



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL METODO  
ESTATICO NO LINEAL PARA DETERMINAR EL  
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL, DE UN  
COLEGIO PARTICULAR, DEL DISTRITO DE  
LURIGANCHO – CHOSICA, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Gerardo Abel Pacheco Huaman

**Asesor:**

Mg. Neicer Campos Vasquez

<https://orcid.org/0000-0003-1508-6575>

Lima - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>JOSE LUIS NEYRA TORRES</b>	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ</b>	42009981
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA</b>	<b>46905022</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

### INFORME DE SIMILITUD

## Turnitin Originality Report

Processed on: 05-Aug-2023 19:44 -05  
 ID: 2141809026  
 Word Count: 10516  
 Submitted: 1

**TESIS GERARDO PACHECO HUAMAN** By Gerardo Pacheco Huaman

Document Viewer

Similarity Index  <h1 style="margin: 0;">15%</h1>	<b>Similarity by Source</b> Internet Sources: 15% Publications: 1% Student Papers: 11%
---	---

mode: quickview (classic) report

2% match (Internet from 14-Dec-2021) <a href="http://renatiga.sunedu.gob.pe">http://renatiga.sunedu.gob.pe</a>	✕
1% match () <a href="#">Huamani Conza, Leonel Aldo. "Comparación del desempeño sísmico del pabellón Chaminade de la Universidad Católica de Santa María considerando el método espectro capacidad y método de los coeficientes de desplazamiento.", 'Baishideng Publishing Group Inc.', 2021</a>	✕
1% match () <a href="#">Vargas Zolorzano, Jose Fernando. "Evaluación del peligro sísmico y su aplicación para determinar el riesgo sísmico en las viviendas de albañilería autoconstruidas en el A.H. Juan Pablo Vizcardo y Guzmán del distrito de Samuel Pastor - Camaná - Arequipa, en el 2021", 'Baishideng Publishing Group Inc.', 2022</a>	✕
1% match (Internet from 23-Jul-2022) <a href="http://Repositorio.Unsa.Edu.Pe">http://Repositorio.Unsa.Edu.Pe</a>	✕
1% match (Internet from 29-Jul-2016) <a href="http://es.slideshare.net">http://es.slideshare.net</a>	✕
1% match (Internet from 29-Oct-2022) <a href="http://repositorio.uta.edu.ec">http://repositorio.uta.edu.ec</a>	✕
1% match (Internet from 16-Jul-2021) <a href="http://repositorio.unh.edu.pe">http://repositorio.unh.edu.pe</a>	✕
1% match (Internet from 29-Jul-2016) <a href="http://myslide.es">http://myslide.es</a>	✕
1% match (Internet from 10-Jul-2021) <a href="https://www.grafiatl.com/fr/literature-selections/analisis-lineal-dinamico/dissertation/">https://www.grafiatl.com/fr/literature-selections/analisis-lineal-dinamico/dissertation/</a>	✕
1% match (Internet from 24-Aug-2020) <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/211176867.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/211176867.pdf</a>	✕
1% match () <a href="#">Baldeon Nieto, Miguel Angel. "Evaluación de vulnerabilidad sísmica y autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016", 'Universidad Cesar Vallejo', 2017</a>	✕
1% match (Internet from 18-Oct-2022)	—

## DEDICATORIA

A Dios por darme la capacidad, inteligencia y por guiar mis pasos y brindarme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr mis objetivos propuestos.

A mi abuela, a pesar de que ya no está conmigo siempre vivirá en mi corazón, este pequeño logro es en memoria a ti abuela

También a mis padres y hermana por su ayuda incondicional, gracias a sus enseñanzas y buenas costumbres, me han ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mi esposa por su paciencia y gran apoyo durante mi vida universitaria.

A mi hijo, por alegrar mis días y ser otro gran motivo que me impulsaba día a día a seguir y culminar mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios, por permitir que se alcance a concluir esta etapa de mi vida profesional.

A mis padres por motivarme a seguir adelante a pesar de todos los obstáculos que hubo durante el camino.

A mi hermana por su apoyo incondicional.

A mi esposa por siempre alentarme y darme fuerzas para continuar.

A todos los docentes de los diferentes cursos por sus enseñanzas.

**TABLA DE CONTENIDO**

Jurado calificador .....	2
Informe de similitud .....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento .....	5
Tabla de contenido .....	6
Índice de tablas .....	7
Índice de figuras .....	9
Resumen .....	10
Capítulo I: Introducción .....	11
Capítulo II: Metodología .....	34
Capítulo III: Resultados .....	40
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones .....	63
Referencias .....	69
Anexos .....	73

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Mapa de Zonificación Sísmica – Geotécnica del distrito de Lurigancho- Chosica. ....	20
<b>Figura 2</b> Cuadro de determinación del tipo de suelo para la zona relacionada con la estructura en estudio. ....	21
<b>Figura 3</b> Objetivos de reforzamiento según el SEAOC .....	23
<b>Figura 4</b> Patrón de carga lateral .....	26
<b>Figura 5</b> Recuerdo de Inauguración de 1era Etapa de construcción del colegio en estudio, año 1990. ....	29
<b>Figura 6</b> Diagrama Momento-Curvatura, incluido el efecto de corte.....	30
<b>Figura 7</b> Datos de Fuerza cortante-desplazamiento de ensayo cíclico cooplanar del pórtico con tabique.....	31
<b>Figura 8</b> Ubicación de la muestra.....	36
<b>Figura 9</b> Ubicación del pabellón dentro de los límites del centro educativo. ....	36
<b>Figura 10</b> Pabellón de colegio en análisis.....	40
<b>Figura 11</b> Pabellón de colegio en análisis.....	41
<b>Figura 12</b> Curva esfuerzo-deformación del concreto confinado y no confinado.....	42
<b>Figura 13</b> Curva esfuerzo-deformación del acero corrugado.....	43
<b>Figura 14</b> Curva esfuerzo-deformación de elementos de albañilería. ....	44
<b>Figura 15</b> Columna 50 x30 cm. ....	45
<b>Figura 16</b> Columna 30 x25 cm. ....	45
<b>Figura 17</b> Momento ultimo de Viga del Eje Y-Y. ....	46
<b>Figura 18</b> Momento ultimo de Viga del Eje X-X. ....	47
<b>Figura 19</b> Puntal equivalente para muros de albañilería.....	47
<b>Figura 20</b> Rotula para columna 50x30 en el EJE 3-3.....	48
<b>Figura 21</b> Rotula de tabique de albañilería. ....	49
<b>Figura 22</b> Rotula de vigas.....	50

<b>Figura 23</b>	Cargas horizontales para el efecto de empuje horizontal(PUSHOVER).....	51
<b>Figura 24</b>	Modelado de elementos de estructura en análisis.....	51
<b>Figura 25</b>	Rotulas plásticas presentes en la estructura, eje X-X. ....	52
<b>Figura 26</b>	Reporte del rotulas generadas.....	53
<b>Figura 27</b>	Rotulas plásticas presentes en la estructura, eje Y-Y. ....	54
<b>Figura 28</b>	Reporte del rotulas generadas.....	54
<b>Figura 29</b>	Curva de capacidad Eje X-X.....	55
<b>Figura 30</b>	Curva de capacidad Eje Y-Y.....	56
<b>Figura 31</b>	Rango para evaluar la eficacia.....	57
<b>Figura32</b>	Correlación de crecimiento lineal positivo entre las variables. ....	58
<b>Figura 33</b>	Nivel de desempeño eje X-X.....	60
<b>Figura 34</b>	Nivel de desempeño eje X-X.....	60
<b>Figura 35</b>	Nivel de desempeño X-X. ....	62
<b>Figura 36</b>	Nivel de desempeño X-X. ....	62
<b>Figura 37</b>	Parte delantera del colegio. ....	79
<b>Figura 38</b>	Parte trasera del colegio .....	80
<b>Figura 39</b>	Límite entre las estructuras del pabellón .....	81
<b>Figura 40</b>	Límite entre las estructuras del pabellón con caja de escaleras. ....	82
<b>Figura 41</b>	Evidencia de interacción tabique-pórtico .....	83
<b>Figura 42</b>	Junta sísmica .....	84
<b>Figura 43</b>	Verificación de geometría de unidad de albañilería.....	85
<b>Figura 44</b>	Verificación de geometría de unidad de albañilería.....	86
<b>Figura 45</b>	Verificación de geometría de columna de 58x33.....	87
<b>Figura 46</b>	Verificación de geometría de columna de 33x28.....	88
<b>Figura 47</b>	Azotea .....	89



## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Propiedades mecánicas de los materiales. ....	28
<b>Tabla 2</b> Cuantía de vigas. ....	46
<b>Tabla3</b> Correlación entre el resultado de estudios previos frente a su eficacia para determinar el comportamiento estructural y/o desempeño estructural. ....	57
<b>Tabla4</b> Factor de Correlación de Pearson.....	58

## RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación tuvo como escenario el distrito de Lurigancho-Chosica, en el cual se realizó el análisis de correlación del método estático no lineal para determinar el comportamiento estructural de un colegio particular, debe resaltarse que el diseño mediante el cual se ha construido el colegio, fue con la normativa sismorresistente del año 1977, y en la actualidad la normativa ha tenido cambios, razón por el cual resulta necesario conocer su comportamiento estructural, tomando en cuenta que, dentro de nuestra normativa actual un colegio está clasificado como una edificación esencial, resultando aún más importante su evaluación.

Se tuvo como objetivo principal, determinar la correlación del método estático no lineal respecto a determinar el comportamiento estructural, para ello fue necesario aplicar el método de coeficientes, hallando la curva de capacidad de la estructura, determinándose que, la estructura no cumple con la filosofía de diseño sismorresistente, debido al colapso que presenta ante SISMOS OCASIONALES en los ejes X-X y Y-Y. Siendo necesario realizar un reforzamiento estructural para satisfacer por lo menos objetivos básicos de desempeño.

La metodología empleada tomó un diseño no experimental, correlacional y el muestreo fue no probabilístico por juicio, la recolección de datos en cuanto a la geometría del proyecto fue directamente tomada de campo, mientras que, para determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales se empleó la técnica de análisis de documentos.

**PALABRAS CLAVES:** Análisis estático no lineal, desempeño sísmico, interacción tabique – pórtico, diseño sismorresistente.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### Realidad problemática

A nivel mundial, algunas de las últimas catástrofes sísmicas, tal como en la localidad de Lorca 2011, Chile 2014, Nepal 2015, Italia 2016, han vuelto a evidenciar el inadecuado comportamiento de multitud de estructuras. (Rodeñas, 2017).

Nuestro país se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico entre las placas de nazca y sudamericana, a lo largo del tiempo se dieron muchos sismos en el Perú causando daños: en Cusco el día 21 de mayo de 1950 se dio un sismo de magnitud de 6.8 grados que dejó 1600 muertos, Ancash el día 31 de mayo de 1970 de magnitud de 8 grados, el sismo más doloroso del país en donde desaparece la ciudad de Yungay y fallecieron 70 mil pobladores, así mismo en Lima el día 3 de octubre de 1974 con magnitud de 7.6 que dejó 252 fallecidos y 3600 heridos, del mismo modo en Ocaña - Arequipa en el año 2001 se registró sismo de 8 grados, finalmente el día 15 de agosto de 2007 en pisco se registró un terremoto de 8 grados en escala de Richter dejando 500 muertos (Paucar, 2018).

Según el INEI, en el Perú existen hasta el año 2021, 106,728 centros educativos construidos en diferentes épocas, con diferente arquitectura y materiales, de los cuales, un gran número de edificaciones educativas son vulnerables a los terremotos debido a que fueron construidas en décadas en que las normativas de construcción no consideraban de manera seria la protección de los terremotos. Es por ello que, después de cada suceso los edificios educativos quedan seriamente dañados en la zona epicentral y el estado tiene que invertir sumas importantes en recuperar la infraestructura.

En la actualidad el Reglamento Nacional de Edificaciones contempla las condiciones mínimas para un diseño sísmico resistente a partir de un análisis estático y dinámico lineal, pudiendo ser este su principal limitante, dado que, ante la presencia de un sismo severo, las

estructuras desarrollan un comportamiento no lineal. Tal como lo describe Gálvez (2011): Las edificaciones del Perú usualmente se diseñan utilizando el análisis elástico a pesar de que la mayoría de estas experimentan deformaciones inelásticas durante sismos severos. Los diseños modernos basados en desempeño requieren procedimientos para predecir el comportamiento real de estructuras en tales condiciones. Los análisis No Lineales, junto con el avance de computación e información obtenida de ensayos, nos dan los medios para calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico, incluyendo el deterioro de la resistencia y de la rigidez asociado con el comportamiento inelástico de los materiales y grandes desplazamientos. Es por ello que el análisis No Lineal juega un papel importante en los diseños de nuevas estructuras y verificación de las existentes teniendo en cuenta el análisis Pushover para edificaciones de pocos niveles.

Es preciso indicar que, actualmente la Norma Técnica E.030 - Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, clasifica a los colegios como edificaciones esenciales (categoría A), es decir, de acuerdo a los principios del diseño sismorresistente, estas edificaciones deben lograr permanecer en condiciones operativas luego de un sismo severo.

También debe conocerse que, El distrito de Lurigancho –Chosica de acuerdo a la Norma Técnica E.030, se encuentra dentro de la ZONA 4, el cual corresponde a una zona altamente sísmica.

Tomando conocimiento sobre lo descrito en los párrafos predecesores, se menciona que, es de gran importancia conocer el comportamiento estructural del centro educativo, dado que este fue diseñado y construido contemplando la normativa del año 1977 y en la actualidad, debido a las actualizaciones de la norma sismorresistente, se tiene la incertidumbre respecto al comportamiento estructural que tendrá la edificación,

considerando que esta, debería permanecer en condiciones operativas luego de la presencia de un sismo severo.

A continuación, se muestran algunos estudios previos relacionados a la investigación:

Morales (2017), en su investigación: *“DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL EN BASE A LA CURVA DE CAPACIDAD DEL EDIFICIO DE APARTAMENTOS DENOMINADO CIURANA UBICADO EN LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”*.

En el presente trabajo se realiza un diagnóstico estructural del edificio “Ciurana” de 6 plantas de configuración irregular tanto en elevación como en planta con el propósito de determinar el comportamiento de la estructura dentro del rango lineal evaluando los parámetros que la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y ACI-318-14 establecen, así como la evaluación de la estructura en el rango no lineal mediante la curva de capacidad por el método Pushover para así determinar el punto de desempeño utilizando el software especializado ETABS 2016 basándose en las normativas ATC40, FEMA 440 y ASCE 41-13. Del estudio realizado se determinó el punto de desempeño en base a la curva de capacidad por el método Pushover en ambos sentidos X e Y, concluyendo que el edificio es capaz de resistir un sismo con un periodo de retorno de 475 años correspondiente a una aceleración máxima resistida  $S_a = 0,84g$ , sufriendo daños significativos en la estructura, pero evitando la pérdida de vidas humanas.

Duarte, Martínez y Santamaría (2017), en su investigación: *“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (PUSHOVER) DEL CUERPO CENTRAL DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR”*

En la presente investigación se establece la aplicación del método de análisis estático no lineal (pushover) del cuerpo central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de el Salvador.

El objetivo principal fue emplear el análisis estático no lineal “Pushover”, para ello se tomaron muestras que fueron ensayadas para poder hallar la calidad y resistencia de los materiales, empleando el software SAP 2000 para el análisis.

Finalmente, se obtuvo el punto de desempeño, con un desplazamiento de 15.89 cm, cumple con el nivel de desempeño de seguridad de vida para la demanda establecida en la NTDS manteniendo un buen margen de deformaciones antes del límite de daños permisibles para la seguridad de vida de los ocupantes (48.64 cm). Obteniéndose el punto de desempeño con un valor de fuerza cortante de 2523.41 ton y un desplazamiento de 15.89 cm manteniendo un margen de deformaciones antes del límite de control de daños en la estructura de 20.59 cm y antes del límite de seguridad de vida de 32.75 cm.

Cisneros (2022), en su investigación titulada: “*Evaluación del desempeño estructural de un edificio multifamiliar mediante el análisis estático No Lineal Pushover y propuesta de intervención en San Miguel*”.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar el desempeño estructural de un edificio multifamiliar de concreto armado haciendo uso del análisis estático no lineal – pushover. Se utilizó el programa ETABS 2019 versión 19.0.0 en el que se evaluó los bloques A y C de la edificación. Primero se analizaron los bloques mediante el Análisis estático lineal y el Análisis Dinámico Modal espectral, utilizando los parámetros establecidos por NTE E.030 – 2018 de los cuales se obtuvieron la distorsión de los entrepisos. La segunda parte consistió en realizar un análisis estático no lineal – pushover para ambos bloques. De donde

se obtuvo el punto de desempeño estructural mediante los procedimientos del ASCE/SEI 41-13. De acuerdo al análisis para cargas de gravedad y por sismo, se determinó que la estructura del bloque A en la dirección Y-Y tiene una distorsión de entrepiso de 0.0137, excediendo el límite permisible de 0.007 establecido por la norma vigente. De los resultados del análisis estático no lineal – pushover, para el bloque A se obtuvo que el punto de desempeño estructural tuvo un desplazamiento máximo de 4.21 cm ubicándose en el rango operacional. Del mismo modo para el bloque C se obtuvo un desplazamiento máximo de 0.35 cm, pero este ubicándose en el rango totalmente operacional. Finalmente se concluyó que la edificación no requiere la intervención de un reforzamiento, ya que este presentó un buen desempeño estructural frente a las diferentes intensidades sísmicas a la que fue sometida de acuerdo al SEAOC.

Paredes (2020), en su investigación: *“Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de muros estructurales de 14 niveles mediante análisis estático no lineal “Pushover”, Trujillo 2020.”*

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, Se evaluó el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar con muros estructurales de concreto armado de 14 niveles mediante el análisis estático no lineal (Pushover), para el desarrollo de la tesis se utilizó un diseño no experimental, descriptiva, el muestreo fue no probabilístico por juicio, la recolección de datos se realizó con la técnica de análisis de documentos, el instrumento utilizado fue fichas de recolección de datos, para analizar los datos se empleó la estadística descriptiva, se obtuvo la deriva máxima en X de 0.007 y en Y de 0.005, la estructura muestra un mayor desempeño en la dirección X alcanzando un desplazamiento máximo de 485.40 mm ante un cortante basal de 1604.05 ton, mientras que en Y alcanza un desplazamiento máximo de 332.73 mm ante una cortante basal de 1452.05

ton, el desempeño para los diferentes niveles de amenaza sísmica (sismo frecuente, de servicio, de diseño y máximo) se realizó mediante los métodos del ASCE 41-13 y FEMA 440, en la dirección X cumple con los objetivos propuestos por la SEAOC por ambos métodos más en la dirección Y cumple por el método del ASCE 41-13 mas no cumple por el método del FEMA 440, es importante realizar un análisis no lineal ya que nos permite ver comportamiento cercano a la realidad de una estructura ante una amenaza sísmica.

Soto y Arce (2021), en su investigación, titulada: *“DESEMPEÑO SÍSMICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CURVAS DE CAPACIDAD Y METODOLOGÍAS FEMA DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 6 PISOS DE USO MULTIFAMILIAR EN SAN ISIDRO – TRUJILLO”*

Los procedimientos antisísmicos establecidos en la mayoría de las normas en el mundo buscan evitar el colapso en las construcciones ante ataques sísmicos de gran intensidad. Este también es el caso de la norma peruana E 0.30 diseño sismo resistente en el cual estudios anteriores advierten que los edificios aporticados diseñados con la mencionada norma conducirá a estructuras muy rígidas. El objetivo de estudio de la presente tesis es evaluar el desempeño sísmico de un edificio aporticado de 6 niveles mediante curvas de capacidad, los resultados del diseño configurado en SAP 2000 señalan que para controlar la distorsión de entre piso (DERIVA), se necesitará columnas cuadradas de 55 centímetros de lado y vigas peraltadas de 30 centímetros de base y 60 centímetros de peralte. Se analizó la curva de capacidad para un sismo ocasional (periodo de retorno de 75 años), manteniéndose en el rango funcional en ambas direcciones, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos de desempeño establecidos por el SEAOC, según el factor de importancia de la estructura en estudio (sistema aporticado), por lo tanto, dicha estructura no requiere un rediseño debido a que su comportamiento ante un evento sísmico es el esperado.



