

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la I.E. N°
20955 – Jorge Guevara Mellado, UGEL N°15 del distrito de
Santa Eulalia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Kelvin Erik Marín Cisneros
Bach. Elton Neiser Ruiz Huamán

Asesor:

Mg. Roberto Roland Yoctun Rios

Lima, mayo de 2025

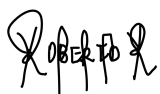
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Mg. Roberto Roland Yoctun Rios, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la I.E. N° 20955 – Jorge Guevara Mellado, UGEL N°15 del distrito de Santa Eulalia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima”** de los autores Kelvin Erik Marín Cisneros y Elton Neiser Ruiz Huamán tiene un índice de similitud de 20 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 16 días del mes de mayo del año 2025.



Mg. Roberto Roland Yoctun Rios

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Lima, Naña, Villa Unión, a 23 día(s) del mes de mayo del año 2025 siendo las 09:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unón Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mg. Juana Beatriz Aquise Pari el (la) secretario(a): Mg. Leonel Chahuares

Paucar y los demás miembros: Ing. David Diaz

Garamendi y el (la) asesor(a) Mg. Roberto Roland

Yoctun Rios con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la I.E. N° 20955 Jorge Guevara Mellado, UGEL N° 15 del distrito de Santa Eulalia, provincia de Huarochiri, departamento de Lima"

del(los) bachiller(es): a) Elton Neiser Ruiz Huaman

b) Kelvin Erik Marin Cisneros

c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: _____

Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Elton Neiser Ruiz Huaman

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (b): Kelvin Erik Marin Cisneros

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Asesor/a

Bachiller (a)

Miembro

Bachiller (b)

Secretario/a

Miembro

Bachiller (c)

Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica según conforme al Reglamento General de Grados y Titulos.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a la directora de la I.E. Jorge Guevara Mellado por brindarnos las facilidades para la realización de estudios y ensayos, y por fomentar la investigación; así como a nuestros padres, por su apoyo constante durante todo este proceso.

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación con profundo amor y gratitud a nuestros padres, pilares inquebrantables en nuestra formación. Su esfuerzo incansable, sacrificio silencioso y apoyo incondicional nos han guiado y sostenido a lo largo de nuestra vida universitaria. Esta meta alcanzada es también un reflejo de su amor, fe y confianza en nosotros.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	3
1. MATERIALES Y MÉTODOS	5
1.1 CANTIDAD, LOCALIZACIÓN Y TIPO DE ENSAYO	5
1.2 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE EL ESCLERÓMETRO	5
1.2.1 Procedimiento del Ensayo In Situ de esclerometría	6
1.3 DESEMPEÑO ESTRUCTURAL EN ETABS.....	7
1.3.1 Características de las Estructuras	7
1.3.2 Metrado de cargas.....	7
1.3.3 Análisis Estático no lineal de la Estructura.....	7
2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
2.1 RESULTADO - ENSAYO DEL ESCLEROMETRO.....	12
2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MUESTRA	13
2.2.1 Análisis de prueba de normalidad.....	13
2.3 NIVELES DE DESEMPEÑO PARA CADA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	16
2.3.1 Para una resistencia de 175 kg/cm ²	16
2.3.2 Para una resistencia de 210 kg/cm ²	18
2.3.3 Para una resistencia de 245 kg/cm ²	20
2.4 FRAGILIDAD ESTRUCTURAL	25
2.4.1 Dirección X-X	26
2.4.2 Dirección Y-Y	27
2.5 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA.....	28
2.6 DISCUSIONES	31
3. CONCLUSIONES.....	32
4. REFERENCIAS	34
5. ANEXOS	36
ANEXO 1. EVIDENCIA DE SUMISIÓN A REVISTA INDEXADA.....	37
ANEXO 2. RESOLUCIÓN DEL PERFIL DE PROYECTO.....	38
ANEXO 3. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA VIGAS Y COLUMNAS.....	39
ANEXO 4. PLANOS.....	40
ANEXO 5. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – ESCLEROMETRO.....	41
ANEXO 6. SOLICITUD Y CONSTANCIA DE PERMISO.....	42
ANEXO 7. REPORTE FOTOGRAFICO.....	43

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
SÍSMICA ESTRUCTURAL DE LA I.E. N° 20955
– 24 JORGE GUEVARA MELLADO, UGEL N°
15 DEL DISTRITO DE SANTA EULALIA,
PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ,
DEPARTAMENTO DE LIMA.**

**EVALUATION OF THE STRUCTURAL SEISMIC
VULNERABILITY OF THE I.E. N° 20955 - 24 JORGE
GUEVARA MELLADO, UGEL N° 15 OF THE DISTRICT OF
SANTA EULALIA, PROVINCE OF HUAROCHIRÍ,
DEPARTMENT OF LIMA.**

Kelvin Erik Marín Cisneros ⁽¹⁾
Universidad Peruana Unión
Lima, Perú,
kelvinmarin@upeu.edu.pe
0000-0003-3582-3878

Elton Neiser Ruiz Huamán ⁽¹⁾
Universidad Peruana Unión
Lima, Perú,
eltonruiz@upeu.edu.pe
0000-0002-0372-1933

Mg. Roberto Roland Yoctun Rios ⁽²⁾
Universidad Peruana Unión
Lima, Perú
ingroyo@gmail.com
0000-0002-09277829

RESUMEN

Esta investigación analiza la importancia de las infraestructuras educativas, ya que no solo albergan a una gran cantidad de personas, sino que también pueden actuar como refugios ante eventos catastróficos. El objetivo es evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. N° 20955 – 24 Jorge Guevara Mellado, UGEL N° 15 del distrito de Santa Eulalia.

Para ello, se realizó una evaluación estructural mediante la prueba de esclerometría, seleccionando tres muestras de concreto con resistencias en intervalos de 35 kg/cm². Además, se llevó a cabo un análisis estático no lineal (Pushover) utilizando el software ETABS para determinar el comportamiento estructural ante eventos sísmicos.

Los resultados mostraron que el desplazamiento disminuye a medida que aumenta la resistencia a la compresión del concreto y, por el contrario, se incrementa cuando la resistencia es menor. En su estado actual, la edificación presenta una vulnerabilidad "Alta" ante un "Sismo Frecuente", lo que generaría un "Daño Severo" con hasta un 33% de falla localizada en algunos elementos estructurales, situándola en un nivel de desempeño de "Prevención de Colapso". Ante un "Sismo Muy Raro", la vulnerabilidad aumenta a un nivel "Muy Alta", lo que implicaría un "Daño Completo" de hasta el 100% de la estructura y un nivel de desempeño de "Colapso".

Palabras clave: Pushover; desempeño estructural; fragilidad estructural; análisis de vulnerabilidad.

ABSTRACT

This research analyzes the importance of educational infrastructures, since they not only house a large number of people, but can also act as shelters in the face of catastrophic events. The objective is to evaluate the structural seismic vulnerability of I.E. N° 20955 - 24 Jorge Guevara Mellado, UGEL N° 15 of Santa Eulalia district.

For this purpose, a structural evaluation was carried out by means of the sclerometry test, selecting three concrete samples with strengths in intervals of 35 kg/cm². In addition, a non-linear static analysis (Pushover) was carried out using ETABS software to determine the structural behavior under seismic events.

The results showed that the displacement decreases as the compressive strength of the concrete increases and, on the contrary, increases when the strength is lower. In its current state, the building presents a "High" vulnerability to a "Frequent Earthquake", which would generate "Severe Damage" with up to 33% of localized failure in some structural elements, placing it in a performance level of "Collapse Prevention". In the event of a "Very Rare Earthquake", vulnerability increases to a "Very High" level, which would imply a "Complete Damage" of up to 100% of the structure and a performance level of "Collapse".

Keywords: Pushover; structural performance; structural fragility; vulnerability analysis.

INTRODUCCIÓN

El Perú está situado en la región sísmica conocida como el Cinturón Circumpacífico, en el cual se reúne el 80% de la energía sísmica global. Sin embargo, actualmente no existe una metodología que permita predecir con antelación los sismos, incluyendo su ubicación y fecha exacta [1].

De igual forma, el Perú ha experimentado muchos terremotos a lo largo de su historia. El último gran terremoto fue el de Pisco de magnitud 7,9 en el nivel de Richter el 15 de agosto de 2007, perdiendo a 595 personas y dañó gravemente 76.000 viviendas. Se produjeron 431.000 víctimas y desde entonces no se ha informado de ningún terremoto importante [2].

En el terremoto ocurrido en el año 2007 en Pisco, hubo una notable diferencia entre los colegios construidos antes y después del año 1997. Los que fueron construidos después, no sufrieron daños estructurales puesto que fueron edificados bajo los parámetros de la normativa peruana de diseño sismorresistente, a diferencia de aquellos que fueron construidos antes, los cuáles si sufrieron daños estructurales severos [3].

Por su parte, el MINEDU [4] informó que en la actualidad muchas instituciones no se encuentran en buenas condiciones. En el Perú hay 54 368 instituciones públicas, de estas el 37% están listos para su funcionamiento, 50% requiere restauración total y el 13% restitución parcial.

Teniendo en consideración el contexto de asegurar la integridad y la funcionalidad de las edificaciones frente a eventos sísmicos, se vuelve esencial llevar a cabo evaluaciones exhaustivas del desempeño, fragilidad estructural y vulnerabilidad. En este sentido se pretende mitigar el problema principal que afecta a la I.E. N° 20955 – 24 Jorge Guevara Mellado que es la incógnita con respecto a cuán vulnerable sería ante un acontecimiento sísmico. Esto debido a que su estructura fue diseñada de acuerdo con la norma E.030 - Categoría B – Edificaciones Importantes; sin embargo, a partir del 2015 se viene utilizando como una Institución Educativa Categoría A – Edificaciones Esenciales. Esta institución se ubica en la Asoc. San Pedro de Mama Alto, distrito de Santa Eulalia, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima. La construcción cuenta con una antigüedad de 12 años, abarca una superficie de 500 m² y está compuesta por un único bloque de 3 pisos. Esta institución alberga a 200 alumnos y 10 trabajadores.

Según [19], al cambiar la categoría de uso de la edificación, la demanda sísmica puede aumentar. Esto se debe a que las edificaciones esenciales suelen requerir un mayor grado de rigidez y resistencia, un cambio de categoría puede implicar la necesidad de recalcular las cargas sísmicas aplicadas.

Asimismo, [20] indica que si una estructura diseñada para una categoría de menor exigencia se utiliza con un propósito más crítico (como una institución educativa), podría no cumplir con los límites de desplazamiento y ductilidad requeridos para la nueva categoría. Esto aumenta la probabilidad de que ocurran daños estructurales o incluso colapsos parciales durante un sismo severo.

En base a lo anterior, esta investigación se centró en aplicar el método de análisis estático no lineal para comprender a fondo cómo la I.E. N° 20955 – 24 Jorge Guevara Mellado responderá a distintos niveles de sismicidad. Para ello, se ejecutaron ensayos de esclerometría con el fin de evaluar la resistencia del concreto, se elaboraron modelos estructurales y se analizaron detalladamente los resultados obtenidos. Este artículo, de manera integral detalla los procedimientos empleados, presenta los resultados alcanzados y extrae 3 conclusiones fundamentales, por desempeño estructural en (X-X y Y-Y), por fragilidad estructural en (X-X y Y-Y) y por análisis de vulnerabilidad para los diferentes niveles de movimiento sísmico (Sismo Frecuente, Sismo Ocasional, Sismo Raro y Sismo Muy raro), permitiéndonos conocer la vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. N° 20955 – 24 Jorge Guevara Mellado.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 CANTIDAD, LOCALIZACIÓN Y TIPO DE ENSAYO

Se llevó a cabo el ensayo del esclerómetro para calcular el promedio de la resistencia del concreto en su estado actual. Para la elección de la muestra se tuvo como población las 24 Instituciones Educativas del Distrito de Santa Eulalia – Huarochirí. Según [5] “Los muestreos pueden ser probabilísticas o no probabilísticas. Los muestreos no probabilísticos son también llamados rígidos, suponen un procedimiento orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico” (p.189). Asimismo, la estructura fue diseñada y construida bajo la norma E.030 - Categoría B – Edificaciones Importantes, pero a partir del 2015 se utiliza como una Institución Educativa Categoría A – Edificaciones Esenciales. Razón por la cual se eligió como muestra las estructuras de la I.E. N° 20955 – 24 Jorge Guevara Mellado.

1.2 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE EL ESCLERÓMETRO

Según la normativa establecida por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM C 805, Método de Prueba Estándar para el Número de Rebote del Concreto Endurecido) y su adaptación en el manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC E 725, Método de Ensayo para Determinar el Número de Rebote del Concreto Endurecido - Esclerometría) [6], se tomaron 10 muestras; 5 en el primer piso y 5 en el segundo piso entre vigas y columnas.

