



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TESIS**

**Evaluación del Desempeño Sísmico de la I.E. N°10828 Ex
Cosome Mediante el Análisis no Lineal Estático y
Dinámico Tiempo Historia**

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

Autor

Bach. Abanto Rafael Josue
<https://orcid.org/0000-0001-7445-9197>

Asesor

Mg. Idrogo Perez Cesar Antonio
<https://orcid.org/0000-0003-4232-0144>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la Industria
en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura**

Pimentel – Perú

2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, yo Abanto Rafael Josue soy **egresado** del Programa de Estudios de **Escuela Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E. N°10828 EX COSOME
MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO HISTORIA**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Abanto Rafael, Josue	DNI: 72289302	
----------------------	---------------	---

Pimentel, 11 de noviembre de 2024.

14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E. N°10828 EX COSOME
MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO HISTORIA**

Aprobación del jurado:

DR. CORONADO ZULOETA OMAR

Presidente del Jurado de Tesis

DR. SALINAS VASQUEZ NESTOR RAUL

Secretario del Jurado de Tesis

MG. IDROGO PEREZ CESAR ANTONIO

Vocal del Jurado de Tesis

Índice de contenidos

Resumen	8
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MATERIALES Y MÉTODO	19
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1 Resultados	23
3.2 Discusión	35
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
4.1 Conclusiones	39
4.2 Recomendaciones	39
REFERENCIAS	41
ANEXOS	48

Índice de tablas

TABLA I. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA Y CARGAS DE DISEÑO	26
TABLA II. COEFICIENTES SÍSMICOS EN “X” Y “Y” RESPECTO AL MÓDULO 1 Y 3	26
TABLA III. COEFICIENTES SÍSMICOS EN X Y Y PARA MÓDULO 2-1 Y MÓDULO 2-2 ...	27
TABLA IV. ESPECTRO DE RESPUESTA X, Y CONSIDERADO EN EL MÓDULO 1; 2 Y 3	27
TABLA V. PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 1	28
TABLA VI. PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 2-1.....	28
TABLA VII. PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 2-2.....	28
TABLA VIII. PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 3.....	29
TABLA IX. RESULTADO DEL MÓDULO 1 PARA DIFERENTES SISMOS.....	30
TABLA X. RESULTADO DEL MÓDULO 2-1 PARA DIFERENTES SISMOS	30
TABLA XI. RESULTADO DEL MÓDULO 2-2 PARA DIFERENTES SISMOS	31
TABLA XII. RESULTADO DEL MÓDULO 3 PARA DIFERENTES SISMOS.....	31
TABLA XIII. RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 1	33
TABLA XIV. RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 2-1.....	33
TABLA XV. RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 2-2.....	34
TABLA XVI. RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 3.....	34
TABLA XVII. TABLA DE HAZUS PARA PREDECIR LOS DAÑOS EN UN EDIFICIO EN UN SISMO	34

Índice de figuras

Fig. 1. Primer, segundo y tercer nivel del módulo I.....	23
Fig. 2. Primer, y segundo nivel del módulo II.....	24
Fig. 3. Primer, y segundo nivel del módulo III.....	25
Fig. 11. Sismo compatibilizado al espectro elástico X e Y.....	32

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E. N°10828 EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO HISTORIA

Resumen

El propósito de este trabajo fue analizar el comportamiento sísmico de la Institución Educativa N°10828 Ex Cosome mediante la aplicación de análisis no lineales, tanto estáticos (Pushover) como dinámicos (Tiempo-historia), con el objetivo de identificar su susceptibilidad ante sismos. Para ello, se utilizaron datos actualizados de la edificación y se empleó el software ETABS para realizar los análisis. El análisis estático no lineal (AENL) permitió generar curvas de capacidad que reflejaron el rendimiento de la estructura bajo diferentes cargas. Asimismo, se efectuó el análisis dinámico no lineal (ADNL) utilizando registros sísmicos locales, ajustados a los espectros elásticos adecuados. Los resultados del análisis Pushover indicaron que el edificio mostró un desempeño sísmico clasificado como "Seguridad de vida", con desplazamientos y fuerzas cortantes dentro de los parámetros normativos. Sin embargo, el análisis dinámico reveló importantes desplazamientos laterales en algunas direcciones, lo que sugirió una mayor vulnerabilidad en ciertas áreas. En conclusión, aunque la estructura demostró un comportamiento aceptable en situaciones estáticas, se evidenció una vulnerabilidad considerable ante escenarios dinámicos más exigentes. Por tanto, se recomendó reforzar la estructura, implementando encamisado de columnas, para mejorar su respuesta sísmica y proteger a sus ocupantes.

Palabras Clave: Análisis estático no lineal, análisis dinámico no lineal, construcción civil, institución educativa.

EVALUATION OF THE SEISMIC PERFORMANCE OF I.E. N°10828 EX COSOME BY MEANS OF NONLINEAR STATIC AND DYNAMIC TIME-HISTORY ANALYSIS

Abstract

The purpose of this work was to analyze the seismic behavior of Educational Institution N°10828 Ex Cosome by applying nonlinear analyses, both static (Pushover) and dynamic (Time-history), in order to identify its susceptibility to earthquakes. For this purpose, updated data of the building were used and the ETABS software was employed to perform the analyses. The nonlinear static analysis (NLA) allowed the generation of capacity curves that reflected the performance of the structure under different loads. Likewise, nonlinear dynamic analysis (ADNL) was performed using local seismic records, adjusted to the appropriate elastic spectra. The results of the Pushover analysis indicated that the building showed a seismic performance classified as "Life Safety", with displacements and shear forces within the normative parameters. However, the dynamic analysis revealed significant lateral displacements in some directions, suggesting increased vulnerability in certain areas. In conclusion, although the structure demonstrated acceptable behavior in static situations, considerable vulnerability to more demanding dynamic scenarios was evident. Therefore, it was recommended to reinforce the structure, implementing column jacketing, to improve its seismic response and protect its occupants.

Keywords: Nonlinear static analysis, nonlinear dynamic analysis, civil construction, educational institution.

I. INTRODUCCIÓN

Las escuelas son infraestructuras críticas, debido a su alto valor de exposición, así como a su vulnerabilidad natural, física y humana [1, 2]. Los edificios escolares de mampostería representan una proporción significativa de la cartera escolar nacional en muchos países del mundo [3, 4, 5, 6, 7, 8]. La seguridad sísmica de los edificios escolares es un tema de gran importancia, principalmente porque este tipo de construcciones normalmente presentan una alta concentración de estudiantes jóvenes, lo que incrementa el riesgo sísmico debido al aumento de la exposición, lo cual es una de las razones por las que códigos modernos [9]. De la información predominante, se puede inferir que el profesional del diseño tiene toda la responsabilidad del diseño estructural [10, 11]. La ingeniería civil prefiere análisis linealizados por su simplicidad, mientras los países desarrollados usan análisis no lineales para optimización estructural [12, 13].

Los estudios modernos suelen adoptar métodos de análisis estático no lineal sísmico, para evaluar la vulnerabilidad de los edificios escolares, en particular para fines de reacondicionamiento sísmico [14, 15, 16]. El Parte 3 del Eurocódigo 8 (EC8-3) presenta la posibilidad de adoptar dos tipos de comportamiento estructural: lineal y no lineal. Por otro lado, según el EC8-3, también es posible adoptar análisis estático o dinámico. El análisis no lineal de historia de tiempo (NTHA) es probablemente el método más preciso para el análisis sísmico de edificios individuales. Una alternativa al NTHA es adoptar el análisis estático no lineal (NSA), que es una alternativa menos exigente en términos de computadora, a menudo utilizada para la evaluación sísmica de edificios escolares frente a un evento sísmico [17, 18, 19, 20, 21, 22]. La evaluación basada en el desempeño del desempeño sísmico de los edificios se basa en la comparación de las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura y su capacidad para soportar estas fuerzas en términos de desplazamiento [23].

El análisis dinámico no lineal es un método avanzado que, aunque costoso computacionalmente, ofrece resultados precisos. Es útil para modelos estructurales simples, como en los enfoques de macroelementos, pero puede ser desconocido para algunos ingenieros estructurales [24, 25, 26]. Es de gran importancia contar con un enfoque de

modelado realista para evaluar su resistencia y su capacidad para soportar las fuerzas sísmicas esperadas [27]. Otro método de análisis utilizado para el diseño sísmico de estructuras de mampostería es el análisis estático no lineal. De hecho, los análisis estáticos no lineales se pueden desarrollar con diferentes estrategias de análisis: modelos de elementos finitos 3D [28].

El Perú está ubicado en el área denominada Cinturón de Fuego del Pacífico, una región que alberga el 75% de los volcanes del planeta y es responsable de alrededor del 80% de los sismos más intensos a nivel mundial. En particular, Perú, un país de América del Sur, se sitúa sobre la placa tectónica sudamericana, la cual choca de manera directa con la placa de Nazca. Esta interacción genera fricción, acumulando tensión que se libera en forma de terremotos. Además, la región experimenta una continua actividad volcánica [29]. Los sismos más recientes en la región norte del país ocurrieron el 30 de agosto de 1963, con una intensidad de VIII, el 9 de diciembre de 1970, con intensidad VII, y el 10 de julio de 1971, cuyo epicentro se localizó en Sullana en Piura. Como resultado, se evidencia un periodo de silencio sísmico de 258 años en el departamento, aunque en tiempos recientes se han registrado leves temblores, especialmente frente a las costas de Pimentel en la ciudad de Chiclayo [30].

Estudios recientes muestran que la ciudad de Chiclayo es la región donde se han observado las intensidades sísmicas máxima. El centro sismológico nacional (Censis) del Instituto Geofísico del Perú (IGP), en el año 2024 en el mes de agosto registró un temblor de magnitud cuatro con epicentro en la ciudad de Pimentel, provincia de Chiclayo, Lambayeque, a una profundidad de 29 kilómetros [29, 31]. Por otra parte, la Contraloría General de la República identificó que 24 colegios nacionales en el norte y centro oriente de Perú presentan un riesgo de colapso debido al deterioro de su infraestructura, lo que compromete la seguridad de los estudiantes. La mayor concentración de instituciones educativas en malas condiciones se localiza en la provincia de Chiclayo, en la región Lambayeque [32]. Chiclayo es una región peruana propensa a terremotos que se ha visto afectada por varios terremotos destructivos en el pasado; debe resaltar la capacidad de destrucción de tales terremotos y enfatizar la importancia de realizar un análisis sísmico preciso de los edificios escolares

existentes para comprender mejor cuál es el riesgo sísmico de esta región.

Los antecedentes científicos se muestran a continuación sobre el análisis no lineal en infraestructuras educativas, a nivel internacional según Rodríguez et al. [33] en su investigación científica tuvo como finalidad comparar diferentes métodos para evaluar la respuesta sísmica de una estructura, centrándose en desplazamientos máximos y colapso. Se aplicaron los análisis espectrales modales, dinámico no lineal y pushover incremental. La metodología incluyó modelado detallado y el uso de elementos finitos para predecir el comportamiento estructural bajo cargas sísmicas. Los resultados mostraron que un terremoto similar al de Lorca en 2011 podría causar un colapso significativo, con una deformación máxima de 5,22 cm en el nudo de referencia. El análisis dinámico no lineal demostró ser el método más preciso, aunque el análisis espectral modal es más eficiente en términos computacionales. Además, se concluyó que el análisis pushover proporciona información valiosa sobre la formación de rótulas plásticas y colapso. Se recomendó reforzar estructuras vulnerables, y el uso de los tres métodos analizados se sugirió para obtener una evaluación integral en futuras investigaciones estructurales.

Sharma et al. [34] en su estudio científico tuvo el propósito de comparar el comportamiento sísmico de los edificios en laderas con los situados en terrenos planos. Para ello, se modelaron edificios en el software SAP 2000 y se realizaron análisis no lineales estáticos (NLSA) y dinámicos (NLTHA) conforme a las normas FEMA-356 y ATC-40. Los resultados indicaron que los edificios con cimientos escalonados colapsaron principalmente en el piso justo por encima del nivel de cimentación más alto. Además, el lado cuesta arriba de los edificios en laderas sufrió daños significativos. En comparación, los edificios en terrenos planos resultaron ser menos vulnerables, mientras que aquellos en laderas mostraron mayor susceptibilidad a colapsar.

Fernández et al. [35], en su estudio científico tuvo el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios escolares mediante una metodología simplificada. La metodología incluyó la recopilación de datos, la caracterización de edificios, el modelado numérico no lineal y la evaluación del desempeño sísmico. Se analizaron 11 tipos de edificios

escolares de hormigón armado con sistemas estructurales comunes y distintos niveles de diseño sísmico. Los resultados mostraron que la metodología, que combina un análisis estático incremental no lineal con un enfoque basado en componentes, es simple pero robusta. Además, se realizaron análisis de sensibilidad, variando factores como la geometría y las propiedades mecánicas, lo que confirmó la versatilidad del método. Se concluyó que esta metodología permite evaluar de manera confiable el comportamiento sísmico de la infraestructura escolar, proporcionando una herramienta útil para mejorar la seguridad estructural en zonas sísmicas.

Guimire y Chaulagain [36] la investigación tuvo el estudio de evaluar el desempeño sísmico de edificios escolares en Nepal a través de la evaluación de vulnerabilidad y fragilidad. Se emplearon análisis lineales y no lineales con software de elementos finitos para estudiar los parámetros de respuesta estructural. Los modelos de edificios fueron sometidos a tres terremotos sintéticos: Gorkha, El-Centro y Kobe. Se trazó una función de fragilidad basada en la probabilidad de falla en intervalos de 0,1 g de PGA. Los resultados indicaron que los edificios escolares en Nepal son más vulnerables en comparación con los estándares internacionales. Este estudio proporcionó una base técnica para la evaluación de vulnerabilidad sísmica y sus resultados fueron relevantes para autoridades gubernamentales y organizaciones de respuesta a emergencias, ayudando a mejorar la planificación y preparación ante futuros sismos.

Gómez et al. [37] el estudio tuvo la finalidad de evaluar las diferencias en la respuesta sísmica de edificios en laderas chilenas mediante análisis numéricos lineales-elásticos y no lineales. Se realizaron análisis de espectro de respuesta en cuatro estructuras 2D simplificadas, con ángulos de inclinación de base de 0°, 15°, 30° y 45°, diseñadas según los estándares sísmicos de Chile. Posteriormente, se llevaron a cabo análisis estáticos no lineales (pushover) y análisis de historia temporal (time-history) utilizando el software SeismoStruct, para evaluar el desempeño sísmico bajo movimientos del suelo modificados por efectos topográficos. Los resultados indicaron que las diferencias en las respuestas de las estructuras, como desplazamientos del techo y fuerzas internas, fueron mínimas debido

a los efectos topográficos, siendo más significativas las causadas por la configuración escalonada de la base. Se observó una alta concentración de fuerzas de corte en los muros cortos ubicados en la parte superior del sistema de cimentación, lo que incrementó el riesgo de fallas frágiles en estructuras con ángulos mayores. Aunque las estructuras en laderas presentaron mayor rigidez en los pisos inferiores, los desplazamientos máximos del techo se mantuvieron similares en los análisis no lineales debido a las derivas en los pisos bajos. Además, las aceleraciones parásitas verticales influyeron en los niveles de carga axial en los muros de corte. Se concluyó que las estructuras con mayor inclinación son más susceptibles a fallas, lo que resalta la necesidad de medidas de diseño sísmico específicas para este tipo de terrenos.

Estêvão y Esteves [9] en su investigación tuvo como propósito evaluar el desempeño sísmico de los edificios escolares tipo "P3" en el Algarve, Portugal, utilizando un enfoque computacional para la evaluación de daños. La metodología empleada consistió en realizar análisis sísmicos estáticos no lineales, aplicando el concepto de curva de rendimiento a los módulos de hormigón armado (CR) que componen la estructura de estos edificios. Los resultados indicaron que la seguridad sísmica de los edificios evaluados estaba principalmente determinada por la capacidad de corte de las columnas. Además, se evidenciaron dificultades para realizar evaluaciones precisas utilizando los métodos del Eurocódigo 8. En conclusión, se determinó que los edificios tipo "P3" presentan vulnerabilidades en su capacidad de resistencia al corte, lo que sugiere la necesidad de medidas de refuerzo para mejorar su seguridad sísmica.

Uroš et al. [38] en su artículo científico tuvo el objetivo general de evaluar el desempeño sísmico de un edificio escolar de mampostería de piedra ubicado en el sur de Croacia, una zona con actividad sísmica significativa. Se empleó una metodología que incluyó la medición de la frecuencia fundamental del suelo y el análisis sísmico mediante métodos estáticos no lineales, considerando las no linealidades de los materiales de los elementos estructurales. Los resultados mostraron que el sistema de resistencia lateral estaba compuesto por muros de mampostería de piedra. Además, se identificaron los mecanismos

de colapso y los elementos estructurales críticos. El principal modo de falla observado fue el agrietamiento diagonal por corte en los muros de mampostería. En conclusión, la evaluación determinó que los muros de mampostería de piedra presentaron vulnerabilidades ante las cargas sísmicas, y la principal falla fue atribuida al corte diagonal. Se recomendó reforzar estos elementos estructurales para mejorar la seguridad sísmica del edificio.

A nivel nacional, de acuerdo a Ramos [39], en su tesis de pregrado tuvo el objetivo de evaluar el desempeño estructural utilizando varias metodologías, incluidas el Método del Espectro de Capacidad, análisis tiempo-historia, el método de coeficientes de la ASCE 41-17 y el Análisis Dinámico Incremental (IDA) de FEMA P58 de una IE en la ciudad de Huánuco. El presente proyecto realizó una investigación cuantitativa, aplicada y no experimental con un enfoque correlacional. Se aplicaron las Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.E.030, E.060 y E.070) para analizar la degradación del sistema resistente y las distorsiones de entrepiso, comparándolas con límites de distorsiones y daños estructurales establecidos por ATC y FEMA. Los resultados mostraron que la estructura y sus componentes alcanzaron un nivel de desempeño sísmico de ocupación inmediata, con daños estructurales leves. Esto confirmó la hipótesis de que la estructura mantendría condiciones operativas tras un sismo severo, sin necesidad de intervenciones estructurales.

Curo [40], en su tesis tuvo la finalidad de evaluar el desempeño sísmico de un edificio multiusos en una universidad de Lambayeque, aplicando los análisis no lineales Pushover y Tiempo-historia mediante el software ETABS. Se utilizaron datos actuales para el análisis. El método Pushover generó dos curvas de capacidad, con una cortante última de 1245.696 Tonf y desplazamiento de 10 cm en el eje X, y 1101.905 Tonf y 8 cm en el eje Y, clasificando el desempeño sísmico como "Funcional" y "Seguridad de vida". Para el análisis dinámico no lineal (ADNL), se emplearon registros sísmicos de Arequipa y el Amazonas. Las derivadas máximas en los ejes X y Y fueron 0.0068 y 0.0093, respectivamente, lo que indicó un desempeño "Extenso" en el eje Y según HAZUS. Dada la pérdida de precisión del AENL en estructuras irregulares, se implementó un encamisado en la dirección más crítica para mejorar el desempeño sísmico del edificio.

Aguilar [41] en su tesis tuvo el propósito de analizar el comportamiento sísmico de un edificio con sistema aporticado mediante un análisis estático no lineal utilizando el método push-over en la ciudad de Chiclayo. Se evaluó el nivel de desempeño estructural bajo diversas aceleraciones sísmicas correspondientes a la zona de estudio, clasificando la estructura dentro del rango no lineal según las categorías del SEAOC. La estructura, aunque diseñada de manera regular, no alcanzó el desempeño esperado debido a su ductilidad y falta de rigidez, quedando dentro de los rangos de pre-colapso y colapso, incluso bajo aceleraciones sísmicas frecuentes (0.20g) y ocasionales (0.25g). Es necesario incorporar elementos de rigidez adicionales, como placas o modificaciones en las secciones estructurales, para mejorar el desempeño de la estructura y controlar los desplazamientos.

Referente a las teorías relacionadas al tema se exponen según las variables del presente estudio, Edificios escolares en el Perú, las edificaciones educativas en Perú se realizan utilizando diversos materiales, como concreto armado, albañilería, madera, quincha, adobe, tapial, sillar e incluso combinaciones de estos, como la albañilería de arcilla con sillar o la mezcla de quincha y adobe. A nivel nacional, se han identificado cinco tipos de edificaciones como los más representativos [42].

Respecto a la variable dependiente, Desempeño sísmico, el concepto de desempeño sísmico describe cómo una estructura reacciona cuando se ve afectada por movimientos sísmicos. Este se evalúa considerando la capacidad del edificio para mantener tanto su funcionalidad como la seguridad de sus ocupantes durante un terremoto, teniendo en cuenta tanto los daños estructurales como los no estructurales [43]. Las normativas de diseño estructural definen varios niveles de desempeño que permiten clasificar el daño aceptable según la intensidad del sismo y los estándares de seguridad del edificio [44].

Punto de desempeño, el punto de desempeño es un elemento esencial dentro del análisis no lineal. Este punto se refiere a la intersección entre la capacidad estructural de un edificio y las demandas que impone un sismo. Señala el momento en que la estructura alcanza su límite máximo antes de sufrir fallas significativas [45]. Su identificación es clave para determinar si la edificación podrá soportar un sismo sin experimentar daños graves o

irreversibles [43].

Niveles de desempeño, los niveles de desempeño son una clasificación que define el grado de daño esperado en una estructura como resultado de un sismo. Estos niveles varían desde "ocupación inmediata", donde el edificio sigue siendo funcional, hasta "colapso", en el que la estructura sufre daños severos y queda inutilizable [46]. Esta clasificación ayuda a los ingenieros a diseñar o reforzar edificaciones según los requerimientos de seguridad y funcionalidad establecidos [44].

Curva de capacidad, la curva de capacidad es una herramienta gráfica que describe la relación entre el desplazamiento de una estructura y la fuerza sísmica que se le aplica. Esta curva es crucial en el análisis pushover porque permite identificar cómo la estructura responde de manera no lineal a cargas sísmicas cada vez mayores [45]. A través de la curva de capacidad, se puede determinar el punto de desempeño y evaluar la vulnerabilidad sísmica de un edificio [43].

Respecto a la variable independiente, Análisis no lineal estático, el análisis no lineal estático, o análisis pushover, es un método que se emplea para evaluar el comportamiento sísmico de una estructura [47]. Este enfoque consiste en aplicar cargas laterales de manera gradual para identificar los puntos en los que la estructura puede fallar y examinar su comportamiento no lineal [46]. Este análisis permite generar la curva de capacidad, estimando así los daños en diferentes niveles de carga [44].

Dinámico tiempo-historia, el análisis dinámico tiempo-historia es un procedimiento detallado que simula la respuesta de una estructura frente a registros sísmicos reales o simulados a lo largo del tiempo. A diferencia del análisis estático, este método tiene en cuenta las variaciones en las propiedades de la estructura y la respuesta en función de la intensidad del sismo [43, 48]. Este enfoque es fundamental para evaluar el comportamiento sísmico de estructuras complejas y permite un análisis más preciso bajo diferentes escenarios sísmicos [45].

La formulación del problema general del actual estudio se formuló de la siguiente:
¿Cómo es el desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome cuando se evalúa mediante

el análisis no lineal estático y dinámico tiempo-historia?.

La justificación e importancia del estudio sobre la evaluación del desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome en Chiclayo, Perú, representa una investigación relevante debido a la falta de estudios previos que analicen a fondo el comportamiento estructural de esta institución educativa ante eventos sísmicos mediante análisis no lineales, tanto estáticos como dinámicos. Aunque existen investigaciones sobre edificaciones similares en otras regiones, la aplicación del análisis tiempo-historia y el análisis no lineal estático (pushover) en esta estructura en particular es novedosa. Además, se reconoce una brecha significativa en cuanto a estudios que integren el contexto local de Chiclayo y los riesgos sísmicos asociados a su ubicación geográfica. Las investigaciones previas no han abordado de manera exhaustiva la vulnerabilidad sísmica específica de esta edificación, lo que genera un vacío en la literatura científica. Este trabajo no solo aporta datos originales sobre el desempeño sísmico de la I.E. N°10828, sino que también sugiere posibles estrategias de reforzamiento estructural, lo que amplía el campo de conocimiento en ingeniería sísmica aplicada en el ámbito educativo.

La hipótesis general se consideró de la siguiente: Si aplicamos el análisis no lineal estático y dinámico tiempo-historia podremos evaluar el desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome.

El objetivo general se formuló de la siguiente manera: Evaluar el desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome aplicando el análisis no lineal estático y dinámico tiempo-historia. A continuación se formularon los siguientes objetivos específicos: OE1: Describir la arquitectura de la muestra de estudio; OE2: Evaluar el desempeño sísmico de la estructura mediante análisis lineal estático y dinámico modal espectral; OE3: Evaluar la estructura con cargas incrementales utilizando el método no lineal estático; OE4: Seleccionar tres registros sísmicos para realizar el análisis no lineal tiempo-historia.

II. MATERIALES Y MÉTODO

La sección de materiales y proceso experimental en este estudio incluyó el empleo de datos actuales de la estructura de la Institución Educativa N°10828 Ex Cosome. En primer lugar, se recopiló información detallada de la edificación, incluyendo propiedades geométricas y materiales, necesarias para modelar la estructura con precisión en el software ETABS. Para el análisis estático no lineal (AENL), se realizaron simulaciones que generaron curvas de capacidad, las cuales permitieron observar el rendimiento estructural bajo diferentes niveles de carga. Además, se llevó a cabo el análisis dinámico no lineal (ADNL) utilizando registros sísmicos locales, que fueron ajustados a los espectros elásticos apropiados para asegurar una representación precisa de las condiciones sísmicas. Ambos enfoques, tanto el AENL como el ADNL, permitieron evaluar de manera exhaustiva el comportamiento sísmico de la estructura y observar los desplazamientos laterales, así como las fuerzas internas resultantes.

El enfoque del presente estudio se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para obtener resultados medibles y objetivos [49]. El tipo de investigación del actual estudio fue de enfoque cuantitativo.

Tipo de investigación. Se busca resolver problemas específicos o prácticos utilizando conocimientos científicos para generar soluciones concretas [49]. El tipo de investigación del actual estudio fue de tipo aplicado.

Diseño de investigación. Estudia fenómenos sin manipular variables, observando y analizando situaciones tal como ocurren de manera natural [49]. El tipo de investigación del actual estudio fue de diseño no experimental.

Variables, operacionalización. En una investigación con diseño no experimental pueden existir variables dependientes e independientes. Aunque en este tipo de diseño no se manipulan las variables, se pueden identificar y analizar las relaciones entre ellas. Las variables de estudio respecto a la variable independiente: Análisis no Lineal Estático y Dinámico Tiempo Historia y sobre la variable dependiente se consideró: Desempeño Sísmico.

Población de estudio. La población es el conjunto total de individuos o elementos que

comparten características comunes y que son objeto de estudio [49]. La población del presente estudio se consideró los edificios escolares de la ciudad de Lambayeque (Perú).

Muestra. Es el conjunto total de individuos o elementos que comparten características comunes y que son objeto de estudio [49]. La muestra seleccionada fue la I.E. N°10828 Ex Cosome, ubicada en la ciudad de Chiclayo. Se consideró Mediante el Análisis no Lineal Estático y Dinámico Tiempo Historia.

Muestreo. El muestreo es el proceso mediante el cual se eligen los elementos de la muestra, siguiendo criterios que aseguren la representatividad de la población [49]. El muestreo del presente estudio es no probabilístico por conveniencia.

Criterios de selección. Se fundamentó en la inclusión de criterios que priorizan edificaciones educativas situadas en zonas de alto riesgo sísmico, como la ciudad de Chiclayo, Perú. Se incluyeron estructuras cuya antigüedad y materiales de construcción presentaran vulnerabilidades ante eventos sísmicos, así como aquellas que albergan un gran número de ocupantes durante el año 2024. Por otro lado, se excluyeron edificaciones que hayan sido sometidas a reforzamientos recientes o que no cumplan con los criterios de riesgo establecidos por las normativas locales. La investigación también excluyó edificaciones que no formen parte del sistema educativo público durante el año 2024.

Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad. Se adoptó el análisis no lineal como técnica fundamental para investigar el comportamiento estructural de la edificación ante fuerzas sísmicas. Esta técnica se subdividió en dos enfoques principales: el análisis no lineal estático, conocido como método Pushover, y el análisis dinámico tiempo-historia. El método Pushover permite evaluar la capacidad de carga lateral de la estructura al aplicar fuerzas de manera incremental, proporcionando una curva de capacidad que ilustra cómo responde la edificación a diversas intensidades sísmicas. Por otro lado, el análisis dinámico tiempo-historia se centró en simular la respuesta de la estructura a registros sísmicos específicos a lo largo del tiempo, lo que permite una evaluación más realista de su desempeño durante eventos sísmicos reales.

Para la recolección de datos, se utilizó el software ETABS, una herramienta

reconocida en el campo de la ingeniería civil, que facilita la modelación y el análisis estructural. Este programa permite integrar diferentes variables y condiciones de carga, asegurando que los datos obtenidos sean precisos y representativos del comportamiento real de la estructura.

En cuanto a la validez del estudio, se garantizó al basar los análisis en datos empíricos y en normativas de diseño reconocidas, lo que proporciona una sólida base para la comparación y evaluación de los resultados. Esto asegura que los hallazgos reflejen con precisión el desempeño sísmico de la edificación bajo las condiciones evaluadas.

Finalmente, la confiabilidad del estudio se mantuvo mediante el uso de metodologías estandarizadas y procedimientos de análisis reconocidos en la literatura científica. Esto implica que las conclusiones extraídas de la investigación son robustas y pueden ser aplicadas a otros contextos similares, contribuyendo así al conocimiento existente en la evaluación del desempeño sísmico de estructuras.

Procedimiento de análisis de datos. Se muestran una descripción en cinco etapas del procedimiento de análisis de datos para el tema "Evaluación del Desempeño Sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome Mediante el Análisis no Lineal Estático y Dinámico Tiempo Historia":
Recopilación de Datos: Se inicia con la recopilación de datos relevantes sobre la estructura de la I.E. N°10828 Ex Cosome. Esto incluye información sobre las características físicas de la edificación, materiales utilizados, planos arquitectónicos y datos históricos sobre eventos sísmicos en la región. También se registran los parámetros de diseño y las especificaciones estructurales, que son fundamentales para el análisis posterior. En el Anexo No 8 se muestran la descripción de los módulos de la institución educativa estudiada.

Selección del Método de Análisis: En esta etapa, se elige el enfoque adecuado para la evaluación del desempeño sísmico. Se decide aplicar tanto el análisis no lineal estático (pushover) como el análisis dinámico tiempo-historia. Cada método tiene sus propias características y proporciona información diferente sobre cómo la estructura se comportaría bajo diversas condiciones de carga sísmica.

Modelado Estructural: Se desarrolla un modelo computacional de la I.E. N°10828 Ex

Cosome utilizando software especializado, como ETABS. Este modelo simula las propiedades físicas y mecánicas de la estructura, permitiendo la inclusión de elementos no lineales. Durante esta etapa, se validan las suposiciones del modelo con datos obtenidos en la etapa de recopilación, asegurando la precisión del análisis.

Ejecutar Análisis: Con el modelo estructural establecido, se llevan a cabo los análisis no lineales estáticos y dinámicos. En el análisis estático, se aplican cargas laterales incrementales para determinar la curva de capacidad. En el análisis dinámico tiempo-historia, se simulan movimientos sísmicos específicos, utilizando registros de aceleración reales o artificiales para evaluar la respuesta de la estructura en función del tiempo.

Interpretación y Presentación de Resultados: Finalmente, se analizan los resultados obtenidos de ambos métodos para evaluar el desempeño sísmico de la edificación. Se identifican los niveles de daño, se determina el punto de desempeño y se establecen recomendaciones para el reforzamiento estructural si es necesario. Los hallazgos se presentan en un informe técnico, incluyendo gráficos y tablas que resumen el comportamiento de la estructura ante diferentes escenarios sísmicos.

Criterios éticos. Los criterios éticos de la Universidad Señor de Sipán se basan en principios fundamentales que promueven la integridad académica, el respeto mutuo y la responsabilidad social. La institución fomenta un ambiente de transparencia y honestidad, donde estudiantes, docentes y personal administrativo se comprometen a actuar con rectitud en todas sus actividades académicas y profesionales. Asimismo, se prioriza el respeto a la diversidad, la equidad y la justicia en la toma de decisiones, asegurando un trato justo para todos los miembros de la comunidad universitaria. Estos valores éticos son esenciales para el desarrollo integral y la formación de ciudadanos responsables y comprometidos con la sociedad [50].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Respecto al Oe1: Describir la arquitectura de la muestra de estudio; para comprender adecuadamente las características del objeto de investigación, es necesario detallar su configuración estructural. Por ello, se busca describir la arquitectura de la muestra de estudio, destacando sus elementos y disposición.

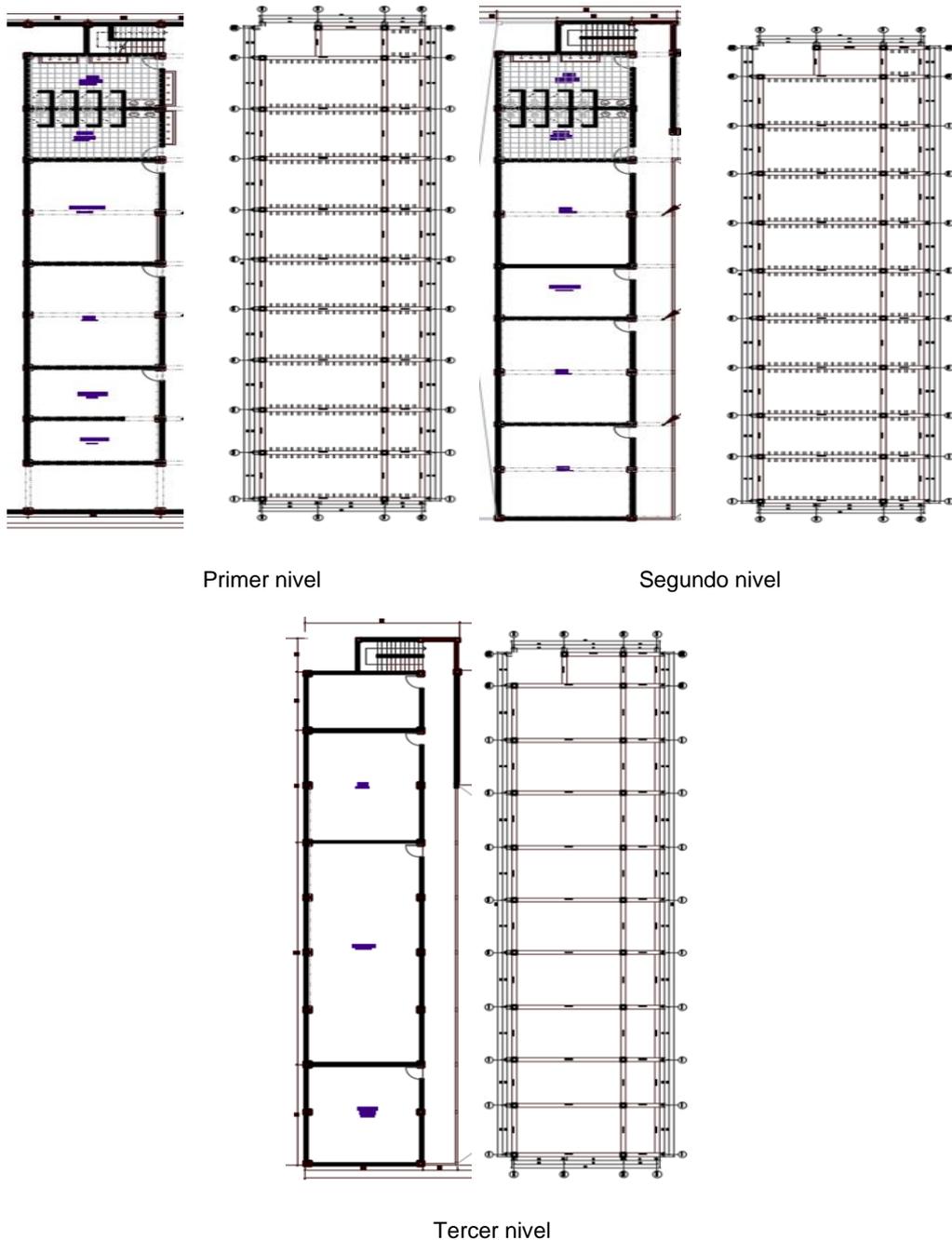
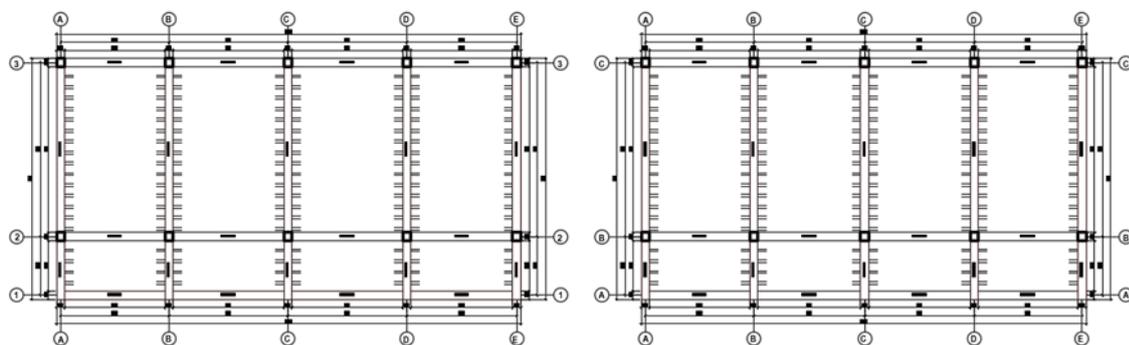
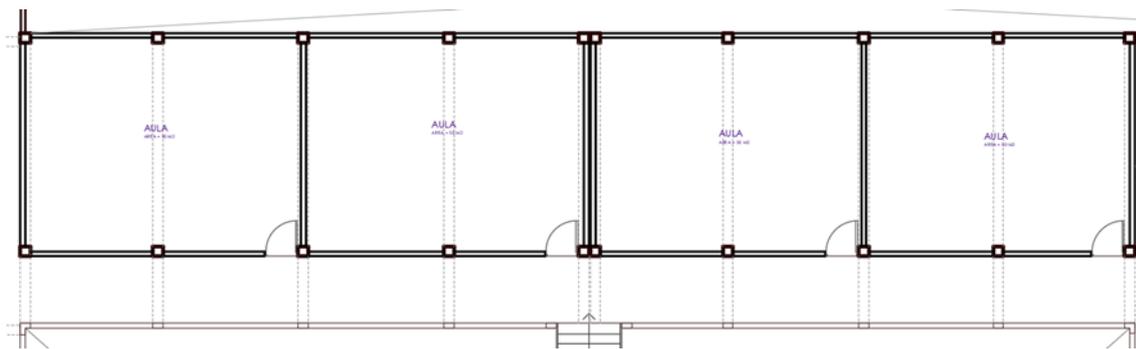
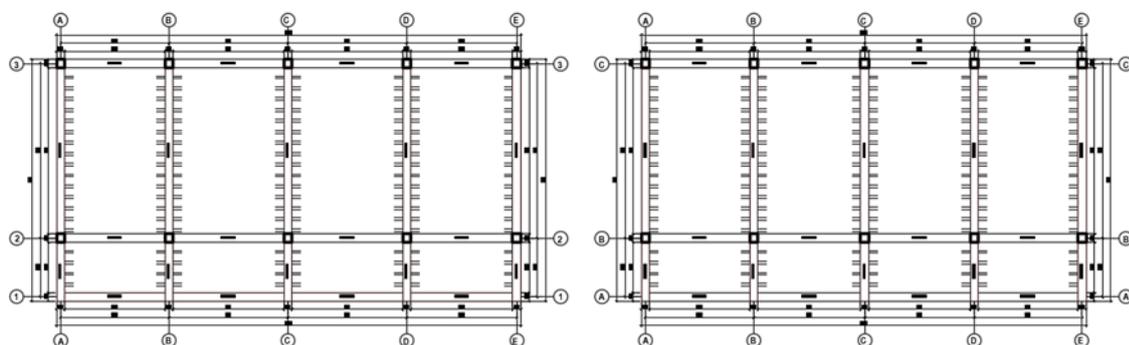
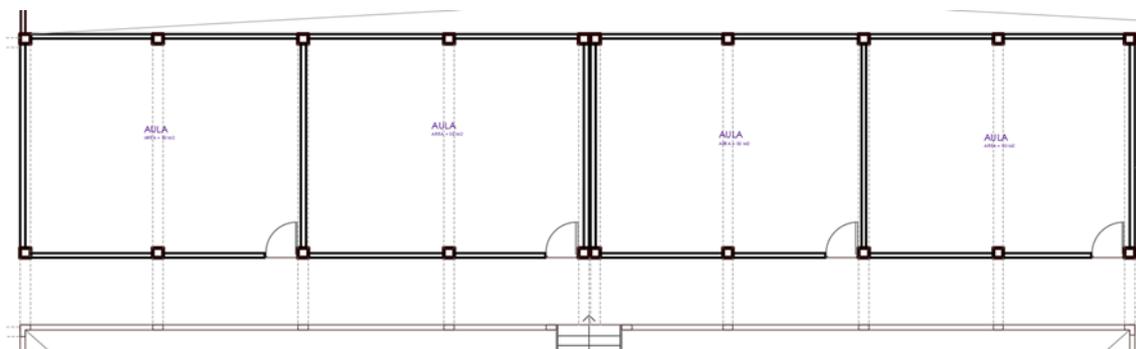


Fig. 1. Primer, segundo y tercer nivel del módulo I.

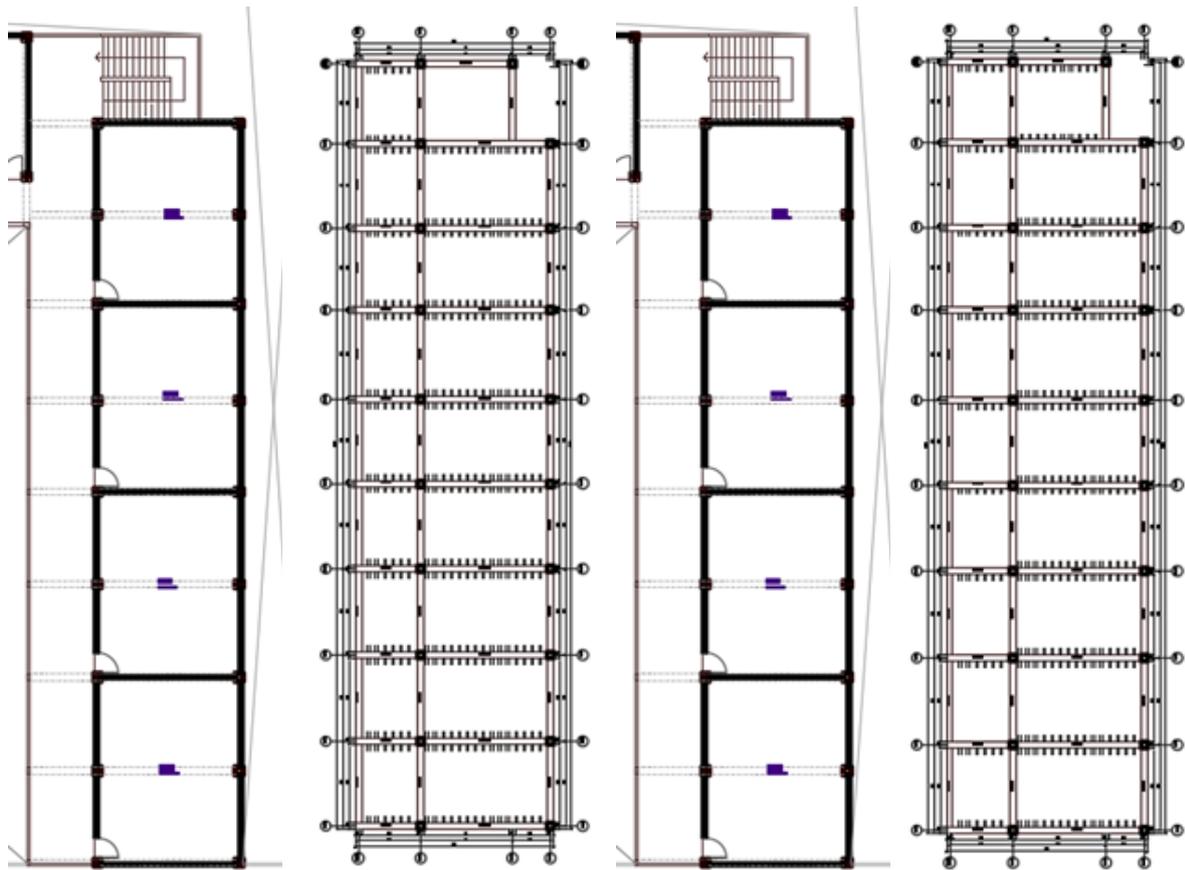


Primer nivel



Segundo nivel

Fig. 2. Primer, y segundo nivel del módulo II.



Primer nivel

Segundo nivel

Fig. 3. Primer, y segundo nivel del módulo III.

Interpretación: El Colegio N° 10828 EX COSOME constó de cuatro módulos, cada uno con características arquitectónicas únicas y una distribución específica de ambientes. El Módulo 1 era una estructura de tres niveles, enfocada en alojar aulas amplias y bien ventiladas, equipadas con mobiliario adecuado y tecnología educativa. El Módulo 2, de dos niveles y dividido en dos bloques, también se destinaba a aulas, además de incluir un laboratorio equipado para experimentos, baños, dirección y secretaría. Por último, el Módulo 3, con tres niveles, estaba igualmente orientado a albergar aulas amplias y ventiladas, facilitando la enseñanza diaria con mobiliario adecuado y tecnología educativa.

Mediante el Oe2: Evaluar el desempeño sísmico de la estructura mediante análisis lineal estático y dinámico modal espectral; para garantizar la seguridad estructural y optimizar el diseño, es fundamental analizar cómo responde la edificación ante eventos sísmicos. Por ello, se propone evaluar el desempeño sísmico de la estructura mediante análisis lineal

estático y dinámico modal espectral.

TABLA I.
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA Y CARGAS DE DISEÑO

Descripción		Resultados
Región		Lambayeque
Provincia		Chiclayo
Distrito		Chiclayo
Categoría		A
Zona sísmica		4
Suelo		3
Carga viva	Aulas (kgf/m ²)	250
	Pasadizos (kgf/m ²)	400
Carga muerta	Peso de ladrillo (kgf/m ²)	90
	Acabados (kgf/m ²)	100

Nota: Parámetros normativos según la norma E.030 Sismorresistente actual.

TABLA II.
COEFICIENTES SÍSMICOS EN "X" Y "Y" RESPECTO AL MÓDULO 1 Y 3

Sección X			Sección Y		
Z=	0.45	Factor de zona	Z=	0.45	Factor de zona
U=	1.50	Uso	U=	1.50	Uso
S=	1.10	Factor del suelo	S=	1.10	Factor del suelo
TP=	1.00	Periodo (S)	TP=	1.00	Periodo (S)
TL=	1.60	Periodo (S)	TL=	1.60	Periodo (S)
Cx=	2.50	Factor de ampliación sísmica	Cy=	2.50	Factor de ampliación sísmica
Ro=	3.00	Coefficiente de reducción	Ro=	8.00	Coefficiente de reducción
Fia=	1.00	Irregularidades de altura	Fia=	1.00	Irregularidades de altura
Fip=	1.00	Irregularidades de planta	Fip=	1.00	Irregularidades de planta
Rx=	3.00		Ry=	8.00	
VEx=	0.619	Coefficiente sísmico	VEy=	0.232	Coefficiente sísmico

Nota: En la Tabla se muestran valores respecto a módulos escolares de estudio.

TABLA III.
COEFICIENTES SÍSMICOS EN X Y Y PARA MÓDULO 2-1 Y MÓDULO 2-2

Sección X			Sección Y		
Z=	0.45	Factor de zona	Z=	0.45	Factor de zona
U=	1.50	Uso	U=	1.50	Uso
S=	1.10	Factor del suelo	S=	1.10	Factor del suelo
TP=	1.00	Periodo (S)	TP=	1.00	Periodo (S)
TL=	1.60	Periodo (S)	TL=	1.60	Periodo (S)
Cx=	2.50	Factor de ampliación sísmica	Cy=	2.50	Factor de ampliación sísmica
Ro=	3.00	Coefficiente de reducción	Ro=	8.00	Coefficiente de reducción
Fia=	1.00	Irregularidades de altura	Fia=	1.00	Irregularidades de altura
Fip=	1.00	Irregularidades de planta	Fip=	1.00	Irregularidades de planta
Rx=	3.00		Ry=	8.00	
VEx=	0.619	Coefficiente sísmico	VEy=	0.232	Coefficiente sísmico

Nota: Parámetros sísmicos previos del análisis de módulos de estudio

TABLA IV.
ESPECTRO DE RESPUESTA X, Y CONSIDERADO EN EL MÓDULO 1; 2 Y 3

	T	C	Sa
TP	0.00	2.50	2.38
	0.10	2.50	2.38
	0.20	2.50	2.38
	0.30	2.50	2.38
	0.40	2.50	2.38
	0.50	2.50	2.38
	0.60	2.50	2.38
	0.70	2.50	2.38
	0.80	2.50	2.38
	0.90	2.50	2.38
	1.00	2.50	2.38
TL	1.10	2.27	2.16
	1.20	2.08	1.98
	1.30	1.92	1.83
	1.40	1.79	1.70
	1.50	1.67	1.59
	1.60	1.56	1.49
	1.70	1.38	1.32
	1.80	1.23	1.18
	1.90	1.11	1.05
	2.00	1.00	0.95
	2.10	0.91	0.86
	2.20	0.83	0.79
	2.30	0.76	0.72
	2.40	0.69	0.66
	2.50	0.64	0.61
	2.60	0.59	0.56
	2.70	0.55	0.52
	2.80	0.51	0.49
	2.90	0.48	0.45
	3.00	0.44	0.42
	3.10	0.42	0.40
3.20	0.39	0.37	
3.30	0.37	0.35	
3.40	0.35	0.33	
3.50	0.33	0.31	
3.60	0.31	0.29	
3.70	0.29	0.28	
3.80	0.28	0.26	
3.90	0.26	0.25	
4.00	0.25	0.24	
4.10	0.24	0.23	
4.20	0.23	0.22	
4.30	0.22	0.21	
4.40	0.21	0.20	
4.50	0.20	0.19	
4.60	0.19	0.18	
4.70	0.18	0.17	
4.80	0.17	0.17	
4.90	0.17	0.16	
5.00	0.16	0.15	

Nota: Se consideraron los espectros de respuesta en las direcciones X y Y para evaluar el desempeño sísmico en los Módulos 1, 2 y 3.

