



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

TESIS

**“VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES
ESENCIALES EN LA LOCALIDAD DE CHONGOYAPE
USANDO EL MÉTODO DE ÍNDICES DE
VULNERABILIDAD”**

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

Autores:

**Bach. Dávila Miranda Eder Jesús
<https://orcid.org/0000-0002-6721-6493>**

**Bach. Urteaga Stucchi Geovana Laleshka
<https://orcid.org/0000-0002-6302-0514>**

Asesor:

**Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>**

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2018

TÍTULO:

**“VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES ESENCIALES
EN LA LOCALIDAD DE CHONGOYAPE UTILIZANDO EL MÉTODO DE
ÍNDICES DE VULNERABILIDAD”**

Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

Asesor

Mg. Salinas Vásquez Néstor Raúl.

Presidente

Mg. Marín Bardales Noé Humberto

Secretario

Mg. Villegas Granados Luis Mariano

Vocal

DEDICATORIA

A Dios por brindarnos salud y guía en toda nuestra vida.

A nuestras familias por apoyarnos y cuidarnos cuando más los necesitábamos y por la motivación para seguir adelante.

Dávila Mirando Eder Jesús;
Urteaga Stucchi Geovana Laleshka

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes que nos compartieron sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

A la casa de estudios “Universidad Señor de Sipán”, por el apoyo brindado para lograr realizar y finalizar esta investigación.

A las instituciones en las que hemos realizado nuestra investigación: Municipalidad Distrital, la I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco” y la I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”, por brindarnos los documentos necesarios y todas las facilidades para seguir con la investigación.

Dávila Mirando Eder Jesús;

Urteaga Stucchi Geovana Laleshka

RESUMEN

En la localidad de Chongoyape, las principales edificaciones esenciales han sido construidas entre los años 1960 al 2000. Siendo la **Municipalidad Distrital**, la **I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”** y la **I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”** las de mayor afluencia dentro de la localidad y antiguas, las cuales presentan indicios de ser vulnerables estructuralmente, es por esto que esta investigación tuvo como objetivo demostrar la vulnerabilidad de las estructuras de dichas edificaciones ante un evento sísmico.

Se realizó una evaluación preliminar por el método de índices de vulnerabilidad mediante el método **Rapid Visual Screening (FEMA 154)** y un **Análisis Dinámico Modal Espectral** según la **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**, estas evaluaciones se complementaron con los estudios de mecánica de suelos y ensayos de corazones diamantinos, logrando determinar que, según el método FEMA 154, las tres estructuras evaluadas son **vulnerables** y que se requería de un análisis detallado. De este **análisis dinámico modal espectral** se obtuvieron los siguientes resultados: la Municipalidad Distrital es **vulnerable** por sus irregularidades en la estructura y por el suelo en el que está cimentado; en el caso de la I.E. N°10006, el resultado fue al contrario la estructura **no es vulnerable** para el uso de aulas; y en la I.E. N°10007 se obtuvo que el módulo de aulas **no es vulnerable** pero que debe cambiar su uso por las irregularidades presentes en la estructura, mientras que el módulo de oficinas no cumple con las derivas permitidas y no puede mantener su uso.

Palabras clave: Índice de vulnerabilidad, Resistencia sísmica, Vulnerabilidad sísmica.

ABSTRACT

In the town of Chongoyape, the main essential buildings have been built between 1960 and 2000. Being the **District Municipality**, the **I.E. N°10006 "Arturo Schutt y Sacco"** and the **I.E. N°10007 "Sagrado Corazón de María"** the ones with more affluence inside the locality and old, which present signs of being structurally vulnerable, that's why this investigation had as objective to demonstrate the vulnerability of the structures of these buildings before a seismic event.

A preliminary evaluation was carried out using the vulnerability index method by means of **Rapid Visual Screening (FEMA 154)** and a **Dynamic Modal Spectral Analysis** according to **RNE E.030 "Seismic Resistant Design"**. These evaluations were complemented with soil mechanics studies and diamond core tests, and it was determined that, according to FEMA 154, the three structures evaluated are vulnerable and that a detailed analysis was required. The following results were obtained from this dynamic spectral analysis: the District Municipality is **vulnerable** due to irregularities in the structure and the ground on which it is built; in the case of E.I. N°10006, the result was the opposite, the structure is **not vulnerable** for the use of classrooms; and in E.I. N°10007 it was obtained that the classroom module is **not vulnerable** but that it must change its use due to the irregularities present in the structure, while the office module does not comply with the permitted drifts and cannot maintain its use.

Key words: Vulnerability index, Seismic resistance, Seismic vulnerability

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	11
1.1.	Realidad problemática	11
1.2.	Antecedentes del estudio	12
1.2.1.	En el ámbito internacional	12
1.2.2.	En el ámbito nacional	13
1.2.3.	En el ámbito local	14
1.3.	Teorías relacionadas al tema	15
1.3.1.	Definición de términos básicos.....	15
1.3.2.	Teoría de la deriva de los continentes	16
1.3.3.	Teoría del rebote elástico.....	16
1.3.4.	Vulnerabilidad estructural	17
1.3.5.	Análisis dinámico modal espectral (RNE E.030).....	22
1.4.	Formulación del problema	25
1.5.	Justificación e importancia del estudio	26
1.6.	Hipótesis	26
1.7.	Objetivos	26
1.8.	Limitaciones de la investigación.....	27
II.	Material y método.....	28
2.1.	Tipo y diseño de investigación	28
2.2.	Población y muestra.....	28
2.3.	Variables, operacionalización	28
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	30
2.5.	Aspectos éticos	31
III.	Análisis e interpretación de los resultados	32
IV.	Discusión de resultados	50
V.	Aporte práctico de la investigación	53

VI. Conclusiones y recomendaciones	57
6.1. Conclusiones	57
6.2. Recomendaciones	58
Referencias	59
Anexos	63

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Factores “Z” para la zonificación territorial</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2: Factor básico de reducción</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3: Clasificación de los perfiles de suelo.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4: Operacionalización de variable única.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 5: Resultados de las pruebas de laboratorio, I.E. N°10006</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 6: Resultados de las pruebas de laboratorio, I.E. N°10007</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 7: Puntuación S, obtenida del método RVS (FEMA 154); I.E. N°10006.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8: Puntuación S, obtenida del método RVS (FEMA 154); I.E. N°10007.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 9: Puntuación S, obtenida del método RVS (FEMA 154); Municipalidad Distrital.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10: Resultados de los corazones diamantinos, I.E. N°10006</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 11: Resultados de los corazones diamantinos, I.E. N°10007</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 12: Resultados del análisis estático según RNE E.030, I.E. N°10006.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 13: Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral, I.E. N°10006</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 14: Resultados del análisis estático según RNE E.030, I.E. N°10007 – M. aulas....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 15: Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral, I.E. N°10007 – M. aulas</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 16: Resultados del análisis estático según RNE E.030, I.E. N°10007 – M. oficinas</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 17: Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral, I.E. N°10007 – M. oficinas.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 18: Resultados comparativos del método FEMA 154 y el RNE, I.E. N°10006.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 19: Resultados comparativos del método FEMA 154 y el RNE, I.E. N°10007.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 20: Presupuesto de reforzamiento estructural.....</i>	<i>56</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1: Resistencia a la compresión de los corazones diamantinos, I.E. N°10006..</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 2: Resistencia a la compresión de los corazones diamantinos, I.E. N°10007..</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 3: Espectro de pseudo-aceleraciones X-X, I.E. N°10006 – M. aulas.</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 4: Espectro de pseudo-aceleraciones Y-Y, I.E. N°10006 – M. aulas.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 5: Modelo del módulo de aulas I.E. N°10006 en el software ETABS.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 6: Espectro de pseudo-aceleraciones X-X, I.E. N°10007 – M. aulas.</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 7: Espectro de pseudo-aceleraciones Y-Y, I.E. N°10007 – M. aulas.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 8: Modelo del módulo de aulas I.E. N°10007 en el software ETABS.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 9: Modelo del módulo de oficinas I.E. N°10007 en el software ETABS.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 10: Ubicación de columnas de refuerzo en el módulo de oficinas, I.E. N° 10007</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 11: Detalle típico de la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 12: Unión típica de viga y columna.</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 13: Detalle de demolición de tabiques.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 14: Esquema del proceso del rebote elástico.</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 15: Corte de la tierra ilustrando el proceso de un sismo</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 16: Zonificación del territorio nacional del Perú.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 17: I.E. N° 10007 “Sagrado Corazón de María”</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 18: Ambiente para los alumnos de inicial de la IE. N° 10007</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 19: Módulo de aulas de la IE. N° 10007</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 20: Interior de las aulas en módulo hexagonal de la IE. N° 10007</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 21: I.E. N° 10006 “Arturo Schutt y Saco”</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 22: Módulo de aulas de concreto armado de la IE. N° 10006</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 23: Primer pabellón de la I.E.N°10006</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 24: Exterior posterior del módulo de aulas de la IE. N°10006.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 25: Municipalidad Distrital de Chongoyape</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 26: Levantamiento topográfico de los módulos de la IE. N° 10007.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 27: Levantamiento topográfico de los módulos de la IE. N° 10006.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 28: Calicata N° 1 de la Municipalidad Distrital de Chongoyape</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 29: Vista de calicata N°1, relleno no seleccionado.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 30: Material extraído calicata N°1, relleno no seleccionado.....</i>	<i>71</i>