Castañeda y Guevara (2019), menciona en su tesis denominada: *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el análisis push over de los módulos “B y C” del hospital regional de Lambayeque - Chiclayo.”*

La presente investigación se refiere al tema de evaluación de vulnerabilidad sísmica a través de los análisis PUSH OVER aplicados a los módulos B y C del Hospital Regional de Lambayeque. La causa principal de la tesis es observar cual es el comportamiento de las estructuras aplicando un análisis no lineal mediante el análisis PUSH OVER que tiene como fundamento aplicar cargas laterales que se irán incrementando mono tónicamente hasta poder hallar las zonas “débiles” a través de las Rótulas plásticas de una estructura y poder luego tomar medidas un caso de un sismo severo. Para la realización del Análisis No Lineal Estático PUSH OVER se utilizó como herramienta el software Etabs V16. En primera instancia se realizó el análisis lineal cual establece la Norma E-030 y se hizo la verificación de los parámetros sísmicos actuales de los módulos B y C del Hospital Regional de Lambayeque. Luego se realizó del análisis PUSH OVER que consistió en aplicar cargas laterales en ambas direcciones X y Y, a cada elemento estructural, se asignó el área de acero actual y la asignación de Rótulas plásticas por cada elemento. El espectro de diseño se aplicó con un  $R_0 = 1$  cual es utilizado para este análisis tomando un sismo real sin ninguna reducción. Como resultado se obtuvo la curva de PUSH OVER y el punto de desempeño cual relaciona la cortante basal vs. El desplazamiento. Para encontrar la curva de capacidad se realizó a través del ASCE 41-13 y para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se utilizó los límites locales de aceptación propuestos por el comité visión del SEAOC. El objetivo principal es poder obtener el nivel de daño producido en los elementos mediante el monitoreo de las deformaciones (giros o desplazamientos) en el nivel de desempeño de la estructura y luego proceder a la verificación del desempeño sísmico a través del ASCE 41-

13 y evaluar la vulnerabilidad sísmica de los módulos B y C del Hospital Regional de Lambayeque mediante los límites locales de aceptación propuestos por el comité visión del SEAOC.

Mires (2019), en su investigación, titulada: *“DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA RAFAEL LOAYZA GUEVARA UTILIZANDO EL MÉTODO PUSHOVER Y PROPUESTA DE MEJORA.”*

Esta investigación tuvo como finalidad determinar el nivel de desempeño sísmico resistente de la Institución Educativa Técnica Rafael Loayza Guevara. El estudio fue realizado en el pabellón nuevo de dicha institución, el cual tiene una antigüedad de ocho años. Está ubicada en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca perteneciente a la zona sísmica 3 según la Norma Técnica E.030 teniendo una alta probabilidad de la ocurrencia de un sismo. La información utilizada en lo referente a los planos, materiales, condiciones de la fundación y especificaciones técnicas fueron obtenidas del expediente técnico, para el caso de la resistencia a compresión del concreto endurecido en los elementos estructurales se realizó ensayos de esclerometría. La investigación se realizó haciendo uso del programa computacional SAP2000 versión 19.2.1, para ello se elaboró el modelo estructural de la edificación, para el cual se subdividió en Módulo 01 y Módulo 02 debido que existe una junta sísmica. Para determinar el punto de desempeño se empleó el análisis estático no lineal (Pushover) y la calificación del desempeño se realizó de acuerdo a los criterios propuesto en la metodología ATC-40. Los resultados muestran que, para un sismo de servicio, sismo de diseño y para un sismo máximo tiene un desempeño de inmediata ocupación. Con lo cual se llega a concluir que la hipótesis planteada se cumple.

## **BASES TEÓRICAS:**

### **– ESTRUCTURA:**

Es la unión de varios elementos estructurales (vigas, columnas, etc.), en el cual no se deben identificar elementos estructurales discretos, es decir deben soportar en conjunto la acción de fuerzas externas aplicadas sobre ellas.

### **– COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL:**

Se define como la manera de funcionar de la estructura frente a una situación determinada, el cual, para la presente investigación, el contexto de la situación estaría enmarcado dentro de la presencia de un evento sísmico.

### **– SISMICIDAD:**

Según INDECI. (2010), Menciona que la sismicidad “es la distribución de números de sismos que se presentan a lo largo del tiempo y espacio en una determinada zona o región con una magnitud conocidas. La sismicidad se relaciona con el choque de las placas tectónicas y por consiguiente en la zona de sismicidad se presentan mayores daños y hasta pérdidas de vidas”.

### **– PARAMETROS SÍSMICOS:**

De acuerdo a nuestra normativa peruana E030, los parámetros sísmicos de la estructura en estudio, estaría tomando los siguientes valores:

FACTOR DE ZONA(Z): 0.45, asignado por pertenecer a la zona 4 del mapa de zonificación sísmica.

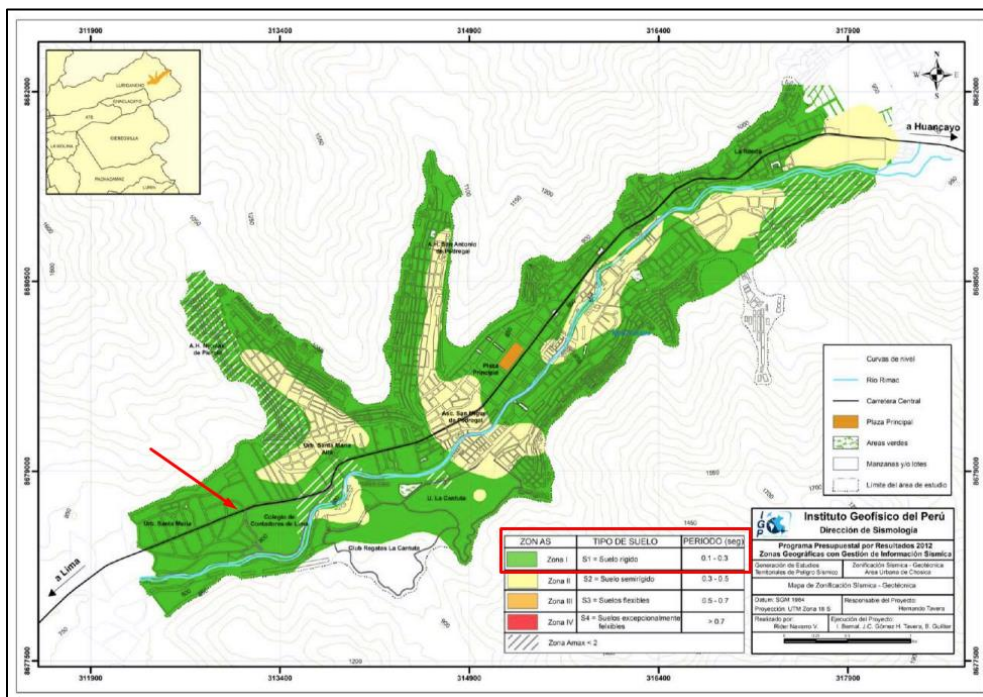
FACTOR DE USO(U): 1.5, asignado por tratarse de una edificación destinada a servicios educativos.

PERFIL DE SUELO(S): 1.00, asignado por corresponder, respetando los parámetros de sitio, de acuerdo a la tabla N°03, del artículo 13 de la norma E030 y consecuente a ello de acuerdo a la tabla N°04 los valores de  $T_p$  y  $T_l$  con valores de 0.4 y 2.5 respectivamente.

Adicional a ello se debe poner en conocimiento que, se determina el tipo de suelo en función del PROGRAMA PRESUPUESTAL N°068: REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR DESASTRES, en donde se realizó el estudio de zonificación sísmica del distrito de Lurigancho-Chosica.

**Figura 1**

*Mapa de Zonificación Sísmica – Geotécnica del distrito de Lurigancho- Chosica.*



**Fuente:** PROGRAMA PRESUPUESTAL N°068: REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR DESASTRES.

**Figura 2**

*Cuadro de determinación del tipo de suelo para la zona relacionada con la estructura en estudio.*

ZONAS	TIPO DE SUELO	PERIODO (seg)
 Zona I	S1 = Suelo rígido	0.1 - 0.3
 Zona II	S2 = Suelo semirígido	0.3 - 0.5
 Zona III	S3 = Suelos flexibles	0.5 - 0.7
 Zona IV	S4 = Suelos excepcionalmente flexibles	> 0.7
 Zona Amax < 2		

*Fuente:* PROGRAMA PRESUPUESTAL N°068: REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR DESASTRES.

– **NORMAS DE REFORZAMIENTO:**

La norma E.030, el cual es aplicable para todo el territorio peruano del diseño sismorresistente, menciona en el CAPITULO VIII, puntualmente numeral 49.4, respecto al uso de normativas norteamericanas, de las cuales existen varios códigos y normas para el reforzamiento sísmico de edificaciones existentes como el ASCE 41, ATC 40, FEMA 274, FEMA 356 y Seismic Retrofit Guidelines.

– **COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON:**

Este coeficiente mide la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables continuas. El coeficiente de correlación de Pearson varía entre -1 y 1. Un valor de 1 indica una correlación positiva perfecta, es decir, cuando una variable aumenta, la otra también lo hace de manera proporcional. Un valor de -1 indica una correlación negativa perfecta, donde una variable disminuye a medida que la otra aumenta. Un valor cercano a 0 indica una correlación débil o inexistente entre las variables (Gomez,2023). Este coeficiente se utiliza comúnmente para evaluar la relación entre variables cuantitativas y es adecuado para determinar la correlación entre la eficacia respecto a la aplicación del método estático no

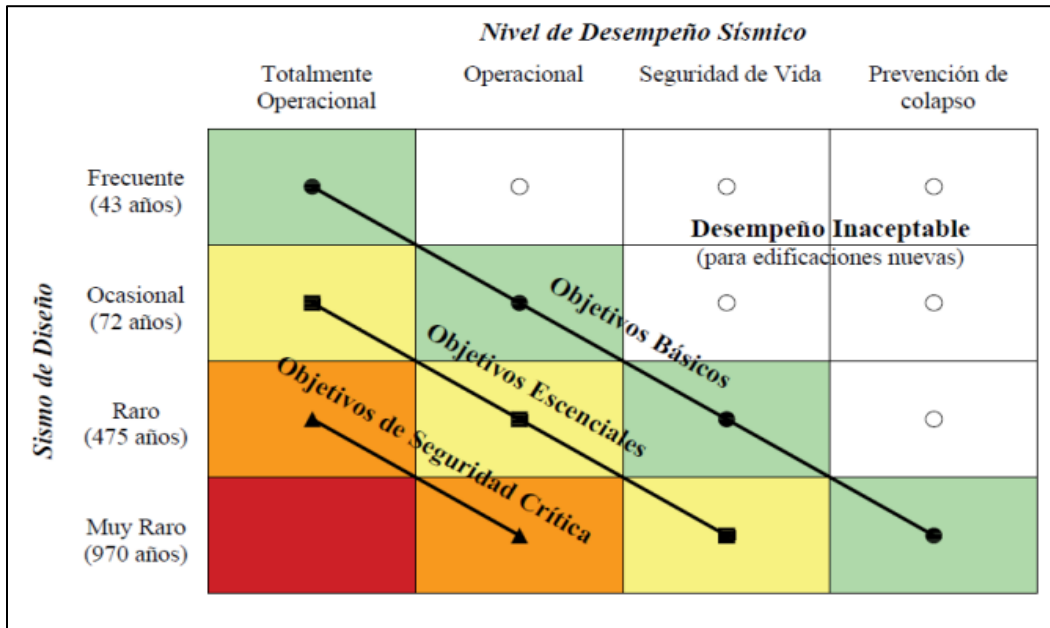
lineal para determinar el comportamiento estructural de distintos tipos de edificaciones. Al calcular el coeficiente de correlación de Pearson, se obtendrá una medida cuantitativa de la relación entre estas variables, lo que permitirá determinar si existe una correlación positiva, negativa o nula entre ellas.

– **LA INGENIERÍA BASADA EN OBJETIVOS DE DESEMPEÑO:**

Los objetivos del diseño orientado al desempeño se establecen mediante cuatro niveles de peligro sísmico y cinco niveles de desempeño (SEAOC, 1995). Los niveles de peligro se representan por sismos con periodos de retorno entre 45 y 2475 años. Los sismos se denominan frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, y se asocian a los periodos de retornos ( $T_r$ ) de 45, 75, 475 y 2475 años. Los niveles de desempeño se definen de acuerdo al estado de daño que alcanzaría la estructura. Los niveles de desempeño se denominan operacional (sin daño), funcional (daño leve), resguardo o seguridad de vida (daño moderado), cercano al colapso (daño severo) y Colapso (daño extendido, colapsos parciales, estructura irrecuperable o colapso completo), (Loa, 2017).

**Figura 3**

*Objetivos de reforzamiento según el SEAOC*



Fuente: SEAOC Visión 2000 Committe, 1995.

– **LIMITACIONES DE LA INGENIERIA ORIENTADA AL DESEMPEÑO:**

Llegar a cumplir con los objetivos del desempeño para el caso de una edificación esencial nueva en una zona con sismicidad alta, termina siendo una tarea demasiado complicada y algunas veces poco posible, dado que las razones están vinculados con factores técnicos y económicos, tal es el ejemplo de, una edificación de periodo corto, el cual se pretende que no sufra daño ante un sismo raro, resultaría necesario proveerla de una resistencia lateral similar a su peso, o en su defecto, emplear un aislamiento sísmico.

Para el caso de las edificaciones existentes, termina siendo aún más complicado alcanzar los objetivos de desempeño mencionados en párrafos anteriores, debido a las marcadas limitaciones y restricciones que tienen las edificaciones construidas bajo normativas pasadas.

– **METODOLOGIAS PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO:**

Se tomarán los siguientes métodos para la evaluación del punto de desempeño:

## METODO DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD

EL FEMA 440 realizó una evaluación del método propuesto en el ATC.40 y presenta un Procedimiento de Linealización Equivalente Mejorado (*Improved Equivalent Linearization Procedure*). El objetivo es estimar la respuesta máxima de desplazamiento de un sistema no lineal con un sistema lineal “equivalente” utilizando un periodo efectivo y un amortiguamiento efectivo. Estos parámetros son función de las características de la curva de capacidad, el periodo y amortiguamiento inicial del sistema y la demanda de ductilidad.

El método se mantiene similar al presentado en el ATC-40. El FEMA 440, en el Capítulo 6, presenta 3 procedimientos (A, B y C) para determinar el punto de desempeño.

## METODO DE COEFICIENTES

El método de Coeficientes es el procedimiento estático no lineal primario presentado en FEMA 356. Este enfoque modifica la respuesta elástica lineal del sistema de 1 GDL equivalente multiplicándolo por una serie de coeficientes ( $C_0$  a  $C_3$ ) para generar una estimación del desplazamiento global máximo (elástico e inelástico), que se denomina Desplazamiento Objetivo (FEMA 440, 2005).

### – ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL:

Estudia la estructura suponiendo un comportamiento lineal en los elementos estructurales como el material. El edificio es analizado mediante la aplicación de la ley de Hooke. (Duarte, Martínez y Santamaría, 2017).

### – ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL:

El análisis PUSHOVER es una técnica simple para poder determinar la capacidad de una estructura bajo las fuerzas inerciales que podrían ser generadas por un evento sísmico.



El análisis consiste en someter a la estructura a un patrón de cargas laterales que incrementan de manera monótona hasta que se alcanza la capacidad máxima de la estructura. Con este procedimiento se puede identificar la secuencia de agrietamiento, fluencia y falla de los elementos, así como las fuerzas asociadas a un desplazamiento específico de la estructura (curva de capacidad) y el mecanismo de colapso general, (Loa, 2017).

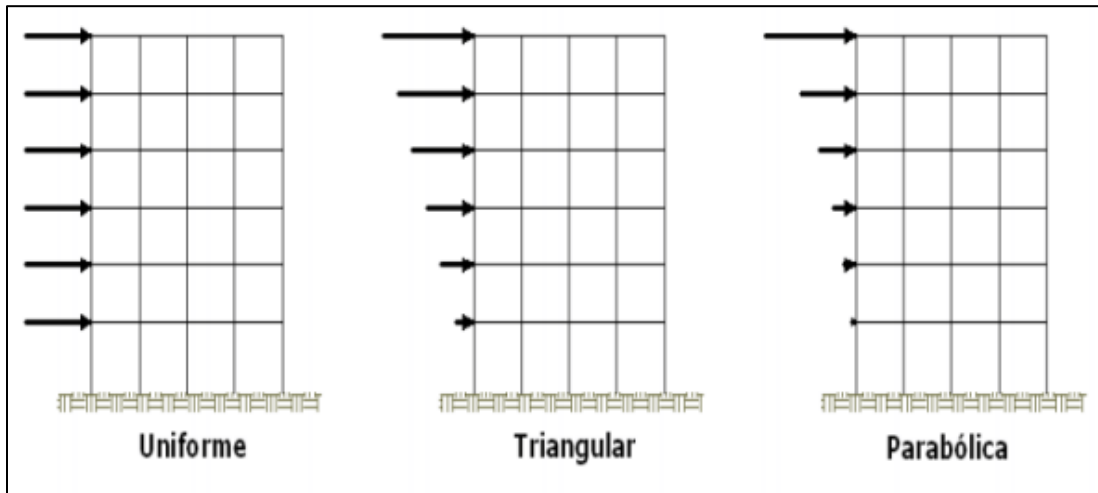
– **CURVA DE CAPACIDAD:**

Para obtener la curva que representa el comportamiento de una estructura ante acciones laterales se realiza un análisis estático no-lineal que considera el progresivo deterioro de la estructura ante acciones laterales crecientes. Análisis de acciones incrementales en el análisis estático no-lineal incremental (análisis “Pushover”) se somete a la estructura a un patrón de acciones laterales que se incrementan de manera monótona hasta alcanzar la capacidad máxima de desplazamientos de la estructura.

El patrón de acciones laterales puede ser un sistema de cargas o uno de desplazamientos: Para el patrón de cargas laterales la distribución de cargas puede ser uniforme, triangular, parabólica, etc. (Bonett, 2003).

**Figura 4**

*Patrón de carga lateral*



*Fuente:* Bonett (2003).

– **PUNTOS DE INTERES:**

Punto de Diseño:

Definido por la cortante última ( $V_u$ ) empleada en el diseño del edificio. Aparición de la Primera Rótula: definido por la cortante y desplazamiento en el instante en que se forma la primera rótula en el edificio.

Punto de Fluencia Efectiva:

Definido por el punto de quiebre de un modelo bilineal que debe constituirse con la condición de que el área que encierra sea igual al área bajo la curva de capacidad.

Punto de Colapso:

Definido por la fuerza y desplazamiento correspondiente a la ruptura de la primera rótula.

– **ROTULA PLASTICA**

Una zona de cedencia cuya formación se inicia en una sección de un miembro estructural cuando en ésta se excede el momento de cedencia de la sección y por lo tanto se

obtiene altos niveles de deformación sin un incremento notable de la carga es lo que se conoce como rótula o articulación plástica. En tal estado, la sección rota como si estuviera articulada, excepto que permanece sometida al momento de agotamiento.

#### – **SECTORIZACION DE LA CURVA DE CAPACIDAD:**

Si sectorizamos la curva de capacidad según estos niveles, nos podemos dar una idea del comportamiento que tendrá nuestra edificación, con respecto a diferentes sollicitaciones externas representadas por Desplazamientos o Cortantes. Para esta sectorización solo es necesario definir el punto de fluencia efectiva a partir de este podremos calcular la capacidad de desplazamiento elástica e inelástica.

##### Capacidad de desplazamiento Elástica:

Es el desplazamiento que se tuvo hasta el punto de fluencia efectiva.

##### Capacidad de desplazamiento Inelástica:

Es el desplazamiento que se tuvo a partir del punto de fluencia efectiva hasta el punto de colapso total de la estructura. Los niveles están definidos en la sectorización por fracciones de la capacidad de desplazamiento elástica e inelástica:

Ocupacional: es el 100% de la capacidad de desplazamiento Elástica.

Funcional: es el 30% de la capacidad de desplazamiento Inelástica.

Resguardo de Vida: es el 30% de la capacidad de desplazamiento Inelástica.

Cerca al colapso: es el 20% de la capacidad de desplazamiento Inelástica.

