. (2022). *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*. ScienceDirect. Volumen (62).
- Lopez, F., & Martínez, P. (2022). *Evaluación del uso de disipadores sísmicos en la rehabilitación de hospitales*. Earthquake Safety Review, 39(2), 167-181. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.04.007>
- Marín, E. (2019). *Análisis Comparativo de la Respuesta Dinámica entre una Estructura Sísmicamente Aislada con Aisladores LRB (Lead Rubber Bearing) Vs una Estructura Convencional*. (Tesis Pregrado, Universidad de Santander). Repositorio Institucional Universidad de Santander, Facultad de Ingeniería Civil.
- Martínez, J., Sánchez, L., & Rodríguez, M. (2021). *Análisis de la eficacia de los disipadores de fluencia SLB en infraestructuras hospitalarias*. Revista Internacional de Ingeniería Estructural, 35(2), 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.riie.2021.02.003>
- Mohammed, A., & Mahmoud, S. (2021). *Effectiveness of steel plate shear walls in improving seismic performance of reinforced concrete buildings*. Journal of Constructional Steel Research, 176, 106424. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106424>
- Ñañez, A. y Hernández, S. (2019). *Estudio comparativo del diseño de la estructura de una edificación típica apoyada sobre aisladores sísmicos y apoyos rígidos*. (Tesis Pregrado, Universidad Católica de Colombia). Repositorio Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería: Programa De Ingeniería Civil.
- Quiñones, P., & Patrick, A. (2020). *Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada, Trujillo 2020*. Universidad Privada del Norte.
- Patel, V., Shah, B., & Vasanwala, S. (2023). *Seismic vulnerability and retrofit strategy for school buildings using viscous dampers*. Journal of Building Engineering, 66, 105760. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105760>

- Pereira, J., & Gómez, V. (2021). *Impacto de los terremotos en la infraestructura hospitalaria en zonas de alta actividad sísmica*. Revista de Ingeniería y Construcción, 45(7), 402-419. <https://doi.org/10.1016/j.ric.2021.06.015>
- Ramírez, D., & Morales, R. (2021). *Estudio de los efectos de los disipadores sísmicos en edificaciones hospitalarias*. Revista de Ingeniería y Tecnología, 43(6), 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.rit.2021.05.009>
- Rodríguez, L., & Castro, F. (2020). *Principios y aplicación de la aislación sísmica en hospitales de alta vulnerabilidad*. Journal of Earthquake Engineering, 24(6), 342-355. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.09.003>
- Sadeghi, M., Hosseini, S., & Mahdavi, M. (2022). *Assessment of seismic vulnerability and retrofit strategies for hospital buildings using nonlinear static analysis*. Structure and Infrastructure Engineering, 18(6), 820-837. <https://doi.org/10.1080/15732479.2021.1958529>
- Sadowski, F., Y Carlos, J. (2015). *Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sánchez, G., & Romero, A. (2019). *Diseño y simulación de edificaciones hospitalarias con aislación sísmica en Chile*. International Journal of Earthquake Engineering, 13(5), 213-226. <https://doi.org/10.1016/j.ijee.2019.03.002>
- Silva, R., y Vargas, A. (2019). *Uso de concreto reforzado en estructuras hospitalarias en zonas sísmicas: Comparación y evaluación*. Ingeniería y Tecnología Sostenible, 22(4), 78-94. <https://doi.org/10.1016/j.its.2019.08.007>
- Silva, J., & Mendoza, H. (2019). *Concreto reforzado en la construcción sísmica: Características y beneficios en infraestructuras hospitalarias*. Ingeniería Civil, 22(4), 123-137. <https://doi.org/10.1016/j.engciv.2019.07.009>
- Torres, E., & Fuentes, L. (2020). *Rehabilitación sísmica de hospitales en Perú con tecnologías innovadoras*. Journal of Structural Rehabilitation, 27(4), 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.01.005>
- Vergara, J. y Zuñiga, H. (2022). *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.
- Vicente, C. (2023). *El problema de la autoconstrucción en Latinoamérica: estudio del PREVI en Lima*. S.l.: Arquitectura.

Zhao, C., Guo, Z., & Zhang, L. (2021). *Influence of energy dissipation devices on the seismic response of high-rise buildings with transfer stories*. *Journal of Earthquake Engineering*, 25(4), 667-684.
<https://doi.org/10.1080/13632469.2019.1596449>

ANEXOS

Anexo 1: Cuadros de operacionalización de variables

ALUMNOS: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS – QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO

ASESOR: MAG. ALVAREZ RUFRAN JORGE ENRIQUE

TEMA: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023.

VARIABLE INDEPENDIENTE 1: DISIPADORES DE ENERGÍA SÍSMICOS SLB			
INDICADORES	ÍTEMS	Nivel de medición	Instrumento
Ancho	cm	Razón	Instrumento de recolección de datos
Alto	cm	Razón	Instrumento de recolección de datos
Cortante máximo	Tonf	Razón	Instrumento de recolección de datos

ALUMNOS: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS – QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO.

ASESOR: MAG. ALVAREZ RUFRAJN JORGE ENRIQUE.

TEMA: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023.

VARIABLE INDEPENDIENTE 2: CONCRETO REFORZADO CON CONCHAS DE ABANICO			
INDICADORES	ÍTEMS	Nivel de medición	Instrumento
Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	Razón	Instrumento de recolección de datos
Módulo de elasticidad	Kg/cm ²	Razón	Instrumento de recolección de datos

ALUMNOS: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS – QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO

ASESOR: MAG. ALVAREZ RUFRAN JORGE ENRIQUE

TEMA: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023.

VARIABLE DEPENDIENTE: VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL HOSPITAL DE AYACUCHO			
INDICADORES	ÍTEMS	Nivel de medición	Instrumento
Cortante estático	Tonf	Razón	Instrumento de recolección de datos
Desplazamientos laterales	m	Razón	Instrumento de recolección de datos
Distorsiones laterales	m	Razón	Instrumento de recolección de datos
Rigidez lateral	Tonf/m	Razón	Instrumento de recolección de datos
Cortante dinámico	Tonf	Razón	Instrumento de recolección de datos
Punto de desempeño	-	Razón	Instrumento de recolección de datos
Índice de vulnerabilidad sísmica	-	Razón	Instrumento de recolección de datos

Anexo 2: Matriz de consistencia

ALUMNOS: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS – QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO

ASESOR: MAG. ALVAREZ RUFRAJN JORGE ENRIQUE

TEMA: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p>General</p> <p>PG: ¿Qué nivel de vulnerabilidad sísmica presenta el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico, Ayacucho 2023?</p> <p>Específicos:</p> <p>PE 1: ¿Qué impacto tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, Ayacucho 2023?</p>	<p>General</p> <p>OG: Evaluar la vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico, Ayacucho 2023.</p> <p>Específicos:</p> <p>OE 1: Establecer el impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB, Ayacucho 2023.</p>	<p>General</p> <p>HG: El uso de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB y aisladores HDRB en el Hospital Regional de Ayacucho 2023, reduce el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio, mejorando su capacidad de resistencia ante futuros terremotos en la zona.</p> <p>Específicos:</p> <p>HE 1: El impacto que tiene las conchas de abanico en el concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para el Hospital Regional de Ayacucho con la incorporación disipadores de energía metálicos de fluencia SLB</p>	<p>Variables</p> <p>Independientes</p> <p>$X_1 =$ Disipadores de energía sísmicos SLB</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ancho • Alto • Cortante máxima <p>$X_2 =$ Concreto reforzado con conchas de abanico</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión • Módulo de elasticidad

<p>PE 2: ¿Qué impacto tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023?</p> <p>PE 3: ¿Qué impacto tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en las distorsiones de entrepiso del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023?</p> <p>PE 4: ¿Cuál es la serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho incorporando disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico con respecto a las características base del Hospital Regional de Ayacucho?</p>	<p>OE 2: Determinar el impacto que tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023.</p> <p>OE 3: Establecer el efecto que tiene el uso de disipadores de energía, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico en las distorsiones de entrepiso del Hospital Regional de Ayacucho, Ayacucho 2023.</p> <p>OE 4: Determinar la serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho incorporando disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y concreto mejorado con conchas de abanico con respecto a las características base del Hospital Regional de Ayacucho.</p>	<p>y aisladores HDRB varía notablemente.</p> <p>HE 2: El uso de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico reduce significativamente los desplazamientos laterales del Hospital Regional de Ayacucho en caso de un evento sísmico.</p> <p>HE 3: La implementación de disipadores de energía, aisladores y concreto mejorado con conchas de abanico en el Hospital Regional de Ayacucho contribuye a reducir las distorsiones de entrepiso en caso de un evento sísmico.</p> <p>HE 4: El uso de disipadores de energía metálicos de fluencia SLB, aisladores HDRB y mezcla de concreto reforzado con conchas de abanico mejora el desempeño y serviciabilidad del Hospital Regional de Ayacucho.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Y = Vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortante estática. • Desplazamientos laterales. • Distorsiones laterales. • Rigidez lateral. • Cortante dinámico. • Punto de desempeño. • Índice de vulnerabilidad sísmica.
--	---	---	---

ALUMNOS: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS – QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO

ASESOR: MAG. ALVAREZ RUFRAN JORGE ENRIQUE


TEMA: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023.

Diseño metodológico	Población y muestra	Técnicas e instrumentos
<p>Nivel: El nivel de investigación es explicativo</p> <p>Tipo de Investigación: El tipo de investigación es cuantitativo según el enfoque y aplicada según el propósito.</p>	<p>Población: La población corresponde al Hospital Regional de Ayacucho, lo que implica que la población es unitaria. Los especímenes de concreto fueron 54 probetas con y sin incorporación de conchas de abanico.</p> <p>Criterios de inclusión: No aplica por muestreo no probabilístico por conveniencia.</p> <p>Criterios de exclusión: No aplica por muestreo no probabilístico por conveniencia.</p> <p>Muestra: En el presente trabajo de investigación, al tener una población unitaria, no será necesario buscar una muestra ni utilizar un método de muestreo. De tal forma, muestra es igual a la población.</p>	<p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none">• Observación directa.• Técnica estadística.• Análisis documentario. <p>Instrumento:</p> <ul style="list-style-type: none">• Guía de observación.• Ficha de resumen de resultados.• Análisis documentario.

Anexo 3: Técnicas de instrumentos de recolección de datos

DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA EDIFICACIÓN FICHA DE REPORTE									
									Vivienda N° :
Antecedentes:									
Ubicación:									
Dirección técnica en el diseño:									
Dirección técnica en la construcción:									
Pisos construidos:			Pisos proyectados:			Antigüedad de la vivienda:			
Topografía y geología:									
Estado de la vivienda:									
.....									
.....									
.....									
Secuencia de construcción de la vivienda:									
Aspectos técnicos:									
Elementos de la vivienda:									
Elemento	Características								
Cimientos									
Muros									
Techo									
Columnas									
Vigas									
Deficiencias de la estructura:									
Problemas de ubicación:					Problemas constructivos:				
Problemas estructurales:									
					Mano de obra:				
					Otros:				
Análisis por sismo (Z=0.4g, U=1, C=2.5, R=3)									
Factor de Suelo S =						Resistencia característica a corte (kPa): v'm = 510			
						VR = Resistencia al corte (kN) = Ae(0.5v'mα+0.23fa)			
Area	Cortante Basal		Area de muros		Ae / Ar	Densidad	Resistencia	VR/V	Resultado
Piso 1	Peso acum.	V=ZUCSP/R	Existente:Ae	Requerida:Ar		Ae/Area piso 1	VR		
m ²	kN/m ²	kN	m ²	m ²	Adimensional	%	kN	Adimensional	
Análisis en el sentido "X"									
Análisis en el sentido "Y"									
Observaciones y Comentarios									
.....									
.....									


Anexo 4: Certificados de laboratorio



MTL GEOTECNIA
Material Testing Laboratory

(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com






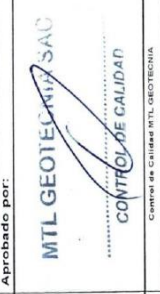
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DIAMANTINOS
	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO <small>ASTM C42</small>

Codigo	FOR-LTC-00497	Revisión	2	Aprobado	MTL	Fecha	20/1/2024
--------	---------------	----------	---	----------	-----	-------	-----------

REFERENCIA : DATOS DE IDENTIFICACION
 SOLICITANTE : HUART SANDOVAL JOSE LUIS - QUISEP ORE JEAN POOL RODRIGO
 TESIS : ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FUERZA S/LB AYACUCHO 2023
 UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAPTISTA
 UBICACION : AYACUCHO 2023

N° de Forjado	Identificación	Fecha de Rotura	Altura (cm)	Diametro (cm)	Área (cm²)	Relación (altura / diametro)	Factor de Corrección de Resistencia	Carga Máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)
1.0	C-1	20/06/2024	13.72	6.86	36.95	2.00	1.000	6513.0	230.4
2.0	C-2	20/06/2024	13.72	6.86	36.95	2.00	1.000	5601.0	151.6
3.0	C-3	20/06/2024	13.72	6.86	36.95	2.00	1.000	5099.0	138.0
4.0	V-1	20/06/24	13.72	6.86	36.95	2.00	1.000	9460.0	256.6
5.0	V-2	20/06/24	13.72	6.86	36.95	2.00	1.000	6887.0	186.4

Observaciones:
 • Muestra extraída mediante perforadora diamantina
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:  Jairo Pineda <small>INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small>	Revisado por:  Giner Saucedo <small>CAP. N.º 2006/17</small>
 MTL GEOTECNIA S.A.S. CONTROL DE CALIDAD <small>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</small>	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA S.A.S. CONTROL DE CALIDAD <small>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</small>



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



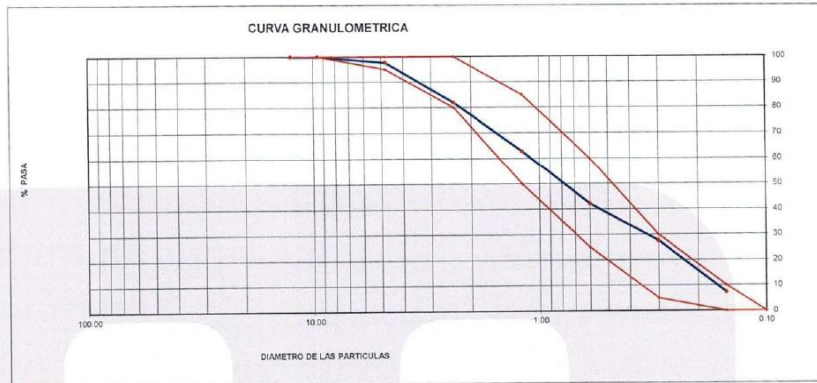
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código Revisión Aprobado	FOR-LTC-AG-001 1 MTL
-------------------------------------	--	--------------------------------	----------------------------

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C136

REFERENCIA	Datos de referencia
SOLICITANTE	HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
TESIS	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	AYACUCHO 2023
	Fecha de ensayo: 20/04/2024

MATERIAL : Agregado fino CANTERA: NUEVO PACIFICO
 PESO INICIAL HUMEDO (g) 912.3 % W = 2.6
 PESO INICIAL SECO (g) 890.0 MF = 2.61

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	20.4	2.3	2.3	97.7	95 - 100
Nº8	2.38	140.3	15.8	18.1	81.9	80 - 100
Nº16	1.19	170.3	19.1	37.2	62.8	50 - 85
Nº30	0.60	183.2	20.6	57.8	42.2	25 - 60
Nº50	0.30	130.3	14.6	72.4	27.6	05 - 30
Nº100	0.15	180.4	20.3	92.7	7.3	0 - 10
FONDO		66.0	7.3	100	0	



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



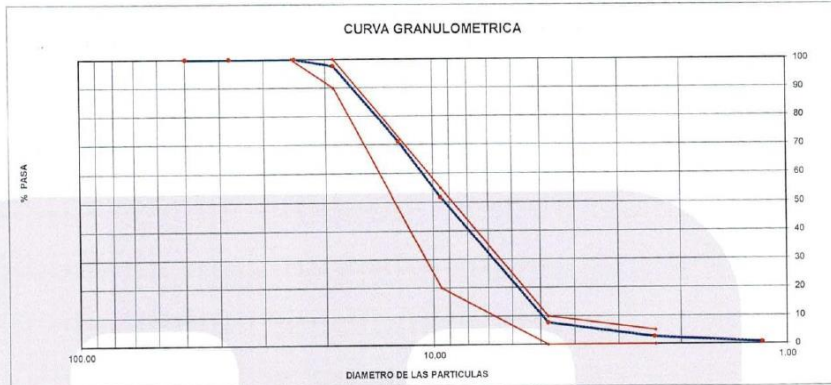
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LTC-AG-002
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	Revisión	1
		Aprobado	MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C136

REFERENCIA : Datos de referencia
SOLICITANTE : HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
TESIS : ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB. AYACUCHO 2023
UBICACIÓN : AYACUCHO 2023 **Fecha de ensayo:** 20/04/2024

MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA:** NUEVO PACIFICO
PESO INICIAL HUMEDO (g) 1.771 **% W =** 0.7
PESO INICIAL SECO (g) 1.759 **MF =** 6.39

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.05	39.7	2.3	2.3	97.7	90-100
1/2"	12.50	467.4	26.6	28.8	71.2	-
3/8"	9.53	340.2	19.3	48.2	51.8	20-55
Nº 4	4.76	775.3	44.1	92.3	7.7	0-10
Nº 8	2.38	89.5	5.1	97.3	2.7	0-5
Nº 16	1.18	35.2	2.0	99.3	0.7	
FONDO		11.6	0.7	100.0	0.0	



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.
 * Según la NORMA ASTM C33, en la tabla de requisitos granulométricos del agregado grueso con el porcentaje que pasa por los tamices normalizados se puede apreciar que la granulometría está dentro del Huso #467

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC Grisel, Gérgida Guzmán Ingeniera Civil CIP N° 298741	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o Glb)	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	1
		Aprobado	MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA	Datos de referencia
SOLICITANTE	HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
TESIS	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA
UBICACIÓN	SLB. AYACUCHO 2023
	Fecha de ensayo: 20/04/2024

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA : NUEVO PACIFICO

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	19034	19627	19038
2	Peso del Molde	g	6181	6181	6181
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	13453	13446	13457
4	Volumen del Molde	cc	9134	9134	9134
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.473	1.472	1.473

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.473
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	21054	21051	21058
2	Peso del Molde	g	6181	6181	6181
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	14873	14870	14877
4	Volumen del Molde	cc	9134	9134	9134
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.628	1.628	1.629

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.628
-----------------------------------	------	-------

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Inge. GARCÍA SUJANÁ INGENIERO CIVIL CIP N° 289741	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
	Ingeniero de Suolos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
 ASTM C29

REFERENCIA	Datos de referencia
SOLICITANTE	HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
TESIS	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB AYACUCHO 2023
UBICACION	AYACUCHO 2023
Fecha de ensayo: 20/04/2024	

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : NUEVO PACIFICO

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	
1 Peso de la Muestra + Molde	g	7651	7655	7647
2 Peso del Molde	g	2446	2446	2446
3 Peso de la Muestra (1 - 2)	g	5205	5209	5201
4 Volumen del Molde	cc	2827	2827	2827
5 Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.841	1.842	1.839

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.841
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	
1 Peso de la Muestra + Molde	g	8135	8140	8130
2 Peso del Molde	g	2446	2446	2446
3 Peso de la Muestra (1 - 2)	g	5689	5694	5684
4 Volumen del Molde	cc	2827	2827	2827
5 Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	2.012	2.014	2.010

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	2.012
-----------------------------------	------	-------

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA SAC Ingeniero César Quispe INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	1
		Aprobado	MTL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

REFERENCIA	Datos de referencia	Fecha de ensayo: 20/04/2024
SOLICITANTE	HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.	
TESIS	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA	
	SLB, AYACUCHO 2023	
UBICACION	AYACUCHO 2023	

MATERIAL : AGREGADO GRUESO **CANTERA** : NUEVO PACIFICO

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1269.0	1271.0	1270.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2012	2014	2013.0
3	Peso muestra Seco	C	g	1998	2000	1999.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.71	2.71	2.71
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.69	2.69	2.69
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.74	2.74	2.74
7	Absorción de agua = [(B - C)/C]*100		%	0.70	0.70	0.7

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA : Datos del Laboratorio
SOLICITANTE : HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
TESIS : ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SUE. AYACUCHO 2023
UBICACIÓN : AYACUCHO 2023
Fecha de ensayo: 24/05/2024

f'c 210 kg/cm²

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO 1	3.13	2.81	2.5	1.9	1841.0	2012.0
AGREGADO FINO - CANTERA NUEVO PACIFICO	2.65					
AGREGADO GRUESO - CANTERA NUEVO PACIFICO	2.69					
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			4	pu/g	
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4	pu/g	
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.571		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
5	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.37		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		330	Kg/m ³	7.8	Bls/m ³
	Volumen absoluto del cemento			0.1053	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agua			0.2050	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.330
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3005	m ³ /m ³	0.870
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3691	m ³ /m ³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			352	Kg/m ³	
	AGUA			201	Ltr/m ³	
	AGREGADO FINO			757	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			1006	Kg/m ³	
	PESO DE MEZCLA			2316	Kg/m³	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			785.5	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			1000.0	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			%	Lts/m ³	
	AGREGADO GRUESO			-0.600	-4.6	
				0.000	0.0	
					-4.6	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				209.5	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			352	Kg/m ³	
	AGUA			195	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			777	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			1012	Kg/m ³	
	PESO DE MEZCLA			2335	Kg/m³	

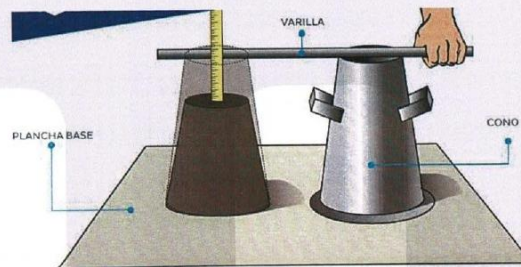
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Giner, Gácid Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

REPORTE DE MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND ASTM C143 / NTP 339.035

SOLICITADO POR: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.

TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO PULGADAS
PATRON	4 ³ / ₄
CONCHITA DE ABANICO 1%	4 ¹ / ₂
CONCHITA DE ABANICO 2%	4 ¹ / ₂
CONCHITA DE ABANICO 3%	4 ¹ / ₄
CONCHITA DE ABANICO 4%	4
CONCHITA DE ABANICO 5%	3 ³ / ₄



MÉTODO DEL SLUMP

MTL GEOTECNIA

Gilber García Guzmán
INGENIERO CIVIL
CIP N° 299741

REPORTE DE TEMPERATURA EN EL CONCRETO NORMA ASTM C1064 / NTP 339.184

SOLICITADO POR: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.

ASUNTO: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023

IDENTIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
PATRON	25.5
CONCHITA DE ABANICO 1%	26.8
CONCHITA DE ABANICO 2%	26.3
CONCHITA DE ABANICO 3%	26.7
CONCHITA DE ABANICO 4%	27.2
CONCHITA DE ABANICO 5%	27.9



TEMPERATURA

MTL GEOTECNIA S.p.A.

Gilda García Guzmán
INGENIERO CIVIL
CIP N° 298741



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-009
	COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
	Fecha de emisión: 01/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
PATRON	25/05/2024	1/06/2024	7	13956	78.5	177.7	210.0	84.6
PATRON	25/05/2024	1/06/2024	7	14035	78.5	178.7	210.0	85.1
PATRON	25/05/2024	1/06/2024	7	14111	78.5	179.7	210.0	85.6

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb; división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

 Elaborado por: Jefe de Laboratorio	 Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Código	FOR-LAB-CO-009
			Revisión	2
			Aprobado	MTL
			Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORE, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 01/06/2024	

IDENTIFICACION DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	1/06/2024	7	14206	78.5	180.9	210.0	86.1
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	1/06/2024	7	14267	78.5	181.7	210.0	86.5
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	1/06/2024	7	14320	78.5	182.3	210.0	86.8

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CO-009	
	COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO		Revisión	2	
				Aprobado	MTL
				Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
<i>Fecha de emisión:</i> 01/06/2024	

IDENTIFICACION DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MAXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	1/06/2024	7	14509	78.5	184.7	210.0	88.0
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	1/06/2024	7	14419	78.5	183.6	210.0	87.4
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	1/06/2024	7	14488	78.5	184.5	210.0	87.8

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

- OBSERVACIONES:**
- No se observaron fallas atípicas en las roturas
 - El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 - Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Otilio García Sotillo INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CO-009
	COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Revisión	2
			Aprobado	MTL
			Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 01/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	1/06/2024	7	14703	78.5	187.2	210.0	89.1
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	1/06/2024	7	14627	78.5	186.2	210.0	88.7
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	1/06/2024	7	14590	78.5	185.8	210.0	88.5

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: GILBERTO GARCÍA SUZUJAN INGENIERO CIVIL CIP N° 298741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	---



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 01/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F'c Diseño kg/cm ²	% F'c
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	1/06/2024	7	13785	78.5	175.6	210.0	83.6
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	1/06/2024	7	13915	78.5	177.2	210.0	84.4
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	1/06/2024	7	13810	78.5	175.8	210.0	83.7

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Código	FOR-LAB-CO-009
			Revisión	2
			Aprobado	MTL
			Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.634-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS - QUISPE ORE, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA S.I.B. AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 01/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kgf/cm ²	F _c Diseño kgf/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	1/06/2024	7	13548	78.5	172.5	210.0	82.1
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	1/06/2024	7	13642	78.5	173.7	210.0	82.7
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	1/06/2024	7	13720	78.5	174.7	210.0	83.2

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referencial
 * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. G. Córdova INGENIERO CIVIL CIP N° 29974	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FDR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 08/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
PATRON	25/05/2024	8/06/2024	14	15751	78.5	200.5	210.0	95.5
PATRON	25/05/2024	8/06/2024	14	15813	78.5	201.3	210.0	95.9
PATRON	25/05/2024	8/06/2024	14	15915	78.5	202.6	210.0	96.5

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Código	FOR-LAB-CO-009
			Revisión	2
			Aprobado	MTL
			Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 08/06/2024	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	8/06/2024	14	15965	78.5	203.7	210.0	97.0
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	8/06/2024	14	16052	78.5	204.4	210.0	97.3
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	8/06/2024	14	16105	78.5	205.1	210.0	97.6

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: GILBERTO GUERRA INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORE, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 08/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	8/06/2024	14	16210	78.5	206.4	210.0	98.3
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	8/06/2024	14	16297	78.5	207.5	210.0	98.8
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	8/06/2024	14	16186	78.5	206.1	210.0	98.1

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refulente
 * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Ductos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 08/06/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	AREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	Fc Diseño kg/cm2	% Fc
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	8/06/2024	14	16329	78.5	207.9	210.0	99.0
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	8/06/2024	14	16427	78.5	209.2	210.0	99.6
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	8/06/2024	14	16502	78.5	210.1	210.0	100.1

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas típicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Bueles y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA SAC
--	--	---



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-009
	COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 08/06/2024	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F'c Diseño kg/cm ²	% F'c
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	8/06/2024	14	15698	78.5	199.9	210.0	95.2
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	8/06/2024	14	15535	78.5	197.8	210.0	94.2
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	8/06/2024	14	15497	78.5	197.3	210.0	94.0

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

Informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB. AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 08/08/2024	

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	8/06/2024	14	15345	78.5	195.4	210.0	93.0
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	8/06/2024	14	15275	78.5	194.5	210.0	92.6
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	8/06/2024	14	15388	78.5	195.9	210.0	93.3

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

Informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
	Fecha de emisión: 22/05/2024

IDENTIFICACION DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
PATRON	25/05/2024	22/06/2024	28	20098	78.5	255.9	210.0	121.9
PATRON	25/05/2024	22/06/2024	28	20206	78.5	257.3	210.0	122.5
PATRON	25/05/2024	22/06/2024	28	20150	78.5	256.6	210.0	122.2

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-009
	COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB. AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023

Fecha de emisión: 22/08/2024

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	22/06/2024	28	20299	78.5	258.5	210.0	123.1
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	22/06/2024	28	20416	78.5	259.9	210.0	123.8
CONCHITAS DE ABANICO 1%	25/05/2024	22/06/2024	28	20379	78.5	259.5	210.0	123.6

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CO-009
	COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Revisión	2
			Aprobado	MTL
			Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 22/06/2024	

IDENTIFICACION DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	22/06/2024	28	20514	78.5	261.2	210.0	124.4
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	22/06/2024	28	20651	78.5	262.9	210.0	125.2
CONCHITAS DE ABANICO 2%	25/05/2024	22/06/2024	28	20608	78.5	262.4	210.0	124.9

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referrentante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Cable, Jovita Guzmán Ingeniero Civil CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	--



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-009
	COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 22/08/2024	

IDENTIFICACION DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	22/06/2024	28	20794	78.5	264.8	210.0	126.1
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	22/08/2024	28	20701	78.5	263.6	210.0	125.5
CONCHITAS DE ABANICO 3%	25/05/2024	22/06/2024	28	20669	78.5	263.2	210.0	125.3

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referenciante
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Código	FOR-LAB-CO-009
			Revisión	2
			Aprobado	MTL
			Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANALISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA SLB, AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 22/06/2024	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F ^o Diseño kg/cm ²	% F ^o
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	22/06/2024	28	19978	78.5	254.4	210.0	121.1
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	22/06/2024	28	19815	78.5	252.3	210.0	120.1
CONCHITAS DE ABANICO 4%	25/05/2024	22/06/2024	28	19924	78.5	253.7	210.0	120.8

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0,1 kN

- OBSERVACIONES:**
- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 - * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referenciante
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	--



(511) 678 2806 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com
 www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
		Fecha	2/01/2024

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
 ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ, JEAN POOL RODRIGO.
PROYECTO	: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISIPADORES DE FLUENCIA S.L.B. AYACUCHO 2023
UBICACIÓN	: AYACUCHO 2023
Fecha de emisión: 22/06/2024	

IDENTIFICACIÓN DE ESPÉCIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F _c Diseño kg/cm ²	% F _c
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	22/06/2024	28	19748	78.5	251.4	210.0	119.7
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	22/06/2024	28	19671	78.5	250.5	210.0	119.3
CONCHITAS DE ABANICO 5%	25/05/2024	22/06/2024	28	19573	78.5	249.2	210.0	118.7

EQUIPO DE ENSAYO
 Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:
 * No se observaron fallas atípicas en las roturas
 * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LSR-CON-032
	DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO		Revisión	1
			Aprobado	CG-MTL
			Fecha	-

TESIS	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA EN EL HOSITAL REGIONAL DE AYACUCHO Y EL USO DE DISPOSITIVOS DE FLUENCIA SLS AYACUCHO 2023		
SOLICITANTE	HUARI SANDOVAL JOSÉ LUIS - QUISPE ORÉ JEAN POOL RODRIGO		
UBICACIÓN	AYACUCHO 2023		
Muestra	: Concreto Endurecido	Fecha de ensayo:	22/06/2024
f'c	: 210 kg/cm ²		

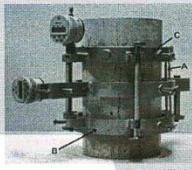
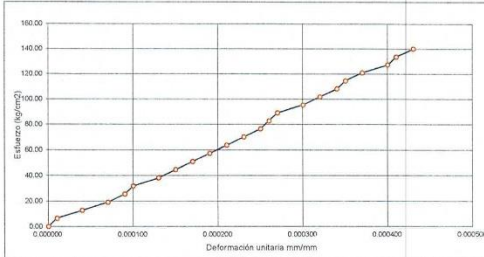
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra	: Concreto Patron
Presentación	: Especímenes CILINDRICOS DE 4" x 8"
f'c de diseño	: 210 kg/cm ²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000010	6.37
0.000040	12.73
0.000070	19.10
0.000090	25.46
0.000100	31.83
0.000130	38.20
0.000150	44.56
0.000170	50.93
0.000190	57.30
0.000210	63.66
0.000230	70.03
0.000250	76.39
0.000280	82.76
0.000270	89.13
0.000300	95.49
0.000320	101.86
0.000340	108.23
0.000350	114.59
0.000370	120.96
0.000400	127.32
0.000410	133.69
0.000430	140.05



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:	
Identificación	: Patron
Método de curado utilizado	: Sumergido en agua
Fecha de vaciado	: 25/05/2024
Edad	: 28 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo E _c kg/cm ²	334,484
Cte. Elás. f _c UIL	20,883
Cte. Elás. f _c Nomin.	20,885

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código
	DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO		FORLSR-CON-032
			Revisión
			Aprobado
		Fecha	

TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL HOSPITAL REGIONAL "JE AYACUCHO Y EL US" DE DISIPADORES DE FLUENCIA S.L.B. AYACUCHO 2023
SOLICITANTE: HUARI SANDOVAL, JOSÉ LUIS - QUISPE ORE, JEAN POOL RODRIGO
UBICACIÓN: AYACUCHO 2023
Muestra: Concreto Endurecido
F'c: 210 kg/cm²

Fecha de ensayo: 22/06/2024

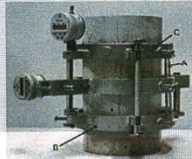
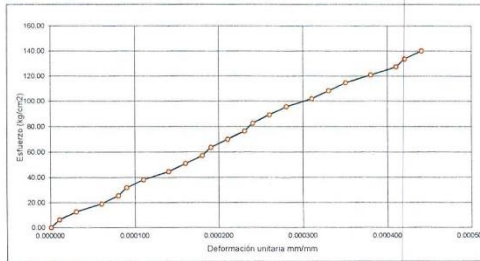
INFORME

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO

Tipo de muestra	: Conchitas de Abanico 3%
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000010	6.37
0.000030	12.73
0.000060	19.10
0.000080	25.46
0.000090	31.83
0.000110	38.20
0.000140	44.56
0.000160	50.93
0.000180	57.30
0.000190	63.66
0.000210	70.03
0.000230	76.39
0.000240	82.76
0.000260	89.13
0.000280	95.49
0.000310	101.86
0.000330	108.23
0.000350	114.59
0.000380	120.96
0.000410	127.32
0.000420	133.69
0.000440	140.06
0.000460	146.42



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
 Identificación : Conchitas de Abanico 3%
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 25/05/2024
 Edad : 28 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo E _c kg/cm ²	399,560
Cte. Elás. F _c Uil.	24,582
Cte. Elás. F _c Nomin.	24,591

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- Prohíbida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita del área de control de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Supervisores	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 5: Panel fotográfico

Evaluación estructural



Foto 1. Extracción de testigos diamantinos.



Foto 2. Aplicación de maquina perforadora de testigos en vigas.

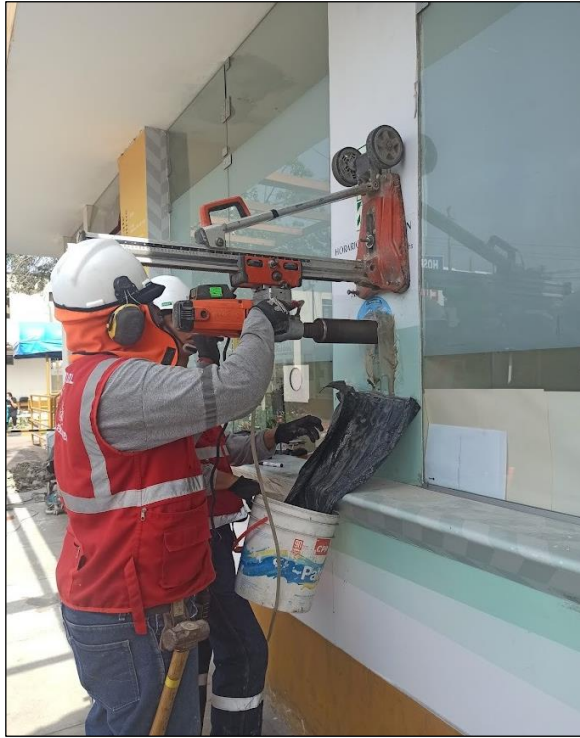


Foto 3. Aplicación de maquina perforadora de testigos en columnas.



Foto 4. Aplicación del esclerómetro en viga.

Ensayos de laboratorio



Foto 5. Testigos extraídos de para evaluar su resistencia a la compresión.



Foto 6. Medición de la altura de testigos.



Foto 7. Medida de testigos.



Foto 8. Testigos para realizarle el capeo.



Foto 9. Medición del diámetro del testigo.



Foto 10. Muestreo.



Foto 11. Capeo de muestra.



Foto 12. Realización de Capeo de muestra.

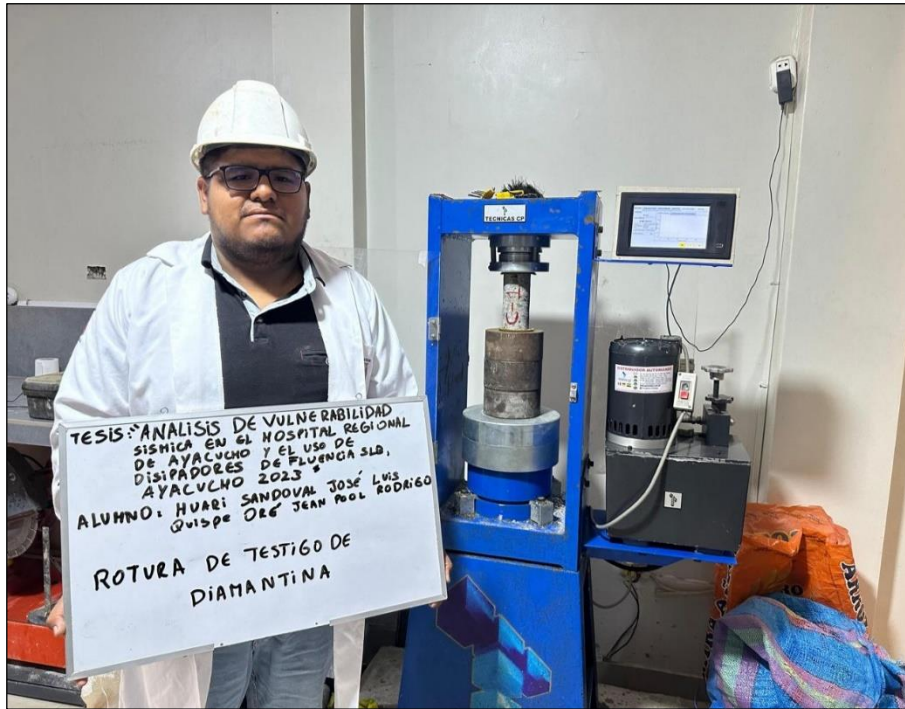


Foto 13. Rotura de diamantina para determinar la resistencia a la compresión (testigos de columna).