<i>Ilustración 31: Material extraído calicata N°1, relleno no seleccionado.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 32: Calicata N°1 de la IE. N° 10006</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 33: Calicata N°2 de la IE. N° 10006</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 34: Calicata N°3 de la IE. N° 10006</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 35: Calicata N°1 de la I.E. N° 10007</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 36: Calicata N°2 de la I.E. N° 10007</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 37: Calicata N°3 de la I.E. N° 10007</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 38: Pesado de las muestras del Ensayo de contenido humedad.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 39: Muestras secas en el horno, para el Ensayo de contenido de humedad y el Ensayo de Límite de Atterberg</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 40: Ensayo de granulometría de las muestras.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 41: Ensayo de Límite plástico de las muestras</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 42: Ensayo de Límite líquido de la muestra</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 43: Muestras secas y pesadas luego de los Ensayos de Límite de Atterberg ...</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 44: Ensayo de Granulometría por Sedimentación de las muestras.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 45: Batido de las muestras para el Ensayo granulométrico por sedimentación</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 46: Medición con el hidrómetro de la sedimentación en las muestras.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 47: Extracción de corazones diamantinos en el módulo de aulas en la IE. N° 10007</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 48: Extracción de corazones diamantinos en el módulo de oficinas en la IE. N° 10007</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 49: Reparación de daños por la extracción de corazones diamantinos.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 50: Total de corazones diamantinos extraídos en el IE. N° 10007</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 51: Toma de medidas de los corazones diamantinos extraídos.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 52: Prueba de resistencia a la compresión de los corazones diamantinos</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 53: Muestra fracturada luego del ensayo</i>	<i>82</i>

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las placas tectónicas en movimiento son una gran amenaza para los núcleos de población, es por eso, que América latina es una de las principales zonas expuesta a una gran cantidad de sismos y terremotos. Pero los principales causantes de las destrucciones ocurridas por los sismos son: la cercanía del epicentro a las metrópolis, la densidad de habitantes en éstas, los protocolos de emergencia existentes y la preparación de las infraestructuras (BBC Mundo, 2016).

El 16 de enero de 1995, uno de los eventos más horribles y desastrosos que afectan a las ciudades modernas ocurrió en Kobe, Japón. Un terremoto de magnitud 7.2 en la escala de Richter causado por la ruptura accidental de la Falla Geológica de Nojima. De esta manera, se destruyeron vías férreas, puentes, varios edificios y tuberías de agua y gas, lo que dificultó la extinción del fuego. El desastre también provocó muchos impactos y muertes en la ciudad. Un total de 5.100 personas murieron, más de 30.000 resultaron heridas y casi 300.000 personas sin hogar (Alonso G, 2014).

En 1994, en Bolivia, ocurrió uno de los terremotos de mayor magnitud registrado instrumentalmente en el último medio siglo. No se registraron daños superficiales ya que el hipocentro fue a 641 km de profundidad; pero se pudo percibir en la mayoría del hemisferio sur (Jimenez, Tavera, Saavedra, & M.Calvo, 2014).

En el Perú, a lo largo de su historia, han existido varios terremotos importantes y de gran escala. El más destacado es el terremoto de la provincia de Lima en 1746, que dejó el punto de referencia inicial y la gravedad de las consecuencias del movimiento telúrico. Un terremoto de magnitud 7.8 ocurrió en Anchas en 1970, uno de los terremotos más devastadores en la historia del país; mató a 67,000 personas en Huaraz y destruyó más de la mitad de las casas y casas Mucho Yungay (Sanz Bisbal, 2015).

El Perú se encuentra en una zona de alto riesgo de actividad sísmica, por lo que se han producido varios terremotos en el último siglo, algunos terremotos no tienen un impacto significativo, mientras que otros tienen un impacto enorme en la población. En 2001, se registró un terremoto de magnitud 8,4 en la escala de Richter en la provincia de Arequipa,

que provocó heridas mortales y mató a aproximadamente 138 personas. En la ciudad de Pisco en 2007, el último terremoto en el país hasta el momento registró una magnitud de 7,9, que fue detectable en toda la frontera peruana y destruyó casi por completo el epicentro. (Revista Cocktail, 2017).

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el año 2016 fue uno de los años con mayor registro de movimientos telúricos en el país, con un total de 396 sismos a lo largo del año. Los meses con mayor registro de temblores fueron los meses de agosto, marzo y junio. De estos sismos registrados fueron los del 14 de agosto en Arequipa; y el de 1 de diciembre del 2016, los que causaron daños significativos en las ciudades; cabe resaltar que muchos de los daños ocurridos fueron causados por las réplicas y no por el sismo en sí (Instituto Nacional de Prevención Sísmica).

En entrevista, el Dr. Juan Carlos Villegas, investigador de la División de Geociencias del Instituto Peruano de Geofísica (IGP), dijo que la probabilidad de un terremoto en la parte norte del país es muy pequeña, pero es posible que un terremoto leve o moderado provoque un tsunami local. Al igual que sucedió en Piura en 1960, la magnitud fue de 7,6; en 1996 alcanzó la magnitud de 7,5 en Chimbote. Esto requiere que estemos atentos y preparados para cualquier posible situación. (Redacción RRP, 2015).

En el norte del país, al oeste de Olmos, se registró un terremoto de 6.2 en la escala de Richter con una profundidad de 25 kilómetros, sacudiendo las provincias de Lambayeque, Piura, Catacaos, Talara y Tumbes (Redacción El Comercio, 2014).

1.2. Antecedentes del estudio

1.2.1. En el ámbito internacional

Quiroga Medina (2012) en la tesis, con el fin de obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad de Pontificia, Javeriana, "**Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios del centro de Bogotá utilizando el método del índice de vulnerabilidad**", propuso temas que deben estudiarse. El comportamiento de la estructura antes del terremoto para reducir su vulnerabilidad. Se estableció la **meta** de evaluar 8 edificios en el centro de Bogotá, cuyas características aumentan su vulnerabilidad y comportamiento inadecuado ante un terremoto. Como **resultado**, aunque estos edificios tienen irregularidades estructurales peligrosas, la mayoría de ellos

no son estructuras frágiles y seguras. Se **concluye** que el método del índice de vulnerabilidad es práctico para estudiar y evaluar los factores que determinan el comportamiento estructural durante los terremotos. El papel de esta investigación es descubrir y enfatizar el bajo peso de los parámetros que evalúan las irregularidades en el plano y la elevación para determinar su impacto en la vulnerabilidad.

Moreta Viscarra (2015) en la tesis, con el fin de obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Central del Ecuador, “**Evaluación estructural mediante FEMA 154 del NEC, y propuesta de reforzamiento del centro educativo Juan Pablo I del Distrito Metropolitano de Quito**”, se **planteó** estudiar el comportamiento estructural ante un terremoto, cuyo **objetivo** principal es evaluar la estructura del Centro Educativo Juan Pablo I con el formato FEMA 154 y los parámetros de los estándares de edificación ecuatorianos. Después de recopilar toda la información posible sobre la estructura utilizando el formato Fema 154 y el software ETABS V9.7.4, el **resultado** es que la estructura tiene defectos estructurales, lo que representa un riesgo para los estudiantes y empleados de la institución. De esta forma se **concluye** que se debe realizar un refuerzo estructural. Su **contribución** en esta investigación es proponer dos métodos para fortalecer la estructura, mejorando así en gran medida el rendimiento de la estructura. La más económica es la aplicación de muros enchapados, la regeneración de columnas y la colocación de fibras de vidrio.

1.2.2. En el ámbito nacional

Rétis Jiménez (2015) en la tesis, con el fin de obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Ricardo Palma, “**Determinación de los índices de vulnerabilidad estructural de edificaciones de albañilería confinada empleando el método japonés**”, se **planteó** la duda de que el Perú se ubica en una zona de alta actividad sísmica donde converge la placa de Nazca con la Sudamérica, por lo que su **propósito** es utilizar el método japonés para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de cinco edificaciones. El sistema estructural incluye muros de carga construidos con mampostería confinada, como son la mayoría de edificaciones en Lima. Como **resultado**, las edificaciones son completamente frágiles y se pueden dañar sus sistemas estructurales, pero puede ser reparado. Por lo tanto, se determina si el edificio es susceptible a ciertos eventos sísmicos. En base a la investigación se **propuso** que el

Índice Básico de Demanda Sísmica (*Es*) para edificaciones con el mismo sistema estructural de la investigación sea de 0.86; teniendo en cuenta que cada edificación tiene su propio valor de *Es*.

Castro Ortega (2015) en la tesis, con el fin de obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, “**Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja-Junín**”, se han identificado **objetivos** que ayudarán a reducir la vulnerabilidad de la ciudad de Jauja a los terremotos. De esta forma se **concluye** que el índice de vulnerabilidad es suficiente para evaluar el riesgo sísmico, siendo los parámetros más importantes el tipo y organización del sistema de resistencia, la calidad del sistema de resistencia y los parámetros de resistencia convencional. Habiendo **aportando** de esta manera a la elaboración de la base de datos que analiza el índice de vulnerabilidad de cada edificio en el centro histórico de Jauja, el análisis se basa en el análisis de los 11 parámetros propuestos en el estudio.

1.2.3. En el ámbito local

Núñez Vega y Gástelo Castañeda (2015) en la tesis, con el fin de obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, “**Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (Av. Eufemio Lora y Lora. Av. José Leonardo Ortiz, Prolongación Bolognesi Vía de Evitamiento, Panamericana Norte y Av. Augusto B. Leguía). Aplicando los índices de Benedetti y Petrini**”, dicen que el dinamismo de ciertas regiones del planeta se considera una **problemática** y está representada por el movimiento sísmico de la superficie terrestre. El **objetivo** del estudio es identificar las diferentes áreas de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del lado oeste de Chiclayo. Como **resultado**, más del 16% de las edificaciones tienen alta fragilidad y son de adobe; 55,46%, vulnerabilidad media; 27,59%, baja vulnerabilidad siendo su material base el concreto armado. La **conclusión** es que la metodología utilizada es una de las mejores para la zona, se puede utilizar para descubrir la vulnerabilidad sísmica de la zona y se puede utilizar una base de datos para futuras prevenciones.