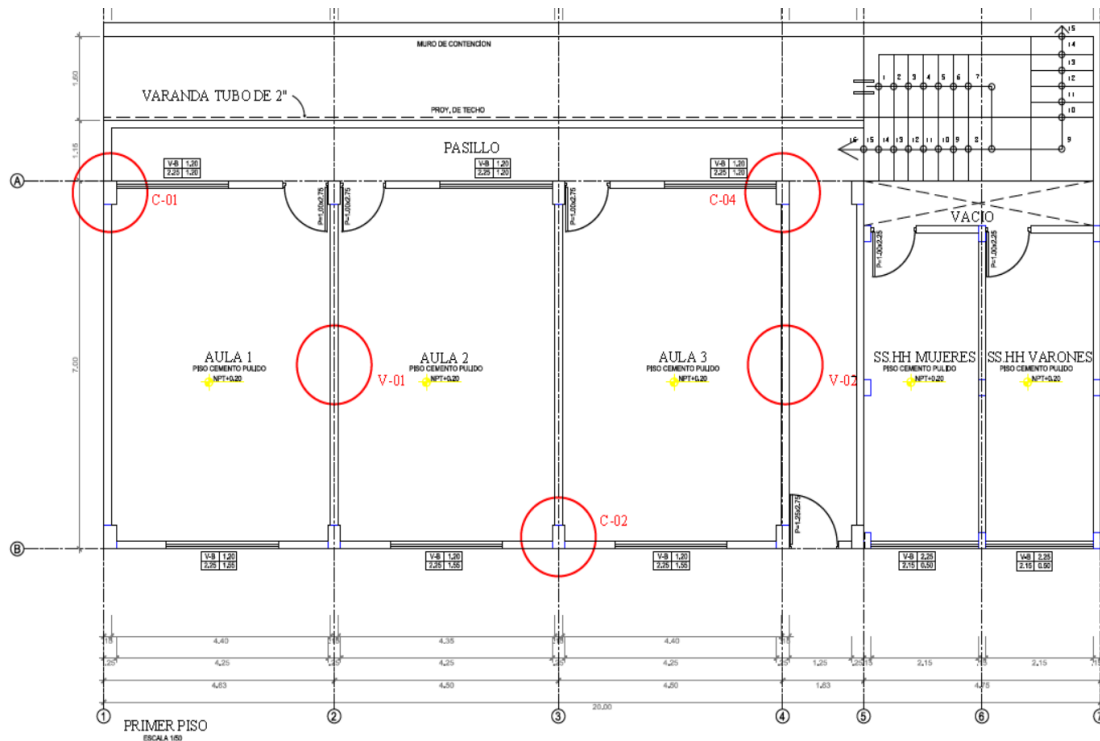


Figura 1. Ubicación del ensayo en vigas y columnas – 1er piso.

Fuente. Elaboración Propia.

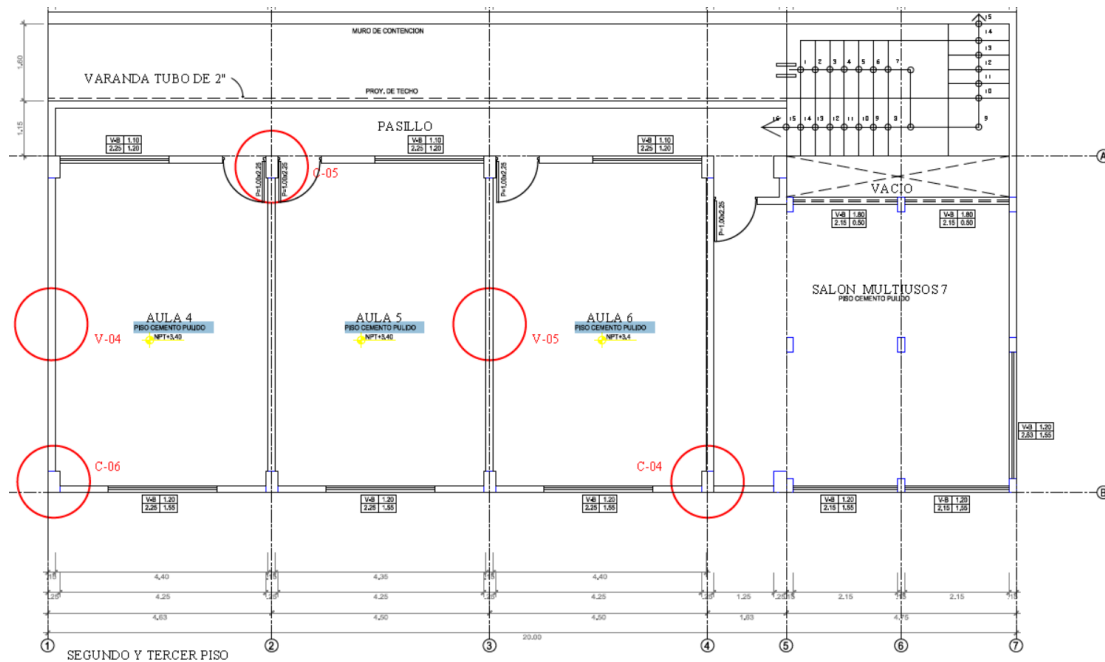


Figura 2. Ubicación del ensayo en columnas y vigas – 2do piso.
Fuente. Elaboración Propia.

En el ensayo se manipuló el esclerómetro marca Forney con número de serie 403. El esclerómetro tiene su respectivo certificado de calibración (Anexo 5).

1.2.1 Procedimiento del Ensayo In Situ de esclerometría

Se delimitó un área mínima de 15 x 15 cm² según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC [6].

Dada la naturaleza del ensayo que mide el rebote contra una superficie de concreto, la masa inducida por el resorte posee una suma determinada de energía que se transfiere al rebotar contra el área al ser liberada, fue necesario retirar el tarrajeo de 2 cm con ayuda de herramientas manuales como amoladora, cincel, martillo, etc.

La remoción del tarrajeo es una práctica recomendada y a menudo exigida por normas técnicas como UNE-EN 12504-2, ASTM C805 y ISO 8045, ya que se asegura que las mediciones del esclerómetro sean representativas de la dureza y resistencia del concreto, y no de materiales superficiales que no forman parte de la resistencia real de la estructura.



Figura 3. Remoción del tarrajeo, grilla y prospección con el esclerómetro – 2do piso.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez descubierta el área, se inició a pulir con la piedra abrasiva y como lo indica la norma, se ubicó los 10 puntos de aplicación con un mínimo de espaciado de 25 milímetros; finalmente se realizó el ensayo con el esclerómetro mencionado. Durante el ensayo se procuró sostener de manera firme para que el embolo sea perpendicular a la superficie de concreto y así tomar las 10 lecturas en vigas y columnas, cabe precisar que el ensayo en vigas se realizó en el centro de la luz de la viga peraltada y en columnas fue aproximadamente a 1.50 m con respecto al piso, evidencias y resultados en el (Anexo 3).

1.3 DESEMPEÑO ESTRUCTURAL EN ETABS

1.3.1 Características de las Estructuras

A continuación, se detallan los materiales principales que forman la estructura, basados en el levantamiento de información de la edificación.

- Concreto $f'c$ 210 kg/cm².
- Acero $f'y$ 4200 kg/cm².

1.3.2 Metrado de cargas

1.3.2.1 Carga Muerta

Se refiere al peso de materiales, equipos, tabiques, equipos de mantenimiento y otros elementos que soporta la edificación. Esto incluye el peso muerto que es permanente o cambia de tamaño y disminuye con el tiempo [7].

1.3.2.2 Carga Viva

Está relacionada con la presencia de personas, muebles, equipos, o cualquier otro tipo de carga móvil que estará presente en el edificio durante su uso [7].

1.3.2.3 Carga de Sismo

Son aquellas fuerzas o cargas horizontales que actúan sobre una estructura como resultado de un terremoto. Estas están establecidas en la norma E.030 [8].

1.3.2.4 Resumen de cargas

Cargas Muertas (CM):

Peso propio piso terminado (todos los niveles) = 100 kg/m²
Peso losa aligerada = 300 kg/m²

Carga Vivas (CV):

Sobrecarga de aulas = 250 kg/m²
Sobrecarga de corredor = 400 kg/m²

1.3.3 Análisis Estático no lineal de la Estructura

Las primeras deformaciones son causadas por las cargas gravitacionales en la estructura, seguidas por las cargas laterales que aumentan gradualmente en una dirección hasta que se genera la primera rótula plástica y se produce una nueva distribución de rigidez en la estructura, y así sucesivamente hasta que la estructura falla por completo [9].

De manera similar ocurre con las cargas adyacentes en la orientación opuesta. Por consiguiente, el AENL requiere tres tipos de análisis: uno para las cargas gravitacionales y dos para las cargas laterales en cada dirección. Como resultado, se obtiene una gráfica que indica las ubicaciones de las rótulas

plásticas en la estructura, junto con dos curvas (curvas de empuje) que muestran la correlación entre el corte basal V y el desplazamiento en el nivel superior [9].

Dada las características de los materiales, los métodos recomendados y las cargas aplicadas en la estructura, así como su comportamiento frente a eventos sísmicos. El análisis utilizado para obtener estos resultados se muestra a continuación.

1.3.3.1 Definición de elemento estructural

Cada mecanismo estructural tiene sus secciones y acero de refuerzo correspondientes. Se presenta un ejemplo de cada uno para ilustrar el proceso de asignación.

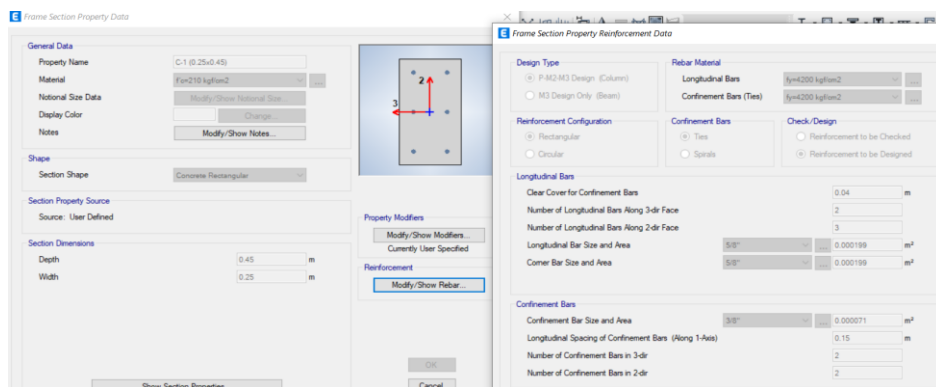


Figura 4. Asignación de la columna.
Fuente: Elaboración propia.

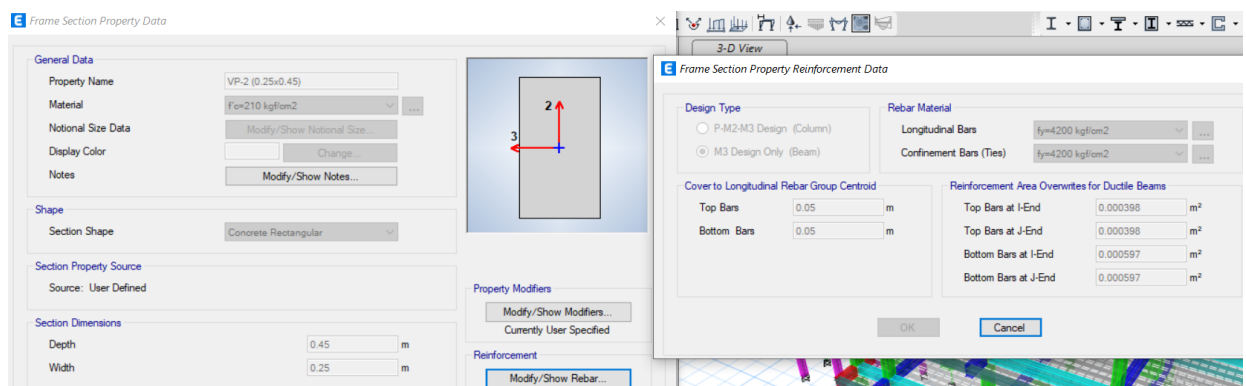


Figura 5. Asignación de la viga.
Fuente: Elaboración propia.

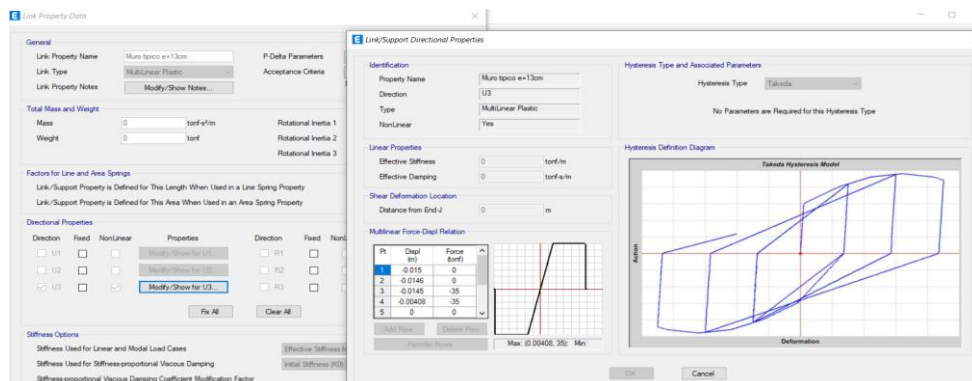


Figura 6. Asignación del muro de albañilería.
Fuente: Elaboración propia.

1.3.3.2 Definición de casos de las 3 cargas principales

Carga no lineal – gravitacional:

La carga es estática, el análisis es no lineal, y la situación inicial es nula. Se incorpora el 100% de la CM y el 50% de la CV [10].

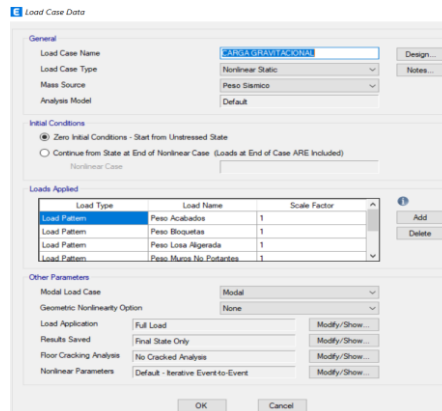


Figura 7. Carga gravitacional no lineal.

Fuente: Elaboración propia.