Foto 14. Realización de la resistencia a compresión (testigos de columna).



Foto 15. Rotura del testigo extraído de columna.



Foto 16. Determinación la resistencia a compresión de testigos extraídos de columna.



Foto 17. Rotura de testigos de viga.



Foto 18. Rotura de testigo de viga.

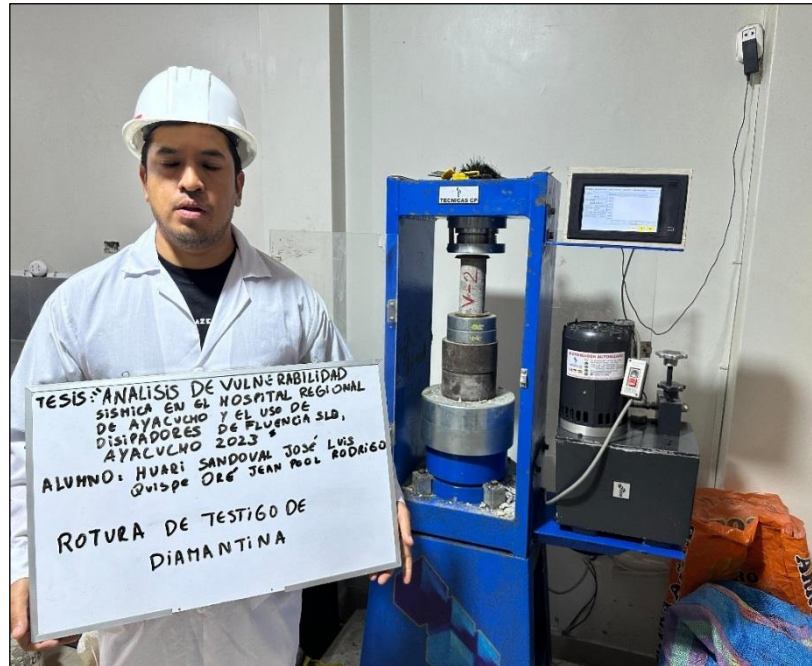


Foto 19. Determinación de resistencia a la compresión de testigos de viga.



Foto 20. Tamizado de agregados para el diseño de mezcla.



Foto 21. Proceso de tamizado de agregados para diseño de mezcla.



Foto 22. Determinación del peso seco compactado del agregado grueso.



Foto 23. Varillado del agregado grueso.



Foto 24. Determinación del peso seco compactado del agregado fino.



Foto 25. Varillado del agregado fino.



Foto 26. Determinación del peso específico del agregado fino.

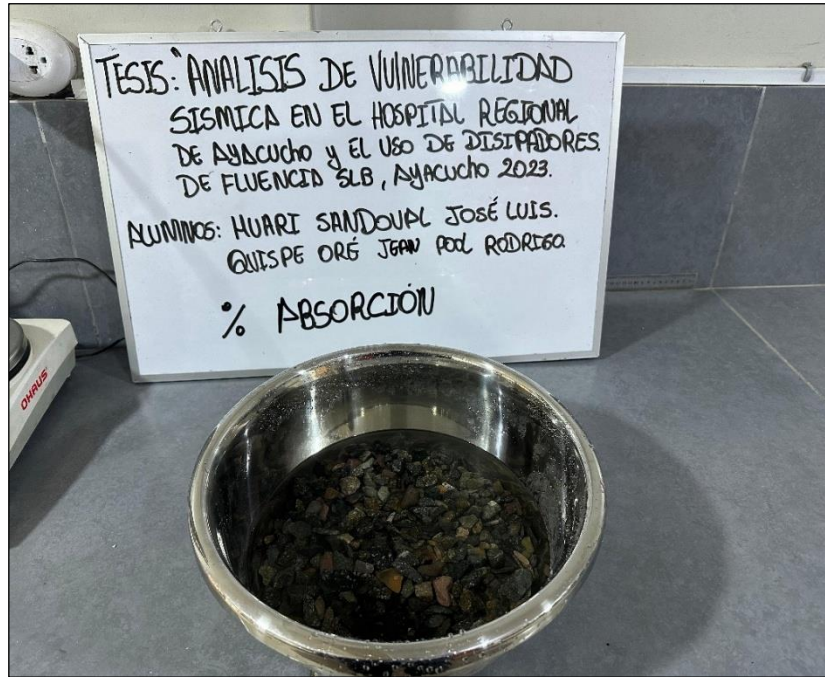


Foto 27. Determinación del porcentaje de absorción del agregado grueso.



Foto 28. Contenido de humedad del agregado fino.



Foto 29. Contenido de humedad del agregado grueso.



Foto 30. Slump del concreto patrón.



Foto 31. Slump del concreto con 2% de conchas de abanico



Foto 32. Slump con el 4% de conchas de abanico.



Foto 33. Slump con el 5% de conchas de abanico.



Foto 34. Porcentajes de adición de conchas de abanico.



Foto 35. Adición de 1% de conchas de abanico en la mezcla de concreto.



Foto 36. Adición de 2% de conchas de abanico en la mezcla de concreto.



Foto 39. Adición de 5% de conchas de abanico en la mezcla de concreto.



Foto 40. Probetas con los % de adición de conchas de abanico.



Foto 41. Probetas de concreto con conchas de abanico.



Foto 42. Probetas de concreto con diferentes adiciones de conchas de abanico para ser ensayadas a resistencia a la compresión.



Foto 43. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón a los 7 días de edad.



Foto 44. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 1% de conchas de abanico a los 7 días de edad.



Foto 45. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 2% de conchas de abanico a los 7 días de edad.



Foto 46. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 3% de conchas de abanico a los 7 días de edad.



Foto 47. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 5% de conchas de abanico a los 7 días de edad.



Foto 48. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón a los 14 días de edad.



Foto 49. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 1% de conchas de abanico a los 14 días de edad.



Foto 50. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 2% de conchas de abanico a los 14 días de edad.



Foto 51. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 3% de conchas de abanico a los 14 días de edad.



Foto 52. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 4 % de conchas de abanico a los 14 días de edad.



Foto 53. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 5% de conchas de abanico a los 14 días de edad.



Foto 54. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón a los 28 días de edad.



Foto 55. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 1% de conchas de abanico a los 28 días de edad.



Foto 56. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 2% de conchas de abanico a los 28 días de edad.



Foto 57. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 3% de conchas de abanico a los 28 días de edad.



Foto 58. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 4% de conchas de abanico a los 28 días de edad.



Foto 59. Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto con adición de 5% de conchas de abanico a los 28 días de edad.



Foto 60. Ensayo de módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días de edad.



Foto 61. Ensayo de módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días de edad.

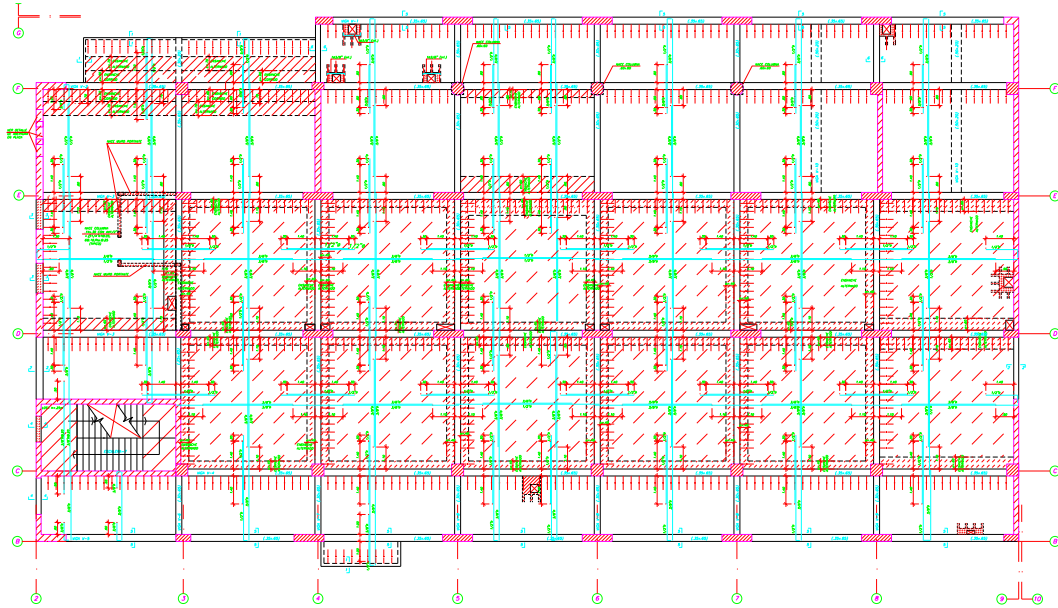


Foto 62. Ensayo de módulo de elasticidad del concreto con adición de 3% de conchas de abanico a los 28 días de edad.

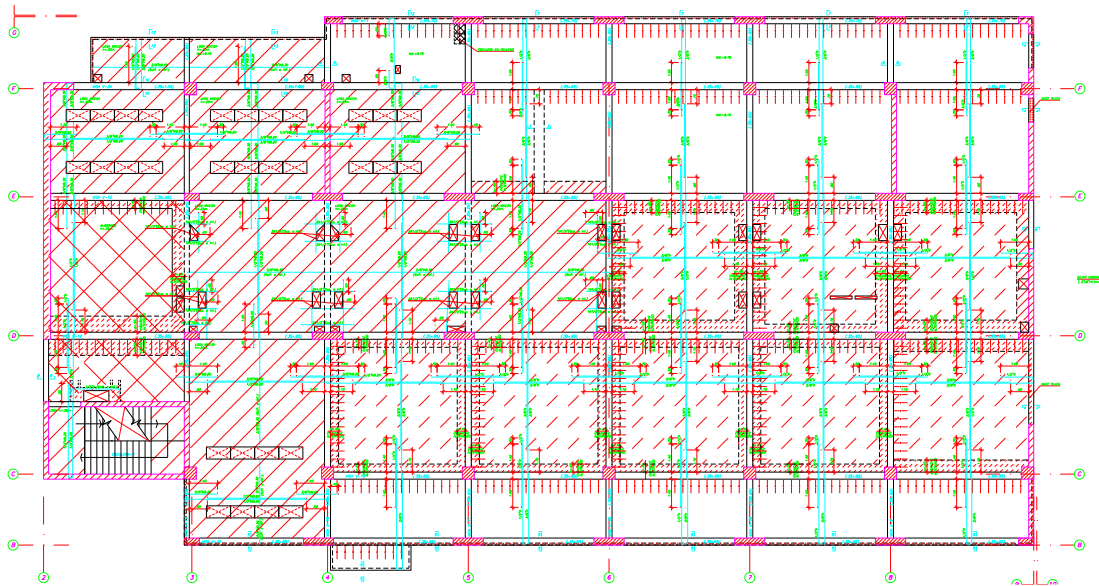


Foto 63. Ensayo de módulo de elasticidad del concreto con adición de 3% de conchas de abanico a los 28 días de edad.

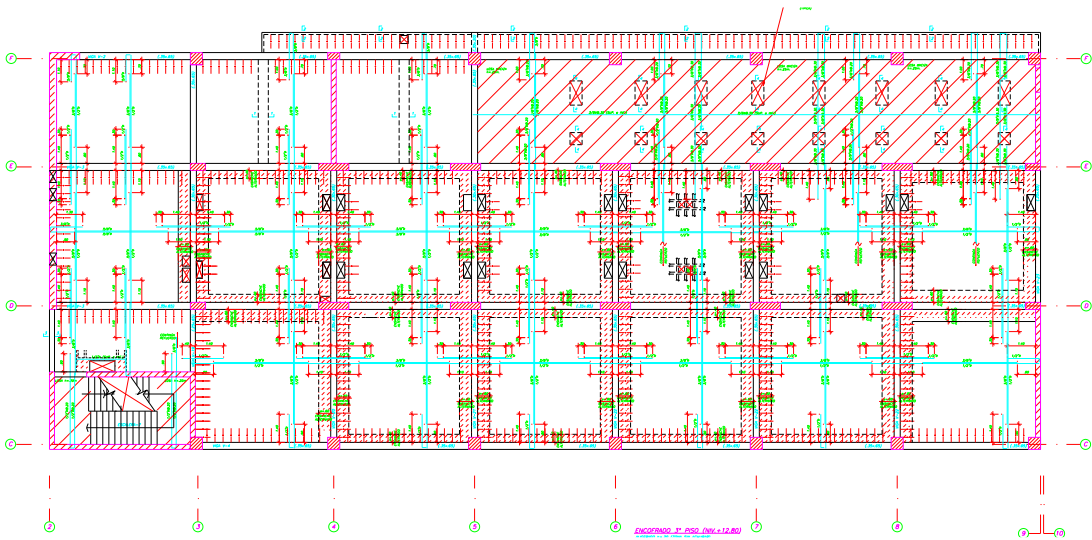
Anexo 6: Planos de la estructura.



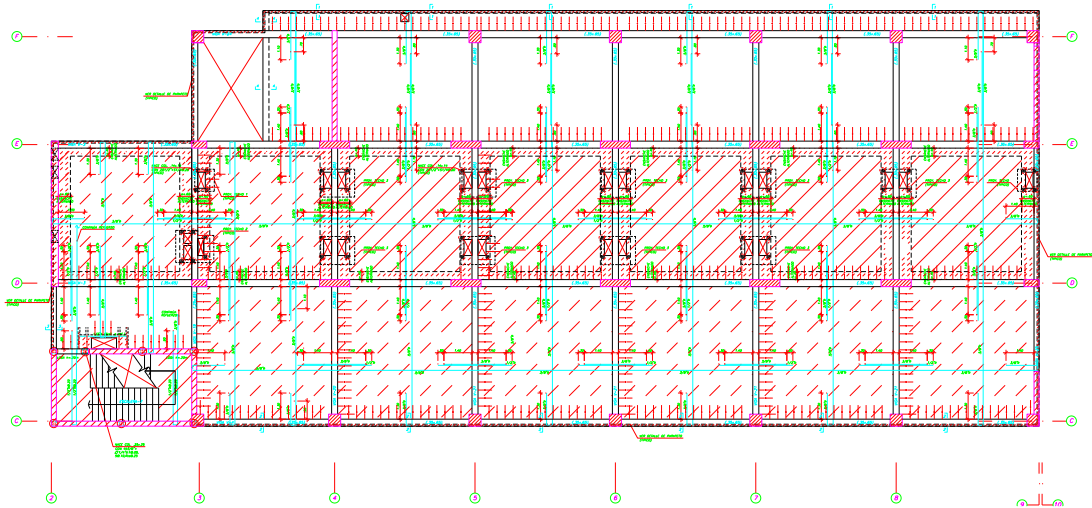
Plano estructural – Primer Nivel



Plano estructural – Segundo Nivel



Plano estructural – Tercer Nivel



Plano estructural – Cuarto Nivel

Anexo 7: Modelamiento estructural.

La imagen presenta dos diagramas relacionados con el modelado del sistema de encofrados utilizados en diferentes niveles de una estructura, específicamente en los niveles primero, segundo y tercero. Estos diagramas, identificados como Imagen 1 y 2, ofrecen una representación visual del esquema estructural de los encofrados, destacando la disposición de vigas, columnas y otros elementos estructurales cruciales para la correcta distribución de las cargas y la estabilidad de la construcción durante el proceso de vertido y fraguado del concreto.

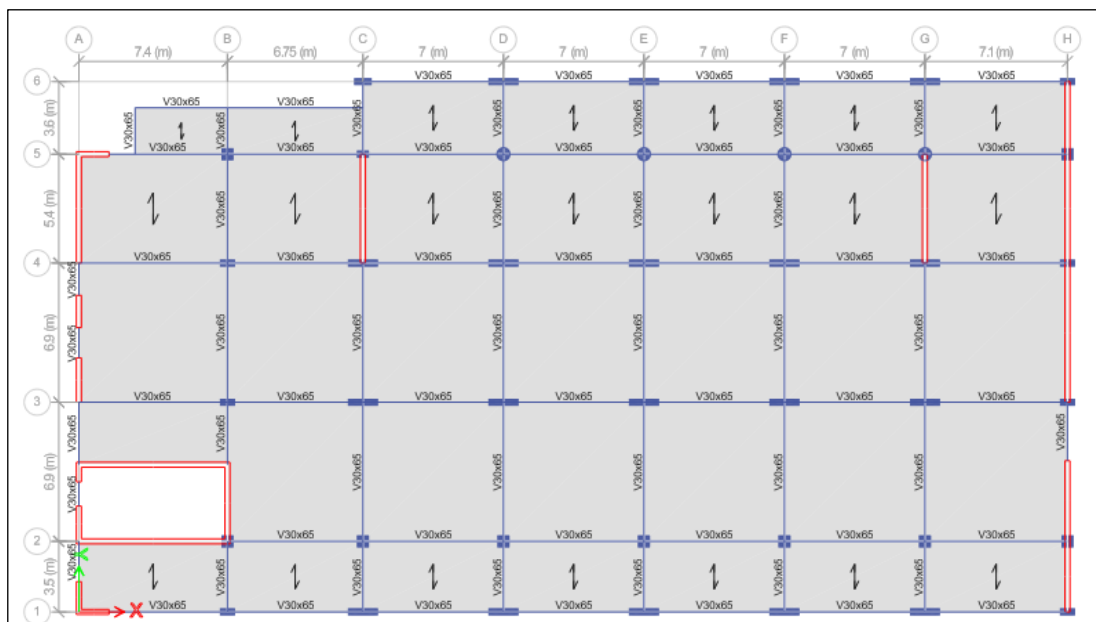


Imagen 1: Modelado del sistema de encofrados del primer y segundo nivel de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1, se muestra el modelado del sistema de encofrados correspondiente al primer y segundo nivel de la estructura, se detalla la disposición de las vigas, etiquetadas como "VigaN1", y otros elementos estructurales que soportan la carga. Se observan diferentes líneas que representan vigas horizontales y verticales, las cuales están alineadas de acuerdo con los ejes que estructuran la planta del edificio. Cada celda formada por la intersección de las vigas contiene la designación "1", lo que sugiere un análisis o agrupación de cargas uniformes en esas áreas. Las vigas están distribuidas de manera regular, lo que indica una planificación meticulosa para

asegurar la distribución uniforme de las cargas a través de las columnas y los cimientos.