Nanfuñay Gastulo y Santisteban Valdera (2015) en la tesis, con el fin de obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, “**Vulnerabilidad Sísmica en el distrito de ciudad Eten aplicando índices de**

vulnerabilidad (Benedetti-Petrini)”, plantean la **cuestión** de la vulnerabilidad sísmica de las casas en ciudad de Eten. El **objetivo** es reconocer las diferentes áreas y medidas de vulnerabilidad para mejorar el desarrollo sostenible de la población. El resultado es que, de las edificaciones evaluadas, el 59,32% de las edificaciones presentaban alta vulnerabilidad, el 25,64%, vulnerabilidades medias y el 15,03% eran de baja vulnerabilidad. Por tanto, se puede **concluir** que la alta vulnerabilidad de las edificaciones en esta zona se debe al tipo de materiales de construcción (adobe), y en gran medida a su longevidad.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Definición de términos básicos

Nanfuñay Gastulo & Santisteban Valdera (2015) en su investigación proponen los siguientes términos y sus definiciones:

- **Deformaciones:** Son el desplazamiento estructural provocado por cualquier carga aplicada. Se determinan mediante análisis estructural.
- **Desplazamientos relativos:** También llamados derivas; es la relación entre la altura del entrepiso y su deformación.
- **Espectro de diseño:** Esta es una curva suave obtenida al normalizar el espectro de respuesta sísmica registrado en un área específica en relación con la aceleración máxima de la plataforma.
- **Espectro de respuesta:** Son los registros de los eventos sísmicos en una determinada zona.
- **Fuerza cortante:** Fuerza interna generada por el elemento en respuesta a una fuerza externa, es tangente a la superficie aplicada. También llamada fuerza cortante, se utiliza para medir la tendencia de dos partes consecutivas a separarse entre sí.
- **Fuerzas internas:** Son las fuerzas dentro del elemento que mantiene unidas las distintas partes del cuerpo y evita que colapse.
- **Sistema estructural:** Grupo de elementos estructurales que pueden ser de cualquier material estructural, y pueden transmitir fuerzas de manera continua y efectiva a la cimentación. Además, debe tener una base que garantiza que la fuerza se transmita correctamente a las capas dentro de la profundidad del pilar.

- **Vulnerabilidad estructural:** Tendencia inherente a sufrir daños en un terremoto y está directamente relacionada con las características físicas y estructurales del diseño del edificio.

1.3.2. Teoría de la deriva de los continentes

Wegener Lothar (1915) en su libro, “El origen de los continentes y océanos”, nos muestra un bosquejo de la litósfera dividida por segmentos de 150 km de espesor, a las cuales llamó placas tectónicas. La litosfera se encuentra en la parte superior de la astenosfera, que es una densa capa de magma que permite el movimiento de placas tectónicas. Estos desplazamientos son la causa de terremotos y actividad volcánica, por lo que también pueden formar varios paisajes en la corteza.

Wegener Lothar (2009) en su teoría de la deriva continental, presentó la idea de la fragmentación y separación de continentes dando el despliegue a la técnica geofísica paleomagnetismo, la cual permite determinar la posición aproximada de los polos a través del tiempo, demostrando y comprobando por primera vez la existencia de la Pangea en Paleozoico; descomponiéndose a finales del Triásico dando paso a la fase de esparcimiento de los continentes.

1.3.3. Teoría del rebote elástico

Fielding Reid (1911) presentó su teoría del “rebote elástico”, como explicación a la liberación de energía durante los terremotos. El mecanismo de Reid se puede explicar con un ejemplo de un bloque de roca en reposo absoluto empezando a deformarse por la aplicación de fuerzas tectónicas, hasta el punto de sufrir una fractura y liberar bruscamente la energía acumulada. Los terremotos son las vibraciones producidas por el regreso a su forma original de las rocas deformadas, sin fracturarse; este fenómeno es al que se le llama “rebote elástico”. Los planos de falla son la ruptura inicial de un punto específico hasta la propagación a puntos cercanos; esta propagación puede durar segundos o incluso hasta minutos. En caso de que sea un terremoto, la propagación de la liberación de energía se da en forma de ondas sísmicas mayores hasta retornar al estado de estabilidad en el epicentro, dando origen a una falla geológica (ver referencias gráficas Ilustración I e Ilustración II, Anexos).

1.3.4. Vulnerabilidad estructural

Arrieta Freyre (2014) la vulnerabilidad estructural la define como la falta o baja resistencia de los elementos estructurales por lo que se puede ocasionar daños.

La Organización Panamericana de la Salud (2000) la define como la susceptibilidad en los elementos estructurales al daño frente a un sismo severo. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y pisos, y todo lo que constituye el sistema estructural del edificio.

1.3.4.1. Factores de la vulnerabilidad estructural

Alonso G. (2014) nos detalle una lista de factores por los que se pueden originar o percibir vulnerabilidad estructural:

- a) **Factores Geológicos:** La actividad sísmica del área, la distancia desde la fuente del terremoto, el mecanismo de daño, la intensidad sísmica, las características geotécnicas locales, la interacción del suelo y la estructura, la amplitud y duración de la fuerte sacudida del suelo, fallas superficiales, licuefacción del suelo, hundimiento del terreno, avalanchas, pendientes inestables, tsunamis.
- b) **Factores Arquitectónicos:** Estructura geométrica, planos de planta y contornos irregulares de los edificios, normativa, grandes vanos y pocas columnas, uso excesivo de espacios abiertos, asimetría o distribución inadecuada de elementos de fachada, ubicación asimétrica de escaleras y núcleos de ascensores, sistemas de escape deficientes, distribución de tabiquería inestable e inexistente.
- c) **Factores estructurales:** Tipo de estructura, tipo de material, estimación de carga insuficiente, análisis y diseño estructural insuficientes, ductilidad disponible, deformación lateral excesiva entre niveles sucesivos, problemas de torsión, cambios bruscos de rigidez, distribución asimétrica de rigidez y masa, golpes o adyacentes con el edificio continuo, la vida útil del edificio, el soporte de la viga o tramo del puente demasiado pequeño, la conexión estructural y los detalles de refuerzo estructural de la estructura.
- d) **Factores Socio-Económicos:** Educación de la población, cambios en el uso previsto de los edificios originales, falta de información y sistemas de alerta rápida, uso de materiales no aptos para terremotos, casas de bajos recursos, recursos económicos

insuficientes, poca comunicación entre ingenieros y arquitectos, falta de planes respuesta de emergencia durante desastres.

- e) **Factores constructivos:** Mala calidad del encofrado, mala calidad de los materiales de construcción, comportamiento pobre frente al fuego, falta de inspección efectiva, incompatibilidad de materiales, errores de proceso, errores de soldadura, mala conexión de piezas prefabricadas, vaciado y curado defectuosos del concreto, refuerzo insuficiente en juntas de los elementos de concreto armado, falla de recubrimientos corroídos, conexiones metálicas deficientes, modificación y/o eliminación parcial de paredes internas.

1.3.4.2. Análisis de la vulnerabilidad estructural

La Organización Panamericana de la Salud (2000) nos dice que el propósito del estudio de vulnerabilidad es determinar la escala del daño cuando las funciones y el equipo de la infraestructura se encuentran con un desastre específico. Un estudio de vulnerabilidad tiene como objetivo determinar el grado de daño en la infraestructura, el equipo y las funciones ante un desastre dado. Vale la pena seleccionar y determinar aquellos eventos que puedan ocurrir en la vida del hospital, ya que algunos sismos frecuentes de baja magnitud afectarán elementos estructurales y no estructurales. Para analizar y estudiar la vulnerabilidad sísmica de edificios, se han propuesto varios métodos en la literatura internacional. Estos métodos se pueden dividir en las siguientes categorías:

Métodos cualitativos

Según la Organización Panamericana de la Salud (2000) para evaluar de manera simple y eficaz un grupo de diversas edificaciones es por el método cualitativo. Estos métodos se emplean con el fin de cuantificar la vulnerabilidad estructural de las diversas edificaciones en una región amplia; los resultados no totalmente decisivos, ya que se tiene que ratificar la seguridad de la edificación.

Según Gruppo Nazionale per la difesa dai terremoti (1993) existen 3 tipos de metodología de evaluación:

- a) **Directa:** es cuando existe un elemento aislado con la tendencia al colapso.

- b) **Inducida:** es cuando la organización de un territorio se ve afectados por uno de sus elementos físicos.
- c) **Diferida:** se da cuando se evalúan los efectos en el comportamiento de la población durante una emergencia.

Métodos cuantitativos

El propósito de los métodos cuantitativos es verificar los resultados de los métodos cualitativos. Para analizar por estos métodos, se requiere cierta información sobre la estructura, como: el tipo de material utilizado, el tipo de suelo utilizado para construir la estructura y los detalles estructurales de sus elementos. (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

Para Gruppo Nazionale per la difesa dai terremoti (1993), los métodos cuantitativos se pueden dividir en tres grandes grupos tales como:

- 1) **Mecánicos:** las proyecciones de los daños en las estructuras se calculan en base a la respuesta sísmica y a su estado deformado y tensionado; es decir, la acción sísmica es la aceleración máxima del suelo, mientras que la proyección de los daños son variables mecánicas cuantificadas. Este tipo de método solo es aplicable en estructuras existentes y de las cuales se cuenta con toda la información necesaria y detallada.
- 2) **Tipológicos:** este tipo de métodos están basados en la clase y clasificación de los edificios según su funcionalidad y sus materiales empleados en la construcción. A cada clase se le afilia una matriz de probabilidad de daño o una curva de vulnerabilidad.
- 3) **Semióticos:** estos métodos se basan en la atribución de índices de vulnerabilidad a las edificaciones; es decir, un valor “X” atribuido a cada parámetro vulnerable que se pueda evaluar en una estructura. A cada índice se le vincula una matriz de probabilidad de daño o una curva de vulnerabilidad.