Carga Pushover en X-X y Y-Y:

La asignación de patrón de carga Pushover es utilizado en las direcciones X-X y Y-Y, este modelo de carga es resultante del modo esencial de la evaluación dinámica lineal de la estructura, posteriormente de la revisión de los modos [10].

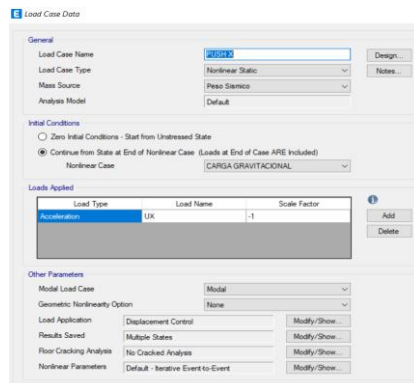


Figura 8. Carga Pushover en X-X.

Fuente: Elaboración propia.

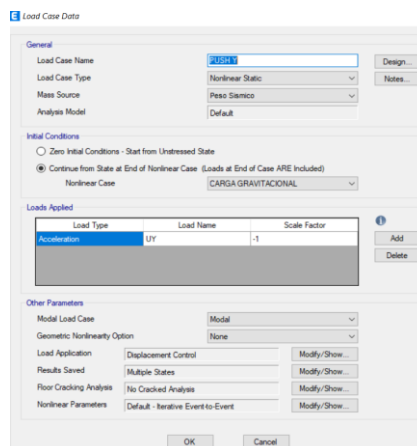


Figura 9. Carga Pushover en Y-Y.

Fuente: Elaboración propia.

1.3.3.3 Asignación de diafragmas rígidos

Para que las fuerzas de inercia sean transmitidas eficazmente a los elementos, vigas adyacentes, muros de concreto y columnas, es esencial que las losas de entrepiso sean rígidas en su plano [10].

En base a lo mencionado líneas atrás, la estructura debe ser monolítica y logrando transmitir las cargas a las vigas. Las cargas se transferirán mediante losas aligeradas de 20 cm.

1.3.3.4 Definición del peso sísmico

Debido a que la edificación es esencial, se agregó un 50% de la sobrecarga a la carga muerta o permanente para estimar el peso [8].

E Mass Source Data

Figura 10. Peso Sísmico.
Fuente: Elaboración Propia.

1.3.3.5 Espectros de respuesta

Según VISION 2000 - SEAOC [11], define tres tipos de edificaciones, estas son los edificios comunes, los esenciales y los de seguridad crítica. Con esta clasificación, se puede determinar el desempeño mínimo que deberían alcanzar cada tipo de edificación según el nivel de peligro sísmico considerado para la evaluación. Asimismo, se genera los espectros de respuesta según los periodos de retorno de 43, 72, 475 y 970 años.

Tabla 1. Objetivos y niveles de desempeño sísmico según el Comité Visión 2000

MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO	NIVELES DE DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA			
	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad	Próximo al colapso
Frecuente (43 años)	1	0	0	0
Ocasional (72 años)	2	1	0	0
Raro (475 años)	3	2	1	0
Muy raro (970 años)	-	3	2	1
0 = Desempeño inaceptable 1 = Estructuras básicas 2 = Estructuras esenciales / riesgosas 3 = Estructuras seguridad crítica				

Fuente: Código Comité Visión 2000. Capítulo 3,1995, p.59 (17)

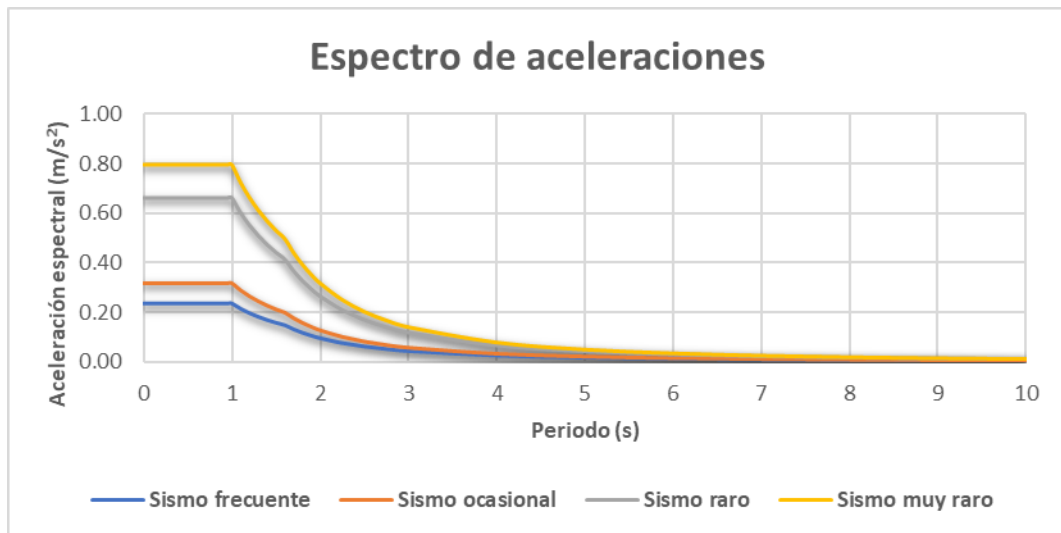


Figura 11. Espectro de aceleraciones.
Fuente: Elaboración propia.

1.3.3.6 Asignación de rótulas plásticas

Se establecen rótulas plásticas para tener en cuenta el deterioro de la rigidez de la estructura y verificar su evolución en condición no lineal [12]. Además, se colocan en los bordes de las vigas y columnas a una distancia del 5% de sus luces libres para asegurar la fiabilidad del modelado sísmico [13].

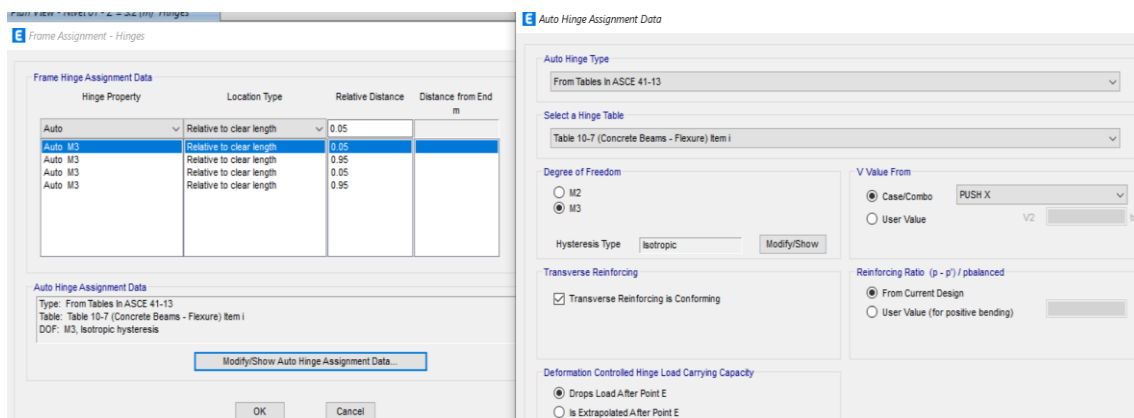


Figura 12. Asignación de rótulas en vigas.
Fuente: Elaboración propia.

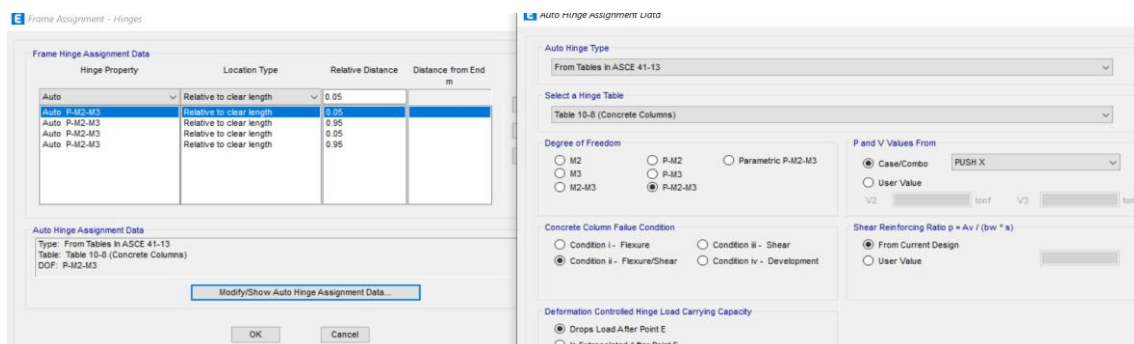


Figura 13. Incorporación de rótulas en columnas.
Fuente: Elaboración propia.

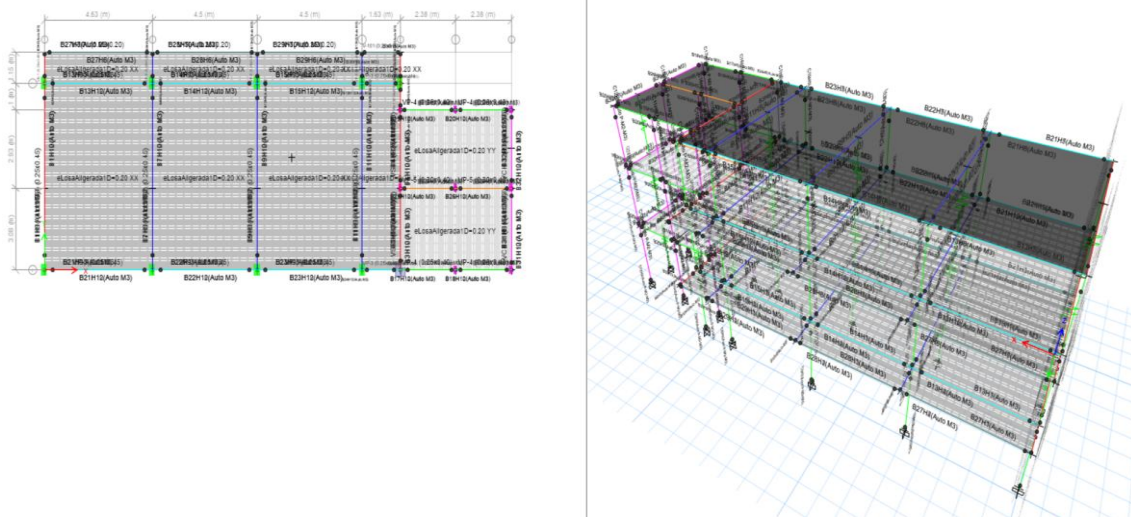


Figura 14. Asignación de rótulas en toda la edificación.
Fuente: Elaboración propia.

1.3.3.7 Modelo Estructural

El desempeño de una estructura se consigue a través de la creación de una guía matemática que toma el aporte de elementos estructurales como tabiques y columnas para determinar la rigidez lateral de cada capa de la estructura. Las fuerzas sísmicas son de tipo inercial y son proporcionales a su peso; por ende, es preciso determinar la cantidad y distribución de masa en la estructura [14].

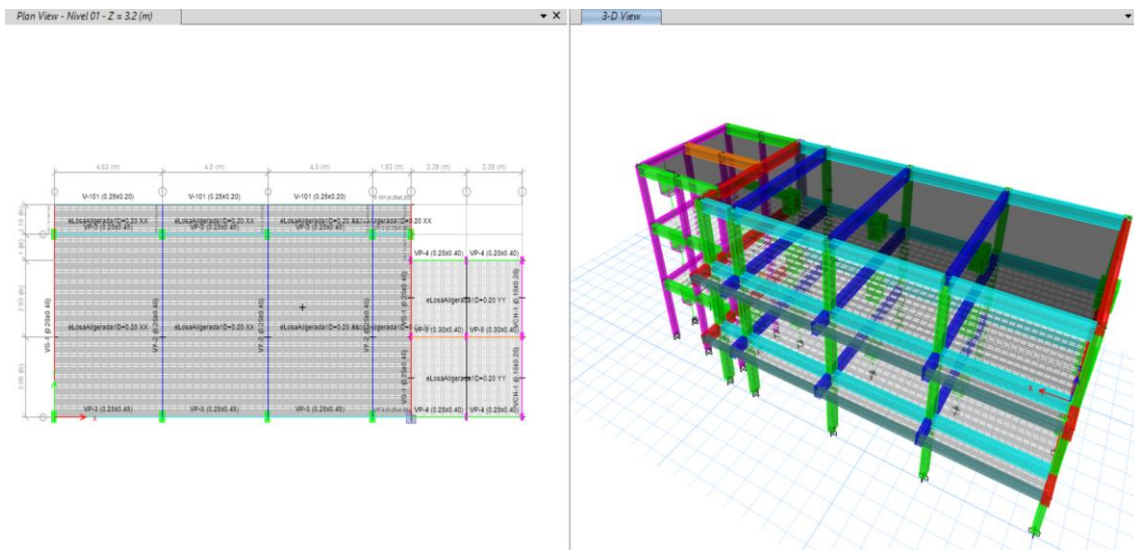


Figura 15. Vista Isométrica de la estructura.
Fuente. Elaboración Propia.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 RESULTADO - ENSAYO DEL ESCLEROMETRO

Según [19], la norma ISO 1920-7 y otras normativas similares recomiendan realizar un número adecuado de mediciones (generalmente 10 o más en un área específica) y descartar los valores más altos y más bajos. Esto ayuda a calcular una media estadísticamente confiable para evaluar la resistencia del concreto. Asimismo, [20] indica que los resultados de esclerometría pueden verse afectados por irregularidades en la superficie del concreto, como suciedad,

defectos, grietas, o variaciones en la calidad del material. Al descartar valores que se desvían significativamente de la media (valores atípicos), se minimiza el impacto de estos factores en el cálculo final de la resistencia del concreto. Teniendo en cuenta lo anterior la tabla 2 detalla el resultado del ensayo de esclerometría en vigas y columnas. De las 10 muestras, 3 muestras (M-08; C06 “Lectura 2”, M-03; C03 “Lectura 4 y 5” y M-05; V02 “Lectura 3 y 7”) difieren en los promedios de las 10 lecturas por +- 4 unidades por lo que se tuvo que descartar; estas están enmarcadas en negrita.