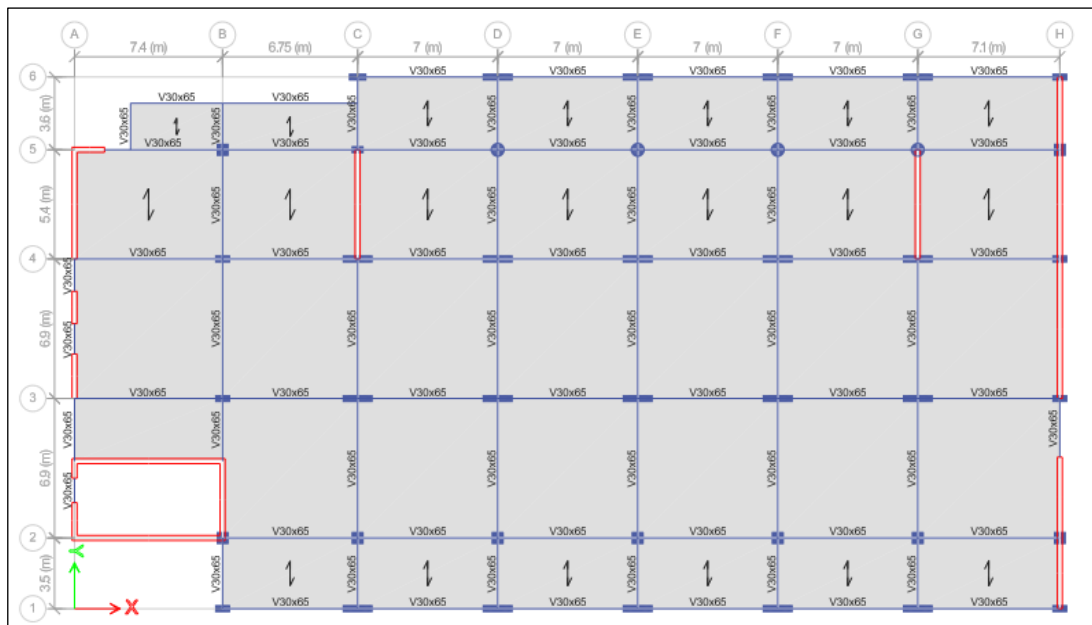


Imagen 2: Modelado del sistema de encofrados del tercer nivel de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

En el lado izquierdo del diagrama, se destaca un área sombreada en color rojo que representa un núcleo de muros de concreto armado. Este núcleo es fundamental en la estructura, ya que no solo proporciona rigidez y estabilidad lateral a la edificación, sino que también sirve como un punto clave para la transferencia de cargas verticales y horizontales. La presencia de este núcleo en la representación gráfica sugiere un enfoque integral en la seguridad y resistencia del edificio, asegurando que la estructura pueda resistir tanto las cargas gravitacionales como las fuerzas laterales, tales como las producidas por sismos o vientos.

Por su parte, la Imagen 2 corresponde al modelado del sistema de encofrados del tercer nivel. La disposición de las vigas y otros elementos estructurales es similar a la del primer y segundo nivel, lo que sugiere una continuidad en el diseño estructural a lo largo de los diferentes pisos del edificio. Al igual que en los niveles inferiores, las vigas en este nivel están marcadas con la designación "VigaN1". Sin embargo, se mantiene la representación del núcleo de muros de concreto armado, indicando que

este elemento estructural continúa siendo un componente esencial en la estabilidad y resistencia de los niveles superiores. Esto asegura que la estructura mantenga su integridad y desempeño adecuado a medida que se incrementa la altura del edificio. La imagen muestra el modelo estructural de un hospital en Cajamarca, elaborado en el software de análisis estructural ETABS. Este programa es ampliamente utilizado en ingeniería para modelar, analizar y diseñar edificaciones sometidas a diversas cargas. Se presentan dos figuras que detallan el modelado del sistema de encofrados del cuarto nivel y una vista tridimensional de la estructura. En ambos casos, los muros de concreto armado se destacan en color rojo, elementos clave para la estabilidad y resistencia sísmica del edificio.

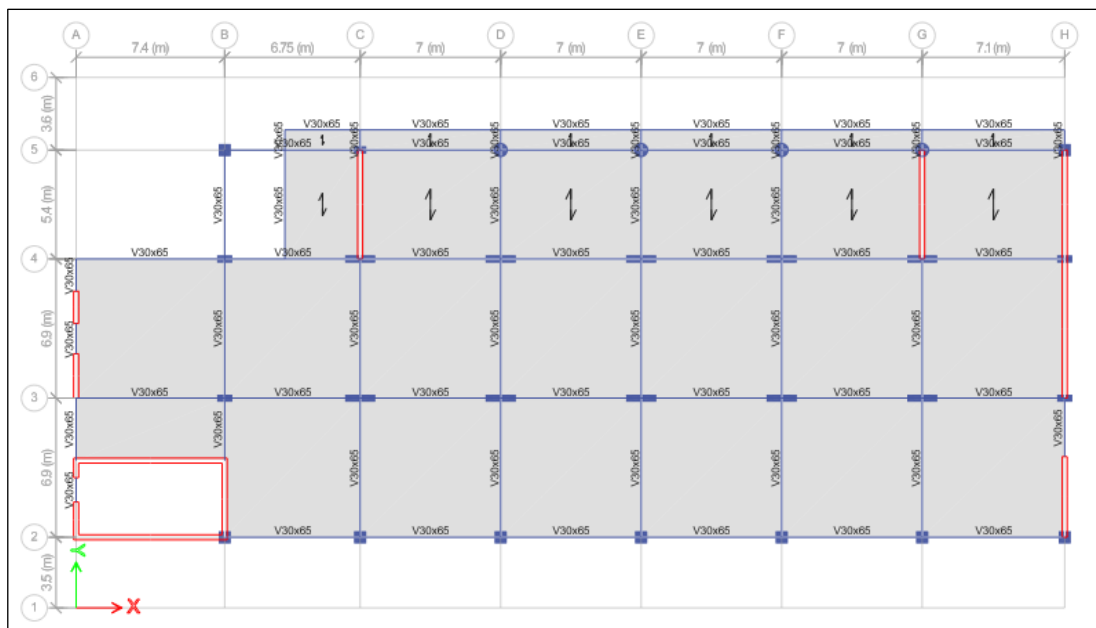


Imagen 3: Modelado del sistema de encofrados del cuarto nivel de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

En la primera figura se observa la vista en planta del cuarto nivel de la estructura. Las líneas azules representan las vigas y columnas, mientras que los muros de concreto armado, en rojo, están distribuidos estratégicamente. Estos muros son elementos de gran rigidez, fundamentales para absorber y transmitir las cargas laterales, como las que se generan durante un sismo. La mayor parte de los muros se ubica en los extremos, reforzando las zonas perimetrales y mejorando el comportamiento de la estructura ante cargas horizontales. Algunos muros se encuentran en el centro,

probablemente para ayudar en la redistribución de las cargas sísmicas y garantizar una respuesta estructural adecuada. Las losas grises, que se apoyan sobre las vigas, desempeñan un papel crucial en la distribución de las cargas verticales y en el funcionamiento como diafragmas rígidos, lo que contribuye a la estabilidad lateral del edificio.

La segunda figura ofrece una vista tridimensional del modelo estructural completo. En ella se puede apreciar la disposición de los diferentes niveles y la interacción entre columnas, vigas y los muros de concreto armado. Las columnas proporcionan soporte a las cargas verticales, mientras que las vigas conectan las columnas y sostienen las losas. La distribución de los muros de concreto armado en esta vista tridimensional confirma su disposición estratégica para optimizar la resistencia sísmica de la edificación. La presencia de estos muros en ambos extremos del edificio y en algunas zonas intermedias sugiere que el diseño busca minimizar el desplazamiento lateral de la estructura ante un evento sísmico, lo que mejora la seguridad del hospital.

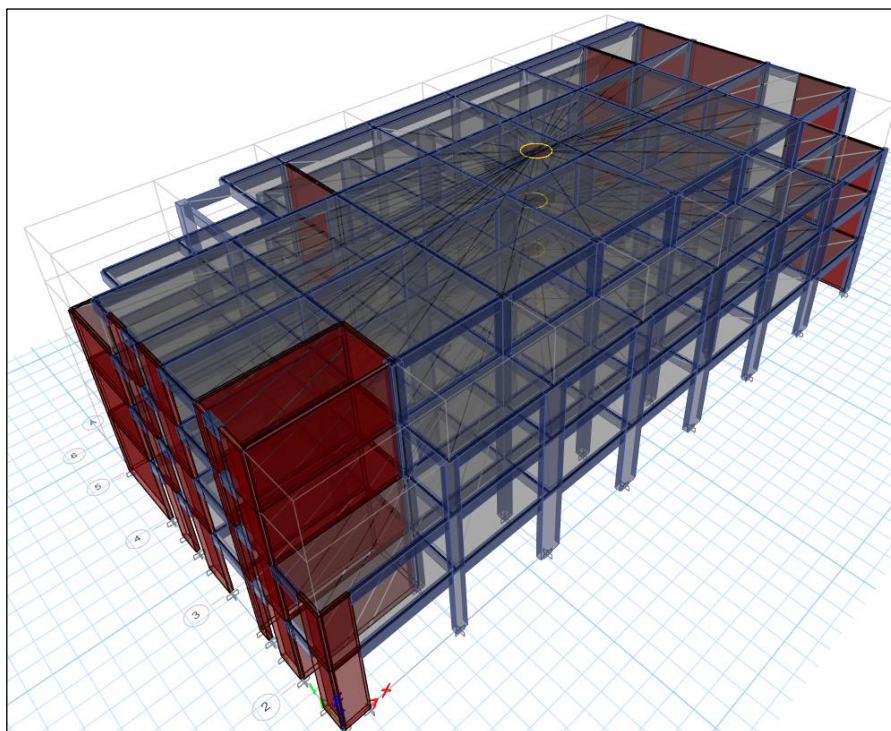


Imagen 4: Perspectiva de la estructura modelada en ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Los muros de concreto armado cumplen una función crucial al proporcionar rigidez lateral y actuar como elementos de soporte de carga. En una infraestructura hospitalaria, la inclusión de estos muros asegura que el edificio no sufra deformaciones excesivas durante un terremoto, protegiendo tanto a las personas como al equipo médico. Además, contribuyen a redistribuir las cargas sísmicas de manera uniforme, minimizando el riesgo de concentración de tensiones que podrían causar fallos estructurales. Su disposición estratégica asegura que la estructura funcione de manera integrada, evitando movimientos desiguales entre diferentes partes del edificio.

Cargas

Las cargas de diseño se asignaron según la norma E:0.20 Cargas.

Carga viva (L)

Hospital	0.30 Tnf/m ²
Azotea	0.10 Tnf/m ²

Carga muerta (D)

Tabiquería	0.10 T/m ²
Acabados	0.10 T/m ²

Peso del aligerado unidireccional

$$W_{\text{alig}} = 0.3 \text{ t/m}^2$$

Combinaciones de cargas

De acuerdo al RNE, se consideran las siguientes combinaciones de carga que interactúan en la estructura:

$$U-1 = 1.4 D + 1.7 L$$

$$U-2 = 1.25 (D + L) + S_x$$

$$U-3 = 1.25 (D + L) - S_x$$

$$U-4 = 1.25 (D + L) + S_y$$

$$U-5 = 1.25 (D + L) - S_y$$

$$U-6 = 0.9 D + S_x$$

$$U-7 = 0.9 D - S_x$$

$$U-8 = 0.9 D + S_y$$

$$U-9 = 0.9 D - S_y$$

$$\text{Envolvente} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 + U_7 + U_8 + U_9$$

Donde:

U = Combinación de carga

D = Carga muerta

L = Carga viva

S_x = Carga por sismo en x

S_y = Carga por sismo en y

Parámetros de respuesta sísmica

Los parámetros sísmicos se asignaron según la ubicación geográfica y tipo de suelo donde se implantará la estructura. A continuación se muestra la Tabla 2 con los parámetros utilizados.

Parámetros empleados para el análisis sismorresistente

Z = 0.35 Factor de zona

S = 1.15 Factor de suelo

T_p = 0.60 Periodo corto

T_l = 2.00 Periodo largo

U = 1.50 Factor de uso

R_x = 6.00 Factor de reducción básico

R_y = 6.00 Factor de reducción básico

I_a = 1.00 Irregularidad en altura

I_p = 1.00 Irregularidad en planta


R = 6.00 Factor de reducción $R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$

Anexo 8: Diseño de los disipadores y aisladores.

MEMORIA DE CÁLCULO DISEÑO DISIPADOR SHEAR LINK BOZZO (SLB)

ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO

1. Descripción del proyecto

Nombre del proyecto:	Análisis de vulnerabilidad sísmica del Hospital Regional de Ayacucho y el uso de disipadores de fluencia SLB, Ayacucho 2023
Ubicación:	Ayacucho, Perú (zona de alta sismicidad, según el reglamento de diseño sismorresistente peruano NTE E.030).
	
Altura:	4 pisos (hospital de mediana altura).
Uso:	Hospital regional, infraestructura crítica.
Material principal:	Concreto armado.

Condiciones Sísmicas

- **Aceleración sísmica máxima esperada:** 0.4g (40% de la gravedad terrestre).
- **Normativa sísmica:** Norma Técnica Peruana (NTP E.030) y principios generales de ASCE 7.
- **Objetivo de diseño:** Mejorar el comportamiento del hospital durante un sismo y garantizar que permanezca funcional después del evento.

2. Características de la estructura

La estructura del hospital es un edificio de 4 niveles, diseñado principalmente en concreto armado, con vigas y columnas rectangulares que forman marcos rígidos. El análisis previo de vulnerabilidad indicó:

- La estructura presenta derivas inter-pisos superiores al límite permisible (2%).
- Esfuerzos en algunas columnas superiores a la capacidad límite de diseño bajo condiciones sísmicas.
- La infraestructura necesita mejorar la disipación de energía para evitar el colapso y proteger tanto a las personas como los equipos médicos críticos.

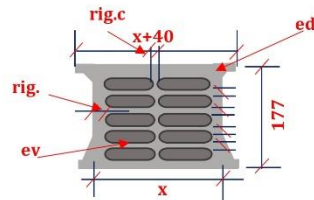
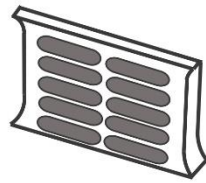
3. Justificación del uso de los disipadores SLB

Debido a la alta demanda sísmica en la zona y la necesidad de garantizar la operación del hospital después de un terremoto, se decide implementar **disipadores de energía SLB** (Shear Link Bozzo) en los marcos de contraventeo del hospital. Estos disipadores permitirán:

- Reducir las derivas inter-pisos a menos del 1%.
- Disipar el 50% de la energía sísmica.
- Evitar daños en las columnas principales del hospital.

4. Características del diseño

Diseño Disipador de Energía SLB

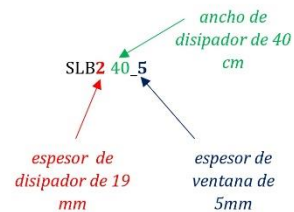


SLB(ed) X_Y

1) Donde:

- X** = Ancho del disipador en cm
- Y** = Espesor de la ventana (ev) en mm
- ed** = depende del espesor del disipador en mm
 - ed=2** , para placas de 19 mm
 - ed=3** , para placas de 25 mm
 - ed=4** , para placas de 38 mm

2) Nomenclatura SLB:

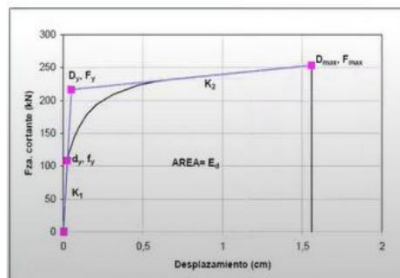


5. Tabla de diseño

PARÁMETROS DE DISEÑO DE DISIPADORES SLB (SHEAR LINK BOZZO)								
Tipo	espesor del disipador (mm)	espesor de ventana (mm)	rigidizador lateral (mm)	K1 (kN/cm)	K2 (kN/cm)	Fy (kN)	Fmáx (kN)	n (yielding exponent)
SLB2 6 2	19	2	13	724	14.5	99.0	126.4	1
SLB2 6 2	19	2	15	980	19.6	129.0	165.4	1
SLB2 8 3	19	3	15	1120	22.4	135.0	177.4	1
SLB2 8 4	19	4	15	1340	26.8	139.0	189.9	1
SLB2 8 5	19	5	15	1420	28.4	148.0	201.8	1
SLB2 8 6	19	6	15	1660	33.2	150.0	213.6	1
SLB2 10 2	19	2	20	1300	26.0	177.0	225.5	1
SLB2 10 3	19	3	20	1600	32.0	183.0	243.1	1
SLB2 10 4	19	4	20	1840	36.8	190.0	259.7	1
SLB2 10 5	19	5	20	2080	41.6	197.0	276.1	1
SLB2 10 6	19	6	20	2320	46.4	203.0	291.8	1
SLB2 15 2	19	2	20	1800	36.0	194.0	262.3	1
SLB2 15 3	19	3	20	2320	46.4	208.0	296.6	1
SLB2 15 4	19	4	20	2800	56.0	223.0	330.2	1
SLB2 15 5	19	5	20	3200	64.0	240.0	363.7	1
SLB2 15 6	19	6	20	3600	72.0	258.0	396.4	1
SLB2 20 2	19	2	25	2760	55.2	268.0	373.2	1
SLB2 20 3	19	3	25	3400	68.0	292.0	422.9	1
SLB2 20 4	19	4	25	4000	80.0	317.0	470.7	1
SLB2 20 5	19	5	25	4600	92.0	340.0	517.9	1
SLB2 20 6	19	6	25	5200	104.0	363.0	563.6	1
SLB2 25 2	19	2	30	3360	67.2	324.0	451.3	1
SLB2 25 3	19	3	30	4280	85.6	352.0	516.9	1
SLB2 25 4	19	4	30	5120	102.4	383.0	580.3	1
SLB2 25 5	19	5	30	5880	117.6	416.0	642.5	1
SLB2 25 6	19	6	30	6720	134.4	444.0	703.1	1
SLB2 30 2	19	2	30	3760	75.2	339.0	482.3	1
SLB2 30 3	19	3	30	4960	99.2	376.0	566.2	1
SLB2 30 4	19	4	30	5560	111.2	435.0	648.0	1
SLB2 30 5	19	5	30	7040	140.8	456.0	728.0	1
SLB2 30 6	19	6	30	7960	159.2	498.0	806.7	1
SLB2 40 2	19	2	30	4720	94.4	371.0	552.5	1
SLB2 40 3	19	3	30	6360	127.2	427.0	672.1	1
SLB2 40 4	19	4	30	7760	155.2	488.0	788.9	1
SLB2 40 5	19	5	30	9200	184.0	546.0	903.2	1
SLB2 40 6	19	6	30	10560	211.2	607.0	1017.5	1
SLB2 50 2	19	2	30	5600	112.0	429.0	644.1	1
SLB2 50 3	19	3	30	7800	156.0	496.0	798.6	1
SLB2 50 4	19	4	30	9680	193.6	574.0	950.0	1
SLB2 50 5	19	5	30	11440	228.8	655.0	1099.3	1
SLB2 50 6	19	6	30	13120	262.4	736.0	1246.8	1

Nota:

No se recomienda los dispositivos SLB sombreados, debido a que fallan primero por flexión y no por cortante.



6. Procedimiento para el diseño de los disipadores sísmicos SLB

Paso 1

Análisis dinámico modal espectral con un mismo disipador para todos los casos.

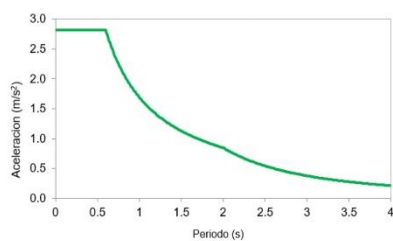
Paso 2

Análisis dinámico modal espectral con un disipador de acuerdo a su cortante.