1.3.4.3. Rapid Visual Screening (FEMA 154)

Applied Technology Council (2015) en el “Manual de Detección Visual Rápida”, ha formulado el procedimiento para identificar los edificios con peligro potencial ante un

sismo, siendo éste el FEMA 154. Es un método cualitativo de evaluación estructural, que, según el puntaje obtenido, siendo mayor o menor al puntaje base, se debe corroborar la vulnerabilidad con un análisis más detallado. Para que este método sea efectivo, es necesario seguir los procedimientos descritos tanto como sea posible del presupuesto estimado de acuerdo con la escala del proyecto; seleccionar el departamento y determinar el tipo de edificio a evaluar; seleccionar el método de recolección de datos con el inspector; revisar los datos del edificio Incluyendo documentos y planos existentes e información sobre el proceso de construcción; finalmente, una evaluación in situ del edificio.

Identificación del tipo de suelo

El tipo de suelo tiene una gran influencia en la magnitud y duración del movimiento del terremoto. Según Applied Technology Council (2015), para la evaluación del FEMA 154 el suelo se clasifica en 6 tipos de perfil: **Tipo A**, siendo roca dura delimitado por el valor de $V_s > 5000 \text{ ft/s}$; **Tipo B**, roca media delimitado por el valor del $2500 < V_s \leq 5000 \text{ ft/s}$; **Tipo C**, suelo muy denso, delimitado por los valores de $1200 < V_s \leq 2500 \text{ ft/s}$, $N > 50$ o $S_u > 2000 \text{ psf}$; **Tipo D**, suelo rígido delimitado por los valores de $600 < V_s \leq 1200 \text{ ft/s}$, $15 < N \leq 50$, o $1000 < S_u \leq 2000 \text{ psf}$; **Tipo E**, suelo blando delimitado por los valores de $IP > 20$, $W > 40\%$, $S_u < 500 \text{ psf}$; o $V_s \leq 600 \text{ ft/s}$; y **Tipo F**, tierra pobre. Los parámetros IP , W , V_s , N y S_u son, los valores del índice de plasticidad; el contenido de humedad; la velocidad media de corte de onda; el resultado de la prueba de penetración estándar (SPT); y valor de la resistencia al corte no drenado de los suelos.

Identificación del sistema estructural

Applied Technology Council (2015) reconoce como sistemas estructurales resistentes, para la evaluación FEMA 154, a los siguientes: pórticos de madera (W1 y W2); pórticos de acero (S1 y S2); estructura de metal ligero (S3); pórticos de acero con muros de corte de concreto (S4); estructuras de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada (S5); pórticos de concreto resistente a momento (C1); pórticos con muros de corte de concreto (C2); estructura de concreto con muros de albañilería de relleno no reforzada (C3); estructuras inclinadas prefabricadas (PC1); pórticos de concreto prefabricado (PC2); albañilería reforzada (RM1 y RM2) y albañilería no reforzada (UMR).

Modificadores

Applied Technology Council (2015) define a los factores de vulnerabilidad importantes para la evaluación FEMA 154, siendo denominados modificadores, son los siguientes: altura del edificio, desnivel vertical, desnivel plano, pre codificación, post-benchmark y tipo de perfil de suelo: C, D o E.

Criterios de calificación

Las edificaciones evaluadas se pueden catalogar en aquellas que presentan un aceptable rendimiento sísmico y las que son propensas a dicho peligro estas requieren un análisis más detallado; esta catalogación depende de la puntuación “S” obtenida en la evaluación, siendo aceptable si es mayor al punto base; o riesgoso si es menor. La puntuación base, según los criterios de diseño sísmico actuales, es de $S = 2$. El índice “S” es la probabilidad estimada al colapso de la edificación ante un sismo; es decir, que la probabilidad de colapso está dado por la ecuación $\% = 1/10^S$. En caso que se obtenga un puntaje negativo para “S”, se obviarán modificadores buscando obtener el menor puntaje posible. (Applied Technology Council, 2015)

1.3.5. Análisis dinámico modal espectral (RNE E.030)

Zonificación

De acuerdo con la distribución espacial de la actividad sísmica en el tiempo, las características del movimiento sísmico y la atenuación de la distancia del epicentro; el territorio nacional se divide en cuatro regiones y se asigna un factor de acuerdo con la máxima aceleración horizontal sobre el terreno rígido. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016)

Tabla 1: Factores “Z” para la zonificación territorial

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente.

Sistemas estructurales

A. Estructuras de concreto armado

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016) reconocer como sistema estructural resistente de concreto armado: **pórtico**, el 80% de la fuerza cortante básica debe actuar sobre la columna; **muros estructurales**, se debe tener en cuenta que el 80% de la fuerza cortante básica debe actuar sobre el muro estructural, **dual**, es un sistema que combina el papel de pórtico con un muro estructural; finalmente, un **edificio con muro de ductilidad limitada**, en cuyo caso la resistencia total de la estructura la proporciona un muro de concreto armado de espesor reducido.

B. Estructuras de acero

Para el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016) los sistemas estructurales resistentes de acero son los siguientes: pórticos especiales resistentes a momentos, pórticos intermedios resistentes a momentos, pórticos ordinarios resistentes a momentos, pórticos especiales concéntricamente

arriostrados, pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados y pórticos excéntricamente arriostrados.

C. Estructuras de otros materiales

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016) menciona que los sistemas estructurales resistentes de otros materiales a los siguientes: **estructura de mampostería**, es decir, un edificio sismorresistente con paredes estructurales de arcilla o concreto; **estructura de madera** se refiere a un edificio cuyos principales elementos estructurales son todos a base de madera; **estructura de tierra**, es decir, edificios resistentes a terremotos con paredes estructurales de piedra o tierra apisonada.

Tabla 2: Factor básico de reducción

Sistema estructural	Coeficiente Básico de Reducción (R_0)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos	6
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados	8
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o confinada	
Madera	

Fuente: Norma Técnica E.060 “Diseño Sismorresistente”.

Perfiles de suelo

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016), el suelo se clasifica en 5 tipos de perfil, teniendo en cuenta los parámetros V_s , N y S_u ; siendo estos: **Tipo S0**, de roca dura con $V_s > 1500 \text{ m/s}$ siendo el estrato constante hasta una profundidad de 30 m; **Tipo S1**, suelos muy rígidos con $500 \text{ m/s} \leq V_s < 1500 \text{ m/s}$, incluyendo los suelos que cumplan con un $N > 50$ y $S_u > 100 \text{ kPa}$; **Tipo S2**, de suelos intermedios con $180 \text{ m/s} < V_s \leq 500 \text{ m/s}$, incluyendo los suelos que cumplan con un $15 < N \leq 50$ y $50 < S_u \leq 100 \text{ kPa}$; **Tipo S3**, de suelos blandos con $V_s \leq$

180 m/s, incluyendo los suelos que cumplan con un $N < 15$ y $25 < S_u \leq 52$ kPa; por último **Tipo S4**, que son aquellos de condiciones excepcionales de flexibilidad y con condiciones geológicas desfavorables.

Tabla 3: Clasificación de los perfiles de suelo

Perfil	V_s	N₆₀	S_u
S₀	> 1500 m/s	-	-
S₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma Técnica E.030 “Diseño sismorresistente”.

Categorías de las edificaciones

Para Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016) las edificaciones se pueden dividir en 4 tipos: **clase A** son los edificios esenciales, de los cuales la subcategoría A.1 se utiliza para edificios en el sector de la salud, de más de 1 nivel (público y privado), y la subcategoría A.2 se utiliza para edificios cuyas funciones no se pueden interrumpir. La **clase B** es un edificio importante donde se agrupa una gran cantidad de personas. La **clase C** son edificios comunes, como casas, hoteles, oficinas e instalaciones industriales, cuya falla no causará otros peligros. La **clase D** son edificios temporales.

Irregularidad estructural

En el RNE E.030 “Diseño Sismorresistente” se describen dos categorías principales de irregularidades estructurales: **altura** y **planta**. Irregularidades en altura: **Rigidez irregular- piso blando**, cuando se analiza un entrepiso su rigidez lateral es menor del 70% del entrepiso inmediato superior; o en comparación con el promedio de tres niveles superiores adyacentes (todas en las mismas condiciones de carga), el valor es inferior al 80%. **Resistencia irregular- piso débil**, al analizar la capa intermedia, la rigidez lateral es menor al 80% de la rigidez lateral de la capa intermedia directamente superior. **Irregularidad extrema de rigidez**, al analizar la capa intermedia, la rigidez lateral es inferior al 60% de la de la capa intermedia inmediatamente superior. **Irregularidad extrema de resistencia**, al analizar la capa

intermedia, la rigidez lateral es inferior al 65% de la de la capa intermedia inmediatamente superior. **Masa irregular**, cuando el peso del nivel a evaluar es mayor que 150% el peso de un nivel adyacente. **Geometría vertical irregular**, es cuando el área de un nivel de la estructura es mayor que 1.3 veces el área del piso adyacente. **Discontinuidad en el sistema de resistencia**, cuando el elemento estructural soporta un esfuerzo cortante mayor al 10%, su desalineación longitudinal es a su vez mayor al 25% del tamaño del elemento. Cuando el elemento estructural resiste más del 25% de la fuerza cortante, aparecerá una **extrema discontinuidad en el sistema resistivo**, resultando en una secuencia de desalineación vertical mayor al 25% del tamaño del elemento. Las irregularidades en planta son las siguientes: **Torsión irregular**, cuando se realiza el análisis, el desplazamiento relativo máximo (incluida la excentricidad) de un extremo del entrepiso es mayor al 130% del desplazamiento relativo promedio del extremo del mismo. **Irregularidad torsional extrema**, al analizar el desplazamiento relativo máximo (incluida la excentricidad) del extremo del entrepiso es superior al 150% del desplazamiento medio relativo del extremo del mismo. **Esquinas entrantes**, cuando la longitud transversal en cualquier dirección sea superior al 20% de la longitud total del plano. **Discontinuidad del diafragma**, cuando cambia el centro de rigidez entre los distintos diafragmas de la estructura, también se debe considerar que el área del conducto no supera el 50% del área total del diafragma. **Sistema no paralelo**, cuando los elementos estructurales no son paralelos en ninguna dirección de análisis, cuando el esfuerzo cortante de estos elementos es menor al 10%, la irregularidad no se aplica (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

1.4. Formulación del problema

¿Son vulnerables estructuralmente las edificaciones esenciales de la localidad de Chongoyape, ante un sismo severo?