Tabla 2. Resultados del ensayo - Esclerómetro

Nivel	Elemento estructural	Lectura de disparo										Prom.	f'c (kg/cm ²)	% resistencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1er piso	M-01; C-01	30	35	33	33	28	33	32	29	30	31	31.4	238	113.30%
	M-02; C-02	39	40	35	33	38	39	35	37	35	36	36.7	310	147.60%
	M-03; C-03	38	26	33	40	18	37	34	22	25	26	30.13	210	100.00%
	M-04; V-01	21	19	18	21	25	22	20	26	25	24	22.1	120	57.10%
	M-05; V-02	36	36	22	35	40	35	25	36	39	35	36.5	310	147.60%
2do piso	M-06; C-04	33	26	31	32	29	33	30	29	28	32	30.3	220	104.80%
	M-07; C-05	25	23	27	25	27	26	26	28	29	27	26.3	165	78.60%
	M-08; C-06	23	16	20	21	23	22	21	24	22	23	22.0	110	52.40%
	M-09; V-05	24	20	19	22	23	25	20	22	25	26	22.6	120	57.10%
	M-10; V-04	25	27	28	33	34	26	27	34	30	32	29.6	210	100.00%

Fuente. Elaboración propia.

Según [15] indica que la resistencia a la compresión del concreto crece significativamente con el tiempo. La tabla 3 muestra cómo se desarrolla esta resistencia en relación con los 28 días, momento en el cual alcanza su máxima capacidad. A los 3 días, el concreto solo ha alcanzado el 35% de su resistencia máxima, mientras que a los 7 días alcanza el 59%. Después de 3 meses, la resistencia aumenta en un 35% en relación a los 28 días, y después de un año alcanza el 61% de su resistencia máxima en comparación a los 28 días.

Tabla 3. Progreso de la resistencia en relación a los 28 días

Resistencia	Envejecimiento del concreto				
	3 días	7 días	28 días	3 meses	1 año
Edad					
Porcentaje (%)	35	59	100	135	161

Fuente. Quiroz & Salamanca [15].

2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – MUESTRA

2.2.1 Análisis de prueba de normalidad

De acuerdo a la tabla 2, se realizó el análisis gráfico de normalidad de Shapiro - Wilk mediante el software Rstudio, donde resalta la variación en la curva de densidad de probabilidad para la M5-Piso 1 y M8-Piso 2 tal como se muestra en la imagen 15 y 16, por conveniencia se retira la M5 y M8 para luego ser agrupados.

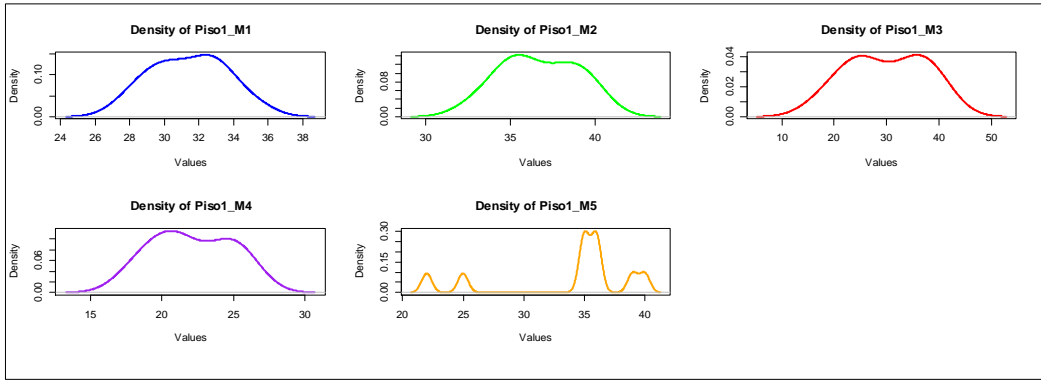


Figura 16. Análisis gráfico de normalidad – piso 1.
Fuente: Elaboración propia.

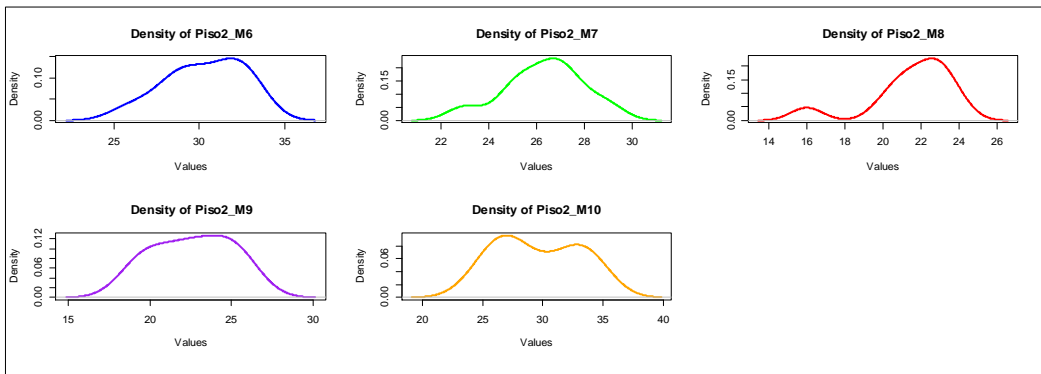


Figura 17. Análisis gráfico de normalidad – piso 2.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anterior se agrupo en 2 grupos las muestras restantes, teniendo una data de 40 mediciones por piso para proseguir con el análisis descriptivo y prueba de normalidad.

Tabla 4. Estadística de tendencia central

Estadístico	Piso 1	Piso 2
Media	30.03	27.20
Error típico	1.06	0.62
Mediana	31.5	27.00
Desviación estándar	6.70	3.94
Cuenta	40	40
CV %	22.33%	14.50%

Fuente. Elaboración propia.

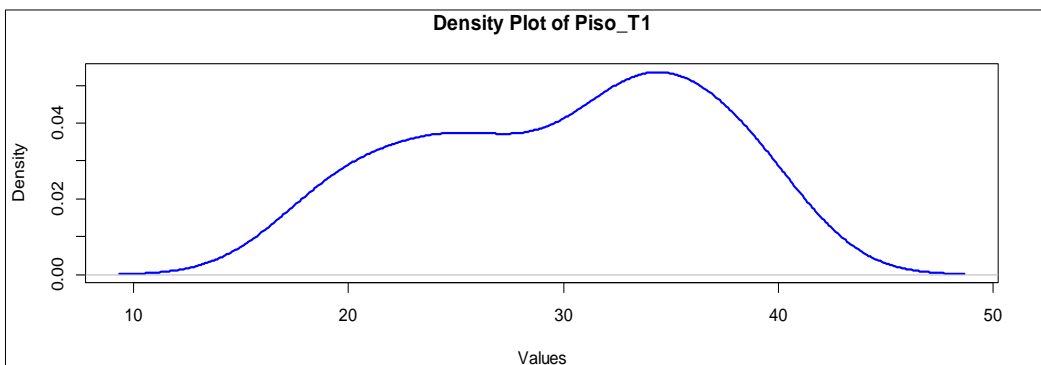


Figura 18. Análisis gráfico de normalidad – piso 1.
Fuente: Elaboración propia.

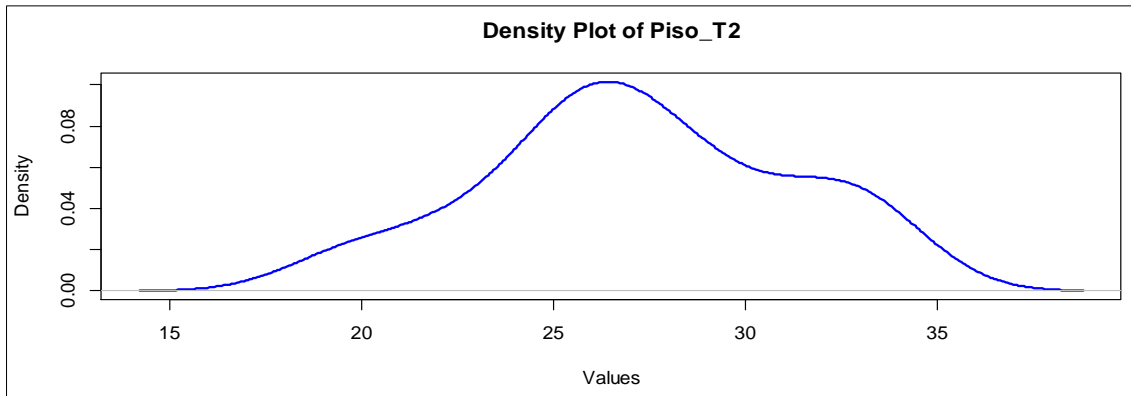


Figura 19. Análisis gráfico de normalidad – piso 2.
Fuente: Elaboración propia.

```
Shapiro-Wilk normality test
data: Piso_T1 W = 0.94161, p-value = 0.03918

Shapiro-Wilk normality test
data: Piso_T2 W = 0.96935, p-value = 0.3433
```

Figura 20. Resultados de prueba de normalidad por piso.
Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 20, los datos del piso 1 no muestran una distribución normal dado que p-value es menor a 0.05 a diferencia del piso 2 que, si muestra una distribución normal donde p-value es mayor a 0.05.

Según ASTM E2586-19e1 [21], al tener esta diferencia de distribuciones no es posible realizar la prueba de t de Student y ANOVA de un solo factor. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney comparando las medianas de resistencia de cada piso.

```
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Piso_T1 and Piso_T2
W = 1020.5, p-value = 0.0339
```

Figura 21. Resultados de prueba no paramétrica - Mann-Whitney.
Fuente: Elaboración propia.

Dado que el valor p (0.0339) es menor que el nivel de significancia de 0.05, rechazamos la hipótesis nula. Esto significa que hay evidencia suficiente para concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de resistencia del concreto entre el piso 1 y piso 2.

Los resultados de prueba U de Mann-Whitney sugieren que los niveles de resistencia entre piso 1 y piso 2 son significativamente diferentes.

De acuerdo a la norma ASTM E2586-19e1 se debería considerar el uso de la mediana, pero al observar la tabla 3 los valores de la media y mediana se encuentran muy próximos en ambos pisos, quedando casi comprendidos dentro del error estadístico.

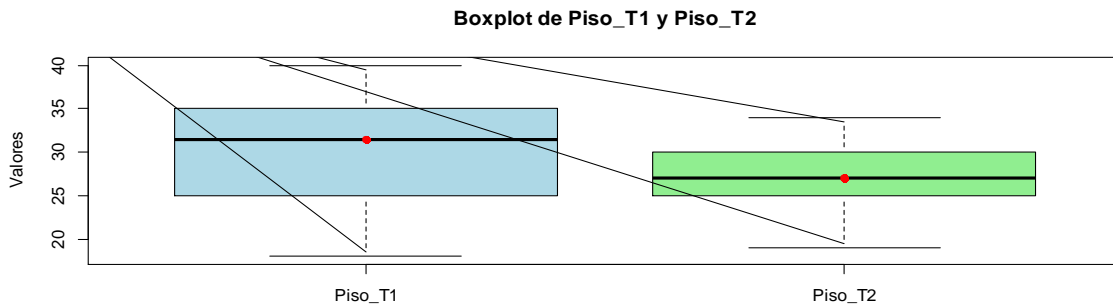


Figura 22. Comparación de medianas por piso.
Fuente: Elaboración propia.

Realizado el análisis estadístico (Media y desviación estándar), de la tabla 2 se toma el valor mínimo, promedio global y máximo para ser analizados en el software ETABS, donde el valor mínimo es 175 kg/cm², promedio global 210 kg/cm² y el valor máximo 245 kg/cm².

El valor mínimo representa el peor caso, permitiendo conocer cómo se comportará la estructura en las zonas más débiles, el promedio global representa la condición típica del concreto de la estructura, logrando conocer el desempeño general de la estructura y el valor máximo representa la mejor condición, permitiendo conocer el comportamiento en las zonas más fuertes y menos deterioradas.

2.3 NIVELES DE DESEMPEÑO PARA CADA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Para evaluar el desempeño esperado de una edificación esencial, según la norma E.030 considera el sismo raro o de diseño con un periodo de retorno de 475 años y una probabilidad de suceder del 10% en los próximos 50 años, en base a este sismo, se determina que para el módulo educativo se tendría que alcanzar como mínimo mantener su integridad y funcionalidad durante y después de un sismo severo.