TABLA V.
PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 1

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.940	0.000	0.947	0.000
Modal	2	0.324	0.882	0.003	0.004
Modal	3	0.314	0.052	0.047	0.000
Modal	4	0.22	0.004	0.000	0.925
Modal	5	0.196	0.000	0.003	0.002
Modal	6	0.099	0.061	0.000	0.001
Modal	7	0.069	0.001	0.000	0.067
Modal	8	0.057	0.000	0.000	0.001
Modal	9	0.04	0.000	0.000	0.000

Nota: La participación modal del Módulo 1 representa el porcentaje de respuesta estructural capturado por su primer modo vibratorio ante sismos.

TABLA VI.
PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 2-1

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.606	0.921	0.000	0.000
Modal	2	0.225	0.080	0.000	0.000
Modal	3	0.108	0.000	0.920	0.002
Modal	4	0.097	0.000	0.002	0.920
Modal	5	0.043	0.000	0.078	0.000
Modal	6	0.039	0.000	0.000	0.078

Nota: La participación modal del Módulo 2-1 representa el porcentaje de respuesta estructural capturado por su primer modo vibratorio ante sismos.

TABLA VII.
PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 2-2

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.591	0.922	0.000	0.000
Modal	2	0.220	0.078	0.000	0.000
Modal	3	0.106	0.000	0.923	0.000
Modal	4	0.096	0.000	0.000	0.923
Modal	5	0.042	0.000	0.077	0.000
Modal	6	0.038	0.000	0.000	0.077

Nota: La participación modal del Módulo 2-2 representa el porcentaje de respuesta estructural capturado por su primer modo vibratorio ante sismos.

TABLA VIII.
PARTICIPACIÓN MODAL DEL MÓDULO 3

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.982	0.000	0.899	0.000
Modal	2	0.318	0.000	0.101	0.000
Modal	3	0.162	0.655	0.000	0.291
Modal	4	0.144	0.300	0.000	0.665
Modal	5	0.054	0.028	0.000	0.015
Modal	6	0.048	0.016	0.000	0.029

Nota: La participación modal del Módulo 3 representa el porcentaje de respuesta estructural capturado por su primer modo vibratorio ante sismos.

Interpretación: Los resultados del análisis lineal del Módulo 1 (Tabla V) indicaron que los dos primeros modos de vibración fueron traslacionales. El primer modo, con un periodo de 0.94 segundos, se presentó en la dirección Y, evidenciando mayor flexibilidad en esa dirección. El segundo modo, con un periodo de 0.324 segundos, correspondió a la dirección X, mostrando una respuesta más rígida. Para el Módulo 2-1 (Tabla VI), los modos 1 y 3 fueron traslacionales, con el primer modo en la dirección X (0.606 segundos) y el tercero en la dirección Y (0.108 segundos). El Módulo 2-2 mostró comportamientos similares. En el Módulo 3 (Tabla VIII), el primer modo en la dirección Y (0.982 segundos) y el tercer modo en la dirección X (0.106 segundos) revelaron diferencias en la rigidez direccional.

Interpretación: La masa sísmica del Módulo 1 se determinó en función de la disposición de sus elementos estructurales, ubicándose el centro de rigidez en 6.91 m en la dirección X y 19.82 m en Y, lo que resultó en una excentricidad de -2.19 m en X y 2.75 m en Y. Estos valores fueron cruciales para evaluar la respuesta torsional de la estructura e identificar posibles irregularidades en planta. Para el Módulo 2-1, el centro de rigidez se halló en 8.30 m (X) y 51.14 m (Y), con excentricidades de -0.06 m y -0.05 m, respectivamente. El Módulo 2-2 presentó un comportamiento similar, con una excentricidad de -0.05 m en X y -0.52 m en Y. En el Módulo 3, el centro de rigidez se localizó en 3.14 m (X) y 63.31 m (Y), con excentricidades de 2.09 m y 2.00 m. Además, las distorsiones de entrepiso no cumplieron la Norma E030, excediendo los límites en todos los módulos evaluados, lo cual indica deficiencias en el diseño estructural.

Mediante el Oe3: Evaluar la estructura con cargas incrementales utilizando el método no lineal estático; una vez definidas las propiedades de los materiales y verificadas en el análisis lineal, se asignaron Hinges tipo fibra a las columnas, vigas y muros de albañilería, se crearon los casos de carga no lineales y se evaluó la capacidad de desempeño sísmico de la estructura conforme a los sismos de diseño establecidos por el Comité SEAOC VISIÓN 2000, 1993: Muy raro, Raro, Ocasional y Frecuente.

TABLA IX.
RESULTADO DEL MÓDULO 1 PARA DIFERENTES SISMOS

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX+					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL			X	X	
RESGUARDO DE VIDA					
CERCA AL COLAPSO		X			
COLAPSO	X				

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY+					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL				X	
RESGUARDO DE VIDA					
CERCA AL COLAPSO			X		
COLAPSO	X	X			

Nota: Se aplicaron cargas incrementales y Hinges tipo fibra para evaluar el desempeño sísmico del Módulo 1 bajo distintos niveles de sismo establecidos.

TABLA X.
RESULTADO DEL MÓDULO 2-1 PARA DIFERENTES SISMOS

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX+					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL				X	
RESGUARDO DE VIDA			X		
CERCA AL COLAPSO					
COLAPSO	X	X			

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY+					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL				X	
RESGUARDO DE VIDA			X		
CERCA AL COLAPSO					
COLAPSO	X	X			

Nota: Se aplicaron cargas incrementales y Hinges tipo fibra para evaluar el desempeño sísmico del Módulo 2-1 bajo distintos niveles de sismo establecidos.

TABLA XI.
RESULTADO DEL MÓDULO 2-2 PARA DIFERENTES SISMOS

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX +					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL				X	
RESGUARDO DE VIDA			X		
CERCA AL COLAPSO					
COLAPSO	X	X			

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY +					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL			X	X	
RESGUARDO DE VIDA		X			
CERCA AL COLAPSO	X				
COLAPSO					

Nota: Se aplicaron cargas incrementales y Hinges tipo fibra para evaluar el desempeño sísmico del Módulo 2-2 bajo distintos niveles de sismo establecidos.

TABLA XII.
RESULTADO DEL MÓDULO 3 PARA DIFERENTES SISMOS

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL				X	
RESGUARDO DE VIDA					
CERCA AL COLAPSO			X		
COLAPSO	X	X			

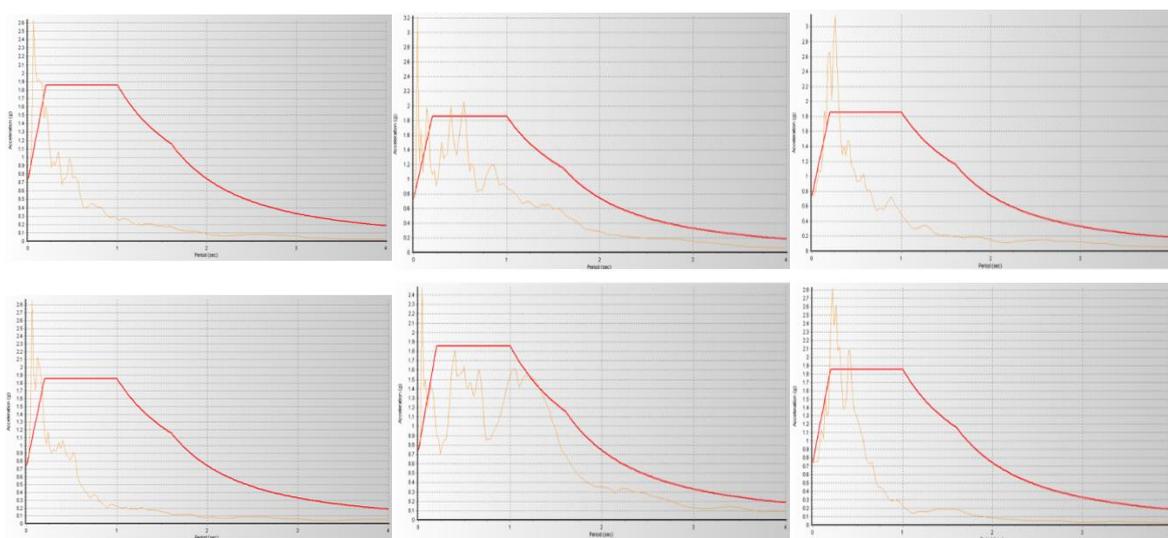
RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY					: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	
TOTALMENTE OPERACIONAL					
FUNCIONAL				X	
RESGUARDO DE VIDA			X		
CERCA AL COLAPSO					
COLAPSO	X	X			

Nota: Se aplicaron cargas incrementales y Hinges tipo fibra para evaluar el desempeño sísmico del Módulo 3 bajo distintos niveles de sismo establecidos.

Interpretación: En el módulo 1, la dirección X mostró un estado funcional bajo sismos

frecuentes y ocasionales, alcanzando el rango cercano al colapso para sismos raros, y colapso total para sismos muy raros. En la dirección Y, se mantuvo en estado funcional ante sismos frecuentes, en el rango cercano al colapso para sismos ocasionales, y colapso para sismos raros y muy raros. El módulo 2-1, tanto en X como en Y, presentó un estado funcional ante sismos frecuentes, resguardo de vida para sismos ocasionales, y colapso en sismos raros y muy raros. El módulo 2-2 y el módulo 3 mostraron comportamientos similares, destacándose el colapso en condiciones de sismos extremos.

Mediante el Oe4: Seleccionar tres registros sísmicos para realizar el análisis no lineal tiempo-historia; para simular con precisión la respuesta estructural ante eventos sísmicos reales, es fundamental elegir adecuadamente los datos de entrada. Por ello, se propuso seleccionar tres registros sísmicos para realizar el análisis no lineal tiempo-historia. se realiza mediante distorsiones de entrepiso, y el nivel de desempeño se indica en las Tablas de Hazus. Se utilizó el programa SeismoMatch para compatibilizar los 8 registros de aceleraciones correspondientes a los sismos Puno 2022, Amazonas 2022 y Loreto 2019 con el espectro Elástico estipulado en la Norma E030. Finalmente, los Registros escalados se muestran a continuación:



Puno 2022 (R-2)

Amazonas 2022 (R-3)

Loreto 2010 (R-5)

Fig. 4. Sismo compatibilizado al espectro elástico X e Y

TABLA XIII.
RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 1

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	3er nivel	X		x		
		Y				x
	2do nivel	X			x	
		Y			x	
	1er nivel	X		x		
		Y			x	
REGISTRO 3	3er nivel	X			x	
		Y		x		
	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X		x		
		Y		x		
REGISTRO 5	3er nivel	X		x		
		Y		x		
	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X		x		
		Y		x		

Nota: En la Tabla se presentan Tres registros sísmicos fueron seleccionados para el análisis no lineal tiempo-historia, evaluando distorsiones de entrepiso y niveles de desempeño según Tablas Hazus, para el módulo 1.

TABLA XIV.
RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 2-1

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x
REGISTRO 3	2do nivel	X				x
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x
REGISTRO 5	2do nivel	X				x
		Y	x			
	1er nivel	X				x
		Y				x

Nota: En la Tabla se presentan Tres registros sísmicos fueron seleccionados para el análisis no lineal tiempo-historia, evaluando distorsiones de entrepiso y niveles de desempeño según Tablas Hazus, para el módulo 2-1.

TABLA XV.
RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 2-2

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x
REGISTRO 3	2do nivel	X				x
		Y		x		
	1er nivel	X				x
		Y				x
REGISTRO 5	2do nivel	X				x
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x

Nota: En la Tabla se presentan Tres registros sísmicos fueron seleccionados para el análisis no lineal tiempo-historia, evaluando distorsiones de entrepiso y niveles de desempeño según Tablas Hazus, para el módulo 2-2.

TABLA XVI.
RESUMEN DE LOS NIVELES ALCANZADOS EN EL MÓDULO 3

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	2do nivel	X		x		
		Y				x
	1er nivel	X		x		
		Y				x
REGISTRO 5	2do nivel	X				x
		Y				x
	1er nivel	X		x		
		Y				x
REGISTRO 6	2do nivel	X				x
		Y				x
	1er nivel	X				x
		Y				x

Nota: En la Tabla se presentan Tres registros sísmicos fueron seleccionados para el análisis no lineal tiempo-historia, evaluando distorsiones de entrepiso y niveles de desempeño según Tablas Hazus, para el módulo 3.

TABLA XVII.
TABLA DE HAZUS PARA PREDECIR LOS DAÑOS EN UN EDIFICIO EN UN SISMO

Type	Building Properties		Interstory Drift at Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
SSL						
SSM						
SSH						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Nota: En la Tabla se presentan niveles de desempeño según Tablas Hazus.

Interpretación: En Fig. 11 se observan los registros que se insertaron como funciones en los modelados: Módulo 1, Módulo 2-1, Módulo 2-2 y Módulo 3 para posteriormente analizar ambas estructuras a nivel no lineal, específicamente del tipo: Tiempo Historia. En las TABLAS XIII, XIX, XV, XVI. Se muestran los registros evaluados, el módulo 1 presenta daños moderados a severos en ambos niveles y direcciones, con daños completos especialmente en la dirección Y en niveles superiores. El módulo 2-1 muestra daños severos en las direcciones X y Y en todos los registros, siendo más graves en el registro 5. Para el módulo 2-2, se observan daños completos en ambos niveles en la dirección X, con daños severos en Y en todos los registros. Finalmente, en el módulo 3, los daños son moderados a severos en los primeros niveles, con registros 5 y 6 indicando daños completos en ambas direcciones en niveles superiores. En la TABLA XVII, se muestran según el HAZUS-MH Technical Manual, la tabla de Parámetros de Curvas de Fragilidad Estructural es esencial para estimar pérdidas sísmicas, definiendo cómo responden edificios a terremotos según su altura y derivas de entrepiso. Para el edificio analizado, una deriva de 0.33% indica daño leve, 0.58% moderado, 1.56% extensivo y 4.0% completo, reflejando un desempeño estructural inaceptable.

3.2 Discusión

De acuerdo al objetivo específico No 1 corresponde a la descripción de la arquitectura de la muestra de estudio. La comparación entre el estudio del Colegio N° 10828 EX COSOME y los antecedentes de Guimire y Chaulagain [36] y Curo [40] revela similitudes en la preocupación por la evaluación de desempeño sísmico en edificaciones escolares y educativas, aunque se emplean enfoques y metodologías distintas. En el caso de Guimire y Chaulagain, la investigación se centra en edificios escolares en Nepal, destacando la vulnerabilidad de estos frente a sismos y proponiendo la generación de curvas de fragilidad para prever daños estructurales bajo diferentes intensidades de aceleración. En contraste, el Colegio N° 10828 incluye cuatro módulos con diferentes características arquitectónicas y funcionales, donde no se aborda el uso de análisis de vulnerabilidad o fragilidad, aunque se reconoce la importancia de su funcionalidad y disposición. Esta diferencia muestra una necesidad de incorporar metodologías de fragilidad en futuros estudios del Colegio N° 10828

para ofrecer una evaluación comparativa más robusta frente a sismos.

Por otro lado, el análisis de Curo [40] y Aguilar [41] también enfatiza la implementación de análisis no lineales, como el Pushover y el Tiempo-historia, para edificios universitarios y de oficinas, destacando la identificación de zonas críticas y la evaluación de los desplazamientos máximos para categorizar el desempeño estructural bajo cargas sísmicas. En comparación, aunque el Colegio N° 10828 no incluye explícitamente estos análisis avanzados, la distribución específica de ambientes como aulas y laboratorios en módulos arquitectónicos podría beneficiarse de una evaluación detallada con métodos no lineales para obtener un diagnóstico preciso de su respuesta sísmica. Ambos antecedentes sugieren la importancia de reforzar las estructuras a través de encamisados o modificaciones estructurales en zonas vulnerables, recomendación que podría extenderse a los módulos del Colegio N° 10828 para garantizar un mejor desempeño sísmico y reducir los riesgos de colapso bajo eventos sísmicos extremos.

De acuerdo al objetivo específico No 2 corresponde a la evaluación del desempeño sísmico de la estructura mediante análisis lineal estático y dinámico modal espectral. El análisis del presente estudio muestra coincidencias y diferencias importantes con los antecedentes revisados. En cuanto a similitudes, tanto el estudio actual como el de Rodríguez et al. [33] utilizan análisis de modos de vibración y destacan la importancia de evaluar la rigidez direccional y la excentricidad del centro de rigidez para prever la respuesta estructural bajo cargas sísmicas. En ambos casos, se observan irregularidades estructurales que incrementan la vulnerabilidad ante sismos. Sin embargo, mientras el presente estudio se centra en análisis lineales para caracterizar los modos de vibración y la rigidez direccional de cada módulo, Rodríguez et al. emplea métodos no lineales más avanzados, como el pushover incremental, para evaluar deformaciones extremas y posibles puntos de colapso, lo cual profundiza el análisis estructural en contextos de alta exigencia sísmica.

Por otro lado, la investigación de Ramos [39] también difiere en su enfoque metodológico, ya que incluye el uso de diversas normas y metodologías, como el Análisis

Dinámico Incremental (IDA) y el método de coeficientes de ASCE 41-17, lo cual permite evaluar no solo el estado de rigidez y excentricidad, sino también la respuesta en condiciones de operación inmediata tras sismos severos. Este enfoque es notablemente más conservador, pues evalúa el desempeño con normas específicas para definir límites de distorsión y daño estructural. En contraste, el estudio actual se limita a la verificación de distorsiones según la Norma E030 y concluye que todos los módulos exceden los límites permitidos, reflejando deficiencias estructurales. La aplicación de metodologías adicionales, como las empleadas en los estudios de Ramos y Rodríguez, podría aportar mayor precisión en la interpretación del desempeño estructural en futuras investigaciones.

De acuerdo al objetivo específico No 3 corresponde a la evaluación de la estructura con cargas incrementales utilizando el método no lineal estático. Los resultados del presente estudio presentan similitudes y diferencias con los hallazgos de Sharma et al. [34]. En ambos estudios, se evidencia la vulnerabilidad de las estructuras ante sismos extremos, con tendencias al colapso en edificios expuestos a condiciones críticas. Sin embargo, el estudio de Sharma et al. enfatiza una susceptibilidad específica en edificios ubicados en terrenos inclinados, donde el colapso ocurre en los pisos justo encima de la cimentación más alta y el lado cuesta arriba sufre mayores daños. En contraste, en el presente análisis, no se menciona la influencia de la topografía, enfocándose únicamente en el comportamiento de los módulos bajo diferentes niveles de sismicidad.

Por otro lado, la metodología empleada por Fernández et al. [35], que combina análisis no lineales con enfoques incrementales, es robusta y permite evaluar la infraestructura de manera precisa. Aunque el presente estudio también analiza el colapso estructural, no se realiza un análisis incremental ni se exploran factores de sensibilidad como la geometría o propiedades mecánicas. La metodología de Fernández et al. ofrece una herramienta detallada para evaluar el desempeño de edificaciones específicas, como infraestructura escolar, en zonas sísmicas, lo cual sugiere que un análisis incremental podría enriquecer los resultados del presente estudio, aportando mayor precisión en la predicción del colapso estructural ante sismos.

De acuerdo al objetivo específico No 4 corresponde a la selección de tres registros sísmicos para realizar el análisis no lineal tiempo-historia. La interpretación de los resultados del análisis Tiempo-Historia en los módulos del Colegio N° 10828 muestra una situación crítica de desempeño estructural, especialmente en los niveles superiores de los módulos, donde se registraron daños de moderados a severos en ambas direcciones, con algunos niveles alcanzando un daño completo, particularmente en la dirección Y. Estos resultados son congruentes con el estudio de Guimire y Chaulagain [36], quienes también identificaron alta vulnerabilidad en edificios escolares en Nepal bajo condiciones sísmicas. La similitud entre ambos estudios radica en el uso de modelos no lineales y curvas de fragilidad para cuantificar el riesgo de falla estructural, aunque en el estudio de Guimire y Chaulagain se generaron funciones de fragilidad para estimar la probabilidad de colapso en intervalos de aceleración específicos, destacando la vulnerabilidad frente a estándares internacionales. Esto sugiere que el Colegio N° 10828 podría beneficiarse de un análisis adicional para delinear estrategias preventivas que ayuden a mitigar los daños en zonas críticas, tal como se hizo en el contexto de Nepal.

Por otro lado, el estudio de Curo [40] presenta diferencias importantes al centrarse en la aplicación de análisis Pushover y Tiempo-Historia para un edificio universitario multiusos en Lambayeque, obteniendo resultados más detallados en términos de capacidad de cortante y desplazamientos en los ejes X e Y. Este enfoque permitió clasificar el desempeño estructural en categorías funcionales y de seguridad de vida, concluyendo la necesidad de reforzamiento mediante encamisado en las direcciones más vulnerables. Aunque en el análisis del Colegio N° 10828 se observaron derivas de entrepiso similares que reflejan un desempeño estructural inadecuado según el manual HAZUS, la implementación de métodos como el Pushover o encamisados específicos podría proporcionar un enfoque más detallado y preventivo para mejorar su resistencia sísmica. La evaluación de la ductilidad y rigidez en ambos estudios destaca la importancia de realizar modificaciones estructurales para evitar el colapso, especialmente en zonas con aceleraciones sísmicas elevadas y estructuras con distribuciones arquitectónicas irregulares.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En conclusión, aunque el Colegio N° 10828 EX COSOME exhibe una planificación arquitectónica adecuada y un ambiente de aprendizaje favorable, los análisis estructurales revelaron deficiencias significativas que comprometen su seguridad sísmica, requiriendo atención inmediata para cumplir con las normativas vigentes y garantizar la integridad de sus usuarios.

En conclusión, el análisis estructural reveló que el Módulo 1 presenta mayor flexibilidad en la dirección Y y rigidez en la X, mientras que otros módulos tienen distribuciones similares. La evaluación del centro de rigidez y las excentricidades mostró irregularidades torsionales en planta y distorsiones de entrepiso fuera de norma, indicando deficiencias estructurales.

El análisis de desempeño sísmico muestra que los módulos estructurales, en general, cumplen funcionalmente ante sismos frecuentes, pero alcanzan estados críticos, como el colapso, ante sismos raros y muy raros, especialmente en las direcciones X e Y. Este comportamiento refleja vulnerabilidad ante eventos sísmicos extremos.

El análisis no lineal tiempo-historia, basado en registros sísmicos específicos, revela que los módulos estructurales presentan daños moderados a completos en distintas direcciones, especialmente en niveles superiores. La respuesta estructural se clasifica como inaceptable en cuanto a desempeño, con derivas de entrepiso que superan los límites establecidos.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar una evaluación estructural exhaustiva de la I.E. N° 10828 Ex Cosome, seguida de refuerzos en los módulos 1, 2-1, 2-2 y 3. Estas acciones garantizarán el cumplimiento de los estándares de seguridad sísmica y mejorarán la integridad estructural y la seguridad de los ocupantes.

Se recomienda realizar modificaciones en el diseño estructural para cumplir con los

límites de distorsión de la Norma E030, particularmente reforzando la rigidez en las direcciones con mayores deficiencias. Evaluar opciones de refuerzo en la estructura y mejorar la distribución de rigidez ayudará a reducir irregularidades y mejorar el desempeño sísmico.

Para mejorar la resistencia estructural, se recomienda fortalecer las conexiones y materiales en los módulos más vulnerables, priorizando las direcciones que muestran riesgo de colapso. Implementar estrategias de refuerzo en puntos críticos podría incrementar la capacidad de absorción de energía sísmica y prolongar el desempeño funcional de la estructura.

Para mejorar el desempeño sísmico, se recomienda aplicar refuerzos estructurales en las direcciones y niveles más vulnerables. La implementación de medidas de reforzamiento en las zonas con mayores derivas puede ayudar a reducir el riesgo de colapso y mejorar la seguridad en escenarios de terremotos extremos.

REFERENCIAS

- [1] A. Prota, R. Tartaglia, G. Di Lorenzo and R. Landolfo, "Seismic strengthening of isolated RC framed structures through orthogonal steel exoskeleton: Bidirectional non-linear analyses," *Engineering Structures*, vol. 302, p. 117496, 2024.
- [2] A. Gandolfi, N. Pingaro and G. Milani, "Simple Nonlinear Numerical Modeling for Unreinforced and FRP-Reinforced Masonry Domes," *Buildings*, vol. 166, p. 14, 2024.
- [3] R. Adhikari, A. Parammal Vatterri and D. D'Ayala, "Seismic Performance Assessment of Low-Rise Unreinforced and Confined Brick Masonry School Buildings Using the Applied Element Method," *Buildings*, vol. 13, no. 1, p. 159, 2023.
- [4] C.-S. Chen, "Seismic performance assessments of school buildings in Taiwan using artificial intelligence theories," *Engineering Computations*, vol. 37, no. 9, pp. 3321-3343, 2020.
- [5] B. Hu, H.-L. Lv and T. Kundu, "Experimental study on seismic behavior of reinforced concrete frame in primary and middle schools with different strengthening methods," *Construction and Building Materials*, vol. 217, pp. 473-486, 2019.
- [6] A. Sextos, Z. Zhang and N. Alexander, "Large-Scale Testing for Enhancing the Resilience of Schools in Seismic Regions: Challenges and Cost-Efficient Solutions," in *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences ((SPEES))*, Bucharest, 2022.
- [7] T. Altiok, M. Şevik and A. Demir, "Seismic performance of retrofitted and non-retrofitted RC school buildings after the February 6th, 2023, Kahramanmaraş

- earthquakes," *Bulletin of Earthquake Engineering* , 2024.
- [8] M. Ozturk, M. Arslan, G. Dagan, A. Ecemis and H. Arslan, "School buildings performance in 7.7 Mw and 7.6 Mw catastrophic earthquakes in southeast of Turkey," *Journal of Building Engineering*, vol. 79, p. 107810, 2023.
- [9] J. Estêvão and C. Esteves, "Nonlinear Seismic Analysis of Existing RC School Buildings: The "P3" School Typology," *Buildings*, vol. 10, no. 11, p. 210, 2020.
- [10] M. Zain, M. Usman, S. Farooq and T. Mehmood, "Seismic Vulnerability Assessment of School Buildings in Seismic Zone 4 of Pakistan," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, no. 1, p. 5808256, 2019.
- [11] D. Ulcuango and A. G. Haro, "Evaluación del Desempeño Sísmico de un Sistema Dual de Hormigón Armado con Diferentes Niveles de Irregularidad Torsional," *Revista Politécnica*, vol. 53, no. 1, p. 83–9, 2024.
- [12] M. Arruda, M. Devidas and K. Vadimas, "State of the art on structural reinforced concrete design guidelines with non-linear analyses," *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, vol. 31, no. 17, pp. 4154-4168 , 2024.
- [13] S. Zhao, C. Zhang, X. Dai and Z. Yan, "Review of Wind-Induced Effects Estimation through Nonlinear Analysis of Tall Buildings, High-Rise Structures, Flexible Bridges and Transmission Lines," *Buildings*, vol. 13, no. 8, p. 2033, 2023.
- [14] A. Anelli, M. Vona and S. Santa-Cruz Hidalgo, "Comparison of Different Intervention Options for Massive Seismic Upgrading of Essential Facilities," *Buildings*, vol. 10, no. 7, p. 125, 2020.
- [15] C. Cantagallo, M. Terrenzi, E. Spacone and G. Camata, "Effects of Multi-Directional Seismic Input on Non-Linear Static Analysis of Existing Reinforced Concrete Structures," *Buildings*, vol. 13, p. 1656, 2023.
- [16] J.-L. Lin and M.-C. Chuang, "Simplified nonlinear modeling for estimating

- the seismic response of buildings," *Engineering Structures*, vol. 279, p. 115590, 2023.
- [17] S. El-Betar, "Seismic vulnerability evaluation of existing R.C. buildings," *HBRC Journal*, vol. 14, no. 2, p. 189–197, 2018.
- [18] G. O'Reilly, D. Perrone, M. Fox, R. Monteiro and A. Filiatrault, "Seismic assessment and loss estimation of existing school buildings in Italy," *Engineering Structures*, vol. 168, pp. 142-162, 2018.
- [19] M. Korkmaz, M. Ozdemir, E. Kavali and F. Cakir, "Performance-based assessment of multi-story unreinforced masonry buildings: The case of historical Khatib School in Erzurum, Turkey," *Engineering Failure Analysis*, vol. 94, pp. 195-213, 2018.
- [20] S. Abbati, A. D'Altri, D. Ottonelli, G. Castellazzi, S. Cattari, S. Miranda and S. Lagomarsino, "Seismic assessment of interacting structural units in complex historic masonry constructions by nonlinear static analyses," *Computers & Structures*, vol. 213, pp. 51-71, 2019.
- [21] R. Azzara, M. Girardi, C. Padovani and D. Pellegrini, "Experimental investigations and numerical modelling: a fruitful interaction for the nonlinear dynamical analysis of masonry structures," *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, vol. 36, p. 1339–1359, 2024.
- [22] E. Bruschi and V. Quaglini, "Assessment of Non-Linear Analyses of RC Buildings Retrofitted with Hysteretic Dampers According to the Italian Building Code.," *Applied Sciences*, vol. 14, p. 2684, 2024.
- [23] S. Giusto, S. Cattari and S. Lagomarsino, "Investigating the Reliability of Nonlinear Static Procedures for the Seismic Assessment of Existing Masonry Buildings," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 2, p. 1130, 2024.
- [24] F. Cannizzaro, B. Pantò, S. Caddemi and I. Calì, "A Discrete Macro-

Element Method (DMEM) for the nonlinear structural assessment of masonry arches," *Engineering Structures*, vol. 168, pp. 243-256, 2018.

- [25] S. Jian, L. Heping and L. Ani, "Nonlinear dynamics investigation of beam-tensegrity structures," *Structures*, vol. 61, p. 105965, 2024.
- [26] H. Bilgin, "Effects of near-fault and far-fault ground motions on nonlinear dynamic response and seismic damage of masonry structures," *Engineering Structures*, vol. 300, p. 117200, 2024.
- [27] C. Mourlas, G. Markou and M. Papadrakakis, "Accurate and computationally efficient nonlinear static and dynamic analysis of reinforced concrete structures considering damage factors," *Engineering Structures*, vol. 178, pp. 258-285, 2019.
- [28] F. Scozzese, L. Ragni, E. Tubaldi and F. Gara, "Modal properties variation and collapse assessment of masonry arch bridges under scour action," *Engineering Structures*, vol. 199, p. 109665, 2019.
- [29] Infobae Noticias, "IGP registró un sismo de magnitud 4 en Chiclayo, Lambayeque," 19 agosto 2024. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/peru/2024/08/19/igp-registro-un-sismo-de-magnitud-4-en-chiclayo-lambayeque/>.
- [30] V. D. Vera, "HACE 258 AÑOS NO HAY UN SISMO EN LAMBAYEQUE: CHICLAYO: ALTAMENTE VULNERABLE," *Semanario Expresión*, 2024.
- [31] Andina, "Lambayeque: Reportan sismo de magnitud 4.0 en Pimentel," 19 agosto 2024. [Online]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-lambayeque-reportan-sismo-magnitud-40-pimentel-997389.aspx>.
- [32] Perú 21, "Contraloría detectó deficiencias en colegios de Chiclayo y Tumbes," 25 agosto 2019. [Online]. Available: <https://peru21.pe/lima/contraloria-detecto-deficiencias-colegios-chiclayo-tumbes-108362-noticia/>.

- [33] C. Rodríguez, Á. Rodríguez Pérez, R. López and J. Caparrós Mancera, "Comparative Analysis and Evaluation of Seismic Response in Structures: Perspectives from Non-Linear Dynamic Analysis to Pushover Analysis," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 6, p. 2504, 2024.
- [34] R. Sharma, A. Dwivedi, V. Rani and B. Rc, "Seismic Evaluation of Step-Back Building and Regular Building by Using Nonlinear Static and Nonlinear Dynamic Analysis," in *International Conference on Creative and Innovative Solutions in Civil Engineering (CISCE-2023) 11/08/2023 - 12/08/2023*, Jaipur, India, 2023.
- [35] R. Fernández, L. Yamin, D. D'Ayala, R. Adhikari, J. C. Reyes, J. Echeverry and G. Fuentes, "A simplified component-based methodology for the seismic vulnerability assessment of school buildings using nonlinear static procedures: application to RC school buildings," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 20, p. 6555–6585, 2022.
- [36] N. Ghimire and H. Chaulagain, "Seismic vulnerability assessment of reinforced concrete school building in Nepal," *Asian Journal of Civil Engineering*, vol. 22, p. 249–262, 2020.
- [37] M. Gómez, E. Díaz-Segura and J. Vielma, "Nonlinear numerical assessment of the seismic response of hillside RC buildings," *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, vol. 20, p. 423–440, 2021.
- [38] M. Uroš, J. Atalić, Š. M., M. Šavor Novak and K. Kuk, "Seismic performance assessment of existing stone masonry school building in Croatia using nonlinear static procedure," in *Brick and Block Masonry - From Historical to Sustainable Masonry*, 1 ed., 2020.
- [39] C. F. F. Ramos, "Evaluación del desempeño sísmico estructural de la Institución Educativa N°141 - Héroes de Jactay - Huánuco, mediante un análisis

- estático y dinámico no lineal – 2022," [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan], 2023.
- [40] P. C. E. Curo, «Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de sala multiusos de una universidad de Lambayeque aplicando el análisis estático y dinámico no lineal,» [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo], 2023.
- [41] M. L. J. Aguilar, "Desempeño Sísmico Estructural en un Sistema Aporticado Mediante el Análisis Estático no Lineal," [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán], 2023.
- [42] Á. R. Chacón and F. I. A. Paz, "Análisis de desempeño sísmico de los edificios escolares típicos 780 post 97 de la costa peruana," [Tesis de posgrado] Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- [43] A. K. Chopra, Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering, 5th Edition ed., Pearson Education Limited, 2020.
- [44] E. Miranda and S. Taghavi, "Approximate Floor Acceleration Demands in Multistory Buildings. II: Applications," *Journal of Structural Engineering*, vol. 131, no. 2, 2005.
- [45] P. Fajfar, "A Nonlinear Analysis Method for Performance-Based Seismic Design," *Earthquake Spectra*, vol. 16, no. 3, 2000.
- [46] FEMA 356, "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356)," Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2000.
- [47] M. Haque and M. Hoque, "Seismic vulnerability assessment of reinforced concrete haunch beam by nonlinear static and incremental dynamic analyses," *Asian Journal of Civil Engineering*, vol. 25, p. 5421–5433, 2024.
- [48] S. Upadhyaya, S. Maurya, V. Singhal and M. Schildkamp, "Nonlinear

Static and Dynamic Response of a Random Rubble Stone Masonry Building with Horizontal Seismic Bands," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 38, no. 5, 2024.

[49] R. Hernández-Sampieri and C. Mendoza, *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México: Editorial Mc Graw Hill Education, 2018.

[50] CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN, "CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C. VERSIÓN 9," Aprobado con Resolución de Directorio N°053 -2023/PD-USS, 2023.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Declaración jurada de originalidad	49
ANEXO N° 2. Acta de revisión de similitud de la investigación.....	50
ANEXO N° 3. Acta de aprobación de asesor	51
ANEXO N° 4. Matriz de consistencia	522
ANEXO N° 5. Matriz de operacionalización	533
ANEXO N° 6. Informe de vulnerabilidad estructural	544
ANEXO N° 7. Parámetros, técnicas para el procesamiento de información	566
ANEXO N° 8. Resultados de análisis del estudio	811
ANEXO N° 9. Fotografías de ensayos experimentales en situ.....	17979

ANEXO N° 1. Declaración jurada de originalidad



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, yo Abanto Rafael Josue soy **egresado** del Programa de Estudios de **Escuela de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E. N°10828 EX COSOME
MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO HISTORIA**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Abanto Rafael, Josue	DNI: 72289302	
----------------------	---------------	---

Pimentel, 11 de noviembre de 2024.

ANEXO N° 2. Acta de revisión de similitud de la investigación



ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo **Idrogo Pérez Cesar Antonio** del curso de **Investigación** del Programa de Estudios de **Escuela de Ingeniería Civil** y revisor de la investigación del estudiante, **Abanto Rafael, Josue**, titulada:

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E. N°10828 EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO HISTORIA

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **16%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN. Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación en la Universidad Señor de Sipán S.A.C., aprobada mediante Resolución de Directorio N° 145-2022/PD-USS.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Mg. Idrogo Pérez César Antonio	DNI: 41554766	
--------------------------------	---------------	---

Pimentel, 11 de noviembre de 2024.

ANEXO N° 3. Acta de aprobación de asesor



ACTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR

Yo **Idrogo Pérez Cesar Antonio**, quien suscribe como asesor designado mediante Resolución de Facultad **N°0811-2024/FIAU-USS**, del proyecto de investigación titulado **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E. N°10828 EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO HISTORIA**, desarrollado por el estudiante: **Abanto Rafael, Josue**, del programa de estudios de **Ingeniería Civil**, acredito haber revisado, realizado observaciones y recomendaciones pertinentes, encontrándose expedito para su revisión por parte del docente del curso.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Mg. Idrogo Pérez César Antonio	DNI: 41554766	
Abanto Rafael, Josue	DNI: 72289302	

Pimentel, 11 de noviembre de 2024.

ANEXO N° 04. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN					
TESISTA: JOSUE ABANTO RAFAEL					
Evaluación del Desempeño Sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome mediante el Análisis No Lineal Estático y Dinámico Tiempo-Historia					
Título	Hipótesis	Objetivo General	Objetivo Específico	Tipo de Investigación	Diseño de Investigación
<p>¿Cómo es el desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome cuando se evalúa mediante el análisis no lineal estático y dinámico tiempo-historia?.</p> <p>N°10828 Ex Cosome</p>	<p>Si aplicamos el análisis no lineal estático y dinámico tiempo-historia podremos evaluar el desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome</p>	<p>Evaluar el desempeño sísmico de la I.E. N°10828 Ex Cosome aplicando el análisis no lineal estático y dinámico tiempo-historia.</p>	<p>OE1: Describir la arquitectura de la muestra de estudio. OE2: Evaluar el desempeño sísmico de la estructura mediante análisis lineal estático y dinámico modal espectral. OE3: Evaluar la estructura con cargas incrementales utilizando el método no lineal estático. OE4: Seleccionar tres registros sísmicos para realizar el análisis no lineal tiempo-historia.</p>	<p>Tipo de investigación APLICADA - Enfoque CUANTITATIVO</p>	<p>Diseño de investigación NO EXPERIMENTAL</p>

ANEXO N° 6. Matriz de operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Análisis no Lineal Estático y Dinámico Tiempo Historia	Este enfoque consiste en aplicar cargas laterales de manera gradual para identificar los puntos en los que la estructura puede fallar y examinar su comportamiento no lineal (FEMA 356, 2000).	El desempeño sísmico se define como la capacidad de una estructura para resistir y reaccionar a fuerzas sísmicas, manteniendo su funcionalidad y seguridad. Se evalúa mediante la identificación de niveles de daño aceptables, considerando daños estructurales y no estructurales, y se mide según la respuesta de la edificación ante diversas intensidades y tipos de movimientos sísmicos.	No lineal estático		1		Numérica	Intervalo
			Tiempo-Historia		2		Numérica	Intervalo
Desempeño Sísmico	Este se evalúa considerando la capacidad del edificio para mantener tanto su funcionalidad como la seguridad de sus ocupantes durante un terremoto, teniendo en cuenta tanto los daños estructurales como los no estructurales (Chopra, 2020).	El análisis no lineal estático evalúa el comportamiento de una estructura bajo cargas laterales incrementales, identificando su capacidad de carga y puntos de falla. En contraste, el análisis dinámico tiempo-historia simula la respuesta estructural a movimientos sísmicos a lo largo del tiempo, utilizando registros de aceleración. Ambos métodos son esenciales para el diseño y reforzamiento de edificaciones.	Punto de desempeño		1		Numérica	Intervalo
			Niveles de desempeño		2		Numérica	Intervalo
			Curva de capacidad		3		Numérica	Intervalo

ANEXO N° 6. Informe de vulnerabilidad estructural

1.1.1. Bases Legales

La N.T.P E-020 Cargas (2006)

Establece las condiciones mínimas para que las cargas empleadas en los diseños de las estructuras no excedan lo establecido, logrando que las edificaciones soporten eficazmente las cargas vivas, muertas, cargas originadas por contracción, las presiones que ejerce el terreno y las cargas de construcción [7].

La N.T.P E-030 Diseño Sismorresistente (2019)

Establece diversos parámetros que se deben cumplir en las edificaciones para que tengas un buen comportamiento sísmico, así se evitará que la estructura colapse, se minimizará daños en la propiedad y se evitará pérdidas de vidas humanas. Esta norma es aplicable para edificaciones nuevas, existentes y para reparaciones de estructuras que presenten fallas estructurales [8].

La N.T.P E-060 Concreto Armado (2009)

Establece los requisitos mínimos para el análisis, diseño de los materiales, control de calidad y supervisión de las estructuras de concreto armado simple y prees forzado. Esto evitará que el material se deteriore y presente patologías en periodos cortos [9].

NTP 339.059 (2011) Método para la obtención y ensayo de corazones diamantino y vigas seccionadas de hormigón (concreto)

Esta norma expone los procedimientos para obtener y preparar los corazones diamantinos de concreto, este ensayo se aplica cuando las estructuras presentan anomalías en el proceso de construcción, presenta fallas por curado y estructuras antiguas, permitiendo determinar la resistencia a la compresión y tracción [10].

Norma ATC-40 (1996)

La norma ATC-40 permitirá determinar la demanda sísmica por medio de los espectros de demanda y capacidad, es decir, determina la capacidad de las estructuras en rango estático no lineal, la cual se relaciona con la cortante basal y el desplazamiento lateral, a la vez determina los puntos de desempeño por medio de la intersección de la curva de capacidad equivalente y la curva de espectro de respuesta modificado [11].

Norma FEMA 356 (2000)

La norma FEMA-356 asocia los niveles de desempeño con niveles de peligro, a la vez permite estimar los desplazamientos de las estructuras en un rango inelástico, esta norma provee tablas con parámetros para los modelamientos y niveles de desempeño, como también, guías detalladas para determinar las

demandas de fuerza-deformación y evaluar el desempeño [12].

1.1.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos que se emplearán durante la investigación son:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
- Libros, Tesis, revistas y Artículos de investigación
- Planos de la Institución Educativa N° 10828 EX COSOME.
- Cuestionario
- Ensayos de laboratorio
- Fichas de análisis
- Cámara fotográfica

Los programas que se emplearán son:

- AutoCad
- Microsoft Office, Excel, Word y PowerPoint
- ETABS
- Seismo Signal
- Seismo Match

ANEXO N° 7. Parámetros, técnicas para el procesamiento de información

1.1.3. Especificaciones Técnicas

1.1.3.1. Descripción Arquitectónica

El Colegio N° 10828 EX COSOME cuenta con cuatro módulos, cada uno con características arquitectónicas distintivas y una distribución específica de sus ambientes.

Módulo 1

El Módulo 1 es una estructura de tres niveles enfocada principalmente en el alojamiento de aulas. Este pabellón incluye:

1. Aulas: Espacios amplios y bien ventilados destinados a la enseñanza y el aprendizaje, equipados con mobiliario adecuado y tecnología educativa para facilitar la instrucción diaria.

2. Laboratorio: Un espacio equipado con los instrumentos y materiales necesarios para la realización de experimentos y prácticas de laboratorio, diseñado para fomentar el aprendizaje práctico de las ciencias.

3. Baños

4. Dirección

5. Secretaría

Figura 1: Primer Nivel del Módulo 1

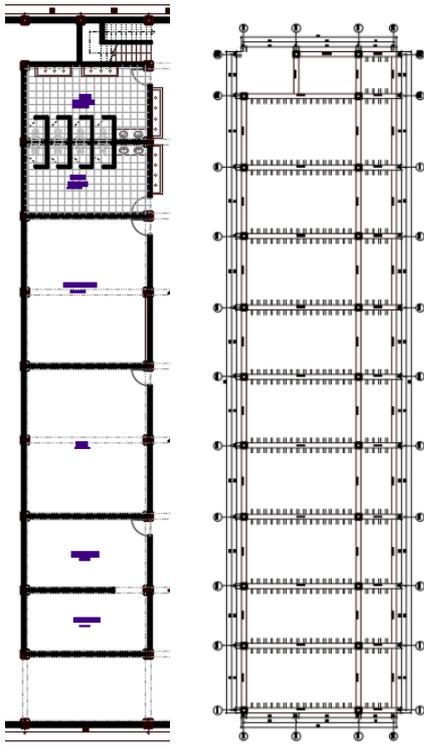


Figura 2: Segundo Nivel del Módulo 1

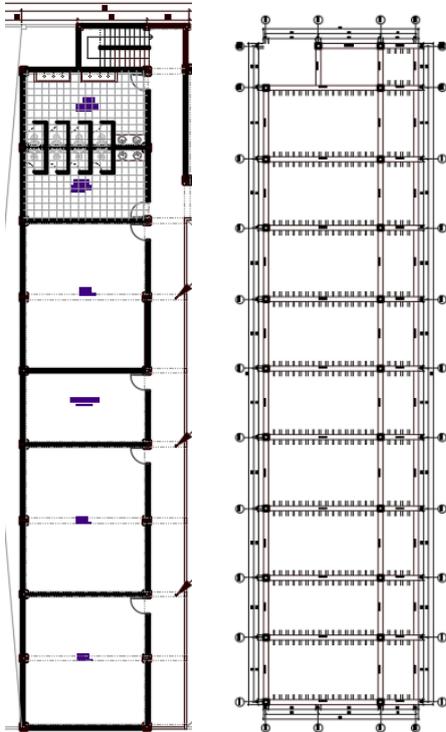
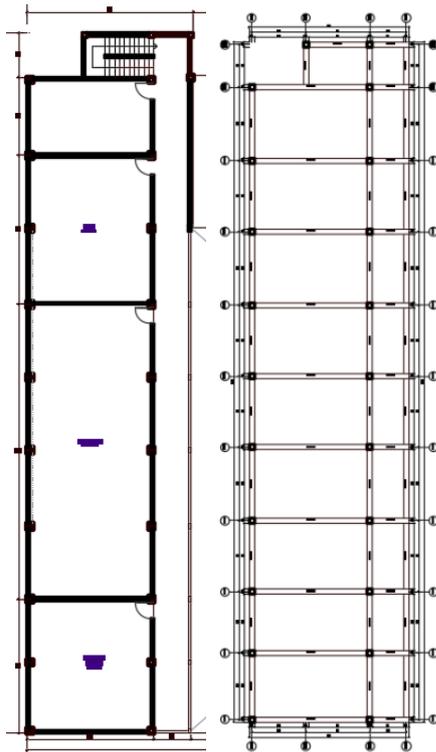


Figura 3: Tercer Nivel del Módulo 1



Módulo 2

El Módulo 2 también es una estructura de dos niveles dividido en dos bloques enfocado principalmente en el alojamiento de aulas. Este pabellón incluye:

1. **Aulas:** Espacios amplios y bien ventilados destinados a la enseñanza y el aprendizaje, equipados con mobiliario adecuado y tecnología educativa para facilitar la instrucción diaria.