1.5. Justificación e importancia del estudio

En lo técnico, de acuerdo con la norma técnica E: 030, Chongoyape corresponde a la zona 4 con alta actividad sísmica; dado que la subducción de la placa oceánica de Nazca ocurre debajo de la placa continental Sudamericana, provoca acumulación continua y liberación de energía en forma de terremotos. Obligarnos a estudiar la idoneidad y preparación de importantes edificios locales. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

En el ámbito económico, al conocer las deficiencias de las edificaciones ante las acciones sísmicas se pueden plantear una solución de reforzamiento estructural lo que mejoraría el comportamiento y la resistencia ante un sismo severo evitando así futuras pérdidas humanas y materiales reconstruyendo o reparando las edificaciones.

En lo social, estas edificaciones son esenciales para la localidad ya que la mayoría de la población estudiantil primaria transitan por las instituciones: I.E.P “Sagrado Corazón de María N°10007”, I.E.P “Arturo Schutt y Sacco N°10006”; mientras que “Municipalidad Distrital de Chongoyape”, es la principal oficina gubernamental de la zona. Estas tres edificaciones también tienen la función de servir como refugio o centro de acopio ante cualquier fenómeno, lo cual su óptimo comportamiento ante sismos es fundamental.

1.6. Hipótesis

Las estructuras de las edificaciones esenciales, en la localidad de Chongoyape, son vulnerables.

1.7. Objetivos

Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad estructural aplicando el método de índices de vulnerabilidad y el Reglamento Nacional de Edificación, de las edificaciones esencial en la localidad de Chongoyape.

Objetivos específicos

1. Identificar las características físicas y mecánicas del suelo en las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, I.E.P N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, “Municipalidad Distrital de Chongoyape”.
2. Determinar la vulnerabilidad estructural aplicando el método de índice de vulnerabilidad (método FEMA 154) de las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, I.E.P N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, “Municipalidad Distrital de Chongoyape”.
3. Determinar la vulnerabilidad estructural aplicando las consideraciones del Reglamento Nacional de Edificaciones en las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, I.E.P N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, “Municipalidad Distrital de Chongoyape”.
4. Comparar los resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad aplicando el método de índice de vulnerabilidad (método FEMA 154) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE E.030).

1.8. Limitaciones de la investigación

Esta investigación solo se realizó en módulos de dos niveles (módulo de aula y módulo de oficina administrativa) en dos instituciones educativas, debido a que el módulo de un solo nivel no proporcionó una estructura importante para la evaluación. En caso de la Municipalidad Distrital de Chongoyape, se hizo la evaluación de toda la institución en general.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

En este estudio se evaluará la vulnerabilidad estructural probando los elementos que componen la estructura y el suelo en el que se ubica. Por lo cual se dispone a seleccionar el **tipo de investigación** a emplear siendo de **Investigación no aplicada**, con un enfoque **cuantitativo**. (Tam Málaga, Vera, & Oliveros Ramos, 2008)

En el caso de esta investigación nuestro **diseño de investigación** vendría a ser **Descriptiva – propositiva**; ya que se detalla el estado actual de la realidad problemática planteada describiendo y evaluando sus características y propiedades; y luego de hacer la evaluación se realiza una propuesta para superar la problemática y sus deficiencias. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

2.2. Población y muestra

La **población** de investigación programada para realizar este estudio está compuesta por todos los edificios esenciales de la ciudad de Chongoyape.

La **muestra**, son 3 edificaciones esenciales: I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”, “Municipalidad Distrital de Chongoyape”. Los **criterios de inclusión** para la muestra fueron: la afluencia media en las edificaciones, siendo en las instituciones educativas de 600 alumnos en cada una; y en más de 300 personas que acuden diariamente a la Municipalidad Distrital. La altura de las infraestructuras de las edificaciones esenciales, en el caso de la Municipalidad Distrital y la I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco” cuentan con 2 pisos; y la I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María” uno de sus módulos de aulas tiene 3 pisos, el resto cuenta con 2.

2.3. Variables, operacionalización

Variable

“Vulnerabilidad estructural”

Operacionalización

Tabla 4: Operacionalización de variable única

VARIABLES INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Vulnerabilidad estructural	Método de RAPID VISUAL SCREENING	Índice de la región sísmica	Adimensional	Fema 154(ATC-21)
		Índice del sistema estructural	Adimensional	
		Índice del tipo de suelo	Adimensional	
		Índice de irregularidad en planta	Adimensional	
		Índice de irregularidad en altura	Adimensional	
		Índice de la altura de la edificación	Adimensional	
		Zona sísmica	Adimensional	
		Uso de la edificación	Adimensional	
		Coeficiente de amplificación	Adimensional	
		Análisis dinámico modal espectral	Perfil de suelo	Adimensional
		Sistema estructural	Adimensional	
		Irregularidades	Adimensional	
		Derivas	Adimensional	

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

El **método investigativo** utilizado es un **método híbrido** de análisis sugerente, deducción y síntesis, porque será práctico y sencillo obtener las características y propiedades del suelo y la estructura, para que podamos hacer una evaluación. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Se utilizarán técnicas de observación y análisis de documentos, como **técnicas de recolección** donde los datos obtenidos en las pruebas serán reflejados en el formato estándar del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad del Señor de Sipán, y se considerarán las restricciones e instrucciones de las Normas Técnicas del Perú, o se considerarán las Normas Internacionales ASTM en su caso.

La **herramienta** utilizada será la **guía de observación**, que es el formato de laboratorio para la recolección de datos para cada prueba; y la **guía documental**, guía y proceso que se debe utilizar de acuerdo con las instrucciones de las NTP y el manual de RVS.

El levantamiento topográfico por **método de radiación** es empleado para superficies de mediana o gran extensión, basado en hacer un poligonal para posterior hacer las radiaciones de la ubicación de los puntos de relleno y de detalle. Los equipos empleados son el teodolito y mira vertical o estación total y prisma. (Casanova Matera, 2002)

Para el **análisis granulométrico por tamizado (NTP 339.128)**, de los agregados y de la cal empleada, el procedimiento para realizar este ensayo empieza seleccionando el tamaño de los tamices por los que se va a realizar el paso de los agregados, previamente secados al horno. Los tamices deben ser puestos en orden descendente al tamaño de sus aberturas, haciéndolas encajar de tal manera que, al agitarlos manualmente o mecánicamente, no se pierda material. Luego que el tamizado acabe se calcula los porcentajes: de la masa retenida en el tamiz, la masa que pasa por el tamiz o los porcentajes en cada tamiz acumulado. (INDECOPI, 2014)

En el ensayo de corazones diamantinos se emplea para determinar la calidad y la resistencia del concreto en estructuras antiguas. Los factores que pueden afectar la resistencia de los corazones diamantinos son: su ubicación, su orientación de colocación, entre otros. Se asume que aproximadamente la resistencia del corazón diamantino es un

85% de la resistencia de una probeta cilíndrica, más no existe una normalización universal de esta relación. (INDECOPI, 2018)

En cuanto para la **validez de la investigación** se harán ensayos con control de calidad, asimismo, la correcta toma y análisis de resultados nos proporciona fiabilidad; con se verificará si el diseño de mezcla cumple con los requisitos del concreto. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Mediante la medición precisa y correcta de los resultados de las pruebas en poblaciones reales, se puede comprobar la **fiabilidad** de esta investigación (Tam Málaga, Vera, & Oliveros Ramos, 2008)

2.5. Aspectos éticos

Seguir la **ética de recolección de datos** y no falsificar los resultados y/o datos de las pruebas a realizarse. Por tal motivo, se utilizará el formato correspondiente de cada prueba de acuerdo con las instrucciones de las NTP; porque se espera dejar la verdad y los datos referenciales para futuros trabajos relacionados. (Tam Málaga, Vera, & Oliveros Ramos, 2008)

Por la **ética de las publicaciones**, se realiza la investigación para aportar nuevos conocimientos para que puedan ser utilizados como referencia para temas relacionados en el futuro, reconociendo al autor consultado a través de citas bibliográficas, con el fin de luchar contra la apropiación del derecho de autor (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Para la **ética de la aplicación**, los beneficios futuros que se obtengan a través de esta investigación deben ajustarse a la ética profesional, en este caso el código que se utilizará como referencia será "**Código Ético del Ingeniero Civil**" por el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), que establece todas las sanciones aplicables en caso de incumplimiento (Departamento de Salud, Educación y Bienestar de los Estados Unidos, 1979)

III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

1. Para el **objetivo N°1**, sobre la identificación de las características físicas y mecánicas del terreno de las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, I.E.P N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, “Municipalidad Distrital de Chongoyape”; tenemos:

Tabla 5: Resultados de las pruebas de laboratorio, I.E. N°10006

Descripción	Unidad	Punto de invest. C-1		Punto de invest. C-2		Punto de invest. C-3
		E-1	E-2	E-1	E-2	E-1
Contenido de humedad (W)	%	17.19	15.46	12.99	8.64	20.40
Límite líquido (LL)	%	38.37	27.71	37.28	21.13	31.21
Límite plástico (LP)	%	22.69	19.61	22.79	19.00	20.40
Índice de plasticidad (IP)	%	15.68	8.10	14.50	2.13	10.81
Clasificación (SUCS)	---	CL	CL	CL	ML	CL
Clasificación (AASHTO)	---	A-6 (11)	A-4 (9)	A-6 (10)	A-4 (8)	A-6 (9)
Peso específico relativo de los sólidos (GS)	gr/cm ³	2.54	2.71	2.68	2.84	2.50
Ángulo de fricción (Ø')	Grados	14.34		-		15.33
Capacidad portante	Kg/cm ²	0.72		-		0.70
Capacidad portante promedio	Kg/cm ²			0.71		

Fuente: Elaboración propia.