2.3.1 Para una resistencia de 175 kg/cm²

2.3.1.1 Dirección “X”

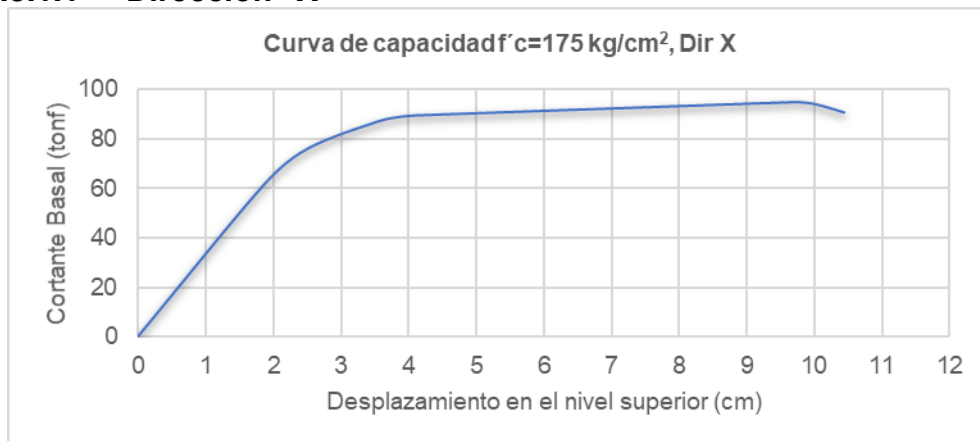


Figura 23. Curva de capacidad, f'c = 175 kg/cm², Dir X.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 22 presenta la capacidad de la estructura en la dirección "X" para un $f'c$ de 175 kg/cm². El límite elástico consigue un desplazamiento de 2.5 cm, con un cortante basal aproximado de 80 ton. La pérdida de capacidad comienza alrededor de los 9.76 cm de desplazamiento, con un valor de 94.74 ton.

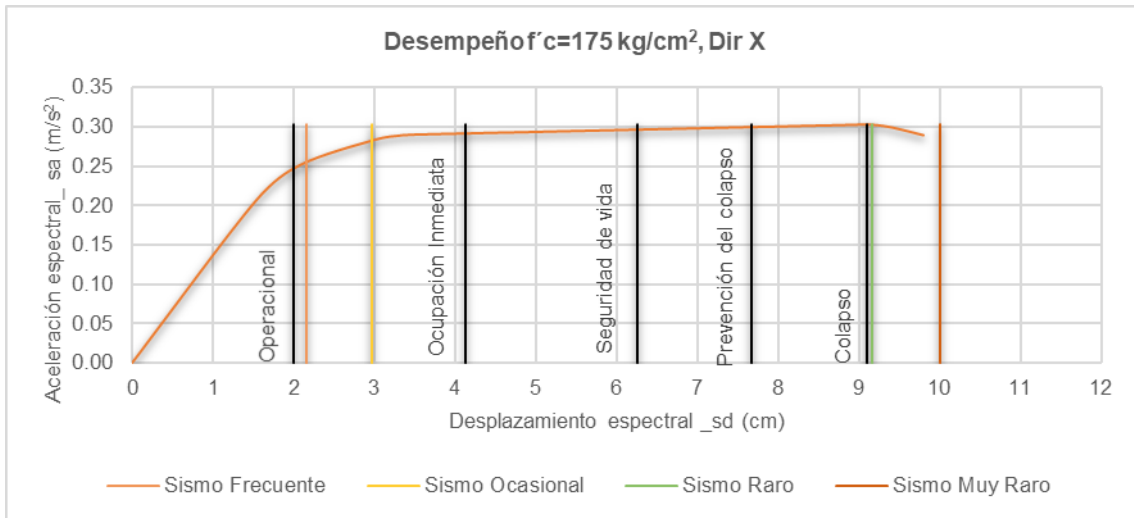


Figura 24. Curva de desempeño, $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, Dir X.
Fuente: Elaboración propia.

La estructura en la dirección en "X" presenta lo siguiente:

- Para un "Sismo Frecuente": un nivel de desempeño de "Ocupación inmediata", esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre la tabiquería y los elementos.
- Para un "Sismo Ocasional": un nivel de desempeño de "Ocupación inmediata", esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre la tabiquería y los elementos.
- Para un "Sismo Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.
- Para un "Sismo Muy Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.

2.3.1.2 Dirección "Y"

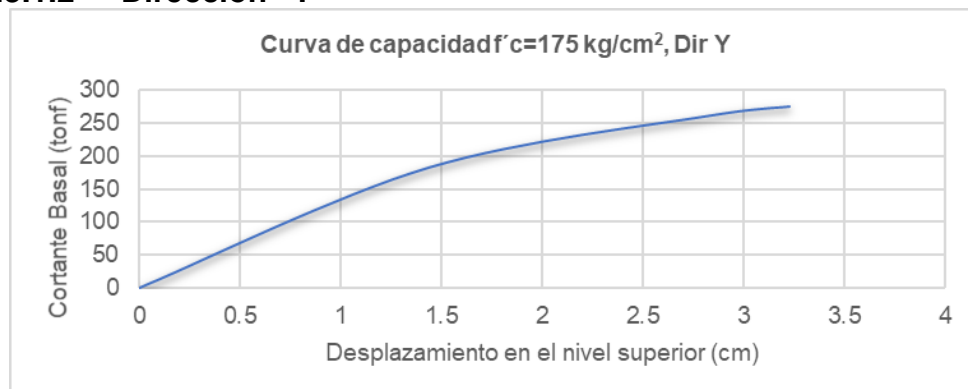


Figura 25. Curva de capacidad, $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, Dir Y.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 24 presenta la capacidad de la estructura en la dirección "Y" para un $f'c$ 175 kg/cm². El límite elástico se mantiene hasta un desplazamiento de 1.5 cm, con un cortante basal aproximado de 180 ton. La pérdida de capacidad comienza alrededor de los 3.22 cm de desplazamiento, con un valor de 274.36 ton.

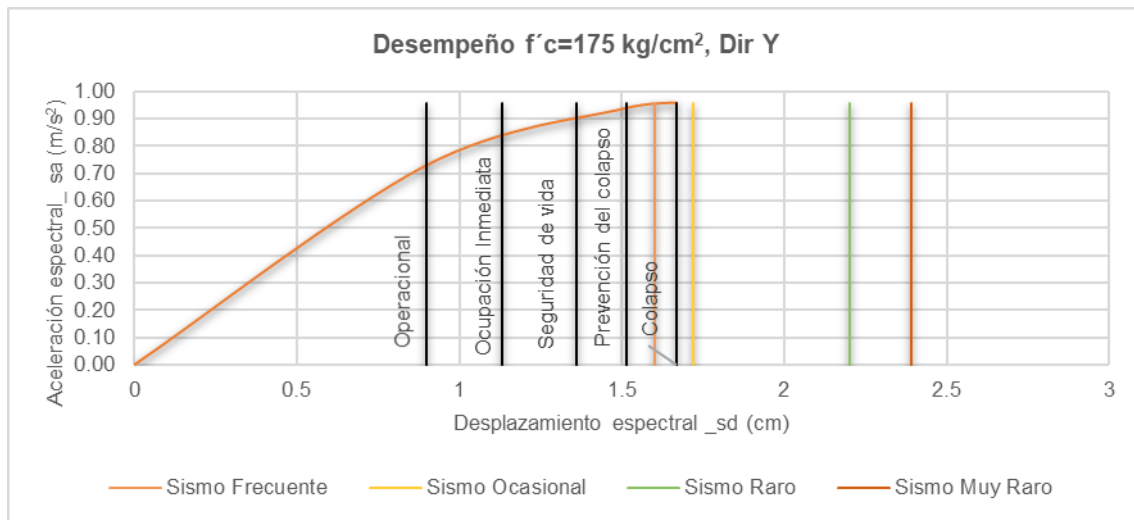


Figura 26. Curva de desempeño, $f'c = 175$ kg/cm², Dir Y.
Fuente: Elaboración propia.

Para la dirección en "Y" la estructura presenta:

- Para un "Sismo Frecuente": un nivel de desempeño de "Colapso", lo que significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un "Sismo Ocasional": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.
- Para un "Sismo Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.
- Para un "Sismo Muy Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.

2.3.2 Para una resistencia de 210 kg/cm²

2.3.2.1 Dirección "X"



Figura 27. Curva de capacidad, $f'c = 210$ kg/cm², Dir X.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 27 presenta la capacidad de la estructura en la dirección "X" para $f'c$ 210 kg/cm². El límite elástico se mantiene hasta un desplazamiento de 2.5 cm,

con un cortante basal aproximado de 85 ton. La pérdida de capacidad comienza alrededor de los 9.68 cm de desplazamiento, con un valor de 94.85 ton.

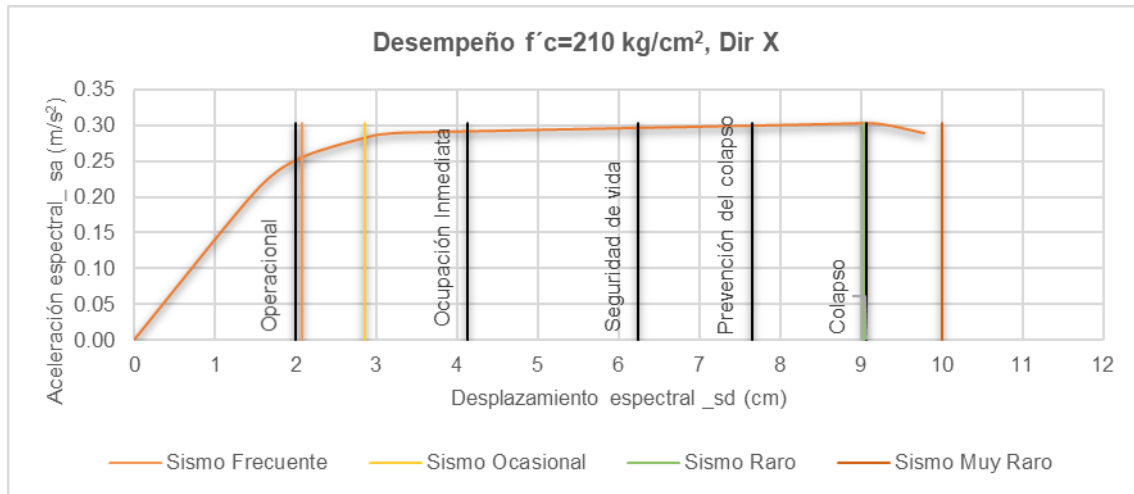


Figura 28. Curva de desempeño, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Dir X.
Fuente: Elaboración propia.

La estructura en la dirección “X” presenta:

- Para un “Sismo Frecuente”: un nivel de desempeño de “Ocupación inmediata”, esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre los elementos y la tabiquería.
- Para un “Sismo Ocasional”: un nivel de desempeño de “Ocupación inmediata”, esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre la tabiquería y los elementos.
- Para un “Sismo Raro”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un “Sismo Muy Raro”: un nivel de desempeño pasando del “Colapso”, esto significa que ya colapsó la estructura.

2.3.2.2 Dirección “Y”

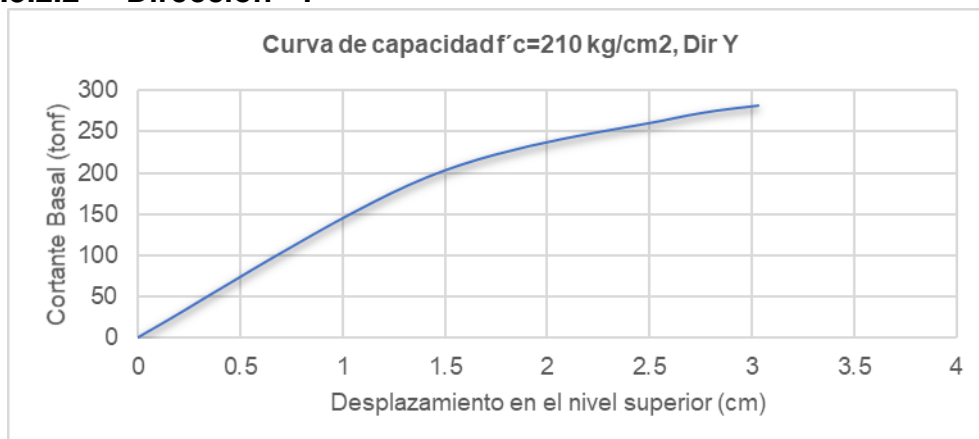


Figura 29. Curva de capacidad, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Dir Y.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 29 representa la capacidad de la estructura para un $f'c$ 210 kg/cm² en la dirección "Y". El límite elástico se mantiene hasta un desplazamiento de 1.5 cm, con un cortante basal aproximado de 210 ton. La pérdida de capacidad comienza alrededor de los 3.04 cm de desplazamiento, con un valor de 283 ton.

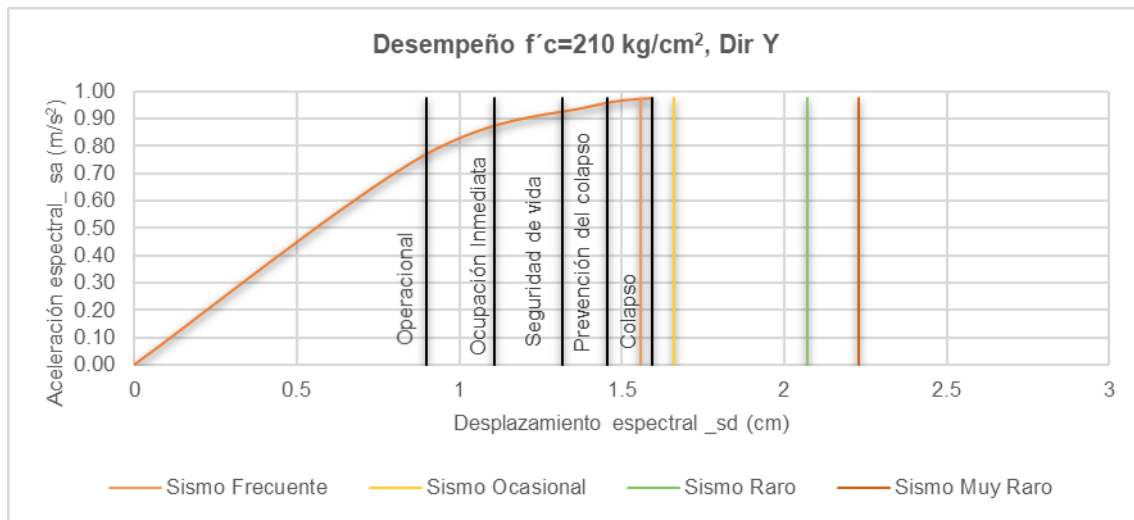


Figura 30. Curva de desempeño, $f'c = 210$ kg/cm², Dir Y.
Fuente: Elaboración propia.