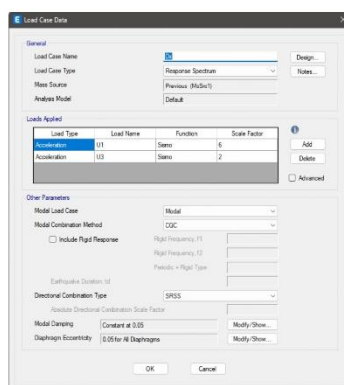
6.1 Análisis dinámico modal espectral

- El análisis dinámico de la estructura fue realizado considerando el espectro de respuesta en aceleración inelástica con un coeficiente de reducción $R=6$ para el proyecto sísmico de los disipadores.

Espectro inelástico para ambas direcciones de análisis



Coefficiente de reducción $R=6$ asignado en el software ETABS

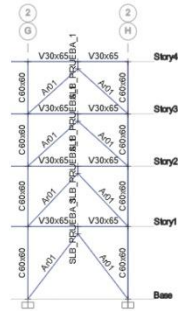
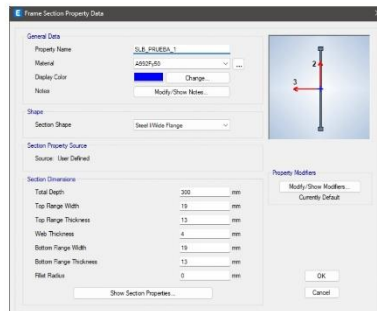


- Se asigna el disipador SLB para todos los pisos de manera tentativa denominado "SLB_PRUEBA_1", a fin de identificar la cortante.

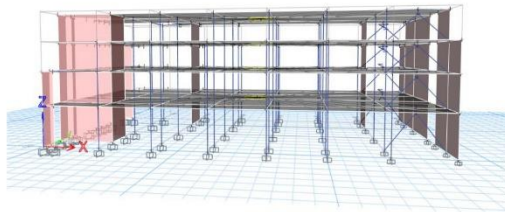
Consideración:

SLB30_4

datos de acuerdo a la tabla de parámetros.

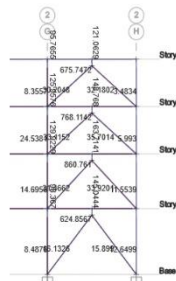


- Se coloca los disipadores SLB en dirección "X", debido a que la zona solo presente muros en "Y", a comparación del extremo izquierdo, comprende muros en ambas direcciones.

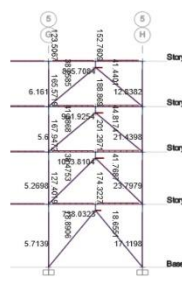


- Cortante que percibe el dispositivo sísmico

Cortante Dx - Eje 2



Cortante Dx - Eje 5



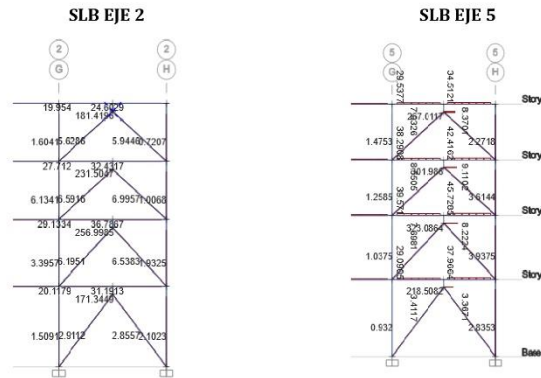
- Resumen de fuerzas cortantes actuantes en el diseño "SLB_PRUEBA_1", eje 2 y 5.

Disipadores por piso	Cortante en Disipadores (t)			
	Eje 2 (kN)	Eje 2 (t)	Eje 5 (kN)	Eje 5 (t)
4	675.75	68.91	865.71	88.28
3	768.11	78.33	961.93	98.09
2	860.76	87.77	1053.81	107.46
1	624.86	63.72	738.83	75.34

- Obtenido las fuerzas cortantes con el disipador "SLB_PRUEBA_1", se procede a colocar el modelo de disipador específico al diseño "SLB_PRUEBA_2" de acuerdo a la tabla de parámetros según corresponda en cada sollicitación de fuerza cortante para cada piso.

N° Piso	Dispositivo SLB eje 2		Dispositivo SLB eje 5	
	Fy (kN)	Tipo	Fy (kN)	Tipo
4	675.75	SLB2 50_5	865.71	SLB2 50_6
3	768.11	SLB2 50_6	961.93	SLB2 50_6
2	860.76	SLB2 50_6	1053.81	SLB2 50_6
1	624.86	SLB2 50_5	738.83	SLB2 50_6

- Se procede a realizar el diseño de los dispositivos en ETABS para asignar el nuevo diseño SLB según corresponda.



- Resumen de fuerzas cortantes actuantes en el diseño "SLB_PRUEBA_2", eje 2 y 5.

Disipadores por piso	Cortante en Disipadores (t)			
	Eje 2 (kN)	Eje 2 (t)	Eje 5 (kN)	Eje 5 (t)
4	181.42	18.50	267.01	27.23
3	231.50	23.61	301.99	30.79
2	257.00	26.21	323.09	32.95
1	171.34	17.47	218.51	22.28

- Comparación de reducción de cortantes

N° Piso	Cortante en Disipadores (t)				% de reducción cortante	
	Prueba N° 01		Prueba N° 02		SLB EJE 2	SLB EJE 5
	SLB EJE 2	SLB EJE 5	SLB EJE 2	SLB EJE 5		
4	68.91	88.28	18.50	27.23	73.15%	69.16%
3	78.33	98.09	23.61	30.79	69.86%	68.61%
2	87.77	107.46	26.21	32.95	70.14%	69.34%
1	63.72	75.34	17.47	22.28	72.58%	70.43%

Se concluye:

- El disipador Shear Link Bozzo (SLB) actúa junto con los arriostres para absorber y disipar energía durante un evento sísmico, reduciendo la demanda de esfuerzo sobre los elementos estructurales principales y contribuyendo a la estabilidad de la edificación. En este sistema, el SLB se coloca en una configuración de arriostre que restringe los desplazamientos laterales, mientras que el disipador en sí se deforma bajo cargas sísmicas, absorbiendo la energía generada por las vibraciones.
- Al obtener valores de cortantes inferiores, los disipadores SLB contribuyen significativamente a la estabilidad estructural, reduciendo el esfuerzo en elementos críticos y prolongando la vida útil de la estructura.
- Este desempeño sugiere que la incorporación de disipadores SLB en zonas de alta actividad sísmica es una medida no solo viable sino recomendable, pues aporta a la integridad de la construcción y a la seguridad de los ocupantes en caso de sismos severos.

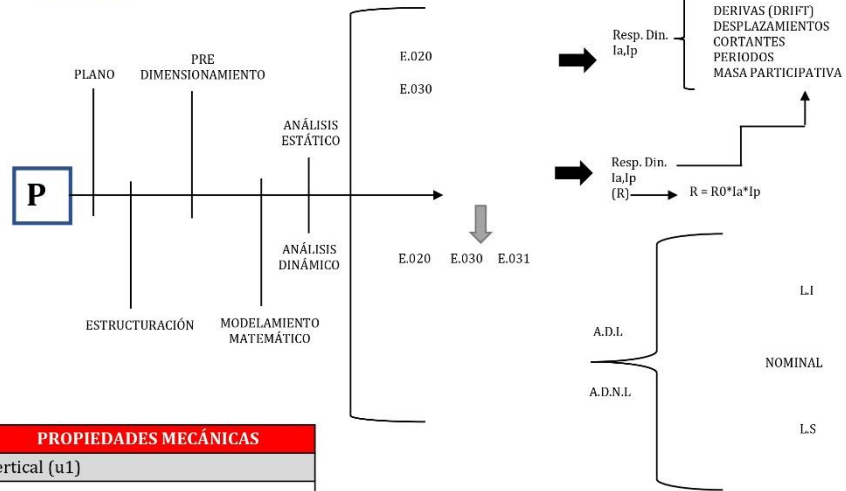
MEMORIA DE CÁLCULO

DISEÑO AISLADOR ELASTOMÉRICO HDRB

Normativa aplicada:

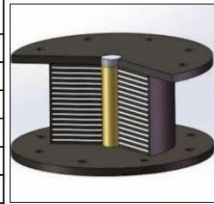
- i.- Norma E.030 Diseño Sismorresistente: Análisis con diseño sismorresistente.
- ii.- Norma E.031 Aislamiento Sísmico: Análisis con diseño sismorresistente de estructura aislada.
- iii.- CATÁLOGO TENSA.

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 Elastomérico HDRB
Altura del dispositivo
Diámetro del Aislador
Desplazamiento máximo
Desplazamiento total máximo
Modulo de Corte
Porcentaje de amortiguamiento
Cantidad de aisladores



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 Elastomérico HDRB, 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	$R_0 = 6$	(sistema dual)
Periodo X	0.2462	modo 2	$V = 105.401$	Ton (cortante basal)
	0.1518	modo 3		

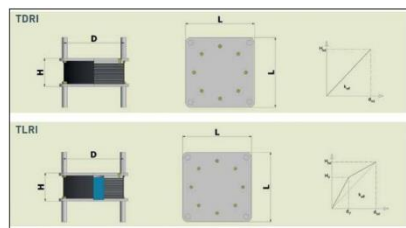
Se empleó el **CATÁLOGO TENSA** de características físicas y mecánicas del Aislador Elastomérico HDRB para el diseño.

Curved Surface Sliders



Fuente: Catálogo TENSA

Dimensiones y características del aislador

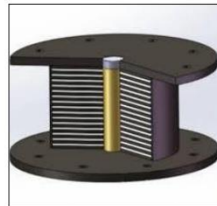


Fuente: Catálogo TENSA

Consideraciones:

- El aislador friccional Elastomérico HDRB 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 Elastomérico HDRB del Proveedor



Fuente: CatálogoTENSA

• Parámetros

Z (ZONA):	0.40
U (USO):	1.50
C (COEF. SÍSMICO):	1.05
S (SUELO):	1.15
G (GRAVEDAD):	9810.00
R:	6.00
P (PESO):	9541.358

mm/s2 (Norma mm2)

Ton

$ZUCS/R = 0.121$

$V = \#jREF!$

$K = 1$

$T = 0.25$

• Deformación por corte

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

• Modulo de corte

Proveedores: **CATÁLOGO TENSA**

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

• Peso sísmico sobre el interfaz de aislamiento

$$P = 9541.358 \text{ Tn}$$

$$P = 93569.2355 \text{ Kn}$$

• Peso efectivo sin nivel de base

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

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

• Sísmo máximo considerado

(NORMA E.031)

$$S_{AM} = 0.725 \text{ mm/s}^2$$

$$S_{aM} = 1,5 ZCSg$$

• Amortiguamiento efectivo BM en porcentaje del amortiguamiento crítico

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

• Desplazamiento máximo (DM)

$$DM = 144.82 \text{ mm}$$

(NORMA E.031)

$$SaM = 0.725 \text{ mm/s}^2$$

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

$$BM = 1.380$$

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

• Periodo efectivo para desplazamiento máximo TM

$$TM = 63.80 \text{ sg} \quad TM = 63.80$$

$$P = 93569.235 \text{ kn}$$

$$KM = 92.510 \text{ kn/mm}$$

$$g = 9.810 \text{ mm/s}^2$$

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

$$k_M = \frac{\sum |F_M^+| + \sum |F_M^-|}{2D_M}$$

• Desplazamiento máximo

$$D_M = 144.820 \text{ mm} \quad 14.48 \text{ cm}$$

• Desplazamiento total máximo (DTM)

$y = 10350.00$ mm
 $b = 7750.00$ mm
 $d = 20900.00$ mm
 $e = 1045.000$ mm
 $D_M = 144.820$ mm
 $P_t = 2.976$ periodo modo1/modo3 =

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

Desplazamiento total máximo

$D_{TM} = 149.09$ mm 14.91 cm

PROPIEDADES DEL SISTEMA DE AISLACIÓN

Datos para el cálculo de las propiedades físicas del dispositivo

DM =	144.820	mm	0.145	m
DTM =	149.09	mm	0.149	m
TM =	63.80	sg	63.800	sg
CARGA EN DISPOSITIVO A =	236.83	Tn	0.237	Mpa*m
CARGA EN DISPOSITIVO B =	565.81	Tn	0.566	Mpa*m
DEFORMACIÓN POR CORTE=	1.5	---	1.5	---
MODULO DE CORTE =	0.8	Mpa	0.8	Mpa

• Parámetros

Z (ZONA):	0.40	
U (USO):	1.50	
C (COEF. SÍSMICO):	1.05	
S (SUELO):	1.15	
G (GRAVEDAD):	9810.00	mm/s ² (Norma mm ²)
R:	6.00	
P (PESO):	9541.36	Ton

METRADO DE CARGAS

$CM = 1734.560$ Ton
 $CV = 381.974$ Ton
 $CSH = 1152.119$ Ton
 $CSV = 598.423$ Ton

a) Carga vertical promedio

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

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

b) Carga vertical máxima

CVM =	4396.209	Ton
CM =	1734.560	Ton
CV =	381.974	Ton
CSH =	1152.119	Ton
CSV =	598.423	Ton
CN =	0.000	Ton

N. E.031

$$1,25 (CM + CV) + 1,0 (CSH + CSV) + 0,2 CN$$

c) Carga vertical mínima

CVM =	-189.438	Ton
CM =	1734.560	Ton
CSH =	1152.119	Ton
CSV =	598.423	Ton

N. E.031

$$0,9 CM - 1,0 (CSH + CSV)$$

Carga vertical promedio

1925.547 Ton

Carga vertical máximo

4396.209 Ton

Carga vertical mínimo

-189.438 Ton

CARGA EN LOS DISPOSITIVOS

13.35	Ton/m2	30.48	Ton/m2	-1.31	Ton/m2
-------	--------	-------	--------	-------	--------

Área total del diafragma

ÁREA = 144.23 m2

DISPOSITIVOS

		ÁREA TRIBUTARIA	
Esquinado:		9.18	m2
Excentrico:	D.A.	17.74	m2
Centrico:	D.B.	42.38	m2

CARGA VERTICAL PROMEDIO

	122.56	Ton
13.35	236.83	Ton
	565.81	Ton

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 =	0.86	Mpa*m
Pu max =	0.237	Mpa*m
TM =	3.300	sg

Dispositivo tipo A

kh =	0.86	Mpa*m	OK
G =	0.8	Mpa	
Hr =	0.10	m	
A =	0.10	m2	

Dispositivo tipo B

kh =	2.05	Mpa*m
Pu max =	0.57	Mpa*m
TM =	3.300	sg

Dispositivo tipo B

kh =	2.05	Mpa*m	OK
G =	0.8	Mpa	
Hr =	0.10	m	
A =	0.25	m2	

b) Altura de caucho

Dispositivo tipo A y B

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

Hr =	0.10	m
DM =	0.145	m
Y =	1.5	

c) Área del dispositivo

Dispositivo A

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

A =	0.10	m ²
Kh =	0.859	Mpa.m
Hr =	0.10	m
G =	0.8	Mpa

Dispositivo B

A =	0.25	m ²
Kh =	2.051	Mpa.m
Hr =	0.10	m
G =	0.8	Mpa

d) Diámetro Aislador

Dispositivo A

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

d =	0.36	m
A =	0.10	m ²

Dispositivo B

d =	0.56	m
A =	0.25	m ²

d.1) Radio de curvatura

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

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

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)	0.86	2.05	Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO (Hr)	0.10	0.10	m
ÁREA DEL DISPOSITIVO	0.10	0.25	m ²
DIÁMETRO DEL AISLADOR	0.36	0.56	m
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	0.14	0.14	m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO	0.15	0.15	m
MÓDULO DE CORTE	0.80	0.80	Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15	0.15	---
CANTIDAD DE AISLADORES	31	26	Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (EXCENTRICO)	236.825		Ton
CARGA EN DISPOSITIVO B (CENTRO)		565.81	Ton

PROPIEDADES FÍSICAS - NOMINAL	Dispositivo A	Dispositivo B
TDI - HDRB	UNIDAD	236.825
CATALOGO TENSA	TDRI-600-NM-175	TDRI-750-NM-175
Diámetro	mm.	600
Altura total incluyendo chapas	mm.	337
Tamaño de Chapas	mm.	650X650
Espesor total de goma	mm.	175
Factor de Forma S	--	29.5
Rigidez vertical Kv	Kn/mm	1687
Rigidez Horizontal Efectiva keff	Kn/mm	1.29
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	350
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	6800
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2750

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 =	92.51	Kn/mm
KH.a =	1.29	Kn/mm
KH.b =	2.02	Kn/mm
#Tipo A =	31	Unid
#Tipo B =	26	Unid

2. Energía Disipada E.cilo

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

Tipo A		
WD =	25.50	Kn/m
Keff =	1.290	Kn/mm
DM =	0.14	Kn/mm
B =	0.15	Kn/mm

1290.00 Kn/m

Tipo B		
WD =	39.93	Kn/m
Keff =	2.020	Kn/mm
DM =	0.14	Kn/mm
B =	0.15	Kn/mm

2020.00 Kn/m

3. Fuerza característica Q para determinar el desplazamiento de fluencia

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

Tipo A		
Q =	44.02	kn
WD =	25.499	Kn/m
DM =	0.14	m
DY =	0	m

Tipo B		
Q =	68.93	kn
WD =	39.928	Kn/m
DM =	0.14	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 =	986.05	kn/m
Keff.a =	1.290	Kn/mm
Q =	44.02	Kn
DM =	0.14	m

1290.00 Kn/m

Tipo B		
K2 =	1544.05	kn/m
Keff.b =	2.020	Kn/mm
Q =	68.93	Kn
DM =	0.14	m

2020.00 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 =	9860.51	kn/m
K2 =	986.051	Kn/m

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

Tipo B

K1 =	15440.49	kn/m
K2 =	1544.049	Kn/m

6. Desplazamiento de fluencia (iterativo)

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

Tipo A

DY =	0.0050	m
QA =	44.018	Kn
K1.a =	9860.509	Kn/m
K2.a =	986.051	Kn/m

Tipo B

DY =	0.0050	m
QB =	68.927	Kn
K1.b =	15440.487	Kn/m
K2.b =	1544.049	Kn/m

7. Fuerza característica Q

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

Tipo A

QA =	45.58	Kn
WD =	25.499	Kn
DM =	0.14	m
DY =	0.005	m

Tipo B

QB =	71.37	Kn
WD =	39.928	Kn
DM =	0.14	m
DY =	0.005	m

8. Rigidez post-fluencia K2

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

Tipo A

K2 =	975.27	Kn/m	→	0.975	Kn/mm
Keff.a =	1.290	Kn/mm		1290.00	Kn/m
QA =	45.58	Kn			
DM =	0.14	m			

Tipo B	
K2 =	1527.17 Kn/m → 1.527 Kn/mm
Keff.b =	2.020 Kn/mm → 2020.00 Kn/m
QB =	71.37 Kn
DM =	0.14 m

9. Rigidez inicial del dispositivo K1

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

Tipo A	
K1 =	10164.46 Kn/m → 10.16 Kn/mm
QA =	45.58 Kn/mm
DY =	0.0050 Kn
K2 =	975.27 m

Tipo B	
K1 =	15916.44 Kn/m → 15.92 Kn/mm
QB =	71.37 Kn/mm
DY =	0.0050 Kn
K2 =	1527.17 m