Para la primera estructura evaluada, la I.E.P N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, se determinó que la estratigrafía era la misma en cada punto evaluado; según la clasificación **SUCS** (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) la institución educativa está cimentada sobre un suelo de **Arcilla de baja plasticidad con presencia de Arena (CL)**.

Tabla 6: Resultados de las pruebas de laboratorio, I.E. N°10007

Descripción	Unidad	Punto de invest.		Punto de investigación			Punto de invest.	
		C-1		C-2			C-3	
		E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2
Contenido de humedad (W)	%	15.40	16.09	11.52	15.06	11.17	18.31	9.38
Límite líquido (LL)	%	28.33	29.25	25.10	29.62	24.39	24.01	31.54
Límite plástico (LP)	%	21.94	18.80	18.38	22.67	21.20	15.98	20.39
Índice de plasticidad (IP)	%	6.39	10.45	6.72	6.95	3.19	8.03	11.15
Clasificación (SUCS)		ML	CL	CL-ML	ML	ML	CL	CL
Clasificación (AASHTO)		A-4 (9)	A-6 (9)	A-4 (9)	A-4 (9)	A-4 (8)	A-4 (9)	A-6 (9)
Peso específico relativo de los sólidos (GS)	gr/cm ³	2.63	2.54	2.73	2.62	2.68	2.71	2.56
Ángulo de fricción (Ø°)	Grados	25.12			25.00		24.66	
Capacidad portante	Kg/cm ²	1.53			1.47		1.30	
Capacidad portante promedio	Kg/cm ²				1.44			

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que en la I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, se encontro una estatigrafía variada. Para el módulo de aulas, la clasificación **SUCS** indica que está cimentada sobre **Limos de baja plasticidad con presencia de Arena** (ML). Para el módulo de oficinas administrativas y cocina; son **Arcilla de baja plasticidad con presencia de Arena** (CL).

En el caso del tercer edificio a evaluar, la **Municipalidad Distrital de Chongoyape**, al hacerse la excavación a cielo abierto de la calicata, con una profundidad de tres metros, se encontró que los estratos del suelo eran en su totalidad material de **relleno no**

seleccionado, como se puede visualizar en las **Ilustraciones 28, 29, 30 y 31** de Anexos. De acuerdo con lo indicado en el Artículo 21.2 de la **RNE E.050 “Suelos y Cimentaciones”** (2018), sobre este tipo de suelos **no pueden ser construidas las cimentaciones superficiales** y debe ser reemplazado en su totalidad por material seleccionado debidamente compactado. El relleno seleccionado proporciona las mismas condiciones de apoyo que la cimentación poco profunda. Sus métodos de construcción, compactación y control dependen de las propiedades físicas del material a rellenar. El máximo espesor a controlar, en cualquier caso, es de 0.30 m de espesor por capa, Artículo 21.1 de la **RNE E.050 “Suelos y Cimentaciones”**.

2. En el caso del **objetivo N°2**, el análisis de la vulnerabilidad estructural aplicando Rapid Visual Screening (FEMA 154) para su respectiva región de sismicidad:

Tabla 7: Puntuación S, obtenida del método RVS (FEMA 154); I.E. N°10006

Edificio	Puntuación S	
	Región sísmica: MODERADO	
	Dirección X - Dirección Y C3 URM INF	Probabilidad de colapso
Módulo de aulas	1.2	6%

Fuente: Elaboración propia.

OCUPACIÓN					TIPO DE SUELO							PELIGRO DE CAIDA			
Sala pública	Gobierno	Oficina	Numero de personas		A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros			
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos				
S. de Emergencia Industrial	Escuela		101 - 1000	1000+	Dura	Media	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Revestimiento				
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 URM INF	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 URM INF	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
PUNTAJE FINAL, S											1.20				

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de aulas en la I.E. N°10006 se categorizó como una estructura tipo C3 URM INF (estructura de concreto con muros de albañilería de relleno no reforzada), obteniendo una puntuación $S = 1.2$, con una probabilidad de un 6% de colapso de la

estructura. Durante la evaluación se notó riesgo de suceso del efecto de columna corta, por las paredes de mampostería con ventanas.

Tabla 8: Puntuación S, obtenida del método RVS (FEMA 154); I.E. N°10007

Edificio	Puntuación S	
	Región sísmica: MODERADO	
	Dirección X - Dirección Y C3 URM INF	Probabilidad de colapso
Módulo de aulas	0.7	20%
Módulo de oficinas	1.20	6%

Fuente: Elaboración propia.

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO								PELIGRO DE CAIDA			
Sala pública	Gobiernc	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros				
Comercio	Histórico	Residencial	0 - 10 11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industrial	Escuela	101 - 1000 1000+	Dura	Media	Denso	Rígido	Blando	Pobre	Revestimiento					
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (JRM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
PUNTAJE FINAL, S											0.70				

Fuente: Elaboración propia.

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO								PELIGRO DE CAIDA			
Sala pública	Gobiernc	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros				
Comercio	Histórico	Residencial	0 - 10 11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industrial	Escuela	101 - 1000 1000+	Dura	Media	Denso	Rígido	Blando	Pobre	Revestimiento					
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (JRM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
PUNTAJE FINAL, S											1.20				

Fuente: Elaboración propia.

En la I.E. N°10007, los dos módulos se categorizaron como estructuras tipo C3 URM INF (estructura de concreto con muros de albañilería de relleno no reforzada), obteniendo de esta manera: el módulo de aulas una puntuación $S = 0.7$, con una probabilidad de un 20% de colapso de la estructura; y el módulo de oficinas, una puntuación $S = 1.20$, con una probabilidad de un 6% de colapso de la estructura. Al momento de la visita de evaluación se notó la ausencia de una junta entre los tabiques y las columnas, lo cual podría producir el efecto de columna corta en un eventual movimiento sísmico, Además de que la resistencia del concreto es muy pobre y esto conlleva a que el concreto se quiebre al momento de un movimiento sísmico.

Tabla 9: Puntuación S, obtenida del método RVS (FEMA 154); Municipalidad Distrital

Edificio	Puntuación S	
	Región sísmica: MODERADO	
	Dirección X - Dirección Y C3 URM INF	Probabilidad de colapso
Módulo de oficinas	0.1	79%

Fuente: Elaboración propia.

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO							PELIGRO DE CAIDA				
Sala pública	Gobierno	Oficina	Numero de personas	A	B	C	D	E	F	Chimeneas no reforzada	Otros				
Comercio	Historico	Residencial	0 - 10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Parapetos					
S. de Emergencia	Industrial	Escuela	11 - 100	Dura	Media	Denso	Rígido	Blando	Pobre	Revestimiento					
			101 - 1000												
			1000+												
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL															
TIPO DE EDIFICACION	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 URM INF	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 URM INF	PC1 (TU)	PC2 (FD)	RM1 (RD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje básico	5.20	4.80	3.60	3.60	3.80	3.60	3.60	3.00	3.60	3.20	3.20	3.20	3.60	3.40	3.40
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	+0.40	+0.40	N/A	+0.40	+0.40	+0.20	+0.40	+0.20	N/A	+0.40	+0.40	+0.40	-0.40
Altura alta	N/A	N/A	+1.40	+1.40	N/A	+1.40	+0.80	+0.50	+0.80	+0.40	N/A	+0.60	N/A	+0.60	N/A
Irregularidad vertical	-3.50	-3.00	-2.00	-2.00	N/A	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	N/A	-1.50	-2.00	-1.50	-1.50
Irregularidad en planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Pre-código	0.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.20	-1.00	-0.40	-1.00	-0.20	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Post-benchmark	+1.60	+1.60	+1.40	+1.40	N/A	+1.20	N/A	+1.20	+1.60	N/A	+1.80	N/A	+2.00	+1.80	N/A
Suelo tipo C	-0.20	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.80	-0.80	-0.60	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.80	-0.60	-0.40
Suelo tipo D	-0.60	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-1.00	-1.00	-1.20	-1.20	-1.20	-0.80
Suelo tipo E	-1.20	-1.80	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60	-1.60
PUNTAJE FINAL, S	0.10														

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que la Municipalidad Distrital los módulos de oficinas se categorizaron como unas estructuras tipo C3 URM INF (estructura de concreto con muros de albañilería de relleno no reforzada), puntuando un valor de $S = 0.1$ y una probabilidad de colapso de 79%. Además, la estructura está cimentada sobre material de relleno, por lo que la estructura está en riesgo y su puntuación S es la mínima permisible.