Colapso: es el 20% del a capacidad de desplazamiento Inelástica.

#### – **PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES:**

Las propiedades mecánicas de los materiales que se asumirán en esta investigación, serán las consideradas en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Propiedades mecánicas de los materiales.*

<b>Material</b>	<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Elementos antiguos (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Elementos nuevos (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Concreto</b>	Resistencia a la compresión ( $f'c$ )	175	210
	Módulo de elasticidad ( $E_c$ )	198431	217371
<b>Refuerzo</b>	Resistencia de fluencia ( $f'y$ )	4200	4200
	Esfuerzo último ( $f_u$ )	7000	7000
	Módulo de elasticidad ( $E_s$ )	2000000	2000000
<b>Albañilería</b>	Resistencia a la compresión ( $f'm$ )	40	40
	Resistencia al corte ( $v'm$ )	6.5	6.5
	Módulo de elasticidad ( $E_m$ )	18000	18000

*Fuente:* Loa (2017).

La información mostrada resulta de los distintos ensayos realizados a los colegios 780 PRE, los cuales fueron construidos en la misma época que el colegio en estudio, tal como lo menciona, Blanco (2005) “En la década de los ‘90, el gobierno peruano inicia un importante plan de construcción de nuevos colegios, habiéndose creado una oficina especial, llamada INFES, que se encarga de dirigir y organizar los proyectos y construcción de estos nuevos colegios”.

Los cuales fueron construidos considerando la antigua norma de diseño sismorresistente del año 1977.

## Figura 5

*Recuerdo de Inauguración de 1era Etapa de construcción del colegio en estudio, año 1990.*



*Fuente:* Propia

### – COMPORTAMIENTO INELASTICO:

El comportamiento inelástico de los elementos se representará por rótulas plásticas. Para los elementos de concreto armado (vigas y columnas) se consideró rótulas por flexión tipo Momento flector – Giro ( $M - \theta$ ) en sus extremos. En elementos de albañilería se consideró rótulas por carga axial ( $F - D$ ) para representar su falla a fuerza lateral. (Loa, 2017).

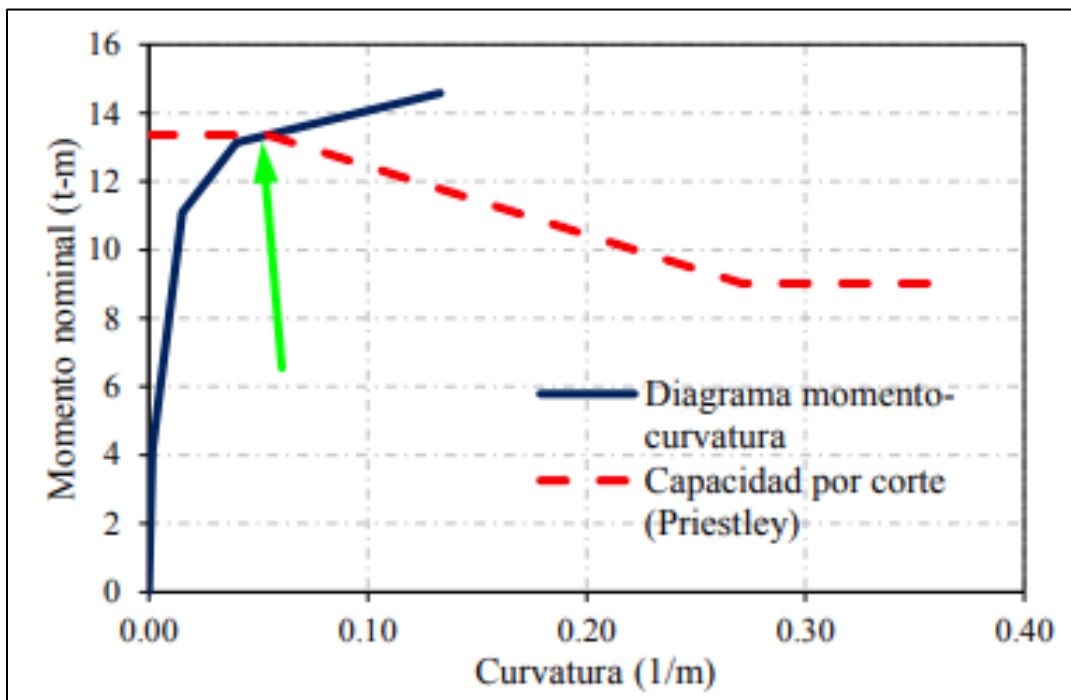
Las rótulas tipo  $M - \theta$  resultan de un diagrama momento-curvatura y de la suposición de una longitud de rótula plástica. El diagrama momento-curvatura se obtiene de un análisis de la sección considerando las curvas esfuerzo-deformación del concreto no confinado, concreto confinado y del acero corrugado. La longitud de rótula plástica, en cambio, resulta de una suposición de daño concentrado en los elementos. (Loa, 2017).

Al momento de realizar la inspección a la edificación, se logró apreciar que, el comportamiento del edificio fue diseñado para comportarse básicamente a flexión (sistema de pórticos), sin embargo existen tabiques de albañilería de una altura de entre 1.00 m y 2.13 m, directamente conectados con las columnas, lo cual acorta su longitud libre, para ello se precisa que se representará el efecto de columna corta en los modelos numéricos, tomando el método propuesto por Priestley (Priestley, 2007) donde se reduce la ductilidad en los diagramas momento – curvatura ( $M-\phi$ ) basándose en la relación momento flector-fuerza cortante y la resistencia a la tracción diagonal.

Este método propuesto por Priestley se basa en ensayos experimentales realizados para columnas de concreto armado estimando que en una columna sometido a carga biaxial la resistencia a corte del concreto comienza a disminuir al llegar a la fluencia del acero y se vuelve nula al llegar a una ductilidad de 13 (Loa, 2017).

### Figura 6

*Diagrama Momento-Curvatura, incluido el efecto de corte.*



Fuente: Loa, (2017).

Para el caso de los muros de albañilería, estos se modelaron tipo puntales y se calibraron a partir de los datos obtenidos del ensayo de la tesis que lleva por nombre: “Comportamiento sísmico de tabiques contruidos con ladrillos pandereta”, al cual se modificara el  $f'm$  correspondiente a un ladrillo 18 huecos artesanal, dicho dato figura en la sección de propiedades mecánicas de los materiales mencionado anteriormente.

### Figura 7

Datos de Fuerza cortante-desplazamiento de ensayo cíclico cooplanar del pórtico con tabique.

FASE	V(KN)	D1(mm)	Deriva(D1/h)
1	76.2	1.5	0.0006
2	92.2	2.0	0.0008
3	125.1	3.0	0.0013
4	151.9	4.0	0.0017
5	171.9	5.0	0.0021
6	219.6	7.5	0.0031
7	156.9	10.0	0.0042
8	122.7	12.5	0.0052
9	74.7	15.0	0.0063

Fuente: Sáenz, (2016).

Con toda la información cotejada y con el uso de la herramienta ETABS 2016 basándose en las normativas ATC40, FEMA 440 y ASCE 41-13, se determinará el punto de desempeño.

### JUSTIFICACIÓN

La justificación se encuentra enfocada en demostrar la correlación de la eficacia del método estático no lineal para determinar el comportamiento estructural en un colegio.

Según Bernal (2010) la justificación teórica es “cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (p.106).

En la presente investigación cuenta con una justificación teórica, dado que, se estudia los antecedentes de la aplicación del presente método estático no lineal, lo cual servirá para debatir respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación en comparación con otras investigaciones.

Existe un cuerpo de conocimiento científico que respalda la importancia de evaluar la eficacia en la aplicación del método estático no lineal para la determinación del comportamiento estructural, considerando factores como la capacidad de obtener el cortante basal máximo y su desplazamiento previo al colapso, la cual aportara el criterio para calificar en un rango de muy ineficaz hasta muy eficaz. Así determinaremos la correlación entre estas variables, para obtener información confiable que contribuirá en la toma de decisión respecto a la aplicación de un análisis estático no lineal para la determinación del comportamiento estructural.

A su vez Bernal (2010) refiriéndose a la justificación práctica señala que, es “cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo” (p.106).

La presente investigación, cuenta con la justificación práctica, debido a que los resultados obtenidos darán a conocer el comportamiento estructural, con el cual se podrá determinar si este cumple con la demanda sismorresistente actual y en caso de no cumplirlas, con los resultados obtenidos se podrán tomar medidas correctivas para la prevención de pérdidas económicas y/o humanas, mediante el reforzamiento estructural y de esta manera se estaría contribuyendo en la resolución del problema.



## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo determinar la influencia de la correlación del método estático no lineal respecto al comportamiento estructural, de un colegio particular, del distrito de Lurigancho – Chosica, 2023?

### **Objetivos**

#### **Objetivo General:**

- Determinar la influencia de la correlación del método estático no lineal respecto al comportamiento estructural, de un colegio particular.

#### **Objetivos Específicos:**

- Analizar la estructura existente del colegio particular con el software ETABS, aplicando el método estático lo lineal.
- Determinar el punto de colapso y curva de capacidad de la estructura existente del pabellón del colegio particular, aplicando el análisis estático no lineal.
- Determinar la correlación del método estático no lineal.
- Determinar el punto de desempeño de la estructura existente del pabellón del colegio particular, empleando los métodos del ASCE 41-13 y FEMA 440.

### **Hipótesis**

#### **Hipótesis General:**

- La correlación del método estático no lineal influye positivamente en la determinación del comportamiento estructural de un colegio particular.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

✓ SEGÚN SU PROPÓSITO:

Es aplicada, Oblitas (2018) menciona lo siguiente: Está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado.

✓ SEGÚN SU DISEÑO:

El diseño de investigación adoptado fue correlacional, ya que buscó establecer la relación y analizar la correlación de la eficiencia del método estático no lineal para determinar el comportamiento estructural. Para ello se recopiló información en investigaciones previas donde detallan el uso y obtención de datos relacionados al comportamiento estructural.

✓ SEGÚN SU NATURALEZA DE DATOS:

Es cuantitativa, Oblitas (2018) menciona lo siguiente: Según la naturaleza de datos ella se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis.

✓ SEGÚN SU MANIPULACIÓN DE VARIABLE:

Es no Experimental, Oblitas (2018) menciona lo siguiente: Trabajan con hechos de experiencia directa no manipulados. Este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación.

## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

### ✓ POBLACIÓN:

Oblitas (2018) menciona que la población es: Conjunto de personas, seres u objetos a los que se refieren los resultados de la investigación.

La población está conformada por todas las edificaciones de colegios particulares del distrito de Lurigancho – Chosica.

### ✓ MUESTRA

Oblitas (2018) menciona que, la muestra es el conjunto de mediciones que constituye parte de una población.

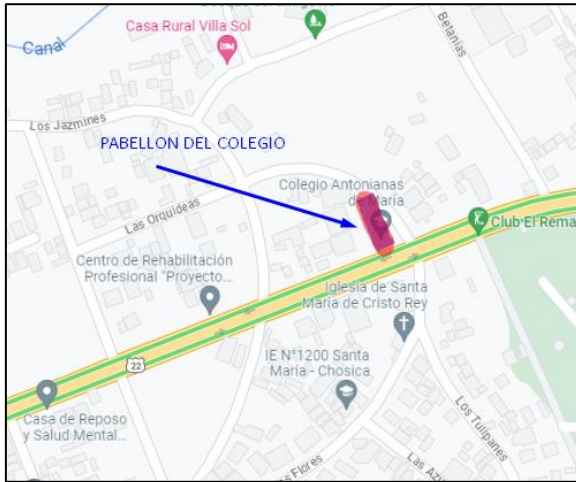
Para la presente investigación se ha empleado un muestreo no probabilístico, el cual Hernández (2014) señala que, las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador.

A su vez Cossio (2015) menciona que, en el muestreo por conveniencia la muestra se elige de acuerdo con la conveniencia de investigador, al cual se le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes puede haber en el estudio.

Por lo cual se toma como muestra, a la Institución Educativa Particular San Antonio de Padua de Santa María, por conveniencia respecto del criterio del investigador.

### Figura 8

*Ubicación de la muestra.*



*Fuente:* Elaboración propia.

### Figura 9

*Ubicación del pabellón dentro de los límites del centro educativo.*



*Nota:* los 3 bloques de estructuras se encuentran con una junta sísmica de 3.5 cm.

*Fuente:* Elaboración propia.

## MATERIALES, INSTRUMENTOS, TÉCNICAS Y MÉTODOS

### ✓ MATERIALES

Los materiales empleados en la presente investigación, son los siguientes:

- ✓ Computadora de Escritorio
- ✓ Impresora
- ✓ Flexómetro
- ✓ Hojas milimétricas
- ✓ Útiles de oficina en general

✓ INSTRUMENTOS

Los instrumentos empleados serán:

- Ficha técnica de recolección de datos: a través del cual se pretende recolectar in situ toda la información técnica posible, ello en razón de no contar con el expediente técnico de la edificación en análisis.
- Hojas de cálculo: los cuales servirán para poder organizar, calcular, realizar análisis comparativos relacionados al desarrollo de la presente tesis.

✓ TÉCNICAS

Las técnicas empleadas serán:

- Observación directa: a través del cual se pretende recopilar toda la información detallada del colegio particular respecto a su estructura.
- Revisión documental: mediante el cual se realizará una revisión del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, específicamente la E.030, E.060 y E.070. Así mismo se revisará el reglamento equivalente al año que corresponde al diseño de la edificación, que, de acuerdo a la información recolectada es el reglamento del año 1977. Por último, se empleará la norma propuesta por el ATC40, FEMA 440 y ASCE 41-13.

## ✓ MÉTODOS

El método empleado será el ESPECTRO DE CAPACIDAD y/o METODO DE COEFICIENTES con el cual se podrá hallar el DESEMPEÑO SISMICO de la estructura, para ello se empleará el software estructural ETABS 2015.

## **PROCEDIMIENTO**

La presente investigación tiene la siguiente estructura, la cual describe el procedimiento empleado:

### ACTIVIDADES PRE

- ✓ Gestionar solicitudes, respecto a permiso que autoricen el ingreso e inspección de la infraestructura en relación con la muestra de investigación.
- ✓ Revisión de normativas relacionadas con el tema de investigación.
- ✓ Adoptar un modelo de ficha técnica de recolección de datos o en su defecto elaborar una ficha técnica de recolección de datos.

### ACTIVIDADES DE CAMPO

- ✓ Realizar la inspección ocular correspondiente, recabando toda la información visual posible.
- ✓ Realizar el bosquejo de la geometría del pabellón del colegio, en sus 3 direcciones (x, y, z).

### TRABAJO EN GABINETE

- ✓ Dibujar los planos de planta del pabellón del colegio a partir de la información obtenida de las actividades de campo.
- ✓ Modelar la estructura del pabellón empleando el software estructural ETABS, versión 2015.

- ✓ Aplicar la metodología del análisis sísmico no lineal a la estructura modelada, tomando en cuenta la norma propuesta por el ATC40, FEMA 440 y ASCE 41-13.

## RESULTADOS

- ✓ Análisis de los resultados.

## **ANÁLISIS DE DATOS**

Como instrumentos de análisis de datos se utilizarán cuadros y gráficos estadísticos los cuales nos servirá para analizar los resultados obtenidos del análisis estático no lineal (Pushover) y el desempeño y/o comportamiento de la estructura.

Para evaluar la correlación de la eficacia respecto a la aplicación del método estático no lineal en la determinación del comportamiento estructural, se analiza el alcance de los estudios previos, evaluando si el método estático no lineal proyecta los resultados esperados en cuanto a la cortante basal máxima, así como su desplazamiento máximo, previo al colapso.

El análisis de correlación se determinará mediante el método de Pearson, con el fin de determinar la influencia del método analizado

## **ASPECTOS ÉTICOS**

La presente investigación ha sido desarrollada en función a fuentes confiables, citando a los autores correspondientes, para así evitar posibles divulgaciones de plagio. Asimismo, la información recopilada no ha sido manipulada, con la finalidad de brindar datos reales que no perjudiquen a la institución. Estos lineamientos de este proyecto se han basado en el consentimiento informado otorgado por la universidad.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Ante todo, debemos mostrar la estructura en análisis, del cual para el modelo en ETABS se considerará 3 pisos, no tomando en cuenta los muros perimetrales de la azotea, considerando que los puntos críticos están en los niveles inferiores, pero si serán tomados la carga que estos muros transmiten a la estructura.

A su vez se pone en conocimiento que, la estructura en estudio fue edificada para comportarse básicamente a flexión (sistema de pórticos), en ambos sentidos. Sin embargo para el EJE X-X, se evidencia un caso de interacción tabique-pórtico, generando una falla conocida como COLUMNA CORTA, y para el EJE Y-Y, se evidencia un cerramiento completo con muros de albañilería, de los cuales en los ejes C, D, E y G, no cuentan con continuidad vertical.

#### Figura 10

*Pabellón de colegio en análisis.*



*Nota:* se evidencia interacción tabique-pórtico en el sentido X-X.



**Figura 11**

*Pabellón de colegio en análisis*



*Nota:* se evidencia interacción tabique-pórtico en el sentido X-X.

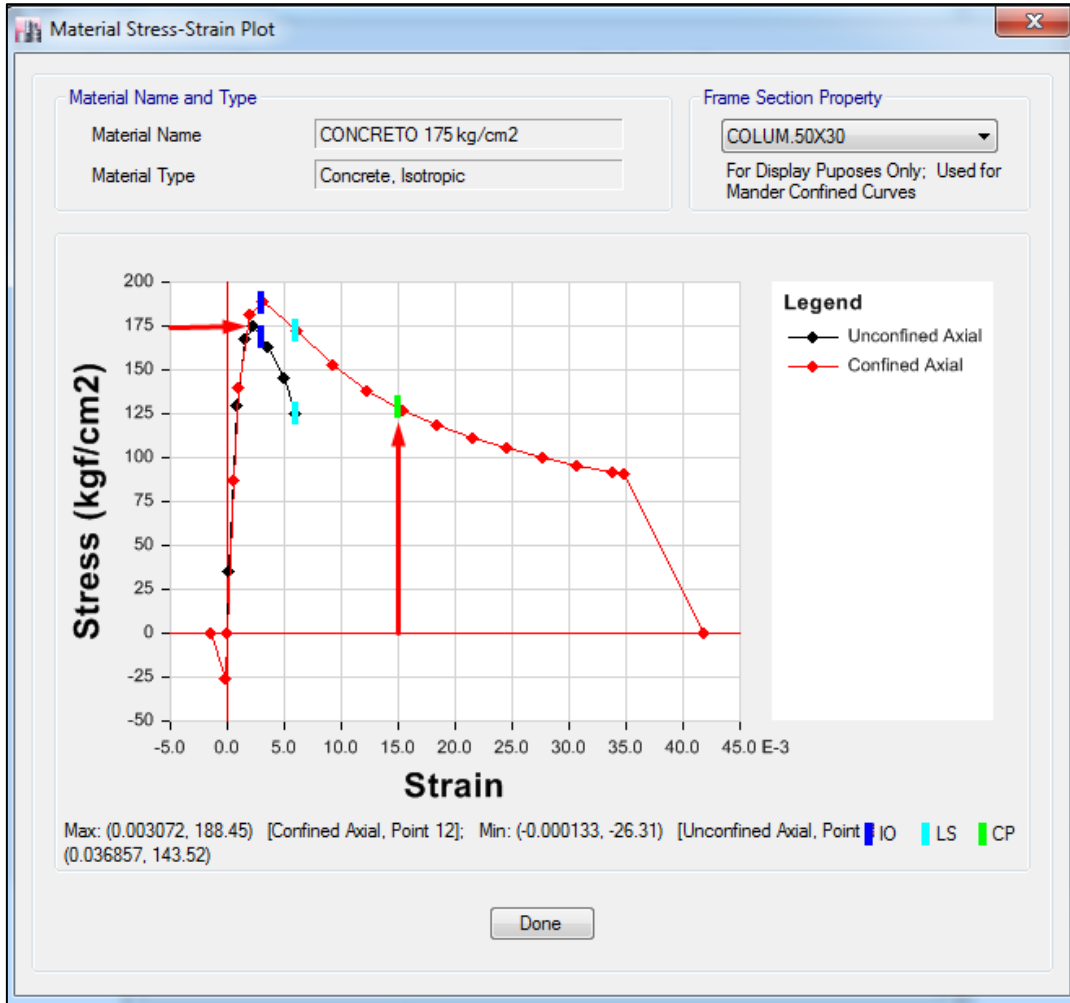
### **Definición de las propiedades de los materiales**