Para la dirección "Y" la estructura presenta:

- Para un "Sismo Frecuente": un nivel de desempeño de "Colapso", esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un "Sismo Ocasional": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.
- Para un "Sismo Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.
- Para un "Sismo Muy Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.

2.3.3 Para una resistencia de 245 kg/cm²

2.3.3.1 Dirección "X"

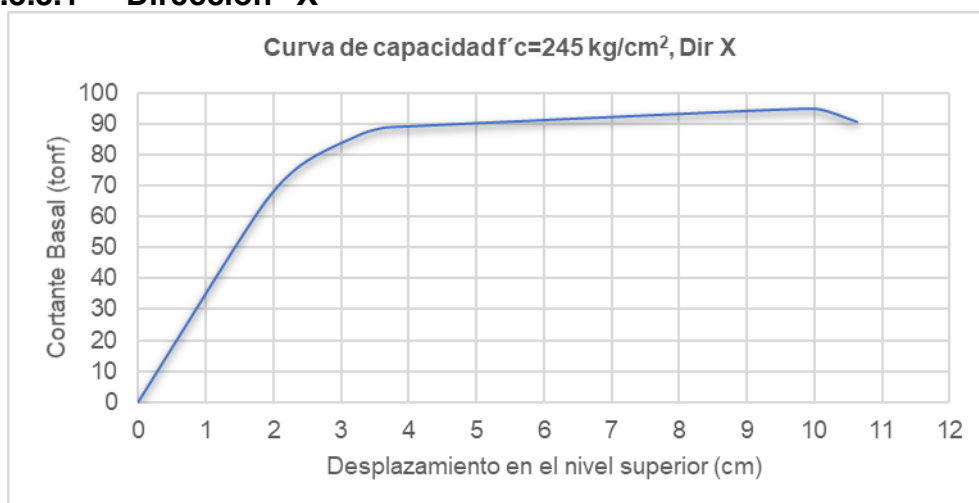


Figura 31. Curva de capacidad, $f'c = 245$ kg/cm², Dir X.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 31 presenta la capacidad de la estructura para un $f'c$ 245 kg/cm² en la dirección "X". El límite elástico se conserva hasta un desplazamiento de 2.5 cm, con un cortante basal aproximado de 85 ton. La pérdida de capacidad comienza alrededor de los 9.95 cm de desplazamiento, con un valor de 95.07 ton.

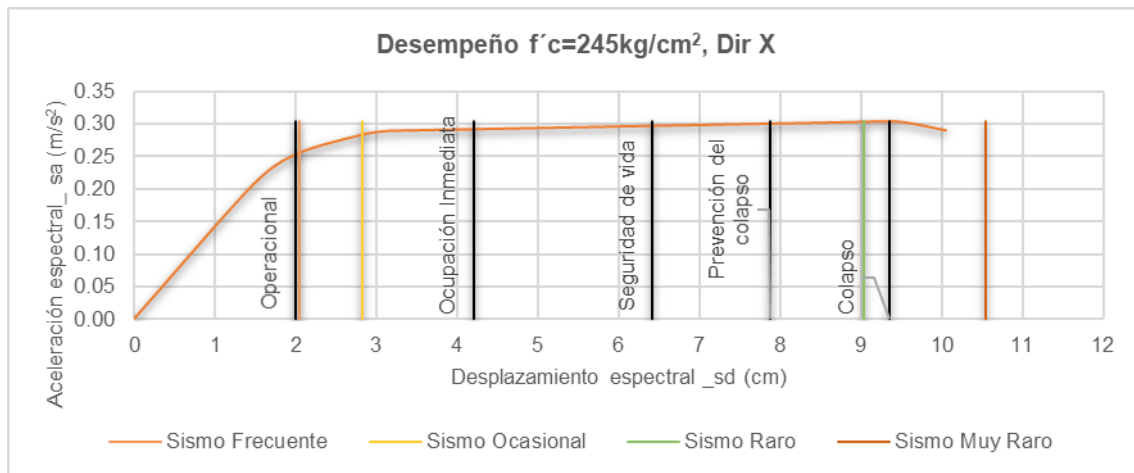


Figura 32. Curva de desempeño, $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Dir X.

Fuente: Elaboración propia.

Para la dirección en "X" la estructura presenta:

- Para un "Sismo Frecuente": un nivel de desempeño de "Ocupación inmediata", esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre la tabiquería y los elementos.
- Para un "Sismo Ocasional": un nivel de desempeño de "Ocupación inmediata", esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre los elementos y la tabiquería.
- Para un "Sismo Raro": un nivel de desempeño de "Colapso", esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un "Sismo Muy Raro": un nivel de desempeño pasando del "Colapso", esto significa que ya colapsó la estructura.

2.3.3.2 Dirección "Y"

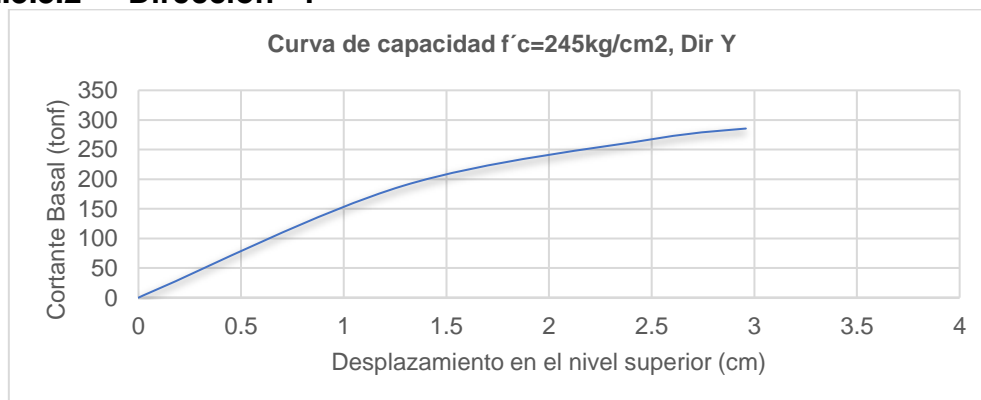


Figura 33. Curva de capacidad, $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Dir Y.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 33 representa la capacidad de la estructura con un $f'c$ 245 kg/cm² en la dirección “Y”. El límite elástico se mantiene hasta un desplazamiento de 1.3 cm, con un cortante basal aproximado de 190 ton. La pérdida de capacidad comienza alrededor de los 2.96 cm de desplazamiento, con un valor de 285.50 ton.

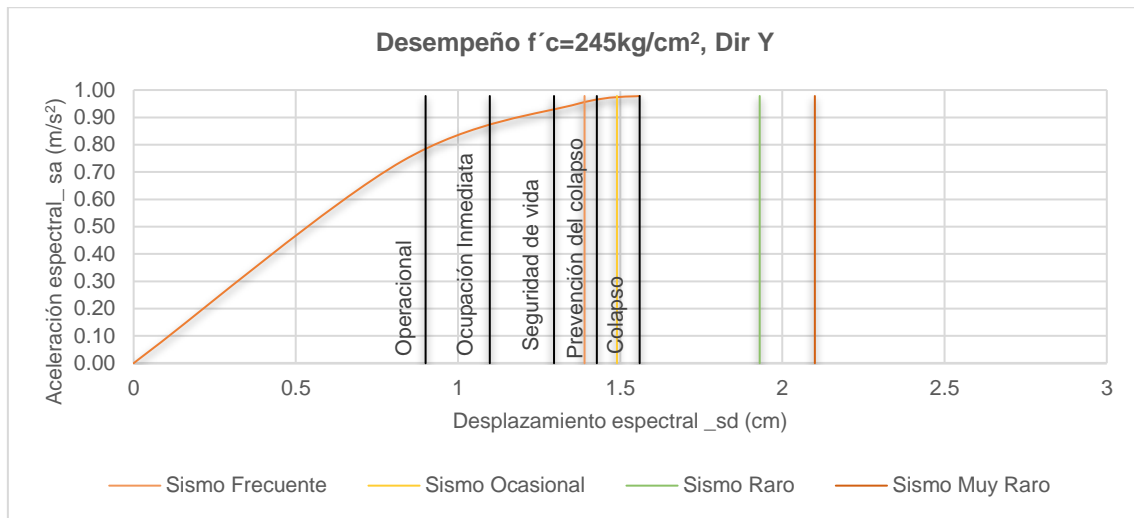


Figura 34. Curva de desempeño, $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Dir Y.
Fuente: Elaboración propia.

Para la dirección en “Y” la estructura presenta:

- Para un “Sismo Frecuente”: un nivel de desempeño de “Prevención del Colapso”, esto significa que en algunos elementos estructurales hay falla localizada y las conexiones no presenta pérdida de la estabilidad vertical generando una deformación lateral permanente de la estructura. Algunas tabiquerías presentarán grandes grietas y varias paredes pueden ceder. Gran parte del mobiliario no anclado ha cedido.
- Para un “Sismo Ocasional”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un “Sismo Raro”: un nivel de desempeño pasando del “Colapso”, esto significa que ya colapsó la estructura.
- Para un “Sismo Muy Raro”: un nivel de desempeño pasando del “Colapso”, esto significa que ya colapsó la estructura.

Teniendo en cuenta la Norma E.030 y Tabla 01 objetivos del desempeño del Comité Visión 2000, se realiza la comparación del desempeño de la estructura evaluada versus el desempeño ideal del comité visión 2000.

Tabla 5. Desempeño sísmico de la estructura en Dir. X-X (Real vs Ideal)

MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO		NIVELES DE DESEMPEÑO GLOBAL DE LA ESTRUCTURA DIR. X-X								¿Cumple con el objetivo?
		Totalmente Operacional		Operacional		Seguridad		Próximo al colapso		
		Real	Ideal (Visión 2000)	Real	Ideal (Visión 2000)	Real	Ideal (Visión 2000)	Real	Ideal (Visión 2000)	
175 kg/cm ²	Frecuente (43 años)	-	1	2	0	-	0	-	0	NO
	Ocasional (72 años)	-	2	2	1	-	0	-	0	NO
	Raro (475 años)	-	3	-	2	-	1	2	0	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	3	-	2	2	1	NO
210 kg/cm ²	Frecuente (43 años)	-	1	2	0	-	0	-	0	NO
	Ocasional (72 años)	-	2	2	1	-	0	-	0	NO
	Raro (475 años)	-	3	-	2	-	1	2	0	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	3	-	2	2	1	NO
245 kg/cm ²	Frecuente (43 años)	-	1	2	0	-	0	-	0	NO
	Ocasional (72 años)	-	2	2	1	-	0	-	0	NO
	Raro (475 años)	-	3	-	2	-	1	2	0	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	3	-	2	2	1	NO
0 = Desempeño inaceptable										
1 = Estructuras básicas										
2 = Estructuras esenciales / riesgosas										
3 = Estructuras seguridad crítica										

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6. Desempeño sísmico de la estructura en Dir. Y-Y (Real vs Ideal)

MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO		NIVELES DE DESEMPEÑO GLOBAL DE LA ESTRUCTURA DIR. Y-Y								¿Cumple con el objetivo?
		Totalmente Operacional		Operacional		Seguridad		Próximo al colapso		
		Real	Ideal (Visión 2000)	Real	Ideal (Visión 2000)	Real	Ideal (Visión 2000)	Real	Ideal (Visión 2000)	
175 kg/cm ²	Frecuente (43 años)	-	1	-	0	-	0	2	0	NO
	Ocasional (72 años)	-	2	-	1	-	0	2	0	NO
	Raro (475 años)	-	3	-	2	-	1	2	0	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	3	-	2	2	1	NO
210 kg/cm ²	Frecuente (43 años)	-	1	-	0	-	0	2	0	NO
	Ocasional (72 años)	-	2	-	1	-	0	2	0	NO
	Raro (475 años)	-	3	-	2	-	1	2	0	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	3	-	2	2	1	NO
245 kg/cm ²	Frecuente (43 años)	-	1	-	0	-	0	2	0	NO
	Ocasional (72 años)	-	2	-	1	-	0	2	0	NO
	Raro (475 años)	-	3	-	2	-	1	2	0	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	3	-	2	2	1	NO
0 = Desempeño inaceptable										
1 = Estructuras básicas										
2 = Estructuras esenciales / riesgosas										
3 = Estructuras seguridad crítica										

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 5 y 6 se muestra los niveles de desempeño sísmico de la estructura para los 3 tipos de resistencia, teniendo un desempeño sísmico deficiente, no cumpliendo con los objetivos del comité visión 2000.

Tabla 7. Desplazamiento de la estructura en Dir. X-X y Dir. Y-Y.

f'c (kg/cm ²)	Desplazamiento en X-X				Desplazamiento en Y-Y			
	Limite Elástico (cm)	Cortante Basal (ton)	Pérdida de capacidad (cm)	Cortante Basal (ton)	Limite Elástico (cm)	Cortante Basal (ton)	Pérdida de capacidad (cm)	Cortante Basal (ton)
175	2.5	80	9.76	97.74	1.5	180	3.22	274.36
210	2.5	85	9.68	94.85	1.5	210	3.04	283
245	2.5	85	9.95	95.07	1.3	190	2.96	285.5

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8. Desplazamientos por piso.

f'c (kg/cm ²)	Piso	Desp X-X (cm)	Desp Y-Y (cm)
175	1	8.6	1.31
	2	9.59	2.79
	3	9.76	3.22
210	1	8.53	1.24
	2	9.51	2.63
	3	9.68	3.04
245	1	8.5	1.2
	2	9.48	2.56
	3	9.65	2.96

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 7 se observa que el desplazamiento aumenta conforme se sube de piso tanto en la dirección X-X como en la Y-Y. Este es un comportamiento típico, ya que los pisos superiores suelen experimentar mayores desplazamientos debido a su mayor distancia del soporte (generalmente, los desplazamientos son más notables en las partes más altas de un edificio).