3. En el caso del **objetivo N°3**, determinar la vulnerabilidad estructural aplicando las consideraciones del RNE, se tuvo que hacer un ensayo de la resistencia real del concreto en las estructuras para luego así poder hacer el análisis dinámico modal espectral. Siendo los resultados los siguientes:

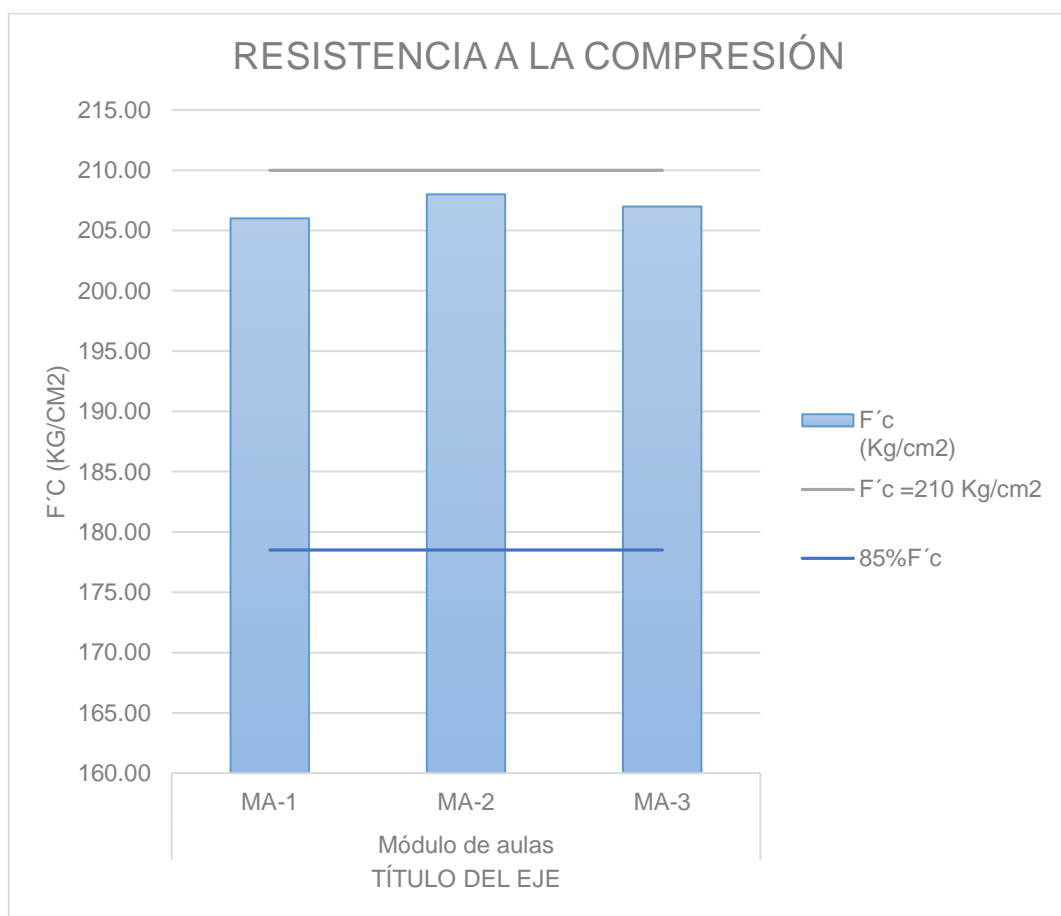
Los valores obtenidos de la rotura de los corazones diamantinos:

Tabla 10: Resultados de los corazones diamantinos, I.E. N°10006

Edificio	Muestra	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Relación H/D	Factor de corrección	Fuerza Axial (Kg)	F'c (Kg/cm ²)
Módulo de aulas	MA-1	7.57	11.68	1.54	0.963	9,610.00	206.00
	MA-2	7.55	11.73	1.55	0.964	9,679.00	208.00
	MA-3	7.58	11.70	1.54	0.963	9,699.00	207.00

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 1: Resistencia a la compresión de los corazones diamantinos, I.E. N°10006



Fuente: Elaboración propia.

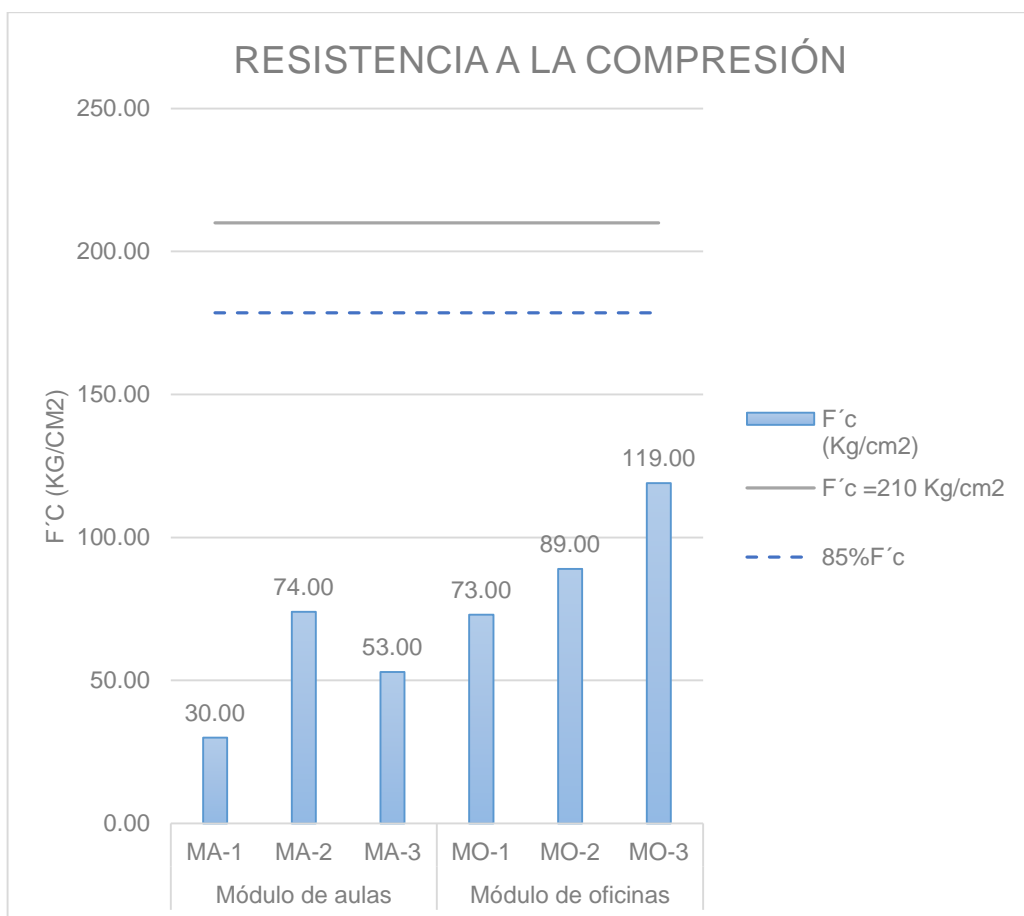
Para la I.E. N°10006, los corazones diamantinos, del módulo de aulas, alcanzaron una resistencia a la compresión, en promedio tentativo, 207.16 Kg/cm² para el concreto de la toda estructura.

Tabla 11: Resultados de los corazones diamantinos, I.E. N°10007

Edificio	Muestra	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Relación H/D	Factor de corrección	Fuerza Axial (Kg)	F'c (Kg/cm ²)
Módulo de aulas	MA-1	8.20	7.60	0.93	0.520	3,032.00	30.00
	MA-2	7.60	11.00	1.45	0.954	3,488.00	74.00
	MA-3	7.60	12.30	1.63	0.970	2,452.00	53.00
Módulo de oficinas	MO-1	7.60	11.50	1.53	0.962	3,378.00	73.00
	MO-2	7.60	12.00	1.59	0.967	4,158.00	89.00
	MO-3	7.60	10.80	1.43	0.951	5,669.00	119.00

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 2: Resistencia a la compresión de los corazones diamantinos, I.E. N°10007



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la I.E. N°10007, los corazones diamantinos del módulo de aulas alcanzaron una resistencia a la compresión, en promedio tentativo, 52.33 Kg/cm² para el concreto de la toda estructura; y para el módulo de oficinas, de 93.67 Kg/cm².

Para el empleo de la resistencia a la compresión de cada módulo, en el análisis dinámico modal espectral, se empleó el promedio de los resultados obtenidos de los corazones diamantinos por módulo.

Tabla 12: Resultados del análisis estático según RNE E.030, I.E. N°10006

Parámetro	Categoría	Símbolo	Factor	Unidades
Zona	4	Z	0.45	G
Tipo de perfil de suelo	S3	S	1.10	
		Tp	1.00	S
		Tl	1.60	S
Categoría de edificación	Edificaciones esenciales	U	1.50	
Sistema estructural	Muros estructurales	Ro	6.00	
Irregularidades en planta	Irregularidad torsional	Ip	0.75	
Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas		R	4.50	
		Hn	6.00	M
		Ct	60.00	
Coeficiente de amplificación sísmica	T < Tp	T	0.15	S
		Tp	1.00	S
		Tl	1.60	S
		C	2.50	
Fuerza cortante en la base		Peso sísmico	197.99	Tn
		V	81.67	Tn
		C/R	0.56	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

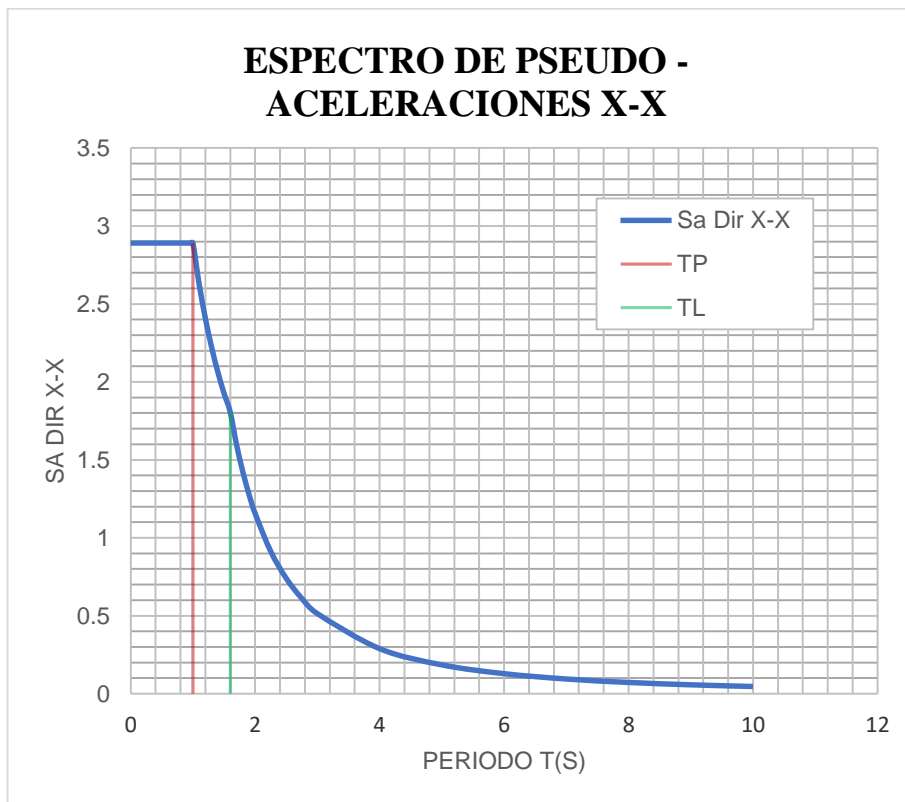
Tabla 13: Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral, I.E. N°10006