Debemos tener en cuenta las propiedades que se tomaran para el siguiente análisis, los cuales han sido tomados de otros ensayos realizados a estructuras educativas contemporáneas a la estructura de la presente investigación, y a su vez mencionar que dicha información está sustentada en las bases teóricas. A continuación, se presenta las propiedades de los materiales:

**CONCRETO  $f'_c$ :175 kg/cm**

**Figura 12**

*Curva esfuerzo-deformación del concreto confinado y no confinado*

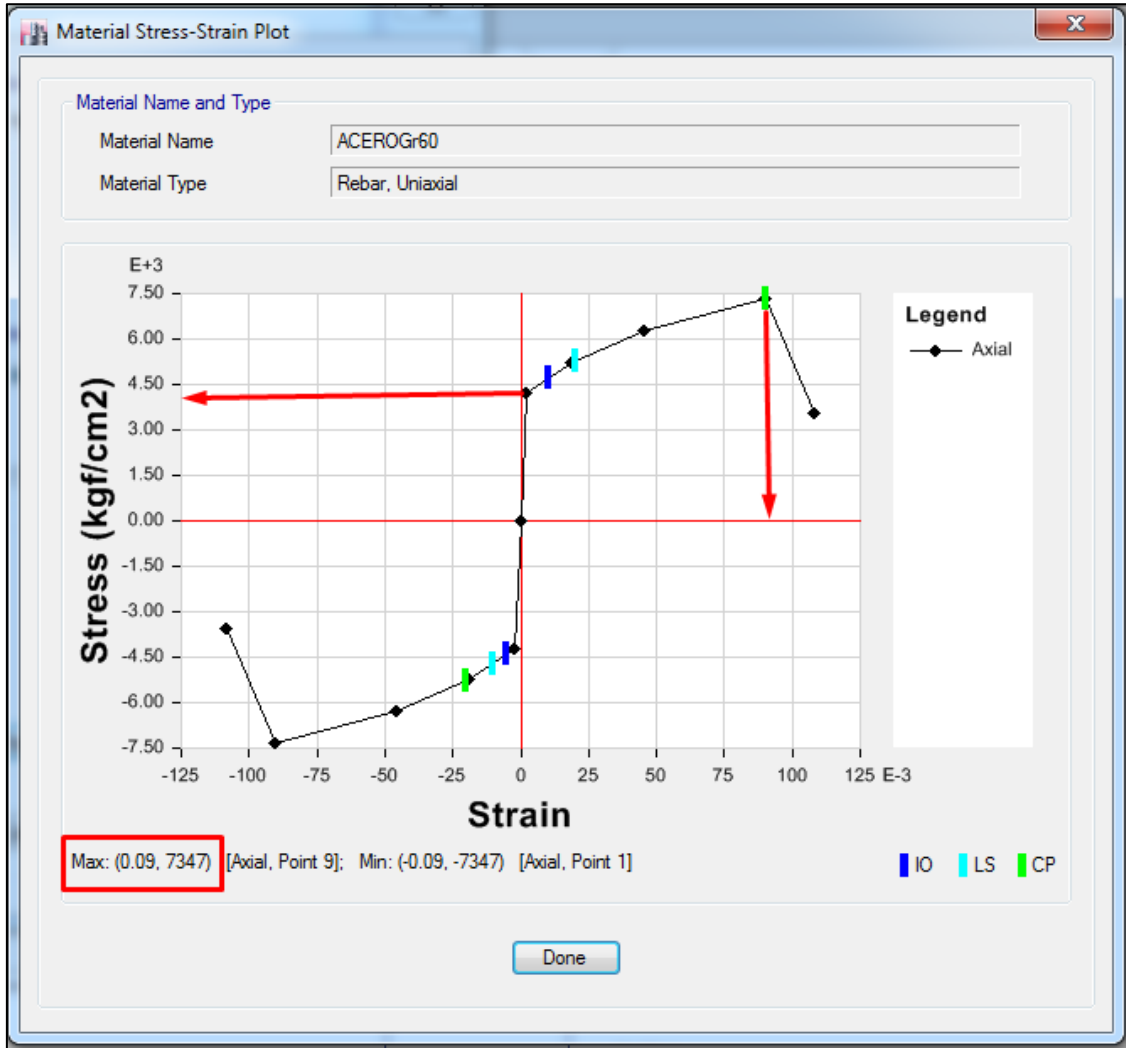


*Nota:* Se considera un  $f'c$ :175 kg/cm<sup>2</sup> y una deformación unitaria máxima de 0.015, empleando el modelo de Mander para ambos casos.

ACERO DE REFUERZO  $f'y$ :4200 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 13**

*Curva esfuerzo-deformación del acero corrugado*

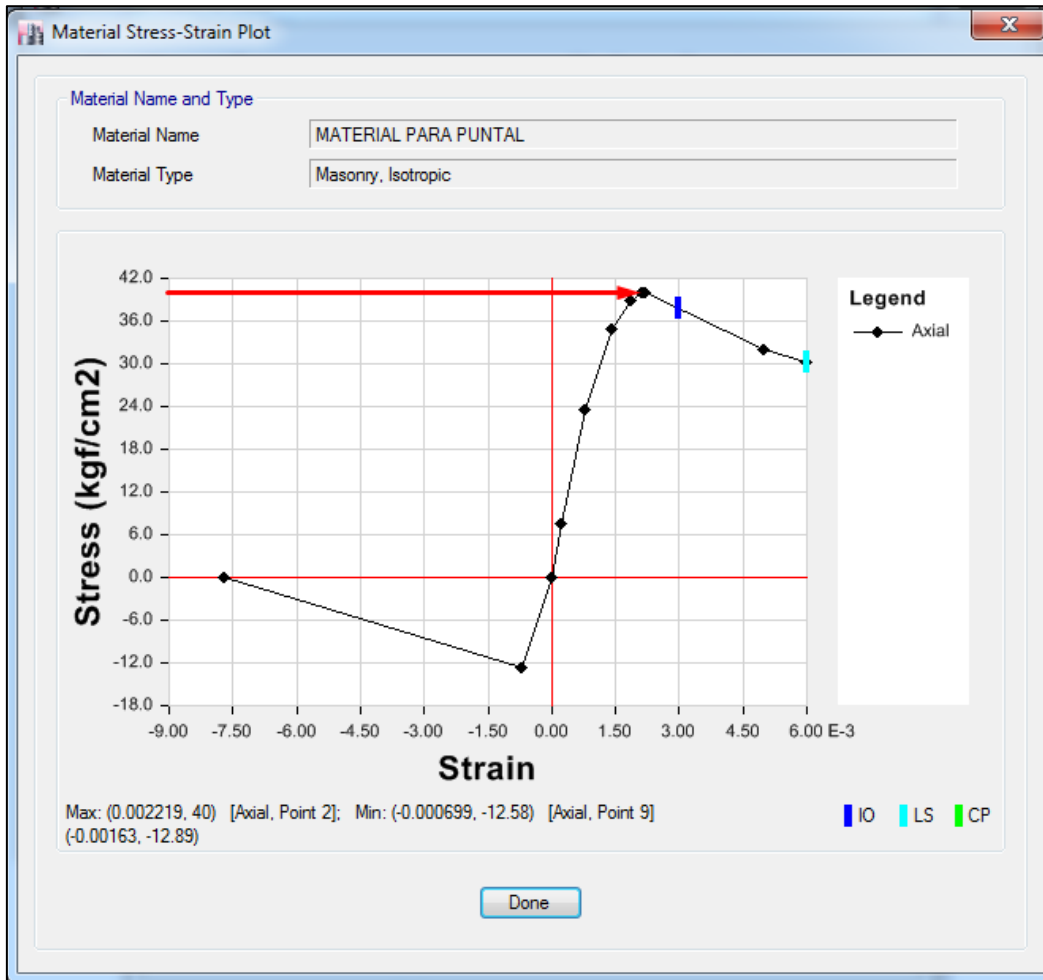


*Nota:* Se empleó el modelo de Park y Pauley, considerando una deformación unitaria de 0.09 y un  $f_y$ :4200 kg/cm<sup>2</sup> y  $F_{su}$ :7347 kg/cm<sup>2</sup>.

MURO DE ALBAÑILERIA  $f_m$  :40 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura 14**

*Curva esfuerzo-deformación de elementos de albañilería.*



*Nota:* Se empleó el modelo de Mander, tipo concreto no confinado con un esfuerzo  $f_m: 40 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales serán modelados tipo puntal, el cual será equivalente a la albañilería sometida a fuerza cortante horizontal.

### Definición de las secciones de vigas, columnas y muros de albañilería

#### COLUMNAS

**Figura 15**

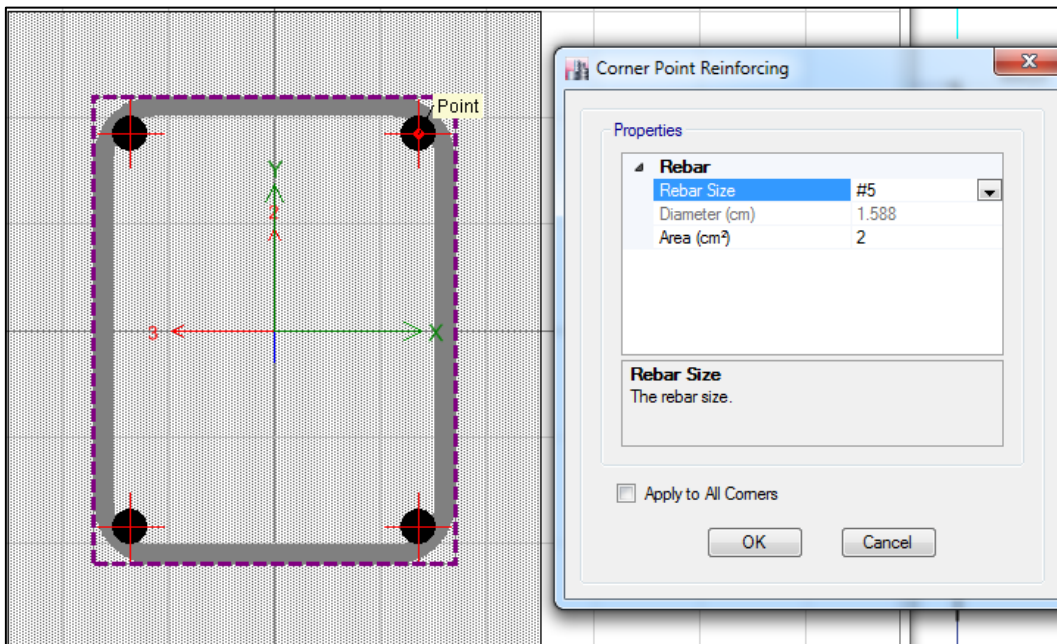
*Columna 50 x30 cm.*



*Nota:* Se asignó una cuantía de  $8\phi 5/8$  y estribos de  $\phi 3/8@10$ cm, sustentando la cuantía a través de la tesis “Estructuras de los centros educativos(colegios) en el siglo XX en el Perú” por el autor Juan Antonio Blanco Blasco.

**Figura 16**

*Columna 30 x25 cm.*



*Nota:* Se asignó una cuantía de  $4\phi 5/8$  y estribos de  $\phi 3/8@10$ cm.

VIGAS

**Tabla 2**

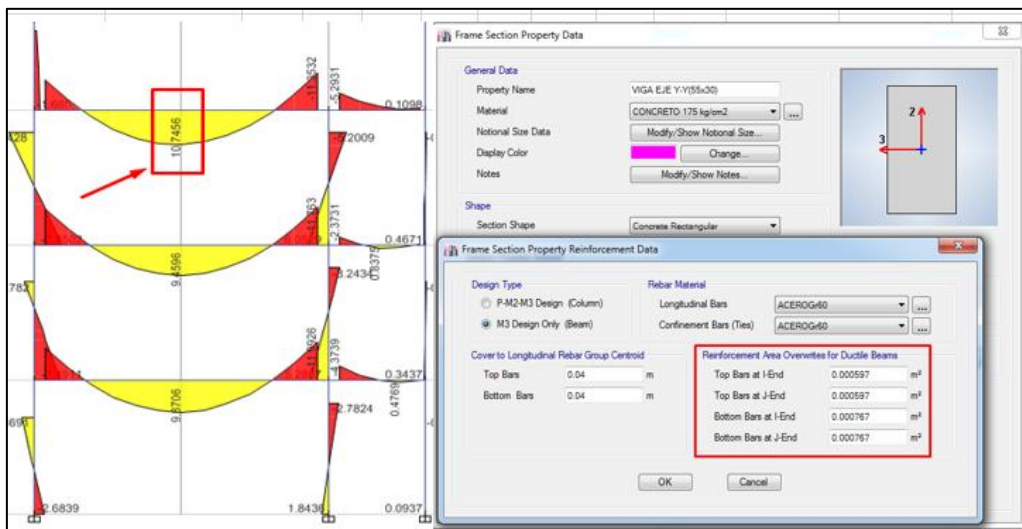
Cuantía de vigas.

SECCION		área(cm <sup>2</sup> )	MOMENTO		As(cm <sup>2</sup> )	configuración de acero	As positivo(cm <sup>2</sup> )	As negativo(cm <sup>2</sup> )
A	B		ULTIMO					
55	30	1650	10.75	Tn-m	6.04	7Ø5/8"	7.96	5.97
55	25	1375	0.5	Tn-m	As min	6Ø5/8"	5.97	5.97

Nota: Esta tabla muestra la cuantía tomada en vigas de acuerdo al momento ultimo del análisis y a su vez se consideró estribos de  $\phi$  3/8@10cm.

**Figura 17**

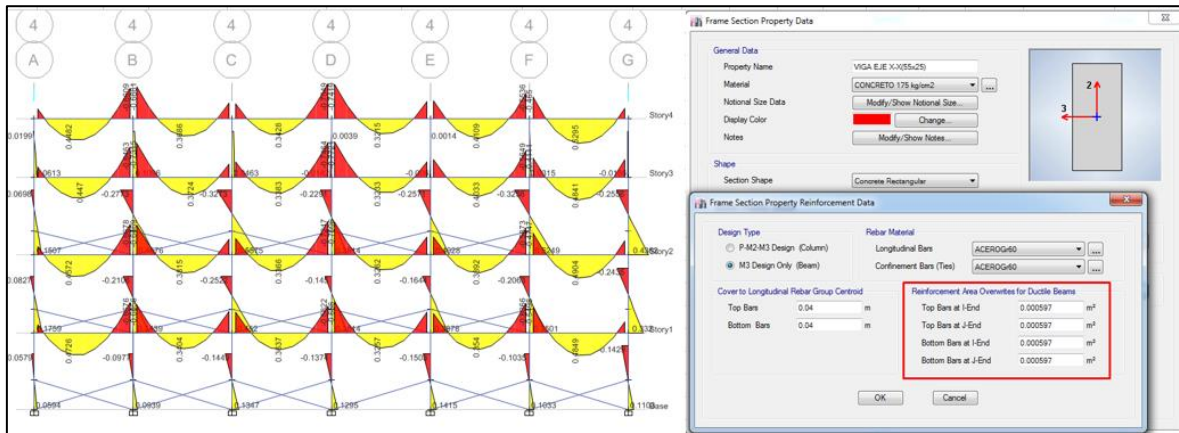
Momento ultimo de Viga del Eje Y-Y.



Nota: Asignación del acero para la viga de 50x30 cm en el eje Y-Y.

**Figura 18**

*Momento ultimo de Viga del Eje X-X.*



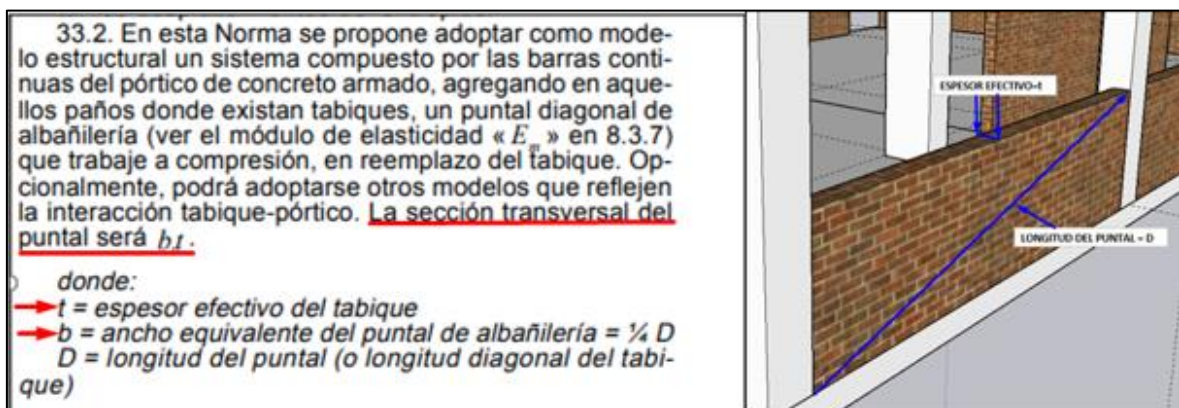
*Nota: asignación del acero para la viga de 50x25 cm en el eje X-X.*

## MUROS DE ALBAÑILERIA

Para modelar los puntales para la interacción tabique-pórtico, se consideró lo descrito en la norma E070 en el artículo 33, numeral 33.2, esto aplicamos para ambos ejes X-X y Y-Y.

**Figura 19**

*Puntal equivalente para muros de albañilería.*



*Nota: Lo mostrado aplica para todos los muros de albañilería.*

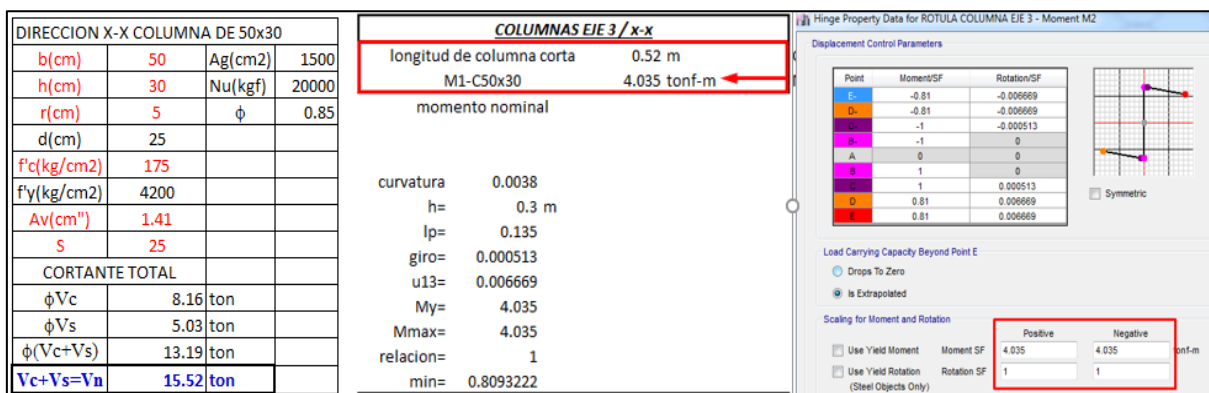
## **Definición de rotulas plásticas.**

## ROTULA COLUMNA CORTA

Se debe tener en cuenta que, para generar el cambio del diagrama MOMENTO-CURVATURA a MOMENTO-ROTACIÓN, se empleó el método propuesto por Priestley (Priestley, 2007), descrito en las bases teóricas.

### Figura 20

Rotula para columna 50x30 en el EJE 3-3.



Nota: En la siguiente figura se muestra al lado izquierdo el esfuerzo a cortante máximo de la columna, en la gráfica del centro teniendo en cuenta la altura libre de la columna podemos hallar el momento máximo y a su vez hallar el nuevo diagrama de momento-rotación para este caso de columna y por último en la gráfica del lado izquierdo se genera la rótula plástica en el programa ETABS.