Figura 4: Primer Nivel del Pabellón 02

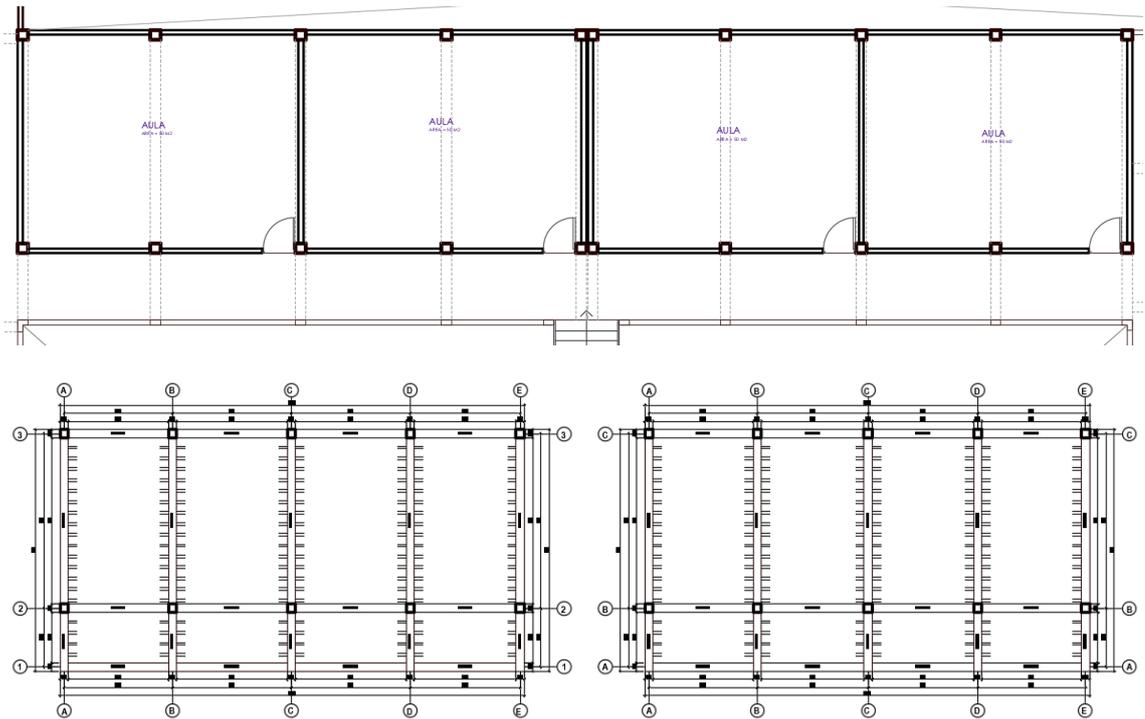
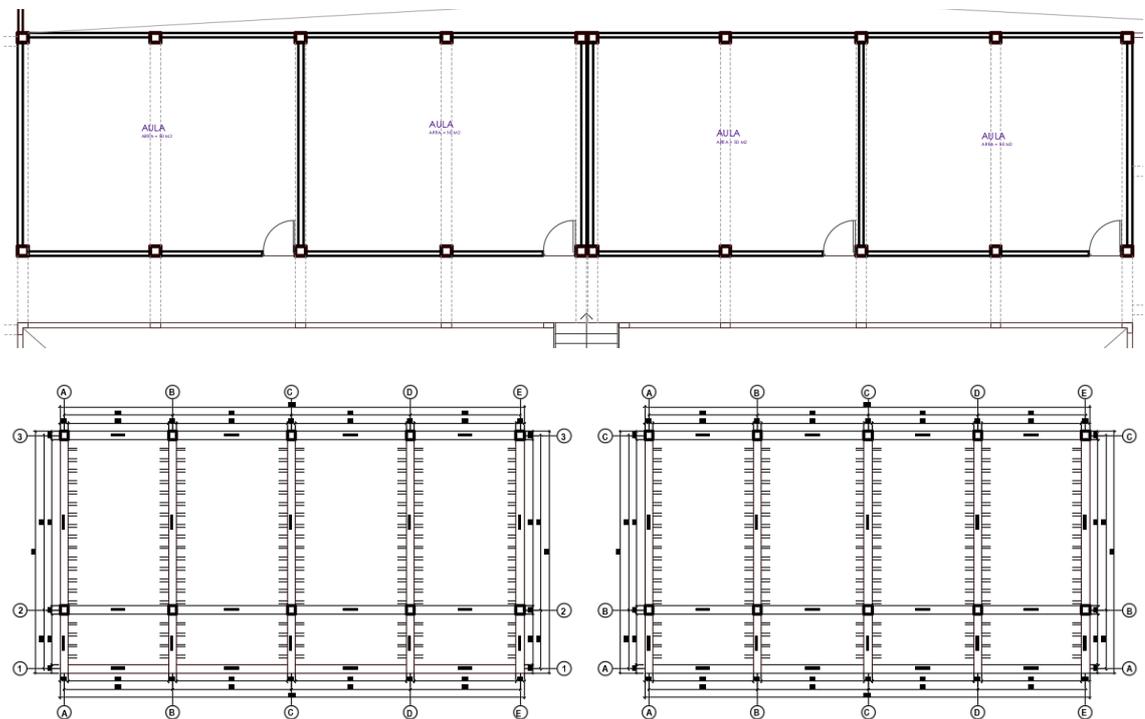


Figura 5: Segundo Nivel del Pabellón 02



Módulo 3

El Módulo 3 es una estructura de tres niveles enfocada principalmente en el alojamiento de aulas. Este pabellón incluye:

1. **Aulas:** Espacios amplios y bien ventilados destinados a la enseñanza y el aprendizaje, equipados con mobiliario adecuado y tecnología educativa para facilitar la instrucción diaria.

Figura 6: Primer Nivel del Módulo 3

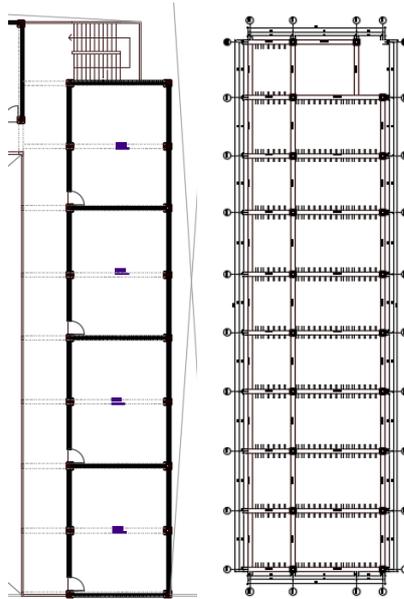
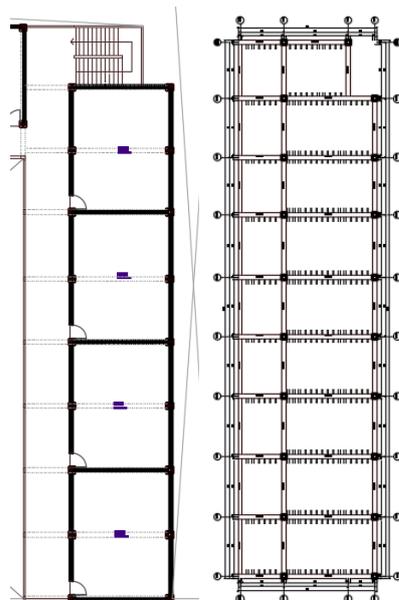


Figura 7: Segundo Nivel del Módulo 3



1.1.3.2. Descripción Estructural

1.1.3.2.1. Características de los materiales

El sistema estructural observado consta de elementos verticales (columnas) y horizontales (vigas) de concreto armado cuya resistencia varía de acuerdo con los ensayos de diamantinas.

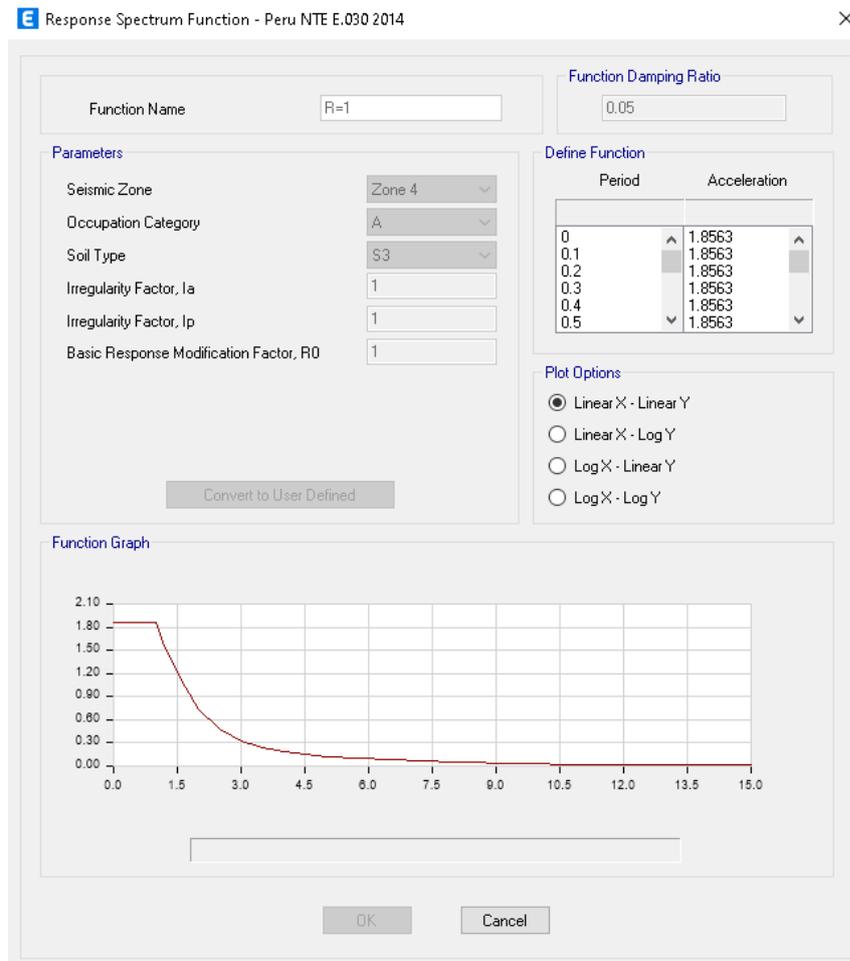
Todos los módulos presentan columnas cuadradas de 30x30. Además de vigas de peralte de 20 cm y 45 cm. Por otro lado, presentan también muros de albañilería.

1.1.4. Desempeño Sísmico

1.1.4.1. Demanda Sísmica

Es la medida de las fuerzas y deformaciones que un terremoto induce en una estructura durante su movimiento. Esta demanda depende de factores como la magnitud y duración del sismo, las características del suelo donde se encuentra la estructura y las propiedades dinámicas de la propia edificación, como su masa, rigidez y amortiguamiento.

Figura 8: Espectro de Respuesta utilizado en el análisis no lineal estático



1.1.4.2. Análisis Lineal

1.1.4.2.1. Normas y Cargas de Diseño

Normas Empleadas:

- NTE. E060
- NTE. E020

Carga Muerta:

Son cargas provenientes del peso de los materiales, tabiquería fija, y otros elementos que forman parte de la edificación y/o se consideran permanentes.

- Peso ladrillo : 90 kgf/m²
- Acabados : 100 kgf/m²

Carga Viva:

Son cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles y otros elementos móviles estimados en la estructura.

- Aulas : 250 kgf/m²
- Pasadizos : 400 kgf/m²

Carga de Sismo:

Son cargas estáticas o dinámicas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la Norma E.030 de diseño sismorresistente.

- **Análisis Estático** : Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.
- **Análisis Dinámico** : Para edificaciones convencionales, se realiza el análisis dinámico por medio de combinaciones espectrales, mostradas anteriormente dadas por la Norma E.030.

1.1.4.2.2. Análisis Sísmico Estático

1.1.4.2.2.1. Consideraciones Sísmicas

Datos de la Zona:

Región : Lambayeque
Provincia : Chiclayo
Distrito : Chiclayo
Categoría : A
Zona Sísmica : 4
Suelo : Tipo S3

Tabla 01: Coeficiente Sísmico en X para Módulo 1 y 3

Z=	0.45	Factor de zona
U=	1.50	Uso
S=	1.10	Factor del suelo
TP=	1.00	Periodo (S)
TL=	1.60	Periodo (S)
Cx=	2.50	Factor de ampliación sísmica
Ro=	3.00	Coefficiente de reducción
Fia=	1.00	Irregularidades de altura
Fip=	1.00	Irregularidades de planta
Rx=	3.00	
VEx=	0.619	Coefficiente sísmico

Tabla 02: Coeficiente Sísmico en Y para Módulo 1 y 3

Z=	0.45	Factor de zona
U=	1.50	Uso
S=	1.10	Factor del suelo
TP=	1.00	Periodo (S)
TL=	1.60	Periodo (S)
Cy=	2.50	Factor de ampliación sísmica
Ro=	8.00	Coefficiente de reducción
Fia=	1.00	Irregularidades de altura
Fip=	1.00	Irregularidades de planta
Ry=	8.00	
VEy=	0.232	Coefficiente sísmico

Tabla 03: Coeficiente Sísmico en X para Módulo 2-1 y Módulo 2-2

Tx=	0.225	Periodo en X
Z=	0.45	Factor de zona
U=	1.50	Uso
S=	1.10	Factor del suelo
TP=	1.00	Periodo (S)
TL=	1.60	Periodo (S)
Cx=	2.50	Factor de ampliación sísmica
Ro=	3.00	Coefficiente de reducción
Fia=	1.00	Irregularidades de altura
Fip=	1.00	Irregularidades de planta
Rx=	3.00	
VEx=	0.619	Coefficiente sísmico

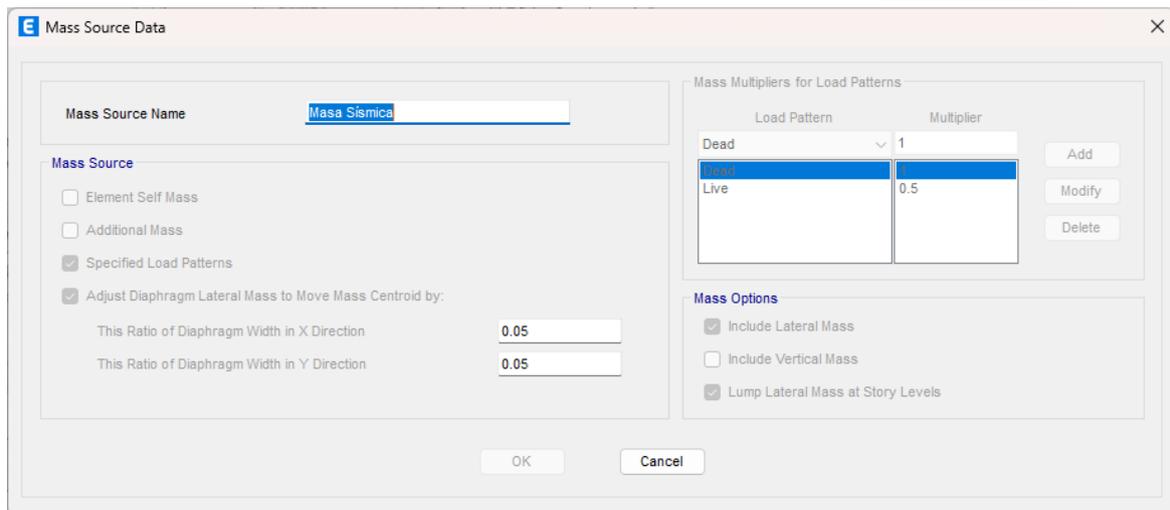
Tabla 04: Coeficiente Sísmico en Y para Módulo 2-1 y Módulo 2-2

Z=	0.45	Factor de zona
U=	1.50	Uso
S=	1.10	Factor del suelo
TP=	1.00	Periodo (S)
TL=	1.60	Periodo (S)
Cy=	2.50	Factor de ampliación sísmica
Ro=	8.00	Coefficiente de reducción
Fia=	1.00	Irregularidades de altura
Fip=	1.00	Irregularidades de planta
Ry=	8.00	
VEy=	0.232	Coefficiente sísmico

1.1.4.2.2.2. Masa Sísmica

De acuerdo con la N.T.E E030. el peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.

Figura 9: Masa Sísmica: $1.00CM + 0.50CV$



1.1.4.2.3. Análisis Sísmico Dinámico

1.1.4.2.3.1. Consideraciones Sísmicas

Datos de la Zona:

Región : Lambayeque
 Provincia : Chiclayo
 Distrito : Chiclayo
 Categoría : A
 Zona Sísmica : 4
 Suelo : Tipo S3

Figura 10: Espectro de Respuesta X, Y considerado en el Módulo 1; 2 y 3

	T	C	Sa
TP	0.00	2.50	2.38
	0.10	2.50	2.38
	0.20	2.50	2.38
	0.30	2.50	2.38
	0.40	2.50	2.38
	0.50	2.50	2.38
	0.60	2.50	2.38
	0.70	2.50	2.38
	0.80	2.50	2.38
	0.90	2.50	2.38
	1.00	2.50	2.38
TL	1.10	2.27	2.16
	1.20	2.08	1.98
	1.30	1.92	1.83
	1.40	1.79	1.70
	1.50	1.67	1.59
	1.60	1.56	1.49
	1.70	1.38	1.32
	1.80	1.23	1.18
	1.90	1.11	1.05
	2.00	1.00	0.95
	2.10	0.91	0.86
	2.20	0.83	0.79
	2.30	0.76	0.72
	2.40	0.69	0.66
	2.50	0.64	0.61
	2.60	0.59	0.56
	2.70	0.55	0.52
	2.80	0.51	0.49
	2.90	0.48	0.45
	3.00	0.44	0.42
	3.10	0.42	0.40
	3.20	0.39	0.37
	3.30	0.37	0.35
	3.40	0.35	0.33
	3.50	0.33	0.31
	3.60	0.31	0.29
	3.70	0.29	0.28
	3.80	0.28	0.26
	3.90	0.26	0.25
	4.00	0.25	0.24
4.10	0.24	0.23	
4.20	0.23	0.22	
4.30	0.22	0.21	
4.40	0.21	0.20	
4.50	0.20	0.19	
4.60	0.19	0.18	
4.70	0.18	0.17	
4.80	0.17	0.17	
4.90	0.17	0.16	
5.00	0.16	0.15	

1.1.4.2.3.2. Modelado Numérico

Figura 11: Espectro de Respuesta X Considerado en el Módulo 1 y 3

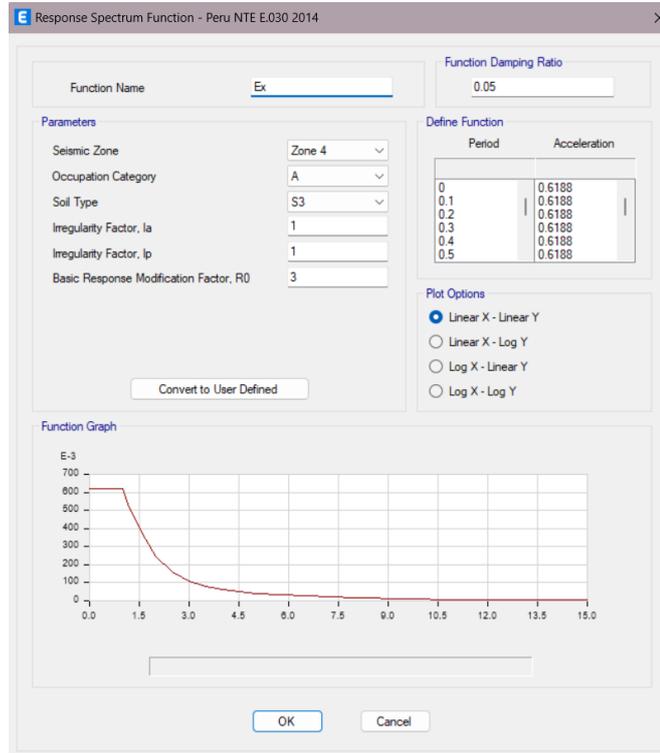


Figura 12: Espectro de Respuesta Y Considerado en el Módulo 1 y 3

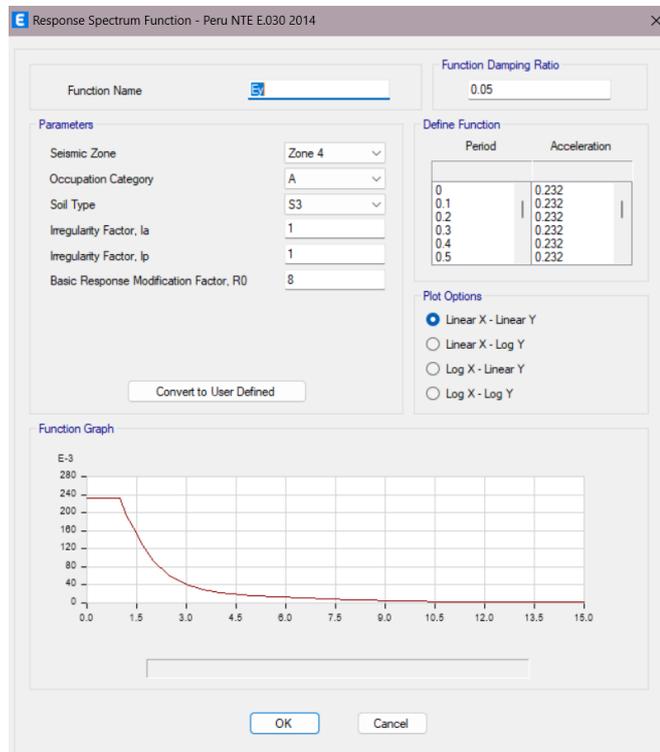


Figura 13: Espectro de Respuesta X Considerado en el Módulo 2

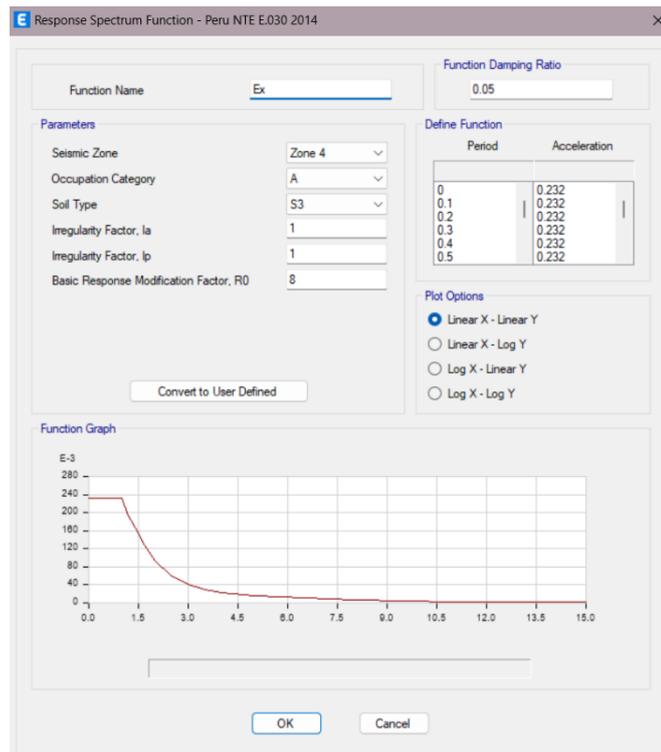


Figura 14: Espectro de Respuesta Y Considerado en el Módulo 2

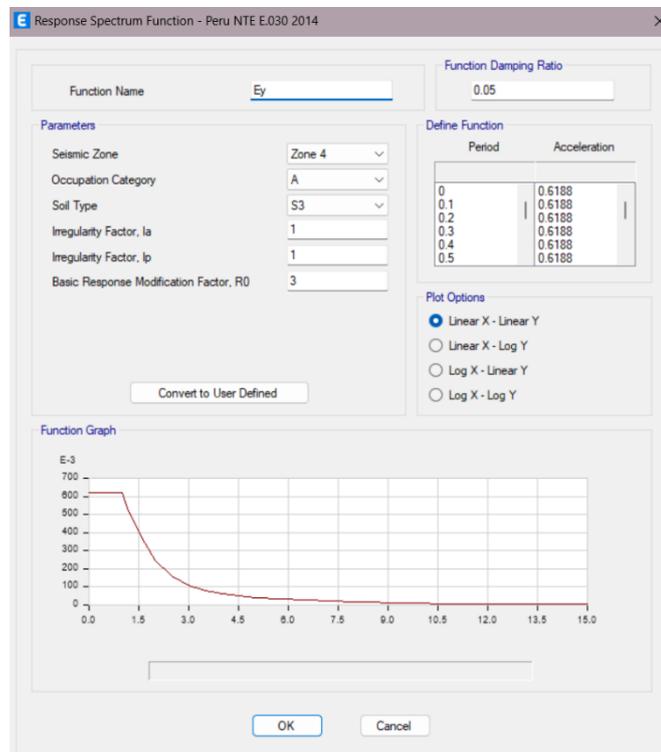


Figura 15: Carga Sísmica Dinámica X en el Módulo 1, 2 y 3

The dialog box 'Load Case Data' is configured for 'SD XX'. The 'General' section shows 'Load Case Name' as 'SD XX', 'Load Case Type' as 'Response Spectrum', 'Mass Source' as 'Previous (Masa)', and 'Analysis Model' as 'Default'. The 'Loads Applied' table lists two acceleration loads: U1 with a scale factor of 9.8067 and U3 with a scale factor of 6.5378, both with 'Ex' function. The 'Other Parameters' section includes 'Modal Load Case' (Modal), 'Modal Combination Method' (CQC), 'Include Rigid Response' (unchecked), 'Directional Combination Type' (SRSS), 'Modal Damping' (Constant at 0.05), and 'Diaphragm Eccentricity' (0.05 for All Diaphragms).

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Ex	9.8067
Acceleration	U3	Ex	6.5378

Figura 16: Carga Sísmica Dinámica Y en el Módulo 1, 2 y 3

The dialog box 'Load Case Data' is configured for 'SD YY'. The 'General' section shows 'Load Case Name' as 'SD YY', 'Load Case Type' as 'Response Spectrum', 'Mass Source' as 'Previous (Masa)', and 'Analysis Model' as 'Default'. The 'Loads Applied' table lists two acceleration loads: U2 with a scale factor of 9.8067 and U3 with a scale factor of 6.5378, both with 'Ey' function. The 'Other Parameters' section includes 'Modal Load Case' (Modal), 'Modal Combination Method' (CQC), 'Include Rigid Response' (unchecked), 'Directional Combination Type' (SRSS), 'Modal Damping' (Constant at 0.05), and 'Diaphragm Eccentricity' (0.05 for All Diaphragms).

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Ey	9.8067
Acceleration	U3	Ey	6.5378

1.1.4.2.3.3. Verificación de Irregularidades

- Irregularidades en Altura: Módulo 1

Tabla 05: Irregularidad de Rigidez – Piso Blando – Módulo 1

Story	Stiffness X	K_{x1} (tn/m)	$0.7K_{x1}$ (tn/m)	Comprobación
PISO 3	13218.879	13218.879		
PISO 2	36988.107	36988.107	9253.215	No Presenta
PISO 1	38970.518	38970.518	25891.675	No Presenta

Story	Stiffness Y	Rigideces Y	Rigidez	Comprobación
PISO 3	1847.525	1847.525		
PISO 2	4894.844	4894.844	1293.268	No Presenta
PISO 1	4465.931	4465.931	3426.391	No Presenta

Tabla 06: Irregularidad de Rigidez – Piso Débil – Módulo 1

Story	Load Case	V	$0.8*V_x$	Comprobación
PISO 3	SD-XX Max	53.124	42.499	
PISO 2	SD-XX Max	282.574	226.059	No Presenta
PISO 1	SD-XX Max	430.345		No Presenta
PISO 3	SD-YY Max	19.829	15.864	
PISO 2	SD-YY Max	106.260	85.008	No Presenta
PISO 1	SD-YY Max	164.120		No Presenta

Tabla 07: Irregularidad de Masa o Peso – Módulo 1

Story	W_i (ton)	$1.5W_{i+1}$ (ton)	Comprobación
PISO 3	60.261		
PISO 2	335.564	90.391	No presenta
PISO 1	349.822	503.346	No presenta

Tabla 08: Irregularidad Geométrica Vertical – Módulo 1

Dirección	A	B	$1.3*B$	Comprobación
X	9.30	9.30	12.09	No Presenta
Y	40.20	40.20	52.26	No Presenta

Conclusión: El Módulo 1 no presenta Irregularidad en altura

- **Irregularidades en Altura: Módulo 2-1**

Tabla 09: Irregularidad de Rigidez – Piso Blando – Módulo 2-1

Story	Stiffness X	K_{x1} (tn/m)	$0.7K_{x1}$ (tn/m)	Comprobación
PISO 2	2118.073	2118.073		
PISO 1	3204.306	3204.306	1482.651	No Presenta

Story	Stiffness Y	Rigideces Y	Rigidez	Comprobación
PISO 2	66962.504	66962.504		
PISO 1	100308.517	100308.517	46873.753	No Presenta

Tabla 10: Irregularidad de Rigidez – Piso Débil – Módulo 2-1

Story	Stiffness X	Rigideces X	Rigidez	Comprobación
PISO 2	2118.073	2118.073		
PISO 1	3204.306	3204.306	1482.651	No Presenta

Story	Stiffness Y	Rigideces Y	Rigidez	Comprobación
PISO 2	66962.504	66962.504		
PISO 1	100308.517	100308.517	46873.753	No Presenta

Tabla 11: Irregularidad de Masa o Peso – Módulo 2-1

Story	W_i (ton)	$1.5W_{i+1}$ (ton)	Comprobación
PISO 2	83.852		
PISO 1	144.162	125.778	No presenta

Tabla 12: Irregularidad Geométrica Vertical – Módulo 2-1

Dirección	A	B	$1.3*B$	Comprobación
X	16.93	16.93	22.01	No Presenta
Y	8.85	8.85	11.51	No Presenta

Conclusión: El Módulo 2-1 no presenta Irregularidad en altura

- **Irregularidades en Altura: Módulo 2-2**

Tabla 13: Irregularidad de Rigidez – Piso Blando – Módulo 2-2

Story	Stiffness X	K_{x1} (tn/m)	$0.7K_{x1}$ (tn/m)	Comprobación
PISO 2	2151.357	2151.357		
PISO 1	3222.987	3222.987	1505.950	No Presenta

Story	Stiffness Y	Rigideces Y	Rigidez	Comprobación
PISO 2	66711.997	66711.997		
PISO 1	100492.018	100492.018	46698.398	No Presenta

Tabla 14: Irregularidad de Rigidez – Piso Débil – Módulo 2-2

Story	Stiffness X	Rigideces X	Rigidez	Comprobación
PISO 2	2151.357	2151.357		
PISO 1	3222.987	3222.987	1505.950	No Presenta

Story	Stiffness Y	Rigideces Y	Rigidez	Comprobación
PISO 2	66711.997	66711.997		
PISO 1	100492.018	100492.018	46698.398	No Presenta

Tabla 15: Irregularidad de Masa o Peso – Módulo 2-2

Story	W_i (ton)	$1.5W_{i+1}$ (ton)	Comprobación
PISO 2	80.112		
PISO 1	139.345	120.168	No presenta

Tabla 16: Irregularidad Geométrica Vertical – Módulo 2-2

Dirección	A	B	$1.3*B$	Comprobación
X	16.21	16.21	21.07	No Presenta
Y	8.85	8.85	11.51	No Presenta

Conclusión: El Módulo 2-2 no presenta Irregularidad en altura

- **Irregularidades en Altura: Módulo 3**

Tabla 17: Irregularidad de Rigidez – Piso Blando – Módulo 3

Story	Stiffness X	K_{x1} (tn/m)	$0.7K_{x1}$ (tn/m)	Comprobación
PISO 2	77327.496	77327.496		
PISO 1	94976.323	94976.323	54129.247	No Presenta

Story	Stiffness Y	Rigideces Y	Rigidez	Comprobación
PISO 2	1370.322	1370.322		
PISO 1	2678.385	2678.385	959.225	No Presenta

Tabla 18: Irregularidad de Rigidez – Piso Débil – Módulo 3

Story	Load Case	V	$0.8*V_x$	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	110.233	88.186	
PISO 1	SD-XX Max	250.647		No Presenta
PISO 2	SD-YY Max	51.122	40.898	
PISO 1	SD-YY Max	102.087	81.669	No Presenta

Tabla 19: Irregularidad de Masa o Peso – Módulo 3

Story	W_i (ton)	$1.5W_{i+1}$ (ton)	Comprobación
PISO 2	161.564		
PISO 1	324.500	242.346	No presenta

Tabla 20: Irregularidad Geométrica Vertical – Módulo 3

Dirección	A	B	$1.3*B$	Comprobación
X	9.79	9.79	12.73	No Presenta
Y	38.26	38.26	49.74	No Presenta

Conclusión: El Módulo 3 no presenta Irregularidad en altura

1.1.4.2.3.4. Irregularidades en planta

- Irregularidades en Planta: Módulo 1

Tabla 21: Irregularidad Torsional– Módulo 1

Story	Load Case	Ratio	Comprobación
PISO 3	SD-XX Max	1.086	No Presenta
PISO 2	SD-XX Max	1.072	No Presenta
PISO 1	SD-XX Max	1.104	No Presenta
PISO 3	SD-YY Max	1.016	No Presenta
PISO 2	SD-YY Max	1.005	No Presenta
PISO 1	SD-YY Max	1.002	No Presenta

Tabla 22: Irregularidad Esquinas Entrantes– Módulo 1

Ax	ax	0.200	Comprobación
9.45	3.200	1.890	Presenta
By	by	0.200	Comprobación
40.70	2.550	8.140	No Presenta

Tabla 23: Irregularidad Discontinuidad del Diafragma– Módulo 1

X	Y	Área
0.00	0.00	0.00
	Σ	0.00
	50%Área	192.31

Adicionalmente, se considera que existe irregularidad cuando en cualquier dirección de análisis, los elementos estructurales verticales resistentes a las fuerzas laterales no son paralelos entre sí. Se desprecia si estos ejes forman ángulos menores que 30° o cuando los elementos estructurales mencionados resisten menos que el 10% de la fuerza cortante basal. En el Módulo 1 no se identificó Irregularidad por Sistemas no Paralelos.

Conclusión: El Módulo 1 no presenta irregularidades en planta.

- **Irregularidades en Planta: Módulo 2-1**

Tabla 24: Irregularidad Torsional– Módulo 2-1

Story	Load Case	Ratio	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	1.001	No Presenta
PISO 1	SD-XX Max	1.002	No Presenta
PISO 2	SD-YY Max	1.051	No Presenta
PISO 1	SD-YY Max	1.050	No Presenta

Tabla 25: Irregularidad Esquinas Entrantes– Módulo 2-1

Ax	ax	0.200	Comprobación
16.93	0.000	3.386	No Presenta
By	by	0.200	Comprobación
8.85	0.000	1.770	No Presenta

Tabla 26: Irregularidad Discontinuidad del Diafragma– Módulo 2-1

X	Y	Área
0.00	0.00	0.00
Σ		0.00
50%Área		74.92

Adicionalmente, se considera que existe irregularidad cuando en cualquier dirección de análisis, los elementos estructurales verticales resistentes a las fuerzas laterales no son paralelos entre sí. Se desprecia si estos ejes forman ángulos menores que 30° o cuando los elementos estructurales mencionados resisten menos que el 10% de la fuerza cortante basal. En el Módulo 2-1 no se identificó Irregularidad por Sistemas no Paralelos.

Conclusión: El Módulo 2-1 no presenta irregularidades en planta.

- **Irregularidades en Planta: Módulo 2-2**

Tabla 27: Irregularidad Torsional– Módulo 2-2

Story	Load Case	Ratio	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	1.001	No Presenta
PISO 1	SD-XX Max	1.002	No Presenta
PISO 2	SD-YY Max	1.037	No Presenta
PISO 1	SD-YY Max	1.039	No Presenta

Tabla 28: Irregularidad Esquinas Entrantes– Módulo 2-2

Ax	ax	0.200	Comprobación
16.21	0.000	3.242	No Presenta

By	by	0.200	Comprobación
8.85	0.000	1.770	No Presenta

Tabla 29: Irregularidad Discontinuidad del Diafragma– Módulo 2-2

X	Y	Área
0.00	0.00	0.00
Σ		0.00
50%Área		71.73

Adicionalmente, se considera que existe irregularidad cuando en cualquier dirección de análisis, los elementos estructurales verticales resistentes a las fuerzas laterales no son paralelos entre sí. Se desprecia si estos ejes forman ángulos menores que 30° o cuando los elementos estructurales mencionados resisten menos que el 10% de la fuerza cortante basal. En el Módulo 2-2 no se identificó Irregularidad por Sistemas no Paralelos.

Conclusión: El Módulo 2-2 no presenta irregularidades en planta.

Irregularidades en Planta: Módulo 3

Tabla 30: Irregularidad Torsional– Módulo 3

Story	Load Case	Ratio	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	1.290	No Presenta
PISO 1	SD-XX Max	1.298	No Presenta
PISO 2	SD-YY Max	1.002	No Presenta
PISO 1	SD-YY Max	1.001	No Presenta

Tabla 31: Irregularidad Esquinas Entrantes– Módulo 3

Ax	ax	0.200	Comprobación
9.79	1.880	1.958	No Presenta
By	by	0.200	Comprobación
38.26	4.000	7.652	No Presenta

Tabla 32: Irregularidad Discontinuidad del Diafragma– Módulo 3

X	Y	Área
0.00	0.00	0.00
Σ		0.00
50%Área		187.28

Adicionalmente, se considera que existe irregularidad cuando en cualquier dirección de análisis, los elementos estructurales verticales resistentes a las fuerzas laterales no son paralelos entre sí. Se desprecia si estos ejes forman ángulos menores que 30° o cuando los elementos estructurales mencionados resisten menos que el 10% de la fuerza cortante basal. En el Módulo 3 no se identificó Irregularidad por Sistemas no Paralelos.

Conclusión: El Módulo 3 no presenta irregularidades en planta.

1.1.4.2.3.5. Escalamiento

- Módulo 1

Tabla 33: Verificación de Escala en la Dirección X – Módulo 1

VE_x = 461.56	Cortante estática
VD_x = 430.35	Cortante dinámica
CD_x = 369.24	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

Tabla 34: Verificación de Escala en la Dirección Y – Módulo 1

VE_y = 172.99	Cortante estática
VD_y = 164.12	Cortante dinámica
CD_y = 138.39	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

- Módulo 2-1

Tabla 35: Verificación de Escala en la Dirección X – Módulo 2-1

VE_x = 52.90	Cortante estática
VD_x = 48.92	Cortante dinámica
CD_x = 42.32	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

Tabla 36: Verificación de Escala en la Dirección Y – Módulo 2-1

VE_y = 141.14	Cortante estática
VD_y = 113.10	Cortante dinámica
CD_y = 112.91	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

- **Módulo 2-2**

Tabla 37: Verificación de Escala en la Dirección X – Módulo 2-2

VE_x =	50.91	Cortante estática
VD_x =	47.14	Cortante dinámica
CD_x =	40.73	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

Tabla 38: Verificación de Escala en la Dirección Y – Módulo 2-2

VE_y =	135.84	Cortante estática
VD_y =	109.04	Cortante dinámica
CD_y =	108.68	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

- **Módulo 3**

Tabla 39: Verificación de Escala en la Dirección X – Módulo 3

VE_x =	300.87	Cortante estática
VD_x =	250.65	Cortante dinámica
CD_x =	240.70	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

Tabla 40: Verificación de Escala en la Dirección Y – Módulo 3

VE_y =	112.77	Cortante estática
VD_y =	102.09	Cortante dinámica
CD_y =	90.21	Cortante de diseño

La cortante de diseño: CUMPLE

Entonces: No necesita escalar

1.1.4.3. Análisis No Lineal Estático

1.1.4.3.1. Modelado No Lineal

- Consideraciones del modelado

Figura 17: Carga Gravedad No Lineal – Módulo 1; 2 y 3

The 'Load Case Data' dialog box is shown with the following settings:

- General:** Load Case Name: Gravedad No Lineal; Load Case Type: Nonlinear Static; Mass Source: Previous; Analysis Model: Default.
- Initial Conditions:** Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State; Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included).
- Loads Applied:** A table with columns 'Load Type', 'Load Name', and 'Scale Factor'.

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.5
- Other Parameters:** Modal Load Case: Modal; Geometric Nonlinearity Option: None; Load Application: Full Load; Results Saved: Final State Only; Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis; Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event.

Figura 18: Pushover en la dirección X – Módulo 1; 2 y 3

The 'Load Case Data' dialog box is shown with the following settings:

- General:** Load Case Name: ANLE-XX; Load Case Type: Nonlinear Static; Mass Source: Masa Sismica; Analysis Model: Default.
- Initial Conditions:** Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State; Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included); Nonlinear Case: Gravedad No Lineal.
- Loads Applied:** A table with columns 'Load Type', 'Load Name', and 'Scale Factor'.

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1
- Other Parameters:** Modal Load Case: Modal; Geometric Nonlinearity Option: None; Load Application: Displacement Control; Results Saved: Multiple States; Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis; Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event.

Figura 19: Pushover en la dirección Y – Módulo 1; 2 y 3

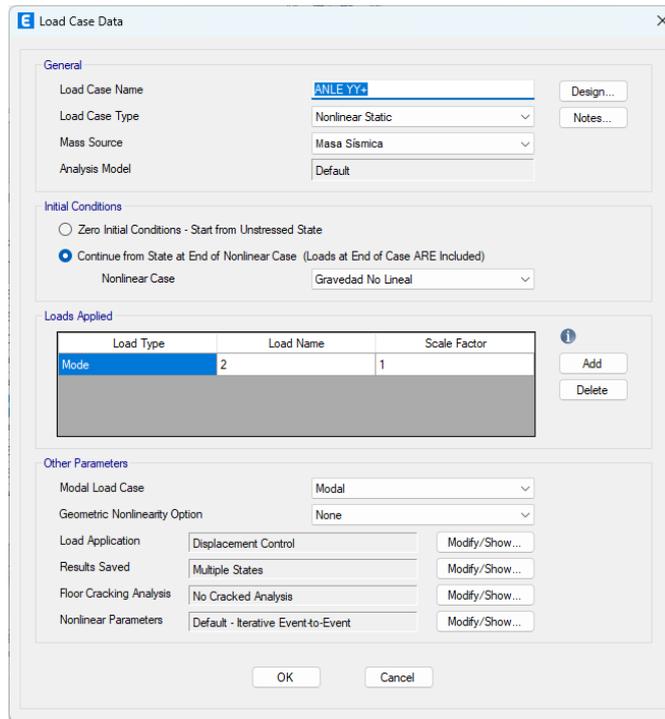
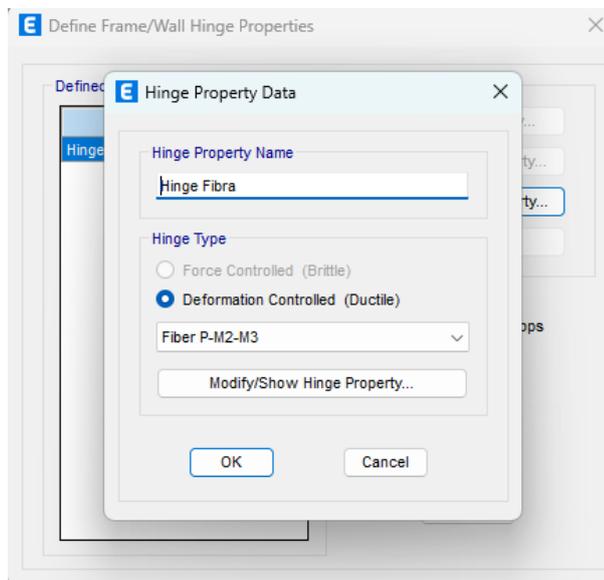


Figura 20: Configuración Hinge tipo Fibra – Módulo 1; 2 y 3



1.1.4.3.2. Sismos de Diseño

Las consideraciones para los sismos de Diseño son las siguientes:

- **Sismo Frecuente** : Multiplicar el Espectro Elástico por 0.3
- **Sismo Ocasional** : Multiplicar el Espectro Elástico por 0.5
- **Sismo Raro** : Usar el Espectro Elástico
- **Sismo Muy Raro** : Multiplicar el Espectro Elástico por 1.3

ANEXO N° 8. Resultados de análisis del estudio

1.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

1.2.1. Resultados y discusiones del Análisis Lineal

A continuación, se presentan los resultados del análisis lineal de la estructura realizado en ETABS. Estos resultados incluyen la distribución de fuerzas internas, desplazamientos y modos de vibración obtenidos bajo las cargas aplicadas. La información proporcionada es esencial para evaluar la seguridad y el desempeño de la estructura, así como para identificar posibles áreas de mejora o refuerzo.

1.2.1.1. Participación Modal

- Módulo 1

Tabla 41: Participación Modal del Módulo 1

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.940	0.000	0.947	0.000
Modal	2	0.324	0.882	0.003	0.004
Modal	3	0.314	0.052	0.047	0.000
Modal	4	0.22	0.004	0.000	0.925
Modal	5	0.196	0.000	0.003	0.002
Modal	6	0.099	0.061	0.000	0.001
Modal	7	0.069	0.001	0.000	0.067
Modal	8	0.057	0.000	0.000	0.001
Modal	9	0.04	0.000	0.000	0.000

Los resultados de la Tabla 29 del análisis lineal del Módulo 1 revelan que los dos primeros modos de vibración son traslacionales. El primer modo, con un periodo de vibración de 0.94 segundos, se produce en la dirección Y, indicando una mayor flexibilidad en esta dirección. El segundo modo presenta un periodo de 0.324 segundos y corresponde a la dirección X, mostrando una respuesta ligeramente más rígida en comparación con la dirección X.

- **Módulo 2-1**

Tabla 42: Participación Modal del Módulo 2-1

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.606	0.921	0.000	0.000
Modal	2	0.225	0.080	0.000	0.000
Modal	3	0.108	0.000	0.920	0.002
Modal	4	0.097	0.000	0.002	0.920
Modal	5	0.043	0.000	0.078	0.000
Modal	6	0.039	0.000	0.000	0.078

Los resultados de la Tabla 30 del análisis lineal del Módulo 2-1 revelan que los modos 1 y 3 de vibración son traslacionales. El primer modo, con un periodo de vibración de 0.606 segundos, se produce en la dirección X, indicando una mayor flexibilidad en esta dirección. El tercer modo presenta un periodo de 0.108 segundos y corresponde a la dirección Y, mostrando una respuesta más rígida en comparación con la dirección X.

- **Módulo 2-2**

Tabla 43: Participación Modal del Módulo 2-2

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.591	0.922	0.000	0.000
Modal	2	0.220	0.078	0.000	0.000
Modal	3	0.106	0.000	0.923	0.000
Modal	4	0.096	0.000	0.000	0.923
Modal	5	0.042	0.000	0.077	0.000
Modal	6	0.038	0.000	0.000	0.077

Los resultados de la Tabla 30 del análisis lineal del Módulo 2-2 revelan que los modos 1 y 3 de vibración son traslacionales. El primer modo, con un periodo de vibración de 0.591 segundos, se produce en la dirección X, indicando una mayor flexibilidad en esta dirección. El tercer modo presenta un periodo de 0.106 segundos y corresponde a la dirección Y, mostrando una respuesta más rígida en comparación con la dirección X.

- **Módulo 3**

Tabla 44: Participación Modal del Módulo 3

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.982	0.000	0.899	0.000
Modal	2	0.318	0.000	0.101	0.000
Modal	3	0.162	0.655	0.000	0.291
Modal	4	0.144	0.300	0.000	0.665
Modal	5	0.054	0.028	0.000	0.015
Modal	6	0.048	0.016	0.000	0.029

Los resultados de la Tabla 31 del análisis lineal del Módulo 3 revelan que los modos 1 y 3 de vibración son traslacionales. El primer modo, con un periodo de vibración de 0.982 segundos, se produce en la dirección Y, indicando una mayor flexibilidad en esta dirección. El tercer modo presenta un periodo de 0.106 segundos y corresponde a la dirección X, mostrando una respuesta más rígida en comparación con la dirección Y.

1.2.1.2. Centros de Masa y Rigidez

- **Módulo 1**

Tabla 45: Centros de Masa y Rigidez – Módulo 1

Story	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m	CMx-CRx	CMy-CRy
1° nivel	4.7214	22.5703	6.9137	19.8179	-2.1923	2.7524
2° nivel	4.7441	22.2744	4.5718	20.1938	0.1723	2.0806
3° nivel	5.0651	21.9937	2.9532	20.1553	2.1119	1.8384

La masa sísmica del Módulo 1 se determinó con la disposición de sus elementos estructurales y se identificó el centro de rigidez X en 6.91 y en Y en 19.82 m. De esta manera se encontró una excentricidad en X de -2.19 m y en Y de 2.75 m. Estos datos son cruciales para tener en cuenta el comportamiento de la estructura con relación a la torsión e identificar si cuenta algún tipo de Irregularidad en planta.

- **Módulo 2-1**

Tabla 46: Centros de Masa y Rigidez – Módulo 2-1

Story	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m	CMx-CRx	CMy-CRy
1° nivel	8.2421	50.6031	8.303	51.139	-0.0609	-0.5359
2° nivel	8.2754	50.367	8.3027	50.8485	-0.0273	-0.4815

La masa sísmica del Módulo 2-1 se determinó con la disposición de sus elementos estructurales y se identificó el centro de rigidez X en 8.30 y en Y en 51.139 m. De esta manera se encontró una excentricidad en X de -0.06 m y en Y de -0.05 m. Estos datos son cruciales para tener en cuenta el comportamiento de la estructura con relación a la torsión e identificar si cuenta algún tipo de Irregularidad en planta.

- **Módulo 2-2**

Tabla 47: Centros de Masa y Rigidez – Módulo 2-2

Story	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m	CMx-CRx	CMy-CRy
1° nivel	7.9127	50.6197	7.9667	51.1432	-0.054	-0.5235
2° nivel	7.9631	50.3939	7.9667	50.8618	-0.0036	-0.4679

La masa sísmica del Módulo 2-2 se determinó con la disposición de sus elementos estructurales y se identificó el centro de rigidez X en 7.97 y en Y en 51.14 m. De esta manera se encontró una excentricidad en X de -0.05 m y en Y de -0.52 m. Estos datos son cruciales para tener en cuenta el comportamiento de la estructura con relación a la torsión e identificar si cuenta algún tipo de Irregularidad en planta.

- **Módulo 3**

Tabla 48: Centros de Masa y Rigidez – Módulo 2-1

Story	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m	CMx-CRx	CMy-CRy
1° nivel	5.2414	65.3129	3.1461	63.308	2.0953	2.0049
2° nivel	4.9783	64.4596	4.9879	63.315	-0.0096	1.1446

La masa sísmica del Módulo 3 se determinó con la disposición de sus elementos estructurales y se identificó el centro de rigidez X en 3.14 y en Y en 63.31 m. De esta manera se encontró una excentricidad en X de 2.09m y en Y de 2.00 m. Estos datos son cruciales para tener en cuenta el comportamiento de la estructura con relación a la torsión e identificar si cuenta algún tipo de Irregularidad en planta.

1.2.1.3. Distorsiones de entrepiso

• **Módulo 1**

Tabla 49: Distorsiones de entrepiso en X: Módulo 1

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Rx	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 3	SD-XX Max	X	0.001402	2.2500	0.003155	CUMPLE
PISO 2	SD-XX Max	X	0.002200	2.2500	0.004950	CUMPLE
PISO 1	SD-XX Max	X	0.002352	2.2500	0.005292	NO CUMPLE

Tabla 50: Distorsiones de entrepiso en Y: Módulo 1

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Ry	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 3	SD-YY Max	Y	0.003311	6.0000	0.019866	NO CUMPLE
PISO 2	SD-YY Max	Y	0.005867	6.0000	0.035202	NO CUMPLE
PISO 1	SD-YY Max	Y	0.006655	6.0000	0.039930	NO CUMPLE

La Tabla 49 y 50 señalan que las distorsiones de entrepiso en X e Y del Módulo 1 no cumplen con lo estipulado en la Norma E030 al ser mayores a 0.007 (dirección Y) y 0.005

(dirección X), con lo cual no satisfizo las consideraciones mínimas de estructuras de concreto armado y albañilería para el diseño.