10. Fuerza de fluencia FY

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A \cdot D_y^A)$$

Tipo A	
FY =	50.42 Kn
QA =	45.58 Kn
K2 =	975.27 Kn/m
DY =	0.0050 m

Tipo B	
FY =	78.95 Kn
QB =	71.37 Kn
K2 =	1527.17 Kn/m
DY =	0.0050 m

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

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

Tipo A	
RATIO-A =	0.096
K2 =	975.27 Kn/m
K1 =	10164.46 Kn/m

Tipo B		
RATIO-B =	0.096	
K2 =	1527.17	Kn/m
K1 =	15916.44	Kn/m

12. Periodo real del sistema

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

T _M =	2.02	segundos
P =	93569.24	Kn
K _M =	92.51	Kn/mm
g =	9810	mm/s ²

13. Frecuencia angular del sistema

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

w =	3.114	rad/sg
T _M =	2.02	sg

14. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

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

Tipo A		
c =	124.26	Kn.sg/m
WD =	25.50	Kn.m
DM =	0.14	m
W =	3.11	rad/sg

0.12 Kn.sg/mm

Tipo B		
c =	194.59	Kn.sg/m
WD =	39.93	Kn.m
DM =	0.14	m
W =	3.11	rad/sg

0.19 Kn.sg/mm

PROPIEDADES NOMINALES	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		TDRI-600-NM-175	TDRI-750-NM-175
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K _v	Kn/mm	1687	2435
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K _{eff}	Kn/mm	1.29	2.02
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn.seg/mm	0.12	0.19
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K _i	Kn/mm	10.16	15.92
Fuerza de Fluencia (yield strength) K _y	Kn	50.42	78.95

Relación R.inici/R.Post K_2/K_1	ratio	0.096	0.096
Energía Disipada W_D	Kn.m	25.50	39.93
Rigidez Post-Fluencia K_2	Kn/mm	0.98	1.53

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:



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

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

A) Propiedades nominales

Catálogo

$K_{eff} =$	1.29	Kn/mm
TIPO A		
K_{\min}	K_{\max}	
1.03	2.58	

Catálogo

$K_{eff} =$	2.02	Kn/mm
TIPO B		
K_{\min}	K_{\max}	
1.62	4.04	

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(Kh)	0.86	2.05	Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO (Hr)	0.10	0.10	m
ÁREA DEL DISPOSITIVO	0.10	0.25	m ²
DIÁMETRO DEL AISLADOR	0.36	0.56	m
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	0.14	0.14	m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO	0.15	0.15	m
MÓDULO DE CORTE	0.80	0.80	Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15	0.15	---
CANTIDAD DE AISLADORES	31.00	26.00	Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (EXCÉNTRICO)	236.83	0.00	Ton
CARGA EN DISPOSITIVO B (CENTRO)	0.00	565.81	Ton

PROPIEDADES FÍSICAS - LÍMITE INFERIOR		Dispositivo A	Dispositivo B
TDI - HDRB	UNIDAD	236.825	565.81
CATALOGO TENSA		TDRI-600-NM-175	TDRI-750-NM-175
Diámetro	mm.	600	750
Altura total incluyendo chapas	mm.	337	322
Tamaño de Chapas	mm.	650X650	800X800
Espesor total de goma	mm.	175	175
Factor de Forma S	--	29.5	26.4
Rigidez vertical Kv	Kn/mm	1687	2435
Rigidez Horizontal Efectiva keff	Kn/mm	1.03	1.62
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292	292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	350	550
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	6800	10750
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2750	5650

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 =	74.01	Kn/mm
KH.a =	1.03	Kn/mm
KH.b =	1.62	Kn/mm
#Tipo A =	31	Unid
#Tipo B =	26	Unid

2. Energía Disipada E.cilo

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

Tipo A		
WD =	20.40	Kn/m
Keff =	1.03	Kn/mm
DM =	0.14	Kn/mm
B =	0.15	Kn/mm

1032.00 Kn/m

Tipo B		
WD =	31.94	Kn/m
Keff =	1.616	Kn/mm
DM =	0.14	Kn/mm
B =	0.15	Kn/mm

1616.00 Kn/m

3. Fuerza característica Q para determinar el desplazamiento de fluencia

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

Tipo A		
Q =	35.21	kn
WD =	20.399	Kn/m
DM =	0.14	m
DY =	0	m

Tipo B		
Q =	55.14	kn
WD =	31.942	Kn/m
DM =	0.14	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 =	788.84	kn/m
Keff.a =	1.032	Kn/mm
Q =	35.21	Kn
DM =	0.14	m

1032.00 Kn/m

Tipo B		
K2 =	1235.24	kn/m
Keff.b =	1.616	Kn/mm
Q =	55.14	Kn
DM =	0.14	m

1616.00 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 =	7888.41 kn/m
K2 =	788.841 Kn/m

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

Tipo B	
K1 =	12352.39 kn/m
K2 =	1235.239 Kn/m

6. Desplazamiento de fluencia (iterativo)

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

Tipo A	
DY =	0.0050 m
QA =	35.214 Kn
K1.a =	7888.407 Kn/m
K2.a =	788.841 Kn/m

Tipo B	
DY =	0.0050 m
QB =	55.142 Kn
K1.b =	12352.390 Kn/m
K2.b =	1235.239 Kn/m

7. Fuerza característica Q

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

Tipo A	
QA =	36.46 Kn
WD =	20.399 Kn
DM =	0.14 m
DY =	0.005 m

Tipo B	
QB =	57.10 Kn
WD =	31.942 Kn
DM =	0.14 m
DY =	0.005 m

8. Rigidez post-fluencia K2

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

Tipo A				
K2 =	780.22 Kn/m	→	0.780	Kn/mm
Keff.a =	1.032 Kn/mm		1032.00	Kn/m
QA =	36.46 Kn			
DM =	0.14 m			

Tipo B				
K2 =	1221.74 Kn/m	→	1.222	Kn/mm
Keff.b =	1.616 Kn/mm		1616.00	Kn/m

$$QB = \frac{57.10}{0.14} \text{ Kn}$$

$$DM = \frac{0.14}{1} \text{ m}$$

9. Rigidez inicial del dispositivo K1

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

Tipo A

$$K1 = \frac{8131.57}{0.0050} \text{ Kn/m} \rightarrow 8.13 \text{ Kn/mm}$$

$$QA = \frac{36.46}{0.0050} \text{ Kn/mm}$$

$$DY = \frac{0.0050}{1} \text{ Kn}$$

$$K2 = \frac{780.22}{1} \text{ m}$$

Tipo B

$$K1 = \frac{12733.15}{1} \text{ Kn/m} \rightarrow 12.73 \text{ Kn/mm}$$

$$QB = \frac{57.10}{0.0050} \text{ Kn/mm}$$

$$DY = \frac{0.0050}{1} \text{ Kn}$$

$$K2 = \frac{1221.74}{1} \text{ m}$$

10. Fuerza de fluencia FY

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A \cdot D_y^A)$$

Tipo A

$$FY = \frac{40.33}{1} \text{ Kn}$$

$$QA = \frac{36.46}{1} \text{ Kn}$$

$$K2 = \frac{780.22}{1} \text{ Kn/m}$$

$$DY = \frac{0.0050}{1} \text{ m}$$

Tipo B

$$FY = \frac{63.16}{1} \text{ Kn}$$

$$QB = \frac{57.10}{1} \text{ Kn}$$

$$K2 = \frac{1221.74}{1} \text{ Kn/m}$$

$$DY = \frac{0.0050}{1} \text{ m}$$

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

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

Tipo A

$$RATTIO-A = \frac{0.096}{1}$$

$$K2 = \frac{780.22}{1} \text{ Kn/m}$$

$$K1 = \frac{8131.57}{1} \text{ Kn/m}$$

Tipo B		
RATIO-B =	0.096	
K2 =	1221.74	Kn/m
K1 =	12733.15	Kn/m

12. Periodo real del sistema

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

T _M =	2.26	segundos
P =	93569.24	Kn
K _M =	74.01	Kn/mm
g =	9810	mm/s ²

13. Frecuencia angular del sistema

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

W =	2.786	rad/sg
T _M =	2.26	sg

14. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

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

Tipo A		
C =	111.15	Kn.sg/m
WD =	20.40	Kn.m
DM =	0.14	m
W =	2.79	rad/sg

0.11 Kn.sg/mm

Tipo B		
C =	174.04	Kn.sg/m
WD =	31.94	Kn.m
DM =	0.14	m
W =	2.79	rad/sg

0.17 Kn.sg/mm

PROPIEDADES LÍMITE INFERIOR	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		TDRI-600-NM-175	TDRI-750-NM-175
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K _v	Kn/mm	1687	2435
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K _{eff}	Kn/mm	1.03	1.62
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn.seg/mm	0.11	0.17
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K _i	Kn/mm	8.13	12.73
Fuerza de Fluencia (yield strength) K _y	Kn	40.33	63.16

Relación R.inici/R.Post K_2/K_1	ratio	0.096	0.096
Energía Disipada W_D	Kn.m	20.40	31.94
Rigidez Post-Fluencia K_2	Kn/mm	0.780	1.222

iii.- Para el cálculo del límite superior se considera el $K_{m\acute{a}x}$ de la propiedad nominal para el diseño.

Catálogo		Kn/mm	Catálogo		Kn/mm
$K_{eff} =$	1.29		$K_{eff} =$	2.02	
TIPO A			TIPO B		
K_{min}	$K_{m\acute{a}x}$		K_{min}	$K_{m\acute{a}x}$	
1.03	2.58		1.62	4.04	

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLADOR			
Propiedades	Tipo A	Tipo B	Unidades
RIGIDEZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO (Kh)	0.86	2.05	Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO (Hr)	0.10	0.10	m
ÁREA DEL DISPOSITIVO	0.10	0.25	m ²
DIÁMETRO DEL AISLADOR	0.36	0.56	m
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	0.14	0.14	m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MÁXIMO	0.15	0.15	m
MÓDULO DE CORTE	0.80	0.80	Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15	0.15	---
CANTIDAD DE AISLADORES	31.00	26.00	Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (EXCENTRICO)	236.83	0.00	Ton
CARGA EN DISPOSITIVO B (CENTRO)	0.00	565.81	Ton

PROPIEDADES FÍSICAS - LÍMITE SUPERIOR	Dispositivo A	Dispositivo B
TDI - HDRB	UNIDAD	236.825
		565.81
CATALOGO TENSA	TDRI-600-NM-175	TDRI-750-NM-175
Diámetro	mm.	600
		750
Altura total incluyendo chapas	mm.	337
		322
Tamaño de Chapas	mm.	650X650
		800X800
Espesor total de goma	mm.	175
		175
Factor de Forma S	--	29.5
		26.4
Rigidez vertical Kv	Kn/mm	1687
		2435
Rigidez Horizontal Efectiva keff	Kn/mm	2.58
		4.04
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292
		292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	350
		550
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	6800
		10750
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2750
		5650

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 =	185.02	Kn/mm
KH.a =	2.58	Kn/mm
KH.b =	4.04	Kn/mm
#Tipo A =	31	Unid
#Tipo B =	26	Unid

2. Energía Disipada E.cilo

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

Tipo A

WD =	51.00	Kn/m	
Keff =	2.58	Kn/mm	2580.00 Kn/m
DM =	0.14	Kn/mm	
B =	0.15	Kn/mm	

Tipo B

WD =	79.86	Kn/m	
Keff =	4.040	Kn/mm	4040.00 Kn/m
DM =	0.14	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 =	88.04	kn
WD =	50.997	Kn/m
DM =	0.14	m
DY =	0	m

Tipo B

Q =	137.85	kn
WD =	79.856	Kn/m
DM =	0.14	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 =	1972.10	kn/m
Keff.a =	2.580	Kn/mm
Q =	88.04	Kn
DM =	0.14	m

2580.00 Kn/m

Tipo B		
K2 =	3088.10	kn/m
Keff.b =	4.040	Kn/mm
Q =	137.85	Kn
DM =	0.14	m

4040.00 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 =	19721.02	kn/m
K2 =	1972.102	Kn/m

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

Tipo B		
K1 =	30880.97	kn/m
K2 =	3088.097	Kn/m

6. Desplazamiento de fluencia (iterativo)

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

Tipo A		
DY =	0.0050	m
QA =	88.036	Kn
K1.a =	19721.018	Kn/m
K2.a =	1972.102	Kn/m

Tipo B		
DY =	0.0050	m
QB =	137.854	Kn
K1.b =	30880.974	Kn/m
K2.b =	3088.097	Kn/m

7. Fuerza característica Q

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

Tipo A		
QA =	91.16	Kn
WD =	50.997	Kn

Tipo B		
QB =	142.74	Kn
WD =	79.856	Kn

$$DM = \frac{0.14}{0.005} \text{ m}$$

$$DM = \frac{0.14}{0.005} \text{ m}$$

8. Rigidez post-fluencia K2

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

Tipo A

K2 =	1950.54	Kn/m	→	1.951	Kn/mm
Keff.a =	2.580	Kn/mm		2580.00	Kn/m
QA =	91.16	Kn			
DM =	0.14	m			

Tipo B

K2 =	3054.34	Kn/m	→	3.054	Kn/mm
Keff.b =	4.040	Kn/mm		4040.00	Kn/m
QB =	142.74	Kn			
DM =	0.14	m			

9. Rigidez inicial del dispositivo K1

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

Tipo A

K1 =	20328.92	Kn/m	→	20.33	Kn/mm
QA =	91.16	Kn/mm			
DY =	0.0050	Kn			
K2 =	1950.54	m			

Tipo B

K1 =	31832.88	Kn/m	→	31.83	Kn/mm
QB =	142.74	Kn/mm			
DY =	0.0050	Kn			
K2 =	3054.34	m			

10. Fuerza de fluencia FY

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A \cdot D_y^A)$$

Tipo A

FY =	100.83	Kn
QA =	91.16	Kn
K2 =	1950.54	Kn/m
DY =	0.0050	m

Tipo B	
FY =	157.89 Kn
QB =	142.74 Kn
K2 =	3054.34 Kn/m
DY =	0.0050 m

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

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

Tipo A	
RATIO-A =	0.096
K2 =	1950.54 Kn/m
K1 =	20328.92 Kn/m

Tipo B	
RATIO-B =	0.096
K2 =	3054.34 Kn/m
K1 =	31832.88 Kn/m

12. Periodo real del sistema

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

TM =	1.43	segundos
P =	93569.24	Kn
KM =	185.02	Kn/mm
g =	9810	mm/s ²

13. Frecuencia angular del sistema

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

w =	4.404	rad/sg
TM =	1.43	sg

14. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

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

Tipo A		
c =	175.74 Kn.sg/m	0.18 Kn.sg/mm
WD =	51.00 Kn.m	
DM =	0.14 m	
W =	4.40 rad/sg	

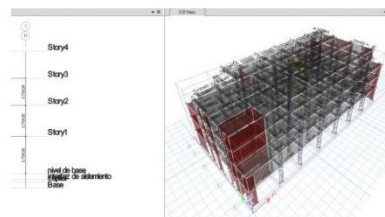
Tipo B		
c =	275.19 Kn.sg/m	0.28 Kn.sg/mm

WD =	79.86	Kn.m
DM =	0.14	m
W =	4.40	rad/sg

PROPIEDADES LÍMITE SUPERIOR	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B
		TDRI-600-NM-175	TDRI-750-NM-175
	UNID		
VERTICAL (U1)			
Rigidez Vertical (Effective stiffness) K_v	Kn/mm	1687	2435
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) K_{eff}	Kn/mm	2.58	4.04
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn.seg/mm	0.18	0.28
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)			
Rigidez Inicial (Stiffness) K_1	Kn/mm	20.33	31.83
Fuerza de Fluencia (yield strength) K_y	Kn	100.83	157.89
Relación R.inici/R.Post K_y/K_1	ratio	0.096	0.096
Energía Disipada W_D	Kn.m	51.00	79.86
Rigidez Post-Fluencia K_2	Kn/mm	1.951	3.054

1. Interfaz de aislación

Interfaz de Aislación



Fuente: Elaboración propia

- i.- Se procede a insertar los niveles de sistema de aislamiento sísmico.

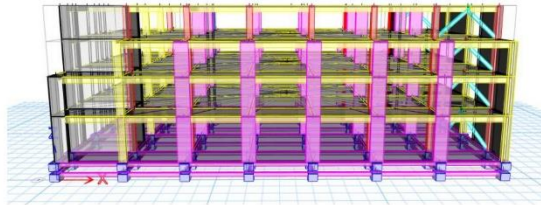
Asignando New Story

Story	Height m	Alcortest m	Master Story	Stake To	Stake Story	Stake Height m	Story Color
Story4	3.6	12.20	No	None	No	0	Green
Story3	3.5	14.00	No	None	No	0	Blue
Story2	4.15	11.00	No	None	No	0	Red
Story1	5	0.94	No	None	No	0	Purple
nivel de base	0.25	1.94	No	None	No	0	Yellow
interfaz de aislamiento	0.34	1.14	No	None	No	0	Orange
columna	0.9	0.9	No	None	No	0	White
Base	0	0					

Fuente: Elaboración propia

ii.- Se asigna los capiteles en la sección capitel y interfaz de aislamiento.

Vista en elevación



Fuente: Elaboración propia

iii.- Se asigna los datos obtenidos para el diseño del sistema de aislamiento

Link Property U1 Rigidez Vertical I-TA

Link/Support Directional Properties	
Identification	
Property Name	ASLADOR TA
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No
Linear Properties	
Effective Stiffness	1587 kN/mm
Effective Damping	0 kN-s/mm
OK Cancel	

Link Property Rigidez Vertical I-TB

Link/Support Directional Properties	
Identification	
Property Name	ASLADOR TB
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No
Linear Properties	
Effective Stiffness	2435 kN/mm
Effective Damping	0 kN-s/mm
OK Cancel	

Link Property U2 Rigidez Vertical I-TA

Link/Support Directional Properties	
Identification	
Property Name	ASLADOR TA
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes
Linear Properties	
Effective Stiffness	2.58 kN/mm
Effective Damping	0.18 kN-s/mm
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 mm
Nonlinear Properties	
Stiffness	20.33 kN/mm
Yield Strength	100.83 kN
Post Yield Stiffness Ratio	0.096
OK Cancel	

Link Property U2 Rigidez Vertical I-TB

Link/Support Directional Properties	
Identification	
Property Name	ASLADOR TB
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes
Linear Properties	
Effective Stiffness	4.04 kN/mm
Effective Damping	0.28 kN-s/mm
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 mm
Nonlinear Properties	
Stiffness	31.83 kN/mm
Yield Strength	157.89 kN
Post Yield Stiffness Ratio	0.096
OK Cancel	

Link Property U3 Rigidez Vertical I-TA



Fuente: Elaboración propia

Link Property U3 Rigidez Vertical I-TB



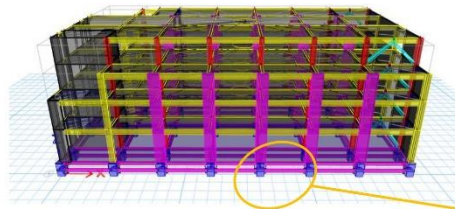
Fuente: Elaboración propia

Vista del Hospital Regional de Ayacucho de 4 niveles con sistema de Aislación

Consideraciones:

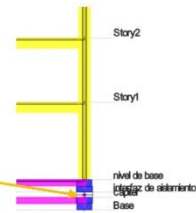
Proveedor:	TENSA
Modelo:	HDRB-TDRI
Nº Aislador:	46 aisladores

Vista elevación



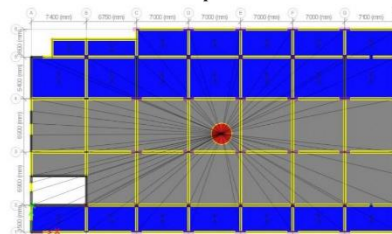
Fuente: Elaboración propia

Vista Aislador



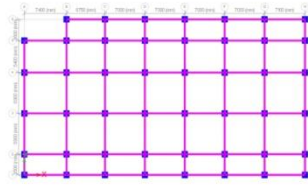
Fuente: Elaboración propia

Vista planta



Fuente: Elaboración propia

Vista planta Z=0 Aislador HDRB



Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Análisis sísmico estático y dinámico

MEMORIA DE CÁLCULO

ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO

1. Parámetros

Ubicación del estudio: AYACUCHO, PERÚ.