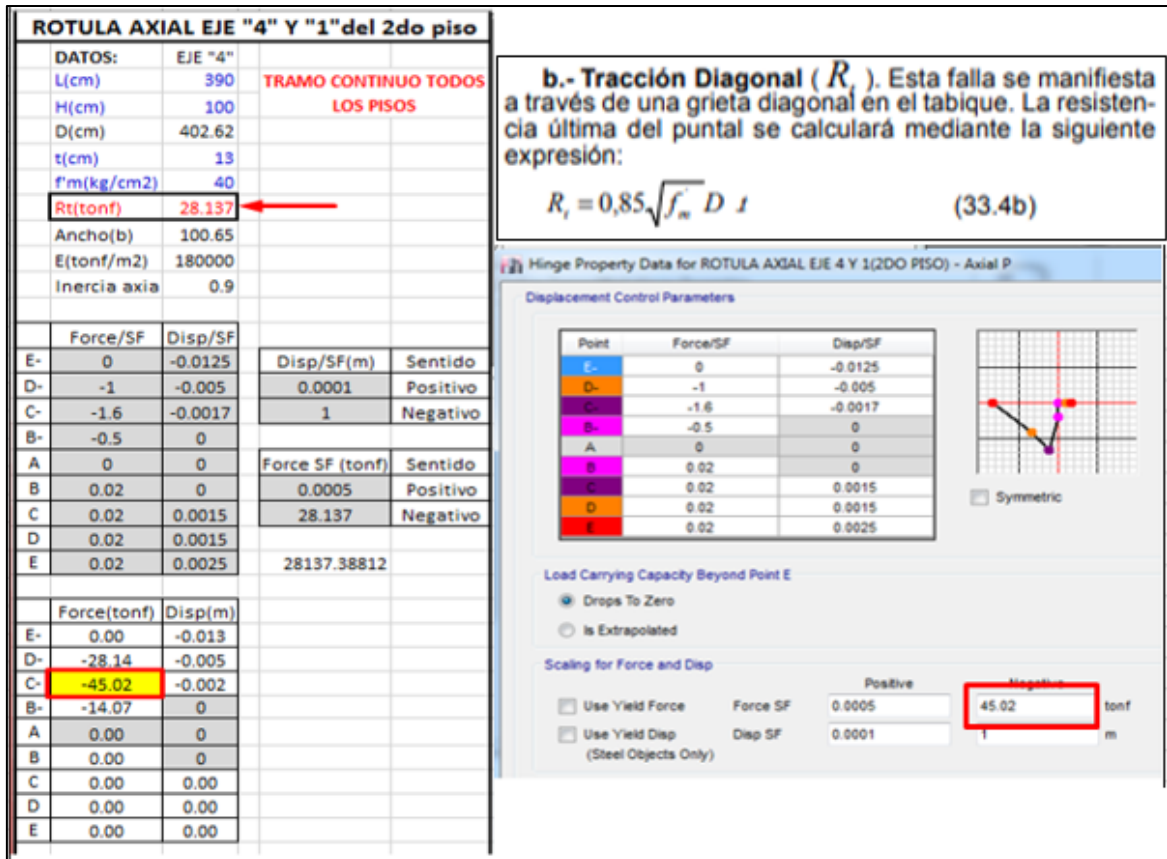
## ROTULA MURO DE TABIQUERÍA

Para desarrollar la siguiente rotula se consideró la falla del tabique de albañilería por tracción diagonal, tomando en consideración que, la falla por aplastamiento no desaparece el efecto del puntal, al igual que la falla por cizalle, la cual produce una grieta horizontal. El criterio adoptado se tomó en cuenta, considerando el ensayo desarrollado en la tesis “Comportamiento sísmico de tabiques construidos con ladrillos pandereta” del autor Luis Eduardo Sáenz Tenorio del año 2016.



Figura 21

Rotula de tabique de albañilería.



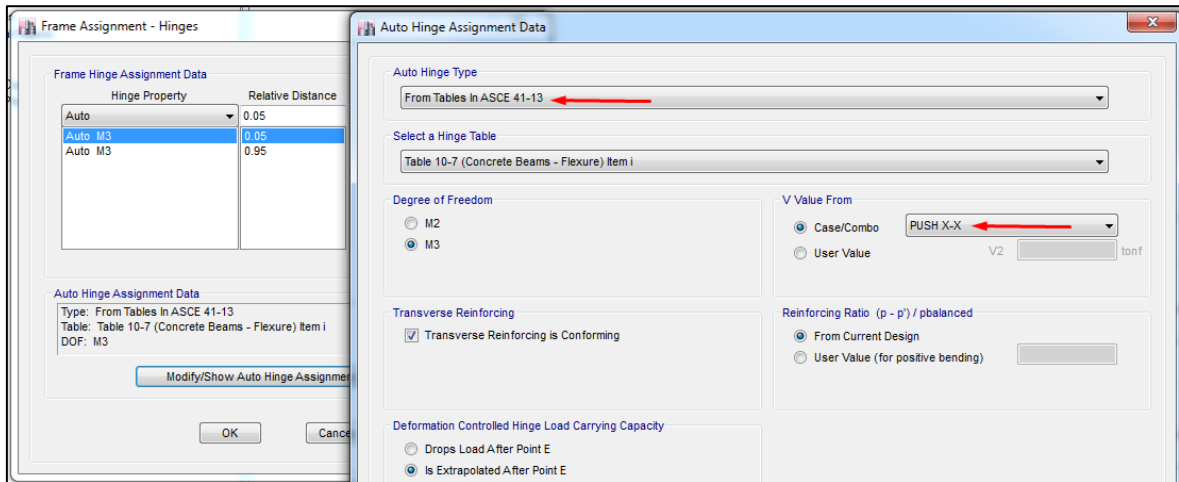
Nota: En la siguiente figura se muestra los datos ingresados al programa ETABS, considerando la fórmula de tracción diagonal, como la carga más crítica.

### ROTULA EN VIGAS

Para el caso de vigas, se generó una rotula automática, siguiendo los parámetros indicados por la normativa ASCE 41-13.

**Figura 22**

*Rotula de vigas.*



*Nota:* en la siguiente figura se muestra las consideraciones tomadas para las rotulas en vigas, tal como se indica la normativa del ASCE 41-13.

**Modelado de la estructura**

El patrón de cargas laterales fue definido de acuerdo al método de los coeficientes de desplazamiento, generando de esta manera una carga triangular, aplicando la carga horizontal de mayor valor en el 3er nivel.

**Figura 23**

*Cargas horizontales para el efecto de empuje horizontal(PUSHOVER).*

User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets

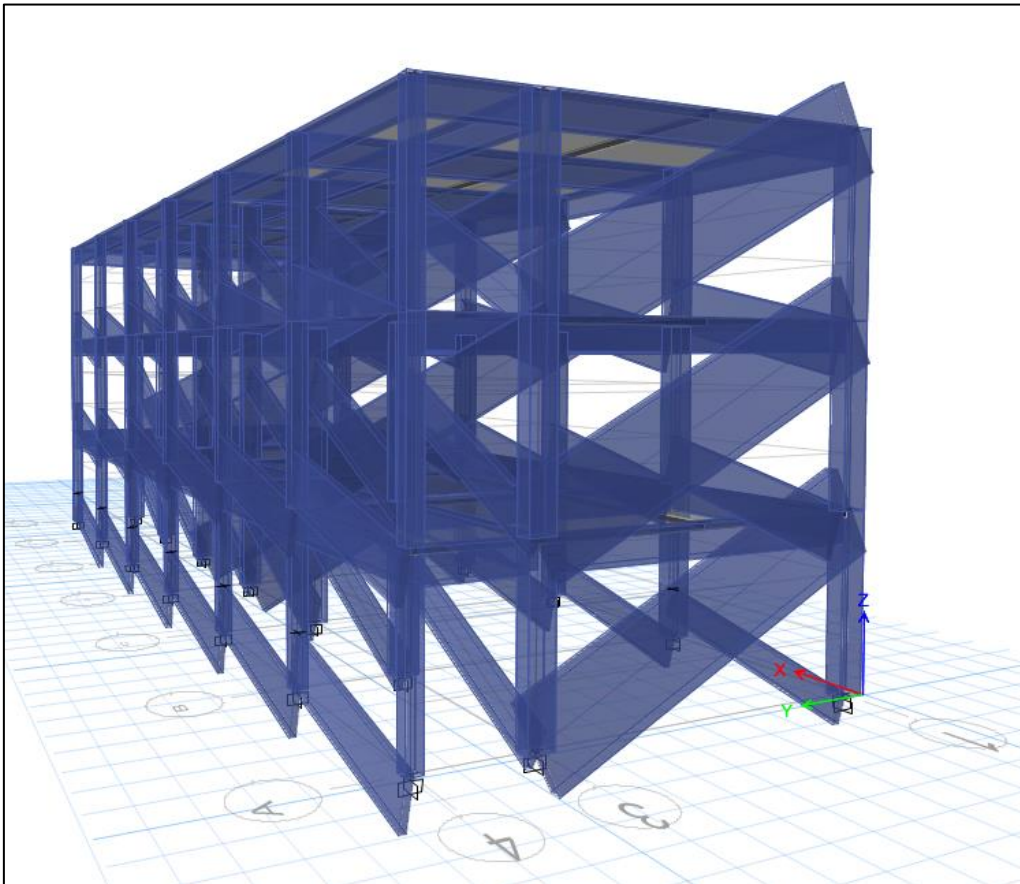
**Load Set 1 of 1**

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf
Story3	D3	60	0
Story2	D2	40	0
Story1	D1	20	0

*Nota:* En la siguiente figura se muestra los valores asignados a cada diafragma.

**Figura 24**

*Modelado de elementos de estructura en análisis.*



*Nota:* En la siguiente figura se muestra el modelo de los diferentes elementos de la estructura en análisis.

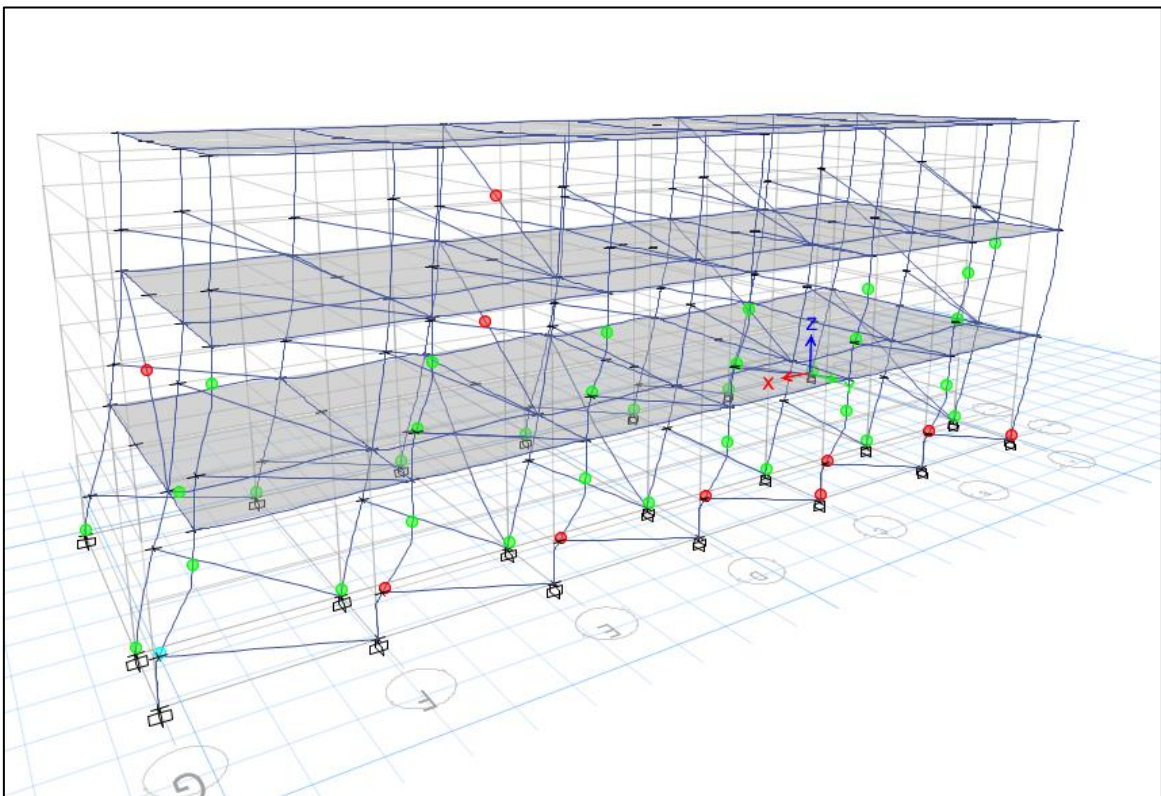
## Análisis de la estructura

### EJE X-X

En primera instancia analizar que, el modelo numérico cumple con generar el efecto de COLUMNA CORTA, generándose en el primer nivel una mayor cantidad de rotulas plásticas, que podrían tener como consecuencia el colapso de la estructura.

### Figura 25

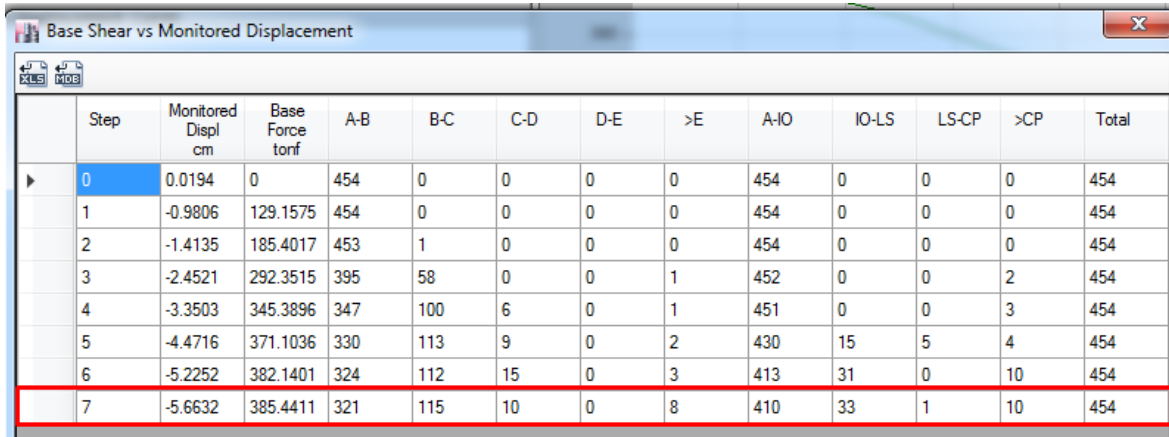
*Rotulas plásticas presentes en la estructura, eje X-X.*



*Nota:* En la siguiente figura se muestra el resultado del modelo numérico del análisis no lineal en el EJE X-X.

**Figura 26**

*Reporte del rotulas generadas.*



Step	Monitored Displ cm	Base Force tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0.0194	0	454	0	0	0	0	454	0	0	0	454
1	-0.9806	129.1575	454	0	0	0	0	454	0	0	0	454
2	-1.4135	185.4017	453	1	0	0	0	454	0	0	0	454
3	-2.4521	292.3515	395	58	0	0	1	452	0	0	2	454
4	-3.3503	345.3896	347	100	6	0	1	451	0	0	3	454
5	-4.4716	371.1036	330	113	9	0	2	430	15	5	4	454
6	-5.2252	382.1401	324	112	15	0	3	413	31	0	10	454
7	-5.6632	385.4411	321	115	10	0	8	410	33	1	10	454

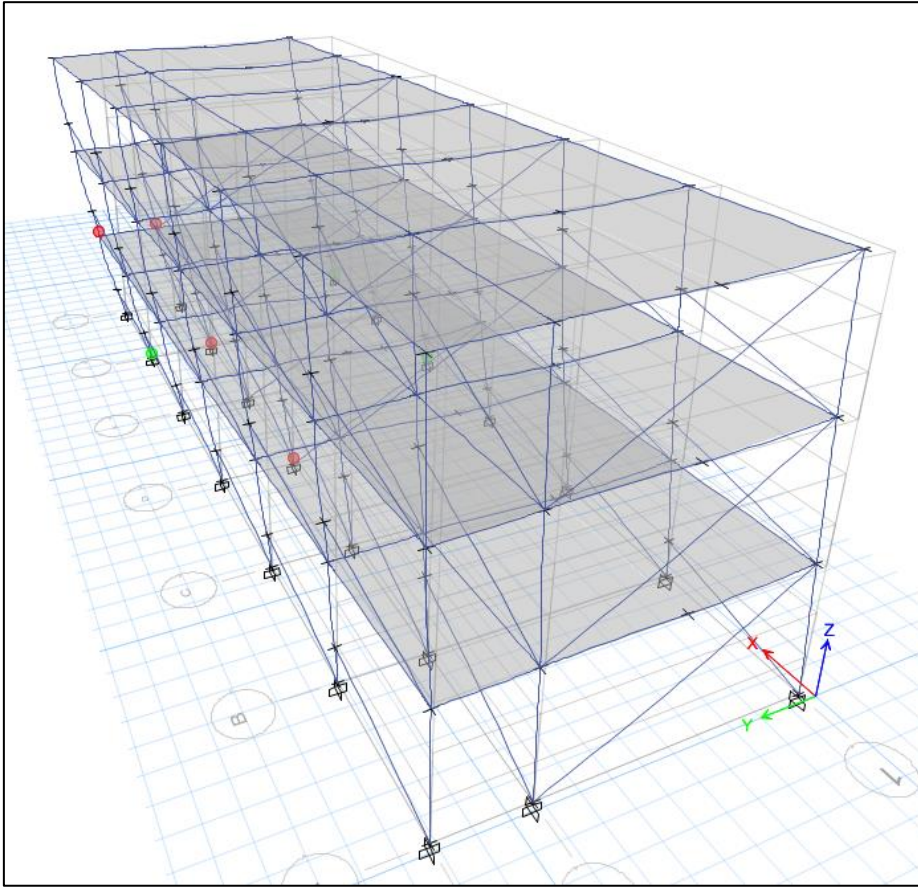
*Nota:* En la siguiente figura se muestra el resultado de 10 elementos que llegaron al colapso, siendo 7 correspondiente a columnas.

EJE Y-Y

El resultado del análisis numérico muestra la generación de rotulas plásticas en columnas de ejes donde los muros de albañilería no cuentan con continuidad vertical, habiéndose generado un efecto de torsión en el extremo contrario al eje “A”, generándose en ese extremo una falla por PISO BLANDO, producto del cambio de rigideces en sus diferentes niveles.

**Figura 27**

*Rotulas plásticas presentes en la estructura, eje Y-Y.*



*Nota:* En la siguiente figura se muestra el resultado del modelo numérico del análisis no lineal en el EJE Y-Y.

**Figura 28**

*Reporte del rotulas generadas.*

	Step	Monitored Displ cm	Base Force tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
▶	0	0.0185	0	454	0	0	0	0	454	0	0	0	454
	1	0.4733	96.2359	453	1	0	0	0	454	0	0	0	454
	2	1.4794	289.3717	404	50	0	0	0	451	0	0	3	454
	3	2.0266	368.3691	381	73	0	0	0	447	3	0	4	454

*Nota:* En la siguiente figura se muestra el resultado de 4 columnas que llegaron al colapso.