- **Módulo 2-1**

Tabla 51: Distorsiones de entrepiso en X: Módulo 2-1

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Rx	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	X	0.003427	6.0000	0.020562	NO CUMPLE
PISO 1	SD-XX Max	X	0.004335	6.0000	0.026010	NO CUMPLE

Tabla 52: Distorsiones de entrepiso en Y: Módulo 2-1

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Ry	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 2	SD-YY Max	Y	0.000277	2.2500	0.000623	CUMPLE
PISO 1	SD-YY Max	Y	0.000354	2.2500	0.000797	CUMPLE

La Tabla 51 y 52 señalan que las distorsiones de entrepiso en X del Módulo 2-1 no cumplen con lo estipulado en la Norma E030 al ser mayores a 0.007 (dirección X), con lo cual no satisfizo las consideraciones mínimas de estructuras de concreto armado.

- **Módulo 2-2**

Tabla 53: Distorsiones de entrepiso en X: Módulo 2-2

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Rx	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	X	0.003240	6.0000	0.019440	NO CUMPLE
PISO 1	SD-XX Max	X	0.004147	6.0000	0.024882	NO CUMPLE

Tabla 54: Distorsiones de entrepiso en Y: Módulo 2-2

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Ry	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 2	SD-YY Max	Y	0.000258	2.2500	0.000581	CUMPLE
PISO 1	SD-YY Max	Y	0.000333	2.2500	0.000749	CUMPLE

La Tabla 53 y 54 señalan que las distorsiones de entrepiso en X del Módulo 2-2 no cumple con lo estipulado en la Norma E030 al ser mayores a 0.007 (dirección X), con lo cual no satisfizo las consideraciones mínimas de estructuras de concreto armado.

- **Módulo 3**

Tabla 55: Distorsiones de entrepiso en X: Módulo 3

Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Rx	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 2	SD-XX Max	X	0.000713	2.2500	0.001604	CUMPLE
PISO 1	SD-XX Max	X	0.000847	2.2500	0.001906	CUMPLE

Tabla 56: Distorsiones de entrepiso en Y: Módulo 3

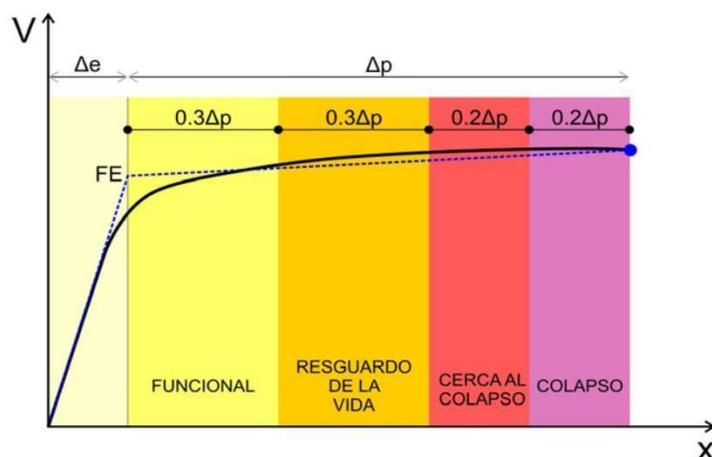
Story	Load Case/Combo	Direction	Deriva elástica	Factor*Ry	Deriva inelástica	Comprobación
PISO 2	SD-YY Max	Y	0.010236	6.0000	0.061416	NO CUMPLE
PISO 1	SD-YY Max	Y	0.006960	6.0000	0.041760	NO CUMPLE

La Tabla 55 y 56 señalan que las distorsiones de entrepiso en Y del Módulo 3 no cumple con lo estipulado en la Norma E030 al ser mayores a 0.007 (dirección Y), con lo cual no satisfizo las consideraciones mínimas de estructuras de concreto armado.

1.2.2. Resultados y discusiones del Análisis No Lineal Estático

Después de definir las propiedades de los materiales y realizar las verificaciones del análisis lineal, se asignaron los Hinges tipo fibra a las columnas, vigas y muros de albañilería, se crearon los casos de carga no lineales y se analizó la capacidad de desempeño sísmico de la estructura de acuerdo con los sismos de diseño establecidos por el SEAOC VISIÓN 2000 Comité, 1993: Muy raro, Raro, Ocasional, y Frecuente.

La demanda sísmica de la estructura está relacionada con la rigidez y ductilidad del sistema y su capacidad para mitigar la energía de los sismos de diseño. El punto de capacidad sísmica determina 4 estados operacionales. El primer estado es: Funcional, el punto de demanda sísmica se encuentra hasta el 30% de la capacidad de desplazamiento inelástico, se han producido daños leves en los elementos estructurales y daños moderados en elementos no estructurales. El segundo estado es Resguardo de Vida, el punto de demanda sísmica se encuentra entre el 30 y 60% de la capacidad de desplazamiento inelástico, se presentan daños moderados en elementos estructurales y no estructurales. El tercer estado es: Cerca al colapso, el punto de demanda sísmica se encuentra entre el 60 y 80% de la capacidad de desplazamiento inelástico, la estructura está a punto de colapsar debido a la falta de rigidez y capacidad para soportar el sismo. Por último, el cuarto estado es: Colapso, aquí el punto de demanda sísmica se encuentra entre el 80 y 100% de la capacidad de desplazamiento inelástico, la estructura colapsa totalmente.



Después del análisis de desempeño sísmico se debe verificar lo siguiente:

De esta manera, se determina si el desempeño de la estructura es aceptable o no.

MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA			
	Operacional	Inmediatamente Operacional	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso
Frecuente	I	D.I.	D.I.	D.I.
Ocasional	II	I	D.I.	D.I.
Raro	III	II	I	D.I.
Muy Raro	-	III	II	I

I	Estructuras básicas.
II	Estructuras esenciales o riesgosas (Hospitales, bomberos, edificios multifamiliares)
III	Estructuras de seguridad crítica
D.I.	Desempeño Inaceptable

De esta manera, se determina si el desempeño de la estructura es aceptable o no.

1.2.2.1. Módulo 1

- Análisis en la Dirección X**

Sismo Muy Raro

Tabla 57: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 1

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	7.9859	850.2444
F.P	20.8171	2041.7324
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	18.3674	1822.9243
NIVEL OPERACIONAL	COLAPSO	

La tabla 57 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **18.3674** cm y una cortante de **1822.9243** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

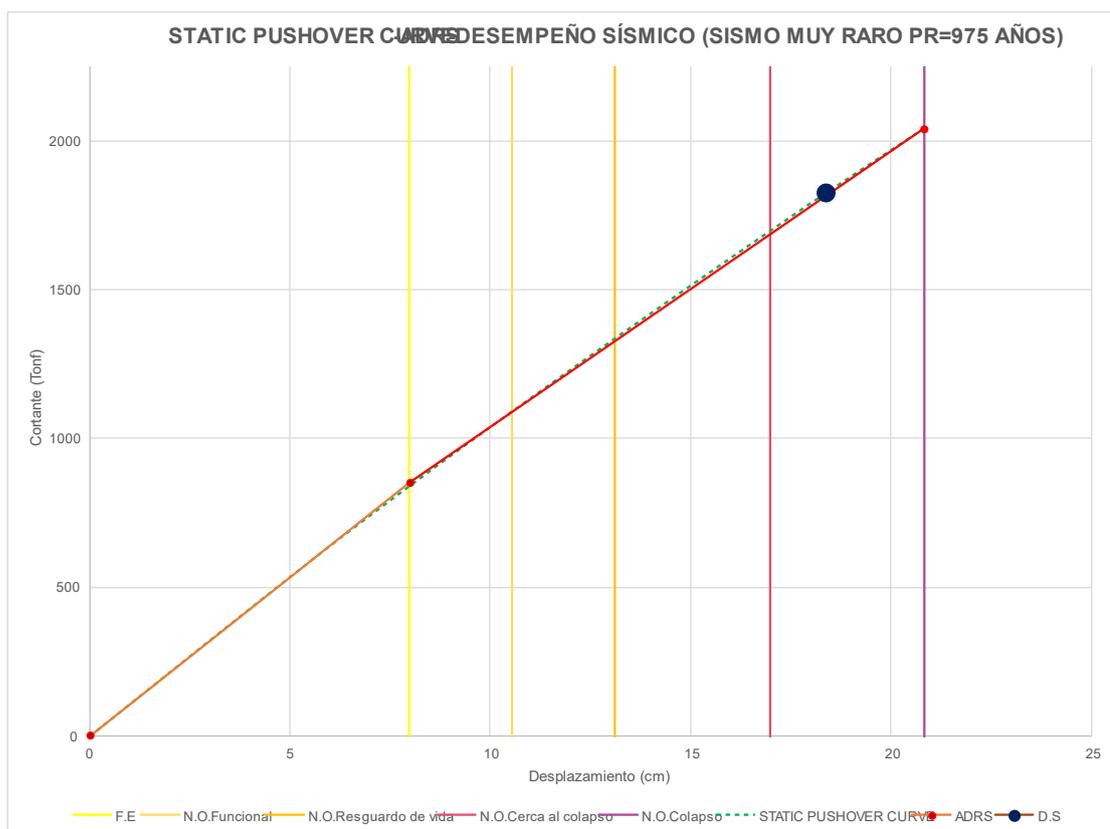
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **7.9859** cm y una cortante de **850.2444** tonf y para FP se tiene un desplazamiento de **20.8171** cm y una cortante de **2041.7324** tonf.

Tabla 58: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
FUNCIONAL	7.99 cm	10.55 cm
RESGUARDO DE VIDA	10.55 cm	13.12 cm
CERCA AL COLAPSO	13.12 cm	16.97 cm
COLAPSO	16.97 cm	20.82 cm

La tabla 58 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **18.3674** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 21: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 1



Sismo Raro

Tabla 59: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 1

	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	7.0193	747.4142
F.P	20.8171	2041.7324
PUNTO DE DESEMPEÑO	13.641	1384.7738
NIVEL OPERACIONAL	<u>CERCA AL COLAPSO</u>	

La tabla 59 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **13.641** cm y una cortante de **1384.7738** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

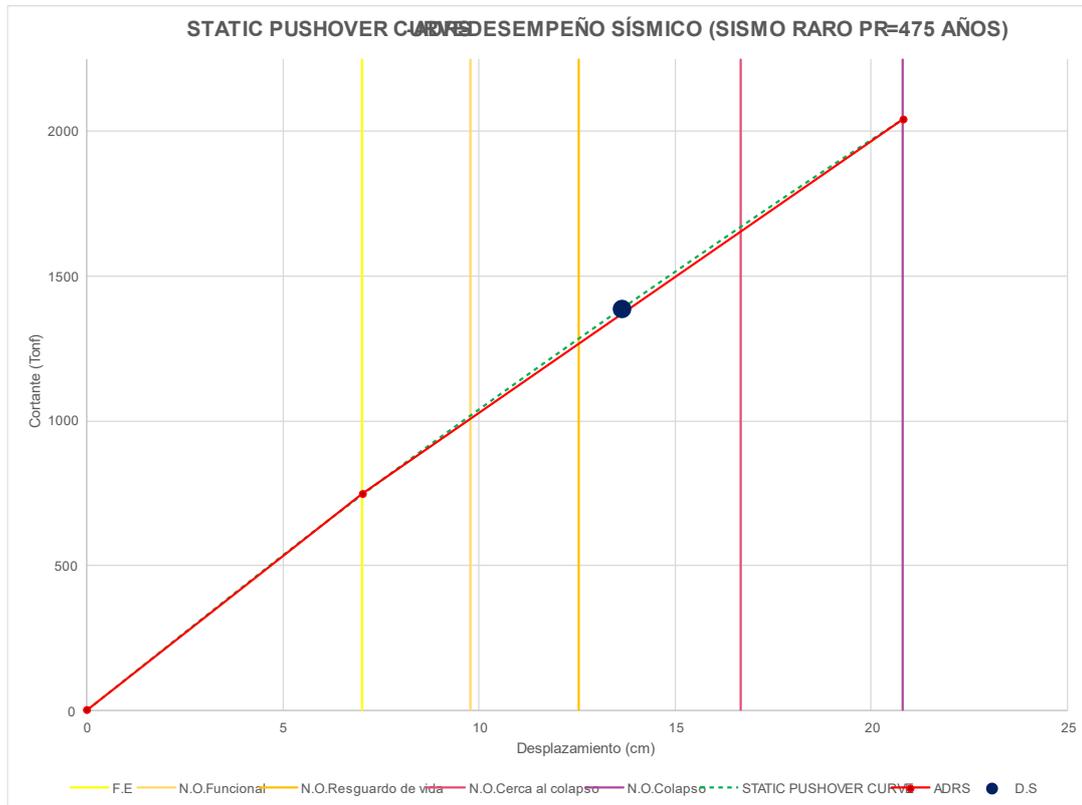
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **7.0193** cm y una cortante de **747.4142** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **20.8171** cm y una cortante de **2041.7324** tonf.

Tabla 60: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	7.02 cm	9.78 cm
RESGUARDO DE VIDA	9.78 cm	12.54 cm
CERCA AL COLAPSO	12.54 cm	16.68 cm
COLAPSO	16.68 cm	20.82 cm

La tabla 60 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **13.641** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Cerca al Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 22: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 1



Sismo Ocasional

Tabla 41: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 1

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	4.0267	429.767
F.P	20.8171	2041.7324
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
DESEMPEÑO	6.6788	707.9932
PERACIONAL	<u>FUNCIONAL</u>	

La tabla 41 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **6.6788** cm y una cortante de **707.9932** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

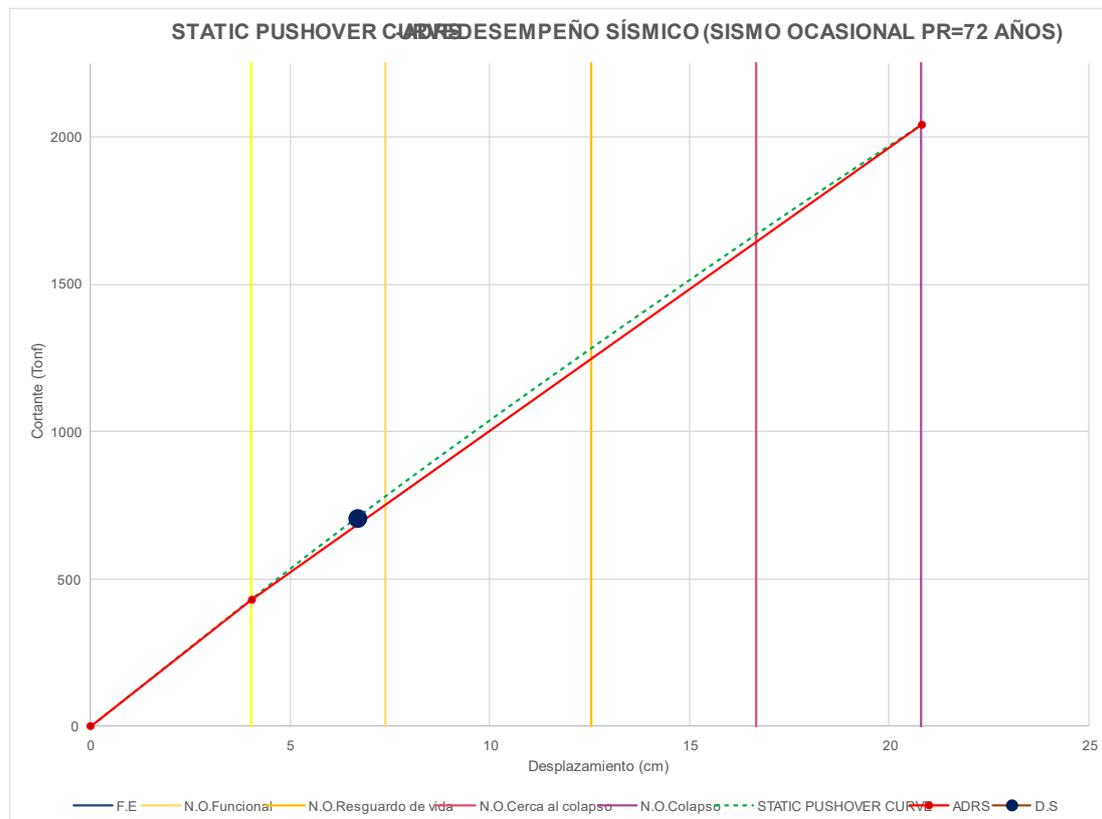
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **4.0267** cm y una cortante de **429.767** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **20.8171** cm y una cortante de **2041.7324** tonf.

Tabla 42: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	4.03 cm	7.38 cm
RESGUARDO DE VIDA	7.38 cm	10.74 cm
CERCA AL COLAPSO	10.74 cm	15.78 cm
COLAPSO	15.78 cm	20.82 cm

La tabla 42 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **6.6788** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 23: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 1



- Análisis en la Dirección Y**
Sismo Muy Raro

Tabla 43: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 1

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	9.3895	460.3976
F.P	24.7094	785.8717
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
DE DESEMPEÑO	24.7094	785.8717
IVEL OPERACIONAL	<u>COLAPSO</u>	

La tabla 43 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **24.7094** cm y una cortante de **785.8717** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

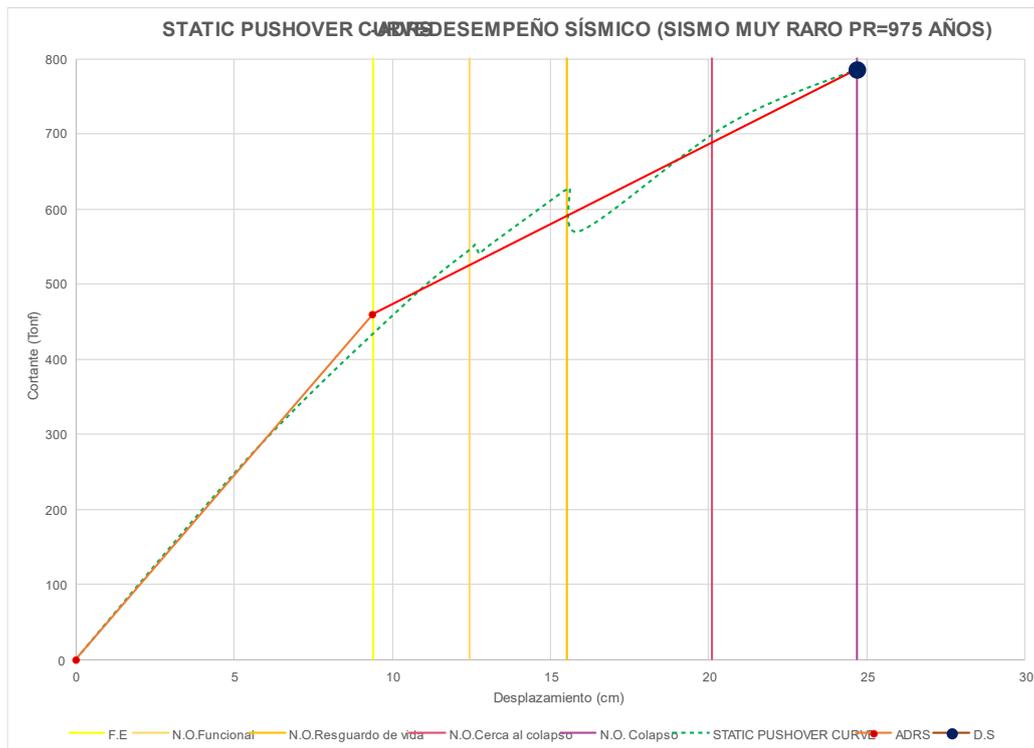
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **9.389** cm y una cortante de **460.3976** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **24.7094** cm y una cortante de **785.8717** tonf.

Tabla 44: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	9.39 cm	12.45 cm
RESGUARDO DE VIDA	12.45 cm	15.52 cm
CERCA AL COLAPSO	15.52 cm	20.11 cm
COLAPSO	20.11 cm	24.71 cm

La tabla 44 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **24.7094** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 24: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 1



Sismo Raro

Tabla 45: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 1

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	9.3895	460.3976
F.P	24.7094	785.8717
DESPLAZAMIENTO CORTANTE		
	(cm)	(Tonf)
NTO DE DESEMPEÑO	24.7094	785.8717
VEL OPERACIONAL	COLAPSO	

La tabla 45 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **24.7094** cm y una cortante de **785.8717** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de

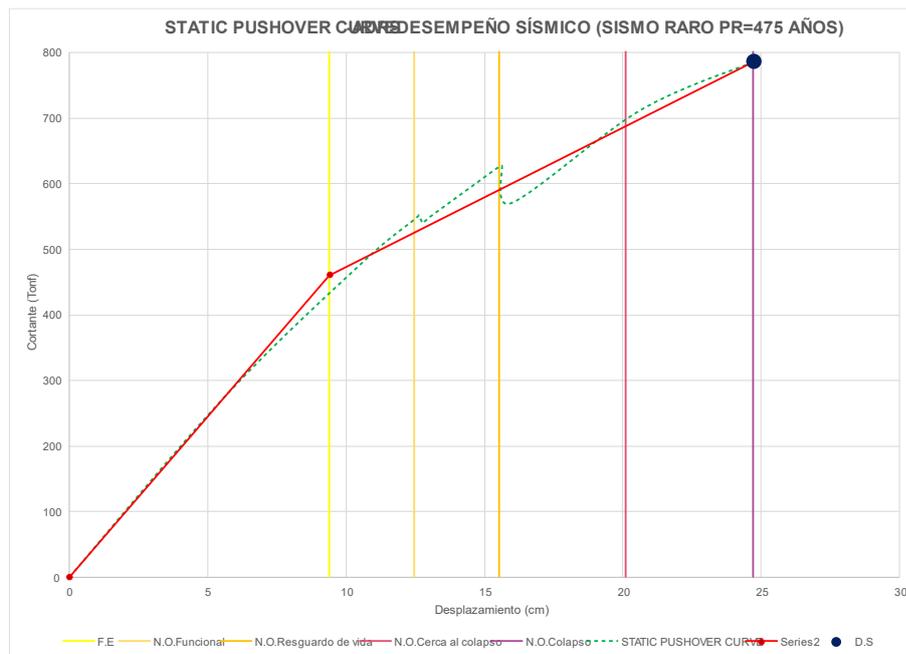
9.3895 cm y una cortante de **460.3976** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **24.7904** cm y una cortante de **785.8717** tonf.

Tabla 46: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
AL	9.39 cm	12.45 cm
DO DE VIDA	12.45 cm	15.52 cm
COLAPSO	15.52 cm	20.11 cm
	20.11 cm	24.71 cm

La tabla 46 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **24.7094** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 25: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 1



Sismo Ocasional

Tabla 47: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 1

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	8.767	429.8862
F.P	24.7094	785.8717
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
TO DE DESEMPEÑO	15.7079	613.946
EL OPERACIONAL	<u>CERCA AL COLAPSO</u>	

La tabla 47 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **15.7079** cm y una cortante de **613.946** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

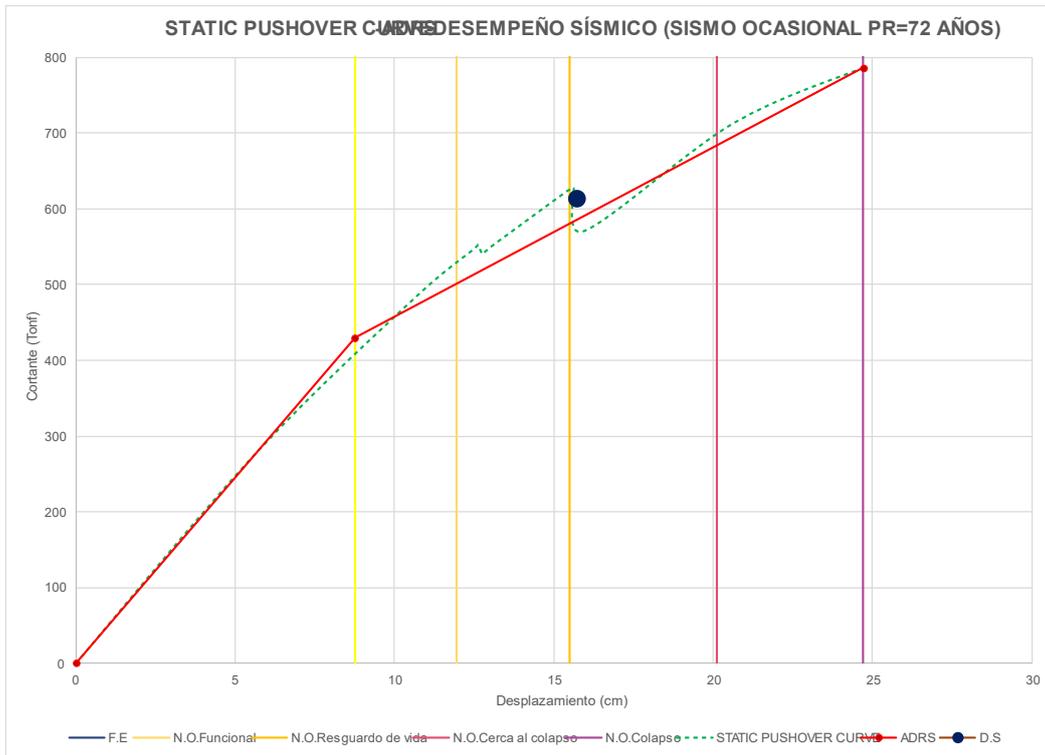
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **8.767** cm y una cortante de **429.8862** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **24.7094** cm y una cortante de **785.8717** tonf.

Tabla 48: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	8.77 cm	11.96 cm
RESGUARDO DE VIDA	11.96 cm	15.14 cm
CERCA AL COLAPSO	15.14 cm	19.93 cm
COLAPSO	19.93 cm	24.71 cm

La tabla 48 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **15.7079** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Cerca al Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 26: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 1



Sismo Frecuente

Tabla 49: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 1

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	5.6976	279.4271
F.P	24.7094	785.8717
DESEMPEÑO	8.727	403.6206
EL OPERACIONAL	FUNCIONAL	

La tabla 49 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 1 se da con un desplazamiento de **8.727** cm y una cortante de **403.6206** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de

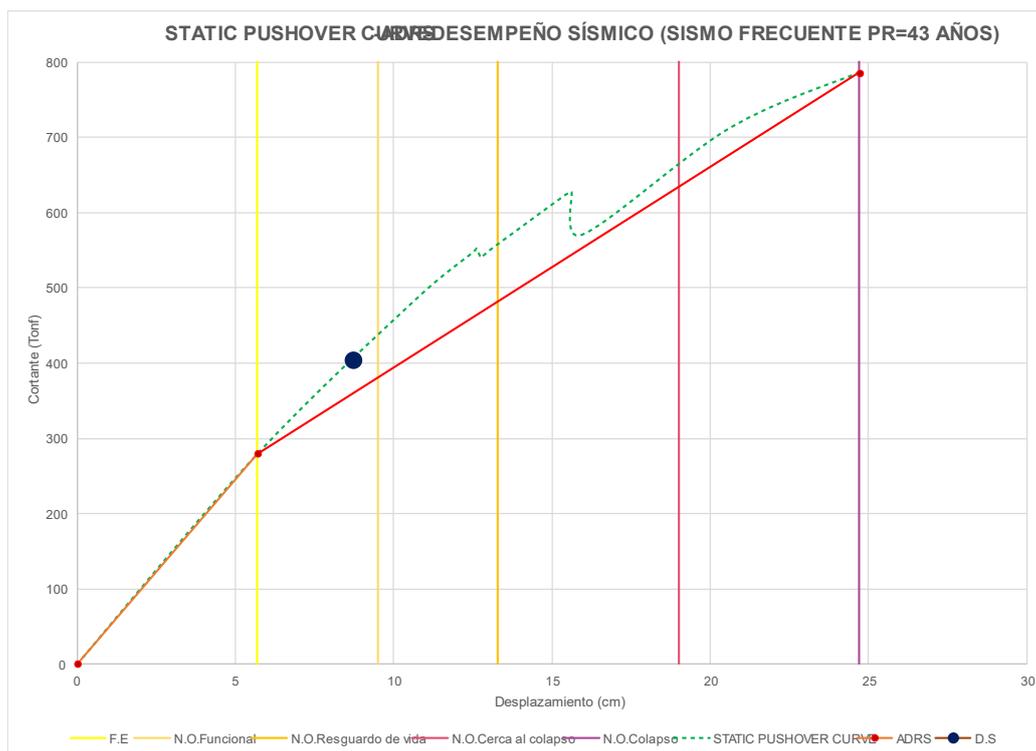
5.6976 cm y una cortante de 279.4271 tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de 24.7094 cm y una cortante de 785.8717 tonf.

Tabla 50: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
AL	5.70 cm	9.50 cm
DO DE VIDA	9.50 cm	13.30 cm
COLAPSO	13.30 cm	19.01 cm
	19.01 cm	24.71 cm

La tabla 50 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño 8.727 cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 27: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 1



1.2.2.2. Módulo 2-1

- **Análisis en la Dirección X**

Sismo Muy Raro

Tabla 51: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	8.0724	46.0085
F.P	28	54.597
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	28	54.597
NIVEL OPERACIONAL	COLAPSO	

La tabla 51 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.597** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

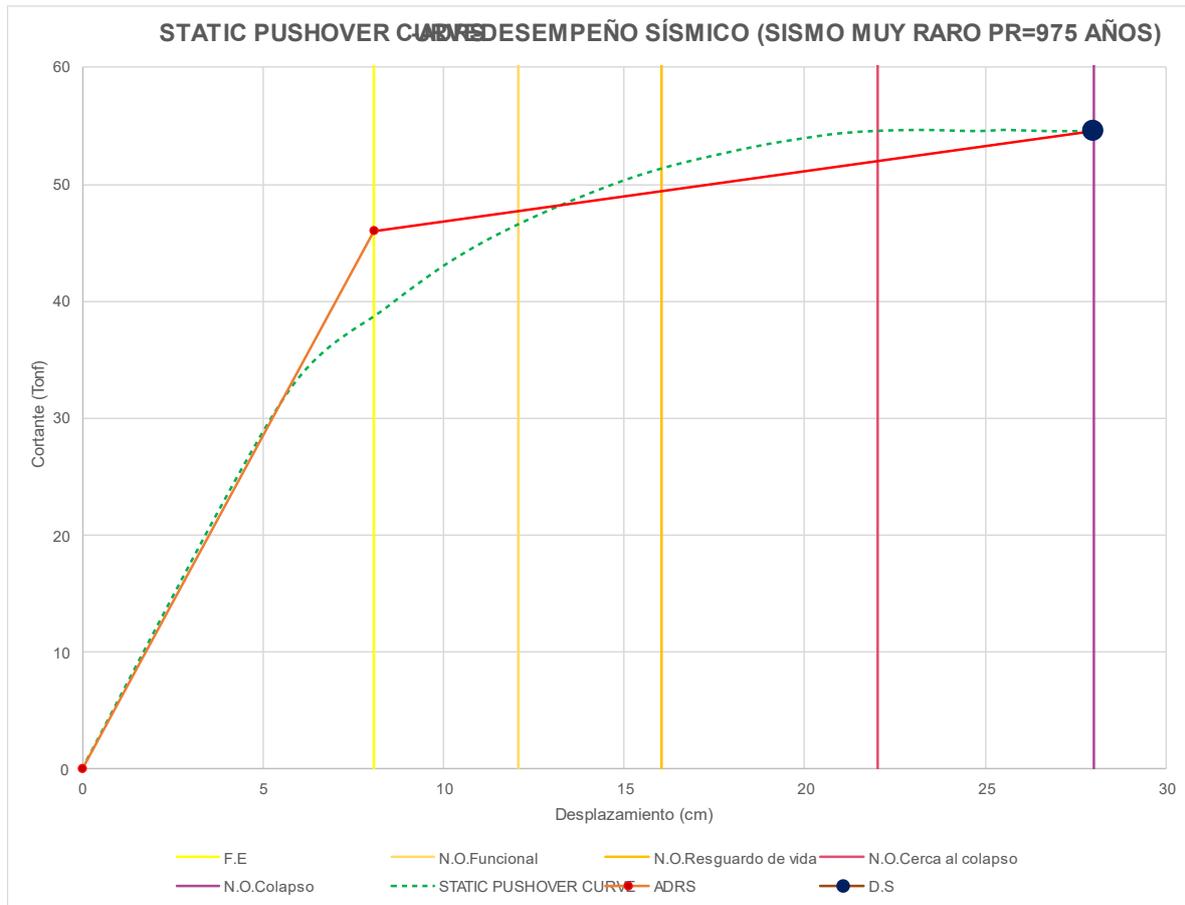
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **8.0724** cm y una cortante de **46.0085** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.597** tonf.

Tabla 52: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
OPERACIONAL	8.07 cm	12.06 cm
RESGUARDO DE VIDA	12.06 cm	16.04 cm
LEJOS DEL COLAPSO	16.04 cm	22.02 cm
COLAPSO	22.02 cm	28.00 cm

La tabla 52 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **18.3674** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 28: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-1



Sismo Raro

Tabla 53: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	7.3284	41.7921
F.P	28	54.597
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	22.0238	54.6193
NIVEL OPERACIONAL	<u>COLAPSO</u>	

La tabla 53 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **22.0238** cm y una cortante de **54.6193** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

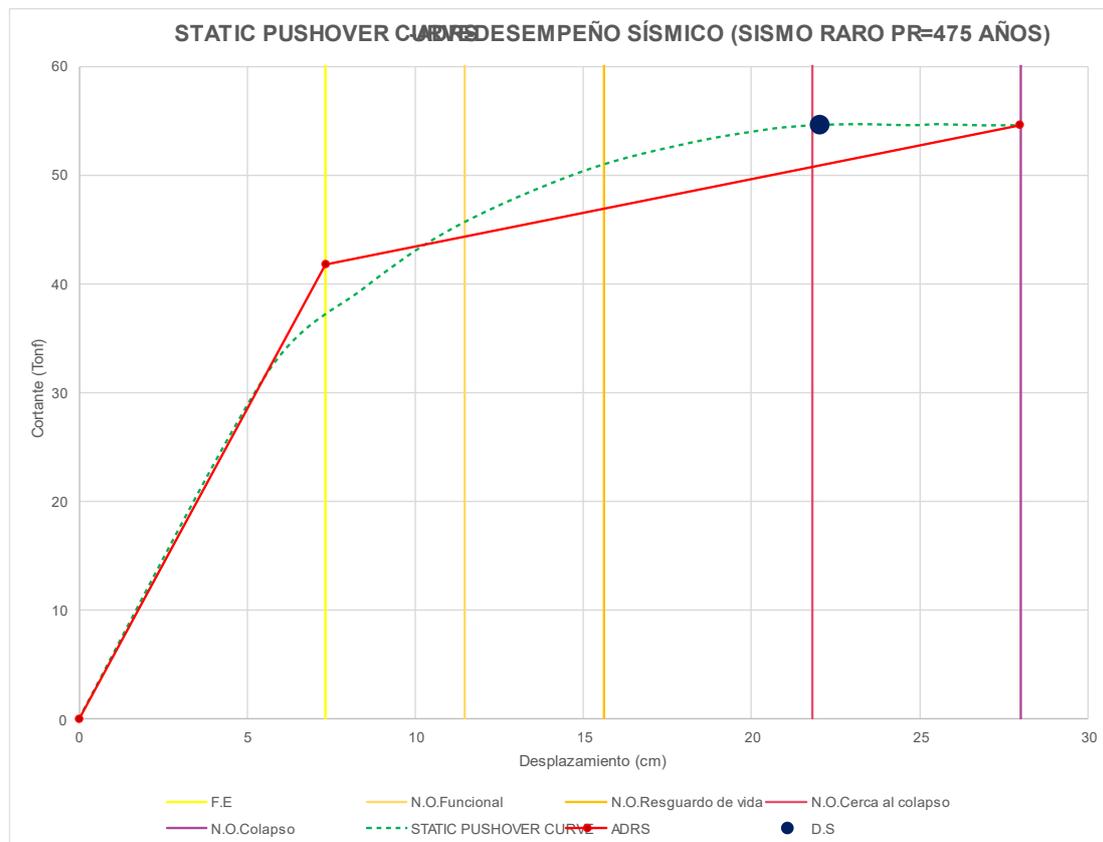
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **7.3284** cm y una cortante de **41.7921** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.597** tonf.

Tabla 54: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	7.33 cm	11.46 cm
RESGUARDO DE VIDA	11.46 cm	15.60 cm
CERCA AL COLAPSO	15.60 cm	21.80 cm
COLAPSO	21.80 cm	28.00 cm

La tabla 54 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **22.0238** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 29: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-1



Sismo Ocasional

Tabla 55: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO	CORTANTE
	(cm)	(Tonf)
	0	0
F.E	5.7816	33.0706
F.P	28	54.597
NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	DESPLAZAMIENTO	CORTANTE
	(cm)	(Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	11.0011	44.8748
NIVEL OPERACIONAL	<u>RESGUARDO DE VIDA</u>	

La tabla 55 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **11.0011** cm y una cortante de **44.8748** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

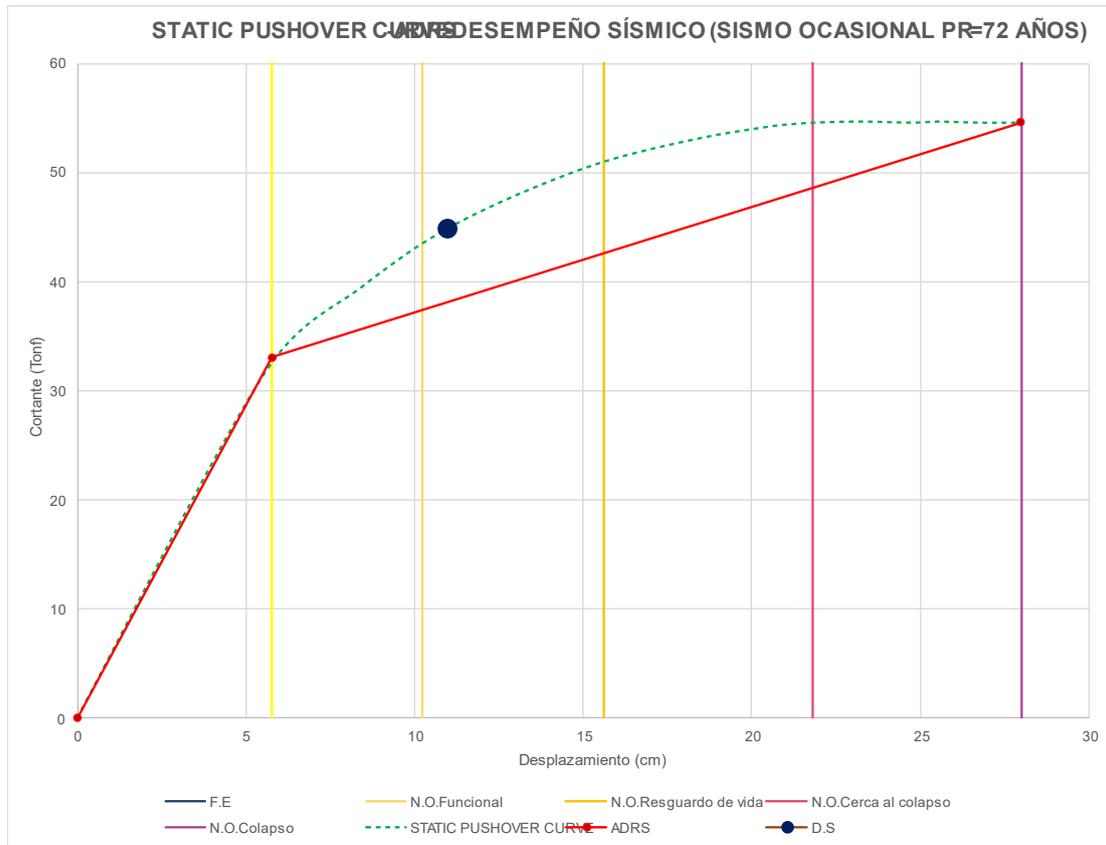
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **5.7816** cm y una cortante de **33.0706** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.597** tonf.

Tabla 56: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
OPERACIONAL	5.78 cm	10.23 cm
RESGUARDO DE VIDA	10.23 cm	14.67 cm
LEJOS DEL COLAPSO	14.67 cm	21.33 cm
AL COLAPSO	21.33 cm	28.00 cm

La tabla 56 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **11.0011** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Resguardo de Vida de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 30: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-1



Sismo Frecuente

Tabla 57: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	5.5744	31.8159
F.P	28	54.597
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	6.7565	34.9846
NIVEL OPERACIONAL	FUNCIONAL	

La tabla 57 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **6.7565** cm y una cortante de **34.9846** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **5.5744** cm y una cortante de **31.8159** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.597** tonf.

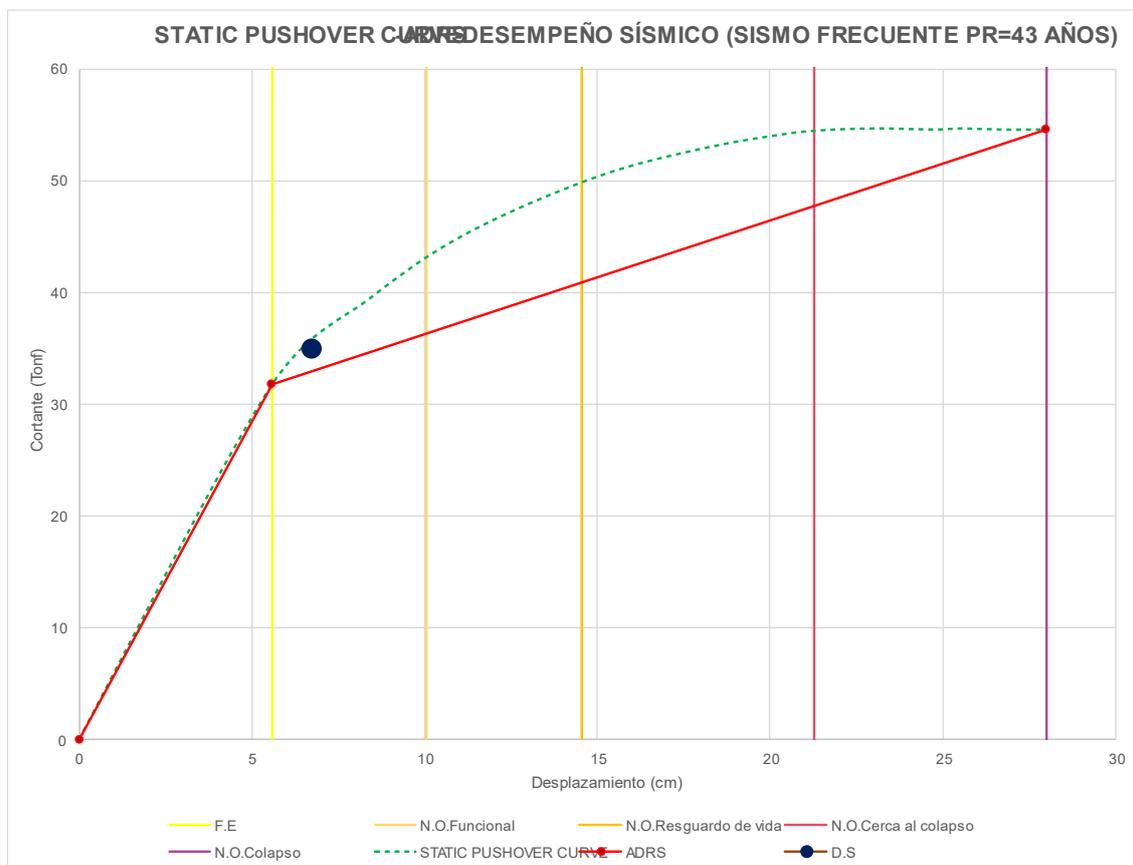
Tabla 58: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	5.57 cm	10.06 cm
RESGUARDO DE VIDA	10.06 cm	14.54 cm
CERCA AL COLAPSO	14.54 cm	21.27 cm
COLAPSO	21.27 cm	28.00 cm

La tabla 58 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **6.7565** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en

Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 31: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-1



- **Análisis en la Dirección Y**
Sismo Muy Raro

Tabla 59: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO	CORTANTE
	(cm)	(Tonf)
	0	0
F.E	3.7656	829.3285
F.P	10.1779	2144.5904
	DESPLAZAMIENTO	CORTANTE
	(cm)	(Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	10.1779	2144.5904
NIVEL OPERACIONAL	<u>COLAPSO</u>	

La tabla 59 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **10.1779** cm y una cortante de **2144.5904** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

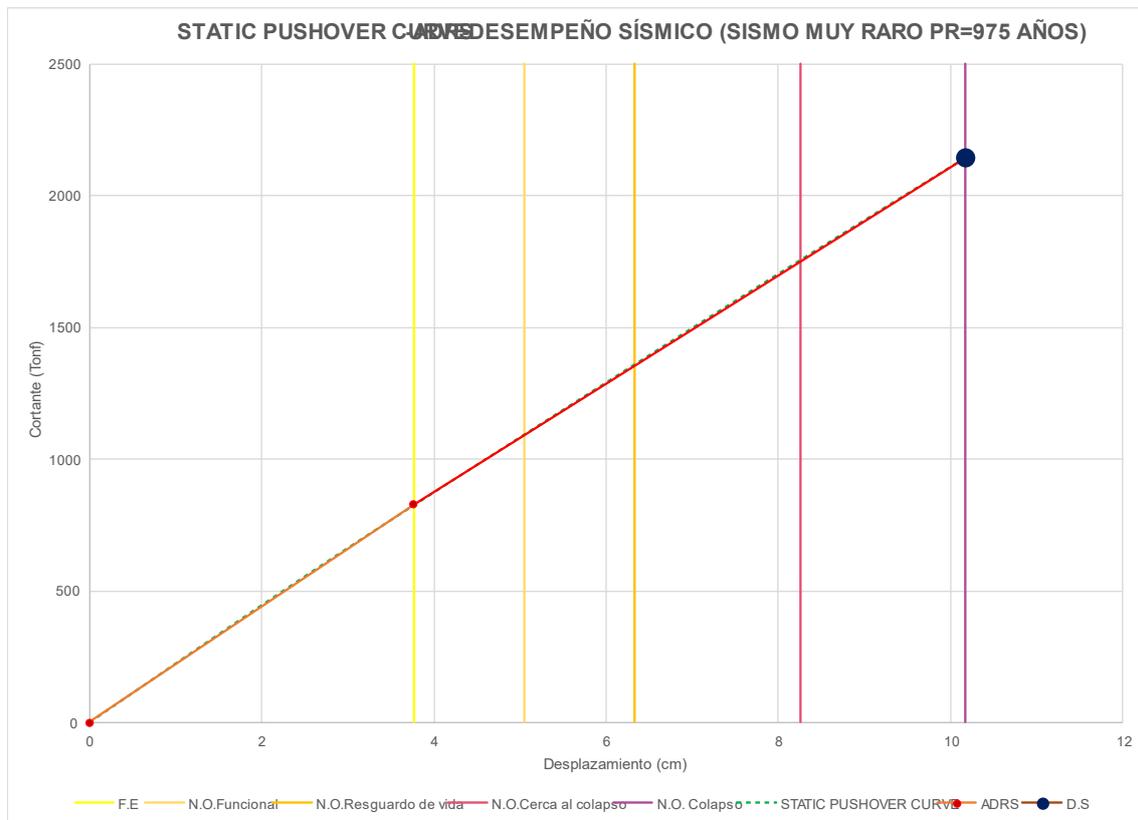
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **3.7656** cm y una cortante de **829.3285** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **10.1779** cm y una cortante de **2144.5904** tonf.

Tabla 60: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
FUNCIONAL	3.77 cm	5.05 cm
RESGUARDO DE VIDA	5.05 cm	6.33 cm
CERCA AL COLAPSO	6.33 cm	8.25 cm
COLAPSO	8.25 cm	10.18 cm

La tabla 60 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **10.1779** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 32: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-1



Sismo Raro

Tabla 61: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	3.6447	802.6976
F.P	10.1779	2144.5904
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
IO DE DESEMPEÑO	10.0033	2110.5112
EL OPERACIONAL	COLAPSO	

La tabla 61 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **10.0033** cm y una cortante de **2110.5112** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

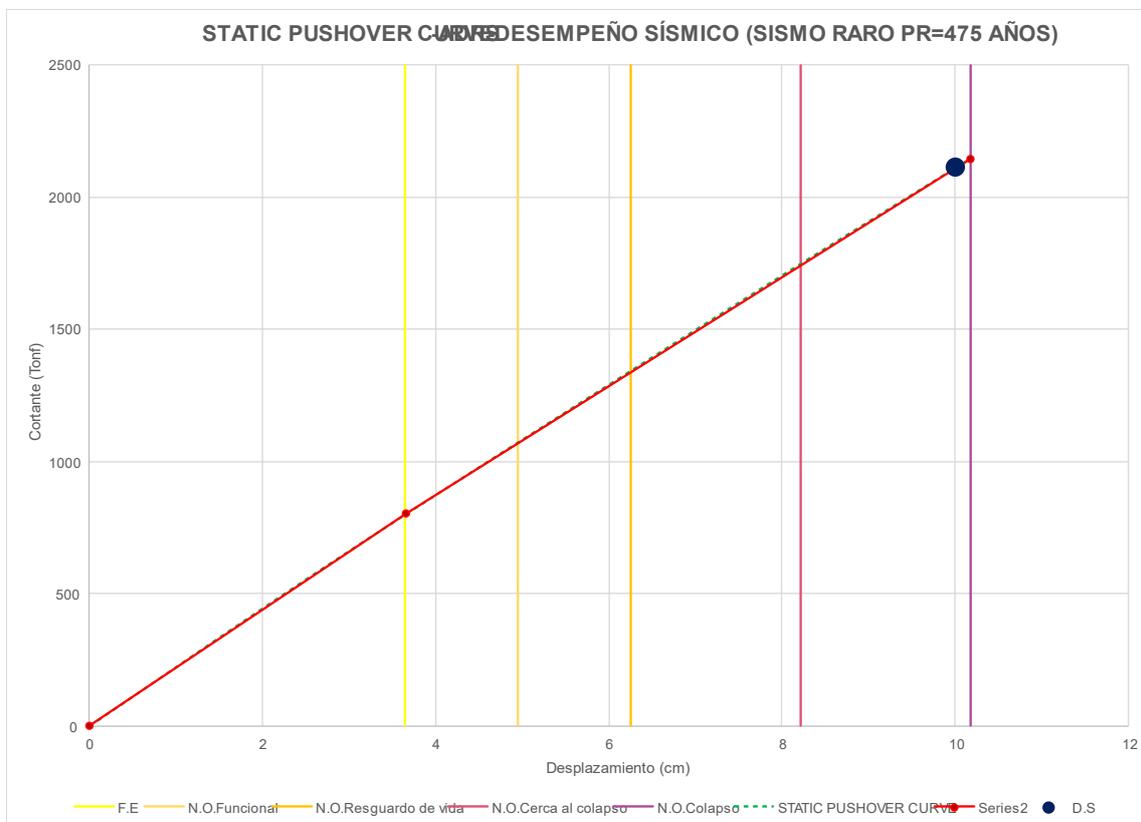
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **3.6447** cm y una cortante de **802.6976** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **10.1779** cm y una cortante de **2144.5904** tonf.