- Zonificación

Departamento :	AYACUCHO
Provincia :	Ayacucho
Zona Sísmica :	3

Zonas sísmicas



Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

La actividad sísmica en el departamento de Ica, 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: 3

Factor de zona (Z): 0.35

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

→ **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: 3 Suelo tipo: S2

→ $S = 1.15$ $T_p = 0.60$ $T_L = 2.00$

- Categoría de la edificación

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

Uso: Hospital

Categoría: **A** U = 1.50

- 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

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

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

Para la estimación del peso (P):

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

Categoría: A → 50% CV

Cargas vivas

S/C: 300.0 Kg/m² (Nivel 1 hasta nivel 3)

S/C: 100.0 Kg/m² (Azotea)

Cargas muertas

Acabados: 100.0 Kg/m²

Tabiquería: 100.0 Kg/m²

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 1: Edificación con características base (Patrón)

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:

Sistema estructural: Concreto Armado: De muros estructurales

$$R_x = 6 \quad I_a = 1.00 \quad I_p = 1.00 \quad R_x = 6.00$$

$$\text{Entonces:} \quad R_{xx} = 6 * 1.00 * 1.00 \quad R_{xx} = 6.00$$

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

$$T_x = \frac{3.00 + 2.80 + 2.80}{60} \quad T_x = 0.143$$

$$T < T_p: \quad T < T_p \quad 10.465116$$

$$0.143 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_x = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_x = 2.50 \quad \text{OK}$

- Análisis eje Y

Sistema estructural: Concreto Armado: De muros estructurales

$$R_y = 6 \quad I_a = 1.00 \quad I_p = 1.00 \quad R_y = 6.00$$

$$\text{Entonces:} \quad R_{yy} = 6 * 1.00 * 1.00 \quad R_{yy} = 6.00$$

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

$$T_y = \frac{3.00 + 2.80 + 2.80}{60} \quad T_y = 0.143$$

$$T < T_p: \quad T < T_p$$

$$0.143 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_y = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_y = 2.50 \quad \text{OK}$

2. Se precisa el cálculo del coeficiente sísmico en cada dirección de análisis.

Detalles para el cálculo

$$Z = 0.35 \quad U = 1.50 \quad S = 1.15 \quad h_n = 16.35 \text{ m}$$

Eje x

$$\begin{aligned} Z &= 0.35 \\ U &= 1.50 \\ C_x &= 2.50 \\ S &= 1.15 \\ C_{rx} &= 60 \\ T_x &= 0.273 \text{ s} \\ k_x &= 1.00 \\ R_x &= 6.00 \end{aligned}$$

Eje y

$$\begin{aligned} Z &= 0.35 \\ U &= 1.50 \\ C_y &= 2.50 \\ S &= 1.15 \\ C_{ry} &= 60 \\ T_y &= 0.273 \text{ s} \\ k_y &= 1.00 \\ R_y &= 6.00 \end{aligned}$$

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

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

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.35 * 1.50 * 2.50 * 1.15}{6.00}$$

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.35 * 1.50 * 2.50 * 1.15}{6.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.2516$$

$$C_{e_{yy}} = 0.2516$$

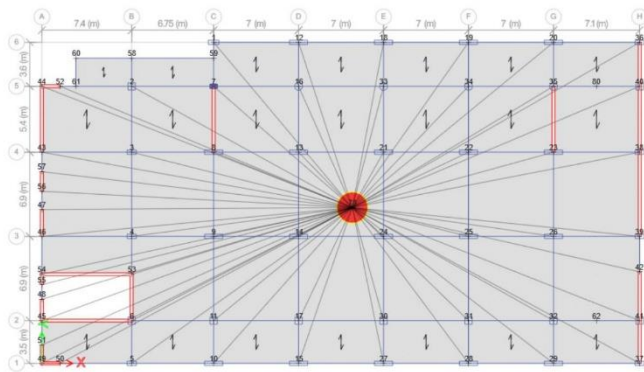
Coefficiente sísmico estático $_{xx}$ = 0.2516

Coefficiente sísmico estático $_{yy}$ = 0.2516

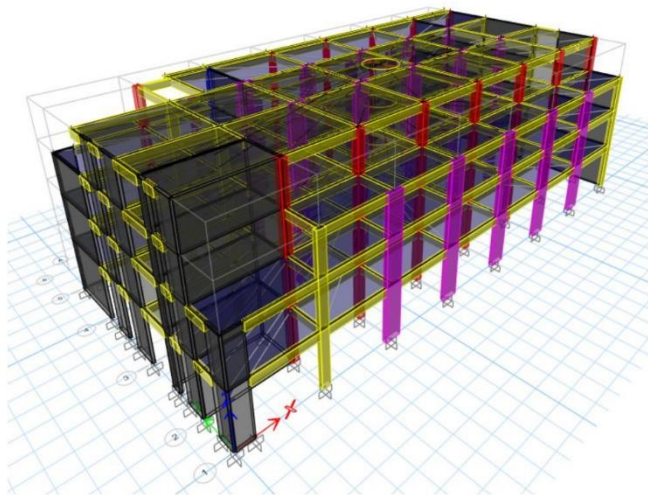
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

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

Modelo de la estructura en el Programa ETABS



Vista en planta



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	0.25156	4504.3517
Sismo estático YY	0.25156	

- 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 4	Base	4504.3517	1330.1350
Sismo estático Y	0.050	Story 4	Base	4504.3517	1330.1350

- Periodos de vibración según modos

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	0.290	0.7604000	0.0116000
Modal	2	0.202	0.0226000	0.6251000
Modal	3	0.124	0.0001000	0.0049000
Modal	4	0.121	0.0030000	0.1390000
Modal	5	0.119	0.0000181	0.0000110
Modal	6	0.115	0.0000069	0.0008000
Modal	7	0.081	0.1414000	0.0048000
Modal	8	0.079	0.0012000	0.0000385
Modal	9	0.073	0.0030000	0.0006000
Modal	10	0.070	0.0002000	0.0010000
Modal	11	0.068	0.0000037	0.0002000
Modal	12	0.067	0.0001000	0.0009000

- Masa participativa en cada modo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.7604	0.0116
Modal	2	0.7829	0.6367
Modal	3	0.7830	0.6416
Modal	4	0.7861	0.7806
Modal	5	0.7861	0.7806
Modal	6	0.7861	0.7814
Modal	7	0.9275	0.7862
Modal	8	0.9287	0.7862
Modal	9	0.9317	0.7868
Modal	10	0.9319	0.7878
Modal	11	0.9319	0.7880
Modal	12	0.9321	0.7889

- 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	Coficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
4	0.008533	4.5000	0.03840	0.00874	3.60	0.0024288	CUMPLE
3	0.006590	4.5000	0.02966	0.00973	3.60	0.0027025	CUMPLE
2	0.004428	4.5000	0.01993	0.01125	4.15	0.0027108	CUMPLE
1	0.001928	4.5000	0.00868	0.00868	5.00	0.0017352	CUMPLE

Derivas Eje X

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.008533
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.006590
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.004428
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.001928

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			4.5				
D4	0.00853	0.00194	0.00874	3.600	0.002429	0.007	CUMPLE
D3	0.00659	0.00216	0.00973	3.600	0.002703	0.007	CUMPLE
D2	0.00443	0.00250	0.01125	4.150	0.002711	0.007	CUMPLE
D1	0.00193	0.00193	0.00868	5.000	0.001735	0.007	CUMPLE

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

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

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coficiente	Desplaz.	Δ_l	h_{ei}	Δ_l / h_{ei}	Estado
4	0.004099	4.5000	0.01845	0.004176	3.60	0.0011600	CUMPLE
3	0.003171	4.5000	0.01427	0.004581	3.60	0.0012725	CUMPLE
2	0.002153	4.5000	0.00969	0.005468	4.15	0.0013175	CUMPLE
1	0.000938	4.5000	0.00422	0.004221	5.00	0.0008442	CUMPLE

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 4	D2	Sismo dinámico Y	0.004099
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.003171
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.002153
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.000938

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			4.5				
D4	0.00410	0.00093	0.00418	3.600	0.001160	0.007	CUMPLE
D3	0.00317	0.00102	0.00458	3.600	0.001273	0.007	CUMPLE
D2	0.00215	0.00122	0.00547	4.150	0.001317	0.007	CUMPLE
D1	0.00094	0.00094	0.00422	5.000	0.000844	0.007	CUMPLE

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story Stiffness				
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D4	315.286	315.286	0.002320	135898.97
D3	459.423	774.709	0.002583	299925.90
D2	353.309	1128.017	0.003034	371792.09
D1	202.118	1330.135	0.002379	559185.69

Eje Y

Story Stiffness				
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D4	315.286	315.286	0.000979	322048.62
D3	459.423	774.709	0.001085	714017.14
D2	353.309	1128.017	0.001279	881952.46
D1	202.118	1330.135	0.001032	1288890.50

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions		
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)
Sismo dinámico X	1064.1122	204.8388
Sismo dinámico Y	245.6493	1064.1115

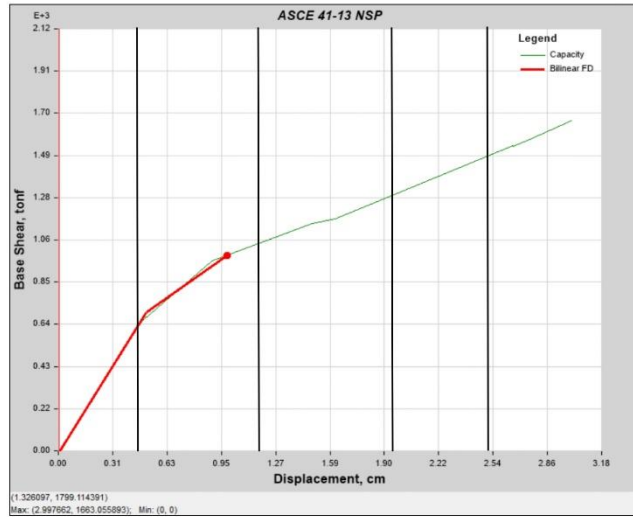
- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	1330.13500	1330.13500
"V" Dinámica	1064.11220	1064.11150
80 % de la "V" Estática	1064.10800	1064.10800
	Cumple	Cumple

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.999996	0.999997
Cumple	Cumple

Análisis de la Curva de Capacidad

Eje X



$$D_y = 0.5109 \text{ cm}$$

$$D_u = 2.9977 \text{ cm}$$

$$\Delta_p = D_u - D_y$$

$$\Delta_p = 2.487$$

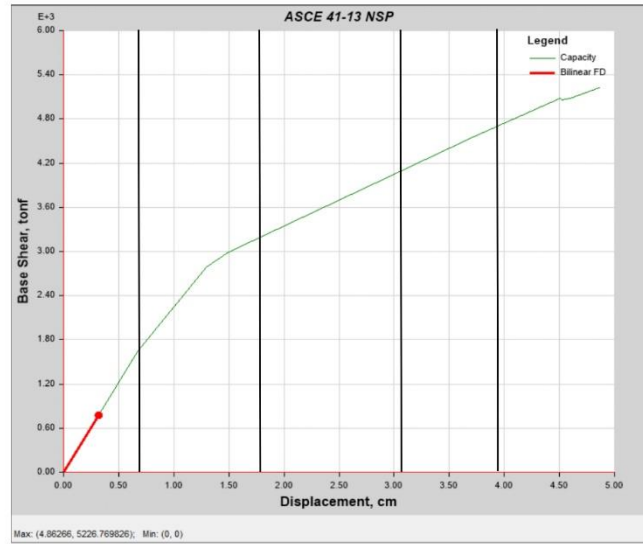
$$0.30 * \Delta_p = 0.746$$

$$D_y + 0.30 * \Delta_p = 1.257$$

$$D_y + 0.60 * \Delta_p = 2.003$$

$$D_y + 0.80 * \Delta_p = 2.500$$

Eje Y



$$D_y = 0.3191 \text{ cm}$$

$$D_u = 4.8627 \text{ cm}$$

$$\Delta_p = D_u - D_y$$

$$\Delta_p = 4.544$$

$$0.30 * \Delta_p = 1.363$$

$$D_y + 0.30 * \Delta_p = 1.682$$

$$D_y + 0.60 * \Delta_p = 3.045$$

$$D_y + 0.80 * \Delta_p = 3.954$$

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 1: Edificación con disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:

Sistema estructural: Concreto Armado: De muros estructurales

$R_x = 6$ $I_a = 1.00$ $I_p = 1.00$ $R_x = 6.00$
Entonces: $R_{xx} = 6 * 1.00 * 1.00$ $R_{xx} = 6.00$

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

$$T_x = \frac{3.00 + 2.80 + 2.80}{60} \qquad T_x = 0.143$$

$$T < T_p: \quad T < T_p \qquad 10.465116$$

$$0.143 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_x = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_x = 2.50$ **OK**

- Análisis eje Y

Sistema estructural: Concreto Armado: De muros estructurales

$R_y = 6$ $I_a = 1.00$ $I_p = 1.00$ $R_y = 6.00$
Entonces: $R_{yy} = 6 * 1.00 * 1.00$ $R_{yy} = 6.00$

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

$$T_y = \frac{3.00 + 2.80 + 2.80}{60} \qquad T_y = 0.143$$

$$T < T_p: \quad T < T_p$$

$$0.143 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_y = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_y = 2.50$ **OK**

2. Se precisa el cálculo del coeficiente sísmico en cada dirección de análisis.

Detalles para el cálculo

$$Z = 0.35 \quad U = 1.50 \quad S = 1.15 \quad h_n = 16.35 \text{ m}$$

Eje x

$$\begin{aligned} Z &= 0.35 \\ U &= 1.50 \\ C_x &= 2.50 \\ S &= 1.15 \\ C_{Tx} &= 60 \\ T_x &= 0.273 \text{ s} \\ k_x &= 1.00 \\ R_x &= 6.00 \end{aligned}$$

Eje y

$$\begin{aligned} Z &= 0.35 \\ U &= 1.50 \\ C_y &= 2.50 \\ S &= 1.15 \\ C_{Ty} &= 60 \\ T_y &= 0.273 \text{ s} \\ k_y &= 1.00 \\ R_y &= 6.00 \end{aligned}$$

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

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.35 * 1.50 * 2.50 * 1.15}{6.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.2516$$

Coficiente sísmico estático_{xx} = 0.2516

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

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.35 * 1.50 * 2.50 * 1.15}{6.00}$$

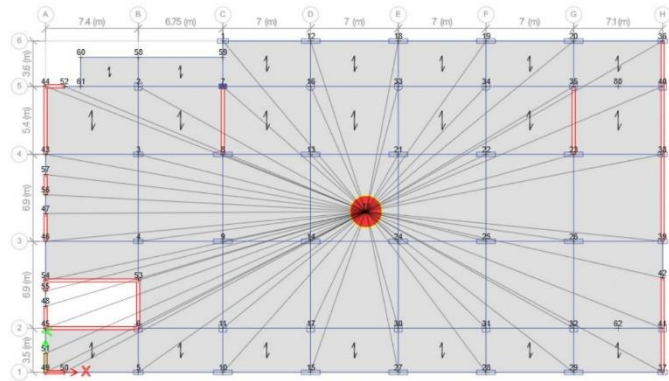
$$C_{e_{yy}} = 0.2516$$

Coficiente sísmico estático_{yy} = 0.2516

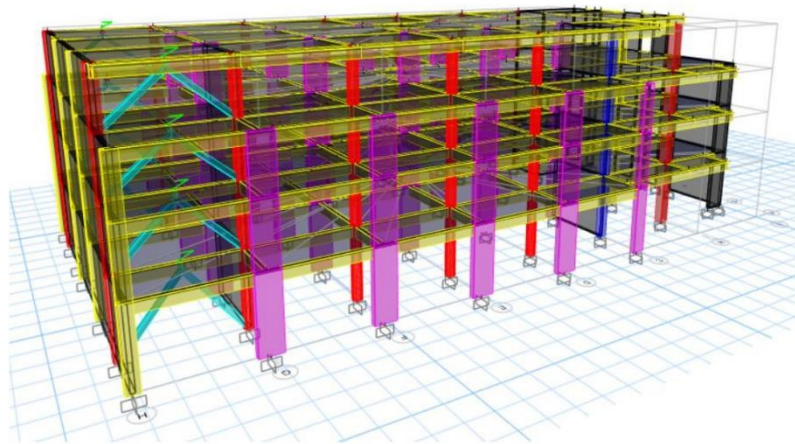
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

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

Modelo de la estructura en el Programa ETABS



Vista en planta



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	0.25156	4512.8065
Sismo estático YY	0.25156	

- 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 4	Base	4512.8065	1332.6319
Sismo estático Y	0.050	Story 4	Base	4512.8065	1332.6319

- Periodos de vibración según modos

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	0.265	0.7670000	0.0118000
Modal	2	0.192	0.0228000	0.6306000
Modal	3	0.120	0.0001000	0.0043000
Modal	4	0.117	0.0034000	0.1342000
Modal	5	0.115	0.0000097	0.0000101
Modal	6	0.111	0.0000147	0.0008000
Modal	7	0.077	0.0016000	0.0001000
Modal	8	0.075	0.1299000	0.0050000
Modal	9	0.071	0.0066000	0.0004000
Modal	10	0.068	0.0003000	0.0009000
Modal	11	0.066	0.0000020	0.0002000
Modal	12	0.064	0.0001000	0.0008000

- Masa participativa en cada modo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.7670	0.0118
Modal	2	0.7898	0.6424
Modal	3	0.7899	0.6467
Modal	4	0.7933	0.7810
Modal	5	0.7933	0.7810
Modal	6	0.7933	0.7818
Modal	7	0.7950	0.7819
Modal	8	0.9249	0.7869
Modal	9	0.9315	0.7873
Modal	10	0.9318	0.7882
Modal	11	0.9318	0.7883
Modal	12	0.9319	0.7891

- 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	Coficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
4	0.007051	4.5000	0.03173	0.00682	3.60	0.0018938	CUMPLE
3	0.005536	4.5000	0.02491	0.00788	3.60	0.0021900	CUMPLE
2	0.003784	4.5000	0.01703	0.00955	4.15	0.0023020	CUMPLE
1	0.001661	4.5000	0.00747	0.00747	5.00	0.0014949	CUMPLE

Derivas Eje X

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.007051
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.005536
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.003784
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.001661

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			4.5				
D4	0.00705	0.00152	0.00682	3.600	0.001894	0.007	CUMPLE
D3	0.00554	0.00175	0.00788	3.600	0.002190	0.007	CUMPLE
D2	0.00378	0.00212	0.00955	4.150	0.002302	0.007	CUMPLE
D1	0.00166	0.00166	0.00747	5.000	0.001495	0.007	CUMPLE