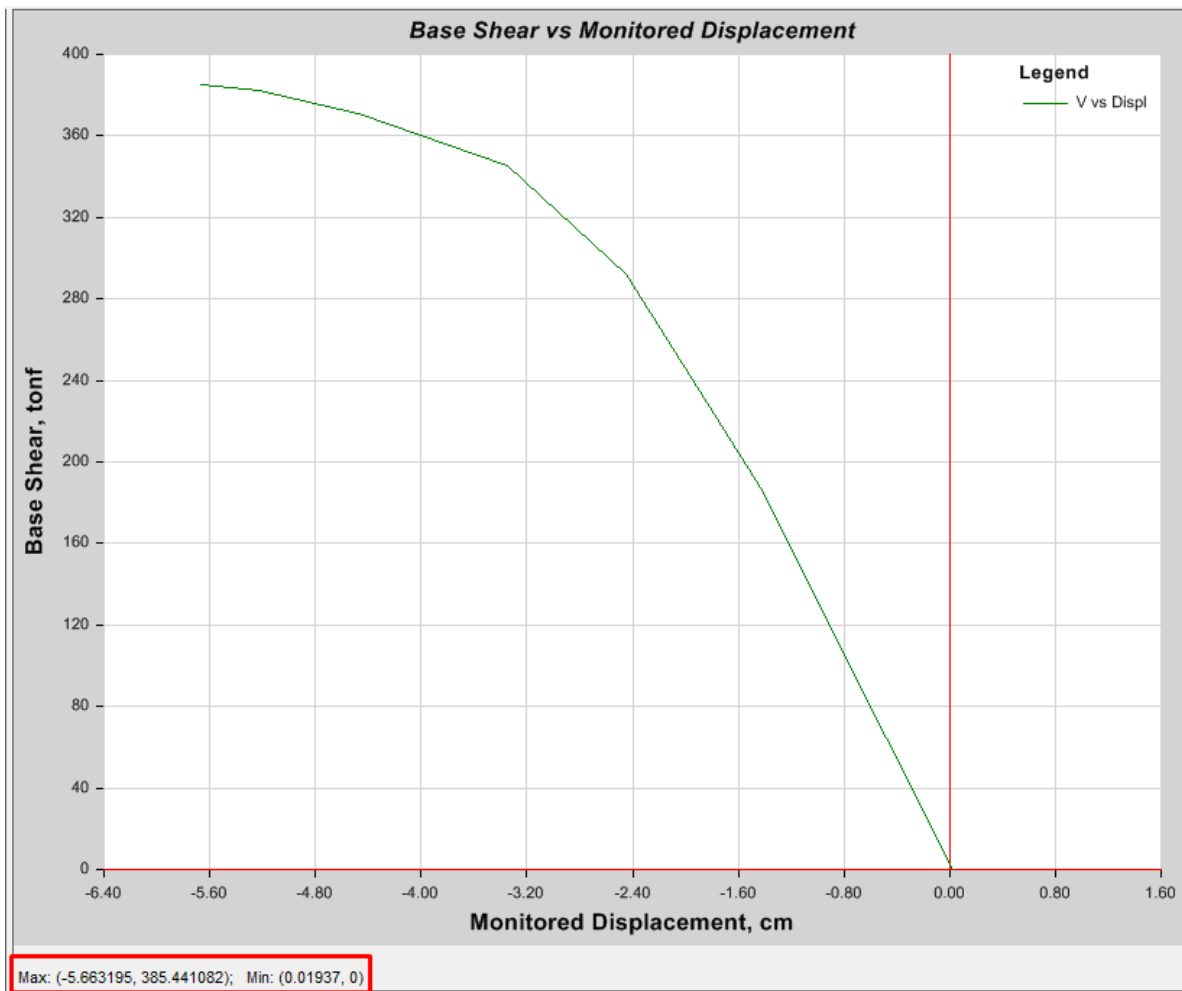
## CURVA DE CAPACIDAD

### CURVA DE CAPACIDAD EJE X-X

La capacidad de la estructura en el eje X-X llega hasta el punto máximo con una cortante basal de 385.44 toneladas y un desplazamiento de 5.66 centímetros, de acuerdo al modelo numérico a partir de ese punto la estructura colapsa.

#### Figura 29

*Curva de capacidad Eje X-X.*



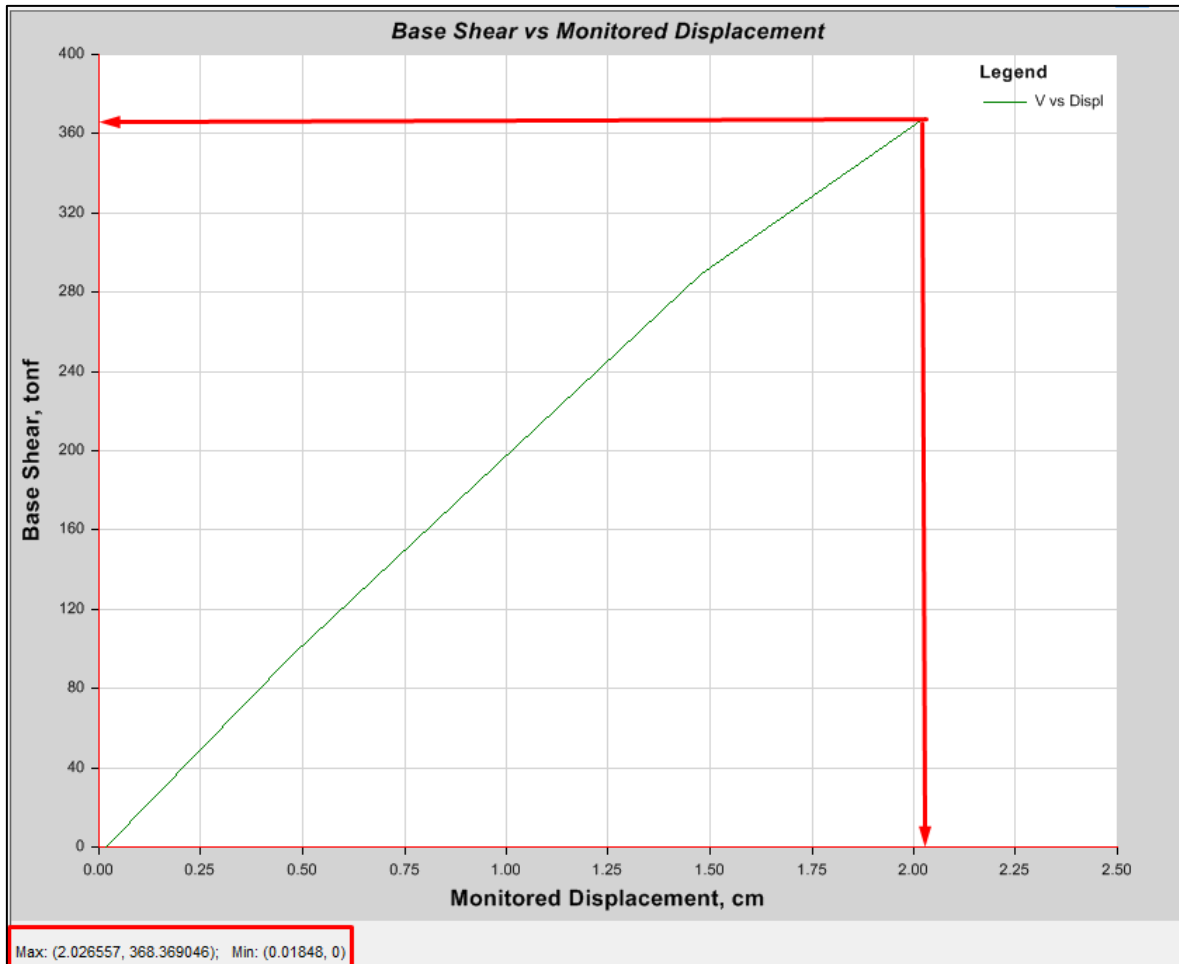
*Nota:* En la siguiente figura se muestra la curva de capacidad en el eje X-X.

### CURVA DE CAPACIDAD EJE Y-Y

La capacidad de la estructura en el eje Y-Y llega hasta el punto máximo con una cortante basal de 368.37 toneladas y un desplazamiento de 2.03 centímetros, de acuerdo al modelo numérico a partir de ese punto la estructura colapsa.

**Figura 30**

*Curva de capacidad Eje Y-Y.*



*Nota:* En la siguiente figura se muestra la curva de capacidad en el eje Y-Y.



## CORRELACIÓN DEL METODO ESTATICO NO LINEAL

La correlación del método estático no lineal estará medida de acuerdo a su eficacia, en la determinación del comportamiento estructural de distintas edificaciones, calificando los resultados de estudios previos en un rango de muy ineficaz, hasta muy eficaz, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 31**

*Rango para evaluar la eficacia.*

RANGO(%)	CLASIFICACION	CRITERIO A EVALUAR
0.10 ~ 0.25	muy ineficaz	no logra obtener ningun resultado
0.26 ~ 0.5	ineficaz	obtiene resultados fuera de contexto
0.51 ~ 0.7	poco eficaz	obtiene resultados parciales sin convergencia
0.71 ~ 0.9	eficaz	obtiene la curva de capacidad, cortante maxima y desplazamiento maximo
0.91 ~ 1.0	muy eficaz	el modelo numerico ah sido comparado con un ensayo a escala real

*Nota:* En la siguiente figura se muestra el porcentaje correspondiente de acuerdo al criterio evaluado.

Para obtener el factor de correlación se toma en cuenta la siguiente información:

**Tabla3**

*Correlación entre el resultado de estudios previos frente a su eficacia para determinar el comportamiento estructural y/o desempeño estructural.*

Autor de tesis	Aplicación de método estático no lineal N°	Ponderación en función a su eficacia(%)
Morales (2017)	1	0.71
Duarte(2017)	2	0.75
Cisneros (2022)	3	0.77
Paredes (2020),	4	0.79
Soto (2021),	5	0.80
Castañeda (2019)	6	0.80

---

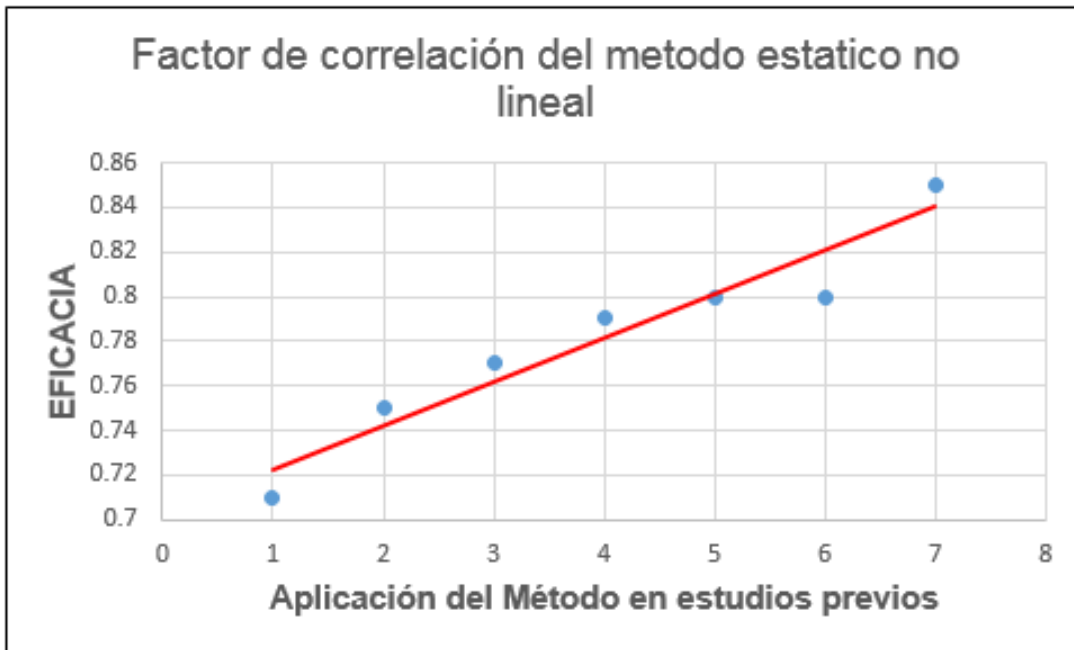
Mires (2019) 7 0.85

---

*Nota:* En la presente tabla se muestra la ponderación asignada en función de los resultados obtenidos de los estudios previos.

### Figura32

Correlación de crecimiento lineal positivo entre las variables.



*Nota:* En la siguiente figura se aprecia el crecimiento lineal positivo, el cual muestra que, la aplicación del método estático no lineal resulta eficiente para determinar el comportamiento estructural.

### Tabla4

*Factor de Correlación de Pearson*

Variables	Correlación de Pearson	Significancia
Aplicación AENL vs. Eficacia	0.96	$p < 0.01$

*Nota:* El coeficiente de correlación de Pearson obtenido fue de 0.96, lo que indica una correlación positiva muy fuerte entre estas dos variables.

## **PUNTO DE DESEMPEÑO EJE X-X**

ASCE-SEI 41-13 / FEMA 356

Puntos de intersección para cada nivel de amenaza sísmica:

**SISMO FRECUENTE** : la estructura desarrolla una cortante de 318.073 toneladas y un desplazamiento de 2.89 centímetros.

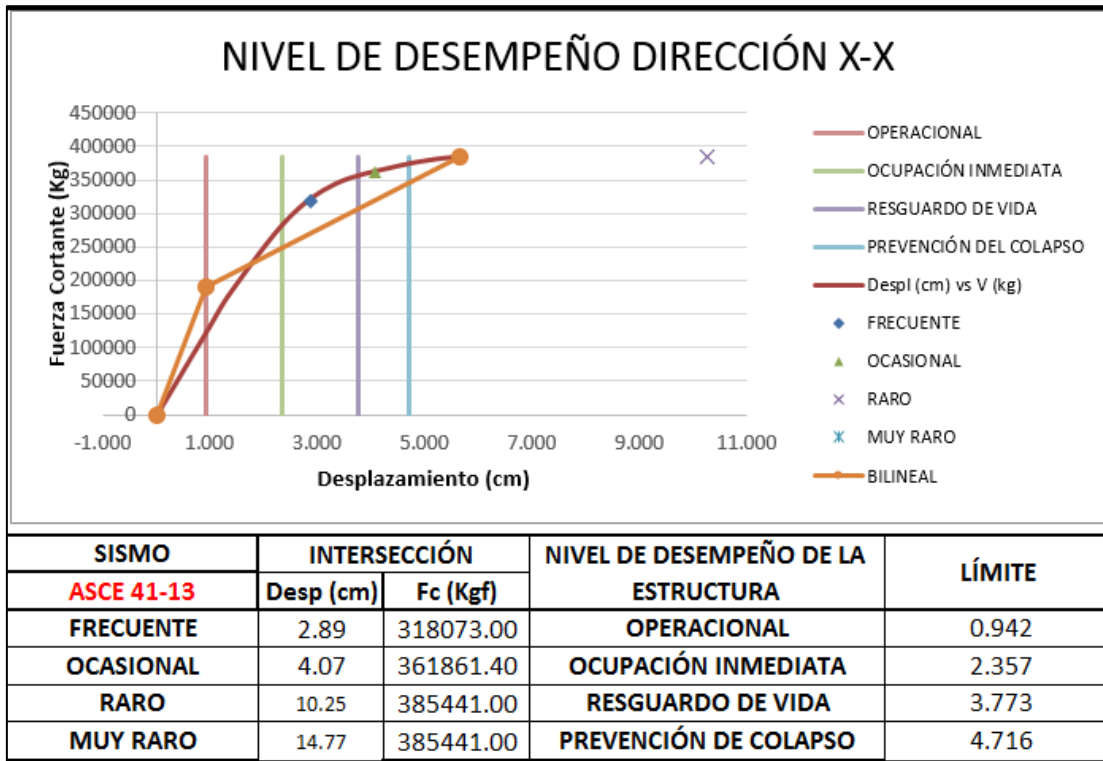
**SISMO OCASIONAL** : la estructura desarrolla una cortante de 361.861 toneladas y un desplazamiento de 4.07 centímetros.

**SISMO RARO** : La estructura alcanza el punto de agotamiento de la capacidad, procediendo el colapso.

**SISMO RARO** : La estructura alcanza el punto de agotamiento de la capacidad, procediendo el colapso.

**Figura 33**

*Nivel de desempeño eje X-X.*



*Nota:* En la siguiente figura se muestra que, la estructura no cumple con la filosofía de diseño sismorresistente, para el sismo raro y muy raro alcanza la capacidad máxima y solo aumenta la deformación, lo cual implica su colapso.

**Figura 34**

*Nivel de desempeño eje X-X.*

Nivel de Desempeño de la Estructura					
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza	Operacional	Ocupación Inmediata	Resguardo de Vida	Prevencción del Colapso
Frecuente	50 % en 50			c	
Ocasional	20 % en 50				h
Raro	5 % en 50				
Muy Raro	ASCE 7 MCER				

*Nota:* En la siguiente figura se muestra que, la estructura incursiona dentro de los objetivos limitados, considerando eso, debería realizarse un reforzamiento para lograr por lo menos incursionar dentro de los objetivos básicos de desempeño.

## **PUNTO DE DESEMPEÑO EJE Y-Y**

ASCE-SEI 41-13 / FEMA 440

Puntos de intersección para cada nivel de amenaza sísmica:

**SISMO FRECUENTE** : la estructura desarrolla una cortante de 327.704 toneladas y un desplazamiento de 1.74 centímetros.

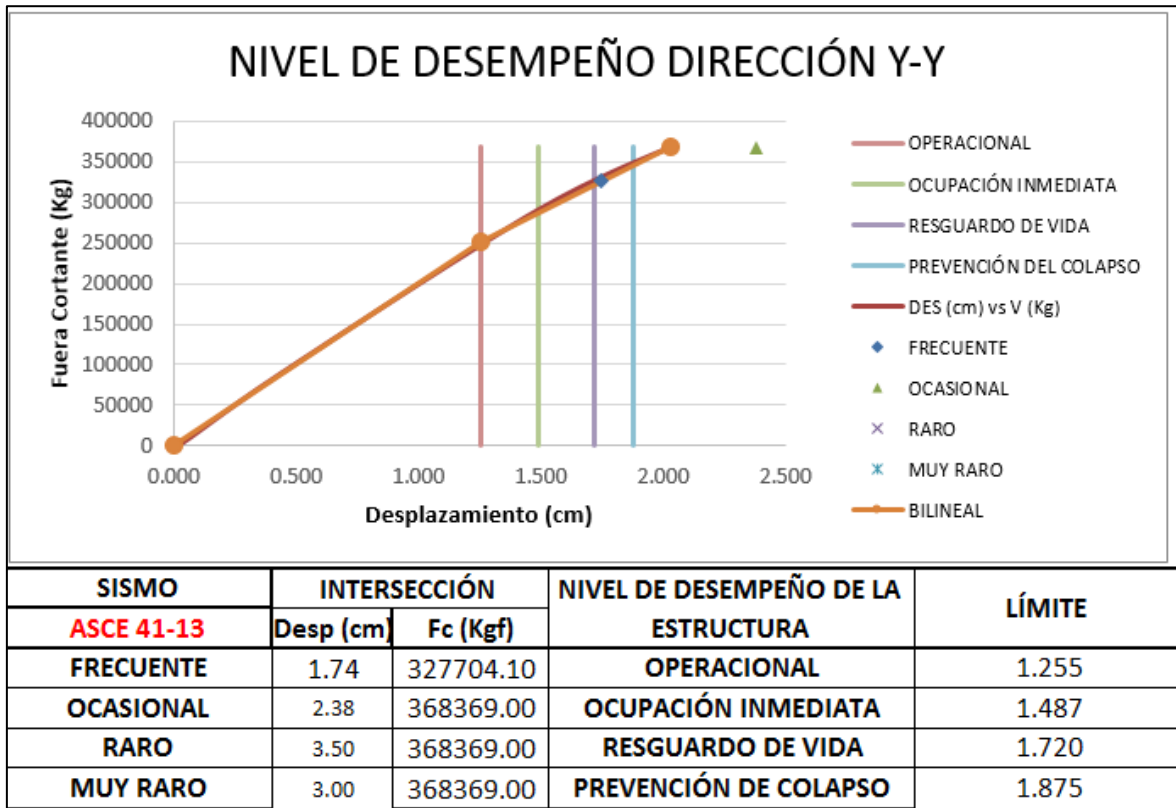
**SISMO OCASIONAL** : la estructura desarrolla una cortante de 368.369 toneladas y un desplazamiento de 2.38 centímetros, superando el desplazamiento máximo de la curva de capacidad, interpretándose que la estructura estaría cerca al colapso.

**SISMO RARO** : La estructura alcanza el punto de agotamiento de la capacidad, procediendo el colapso.

**SISMO RARO** : La estructura alcanza el punto de agotamiento de la capacidad, procediendo el colapso.

**Figura 35**

*Nivel de desempeño X-X.*



*Nota:* En la siguiente figura se muestra que, la estructura no cumple con la filosofía de diseño sismorresistente, para el sismo ocasional, raro y muy raro alcanza la capacidad máxima y solo aumenta la deformación, lo cual implica su colapso.