Asimismo, se muestra que a pesar de que el concreto tiene mayor resistencia (aumentando de 175 kg/cm² a 245 kg/cm²), el efecto sobre los desplazamientos es mínima. Sin embargo, se observa que los desplazamientos tienden a disminuir levemente con el aumento de la resistencia del concreto.

2.4 FRAGILIDAD ESTRUCTURAL

La fragilidad de una estructura está asociada a su vulnerabilidad sísmica y se mide a través de curvas de fragilidad. Estas curvas son representaciones gráficas de la función de distribución acumulada que describe la probabilidad de conseguir o superar un nivel específico de daño, dado un comportamiento estructural frente a un evento sísmico determinado [17].

Se lleva a cabo el análisis de la fragilidad estructural tanto en las direcciones longitudinales como transversales. La figura 31 detalla que estas fragilidades representan la probabilidad de exceder un estado límite de daño (ED 1 - Sin Daño, ED 2 - Daño Leve, ED 3 - Daño Moderado, ED 4 - Daño Severo y ED 5 - Colapso Completo) en un determinado nivel de demanda sísmica según tabla 1 (Sismo Frecuente, Ocasional, Raro y Muy raro) esto depende del análisis de la muestra [18].

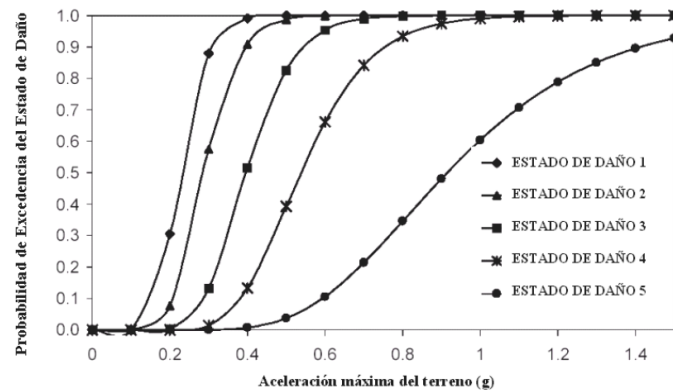


Figura 35. Curva de fragilidad de 5 daños.

Fuente: Velásquez [18].

Las muestras tomadas para el análisis de fragilidad corresponden a las capacidades de resistencia del concreto evaluado (175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm²), respectivamente.

Sin embargo, [6] para construir la curva de fragilidad es necesario disponer de valores en todos los estados. Entonces, dado que no disponemos de datos representativos para cada estado de daño (sin daño, leve, moderado, severo y completo), se elaborarán las matrices de fragilidad para ambas direcciones estructurales.

2.4.1 Dirección X-X

La Tabla 4 muestra los valores obtenidos tras el recuento de las 3 muestras analizadas de resistencia del concreto.

Tabla 9. Matriz de fragilidad estructural – Dir. X-X.

Matriz de fragilidad estructural (Dir. X - X)								
Sismo	TR (años)	PGA (g)	ED1 (Sin daño)	ED2 (Daño Leve)	ED3 (Daño Moderado)	ED4 (Daño Severo)	ED5 (Daño completo)	Total
Frecuente	43	0.17	0%	100%	0%	0%	0%	100%
Ocasional	72	0.23	0%	100%	0%	0%	0%	100%
Raro	475	0.43	0%	0%	0%	0%	100%	100%
Muy raro	970	0.28	0%	0%	0%	0%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

En base a la matriz de fragilidad se aguarda que:

- Para un “Sismo Frecuente”:
 - Con un estado de 100% de “Daño Leve”: un nivel de desempeño de “Ocupación inmediata”, esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre la tabiquería y los elementos.
- Para un “Sismo Ocasional”:
 - Con un estado de 100% de “Daño Leve”: un nivel de desempeño de “Ocupación inmediata”, esto significa que los elementos estructurales presentarán pocas, puntuales y muy pequeñas grietas. Para los elementos no estructurales se evidenciará grietas, separación entre la tabiquería y los elementos.
- Para un “Sismo Raro”:

- Con un estado de 100% de “Daño Completo”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un “Sismo Muy Raro”:
 - Con un estado de 100% de “Daño Completo”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.

2.4.2 Dirección Y-Y

En la Tabla 5 se muestran los valores obtenidos después de analizar las 3 muestras de resistencia del concreto.

Tabla 10. Matriz de fragilidad estructural – Dir. Y-Y.

Matriz de fragilidad estructural (Dir. Y - Y)								
Sismo	TR (años)	PGA (g)	ED1 (Sin daño)	ED2 (Daño Leve)	ED3 (Daño Moderado)	ED4 (Daño Severo)	ED5 (Daño completo)	Total
Frecuente	43	0.17	0%	0%	0%	33%	67%	100%
Ocasional	72	0.23	0%	0%	0%	0%	100%	100%
Raro	475	0.43	0%	0%	0%	0%	100%	100%
Muy raro	970	0.28	0%	0%	0%	0%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Dada la matriz de fragilidad se espera que:

- Para un “Sismo Frecuente”:
 - Con un estado de 33% de “Daño Severo”: un nivel de desempeño de “Prevención del Colapso”, esto significa que en algunos elementos estructurales hay falla localizada y las conexiones no presenta pérdida de la estabilidad vertical generando una deformación lateral permanente de la estructura. Algunas tabiquerías presentarán grandes grietas y varias paredes pueden ceder. Gran parte del mobiliario no anclado ha cedido.
 - Con un estado de 67% de “Daño Completo”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un “Sismo Ocasional”:
 - Con un estado de 100% de “Daño Completo”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un “Sismo Raro”:
 - Con un estado de 100% de “Daño Completo”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.
- Para un “Sismo Muy Raro”:
 - Con un estado de 100% de “Daño Completo”: un nivel de desempeño de “Colapso”, esto significa que hay un excesivo desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.

desplazamiento lateral. Pérdida de la estabilidad vertical dando lugar al colapso parcial o total de la estructura.

2.5 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

El estudio de la vulnerabilidad se expresa a través de las probabilidades de que una estructura sea susceptible a sufrir daños, y está estrechamente relacionado con los posibles rendimientos de la estructura. La Tabla 6 ilustra la correlación entre los niveles de vulnerabilidad, los rendimientos posibles y las fases de daño correspondientes.

Tabla 11. Niveles de vulnerabilidad.

Niveles de vulnerabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Desempeños	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de Vida	Prevención de Colapso	Colapso
Estados de daño	ED 1	ED 2	ED 3	ED 4	ED 5
	Sin daño	Daño leve	Daño moderado	Daño severo	Daño completo

Fuente: Elaboración Propia.

- Un nivel de vulnerabilidad extremadamente bajo en la estructura, es posible que no sufra daños y que siga funcionando correctamente.
- Un nivel de vulnerabilidad baja indica que la estructura podría experimentar un daño leve y tener un rendimiento de ocupación inmediata.
- Un nivel de vulnerabilidad intermedio sugiere que la estructura podría experimentar daños moderados, pero aún garantizaría un rendimiento adecuado en términos de seguridad de vida.
- Un nivel de vulnerabilidad alto indica que la estructura podría experimentar daños graves y aún asegurar un rendimiento adecuado en términos de prevención del colapso.
- Por último, un nivel de vulnerabilidad muy alto indica que la estructura podría sufrir daños totales y es probable que colapse.

Para calcular el nivel de vulnerabilidad, se asignaron valores del uno al cinco a los estados de daño según su gravedad. La Tabla 7 muestra los valores relativos que servirá para ejecutar una ponderación de la probabilidad de la estructura.

Tabla 12. Valoración de los estados.

Valoración de los Estados de Daño			
Sin daño	Estado de daño 1	ED 1	1
Daño leve	Estado de daño 2	ED 2	2
Daño moderado	Estado de daño 3	ED 3	3
Daño severo	Estado de daño 4	ED 4	4
Daño completo	Estado de daño 5	ED 5	5

Fuente: Elaboración Propia.

Para expresar la posibilidad de que la estructura se encuentre en uno de los niveles de desempeño, se calcula como el promedio de los valores asignados.

Tabla 13. Ponderación de las probabilidades.

Sismo	Dir. X-X					Dir. Y-Y					Ponderado
	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	ED1	ED2	ED3	ED4	ED5	
Frecuente	0	1	0	0	0	0	0	0	0.33333333	0.66666667	3.33
Ocasional	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3.50
Raro	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5.00
Muy raro	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5.00

Fuente: Elaboración Propia.

Para una representación más clara de los valores de las ponderaciones de las probabilidades de distintos niveles de daño, se utiliza un diagrama que visualiza los niveles de daño, los desempeños correspondientes y el nivel de vulnerabilidad de manera gráfica.

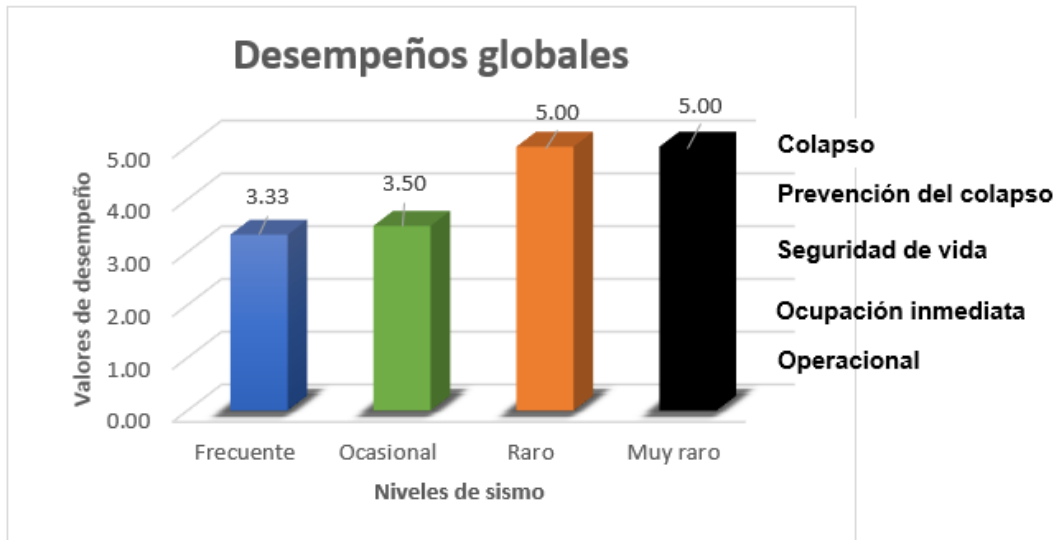


Figura 36. Desempeños globales.

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados muestran que:

- “Sismo Frecuente”: Sufrir un “Daño Severo” hasta un 33%, y un nivel de desempeño de “Prevención del Colapso”. Por ende, la vulnerabilidad para este nivel es “Alta”.
- “Sismo Ocasional”: Sufrir un “Daño Severo” hasta un 50%, y un nivel de desempeño de “Prevención del Colapso”. Entonces la vulnerabilidad para este nivel es “Alta”.
- “Sismo Raro”: Sufrir un “Daño Completo” hasta un 100%, y un nivel de desempeño de “Colapso”. Entonces la vulnerabilidad para este nivel es “Muy alta”.
- “Sismo Muy Raro”: Sufrir un “Daño Completo” hasta un 100%, y un nivel de desempeño de “Colapso”. Entonces la vulnerabilidad para este nivel es “Muy alta”.

Tabla 14. Cuadro comparativo del desempeño Global vs lo Ideal según la norma ASCE/SEI 41-13

MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO		DESEMPEÑO GLOBAL DE LA ESTRUCTURA										¿Cumple con el objetivo?
		Totalmente Operacional		Operacional		Seguridad		Próximo al colapso		Colapso		
		Real	Ideal (ASCE/SEI 41-13)	Real	Ideal (ASCE/SEI 41-13)	Real	Ideal (ASCE/SEI 41-13)	Real	Ideal (ASCE/SEI 41-13)	Real	Ideal (ASCE/SEI 41-13)	
BSE-1E	Frecuente (43 años)	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	NO
	Ocasional (72 años)	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	NO
BSE-2E	Raro (475 años)	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	NO
	Muy raro (970 años)	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	NO

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 14 se muestra lo real vs ideal en cuanto a los requisitos mínimos para una estructura esencial según la norma ASCE 41-13, la estructura evaluada no cumple con los requisitos de la norma ASCE 41-13.

2.6 DISCUSIONES

La investigación tuvo como propósito determinar la vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. Jorge Guevara Mellado, para ello se tuvo en cuenta los parámetros y requisitos mínimos de la norma técnica E.030, Comité Visión 2000 y la metodología ASCE 41-13.