Tabla 62: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
AL	3.64 cm	4.95 cm
DO DE VIDA	4.95 cm	6.26 cm
COLAPSO	6.26 cm	8.22 cm
	8.22 cm	10.18 cm

La tabla 62 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **10.0033** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 33: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-1



Sismo Ocasional

Tabla 63: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	3.0117	663.2873
F.P	10.1779	2144.5904
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
TO DE DESEMPEÑO	4.9397	1066.1805
EL OPERACIONAL	<u>RESGUARDO DE VIDA</u>	

La tabla 63 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **4.9397** cm y una cortante de **1066.1805** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

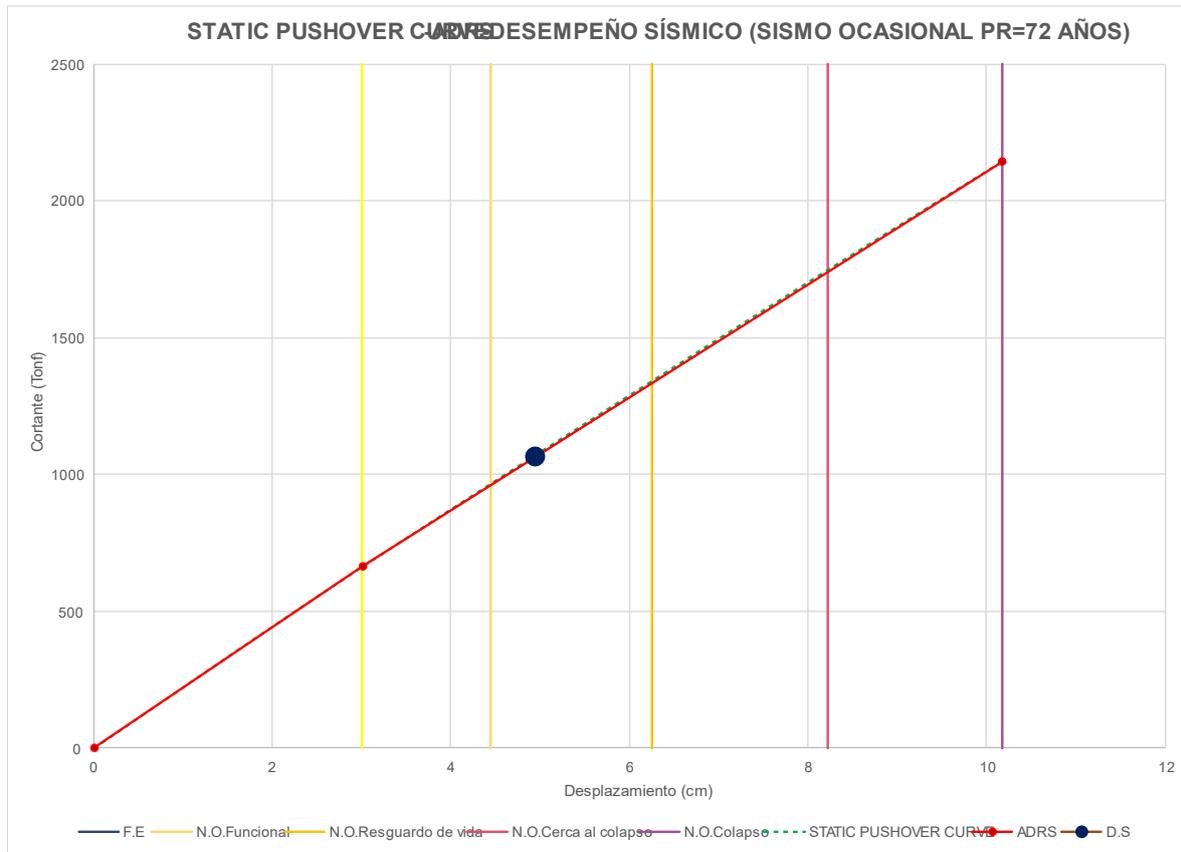
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **3.0117** cm y una cortante de **663.2873** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **10.1779** cm y una cortante de **2144.5904** tonf.

Tabla 64: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	3.01 cm	4.44 cm
RESGUARDO DE VIDA	4.44 cm	5.88 cm
CERCA AL COLAPSO	5.88 cm	8.03 cm
COLAPSO	8.03 cm	10.18 cm

La tabla 64 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **4.9397** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Resguardo de Vida de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 34: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-1



Sismo Frecuente

Tabla 65: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-1

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	2.5359	558.4988
F.P	10.1779	2144.5904
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
DESEMPEÑO	3.0117	663.2873
EL OPERACIONAL	<u>FUNCIONAL</u>	

La tabla 65 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 2-1 se da con un desplazamiento de **3.0117** cm y una cortante de **663.2873** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

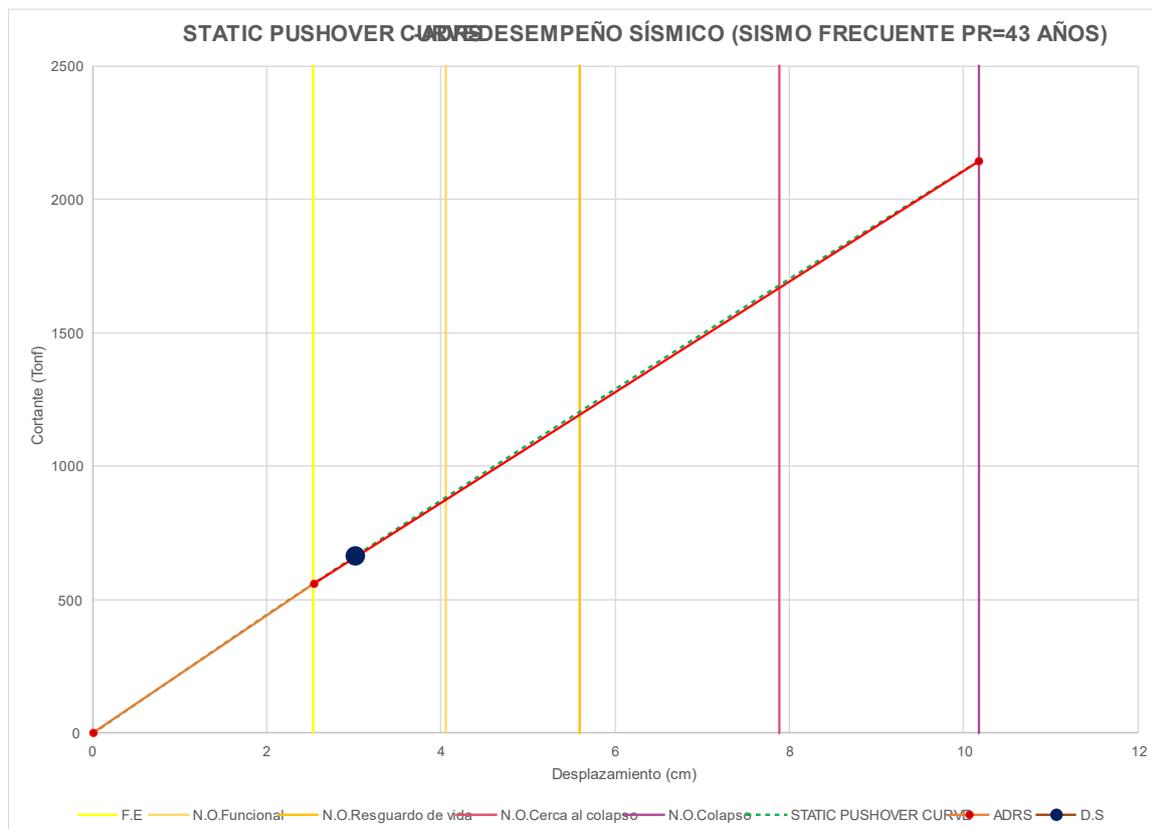
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **2.5359** cm y una cortante de **558.4988** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **10.1779** cm y una cortante de **2144.5904** tonf.

Tabla 66: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-1

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	2.54 cm	4.06 cm
RESGUARDO DE VIDA	4.06 cm	5.59 cm
CERCA AL COLAPSO	5.59 cm	7.89 cm
COLAPSO	7.89 cm	10.18 cm

La tabla 66 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **3.0117** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 35: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-1



1.2.2.3. Módulo 2-2

- **Análisis en la Dirección X**

Sismo Muy Raro

Tabla 67: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	7.0341	45.2015
F.P	28	54.0508
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
E DESEMPEÑO	28	54.0508
OPERACIONAL	COLAPSO	

La tabla 67 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.0508** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

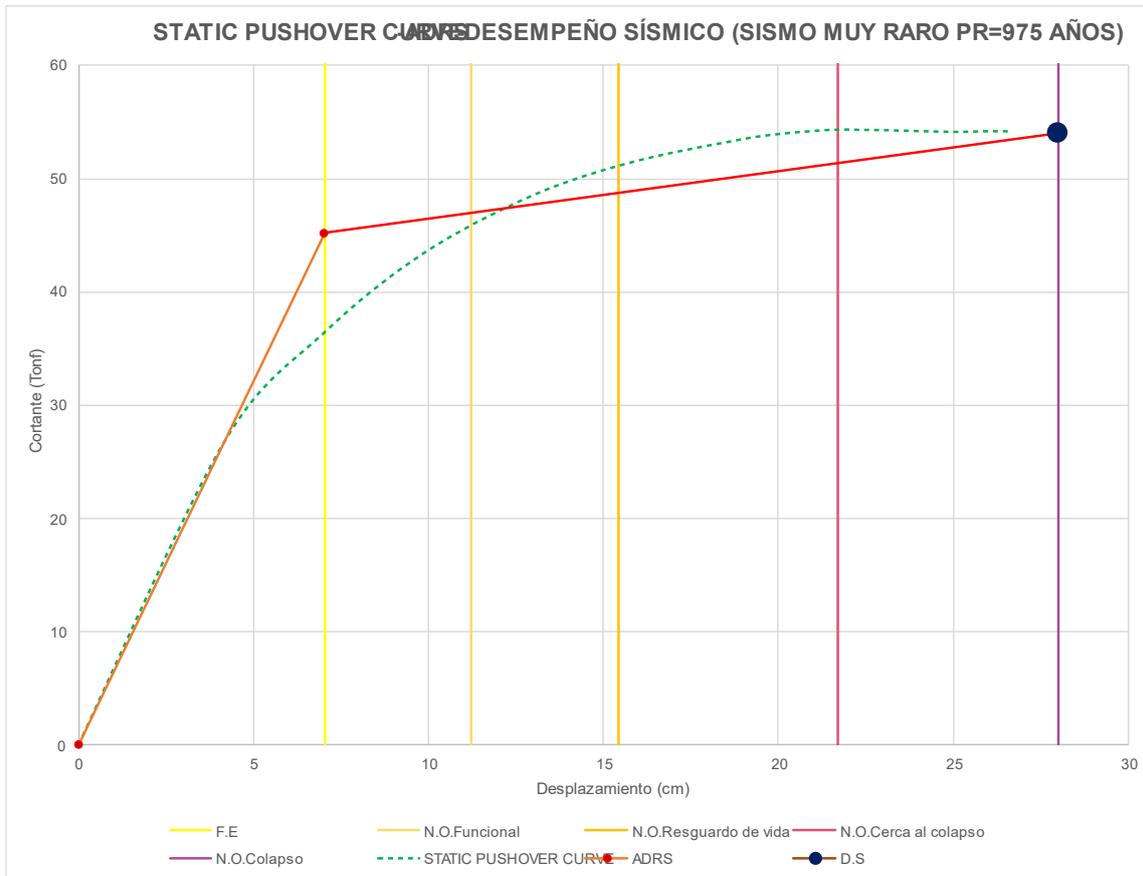
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **7.0341** cm y una cortante de **45.2015** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.0508** tonf.

Tabla 68: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	7.03 cm	11.23 cm
RESGUARDO DE VIDA	11.23 cm	15.42 cm
CERCA AL COLAPSO	15.42 cm	21.71 cm
COLAPSO	21.71 cm	28.00 cm

La tabla 68 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **28** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 36: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-2



Sismo Raro

Tabla 69: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	6.2969	40.4834
F.P	28	54.0508
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
E DESEMPEÑO	21.6744	54.3349
OPERACIONAL	<u>COLAPSO</u>	

La tabla 69 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **21.6744** cm y una cortante de **54.3349** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

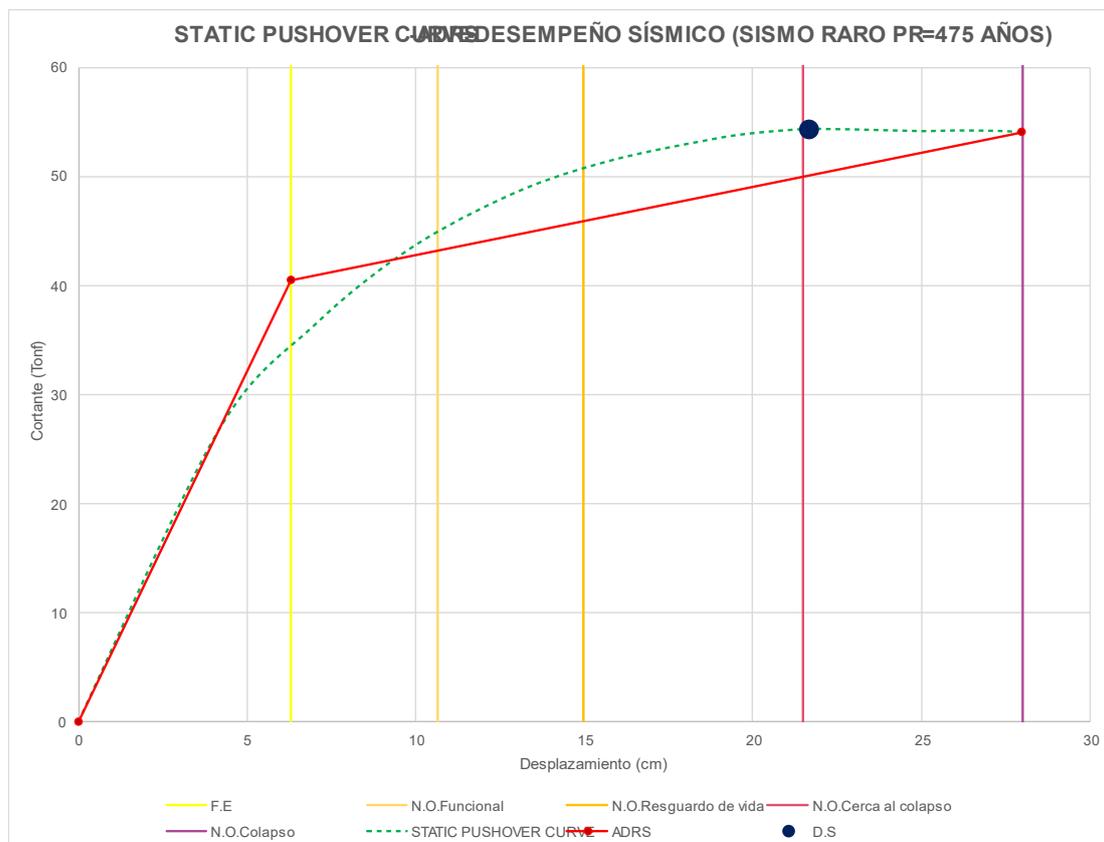
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **6.2969** cm y una cortante de **40.4834** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.0508** tonf.

Tabla 70: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
FUNCIONAL	6.30 cm	10.64 cm
RESGUARDO DE VIDA	10.64 cm	14.98 cm
CERCA AL COLAPSO	14.98 cm	21.49 cm
COLAPSO	21.49 cm	28.00 cm

La tabla 70 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **21.6744** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 37: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-2



Sismo Ocasional

Tabla 71: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	4.694	44.5507
F.P	28	54.0508
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
E DESEMPEÑO	10.5519	44.5507
OPERACIONAL	<u>RESGUARDO DE VIDA</u>	

La tabla 71 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **10.5519** cm y una cortante de **44.5507** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

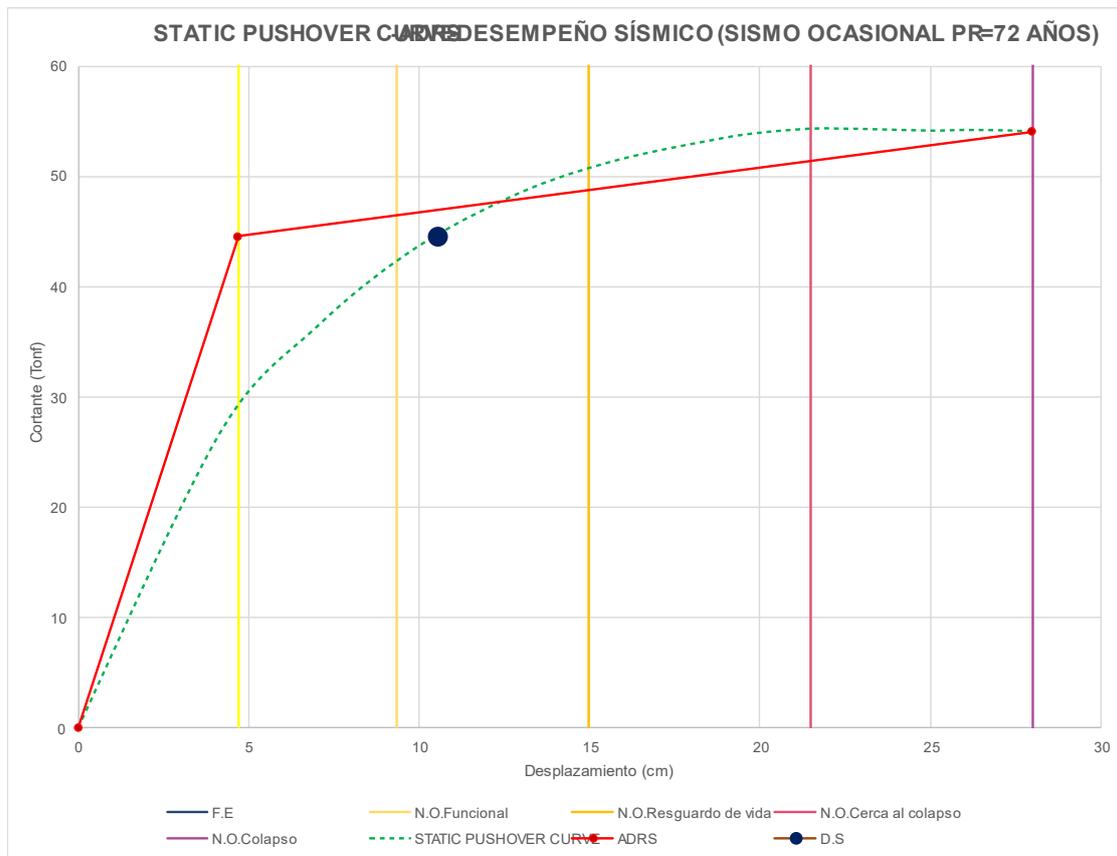
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **4.694** cm y una cortante de **44.5507** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.0508** tonf.

Tabla 72: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	4.69 cm	9.36 cm
RESGUARDO DE VIDA	9.36 cm	14.02 cm
CERCA AL COLAPSO	14.02 cm	21.01 cm
COLAPSO	21.01 cm	28.00 cm

La tabla 72 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **10.5519** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Resguardo de Vida de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 38: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-2



Sismo Frecuente

Tabla 73: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	4.0583	26.2529
F.P	28	54.0508
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
E DESEMPEÑO	6.2532	33.8624
OPERACIONAL	<u>FUNCIONAL</u>	

La tabla 73 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **6.2532** cm y una cortante de

33.8624 tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

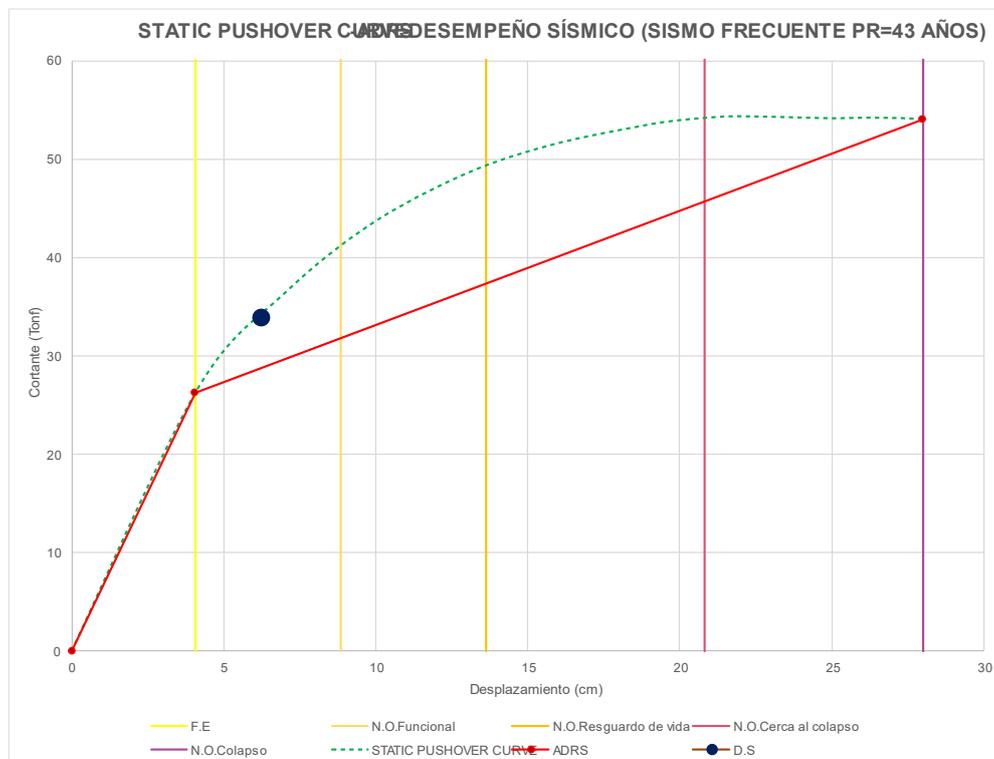
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **4.0583** cm y una cortante de **26.2529** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **28** cm y una cortante de **54.0508** tonf.

Tabla 74: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _r
FUNCIONAL	4.06 cm	8.85 cm
RESGUARDO DE VIDA	8.85 cm	13.63 cm
CERCA AL COLAPSO	13.63 cm	20.82 cm
COLAPSO	20.82 cm	28.00 cm

La tabla 74 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **6.2532** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 39: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-2



- Análisis en la Dirección Y**
Sismo Muy Raro

Tabla 75: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.4314	88.7726
F.P	25.5908	41.0062
DESPLAZAMIENTO CORTANTE		
	(cm)	(Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	12.0117	43.953
NIVEL OPERACIONAL	<u>CERCA AL COLAPSO</u>	

La tabla 75 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **12.0117** cm y una cortante de **43.953** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

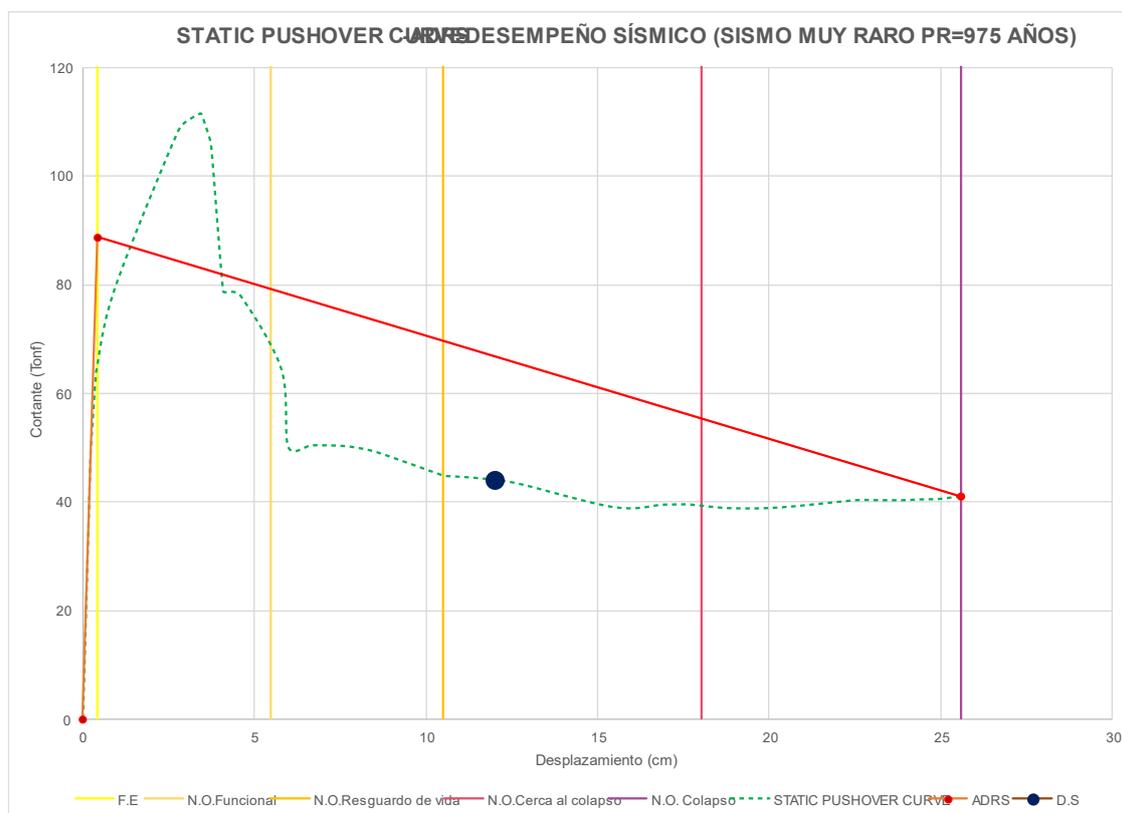
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.4314** cm y una cortante de **88.7726** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **25.5908** cm y una cortante de **41.0062** tonf.

Tabla 76: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	0.43 cm	5.46 cm
RESGUARDO DE VIDA	5.46 cm	10.50 cm
CERCA AL COLAPSO	10.50 cm	18.04 cm
COLAPSO	18.04 cm	25.59 cm

La tabla 76 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **12.0117** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Cerca al Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 40: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 2-2



Sismo Raro

Tabla 77: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.556	114.415
F.P	25.5908	41.0062
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	6.6425	50.3772
NIVEL OPERACIONAL	RESGUARDO DE VIDA	

La tabla 77 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **6.6425** cm y una cortante de **50.3772** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

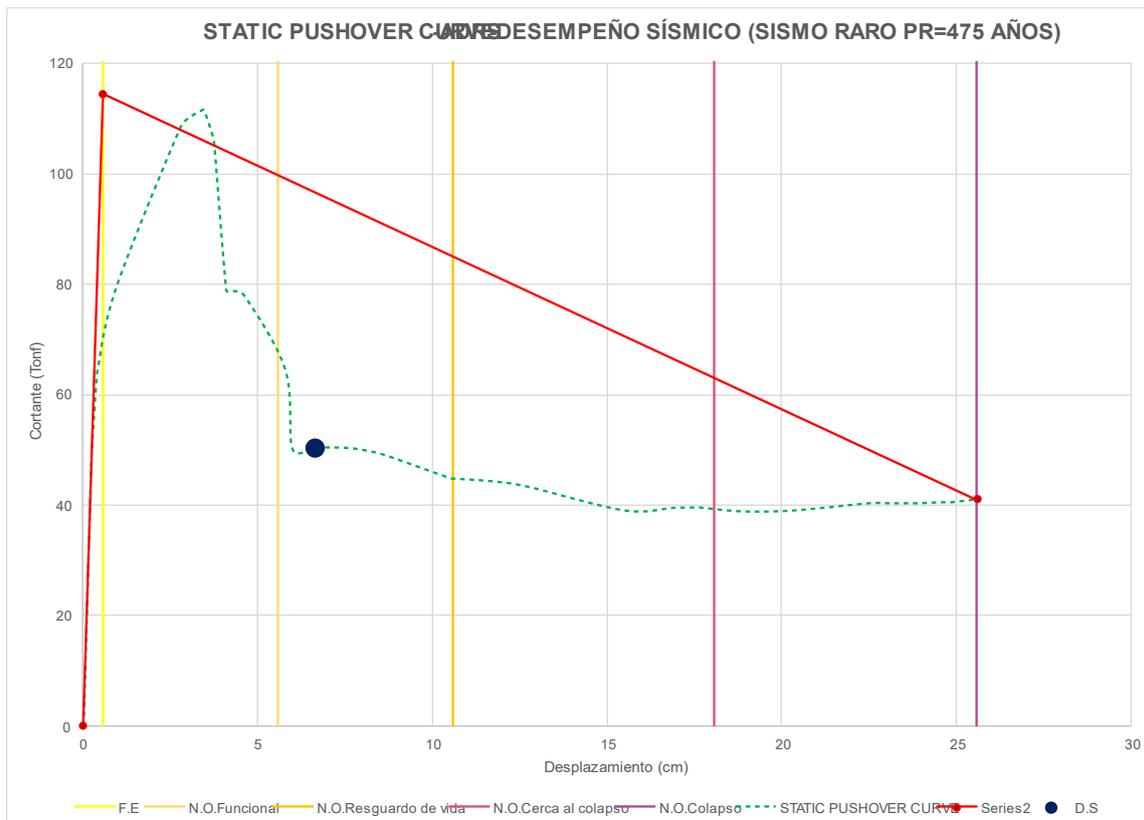
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.556** cm y una cortante de **114.415** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **25.5908** cm y una cortante de **41.0062** tonf.

Tabla 78: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	0.56 cm	5.56 cm
RESGUARDO DE VIDA	5.56 cm	10.57 cm
CERCA AL COLAPSO	10.57 cm	18.08 cm
COLAPSO	18.08 cm	25.59 cm

La tabla 78 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **6.6425** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Resguardo de Vida de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 41: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 2-2



Sismo Ocasional

Tabla 79: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.3581	73.6894
F.P	25.5908	41.0062
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	3.4112	111.4269
NIVEL OPERACIONAL	<u>FUNCIONAL</u>	

La tabla 79 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **3.4112** cm y una cortante de **111.4269** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

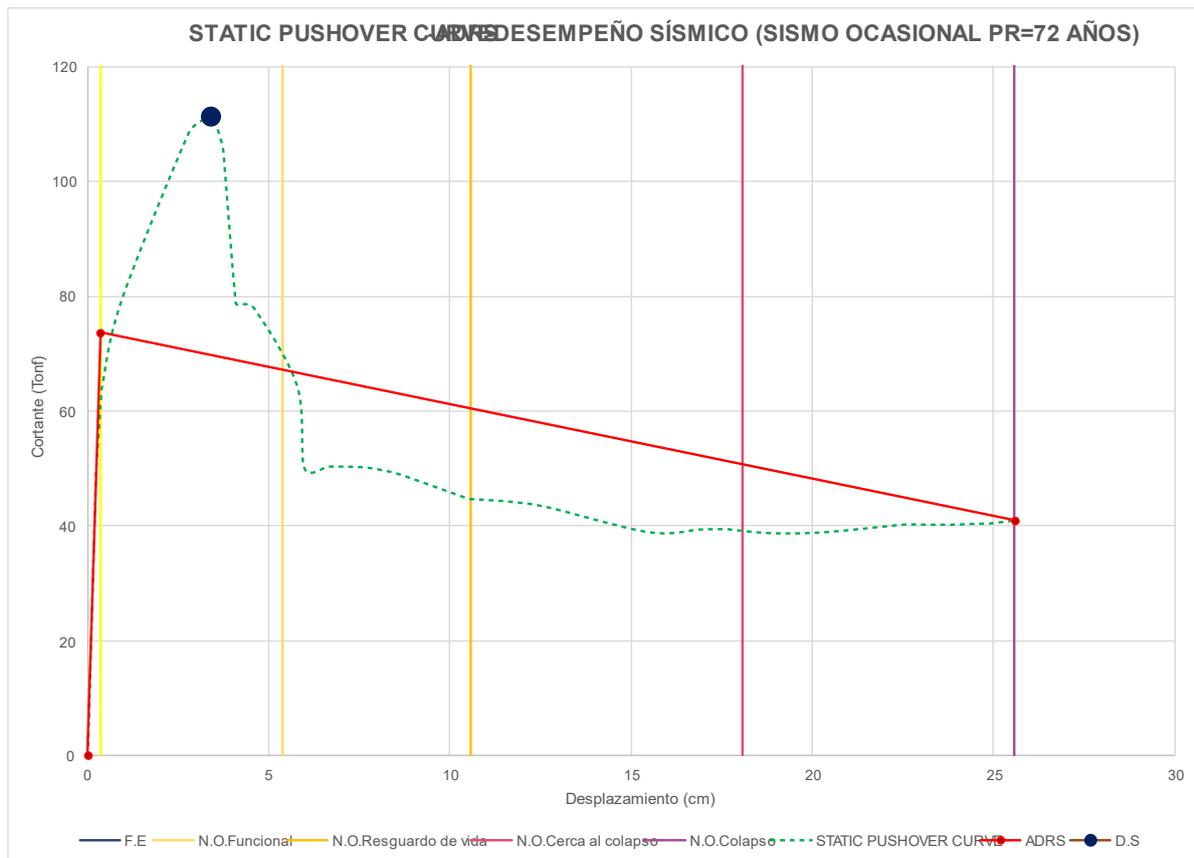
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.3581** cm y una cortante de **73.6894** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **25.5908** cm y una cortante de **41.0062** tonf.

Tabla 80: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
FUNCIONAL	0.36 cm	5.40 cm
RESGUARDO DE VIDA	5.40 cm	10.45 cm
CERCA AL COLAPSO	10.45 cm	18.02 cm
COLAPSO	18.02 cm	25.59 cm

La tabla 80 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **3.4112** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 42: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 2-2



Sismo Frecuente

Tabla 81: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-2

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.3184	65.5266
F.P	25.5908	41.0062
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	1.7898	92.6448
NIVEL OPERACIONAL	FUNCIONAL	

La tabla 81 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 2-2 se da con un desplazamiento de **1.7898** cm y una cortante de **92.6448** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

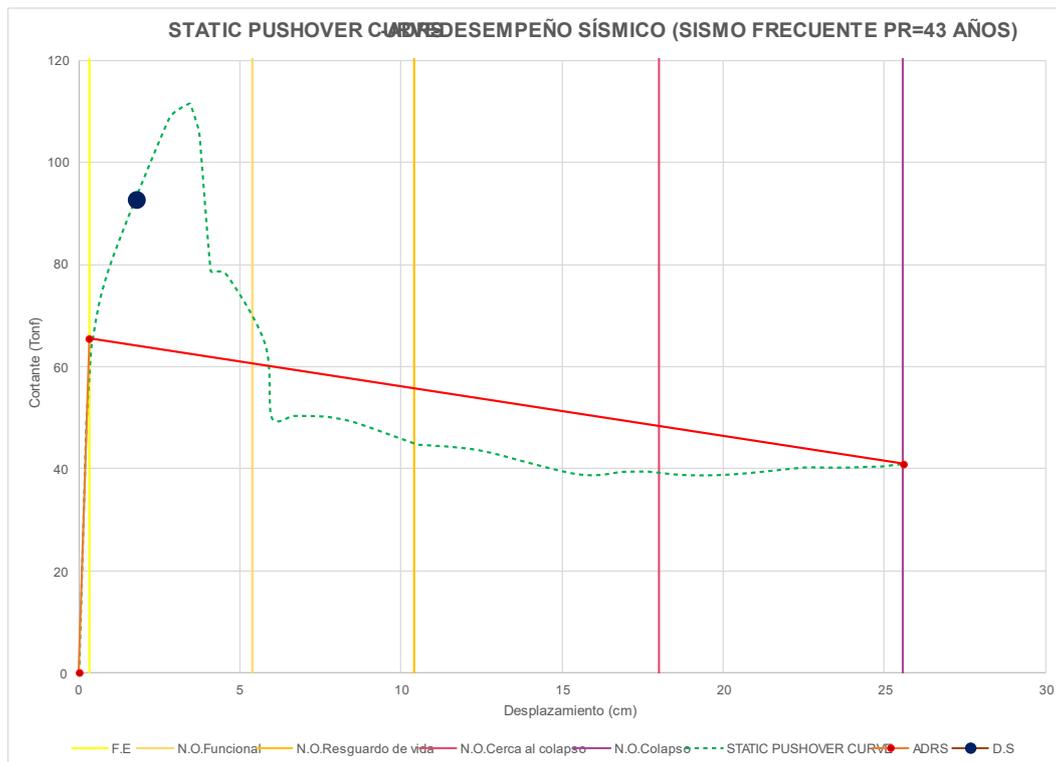
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.3184** cm y una cortante de **65.5266** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **25.5908** cm y una cortante de **41.0062** tonf.

Tabla 82: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-2

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	0.32 cm	5.37 cm
RESGUARDO DE VIDA	5.37 cm	10.43 cm
CERCA AL COLAPSO	10.43 cm	18.01 cm
COLAPSO	18.01 cm	25.59 cm

La tabla 82 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **1.7898** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 43: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 2-2



1.2.2.4. Módulo 3

- **Análisis en la Dirección X**
Sismo Muy Raro

Tabla 83: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 3

ADRS: SISMO MUY RARO - PR = 975 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.0207	43.3754
F.P	0.0779	141.6043

	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
NIVEL DE DESEMPEÑO	0.0779	141.6043
VEL OPERACIONAL	<u>COLAPSO</u>	

La tabla 83 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **0.0779** cm y una cortante de **141.6043** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

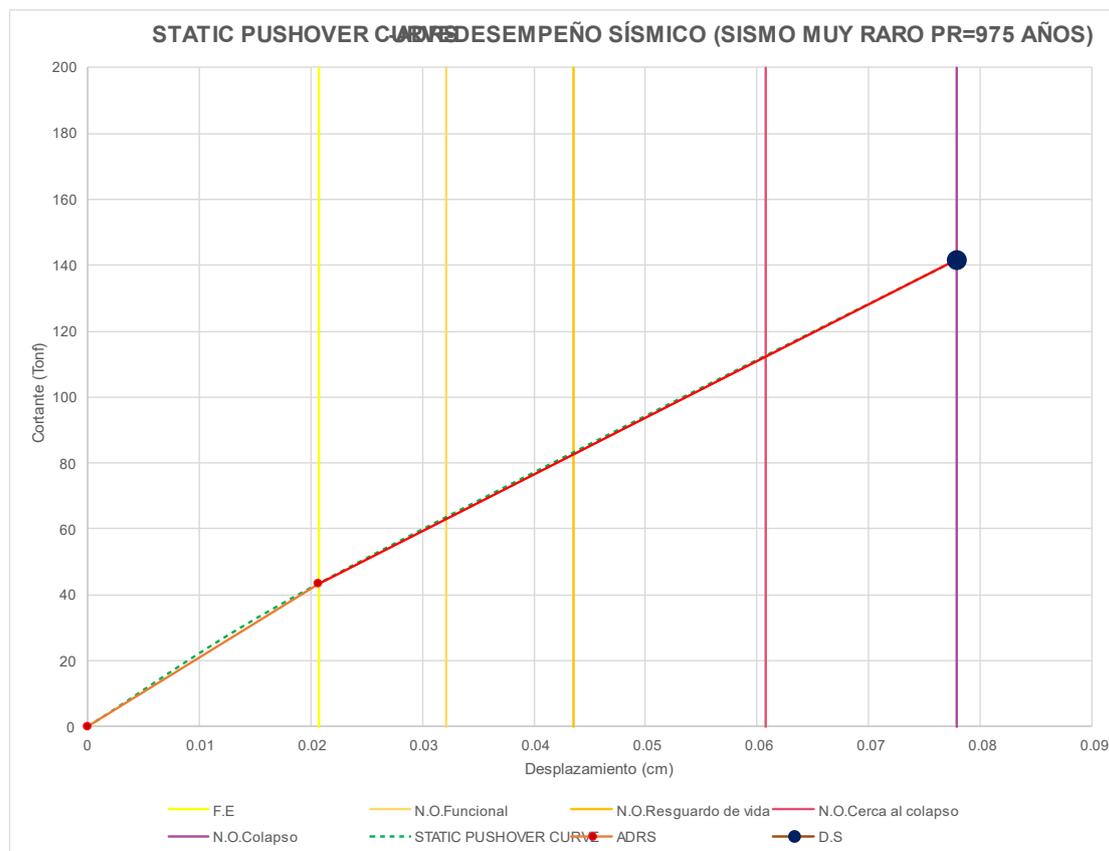
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.0207** cm y una cortante de **43.3754** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **0.0779** cm y una cortante de **141.6043** tonf.

Tabla 84: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	0.02 cm	0.03 cm
RESGUARDO DE VIDA	0.03 cm	0.04 cm
CERCA AL COLAPSO	0.04 cm	0.06 cm
COLAPSO	0.06 cm	0.08 cm

La tabla 84 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **0.0779** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 44: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 3



Sismo Raro

Tabla 85: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 3

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.0207	43.3754
F.P	0.0779	141.6043
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
E DESEMPEÑO	0.0779	141.6043
OPERACIONAL	<u>COLAPSO</u>	

La tabla 85 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **0.0779** cm y una cortante de **141.6043** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

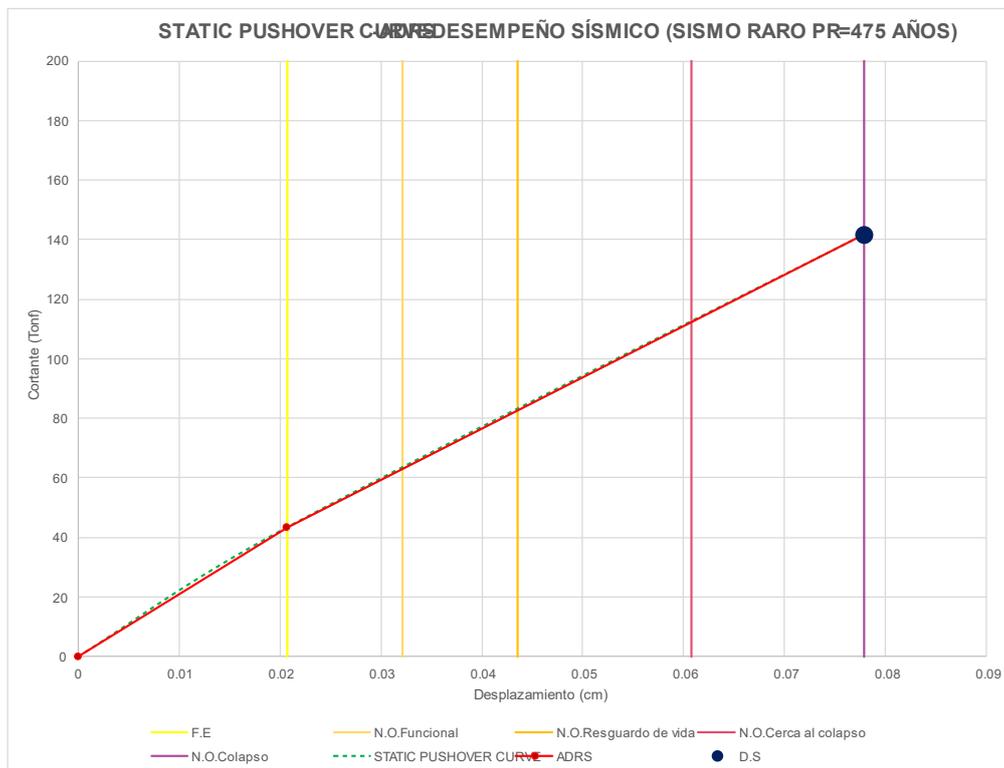
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.0207** cm y una cortante de **43.3754** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **0.0779** cm y una cortante de **141.6043** tonf.

Tabla 86: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_f
FUNCIONAL	0.02 cm	0.03 cm
RESGUARDO DE VIDA	0.03 cm	0.04 cm
CERCA AL COLAPSO	0.04 cm	0.06 cm
COLAPSO	0.06 cm	0.08 cm

La tabla 86 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **0.0779** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 45: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 3



Sismo Ocasional

Tabla 87: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X
– Módulo 3

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO	CORTANTE
	(cm)	(Tonf)
	0	0
F.E	0.0207	43.3754
F.P	0.0779	141.6043
DESPLAZAMIENTO CORTANTE		
	(cm)	(Tonf)
E DESEMPEÑO	0.0597	110.4234
OPERACIONAL	<u>CERCA AL COLAPSO</u>	

La tabla 87 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **0.0597** cm y una cortante de **110.4234** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

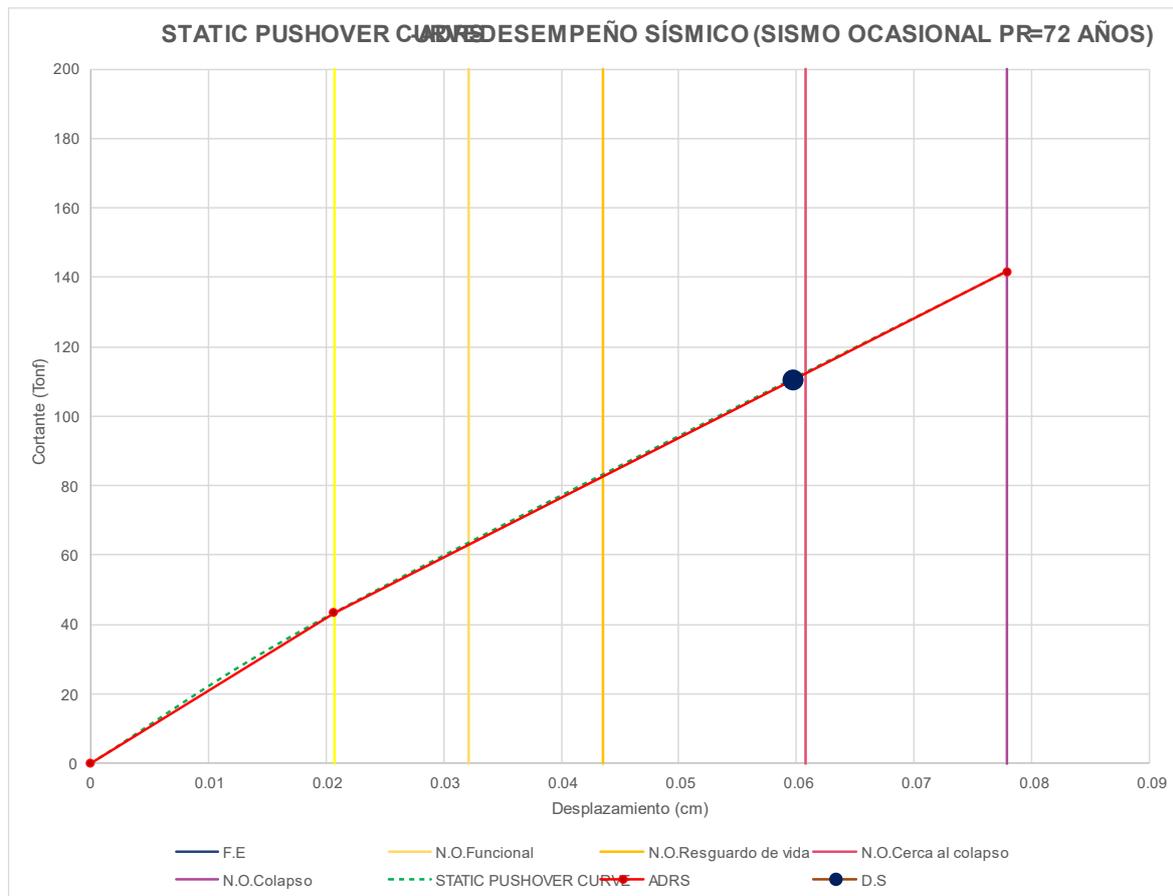
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.0207** cm y una cortante de **43.3754** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **0.0779** cm y una cortante de **141.6043** tonf.