**Figura 36**

*Nivel de desempeño X-X.*

Nivel de Desempeño de la Estructura					
Sismos de Diseño	Nivel de Amenaza	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso
Frecuente	50 % en 50				d
Ocasional	20 % en 50				
Raro	5 % en 50				
Muy Raro	ASCE 7 MCER				

*Nota:* En la siguiente figura se muestra que, la estructura incursiona dentro de los objetivos limitados, considerando eso, debería realizarse un reforzamiento para lograr por lo menos incursionar dentro de los objetivos básicos de desempeño.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **LIMITACIONES**

Durante el proceso de investigación, principalmente a la hora de recolectar datos de campo, no se tuvo acceso a la información técnica del desarrollo del proyecto, por lo cual solo se pudo recolectar la información de la geometría de la estructura y no de las propiedades de sus elementos, las cuales fueron sustentadas mediante otras investigaciones realizadas a colegios contemporáneos.

### **DISCUSIÓN**

Sobre el objetivo general, se logró determinar la correlación del método estático no lineal respecto al comportamiento estructural, habiéndose categorizado en una escala de muy ineficaz hasta muy eficaz, en relación al alcance de los resultados obtenidos en la presente tesis y en los estudios previos, obteniendo como resultado mediante el factor de correlación de Pearson un valor de 0.96 %, el cual refleja que la aplicación del método estático no lineal influye de manera positiva en la determinación del comportamiento estructural.

Respecto al primer objetivo específico, se logró analizar la estructura de manera satisfactoria, permitiéndonos modelar manualmente las rotulas plásticas configuradas para reproducir numéricamente los efectos de la interacción TABIQUE-PORTICO. El alcance del análisis, coincide con la tesis de Morales (2017), en el cual se evidencia que, logró obtener el punto de desempeño aplicando el método Pushover empleando el software especializado ETABS 2016.

Pero Duarte, Martínez y Santamaría (2017), menciona que, logró realizar el análisis estructural empleando la herramienta estructural SAP 2000, verificándose que, dicha herramienta estructural también es eficiente para el análisis estructural y aplicación del

método Pushover. Asimismo, Cisneros (2022), obtuvo la curva de capacidad de la estructura analizada en su investigación, empleando la herramienta estructural ETABS 2019, de esta manera se ratifica que el uso de dicha herramienta resulta efectivo para realizar un análisis no lineal Pushover.

Sobre el segundo objetivo específico, se logró determinar el punto de colapso y la curva de capacidad, teniendo como resultado para el eje X-X, donde el punto de colapso se da con una cortante basal de 385.44 toneladas y un desplazamiento de 5.66 centímetros y para el eje Y-Y, el punto de colapso se da con una cortante basal de 368.37 toneladas y un desplazamiento de 2.03 centímetros. Al igual que Paredes (2020), en su tesis logro obtener para el eje X-X una cortante basal de 1604.05 toneladas y un desplazamiento de 48.54 centímetros y para el eje Y-Y una cortante basal de 1452.05 toneladas y un desplazamiento de 33.27 centímetros. Del mismo modo Mires (2019), mediante sus tesis logra determinar el punto de desempeño de su estructura en estudio, con la diferencia que, empleó el programa SAP 2000.

Sobre el párrafo anterior debe tomarse en cuenta que, cada estructura mantiene una originalidad, por ende, los resultados no pueden ser materia de discusión, pero si se evidencia claramente que ambas herramientas estructurales conllevan a la obtención de la curva de capacidad y punto de desempeño o colapso.

Respecto el último objetivo específico, se logró identificar el desempeño de la estructura para los diferentes niveles de desempeño, el cual mediante el método de coeficientes ASCE 41-13, se determinó que, para el eje X-X con un SISMO FRECUENTE, la estructura tiene un desempeño dentro del rango de RESGUARDO DE VIDA, para un SISMO OCASIONAL tiene un desempeño dentro del rango de PREVENCIÓN DEL



COLAPSO, para los SISMOS RARO Y MUY RARO, la estructura habría colapsado. Asimismo, en el eje Y-Y, para un SISMO FRECUENTE, la estructura tiene un desempeño dentro del rango de PREVENCIÓN DEL COLAPSO y para los SISMOS OCASIONAL, RARO Y MUY RARO, la estructura habría colapsado. Paredes (2020), también logra identificar el desempeño de los diferentes niveles de amenaza, concluyendo que, en la dirección X, cumple con el objetivo de desempeño y para el eje Y, cumple con el método del ASCE 41-13 mas no cumple por el método del FEMA 440. Del mismo modo Morales (2017), indica en sus resultados que, su edificio en estudio es capaz de resistir un sismo con un periodo de retorno de 475 años, equivalente a un SISMO RARO, sufriendo daños significativos en la estructura, pero evitando el colapso.

## **IMPLICANCIAS**

La implicancia teórica de la presente investigación será dada por el aporte de conocimiento en cuanto al factor de correlación de Pearson, el cual nos muestra que, el uso del método estático no lineal resulta ser eficaz para determinar el comportamiento estructural de distintas edificaciones.

La implicancia práctica, radica en que, la presente investigación puede ser aplicada a otras estructuras, dado que existe un gran número de centros educativos privados que tienen la misma o parecida configuración geométrica y problemas de interacción tabique-pórtico, por lo cual esta investigación nos permitirá modelar manualmente las rotulas plásticas configuradas para reproducir numéricamente los efectos de la interacción TABIQUE-PORTICO, y con los resultados será posible tomar medidas preventivas para lograr un desempeño óptimo de la estructura ante cargas sísmicas.

## CONCLUSIONES

En alusión al objetivo general, se determinó el factor de correlación del método estático no lineal, concluyendo que, la aplicación del análisis no lineal mediante la herramienta de análisis estructural ETABS 2015, calcula de manera eficaz el comportamiento estructural, requisito indispensable con el cual se puede definir que, el comportamiento estructural de la edificación no cumple con la filosofía de diseño sismorresistente, debido al colapso que presenta ante sismos ocasionales en los ejes X y Y. Siendo necesario realizar un reforzamiento estructural con el fin de satisfacer por lo menos objetivos básicos de desempeño.

Sobre el primer objetivo específico, se logró analizar la estructura del colegio particular mediante el software ETABS, empleando el método estático no lineal, concluyendo que, durante el análisis se identificó la interacción tabique-pórtico, el cual generó una falla en columnas, llamado COLUMNA CORTA y otra falla llamada VIGA FUERTE-COLUMNA DÉBIL, identificada gráficamente por que la formación de rotulas plásticas se generan inicialmente en columnas y no en vigas, respecto a la tabiquería se logró analizar que, la falla que produciría que desaparezca el efecto tipo puntal en columnas, fue la falla por tracción diagonal. Asimismo, debe mencionarse que, las complicaciones del análisis sobre la generación del modelo numérico para proyectar las rotulas plásticas asociadas a los efectos de columna corta y tabiquería tipo puntal, fue eficientemente manejada por la versatilidad del programa ETABS. Dentro del análisis, también debe tomarse en cuenta que, para el eje “X” se tiene como resultado una ductilidad de 6.01, lo cual es un comportamiento común en estructuras tipo pórtico, dado que, estos son más flexibles, pero al no cumplir el criterio de diseño de columna fuerte y viga débil, añadiéndole

peor aún el efecto de columna corta, el sistema estructural en ese eje, termina comportándose de manera frágil. Y para el caso del eje “Y” se tiene una ductilidad de 1.62, el resultado de la baja ductilidad se encuentra asociado a los muros de albañilería presente en ese eje, dado que, los muros de albañilería presentan una falla frágil, y tomando en cuenta la no continuidad vertical de varios muros de albañilería en los ejes C, D, E y G, el comportamiento es aún más desfavorable, por la variación de la rigidez de los entrepisos, ocasionando que las columnas del primer nivel sean las que empiecen a rotularse, tal como se verifico en la generación grafica de rotulas plásticas.

Respecto al segundo objetivo específico, se determinó la curva de capacidad y el punto de colapso de la estructura, concluyendo que, la estructura en el eje X-X llega hasta el punto máximo con una cortante basal de 385.44 toneladas y un desplazamiento de 5.66 centímetros, a partir de ese punto la estructura colapsa y en el eje Y-Y llega hasta el punto máximo con una cortante basal de 368.37 toneladas y un desplazamiento de 2.03 centímetros, a partir de ese punto la estructura colapsa.

Para el caso del tercer objetivo específico, se determinó el punto de desempeño de la estructura, concluyendo que, el desempeño de la estructura para el eje “X” tiene los siguientes resultados, para un SISMO FRECUENTE, la estructura tiene un desempeño dentro del rango de RESGUARDO DE VIDA, para un SISMO OCASIONAL tiene un desempeño dentro del rango de PREVENCIÓN DEL COLAPSO, para los SISMOS RARO y MUY RARO la estructura habría colapsado. Asimismo, en el eje Y-Y, para un SISMO FRECUENTE, la estructura tiene un desempeño dentro del rango de PREVENCIÓN DEL COLAPSO y para los SISMOS OCASIONAL, RARO Y MUY RARO, la estructura habría colapsado.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuros investigadores, aplicar el método estático no lineal en la evaluación del comportamiento estructural para distintas edificaciones, dado que se tiene un factor de correlación positiva.

## REFERENCIAS

- Applied Technology Council (ATC). (1996). *“Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building.”* Report No. ATC-40, Redwood City, CA.
- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, Virginia, EEUU: American Society of Civil Engineers.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson educación.
- Blanco Blasco, J. A. (2005). *Las Estructuras de los Centros Educativos (Colegios) en el Siglo XX en el Perú Diversos Proyectos de Reforzamiento y Ejemplos de Estructuración de Edificaciones de la Universidad Católica del Perú* [Tesis de postgrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bonett Díaz, R. L. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Castañeda Fernández, J. I., & Guevara Fernández, L. A. (2019). *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el análisis pushover de los módulos «B y C» del hospital regional de Lambayeque—Chiclayo.”* [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo.
- Cisneros Pérez, A. N. (2022). *Evaluación del desempeño estructural de un edificio multifamiliar mediante el análisis estático No Lineal Pushover y propuesta de intervención en San Miguel* [Tesis de pregrado]. Universidad Ricardo Palma.
- Cossio Bolaños M. A. (2015). *Métodos de investigación cuantitativa en ciencias de la educación*. Chile: Ediciones Universidad Católica del Maule.

- Duarte Bonilla, C. E., Martínez Chavarría, M. E., & Santamaría Díaz, J. J. (2017). *Análisis estático no lineal (pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la universidad de El Salvador* [Tesis de pregrado]. Universidad de El Salvador.
- E.030. (2018). Norma E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- FEMA 440. (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. Washington, D.C.: Applied Technology Council (ATC-55 Project) for the Federal Emergency Management Agency
- Gálvez Chunas, V. A. (2011). *Evaluación del Desempeño Sismorresistente Usando Análisis No Lineal en el Tiempo* [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Instituto Nacional de Estadística Informática (INEI), and Ministerio de Educación (MINEDU) (2013). “Censo de Infraestructura Educativa (CIE).” Lima, Perú.
- Loa Canales, G. J. F. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997* [Tesis de postgrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Mires Acuña, N. Y. (2019). “*Desempeño sismorresistente de la institución educativa técnica rafael loayza guevara utilizando el método pushover y propuesta de mejora*” [Tesis de pregrado]. Universidad Privada del Norte.
- Morales Villagrán, E. P. (2017). “*Diagnóstico estructural en base a la curva de capacidad*

*del edificio de apartamentos denominado ciurana ubicado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua” [Tesis de pregrado]. Universidad técnica de Ambato.*

Oblitas Cruz, J. (2018). Guía de investigación científica 2018. Universidad privada del Norte.

Paredes Calderón, E. S. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de muros estructurales de 14 niveles mediante análisis estático no lineal “pushover”, Trujillo 2020.* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada del Norte.

Paucar Sulcaray, I. (2018). *Riesgo sísmico de las viviendas autoconstruidas en la urbanización la libertad en el distrito de Lurigancho-Chosica-2018.* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Priestley M.J.N., Calvi G., and Kowalsy M. (2007), “*Displacement-based seismic design of structures*”. IUSS Press, Pavia, Italy

Programa presupuestal N°068, (2012): *Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencia por desastres. Zonificación Sísmica – Geotécnica del área urbana de Chosica.*

Ródenas Quiñonero, J. L. (2017). *Avances metodológicos en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la trama urbana.* (tesis de Doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena, España.

Sáenz Tenorio, L. E. (2016). “*Comportamiento sísmico de tabiques construidos con ladrillos pandereta*” [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.

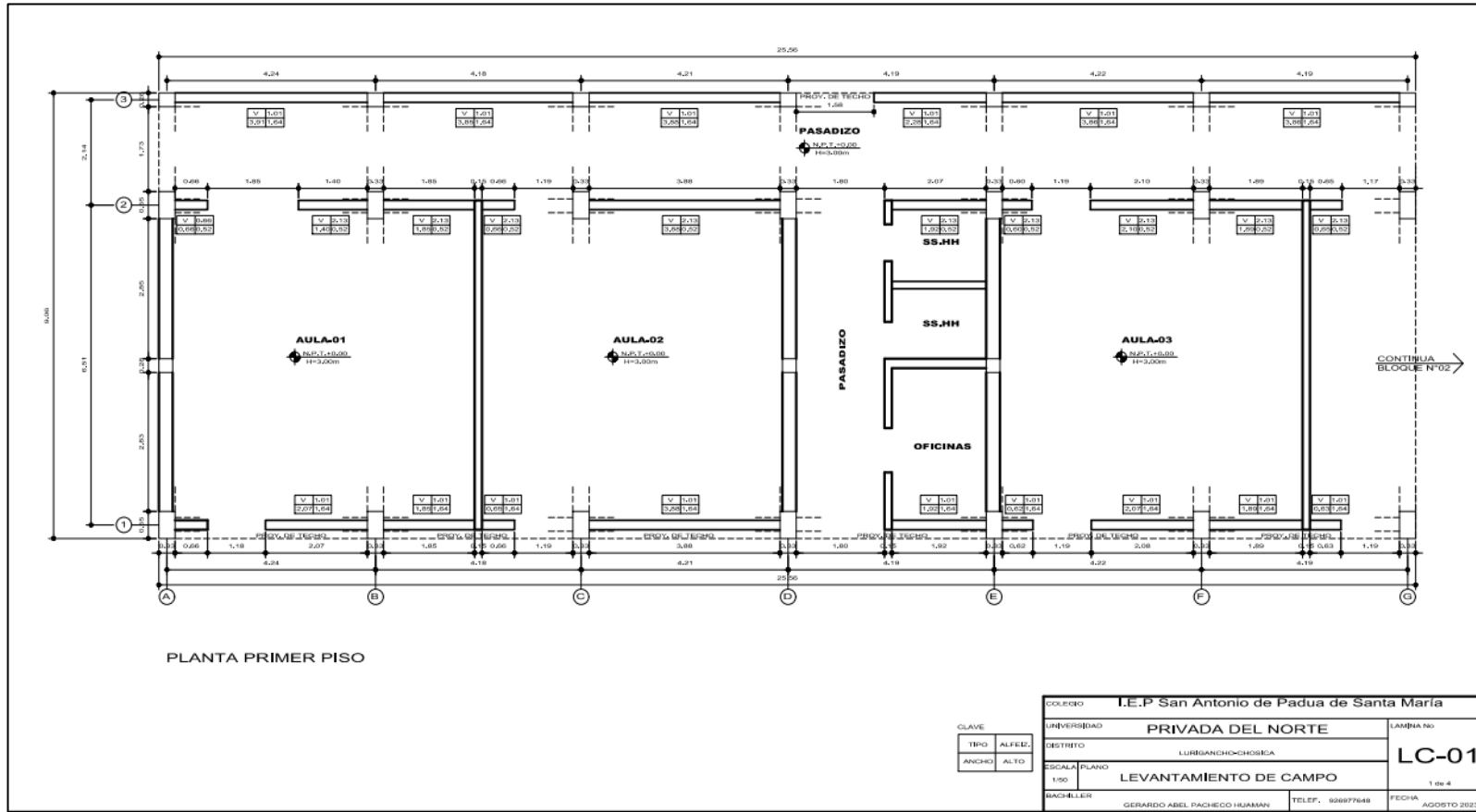
SEAOC. (1995). “*Vision 2000: Performance based seismic design of buildings.*” Structural Engineers Association of California, Sacramento CA.

Soto Arteaga, D. M., & Arce Esquivel, B. A. (2021). *“Desempeño sísmico mediante el análisis de curvas de capacidad y metodologías fema de un edificio aporricado de 6 pisos de uso multifamiliar en san isidro – Trujillo”* [Tesis de pregrado]. Universidad Privada del Norte.



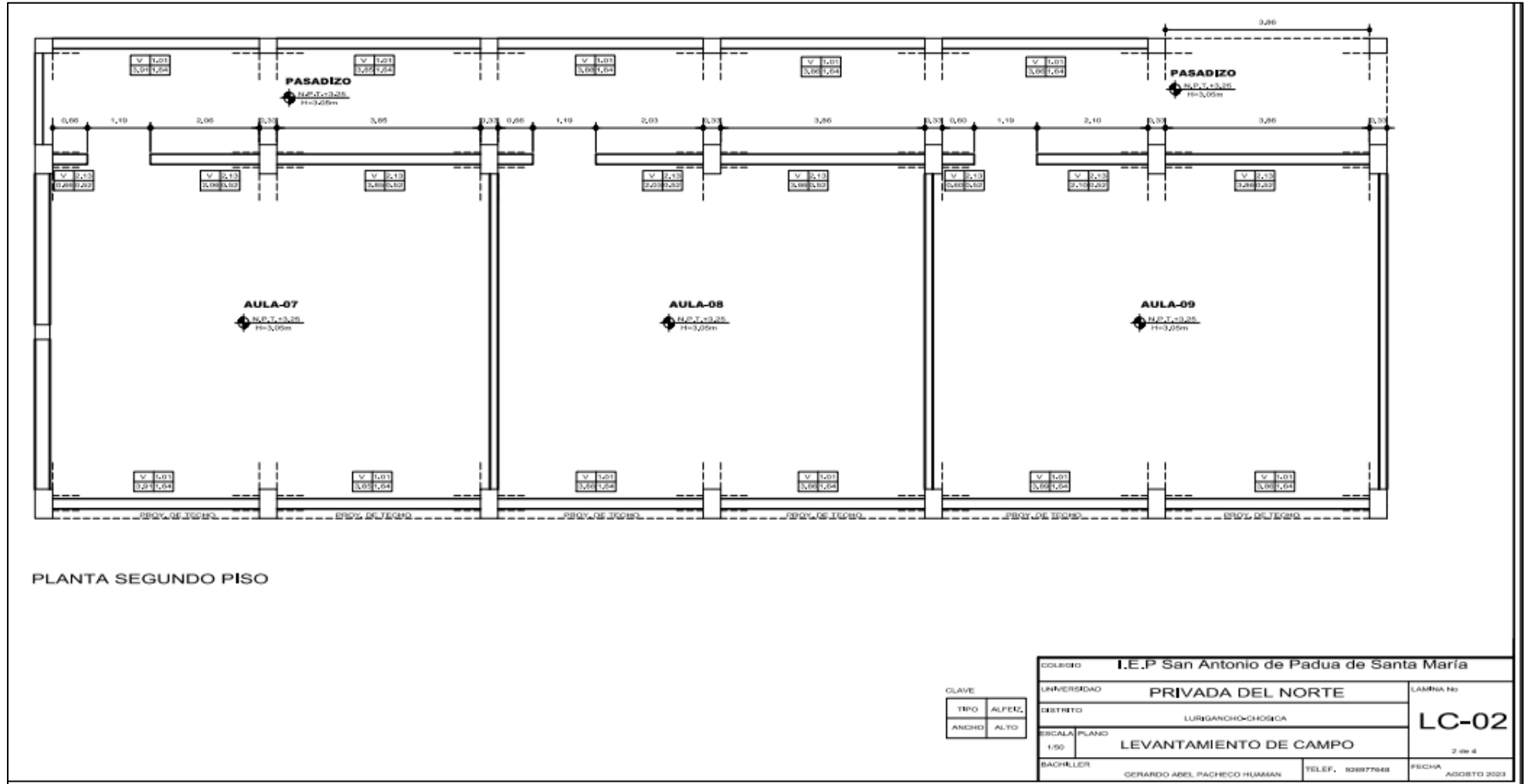
### ANEXOS

#### ANEXO N°01 Planos de distribución-1er piso



CLAVE		COLEGIO: I.E.P San Antonio de Padua de Santa Maria	
TIPO	ALFELD:	UNIVERSIDAD: PRIVADA DEL NORTE	LAMINA No
ANCHO	ALTO	DISTRITO: LURIGANCHO-CHOSICA	LC-01
		ESCALA: PLANO	1 de 4
		1:50	LEVANTAMIENTO DE CAMPO
		ARCHITECTO: GERARDO ABEL PACHECO HUAMAN	TELEF.: 99997948
		FECHA: AGOSTO 2023	