Para ello, se calculó los niveles de desempeño para cada tipo de amenaza sísmica para poder determinar si la estructura cumple con los propósitos expuestos por el SEAOC 2000. Los resultados que se obtuvieron no cumplen con los propósitos de desempeño para ambas direcciones. Para un sismo raro en la Dir. X-X se tiene un desempeño de prevención de colapso y en la Dir. Y-Y un desempeño de colapso. Estos valores son similares a los obtenidos por [23] en su estudio "Evaluación de Desempeño Sísmico de la Edificación Cumbre Instituto de Gastronomía-Chiclayo utilizando un Análisis no Lineal Estático" donde se analizó el desempeño sísmico de la estructura obteniendo resultados que para un sismo raro en la Dir. X-X un desempeño de Colapso de la estructura y en la Dir. Y-Y un desempeño de Pre colapso. Por su parte [20] en su estudio "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras utilizando un diseño por Desempeño", realizó el análisis del desempeño teniendo en cuenta el cambio de factor de uso, donde la estructura evaluada fue construida para uso de oficinas y luego cambio de uso para hospital, concluye que el edificio será capaz de resistir la nueva demanda sísmica, pero los daños que se pueden presentar en la estructura son importantes.

De acuerdo a la tabla 8, la estructura actual tiene un mayor desplazamiento en el 3er nivel, demostrando lo estudiado por [22] donde indica que los desplazamientos laterales máximos suelen observarse en las plantas superiores de los edificios debido al efecto acumulativo de las deformaciones entre plantas. Asimismo, el promedio de las 3 resistencias evaluadas en la Dir. X-X el desplazamiento es de 9.67 cm y en la Dir. Y-Y es 3.07 cm, incumpliendo la deriva máxima permitida de 0.007 veces la altura del entrepiso establecida en la NTP E.030. Estos valores difieren a los obtenidos por [25] en su investigación "Evaluación del desempeño sismorresistente utilizando análisis estático y dinámico no lineal en la Institución Educativa Nuestra Señora de la Paz, Chiclayo", donde en la Dir X-X obtuvo derivas de 1.96 cm y 2.33 cm excediendo los límites establecidos por la norma E.030 y en la Dir Y-Y obtuvo derivas de 0.187 cm y 0.189 cm cumpliendo con la NTP E.030, escenario diferente debido a que la estructura evaluada fue construida para uso de categoría B y la tesis citada fue construida para uso de categoría A.

La fragilidad de la estructura actual para un sismo raro es del 100% de daño completo en ambas direcciones, incumpliendo los principios de diseño sismorresistente y los objetivos de desempeño esencial. Este resultado difiere a los resultados de [12] en su investigación "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la I.E. N°1199 Mariscal Ramón Castilla, UGEL N°6 del Distrito de Chaclacayo" teniendo como resultado que para un sismo raro se espera una probabilidad de 40% de que la estructura tenga daños moderados, resultado diferente debido a que la presente investigación es de un colegio de 3 pisos y fue construido para un uso de categoría B y la tesis citada es un colegio de 2 pisos y construida para uso de categoría A.

La vulnerabilidad sísmica actual de la estructura para un sismo raro es muy alta, incumpliendo los parámetros de diseño sismorresistente para una edificación esencial. Este resultado difiere a los resultados de [24] en su investigación “Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de benedetti-petrini”, teniendo como resultado que las 3 instituciones analizadas tienen una vulnerabilidad sísmica baja en general, con algunas excepciones en ciertos módulos que presentaron vulnerabilidad media a baja.

3. CONCLUSIONES

Las condiciones actuales de la I.E. Jorge Guevara Mellado se encuentra en condiciones buenas porque no presenta daños estructurales y no estructurales; sin embargo, se efectuó el ensayo de Esclerometría en vigas y columnas arrojando una resistencia promedio de $f'c$ 237.6 kg/cm² para el primer nivel y $f'c$ 165 kg/cm² para el segundo nivel, este último resultado indica una resistencia baja por lo tanto un desempeño sísmico inadecuado en este nivel.

De los análisis de resistencia realizados, se concluye que la resistencia a compresión no determina las solicitudes sísmicas, ya que la diferencia en cada incremento de resistencia resultó ser insignificante. Asimismo, se observa que el desplazamiento disminuye a medida que crece la resistencia a la compresión del concreto, mientras que el desplazamiento aumenta cuando la resistencia del concreto es menor.

Se desarrollo el espectro de diseño en base a los parámetros de la Norma E.030, una vez realizada el espectro de diseño se realizó el espectro de aceleraciones Fig. 11 para los periodos de retorno de 43 años (Sismo frecuente), 72 años (Sismo ocasional), 475 años (sismo raro) y 970 años (sismo muy raro). Por medio de la relación Demanda/Capacidad se logró determinar la vulnerabilidad y el desempeño de la estructura.

- **Desempeño en Dir. X - X.**

- De las 3 resistencias analizadas $f'c$ 175 kg/cm², $f'c$ 210 kg/cm² y $f'c$ 245 kg/cm² y según los resultados de la esclerometría, la resistencia promedio de los elementos estructurales de la I.E Jorge Guevara Mellado se encuentra en el Intervalo de $f'c$ 175 kg/cm² y $f'c$ 210 kg/cm², tomando en cuenta este criterio, se concluye que para una resistencia de $f'c$ 175 kg/cm², aproximadamente a 80 ton. con respecto a la cortante basal se tiene un desplazamiento de 2.5 cm., dando inicio a la pérdida de capacidad a 9.76 cm. con 94.74 ton., por lo que para un “Sismo Frecuente” y para un “Sismo Ocasional” el nivel de desempeño de la estructura en “Dir. X – X” es de “Ocupación inmediata.
- Para una resistencia de $f'c$ 210 kg/cm², aproximadamente a 85 ton. con respecto a la cortante basal se tiene un desplazamiento de 2.5 cm., dando inicio a la pérdida de capacidad a 9.68 cm. con 94.85 ton., por lo que para un “Sismo Frecuente” y para un “Sismo Ocasional” el nivel de desempeño de la estructura en es de “Ocupación inmediata”, lo que significa que después de un evento sísmico la estructura podrá

ser ocupada de manera inmediata a pesar de presentar pocas, localizadas y muy pequeñas grietas en los elementos estructurales, en los elementos no estructurales grietas y separación entre la tabiquería y los elementos.

- **Desempeño en Dir. Y - Y.**

- De las 3 resistencias analizadas $f'c$ 175 kg/cm², $f'c$ 210 kg/cm² y $f'c$ 245 kg/cm² y según los resultados de la esclerometría, la resistencia promedio de los elementos estructurales de la I.E Jorge Guevara Mellado se encuentra en el Intervalo de $f'c$ 175 kg/cm² y $f'c$ 210 kg/cm², tomando en cuenta este criterio, se concluye que para una resistencia de $f'c$ 175 kg/cm², aproximadamente a 180 ton. con respecto a la cortante basal se tiene un desplazamiento de 1.5 cm., dando inicio a la pérdida de capacidad a 3.22 cm. con 274.36 ton., por lo que para un “Sismo Frecuente” el nivel de desempeño de la estructura en “Dir. Y – Y” es de “Colapso”.
- Para una resistencia de $f'c$ 210 kg/cm², aproximadamente a 210 ton. con respecto a la cortante basal se tiene un desplazamiento de 1.5 cm., dando inicio a la pérdida de capacidad a 3.04 cm. con 283 ton., por lo que para un “Sismo Frecuente” el nivel de desempeño de la estructura en “Dir. Y – Y” es de “Colapso”, esto significa que hay un desplazamiento lateral excesivo, pérdida de estabilidad vertical por ende el colapso parcial o total de la edificación.

- **Fragilidad en Dir. X – X.**

- La estructura en condiciones actuales para un “Sismo Frecuente” y para un “Sismo Ocasional” se aguarda una probabilidad de 100% de que la estructura sufra un “Daño Leve”; por ende, un nivel de desempeño de “Ocupación Inmediata”.
- Para un “Sismo Raro” y “Muy Raro” se espera la probabilidad al 100% de que la estructura sufra un “Daño Completo”; por ende, un nivel de desempeño de “Colapso”.

- **Fragilidad en Dir. Y – Y.**

- En esta dirección la estructura en condiciones actuales se ve mucho más afectada ya que para un “Sismo Frecuente” se espera una probabilidad de 33% de que la estructura sufra un “Daño Severo”; por ende, un nivel de desempeño de “Prevención del Colapso” y una probabilidad de 67% de que la estructura sufra un “Daño Completo” y un nivel de desempeño de “Colapso”.
- Para un “Sismo Ocasional”, “Sismo Raro” y “Sismo Muy Raro” se espera una probabilidad de 100% de que la estructura sufra un “Daño Completo”; por ende, un nivel de desempeño de “Colapso”.

Finalmente, en base a lo estudiado y analizado se concluye que la vulnerabilidad sísmica estructural de la I.E. N° 20955 – 24 Jorge Guevara Mellado en condiciones actuales ante un “Sismo Frecuente” y un “Sismo Ocasional” es “Alta” y para un “Sismo Raro” y “Muy Raro” la vulnerabilidad es “Muy alta”.

4. REFERENCIAS

- [1] H. Tavera. “Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú”, Informe Técnico N° 004-2020/IGP, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, 2020.
- [2] A. Cosinga, “Evaluación del riesgo y desempeño sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Chaclacayo de la región Lima en el año 2018”, Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Unión, Lima, 2019.
- [3] E.A. Quiroz Rojas, “Vulnerabilidad sísmica de una edificación escolar típica módulo 780 Pre NDSR-1997 mediante modelos no lineales”, Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2017.
- [4] S. Duque Serna, «En Perú solo el 37% de los colegios está en buen estado para acoger a los estudiantes», Anadolu Agency, p. 1, 2019. <https://www.aa.com.tr/es/mundo/en-per%C3%BA-solo-el-37-de-los-colegios-est%C3%A1-en-buen-estado-para-acoger-a-los-estudiantes-/1411969>.
- [5] R. Hernández, C. Fernández & P. Baptista, *Metodología de la investigación*, México: McGraw-Hill, Ed., 2014, Vol. 6, pp. 102-256.
- [6] *Manual de ensayo de materiales – MTC E 725 Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (Esclerometría)*. Lima, Perú: MTC, 2016.
- [7] *Norma E.020 Cargas – Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: SENCICO, 2020.
- [8] *Norma Técnica E.030 “Diseño sismorresistente”*. Lima, Perú: Diario oficial el peruano, 2018.
- [9] D. Rodríguez, "Análisis estático no lineal", Revista Construcción, pp. 86-87, 2013. https://civilgeeks.com/wp-content/uploads/2013/09/construccion_86.pdf.
- [10] A.L. Helaccama, “Evaluación de desempeño estructural utilizando Análisis Estático no lineal (Pushover) del bloque del nivel secundario del colegio Emblemático Ladislao Espinar ubicado en la ciudad de Espinar–Cusco”, Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, 2021.
- [11] V. SEOAC, “*Performance Based Seismic Engineering of Buildings*” VISION 2000 Committee (Structural Engineering Association of California), USA, Ed. 1995. Vol. 01.
- [12] J. Arone Quispe, "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Estructural de la IE N° 1199 Mariscal Ramón Castilla, UGEL N° 6 del Distrito de Chaclacayo", Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú, 2019.

- [13] C.A. Celi & B. Arellano, "Fiabilidad del Modelamiento Sísmico, en el Rango No Lineal, en Función de la Longitud de las Zonas Plásticas Asumidas Para Vigas.", *Revista Politécnica*, vol. 33, no. 1, enero, 2014. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/119.
- [14] *Memoria de Cálculo Estructural – “Recuperación del local escolar de la IE. San José de Tiwinza en el C.P. 16 de enero – Tiwinza, Distrito de Sayán, Provincia de Huaura, Departamento de Lima; C.U.I. N°2468252”*. Lima, Perú: Municipalidad Distrital de Sayán, 2022.
- [15] V. Quiroz & L. Salamanca, "Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en La asignatura de “tecnología del hormigón.”, Trabajo por adscripción, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, 2006.
- [16] M. Triolla, *Estadística*, México: Pearson Educación, Ed., 2009, Vol. 10.
- [17] M.H. Hazus, *Earthquake loss estimation methodology—technical and user manuals*, Washington: Federal Emergency Management Agency (FEMA), Ed. 1999. Vol. 1.
- [18] J.M. Velásquez Vargas, “Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas”, Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2006.
- [19] A. Garzón, “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Aplicación a edificios convencionales, de especial importancia y esenciales”, Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya, España, 2020.
- [20] J. Carrillo, "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras utilizando un diseño por Desempeño". *DYNA*, 75(155), 91–102, mayo, 2008. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/1743>.
- [21] Standard, A. S. T. M. E2586, “Standard Practice for Calculating and Using Basic Statistics,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, DOI: 10.1520/E2586-14.
- [22] Krawinkler, H., Seneviratna, G. D. P. K. “*Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation*”. *Engineering structures*, 1998, vol. 20, no 4-6, p. 452-464.
- [23] D. Estrada & L. Gómez, "Evaluación de Desempeño Sísmico de la Edificación Cumbre Instituto de Gastronomía-Chiclayo utilizando un Análisis no Lineal Estático", Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, 2023.
- [24] C. Moreto, M. Mechato & G. Díaz, "Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de benedetti-petrini", *Revista Politécnica*, *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias*

Naturales e Ingeniería, 4(2): 57-65, julio, 2021.
<https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.728>.

- [25] A. Paredes, "Evaluación del desempeño sismorresistente utilizando análisis estático y dinámico no lineal en la Institución Educativa Nuestra Señora de la Paz, Chiclayo", Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2023.

5. ANEXOS

ANEXO 1. EVIDENCIA DE SUMISIÓN A REVISTA INDEXADA

ANEXO 2. RESOLUCIÓN DEL PERFIL DE PROYECTO

**ANEXO 3. ENSAYO DE
ESCLEROMETRÍA VIGAS Y
COLUMNAS**

ANEXO 4. PLANOS

**ANEXO 5. CERTIFICADO DE
CALIBRACIÓN –
ESCLEROMETRO**

ANEXO 6. SOLICITUD Y CONSTANCIA DE PERMISO

ANEXO 7. REPORTE FOTOGRAFICO