Tabla 88: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	0.02 cm	0.03 cm
RESGUARDO DE VIDA	0.03 cm	0.04 cm
CERCA AL COLAPSO	0.04 cm	0.06 cm
COLAPSO	0.06 cm	0.08 cm

La tabla 88 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **0.0597** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Cerca al Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 46: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 3



Sismo Frecuente

Tabla 89: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 3

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	0.0207	43.3754
F.P	0.0779	141.6043
DESPLAZAMIENTO CORTANTE		
	(cm)	(Tonf)
E DESEMPEÑO	0.0274	54.8219
OPERACIONAL	<u>FUNCIONAL</u>	

La tabla 89 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **0.0274** cm y una cortante de

54.8219 tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

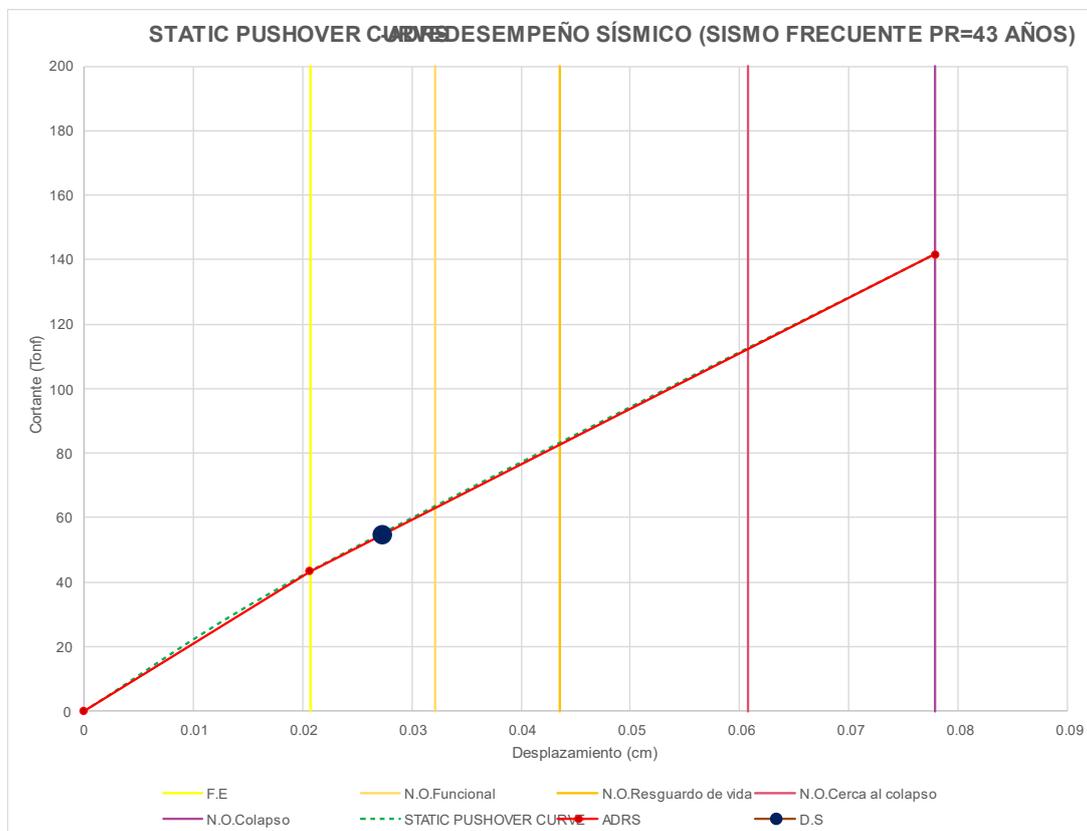
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **0.0207** cm y una cortante de **43.3754** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **0.0779** cm y una cortante de **141.6043** tonf.

Tabla 90: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	0.02 cm	0.03 cm
RESGUARDO DE VIDA	0.03 cm	0.04 cm
CERCA AL COLAPSO	0.04 cm	0.06 cm
COLAPSO	0.06 cm	0.08 cm

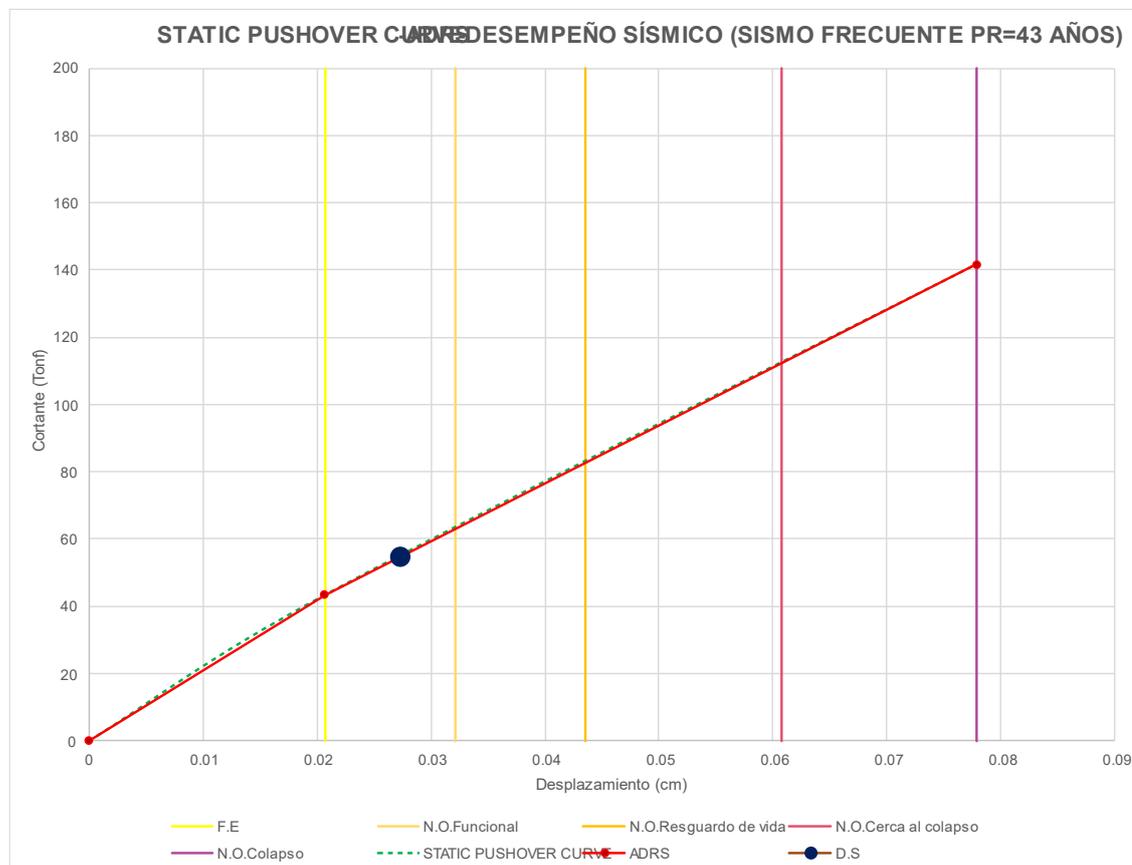
La tabla 90 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **0.0274** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 47: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 3



- Análisis en la Dirección Y**
Sismo Muy Raro

Tabla 48: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 3



La tabla 91 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Muy raro en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **36 cm** y una cortante de **160.3427 tonf**, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

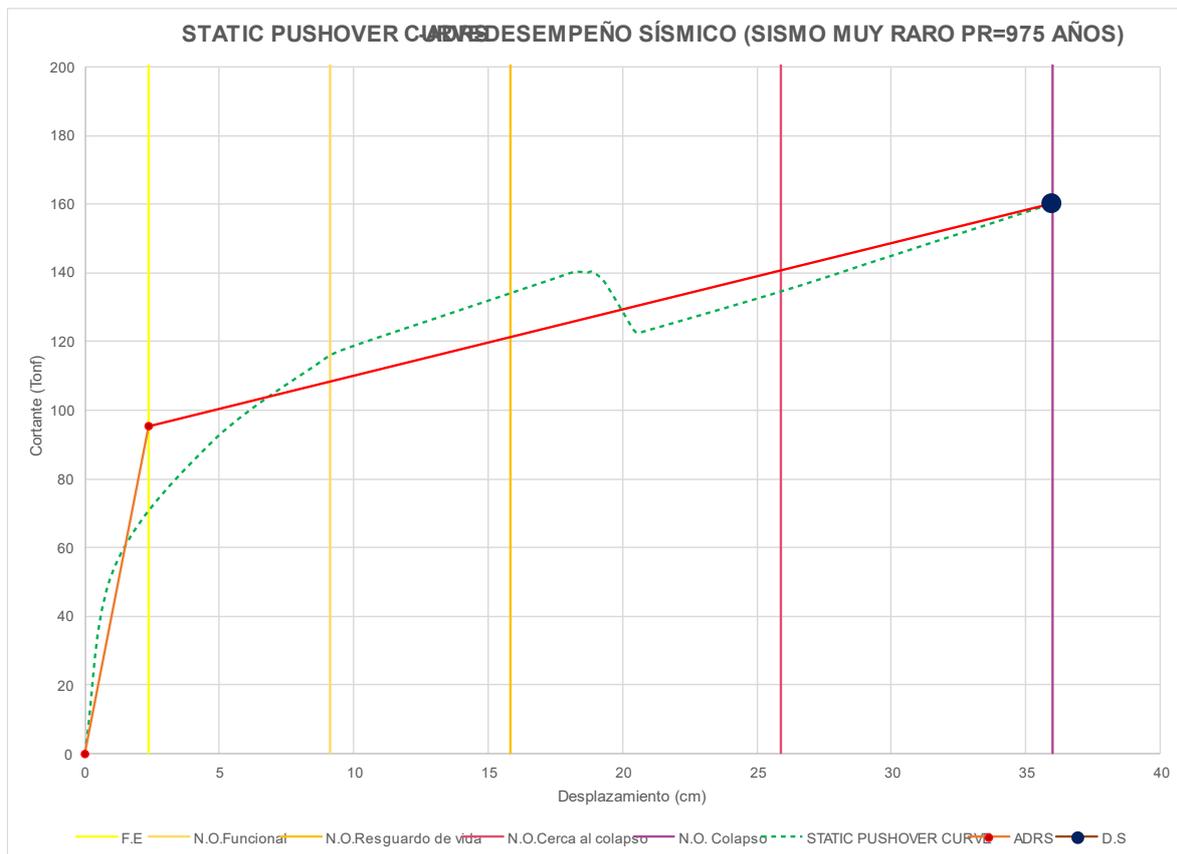
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **2.3775 cm** y una cortante de **95.4226 tonf** y para F.P se tiene un desplazamiento de **36 cm** y una cortante de **160.3427 tonf**.

Tabla 92: Niveles de Desempeño para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P_i	P_r
FUNCIONAL	2.38 cm	9.10 cm
RESGUARDO DE VIDA CERCA AL COLAPSO	9.10 cm	15.83 cm
COLAPSO	15.83 cm	25.91 cm
COLAPSO	25.91 cm	36.00 cm

La tabla 92 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **36** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 49: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Muy Raro en la dirección X – Módulo 3



Sismo Raro

Tabla 93: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 3

ADRS: SISMO RARO - PR = 475 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	2.3775	95.4226
F.P	36	160.3427
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	36	160.3427
NIVEL OPERACIONAL	COLAPSO	

La tabla 93 muestra que el desempeño sísmico para un sismo raro en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **36** cm y una cortante de **160.3427** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

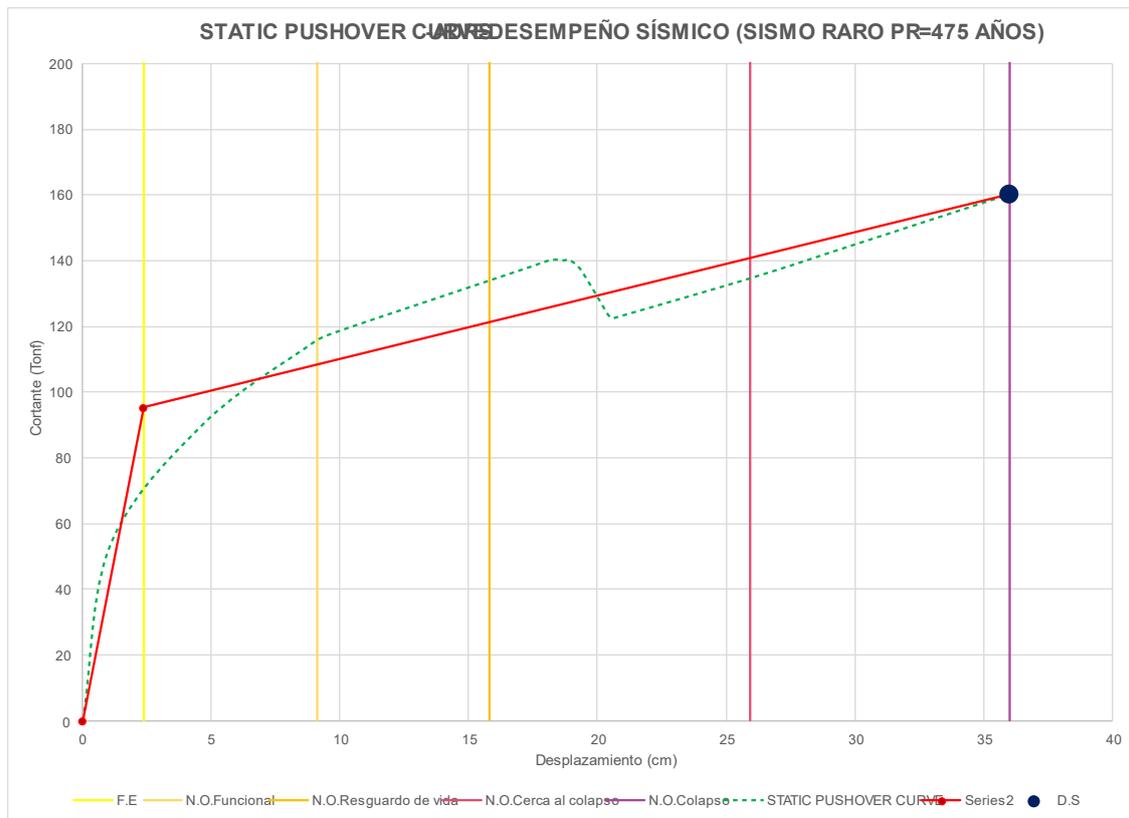
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **2.3775** cm y una cortante de **95.4226** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **36** cm y una cortante de **160.3427** tonf.

Tabla 94: Niveles de Desempeño para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	2.38 cm	9.10 cm
RESGUARDO DE VIDA	9.10 cm	15.83 cm
CERCA AL COLAPSO	15.83 cm	25.91 cm
COLAPSO	25.91 cm	36.00 cm

La tabla 94 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **36** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Colapso de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad.

Figura 50: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Raro en la dirección X – Módulo 3



Sismo Ocasional

Tabla 95: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 3

ADRS: SISMO OCASIONAL - PR = 72 AÑOS

	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	1.546	78.0595
F.P	36	160.3427
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	14.5524	130.771
NIVEL OPERACIONAL	RESGUARDO DE VIDA	

La tabla 95 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **14.5524** cm y una cortante de

130.771 tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

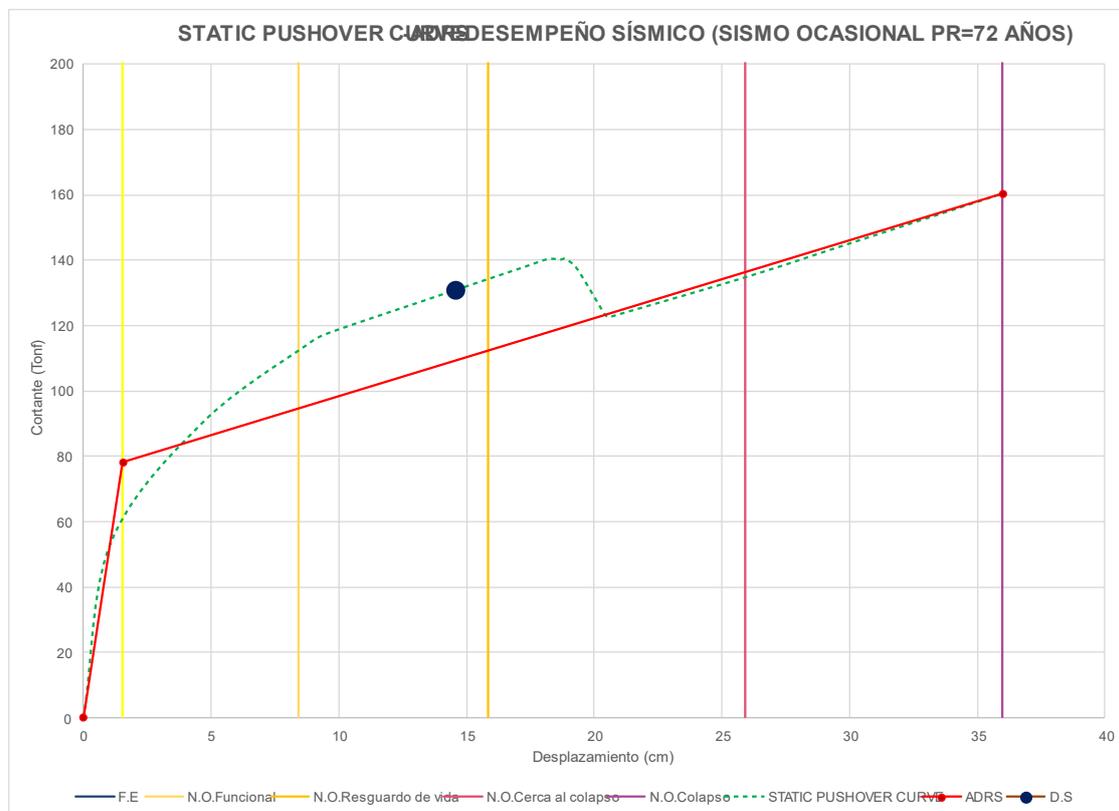
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **1.546** cm y una cortante de **78.0595** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **36** cm y una cortante de **160.3427** tonf.

Tabla 96: Niveles de Desempeño para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _f
FUNCIONAL	1.55 cm	8.44 cm
RESGUARDO DE VIDA	8.44 cm	15.33 cm
CERCA AL COLAPSO	15.33 cm	25.66 cm
COLAPSO	25.66 cm	36.00 cm

La tabla 96 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **14.5524** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Resguardo de Vida de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 51: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Ocasional en la dirección X – Módulo 3



Sismo Frecuente

Tabla 97: Identificación del Punto de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 3

ADRS: SISMO FRECUENTE - PR = 43 AÑOS		
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
	0	0
F.E	1.2338	62.2971
F.P	36	160.3427
	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE (Tonf)
PUNTO DE DESEMPEÑO	7.8598	108.8616
NIVEL OPERACIONAL	<u>FUNCIONAL</u>	

La tabla 97 muestra que el desempeño sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X en el Módulo 3 se da con un desplazamiento de **7.8598** cm y una cortante de **108.8616** tonf, estos datos son los resultados del desplazamiento objetivo obtenido del programa ETABS.

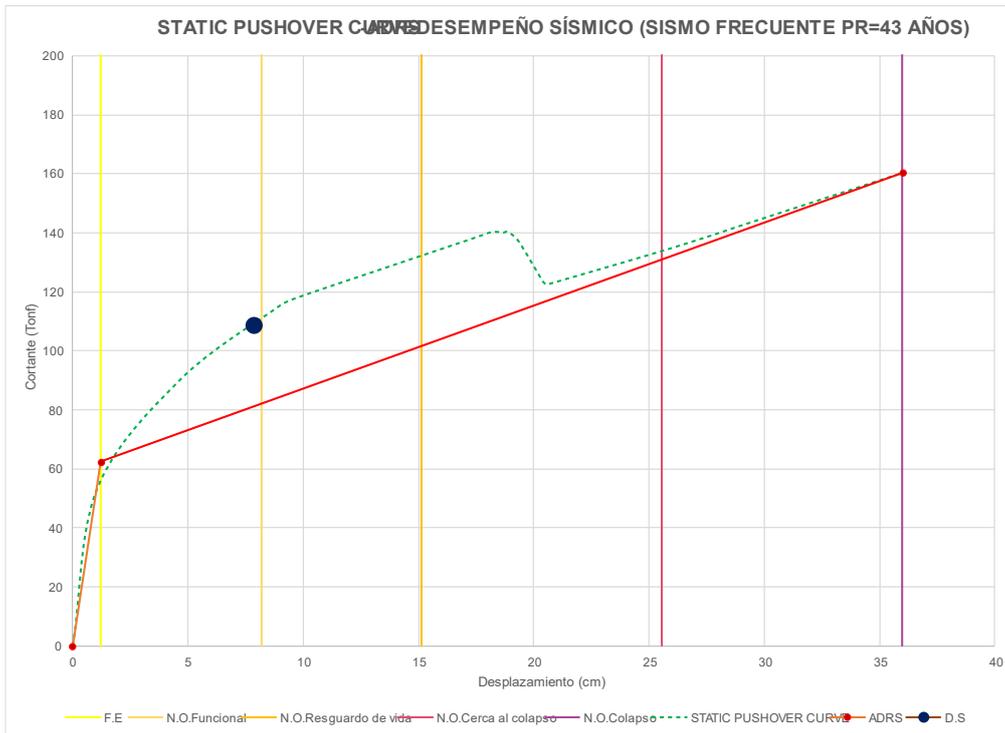
Además, la tabla muestra los desplazamientos y cortantes tanto para el estado elástico (F.E) como para el estado plástico (F.P). Donde para F.E se tiene un desplazamiento de **1.2338** cm y una cortante de **62.2971** tonf y para F.P se tiene un desplazamiento de **36** cm y una cortante de **160.3427** tonf.

Tabla 98: Niveles de Desempeño para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 3

NIVELES DE DESEMPEÑO OPERACIONAL		
	P _i	P _r
FUNCIONAL	1.23 cm	8.19 cm
RESGUARDO DE VIDA	8.19 cm	15.14 cm
CERCA AL COLAPSO	15.14 cm	25.57 cm
COLAPSO	25.57 cm	36.00 cm

La tabla 98 muestra los niveles de desempeño operacional donde se observa que el punto de desempeño **7.8598** cm, obtenido de la tabla anterior, se ubica en Funcional de acuerdo con el seccionamiento de la Curva de Capacidad

Figura 52: Curva de Desempeño Sísmico, ADRS y desempeño Sísmico para un sismo Frecuente en la dirección X – Módulo 3



De esta forma, se presenta a manera de resumen los niveles alcanzados en los módulos:

Módulo 1:

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX+ : Desempeño Inaceptable

	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL			X	X
RESGUARDO DE VIDA				
CERCA AL COLAPSO		X		
COLAPSO	X			

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY+ : Desempeño Inaceptable

	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL				X
RESGUARDO DE VIDA				
CERCA AL COLAPSO			X	
COLAPSO	X	X		

El módulo 1 dirección X para sismo frecuente y ocasional se encuentra en el estado funcional, para el sismo raro se encuentra en el rango cerca al colapso y para el sismo muy raro se encuentra en colapso. Para dirección Y, en sismo frecuente se encuentra dentro de

funcional, para sismo ocasional se encuentra en el estado cerca al colapso y para sismo raro y muy raro se encuentran el rango de colapso.

Módulo 2-1:

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX+				: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL				X
RESGUARDO DE VIDA			X	
CERCA AL COLAPSO				
COLAPSO	X	X		

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY +				: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL				X
RESGUARDO DE VIDA			X	
CERCA AL COLAPSO				
COLAPSO	X	X		

El módulo 2-2 tanto para dirección X como para dirección Y el sismo frecuente se encuentra en el estado funcional, para sismo ocasional se encuentra en el rango de resguardo de vida, para el sismo raro y muy raro se encuentra en colapso.

Módulo 2-2:

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX+				: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL				X
RESGUARDO DE VIDA			X	
CERCA AL COLAPSO				
COLAPSO	X	X		

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY +				: Desempeño Inaceptable
	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL			X	X
RESGUARDO DE VIDA		X		
CERCA AL COLAPSO	X			
COLAPSO				

El módulo 2-2 dirección X para sismo frecuente se encuentra en el estado funcional, para sismo ocasional se encuentra en el rango de resguardo de vida, para el sismo raro y

muy raro se encuentra en colapso. Para dirección Y, en sismo frecuente y ocasional se encuentran dentro de funcional, para sismo raro se encuentra en el rango de resguardo de vida y para sismo muy raro en el estado cerca al colapso.

Módulo 3:

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE XX : Desempeño Inaceptable

	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL				X
RESGUARDO DE VIDA				
CERCA AL COLAPSO			X	
COLAPSO	X	X		

RESULTADOS ANÁLISIS ANLE YY : Desempeño Inaceptable

	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL				
FUNCIONAL				X
RESGUARDO DE VIDA			X	
CERCA AL COLAPSO				
COLAPSO	X	X		

El módulo 3 dirección X para sismo frecuente se encuentra en el estado funcional, para sismo ocasional se encuentra en el rango de cerca al colapso, para el sismo raro y muy raro se encuentra en colapso. Para dirección Y, en sismo frecuente se encuentra en funcional, sismo ocasional se encuentra dentro de resguardo de vida, para sismo raro y muy raro en el rango de colapso.

Existe la matriz de objetivo de desempeño la cual es una herramienta clave para evaluar el comportamiento de estructuras o sistemas ante diferentes niveles de carga o estrés. Su propósito es determinar cómo varía el desempeño del sistema a medida que aumenta la demanda y se producen daños, fallos o colapsos.

Esta matriz tiene los estados que presentan los diferentes niveles de funcionalidad o degradación del sistema. Estos niveles suelen variar desde una operación totalmente funcional hasta el colapso.

- Totalmente Operacional: El sistema funciona sin problemas y sin signos de daño.
- Funcional: El sistema muestra cierto deterioro o desgaste, pero sigue operando dentro de los límites aceptables.

- Resguardo de Vida: El sistema ha perdido parte de su capacidad, pero aún puede cumplir con su función de proteger vidas o mantener la seguridad.

- Cerca al Colapso: El sistema está al borde del fallo total. Cualquier carga adicional podría llevarlo a un colapso completo.

- Colapso: El sistema ha fallado totalmente y no puede cumplir con su función.

También se encuentran las frecuencias de eventos los cuales miden la probabilidad de ocurrencia de fallos o eventos que pueden afectar al sistema. Estos se categorizan desde muy raro hasta frecuente, y representan la posibilidad de que un sistema experimente un fallo bajo ciertas condiciones de carga:

- Muy Raro: Los fallos en este nivel son altamente improbables.

- Raro: Los fallos son poco comunes, pero pueden ocurrir.

- Ocasional: El sistema comienza a fallar con más frecuencia bajo ciertos niveles de carga o deterioro.

- Frecuente: Los fallos ocurren de manera regular, indicando que el sistema está bajo una carga extrema o en un estado de degradación avanzado.

Cada celda de la matriz refleja una evaluación del desempeño del sistema bajo una combinación específica de estado operacional y frecuencia de eventos.

	MUY RARO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE
TOTALMENTE OPERACIONAL	-			
FUNCIONAL				DI
RESGUARDO DE VIDA			DI	DI
CERCA AL COLAPSO		DI	DI	DI
COLAPSO	DI	DI	DI	DI

	Estructuras de Seguridad Crítica
	Estructuras esenciales o riesgosas (Hospitales)
	Estructuras básicas
DI	Desempeño Inaceptable

En la figura se muestra las categorías aceptables según el tipo de estructura. En este caso, al tratarse de un colegio, debería de encontrarse dentro del rango de Estructuras de Seguridad Crítica, por lo que el análisis revela que los módulos 1, 2-1, 2-2 y 3 han alcanzado un desempeño inaceptable, ya que todos los eventos de sismo se encuentran fuera del rango establecido para Categoría A, el cual es “totalmente funcional” para sismo raro y “funcional” para sismo muy raro.

TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La evaluación Sísmica del Análisis No Lineal Tiempo Historia se realiza mediante distorsiones de entrepiso, y el nivel de desempeño se indica en las tablas de Hazus.

Figura 53: Evaluación Sísmica de acuerdo con las Distorsiones de Entrepiso

Building Properties		Interstory Drift at Threshold of Damage State					Spectral Displacement (inches)								
Type	Height (in)		State					Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.50	0.84	1.25	0.86	3.86	0.89	9.45	1.04	
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.86	0.89	2.14	0.95	6.62	0.95	16.20	0.92	
SIL	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600	1.30	0.80	2.24	0.75	5.08	0.74	12.96	0.88	
SIM	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400	2.16	0.65	3.74	0.68	8.46	0.69	21.60	0.87	
SIH	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300	3.37	0.64	5.83	0.64	13.21	0.71	33.70	0.83	
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600	1.08	0.93	1.87	0.92	5.04	0.93	12.96	0.93	
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400	1.80	0.70	3.12	0.69	8.40	0.69	21.60	0.89	
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300	2.81	0.66	4.87	0.64	13.10	0.69	33.70	0.80	
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525	0.54	0.88	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	0.89	
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.86	0.96	1.50	1.00	4.04	1.03	11.34	0.92	
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.44	0.75	2.50	0.72	6.73	0.72	18.90	0.94	
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262	2.25	0.66	3.90	0.67	10.50	0.70	29.48	0.90	
SSL															
SSM															
SSH															
CIL	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600	0.90	0.89	1.56	0.00	4.20	0.90	10.80	0.89	
CI1	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400	1.50	0.70	2.60	0.70	7.00	0.70	18.00	0.89	
CIH	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300	2.16	0.66	3.74	0.66	10.08	0.76	25.92	0.91	
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600	0.72	0.72	1.52	0.97	4.17	1.03	10.80	0.87	
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400	1.20	1.20	2.53	0.77	6.95	0.73	18.00	0.91	
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300	1.73	1.73	3.64	0.68	10.00	0.70	15.92	0.87	

Análisis No Lineal Tiempo Historia

Modelado No Lineal

- Consideraciones del Modelado

Figura 54: Definición de los 3 pares de Registros de aceleraciones post tratamiento y escalados al Espectro Elástico – Módulo 1, 2-1, 2-2, 3

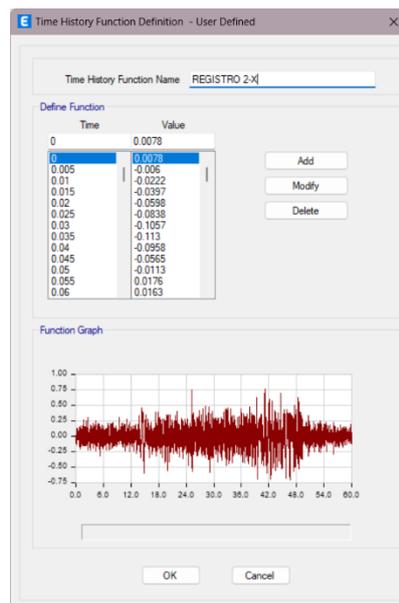


Figura 55: Definición del caso Time History en la dirección X del registro de aceleración del sismo 2022 (R-2) - Módulo 1, 2-1, 2-2, 3

Load Case Data

General

Load Case Name: R2-X

Load Case Type/Subtype: Time History

Mass Source: Peso sísmico

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Gravedad no lineal

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	REGISTRO 2-X	9.81

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: None

Number of Output Time Steps: 12001

Output Time Step Size: 0.005 sec

Damping: Mass: 0.7561; Stiff: 0.0026; Modal: No

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor

Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only

Figura 56: Definición del caso Time History en la dirección Y del registro de aceleración del sismo 2022 (R-2) - Módulo 1, 2-1, 2-2, 3

Load Case Data

General

Load Case Name: R2-Y

Load Case Type/Subtype: Time History

Mass Source: Peso sísmico

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Gravedad no lineal

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	REGISTRO 2-Y	9.81

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: None

Number of Output Time Steps: 12001

Output Time Step Size: 0.005 sec

Damping: Mass: 0.7561; Stiff: 0.0026; Modal: No

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor

Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only

Análogamente, se crean los casos tiempo historia para los sismos AMAZONAS 2022 (R-3) y LORETO 2019 (R-5).

Registros y Tratamiento de aceleraciones

- Corrección por Línea Base y reducción de ruido

Se utilizó el programa SeismoSignal para corregir el desfase de las señales sísmicas con respecto al nivel del suelo, asimismo para corregir aquellos ruidos que distorsionan la señal sísmica.

Figura 57: Corrección por línea base y ruido del registro X del Sismo 2022

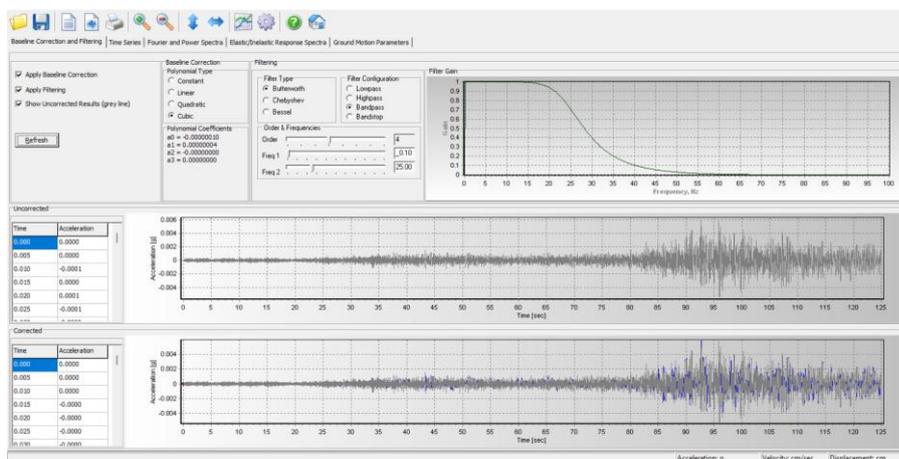
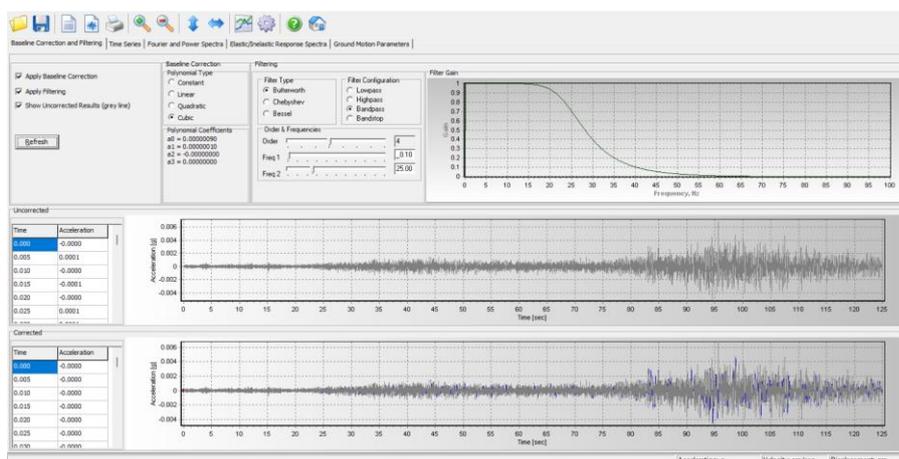


Figura 58: Corrección por línea base y ruido del registro Y del Sismo 2022



Análogamente se corrigen los 2 pares de registros de los sismos restantes.

- **Compatibilización al Espectro Elástico**

Se utilizó el programa SeismoMatch para compatibilizar los 8 registros de aceleraciones correspondientes a los sismos Puno 2022, Amazonas 2022 y Loreto 2019 con el espectro Elástico estipulado en la Norma E030.

Finalmente, los Registros escalados se muestran a continuación:

Figura 59: Sismo PUNO 2022 (R-2) Compatibilizado al Espectro Elástico X e Y

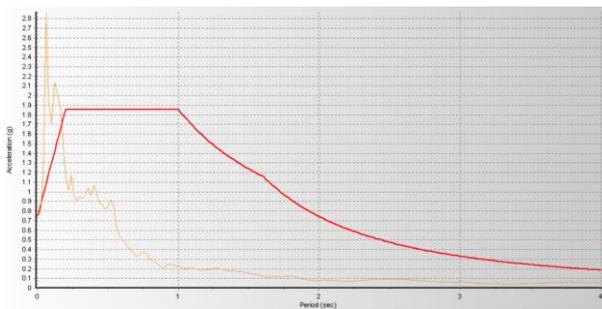
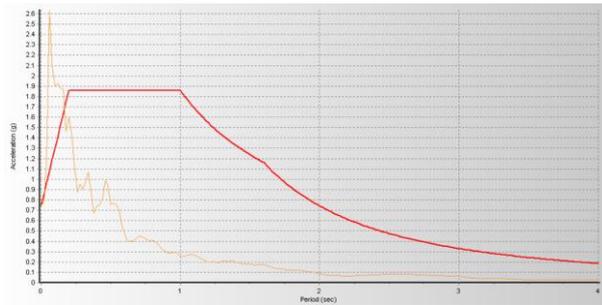


Figura 60: Sismo AMAZONAS 2022 (R-3) Compatibilizado al Espectro Elástico

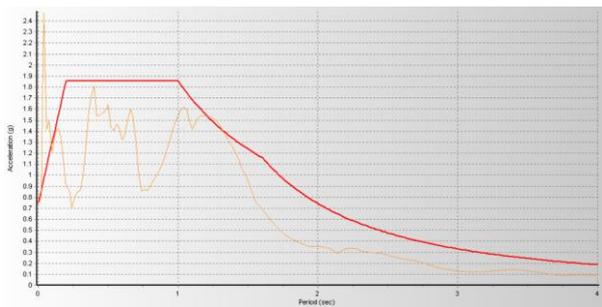
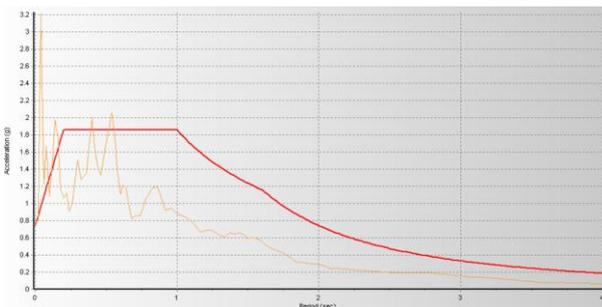
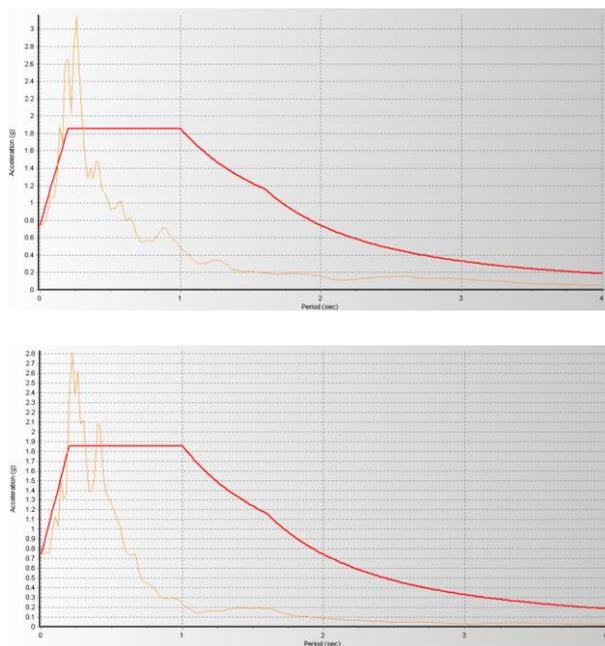


Figura 61: Sismo LORETO 2019 (R-5) Compatibilizado al Espectro Elástico



Estos registros se insertaron como funciones en los modelados: Módulo 1, Módulo 2-1, Módulo 2-2 y Módulo 3 para posteriormente analizar ambas estructuras a nivel no lineal, específicamente del tipo: Tiempo Historia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Resultados y discusiones del Análisis No Lineal Tiempo Historia

- **Módulo 1**

REGISTRO 2: PUNO 2022

Tabla 99: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo

PUNO 2022 – Módulo 1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 3	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.0143	MODERATE
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.016872	EXTENSIVE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.01279	MODERATE

Tabla 100: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo PUNO 2022 – Módulo1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 3	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.182617	COMPLETE
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.016251	EXTENSIVE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.035358	EXTENSIVE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 53 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños moderados y ligeros en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (PUNO).

REGISTRO 3: AMAZONAS 2022

Tabla 101: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 3	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.015898	EXTENSIVE
PISO 2	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.018564	EXTENSIVE
PISO 1	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.013624	MODERATE

Tabla 102: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 3	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.013857	MODERATE
PISO 2	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.011914	MODERATE
PISO 1	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.007673	MODERATE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 53 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños ligeros y su ausencia en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (AMAZONAS).

REGISTRO 5: LORETO 2019

Tabla 103: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo LORETO 2019 – Módulo 1

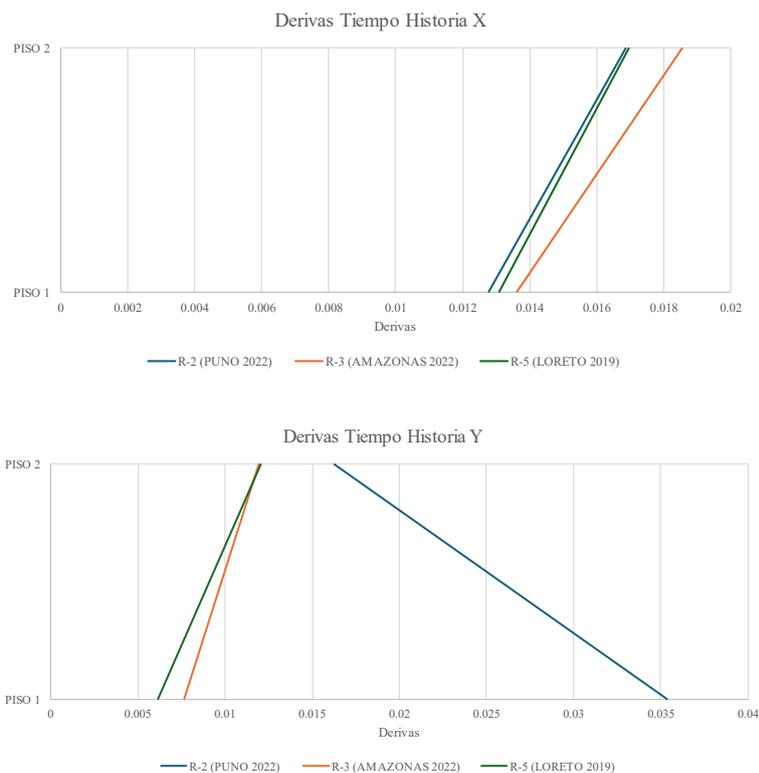
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 3	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.014364	MODERATE
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.016955	EXTENSIVE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.013103	MODERATE

Tabla 104: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo LORETO 2019 – Módulo 1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 3	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.015135	MODERATE
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.012056	MODERATE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.00617	MODERATE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños moderados y su ausencia en la estructura frente al registro sísmico del 2019 (LORETO).

Figura 62: Distorsiones de entrepiso Tiempo Historia – Módulo 1



- **Módulo 2-1**

REGISTRO 2: PUNO 2022

Tabla 105: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo PUNO 2022 – Módulo 2-1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.035444	EXTENSIVE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.028992	EXTENSIVE

Tabla 106: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo PUNO 2022 – Módulo 2-1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.007692	MODERATE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.067009	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (PUNO).

REGISTRO 3: AMAZONAS 2022

Tabla 107: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 2-1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.064143	COMPLETE
PISO 1	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.049272	COMPLETE

Tabla 108: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 2-1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.009302	MODERATE
PISO 1	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.041351	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (AMAZONAS).

REGISTRO 3: LORETO 2019

Tabla 109: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo LORETO 2019 – Módulo 2-1

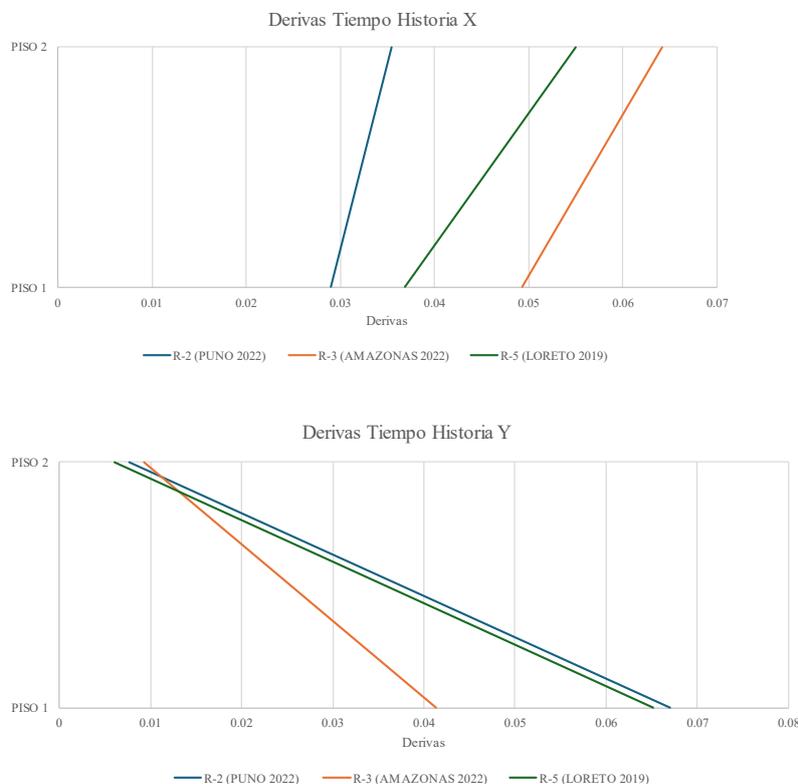
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.054983	COMPLETE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.036858	EXTENSIVE

Tabla 110: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo LORETO 2019 – Módulo 2-1

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.006095	MODERATE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.065185	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños moderados en la estructura frente al registro sísmico del 2019 (LORETO).

Figura 63: Distorsiones de entrepiso Tiempo Historia – Módulo 2-1



- **Módulo 2-2**

REGISTRO 2: PUNO 2022

Tabla 111: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo PUNO 2022 – Módulo 2-2

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.037259	EXTENSIVE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.025702	EXTENSIVE

Tabla 112: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo PUNO 2022 – Módulo 2-2

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.00863	MODERATE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.056945	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (PUNO).

REGISTRO 3: AMAZONAS 2022

Tabla 113: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 2-2

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.045476	COMPLETE
PISO 1	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.032738	EXTENSIVE

Tabla 114: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 2-2

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.007945	MODERATE
PISO 1	R-3 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.041531	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (AMAZONAS).

REGISTRO 3: LORETO 2019

Tabla 115: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo LORETO 2019 – Módulo 2-2

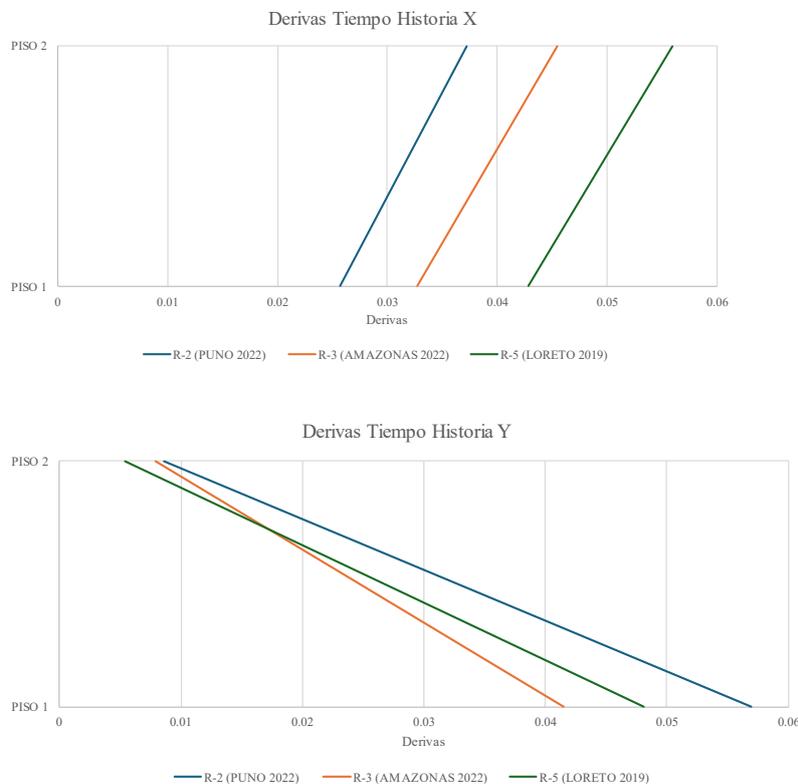
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.055986	COMPLETE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.042869	COMPLETE

Tabla 116: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo LORETO 2019 – Módulo 2-2

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.005385	SLIGHT
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.048077	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños moderados en la estructura frente al registro sísmico del 2019 (LORETO).

Figura 64: Distorsiones de entrepiso Tiempo Historia – Módulo 2-2



- **Módulo 3**

REGISTRO 2: PUNO 2022

Tabla 117: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo

PUNO 2022 – Módulo 3

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.006933	MODERATE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	X	0.005924	MODERATE

Tabla 118: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo

PUNO 2022 – Módulo 3

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.137505	COMPLETE
PISO 1	R-2 (PUNO 2022)	NonModHist	Max	Y	0.053781	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (PUNO).

REGISTRO 5: LORETO 2019

Tabla 119: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo

LORETO 2019 – Módulo 3

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.008193	MODERATE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	X	0.00725	MODERATE

Tabla 120: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo

LORETO 2019 – Módulo 3

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.481548	COMPLETE
PISO 1	R-5 (LORETO 2019)	NonModHist	Max	Y	0.14862	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños en la estructura frente al registro sísmico del 2019 (LORETO).