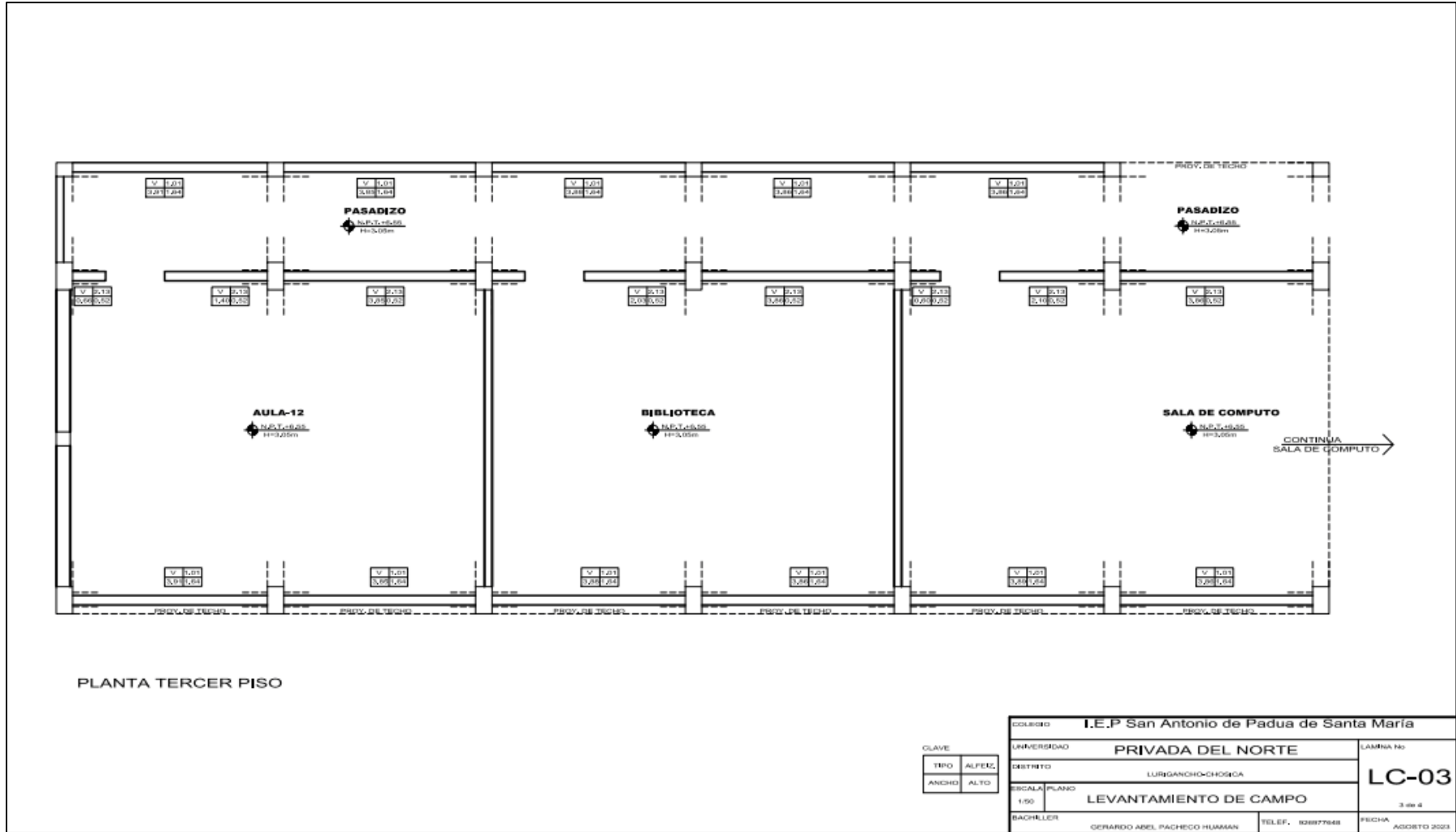
*Plano de distribución- 2do piso*



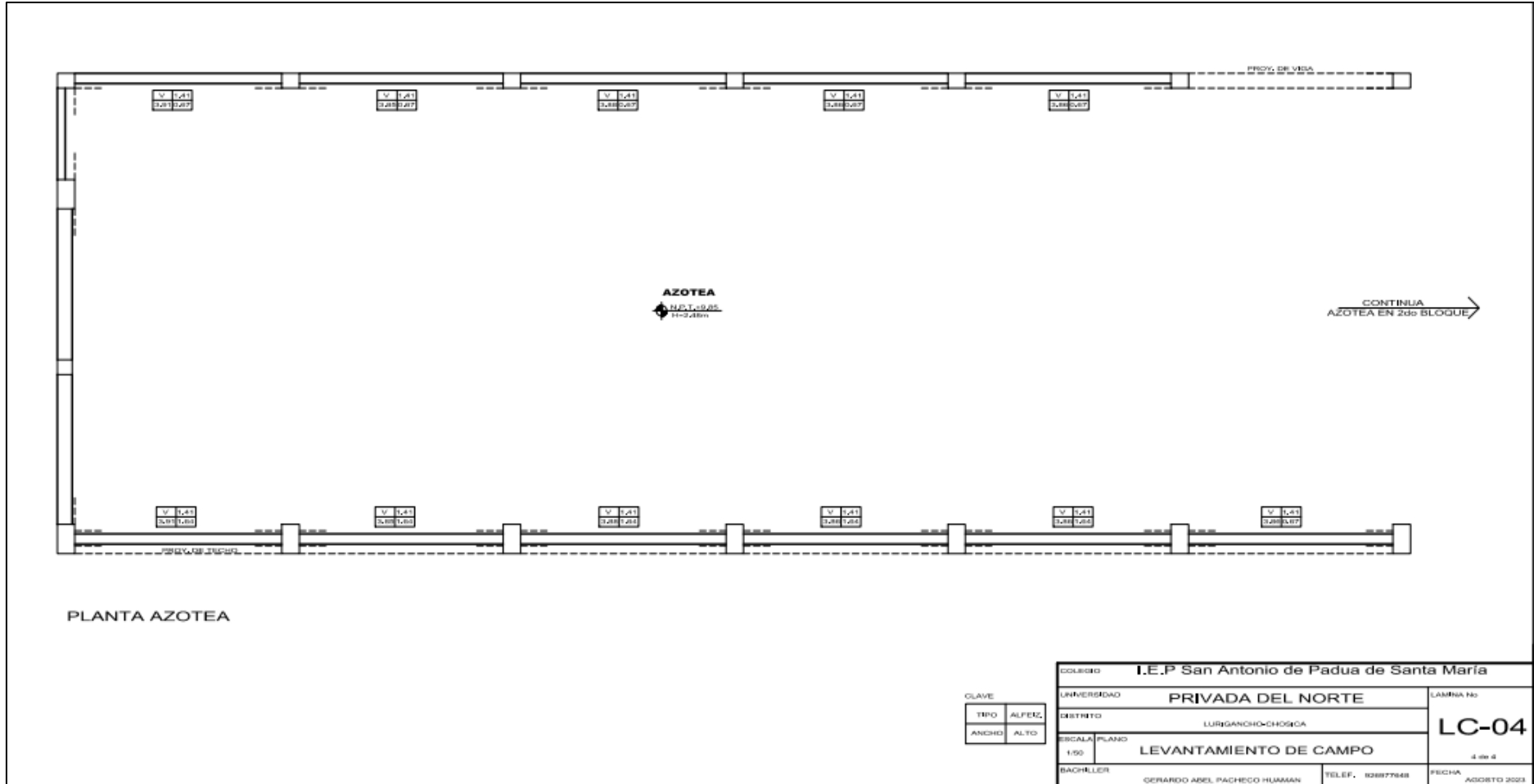
CLAVE	
TIPO	ALFEZ.
ANCHO	ALTO

COLEGIO <b>I.E.P San Antonio de Padua de Santa María</b>		LAMINA No:
UNIVERSIDAD <b>PRIVADA DEL NORTE</b>		<b>LC-02</b>
DISTRITO <b>LURIGANCHO-CHOSICA</b>		
ESCALA PLANO <b>LEVANTAMIENTO DE CAMPO</b>		
BACHILLER <b>GERARDO ABEL PACHECO HUAMAN</b>		FECHA <b>AGOSTO 2023</b>
TELEF. <b>92877848</b>		

*Plano de distribución-3er piso*



*Plano de distribución-Azotea*



**ANEXO N°02**  
*Solicitud de ingreso*

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

**SOLICITO: AUTORIZACIÓN ESPECIAL PARA  
INGRESO A INSTALACIONES DEL  
COLEGIO, CON LA FINALIDAD DE  
RECOLECTAR LA INFORMACION  
TÉCNICA DEL PABELLON QUE FORMA  
PARTE DEL COLEGIO, PARA EL  
DESARROLLO DE UN TRABAJO DE  
INVESTIGACION (TESIS), POR PARTE DE  
UN FAMILIAR (SOBRINO).**

Estimada **MADRE LUCIE LESSARD,**

Rectora de la I.E.P Colegio San Antonio de Padua de Santa María.

Yo **RONALD PACHECO HUAMANÍ,** ante usted me presento con el debido respeto y expongo lo siguiente:

Habiendo tomado conocimiento sobre el interés de mi sobrino Gerardo Abel Pacheco Huamán identificado con N° DNI 46613600, respecto a desarrollar su tesis con la información técnica que pueda recolectar de la infraestructura del pabellón del colegio, del cual se pretende tomar medidas en el largo, ancho y la altura del pabellón, identificando a su vez, los elementos estructurales tales como columnas, muros etc., sin que ello afecte las actividades diarias que se ejercen, programándose dicho levantamiento de información para los días en los cuales su persona crea conveniente. También debo poner a su conocimiento que, la tesis de mi sobrino llevaría el siguiente título:

**“ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL, EMPLEANDO EL  
METODO ESTATICO NO LINEAL, DE UN COLEGIO PARTICULAR, EN EL  
DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA-2023.”**

a continuación, una breve introducción sobre lo que se pretende analizar:

En la presente tesis se analizará el comportamiento estructural de la infraestructura existente del colegio San Antonio de Padua de Santa María, ubicado en el distrito

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

de Chosica, previo análisis, se recogerá todos los datos de campo necesarios para la aplicación del método estático no lineal(pushover), finalmente como resultado se obtendrá el comportamiento no lineal de la estructura, el cual será necesario para la evaluación y/o implementación de un refuerzo estructural, siempre y cuando sea necesario.

De acuerdo a lo comentado por parte de mi sobrino, el cual indica que, mediante el presente trabajo de investigación se podrá identificar el comportamiento real de la estructura ante la presencia de un sismo de gran magnitud, pudiendo identificar los puntos críticos, llamados rotulas plásticas, los cuales una vez identificados, podrán ser reforzados en un futuro, contribuyendo de esta manera en la prevención de daños, que pueda ocasionar la presencia de un sismo de grandes magnitudes.

Por todo lo antes descrito, **SOLICITO A SU PERSONA, PUEDA BRINDAR LA AUTORIZACIÓN A MI SOBRINO, PARA EL INGRESO Y LA TOMA DE INFORMACIÓN, CON EL CUAL PODRA ELABORAR SU PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.**

Agradezco de antemano el valioso tiempo brindado, y quedo muy atento a su pronta respuesta.

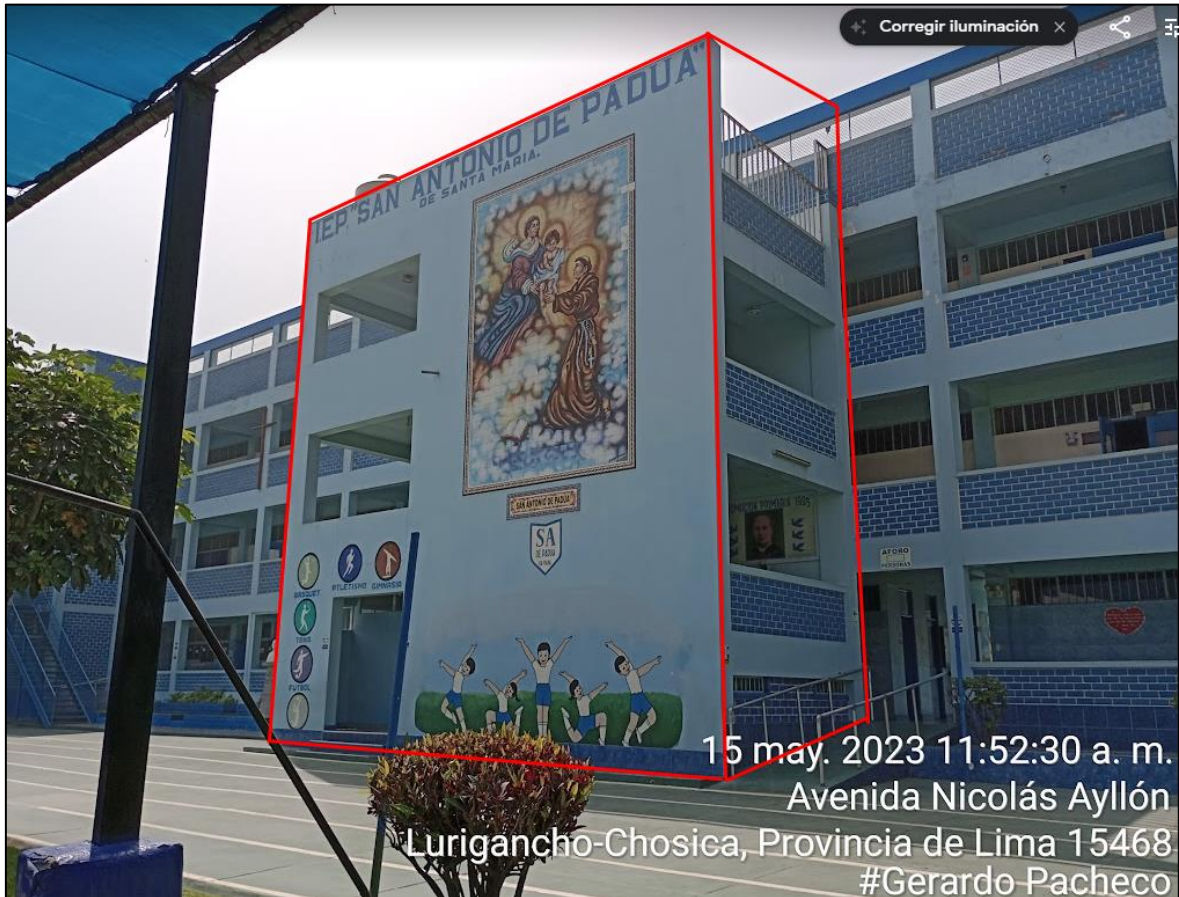
Chosica, 02 de mayo del 2023.

**ANEXO N°03**

*Panel fotográfico.*

**Figura 37**

*Parte delantera del colegio.*



*Nota:* El cajón de escalera es una estructura independiente y se resalta en rojo.

### Figura 38

*Parte trasera del colegio*

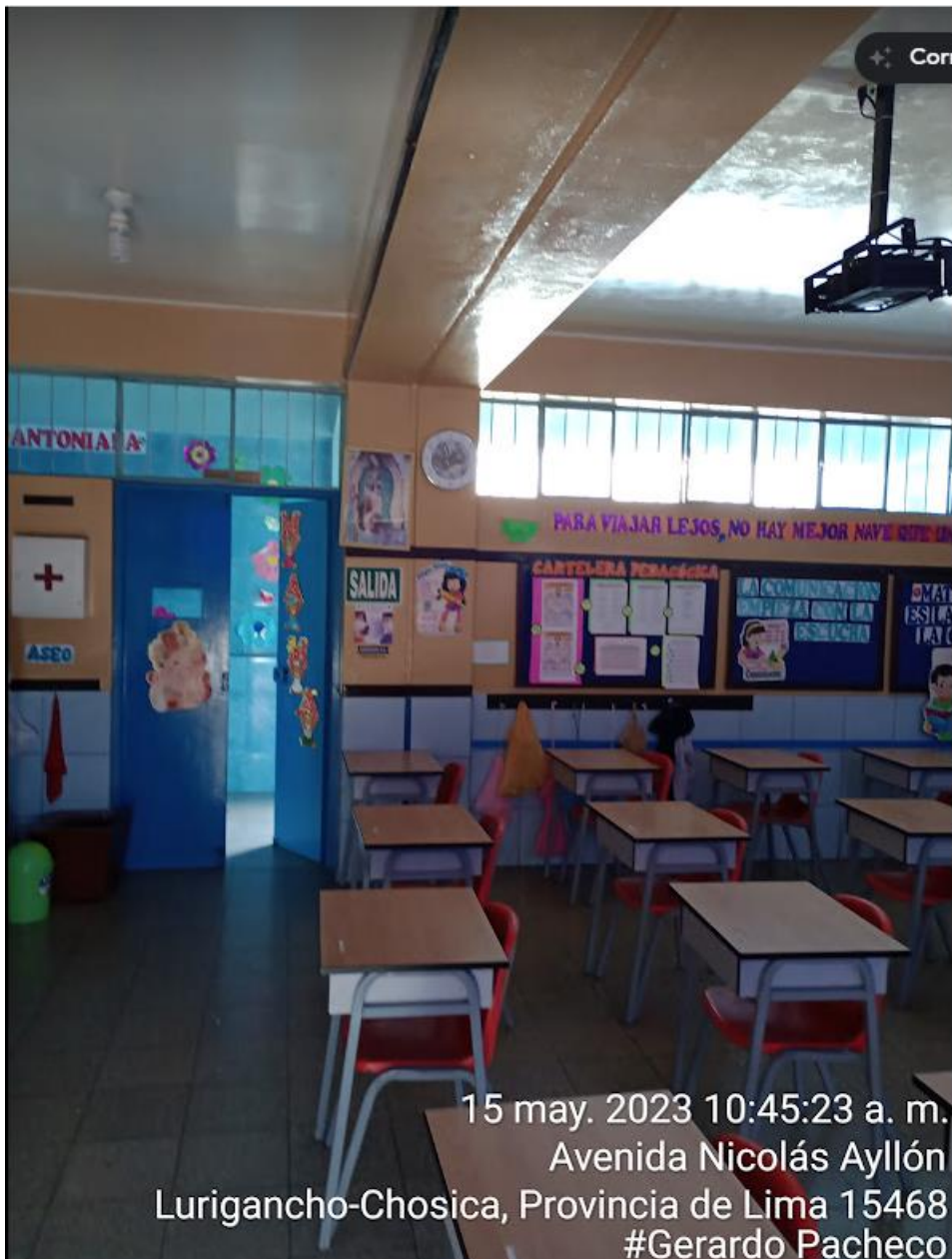


*Nota:* En el fondo se puede apreciar una línea vertical roja, en esa zona se tiene una junta sísmica que divide las estructuras.



**Figura 39**

*Límite entre las estructuras del pabellón*



*Nota:* Junta sísmica del primer piso, evidencia de ausencia de muro.

**Figura 40**

*Límite entre las estructuras del pabellón con caja de escaleras.*



*Nota: Junta sísmica del cajón de escaleras.*

## Figura 41

*Evidencia de interacción tabique-pórtico*



*Nota:* La imagen mostrada corresponde al Eje 02.

**Figura 42**

*Junta sísmica*



*Nota:* Junta sísmica de 3.5 centímetros.

**Figura 43**

*Verificación de geometría de unidad de albañilería.*



*Nota: Ladrillo King Kong de 18 huecos de 24 centímetros de largo.*

**Figura 44**

*Verificación de geometría de unidad de albañilería*



*Nota:* Ladrillo King Kong de 18 huecos de 13 centímetros de ancho.

### Figura 45

*Verificación de geometría de columna de 58x33.*



*Nota:* Se descontó 1.5 centímetros por cada cara, quedando una sección neta de 55x30 cm.

**Figura 46**

*Verificación de geometría de columna de 33x28*



*Nota:* Se descontó 1.5 centímetros por cada cara, quedando una sección neta de 30x25 cm



## Figura 47

### Azotea



*Nota:* Se evidencia confinamiento en todo el perímetro.