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

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

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
4	0.003711	4.5000	0.01670	0.004608	3.60	0.0012800	CUMPLE
3	0.002687	4.5000	0.01209	0.003308	3.60	0.0009188	CUMPLE
2	0.001952	4.5000	0.00878	0.004937	4.15	0.0011895	CUMPLE
1	0.000855	4.5000	0.00385	0.003848	5.00	0.0007695	CUMPLE

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 4	D2	Sismo dinámico Y	0.003711
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.002687
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.001952
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.000855

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			4.5				
D4	0.00371	0.00102	0.00461	3.600	0.001280	0.007	CUMPLE
D3	0.00269	0.00074	0.00331	3.600	0.000919	0.007	CUMPLE
D2	0.00195	0.00110	0.00494	4.150	0.001190	0.007	CUMPLE
D1	0.00086	0.00086	0.00385	5.000	0.000770	0.007	CUMPLE

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story Stiffness				
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Drif (m)	K _c (Ton/m)
D4	315.687	315.687	0.001867	169088.06
D3	460.274	775.962	0.002945	263484.45
D2	354.085	1130.047	0.001729	653584.04
D1	202.585	1332.632	0.002037	654213.01

Eje Y

Story Stiffness				
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Drif (m)	K _c (Ton/m)
D4	315.687	315.687	0.000884	357112.44
D3	460.274	775.962	0.000972	798314.51
D2	354.085	1130.047	0.001007	1122191.46
D1	202.585	1332.632	0.000938	1420716.31

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions		
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)
Sismo dinámico X	1073.6488	205.6460
Sismo dinámico Y	246.6739	1073.8901

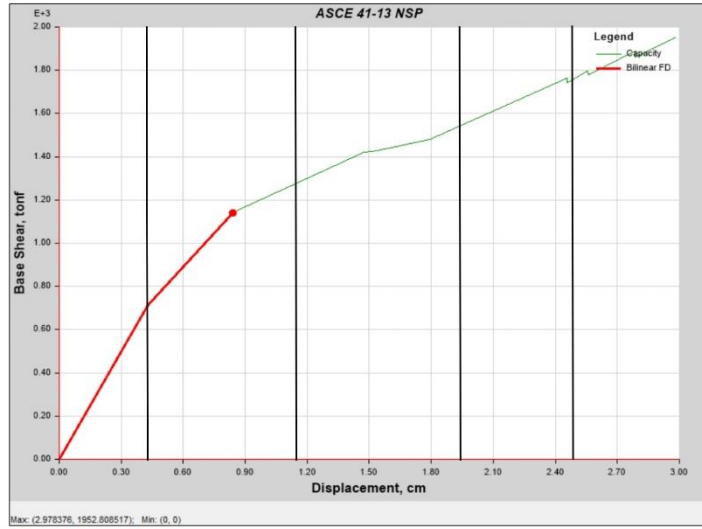
- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	1332.63190	1332.63190
"V" Dinámica	1073.64880	1073.89010
80 % de la "V" Estática	1066.10552	1066.10552
	Cumple	Cumple

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.992974	0.992751
Cumple	Cumple

Análisis de la Curva de Capacidad

Eje X



$$D_y = 0.4277 \text{ cm}$$

$$D_u = 2.9784 \text{ cm}$$

$$\Delta_p = D_u - D_y$$

$$\Delta_p = 2.551$$

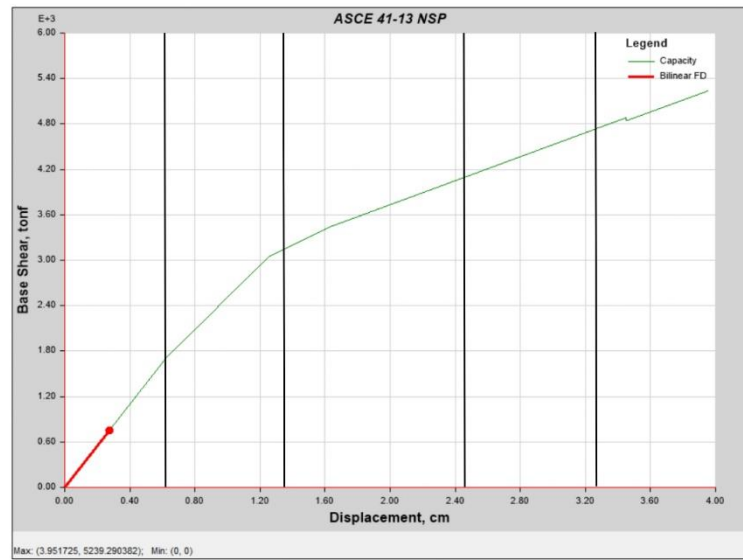
$$0.30 * \Delta_p = 0.765$$

$$D_y + 0.30 * \Delta_p = 1.193$$

$$D_y + 0.60 * \Delta_p = 1.958$$

$$D_y + 0.80 * \Delta_p = 2.468$$

Eje Y



$$D_y = 0.2011 \text{ cm}$$

$$D_u = 3.9517 \text{ cm}$$

$$\Delta_p = D_u - D_y$$

$$\Delta_p = 3.751$$

$$0.30 * \Delta_p = 1.125$$

$$D_y + 0.30 * \Delta_p = 1.326$$

$$D_y + 0.60 * \Delta_p = 2.451$$

$$D_y + 0.80 * \Delta_p = 3.202$$

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Escenario 1: Edificación con disipadores - Concreto 3% Conchas de abanico

- Análisis eje X

Determinando el coeficiente básico de reducción C:

Sistema estructural: Concreto Armado: De muros estructurales

$$R_x = 6 \quad I_a = 1.00 \quad I_p = 1.00 \quad R_x = 6.00$$

$$\text{Entonces:} \quad R_{xx} = 6 * 1.00 * 1.00 \quad R_{xx} = 6.00$$

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

$$T_x = \frac{3.00 + 2.80 + 2.80}{60} \quad T_x = 0.143$$

$$T < T_p: \quad T < T_p \quad 10.465116$$

$$0.143 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_x = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_x = 2.50 \quad \text{OK}$

- Análisis eje Y

Sistema estructural: Concreto Armado: De muros estructurales

$$R_y = 6 \quad I_a = 1.00 \quad I_p = 1.00 \quad R_y = 6.00$$

$$\text{Entonces:} \quad R_{yy} = 6 * 1.00 * 1.00 \quad R_{yy} = 6.00$$

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

$$T_y = \frac{3.00 + 2.80 + 2.80}{60} \quad T_y = 0.143$$

$$T < T_p: \quad T < T_p$$

$$0.143 \text{ s} < 0.60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad C_y = 2.50$$

Comprobación: $\rightarrow C_y = 2.50 \quad \text{OK}$

2. Se precisa el cálculo del coeficiente sísmico en cada dirección de análisis.

Detalles para el cálculo

Z = 0.35 U = 1.50 S = 1.15 h_n = 16.35 m

Eje x

Z = 0.35
U = 1.50
C_x = 2.50
S = 1.15
C_{Tx} = 60
T_x = 0.273 s
k_x = 1.00
R_x = 6.00

Eje y

Z = 0.35
U = 1.50
C_y = 2.50
S = 1.15
C_{Ty} = 60
T_y = 0.273 s
k_y = 1.00
R_y = 6.00

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

$$C_{e_{xx}} = \frac{0.35 * 1.50 * 2.50 * 1.15}{6.00}$$

$$C_{e_{xx}} = 0.2516$$

Coefficiente sísmico estático _{xx} = 0.2516

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

$$C_{e_{yy}} = \frac{0.35 * 1.50 * 2.50 * 1.15}{6.00}$$

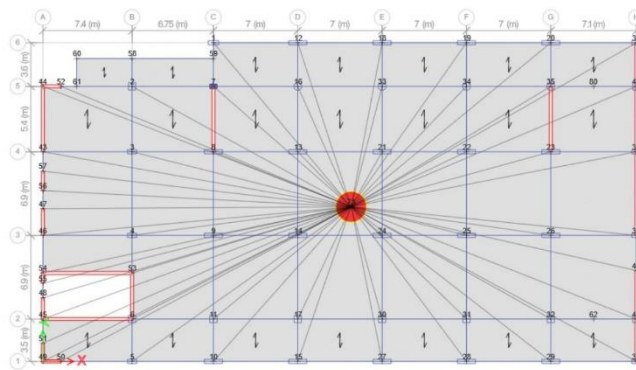
$$C_{e_{yy}} = 0.2516$$

Coefficiente sísmico estático _{yy} = 0.2516

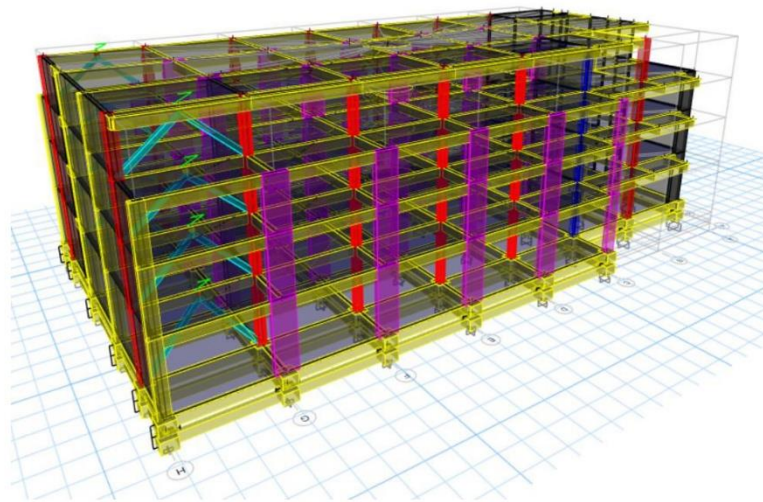
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

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

Modelo de la estructura en el Programa ETABS



Vista en planta



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	0.25156	5560.2969
Sismo estático YY	0.25156	

- 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 4	Base	5560.2969	1641.9557
Sismo estático Y	0.050	Story 4	Base	5560.2969	1641.9557

- Periodos de vibración según modos

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Periodos (s)	UX	UY
Modal	1	2.125	0.8818000	0.0002000
Modal	2	2.055	0.0005000	0.9571000
Modal	3	1.806	0.0754000	0.0011000
Modal	4	0.316	0.0000000	0.0000206
Modal	5	0.270	0.0007000	0.0000092
Modal	6	0.258	0.0000000	0.0000000
Modal	7	0.253	0.0000178	0.0000016
Modal	8	0.251	0.0001000	0.0000019
Modal	9	0.244	0.0000035	0.0000000
Modal	10	0.234	0.0000000	0.0000000
Modal	11	0.207	0.0000047	0.0001000
Modal	12	0.192	0.0000000	0.0000025

- Masa participativa en cada modo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
Case	Mode	SumUX	SumUY
Modal	1	0.8818	0.0002
Modal	2	0.8822	0.9573
Modal	3	0.9577	0.9584
Modal	4	0.9577	0.9584
Modal	5	0.9584	0.9584
Modal	6	0.9584	0.9584
Modal	7	0.9584	0.9584
Modal	8	0.9585	0.9584
Modal	9	0.9585	0.9584
Modal	10	0.9585	0.9584
Modal	11	0.9585	0.9585
Modal	12	0.9585	0.9585

- 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	Coficiente	Desplaz.	Δ_i	h_{ei}	Δ_i / h_{ei}	Estado
4	0.280708	4.5000	1.26319	0.02175	3.60	0.0060413	CUMPLE
3	0.275875	4.5000	1.24144	0.01941	3.60	0.0053912	CUMPLE
2	0.271562	4.5000	1.22203	0.02327	4.15	0.0056071	CUMPLE
1	0.266391	4.5000	1.19876	0.01567	5.00	0.0031347	CUMPLE
Aisl.	0.269874	4.5000	1.21443	1.21443	0.50	2.4288660	-

Derivas Eje X

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UX
Story 4	D4	Sismo dinámico X	0.280708
Story 3	D3	Sismo dinámico X	0.275875
Story 2	D2	Sismo dinámico X	0.271562
Story 1	D1	Sismo dinámico X	0.266391

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			4.5				
D4	0.28071	0.00483	0.02175	3.600	0.006041	0.007	CUMPLE
D3	0.27588	0.00431	0.01941	3.600	0.005391	0.007	CUMPLE
D2	0.27156	0.00517	0.02327	4.150	0.005607	0.007	CUMPLE
D1	0.26639	0.00348	0.01567	5.000	0.003135	0.007	CUMPLE
Aisl.	0.26987	0.26987	1.21443	0.500	2.428866	0.007	-

Desplazamientos laterales Eje Y

Concreto Armado

$$(\Delta_l / h_{ei})_Y = 0.007$$

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements - Sismo estático Y							
Nivel	Mod. Y	Coficiente	Desplaz.	Δ_l	h_{ei}	Δ_l / h_{ei}	Estado
4	0.262864	4.5000	1.18289	0.007776	3.60	0.0021600	CUMPLE
3	0.261136	4.5000	1.17511	0.008788	3.60	0.0024412	CUMPLE
2	0.259183	4.5000	1.16632	0.010832	4.15	0.0026100	CUMPLE
1	0.256776	4.5000	1.15549	0.010791	5.00	0.0021582	CUMPLE
Aisl.	0.259174	4.5000	1.16628	1.16628	0.50	2.3325660	-

Derivas Eje Y

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements			
Story	Diaphragm	Output Case	UY
Story 4	D2	Sismo dinámico Y	0.262864
Story 3	D3	Sismo dinámico Y	0.261136
Story 2	D2	Sismo dinámico Y	0.259183
Story 1	D1	Sismo dinámico Y	0.256776

Nivel	Desplazamiento Absoluto (m)	Desp. Rel. (m)	0.75 * R	Altura piso	Deriva	Desp. Máx. Concreto Armado	Verific.
			4.5				
D4	0.26286	0.00173	0.00778	3.600	0.002160	0.007	CUMPLE
D3	0.26114	0.00195	0.00879	3.600	0.002441	0.007	CUMPLE
D2	0.25918	0.00241	0.01083	4.150	0.002610	0.007	CUMPLE
D1	0.25678	0.00240	0.01079	5.000	0.002158	0.007	CUMPLE
Aisl.	0.25917	0.25917	1.16628	1.000	1.166283	0.007	-

- Rigidez de entrepiso

Eje X

Story Stiffness				
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D4	353.380	353.380	0.007276	48567.88
D3	524.327	877.707	0.007845	111881.06
D2	429.445	1307.152	0.009986	130898.43
D1	281.682	1588.833	0.013886	114419.79
Nivel de base	46.991	1635.824	0.162777	10049.48
Interfaz de aislamiento	0.622	1636.445	0.161451	10135.86
Capitel	5.511	1641.956	0.000113	14530585.84

Eje Y

Story Stiffness				
Niveles	Fuerzas laterales (Ton)	V (Ton)	Drif (m)	K _e (Ton/m)
D4	353.380	353.380	0.002803	126072.03
D3	524.329	877.709	0.003048	287962.20
D2	429.445	1307.154	0.003732	350255.65
D1	281.682	1588.836	0.005076	313009.38
Nivel de base	46.991	1635.826	0.186691	8762.21
Interfaz de aislamiento	0.621	1636.448	0.185831	8806.11
Capitel	5.511	1641.959	0.000140	11728275.71

- Fuerza cortante dinámica

TABLE: Base reactions		
Output Case	FX (Ton)	FY (Ton)
Sismo dinámico X	1313.5721	5.9198
Sismo dinámico Y	5.6629	1313.5673

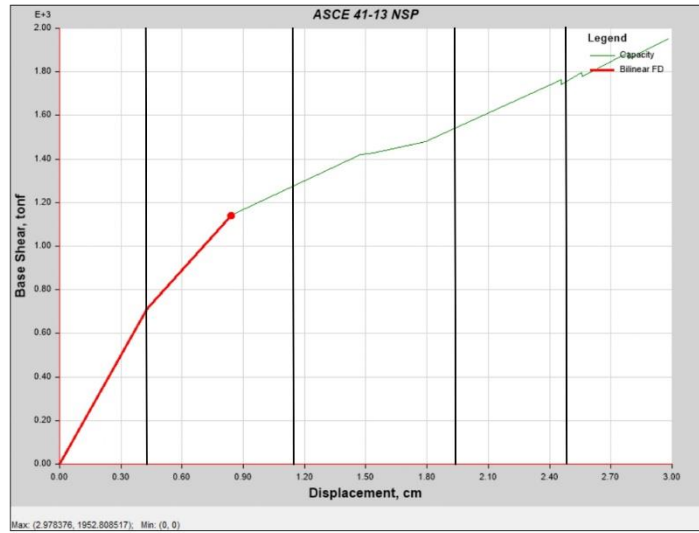
- Verificación de las cortantes según Norma E.030

Cortantes	Eje X	Eje Y
"V" Estática	1641.95570	1641.95570
"V" Dinámica	1313.57210	1313.56733
80 % de la "V" Estática	1313.56456	1313.56456
	Cumple	Cumple

Factor de escala	
Eje X	Eje Y
0.999994	0.999998
Cumple	Cumple

Análisis de la Curva de Capacidad

Eje X



$$D_y = 0.4012 \text{ cm}$$

$$D_u = 2.9783 \text{ cm}$$

$$\Delta_p = D_u - D_y$$

$$\Delta_p = 2.577$$

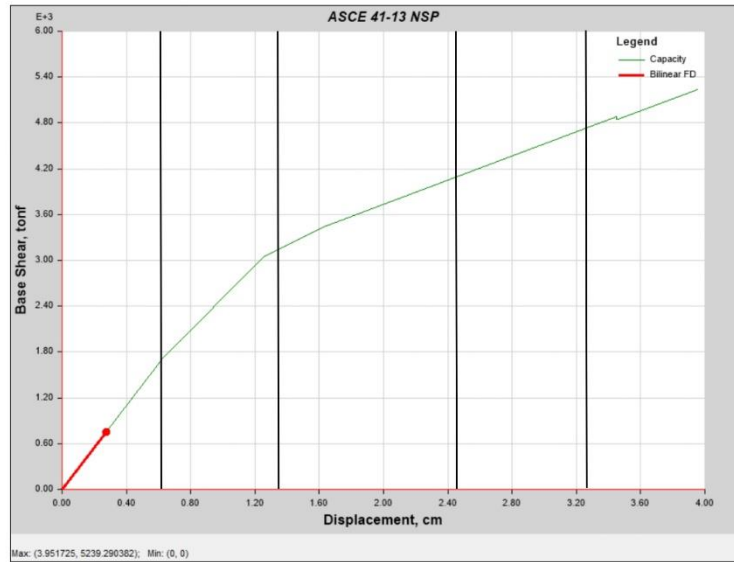
$$0.30 * \Delta_p = 0.773$$

$$D_y + 0.30 * \Delta_p = 1.174$$

$$D_y + 0.60 * \Delta_p = 1.947$$

$$D_y + 0.80 * \Delta_p = 2.463$$

Eje Y



$$D_y = 0.1840 \text{ cm}$$

$$D_u = 3.9510 \text{ cm}$$

$$\Delta_p = D_u - D_y$$

$$\Delta_p = 3.767$$

$$0.30 * \Delta_p = 1.130$$

$$D_y + 0.30 * \Delta_p = 1.314$$

$$D_y + 0.60 * \Delta_p = 2.444$$

$$D_y + 0.80 * \Delta_p = 3.198$$