REGISTRO 6: AMAZONAS 2022

Tabla 121: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección X del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 3

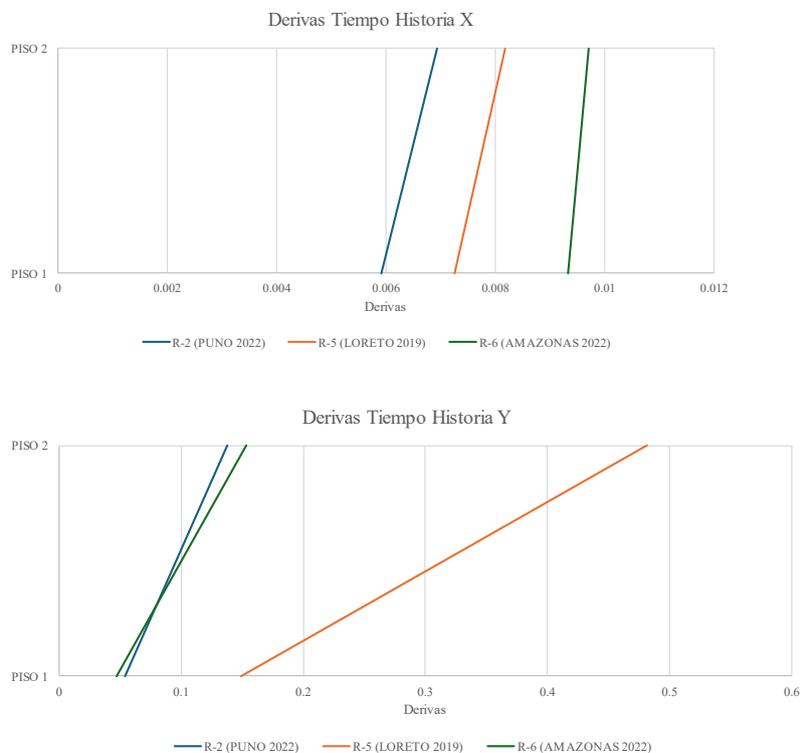
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-6 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.009713	MODERATE
PISO 1	R-6 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	X	0.009333	MODERATE

Tabla 122: Distorsiones de entrepiso ocasionadas por el Registro en la dirección Y del Sismo AMAZONAS 2022 – Módulo 3

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	DESEMPEÑO
PISO 2	R-6 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.153189	COMPLETE
PISO 1	R-6 (AMAZONAS 2022)	NonModHist	Max	Y	0.046582	COMPLETE

De acuerdo con los niveles de desempeño presentados en la Figura 42 acorde a las tablas de Hazus, se presentaron daños moderados en la estructura frente al registro sísmico del 2022 (AMAZONAS).

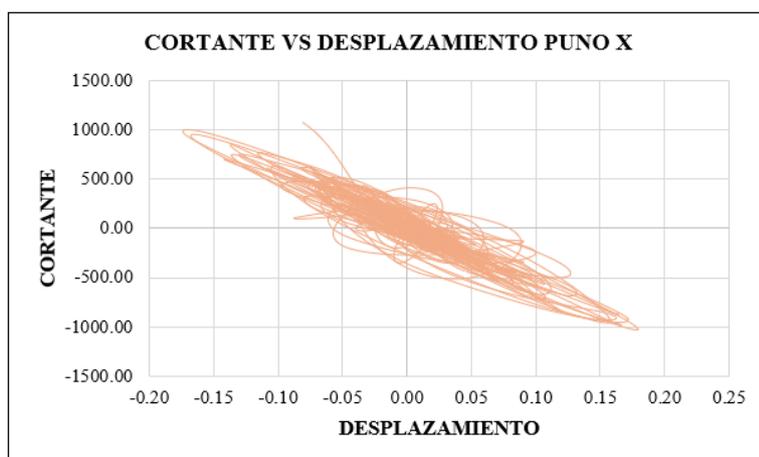
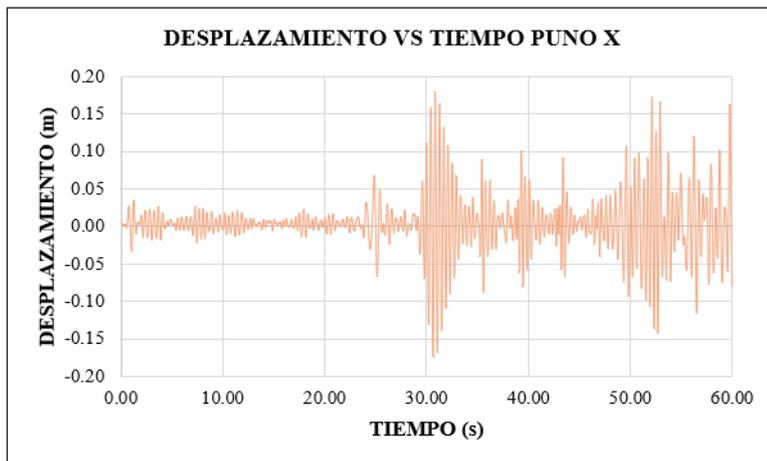
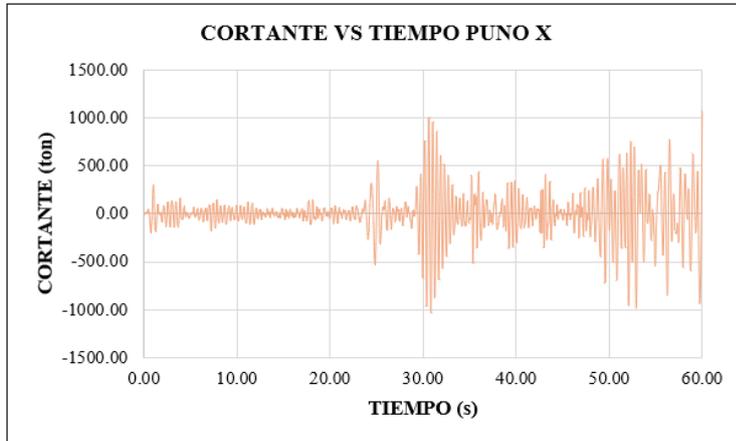
Figura 65: Distorsiones de entrepiso Tiempo Historia – Módulo 3



- **Módulo 1**

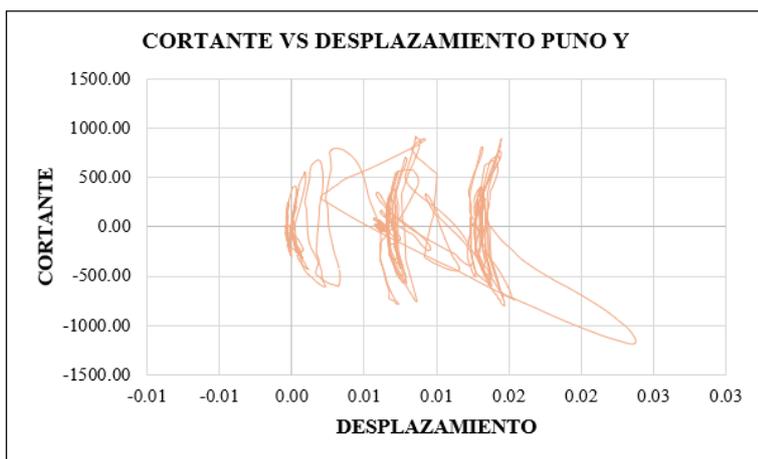
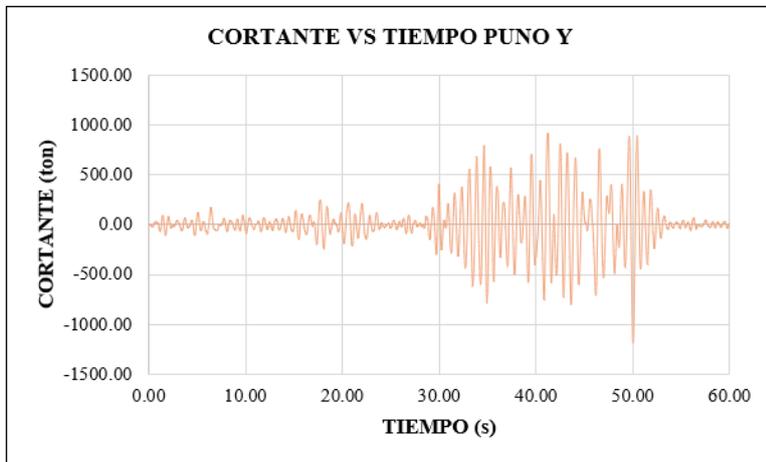
Figura 66: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo

PUNO 2022-Módulo 1



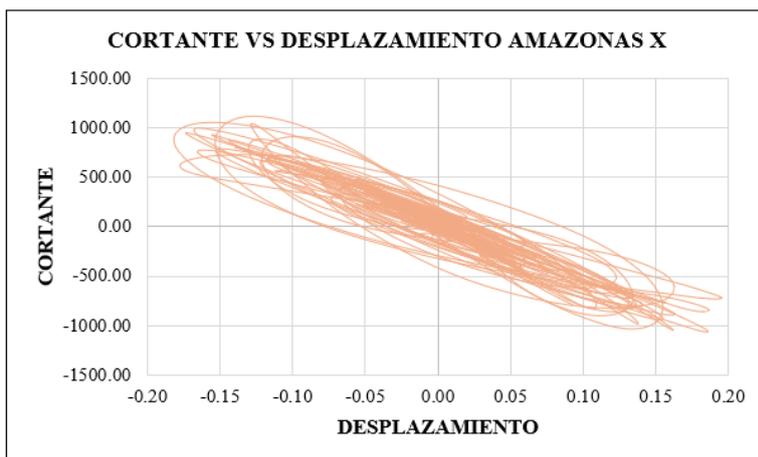
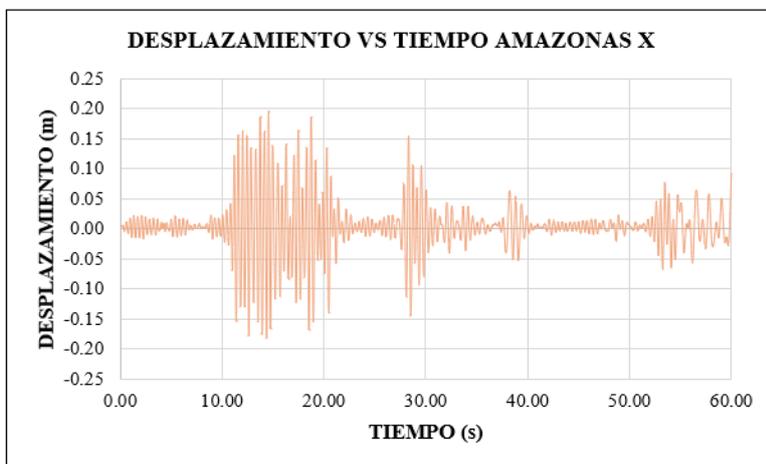
Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 120 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular-lineal de la estructura frente al sismo.

Figura 67: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo PUNO 2022-Módulo 1



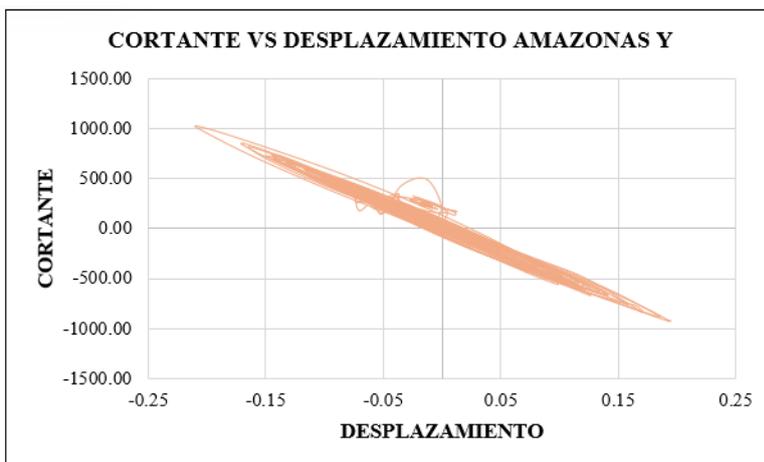
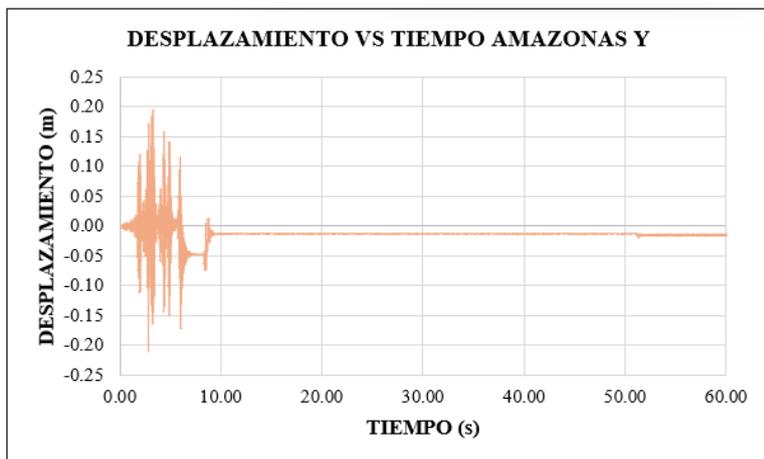
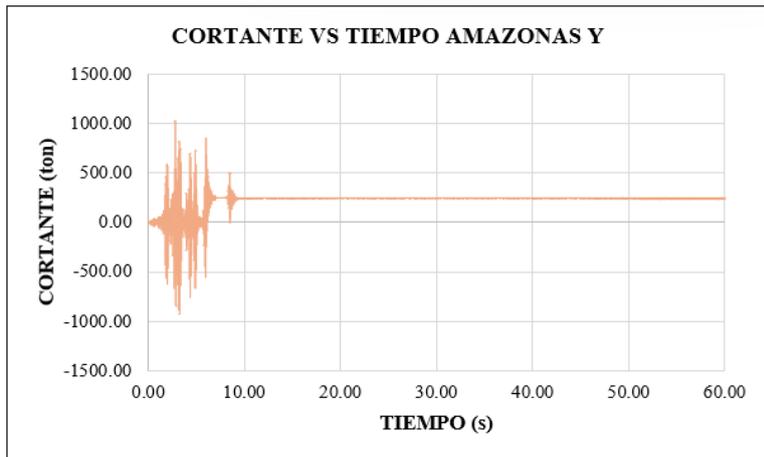
Se encontraron desplazamientos mayores a 2 cm y cortantes cercanas a las 1000 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento lineal de la estructura frente al sismo.

Figura 68: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo AMAZONAS 2022- Módulo 1



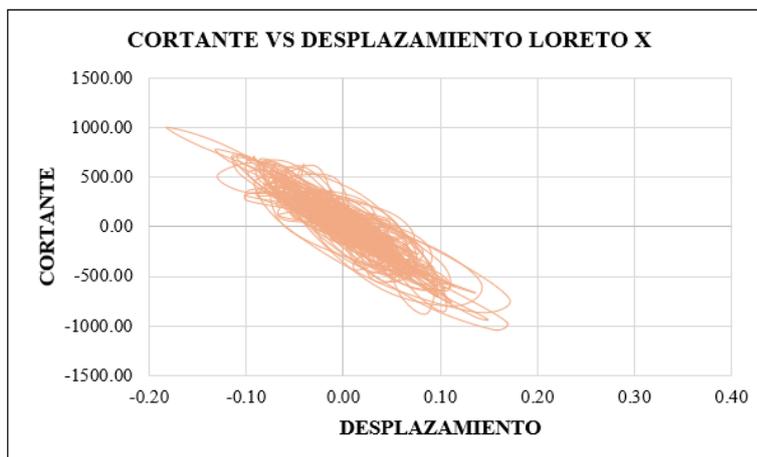
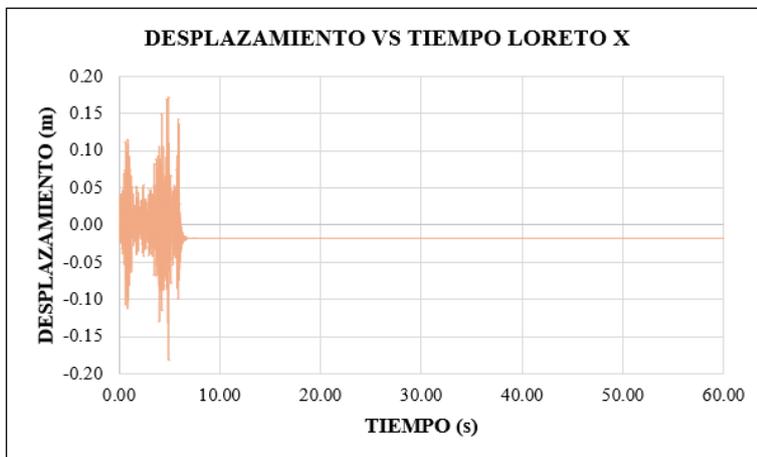
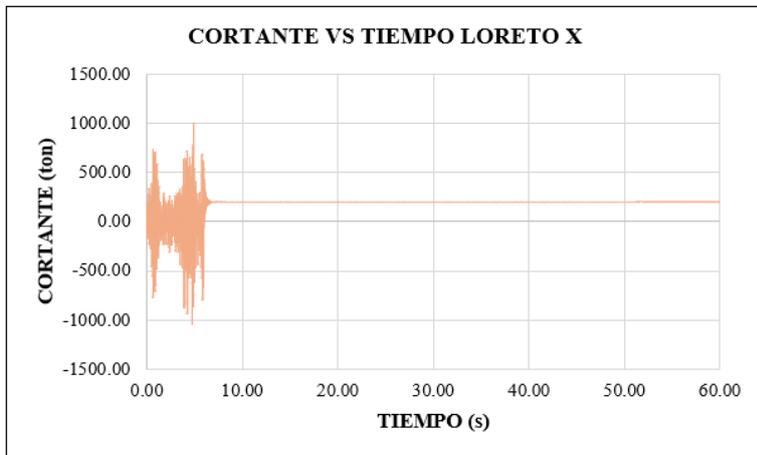
Se encontraron desplazamientos mayores a 1 cm y cortantes cercanas a las 100 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento lineal de la estructura frente al sismo.

Figura 69: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo AMAZONAS 2022-Módulo 1



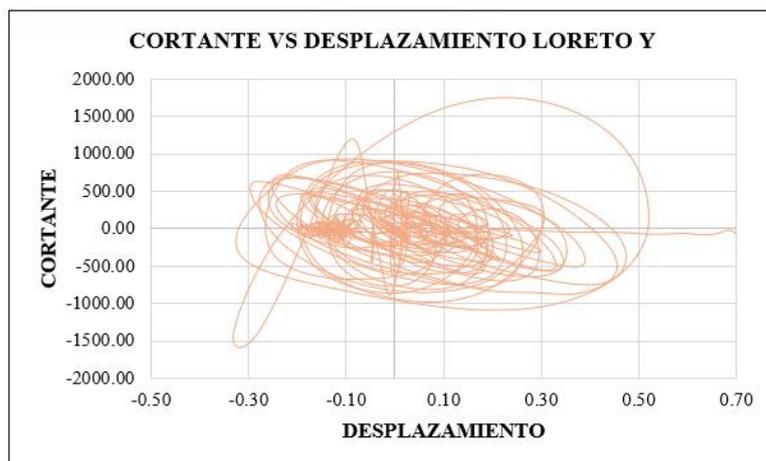
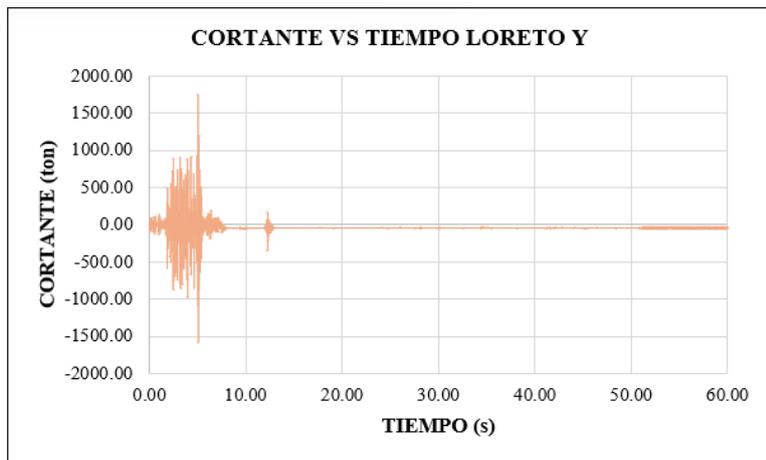
Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 1500 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 70: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo LORETO 2019-Módulo 1



Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 1000 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 71: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo LORETO 2019-Módulo 1

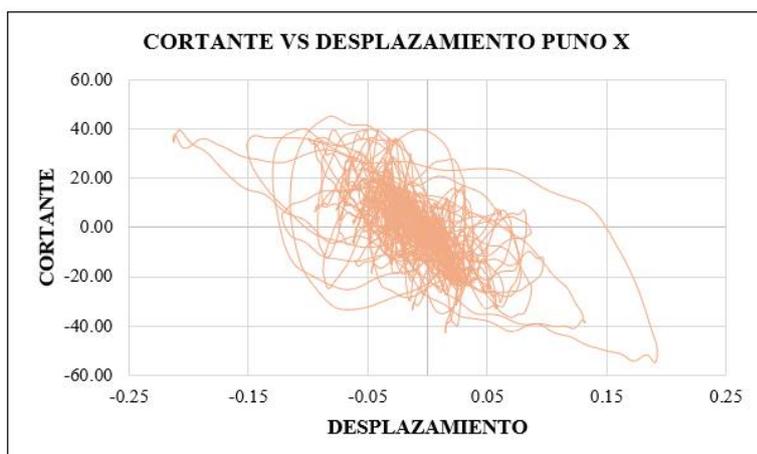
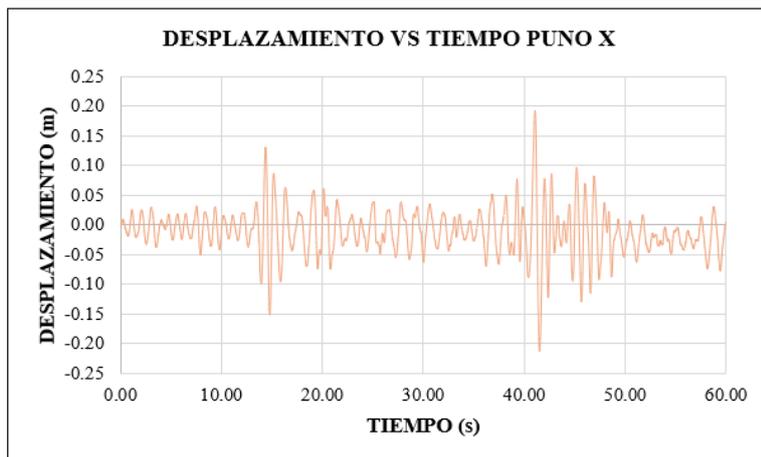
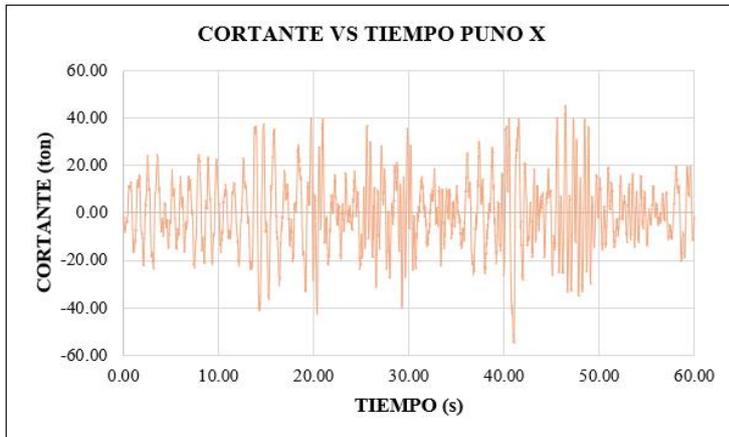


Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 1000 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

- **Módulo 2-1**

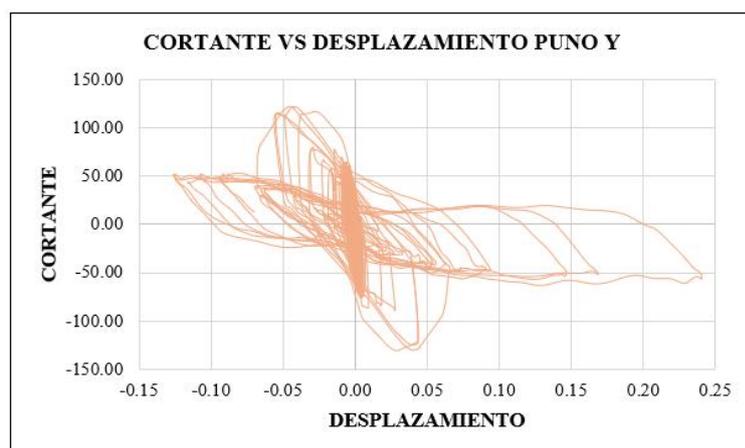
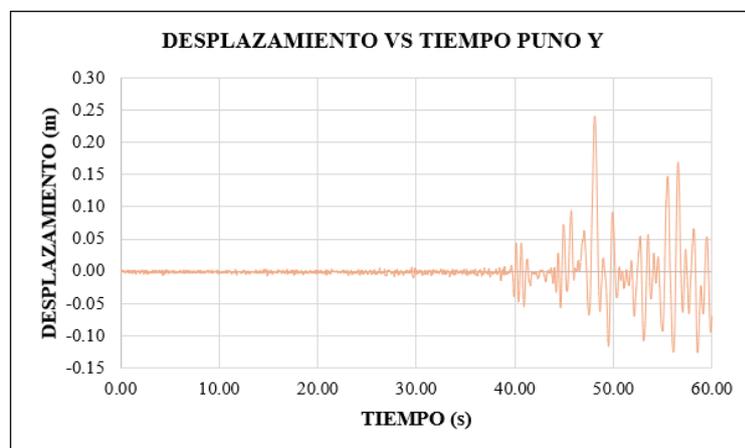
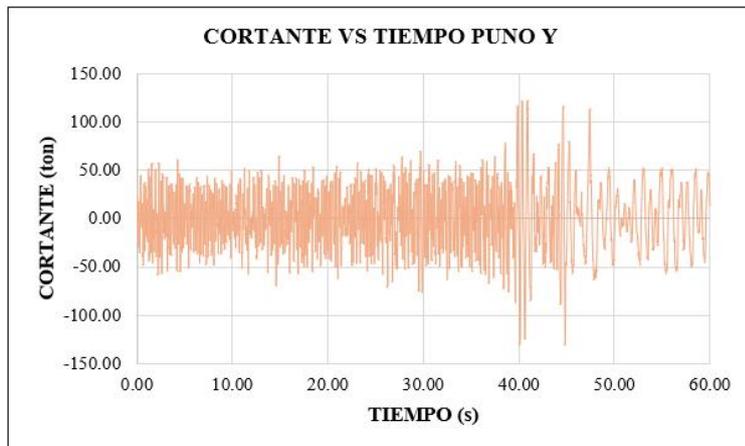
Figura 72: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo

PUNO 2022-Módulo 2-1



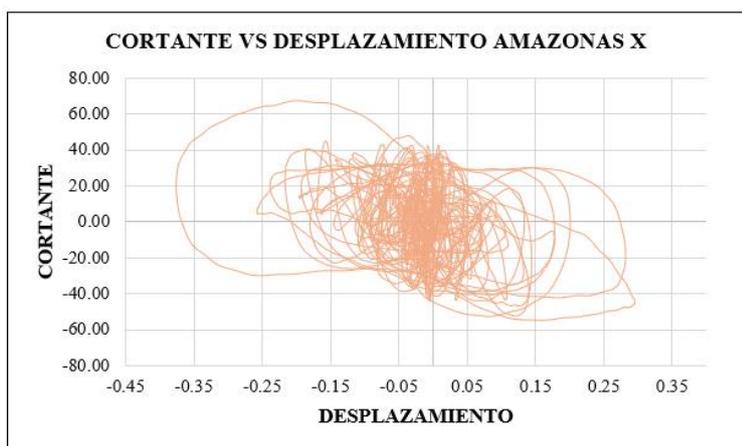
Se encontraron desplazamientos mayores a 15 cm y cortantes cercanas a las 60 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 73: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo PUNO 2022-Módulo 2-1



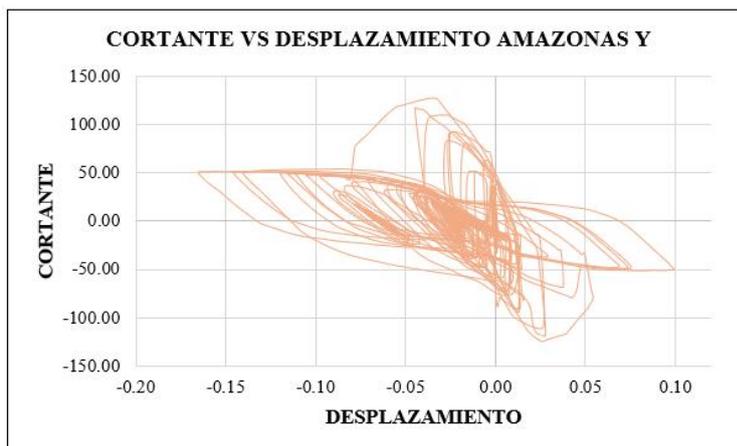
Se encontraron desplazamientos mayores a 20 cm y cortantes cercanas a las 150 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 74: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo AMAZONAS 2022- Módulo 2-1



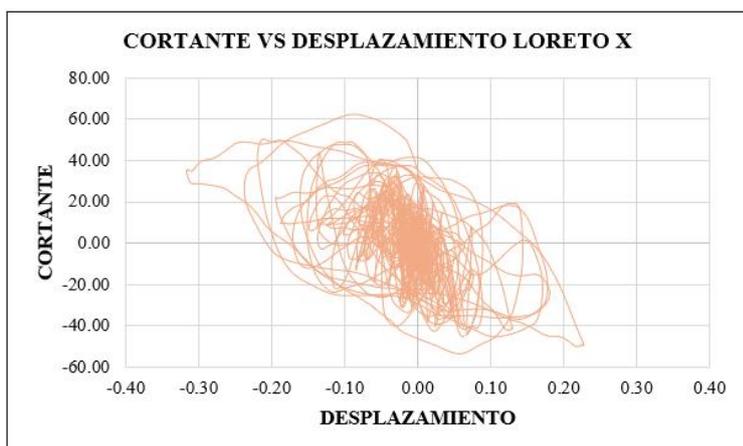
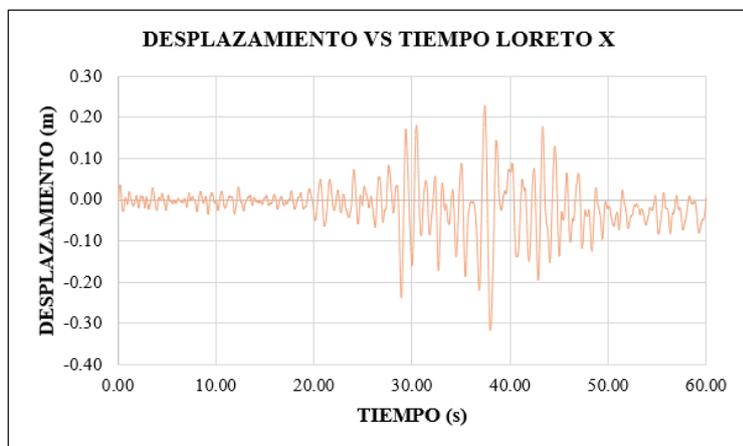
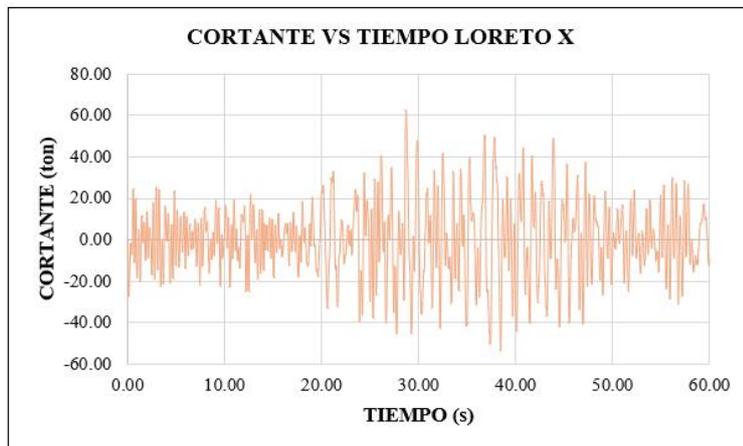
Se encontraron desplazamientos mayores a 25 cm y cortantes cercanas a las 80 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 75: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo AMAZONAS 2022-Módulo 2-1



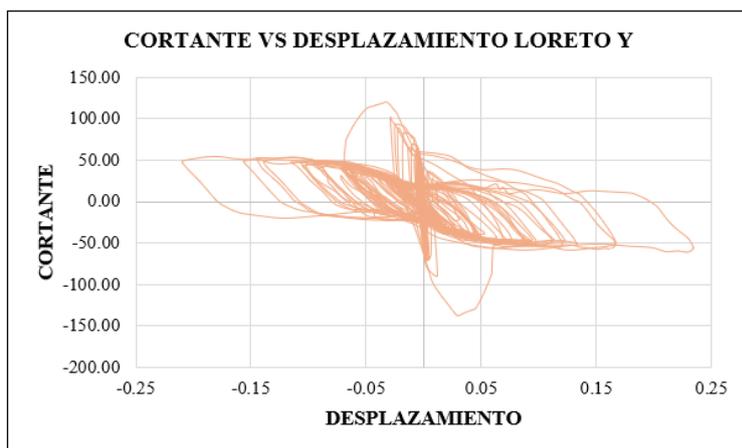
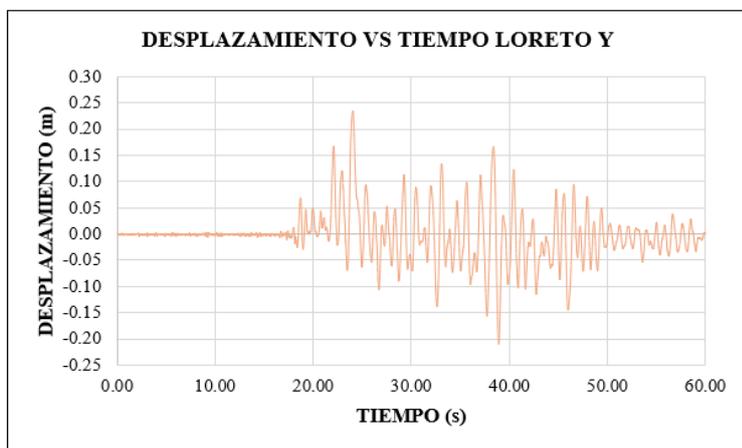
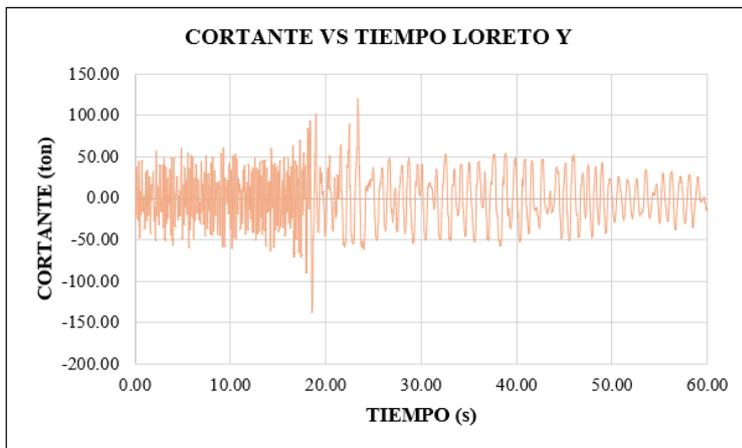
Se encontraron desplazamientos mayores a 5 cm y cortantes cercanas a las 150 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 76: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo LORETO 2019-Módulo 2-1



Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 60 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 77: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo LORETO 2019-Módulo 2-1

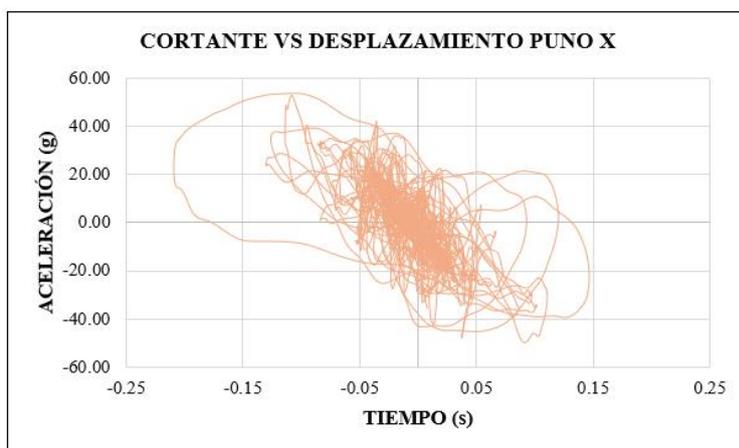
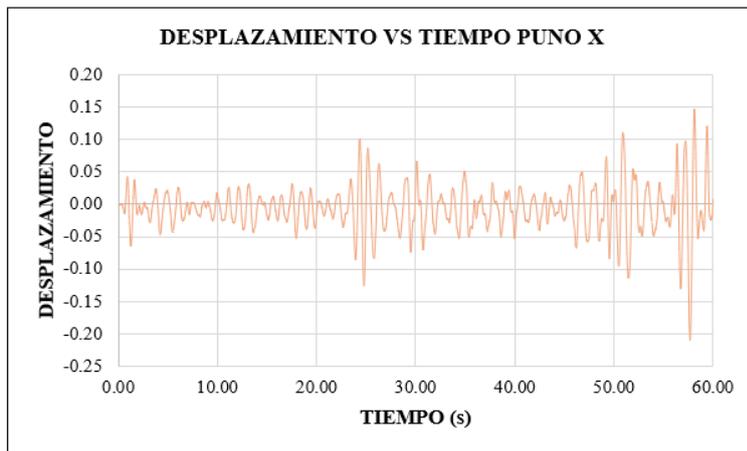
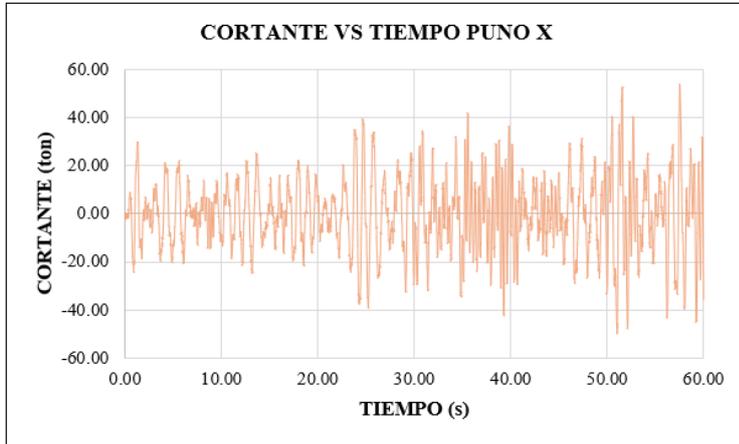


Se encontraron desplazamientos mayores a 15 cm y cortantes cercanas a las 150 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

- **Módulo 2-2**

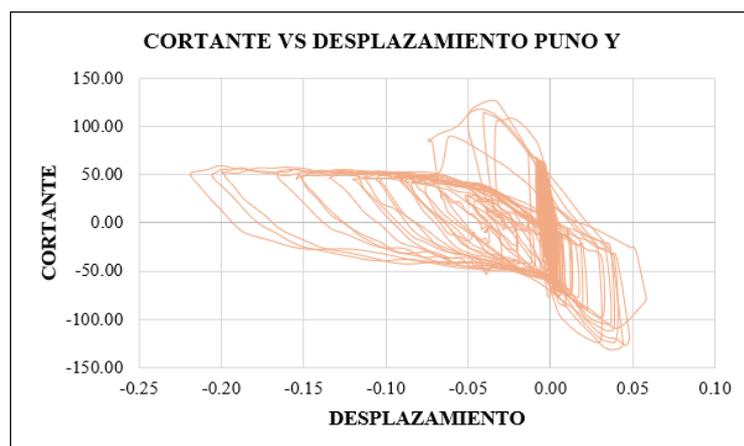
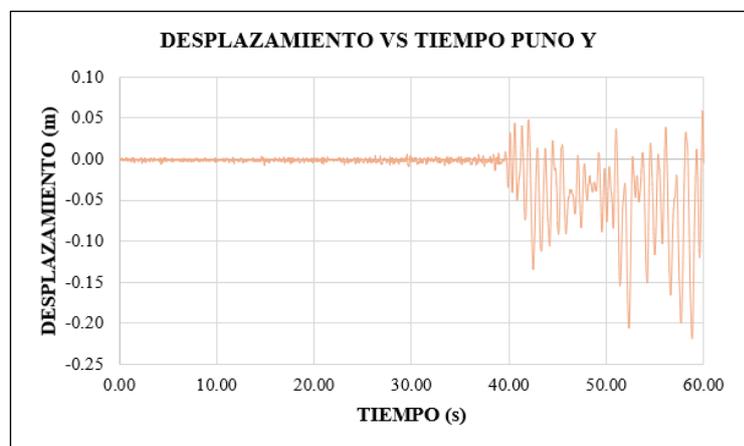
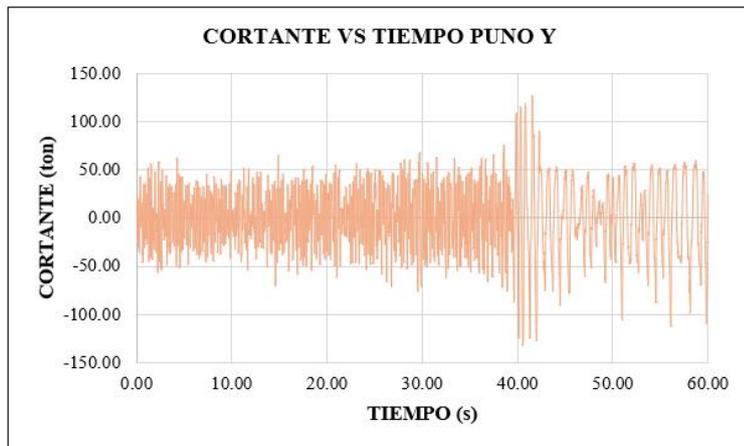
Figura 78: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo

PUNO 2022-Módulo 2-2



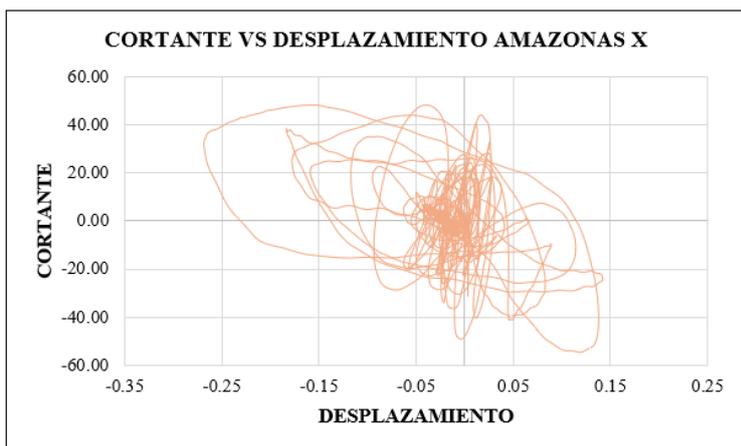
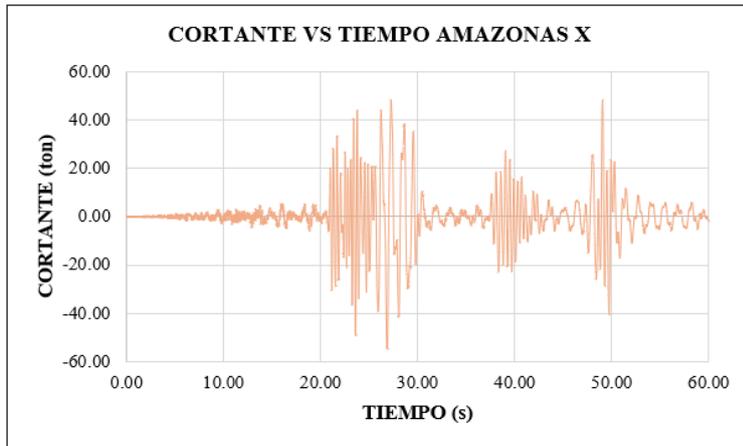
Se encontraron desplazamientos mayores a 5 cm y cortantes cercanas a las 60 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 79: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo PUNO 2022-Módulo 2-2



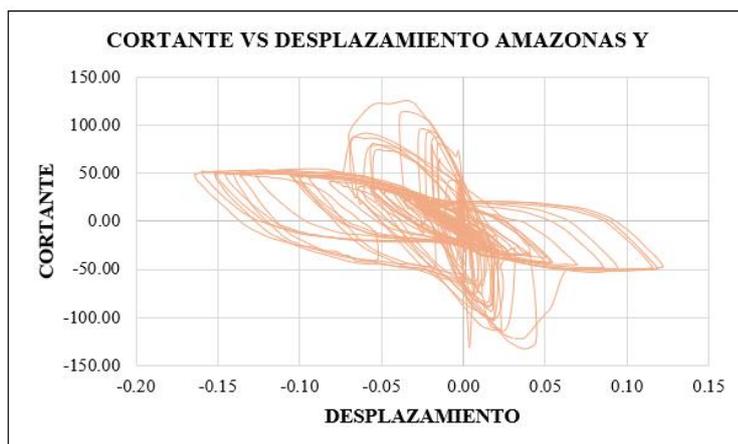
Se encontraron desplazamientos mayores a 5 cm y cortantes cercanas a las 150 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular-lineal de la estructura frente al sismo.

Figura 80: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo AMAZONAS 2022- Módulo 2-2



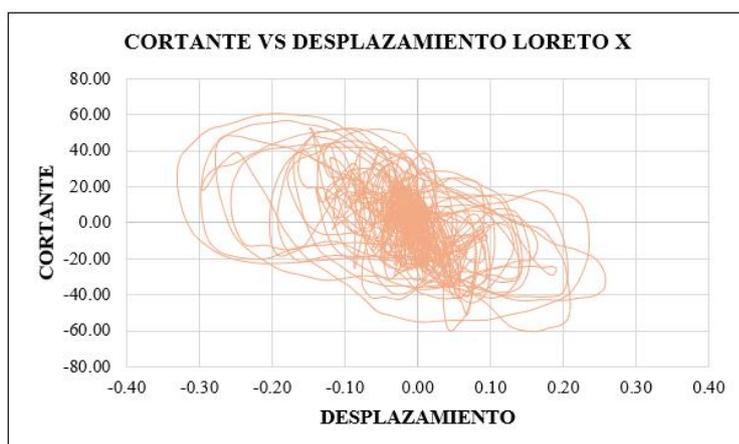
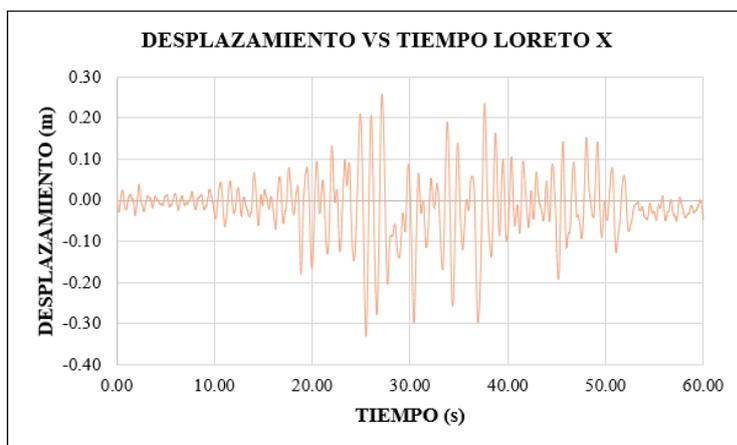
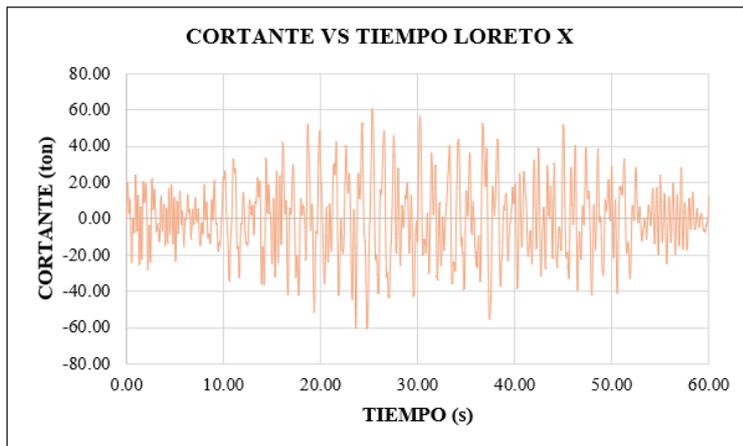
Se encontraron desplazamientos mayores a 5 cm y cortantes cercanas a las 60 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 81: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo AMAZONAS 2022-Módulo 2-2



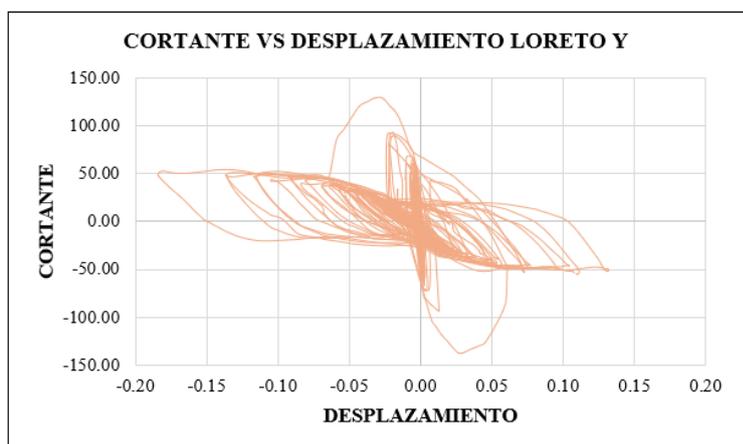
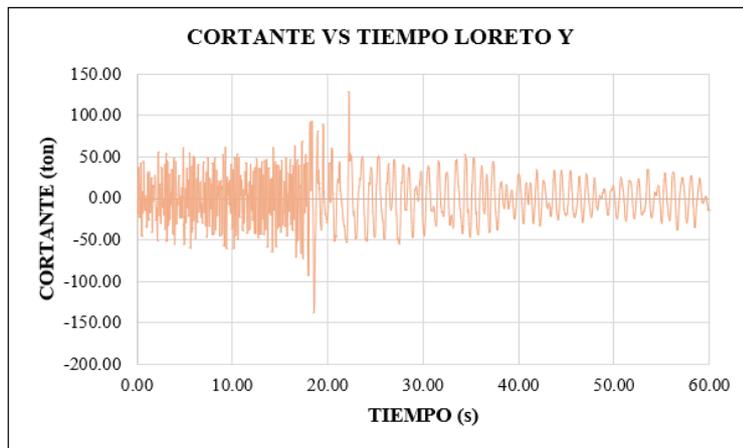
Se encontraron desplazamientos mayores a 5 cm y cortantes cercanas a las 150 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 82: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo LORETO 2019-Módulo 2-2



Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 60 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 83: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo LORETO 2019-Módulo 2-2

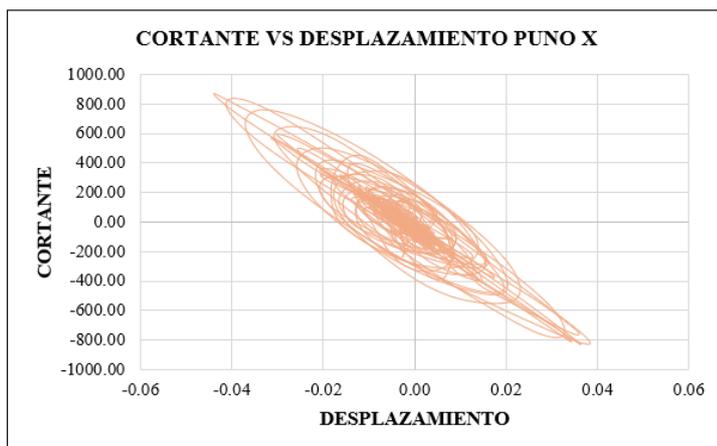
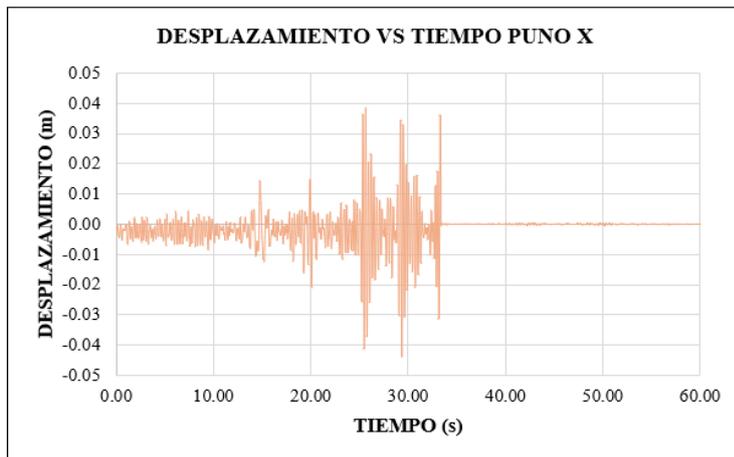
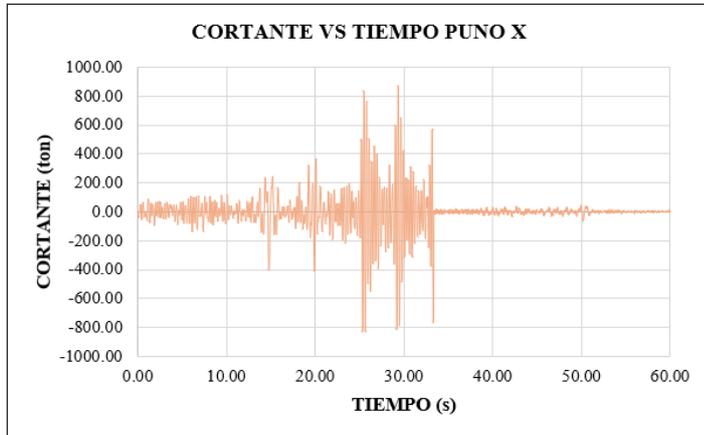


Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 150 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

- **Módulo 3**

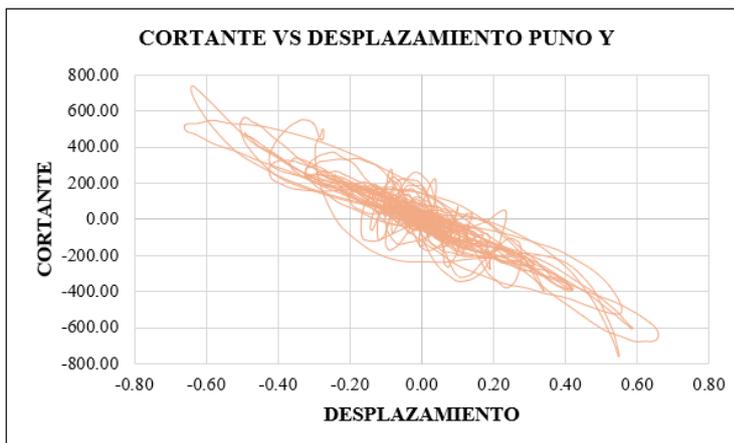
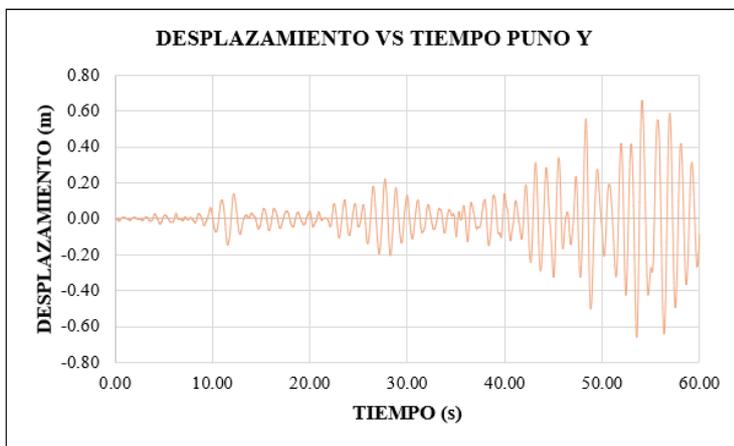
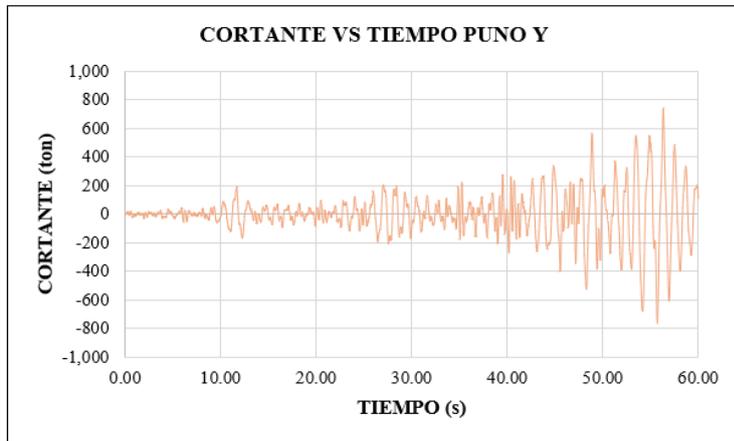
Figura 84: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo

PUNO 2022-Módulo 3



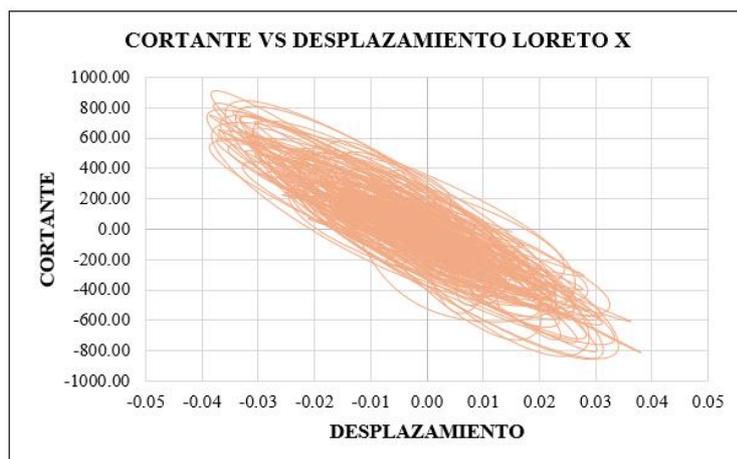
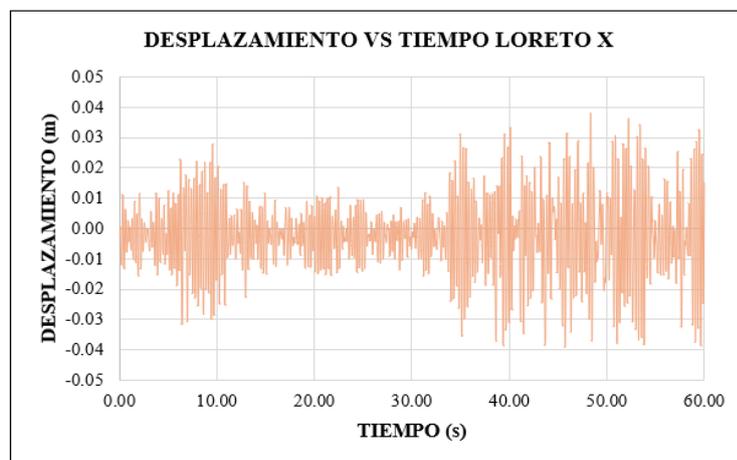
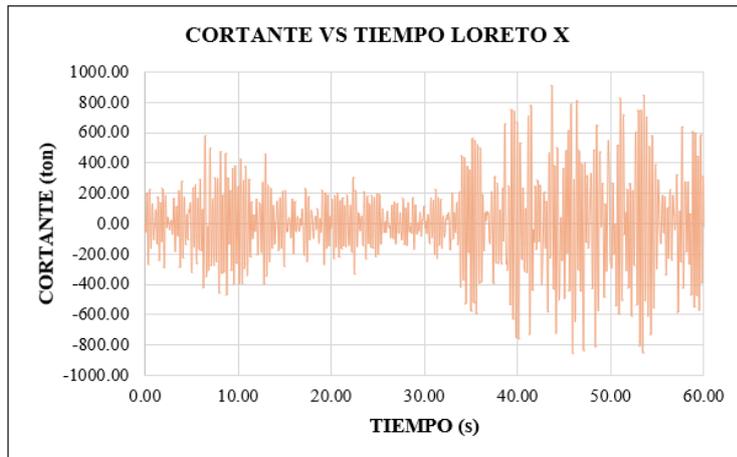
Se encontraron desplazamientos mayores a 2 cm y cortantes cercanas a las 1000 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 85: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo
PUNO 2022-Módulo 3



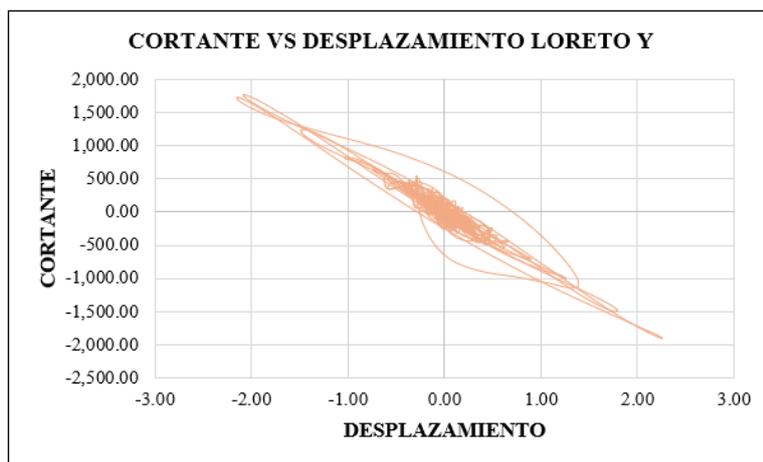
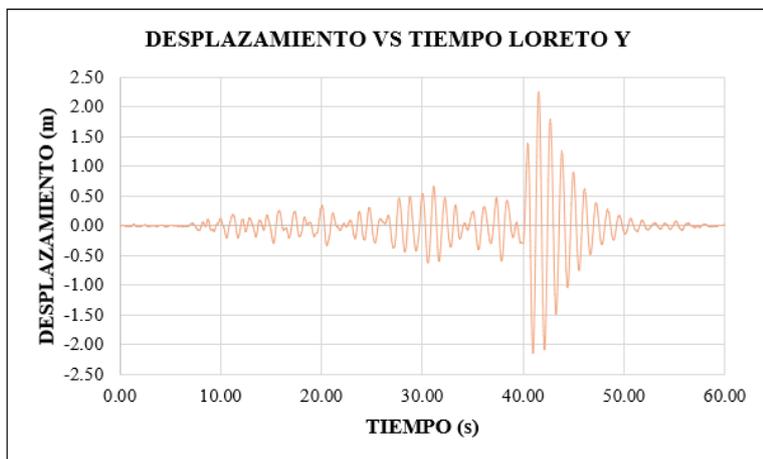
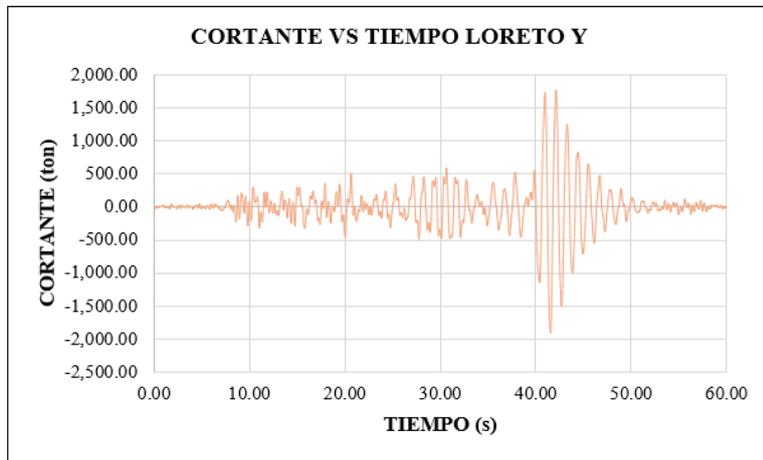
Se encontraron desplazamientos mayores a 4 cm y cortantes mayores a 800 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento lineal de la estructura frente al sismo.

Figura 86: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo LORETO 2019- Módulo 3



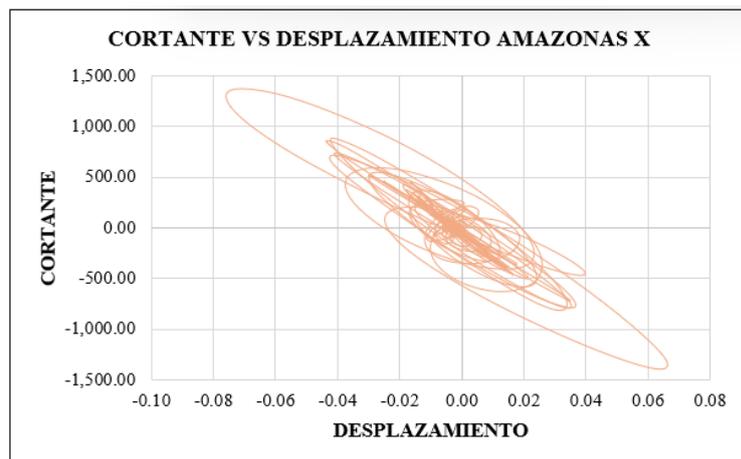
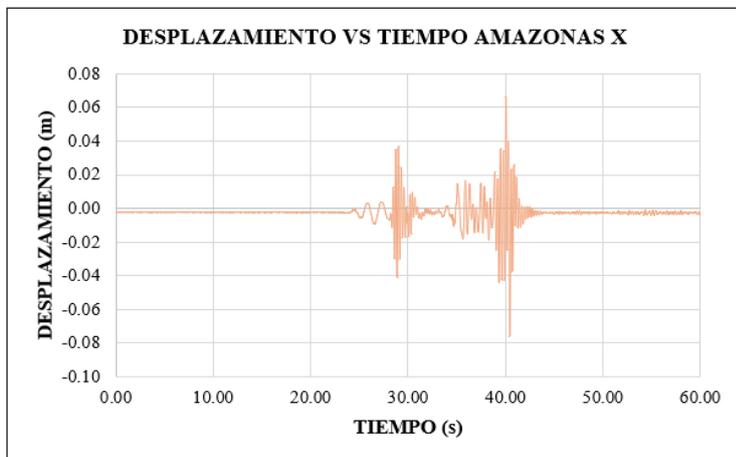
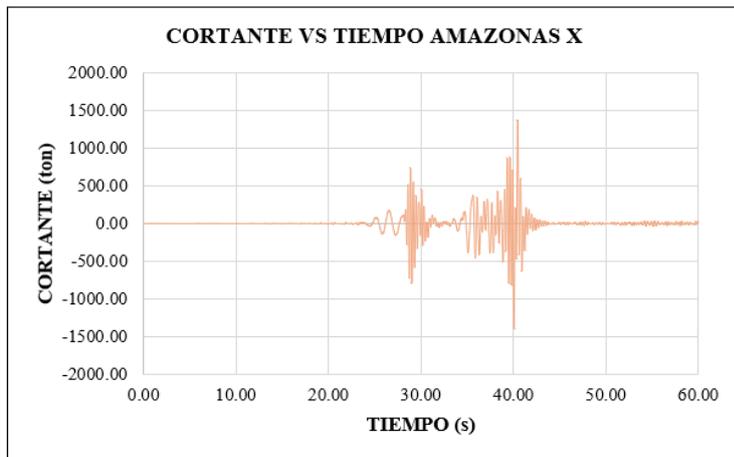
Se encontraron desplazamientos mayores a 3 cm y cortantes cercanas a las 1000 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 87: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo LORETO 2019-Módulo



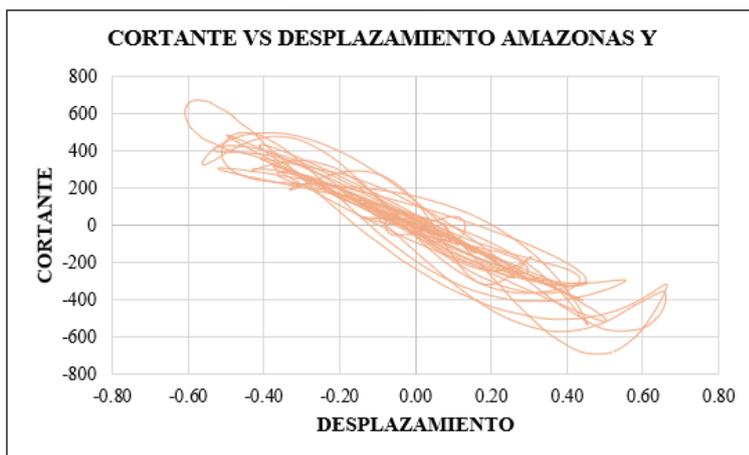
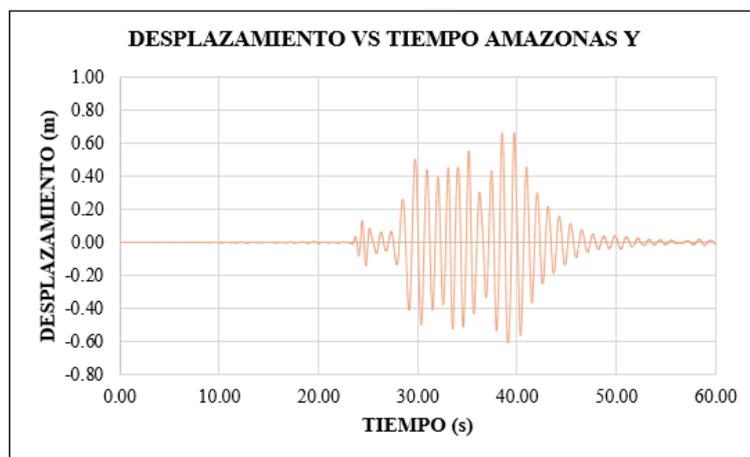
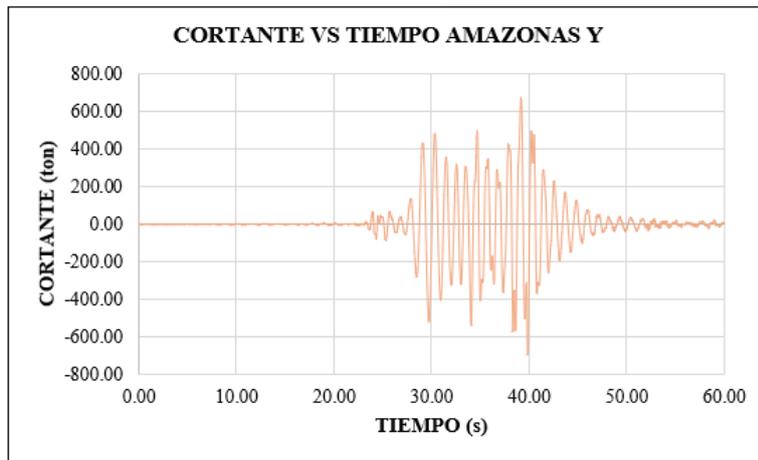
Se encontraron desplazamientos mayores a 10 cm y cortantes cercanas a las 1500 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento lineal de la estructura frente al sismo.

Figura 88: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración X del Sismo AMAZONAS 2022-Módulo 3



Se encontraron desplazamientos mayores a 2 cm y cortantes cercanas a las 1500 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento circular de la estructura frente al sismo.

Figura 89: Cortante, Desplazamiento y diagrama Histerético de la Aceleración Y del Sismo AMAZONAS 2022-Módulo 3



Se encontraron desplazamientos mayores a 20 cm y cortantes mayores a 800 tonf. El diagrama histerético muestra una tendencia de movimiento lineal-circular de la estructura frente al sismo.

De esta forma, se presenta a manera de resumen los niveles alcanzados en los módulos:

- **Módulo 1**

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	3er nivel	X		x		
		Y				x
	2do nivel	X			x	
		Y			x	
	1er nivel	X		x		
		Y			x	
REGISTRO 3	3er nivel	X			x	
		Y		x		
	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X		x		
		Y		x		
REGISTRO 5	3er nivel	X		x		
		Y		x		
	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X		x		
		Y		x		

El módulo 1 para el registro 2 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderate) en dirección X y daños estructurales significativos (extensive) en dirección Y, para el segundo nivel presenta daños estructurales significativos (extensive) en ambas direcciones, para el tercer nivel presenta algunos daños estructurales (moderate) en dirección X y daños estructurales severos (complete) en dirección Y. En el registro 3 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderate) en ambas direcciones, el segundo y tercer nivel presentan daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y. En el registro 5 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y. En el registro 5 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderate) en ambas direcciones, el segundo nivel presenta algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y y daños estructurales significativos (extensive) en dirección X, el tercer nivel presenta algunos daños estructurales (moderate) en ambas direcciones.

- **Módulo 2-1**

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x
REGISTRO 3	2do nivel	X				x
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x
REGISTRO 5	2do nivel	X				x
		Y	x			
	1er nivel	X				x
		Y				x

El módulo 2-1 para el registro 2 presenta en el primer nivel daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y, para el segundo nivel presenta daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y. En el registro 3 presenta en el primer nivel daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y daños estructurales severos (complete) en dirección Y, para el segundo nivel presenta daños estructurales severos (complete) en dirección X y algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y. En el registro 5 presenta en el primer nivel daños estructurales severos (complete) en ambas direcciones, y el segundo nivel presenta daños estructurales severos (complete) en dirección X y daños menores no estructurales (slight) en dirección Y.

- **Módulo 2-2**

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	2do nivel	X			x	
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x
REGISTRO 3	2do nivel	X				x
		Y		x		
	1er nivel	X				x
		Y				x
REGISTRO 5	2do nivel	X				x
		Y		x		
	1er nivel	X			x	
		Y				x

El módulo 2-2 para el registro 2 presenta en el primer nivel daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y, para el segundo nivel presenta daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y algunos

daños estructurales (moderate) en dirección Y. En el registro 3 presenta en el primer nivel daños estructurales severos (complete) en ambas direcciones, para el segundo nivel presenta daños estructurales severos (complete) en dirección X y algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y. El registro 5 presenta en el primer nivel daños estructurales significativos (extensive) en dirección X y daños estructurales severos (complete) en dirección Y, el segundo nivel presenta daños estructurales severos (complete) en dirección X y algunos daños estructurales (moderate) en dirección Y.

- **Módulo 3**

	NIVEL	DIRECCIÓN	DESEMPEÑO			
			Slight	Moderate	Extensive	Complete
REGISTRO 2	2° nivel	X		x		
		Y				x
	1° nivel	X		x		
		Y				x
REGISTRO 5	2° nivel	X		x		
		Y				x
	1° nivel	X		x		
		Y				x
REGISTRO 6	2° nivel	X		x		
		Y				x
	1° nivel	X		x		
		Y				x

El módulo 3 para el registro 2 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderative) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y, para el segundo nivel presenta algunos daños estructurales (moderative) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y. En el registro 5 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderative) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y, para el segundo nivel presenta algunos daños estructurales (moderative) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y. El registro 6 presenta en el primer nivel algunos daños estructurales (moderative) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y, para el segundo nivel presenta algunos daños estructurales (moderative) en dirección X y daño estructural severo (complete) en dirección Y.

Estos resultados fueron obtenidos según la tabla en HAZUS-MH Technical Manual que refiere a los Parámetros de Curvas de Fragilidad Estructural, esta tabla es fundamental para la estimación de pérdidas por sismos, ya que define cómo responden diferentes tipos de

edificios ante eventos sísmicos.

Esta tabla presenta los tipos de edificios, información de altura, y derivas de entrepiso en el umbral del estado de daños. Esta última describe las derivas de entrepiso que corresponde a diferentes estados de daño:

- Slight (Leve): Daños no estructurales menores.
- Moderate (Moderado): Algunos daños estructurales, pero reparables.
- Extensive (Extensivo): Daños estructurales significativos.
- Complete (Completo): Daño estructural severo o colapso.

Los números en estas columnas representan el porcentaje de deriva (desplazamiento lateral relativo entre pisos) en el que un edificio pasa de un estado de daño a otro.

Esta tabla es fundamental para el análisis de desempeño estructural, HAZUS utiliza para predecir cómo se dañarán los edificios en un sismo, esta tala proporciona datos para calcular la vulnerabilidad de los edificios y ayuda a estimar un daño potencial ante terremotos.

Type	Building Properties		Interstory Drift at Threshold of Damage State			
	Height (in)		Slight	Moderate	Extensive	Complete
	Roof	Modal				
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
SSL						
S5M						
SSH						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Para este tipo de edificio, una deriva de 0.0033 (0.33%) corresponde al estado de daño leve, una deriva de 0.0058 (0.58%) para un daño moderado, una deriva de 0.0156 para un daño extensivo (1.56%) y una deriva de 0.0400 (4.0%) corresponde al estado de daño completo, concluyendo así que esta estructura presenta un desempeño inaceptable.



EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE
EXTRACCIÓN DE TESTIGOS

TESIS: “VALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA I.E EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO – HISTORIA”

UBICACIÓN: I.E. N° 10828 “EX COSOME”, se encuentra ubicado en la Av. Manuel Arteaga No 351, localidad de los parques distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque.



Informe N° 0142-2024/GLLEIRL
Chiclayo, 2024

GRUPO LLIFI E.I.R.L
20609763125
San Martín N°800 – San José – Lambayeque
918835658
grupollifi@gmail.com

INDICE

1. GENERALIDADES	1
1.1. Alcances del estudio.....	1
1.2. Normativa aplicada.....	1
1.3. Ubicación del área de estudio.....	1
2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN	2
3. PROTOCOLO DE TRABAJO	3
3.1. En la zona de estudio:.....	3
3.2. En laboratorio:.....	3
4. RESULTADO DE ENSAYOS	4
5. CONCLUSIONES	6
6. RECOMENDACIONES	6
7. PANEL FOTOGRÁFICO	7
8. BIBLIOGRAFÍA	10
9. ENSAYOS DE LABORATORIO	11

1. GENERALIDADES

1.1. Alcances del estudio

En el presente Informe se presenta la descripción de las actividades realizadas en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas del monitoreo y determinación de la calidad del concreto endurecido, correspondiente a la tesis “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA I.E EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO – HISTORIA”, con el fin de que sirva de base para sustentar la determinación de la calidad del concreto mediante el ensayo de extracción de testigos con una máquina perforadora de diamante y su posterior prueba de compresión para verificar la resistencia de las estructuras analizadas de la infraestructura existente.

1.2. Normativa aplicada

El presente Estudio de Evaluación Estructural, fue desarrollado en concordancia con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones:

- A.1. Norma Internacional: ASTM C39 (Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto).
- A.2. Norma Nacional: NTP 339.034 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas).
- A.3. Norma Nacional: NTP 339.059 (Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto)).
- A.4. NTP 339.143/AASHTO T 217

1.3. Ubicación del área de estudio

El área de estudio está ubicada en la I.E. N° 10828 “EX COSOME”, se encuentra ubicado en la Av. Manuel Arteaga No 351, localidad de los parques distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque.

1

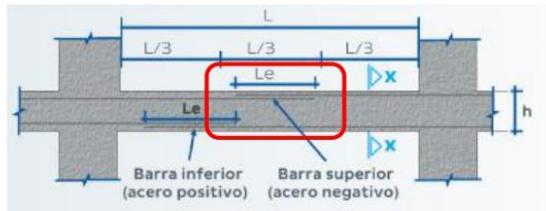


IMG. 01: Ubicación del área del proyecto. Fuente: Google Earth

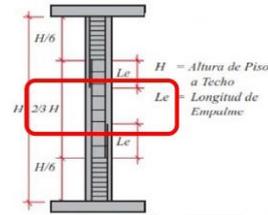
2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN

2.1. Consideraciones y Criterio Técnico:

- Secciones transversales de los elementos estructurales, vigas y columnas, con mínimos esfuerzos por flexión. En vigas y columnas se ubicaron en el tercio central. (Ver siguiente figura)



IMG. 03: Tercio central de longitud en vigas.



IMG. 04: Tercio central de longitud en columna.

- Para una mejor trabajabilidad durante la extracción de testigos, se considera un espacio disponible para poder fijar el equipo sacatestigos.
- Distancia de separación entre armaduras, acero principal y estribos.
- Para no generar algún incidente durante el trabajo, se considera la accesibilidad a los ambientes, en el momento de realizar las extracciones, así como la proximidad a instalaciones de agua, luz y/o gas.

2

2.2. Identificación de puntos de exploración

Se presentan las siguientes tablas:

- COLUMNAS:**

Núcleo	DESCRIPCION
N°	
D-18	COLUMNA 1°PISO (C-1)
D-17	COLUMNA 1°PISO (C-2)
D-16	COLUMNA 1°PISO (C-3)
D-15	COLUMNA 1°PISO (C-4)
D-14	COLUMNA 1°PISO (C-5)
D-13	COLUMNA 1°PISO (C-6)
D-3	COLUMNA 1°PISO (C-7)
D-2	COLUMNA 1°PISO (C-8)
D-1	COLUMNA 1°PISO (C-9)

Núcleo	DESCRIPCION
N°	
D-12	COLUMNA 2°PISO (C-10)
D-11	COLUMNA 2°PISO (C-11)
D-10	COLUMNA 2°PISO (C-12)
D-9	COLUMNA 2°PISO (C-13)
D-8	COLUMNA 2°PISO (C-14)
D-7	COLUMNA 2°PISO (C-15)
D-6	COLUMNA 2°PISO (C-16)
D-5	COLUMNA 2°PISO (C-17)
D-4	COLUMNA 2°PISO (C-18)

• VIGAS:

Núcleo	DESCRIPCION
Nº	
V-15	VIGA 1ºPISO (V-1)
V-14	VIGA 1ºPISO (V-2)
V-13	VIGA 1ºPISO (V-3)
V-09	VIGA 1ºPISO (V-4)
V-08	VIGA 1ºPISO (V-5)
V-07	VIGA 1ºPISO (V-6)
V-03	VIGA 1ºPISO (V-7)
V-02	VIGA 1ºPISO (V-8)
V-01	VIGA 1ºPISO (V-9)

Núcleo	DESCRIPCION
Nº	
V-18	VIGA 2ºPISO (V-10)
V-17	VIGA 2ºPISO (V-11)
V-16	VIGA 2ºPISO (V-12)
V-12	VIGA 2ºPISO (V-13)
V-11	VIGA 2ºPISO (V-14)
V-10	VIGA 2ºPISO (V-15)
V-06	VIGA 2ºPISO (V-16)
V-05	VIGA 2ºPISO (V-17)
V-04	VIGA 2ºPISO (V-18)

3. PROTOCOLO DE TRABAJO

El programa de exploración de campo y laboratorio consistió en la ejecución de los siguientes trabajos y procedimientos:

3.1. En la zona de estudio:

- ✓ Uso del detector de metales para evitar, en lo posible, el corte de armaduras.
- ✓ Fijación del equipo sacatestigos en el elemento estructural, por medio de pernos de anclaje.
- ✓ Para la extracción de los testigos se ha utilizado un equipo de perforación (sacatestigos) con broca diamantina de 5.70cm". *-La elección del tamaño de broca es función del tamaño máximo del agregado grueso existente en el concreto endurecido.*
- ✓ La profundidad de la perforación es mayor a 12 cm.
- ✓ Verificación de acero de refuerzo en los elementos estructurales, donde se realizó el descubrimiento e identificación del tipo de acero de columnas y vigas.
- ✓ Auscultación de la cimentación mediante excavación hasta el nivel de cimentación para visualizar la existencia o no existencia de zapatas, donde se visualice la geometría de este elemento estructural y el tipo de suelo de fundación.
- ✓ En el fondo de cimentación se realizó un ensayo de densidad natural.

3.2. En laboratorio:

- ✓ Medición de testigos diamantinos; altura y diámetro.

- ✓ Peso de los testigos con balanza de precisión.
- ✓ Medición del tamaño máximo de la piedra utilizada.
- ✓ Verificar visualmente la existencia de fisuras, porosidad y cangrejas.
- ✓ Corte para regularizar las caras del testigo y refrentado (colocación de caping) para realizar ensayos de compresión. Es preciso indicar que, en esta condición, recortados, los testigos tienen una menor altura a la obtenida en el campo (altura promedio).

4. RESULTADO DE ENSAYOS

Para testigos extraídos de elementos estructurales (vigas y columnas)

- **COLUMNAS:**

Núcleo	DESCRIPCION	Carga (Kg)	f'c corregido (kg/cm2)
N°			
D-18	COLUMNA 1°PISO (C-1)	7187	172
D-17	COLUMNA 1°PISO (C-2)	7831	201
D-16	COLUMNA 1°PISO (C-3)	7764	199
D-15	COLUMNA 1°PISO (C-4)	5742	138
D-14	COLUMNA 1°PISO (C-5)	7661	196
D-13	COLUMNA 1°PISO (C-6)	7961	210
D-3	COLUMNA 1°PISO (C-7)	7742	198
D-2	COLUMNA 1°PISO (C-8)	8393	222
D-1	COLUMNA 1°PISO (C-9)	7789	214

Núcleo	DESCRIPCION	Carga (Kg)	f'c corregido (kg/cm2)
N°			
D-12	COLUMNA 2 °PISO (C-10)	6517	172
D-11	COLUMNA 2 °PISO (C-11)	9918	268
D-10	COLUMNA 2 °PISO (C-12)	7364	189
D-9	COLUMNA 2 °PISO (C-13)	7292	193
D-8	COLUMNA 2 °PISO (C-14)	11961	323
D-7	COLUMNA 2 °PISO (C-15)	8381	222
D-6	COLUMNA 2 °PISO (C-16)	7992	205
D-5	COLUMNA 2 °PISO (C-17)	8193	217
D-4	COLUMNA 2 °PISO (C-18)	8944	214

4

• VIGAS:

Núcleo	DESCRIPCION	Carga (Kg)	f'c corregido (kg/cm2)
Nº			
V-15	VIGA 1ºPISO (V-1)	7567	181
V-14	VIGA 1ºPISO (V-2)	7003	179
V-13	VIGA 1ºPISO (V-3)	4082	105
V-09	VIGA 1ºPISO (V-4)	8942	214
V-08	VIGA 1ºPISO (V-5)	5699	146
V-07	VIGA 1ºPISO (V-6)	5897	156
V-03	VIGA 1ºPISO (V-7)	6672	171
V-02	VIGA 1ºPISO (V-8)	10093	267
V-01	VIGA 1ºPISO (V-9)	4032	97

Núcleo	DESCRIPCION	Carga (Kg)	f'c corregido (kg/cm2)
Nº			
V-18	VIGA 2 ºPISO (V-10)	7818	207
V-17	VIGA 2 ºPISO (V-11)	7325	198
V-16	VIGA 2 ºPISO (V-12)	6236	160
V-12	VIGA 2 ºPISO (V-13)	4032	107
V-11	VIGA 2 ºPISO (V-14)	8564	231
V-10	VIGA 2 ºPISO (V-15)	8381	222
V-06	VIGA 2 ºPISO (V-16)	6732	172
V-05	VIGA 2 ºPISO (V-17)	9961	263
V-04	VIGA 2 ºPISO (V-18)	8325	199

5. CONCLUSIONES

- ✓ El presente informe técnico corresponde a la interpretación y análisis de los resultados de los ensayos de extracción de testigos diamantinos, auscultación, verificación de acero y densidad natural para determinar la resistencia del concreto utilizado, así como las características físicas en su estado endurecido de la tesis “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA I.E. EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO – HISTORIA”.
- ✓ La investigación corresponde a ensayos insitu y análisis de resultados en gabinete. Se extrajeron muestras representativas siguiendo los parámetros normativos para verificar las características físicas del concreto en su estado endurecido.
- ✓ Los resultados, conclusiones y recomendaciones indicados en el presente informe, deberán ser usados únicamente para el área investigada, no siendo válida la aplicación en otras zonas.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Cuando se obtengan testigos de algún punto se realicen como mínimo una extracción de tres testigos por nivel y estructura, para así obtener su promedio y verificar su resistencia.

6

7. PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 01: DIAMANTINA



FOTO 02: EXTRACCIÓN DE TESTIGO

7



FOTO 03: EXTRACCION DE TESTIGO



FOTO 04: EXTRACCION DE TESTIGO

GRUPO LLIPI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLLipi@gmail.com



FOTO 05: DIAMANTINA



FOTO 06: DIAMANTINA

8



FOTO 07: DIAMANTINA



FOTO 08: EXTRACCION DE TESTIGO

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLlifi@gmail.com



FOTO 09: EXTRACCION DE TESTIGO



FOTO 10: EXTRACCION DE TESTIGO



8. BIBLIOGRAFÍA

- Norma Internacional: ASTM C39 (Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto).
- Norma Nacional: NTP 339.034 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas).
- Norma Nacional: NTP 339.059 (Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto)).
- Norma Técnica Peruana - NTP 339.143/AASHTO T 217





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

9. ENSAYOS DE LABORATORIO.

11

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLlif@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

10. PLANO DE UBICACIÓN DE DIAMANTINAS.

12

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLlif@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CORAZONES DIAMANTINOS

PROYECTO:	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA IE EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA"		
UBICACIÓN:	CHICLAYO-LABAYEQUE		
SOLICITANTE:	BACH ING. CIVIL : JOSUÉ ABANTO	ENSAYADO POR:	JMLLJ
ESTRUCTURA	-	NORMATIVA:	NTP 339.059
FECHA ENSAYO:	2024	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00142-2024/LLIERL

Núcleo Nº	DESCRIPCION	Altura (cm)	Diámet. (cm)	Relación (L/D)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm2)	Factor de Corrección	f'c corregido (kg/cm2)
D-18	COLUMNA 1ºPISO (C-1)	6.80	6.80	1.00	7187	198	0.87	172
D-17	COLUMNA 1ºPISO (C-2)	8.50	6.80	1.25	7831	216	0.93	201
D-16	COLUMNA 1ºPISO (C-3)	8.50	6.80	1.25	7764	214	0.93	199
D-15	COLUMNA 1ºPISO (C-4)	6.80	6.80	1.00	5742	158	0.87	138
D-14	COLUMNA 1ºPISO (C-5)	8.50	6.80	1.25	7661	211	0.93	196
D-13	COLUMNA 1ºPISO (C-6)	10.20	6.80	1.50	7961	219	0.96	210
D-3	COLUMNA 1ºPISO (C-7)	8.50	6.80	1.25	7742	213	0.93	198
D-2	COLUMNA 1ºPISO (C-8)	10.20	6.80	1.50	8393	231	0.96	222
D-1	COLUMNA 1ºPISO (C-9)	6.80	6.80	1.00	7789	214	1.00	214

TESIS: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA IE EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA"

GRUPO LLIFI E.I.R.L					
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">TECNICO</td> </tr> <tr> <td>Nombre y firma:</td> </tr> </table>	TECNICO	Nombre y firma:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">ESPECIALISTA</td> </tr> <tr> <td>Nombre y firma:</td> </tr> </table>	ESPECIALISTA	Nombre y firma:
TECNICO					
Nombre y firma:					
ESPECIALISTA					
Nombre y firma:					

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CORAZONES DIAMANTINOS

PROYECTO:	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA IE EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA"		
UBICACIÓN:	CHICLAYO- LABAYEQUE		
SOLICITANTE:	BACH ING. CIVIL - JOSUÉ ABANTO	ENSAYADO POR:	JMLLJ
ESTRUCTURA	-	NORMATIVA:	NTP 339.059
FECHA ENSAYO:	2024	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00142-2024/GLLERL

Núcleo Nº	DESCRIPCION	Altura (cm)	Diámet. (cm)	Relación (L/D)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm2)	Factor de Corrección	f'c corregido (kg/cm2)
D-12	COLUMNA 2 °PISO (C-10)	10.20	6.80	1.50	6517	179	0.96	172
D-11	COLUMNA 2 °PISO (C-11)	11.90	6.80	1.75	9918	273	0.98	268
D-10	COLUMNA 2 °PISO (C-12)	8.50	6.80	1.25	7364	203	0.93	189
D-9	COLUMNA 2 °PISO (C-13)	10.20	6.80	1.50	7292	201	0.96	193
D-8	COLUMNA 2 °PISO (C-14)	11.90	6.80	1.75	11961	329	0.98	323
D-7	COLUMNA 2 °PISO (C-15)	10.20	6.80	1.50	8381	231	0.96	222
D-6	COLUMNA 2 °PISO (C-16)	8.50	6.80	1.25	7992	220	0.93	205
D-5	COLUMNA 2 °PISO (C-17)	10.20	6.80	1.50	8193	226	0.96	217
D-4	COLUMNA 2 °PISO (C-18)	6.80	6.80	1.00	8944	246	0.87	214

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

Nombre y firma:

ESPECIALISTA

Nombre y firma:

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CORAZONES DIAMANTINOS			
PROYECTO:	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA IE EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA"		
UBICACIÓN:	CHICLAYO- LABAYEQUE		
SOLICITANTE:	BACH ING. CIVIL - JOSUÉ ABANTO	ENSAYADO POR:	JMLLJ
ESTRUCTURA	-	NORMATIVA:	NTP 339.059
FECHA ENSAYO:	2024	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00142-2024/LLIERL

Núcleo Nº	DESCRIPCION	Altura (cm)	Diámet. (cm)	Relación (L/D)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm2)	Factor de Corrección	f'c corregido (kg/cm2)
V-15	VIGA 1ºPISO (V-1)	6.80	6.80	1.00	7567	208	0.87	181
V-14	VIGA 1ºPISO (V-2)	8.50	6.80	1.25	7003	193	0.93	179
V-13	VIGA 1ºPISO (V-3)	8.50	6.80	1.25	4082	112	0.93	105
V-09	VIGA 1ºPISO (V-4)	6.80	6.80	1.00	8942	246	0.87	214
V-08	VIGA 1ºPISO (V-5)	8.50	6.80	1.25	5699	157	0.93	146
V-07	VIGA 1ºPISO (V-6)	10.20	6.80	1.50	5897	162	0.96	156
V-03	VIGA 1ºPISO (V-7)	8.50	6.80	1.25	6672	184	0.93	171
V-02	VIGA 1ºPISO (V-8)	10.20	6.80	1.50	10093	278	0.96	267
V-01	VIGA 1ºPISO (V-9)	6.80	6.80	1.00	4032	111	0.87	97

GRUPO LLIFI E.I.R.L	
TECNICO	ESPECIALISTA
Nombre y firma:	Nombre y firma:

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

CERTIFICADO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CORAZONES DIAMANTINOS

PROYECTO:	TESIS: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA IE EX COSOME MEDIANTE EL ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO Y DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA"		
UBICACIÓN:	CHICLAYO-LABAYEQUE		
SOLICITANTE:	BACH ING. CIVIL - JOSUÉ ABANTO	ENSAYADO POR:	JMLLJ
ESTRUCTURA:	-	NORMATIVA:	NTP 339.059
FECHA ENSAYO:	2024	CODIGO DE EXPEDIENTE:	00142-2024/LLIERL

Núcleo Nº	DESCRIPCION	Altura (cm)	Diámet. (cm)	Relación (L/D)	Carga (Kg)	f'c (kg/cm2)	Factor de Corrección	f'c corregido (kg/cm2)
V-18	VIGA 2 °PISO (V-10)	10.20	6.80	1.50	7818	215	0.96	207
V-17	VIGA 2 °PISO (V-11)	11.90	6.80	1.75	7325	202	0.98	198
V-16	VIGA 2 °PISO (V-12)	8.50	6.80	1.25	6236	172	0.93	160
V-12	VIGA 2 °PISO (V-13)	10.20	6.80	1.50	4032	111	0.96	107
V-11	VIGA 2 °PISO (V-14)	11.90	6.80	1.75	8564	236	0.98	231
V-10	VIGA 2 °PISO (V-15)	10.20	6.80	1.50	8381	231	0.96	222
V-06	VIGA 2 °PISO (V-16)	8.50	6.80	1.25	6732	185	0.93	172
V-05	VIGA 2 °PISO (V-17)	10.20	6.80	1.50	9961	274	0.96	263
V-04	VIGA 2 °PISO (V-18)	6.80	6.80	1.00	8325	229	0.87	199

GRUPO LLIFI E.I.R.L

TECNICO

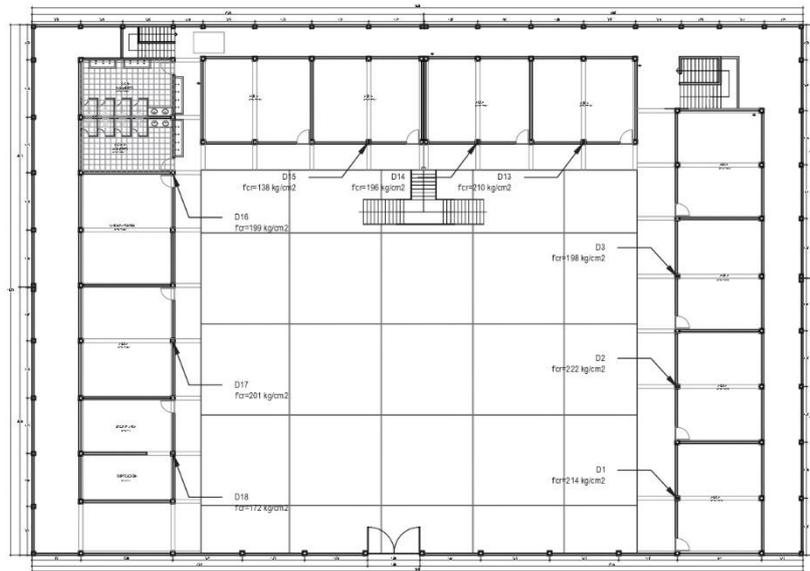
Nombre y firma:

ESPECIALISTA

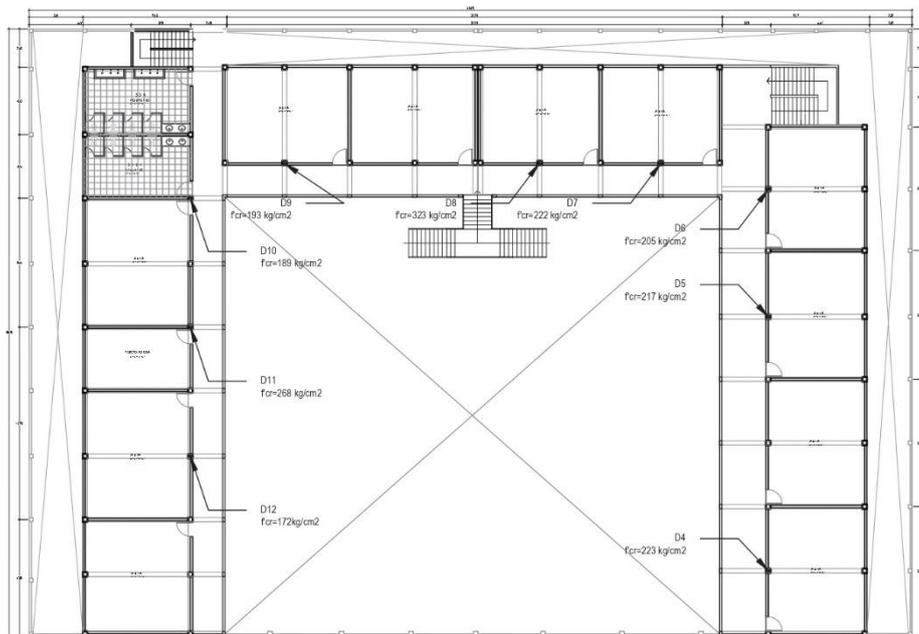
Nombre y firma:

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



PRIMER NIVEL - RESULTADOS DE COLUMNAS



SEGUNDO NIVEL - RESULTADOS DE COLUMNAS