Edificio	Story	Peso de Edificación (Tn)	Height (m)	Desplazamiento Absoluto X-X (cm)	Desplazamiento Relativo X-X (cm)	Drift
Módulo de aulas	Nivel 2	355.03	3.00	1.36050	0.77850	0.002595
	Nivel 1		3.00	0.58200	0.58200	0.00194

Edificio	Story	Peso de Edificación (Tn)	Height (m)	Desplazamiento Absoluto Y-Y (cm)	Desplazamiento Relativo Y-Y (cm)	Drift
Módulo de aulas	Nivel 2	355.03	3.00	0.35970	0.16050	0.000535
	Nivel 1		3.00	0.19920	0.19920	0.000664

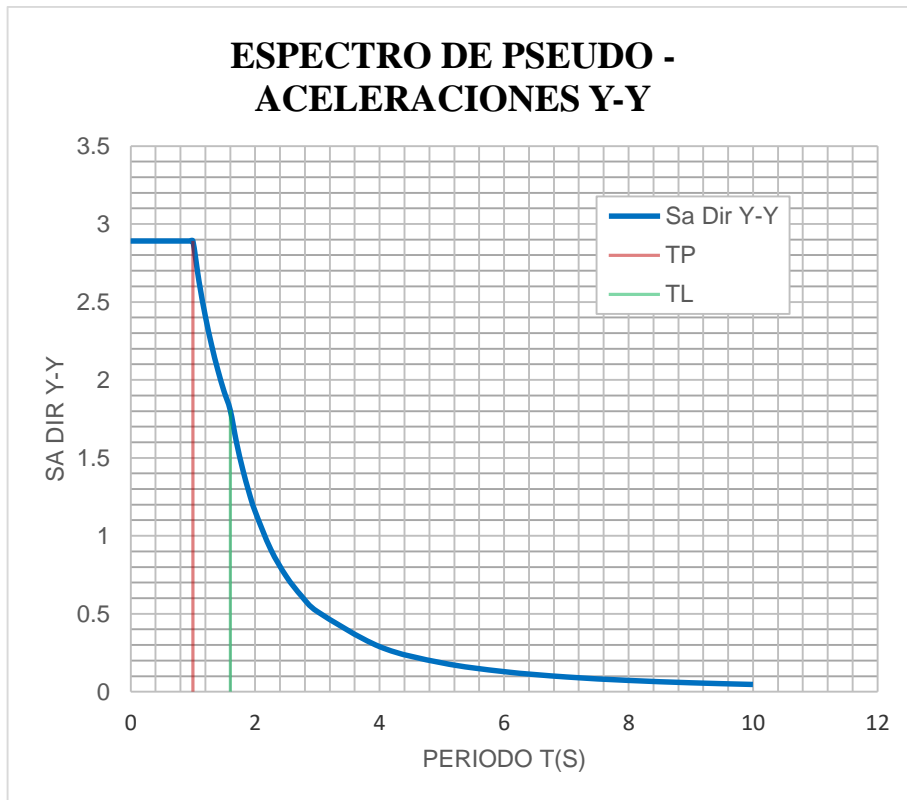
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 3: Espectro de pseudo-aceleraciones X-X, I.E. N°10006 – M. aulas.



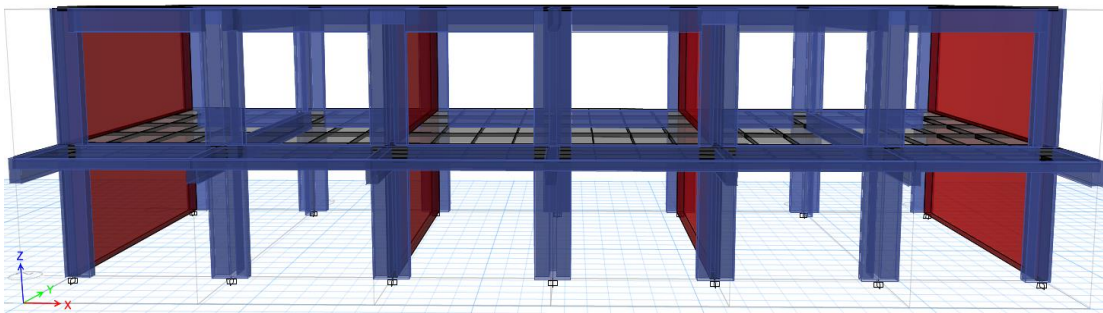
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 4: Espectro de pseudo-aceleraciones Y-Y, I.E. N°10006 – M. aulas.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5: Modelo del módulo de aulas I.E. N°10006 en el software ETABS.



Fuente: Elaboración propia.

En el análisis dinámico modal hecho en la I.E. N° 10006 por medio del programa ETABS, se obtuvo como resultado que el módulo de aulas cumple con los límites para la distorsión entre pisos establecidos, según lo indicado en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**; para estructuras con material predominante de concreto armado es 0.007, ya que su desplazamiento máximo obtenido es de 0.002595.

Tabla 14: Resultados del análisis estático según RNE E.030, I.E. N°10007 – M. aulas

Parámetro	Categoría	Símbolo	Factor	Unidades
Zona	4	Z	0.45	G
Tipo de perfil de suelo	S3	S	1.10	
		Tp	1.00	S
		Tl	1.60	S
Categoría de edificación	Edificaciones esenciales	U	1.50	
Sistema estructural	Muros estructurales	Ro	7.00	
Irregularidades en planta	Irregularidad torsional	Ip	0.75	
	Esquinas entrantes	Ip	0.90	
Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas		R	5.25	
Periodo fundamental		Hn	9.00	M
		Ct	60.00	
		T	0.15	S
Coeficiente de amplificación sísmica	T < Tp	Tp	1.00	S
		Tl	1.60	S
		C	2.50	
Fuerza cortante en la base		Peso sísmico	1044.64	Tn
		V	369.35	Tn
		C/R	0.48	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

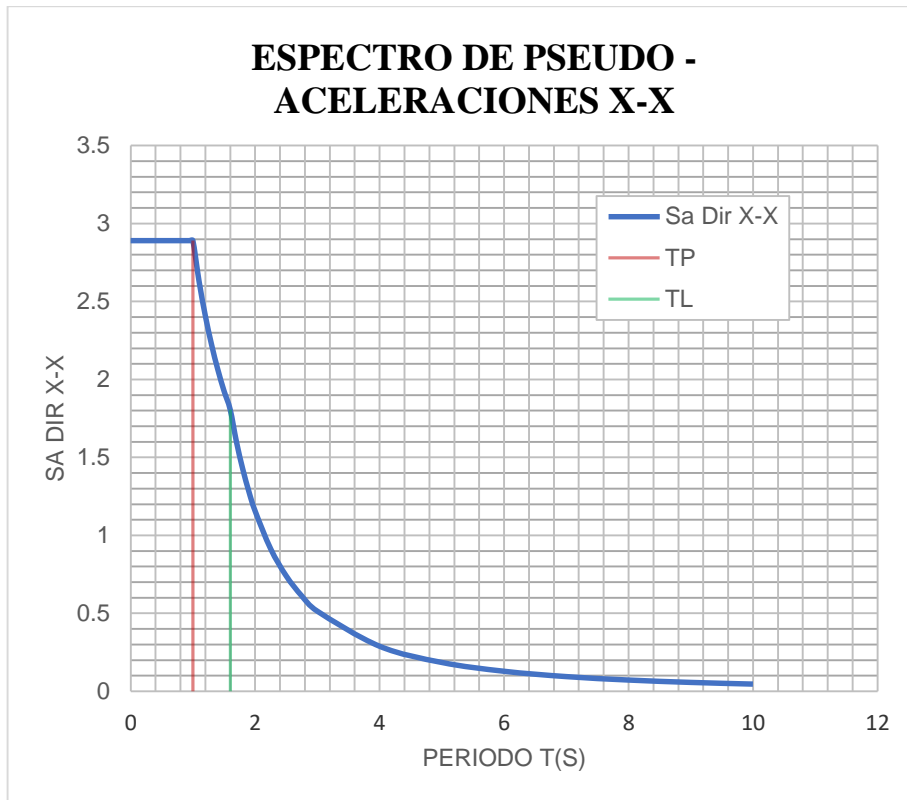
Tabla 15: Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral, I.E. N°10007 – M. aulas

Edificio	Story	Peso de Edificación (Tn)	Height (m)	Desplazamiento Absoluto X-X (cm)	Desplazamiento Relativo X-X (cm)	Drift
Módulo de aulas	Nivel 3	1,044.64	3.00	0.31140	0.07500	0.00025
	Nivel 2		3.00	0.23640	0.12660	0.00042
	Nivel 1		3.00	0.10980	0.10980	0.00037

Edificio	Story	Peso de Edificación (Tn)	Height (m)	Desplazamiento Absoluto Y-Y (cm)	Desplazamiento Relativo Y-Y (cm)	Drift
	Nivel 3		3.00	0.32970	0.10440	0.00035
Módulo de aulas	Nivel 2	1,044.64	3.00	0.22530	0.12960	0.00043
	Nivel 1		3.00	0.09570	0.09570	0.00032

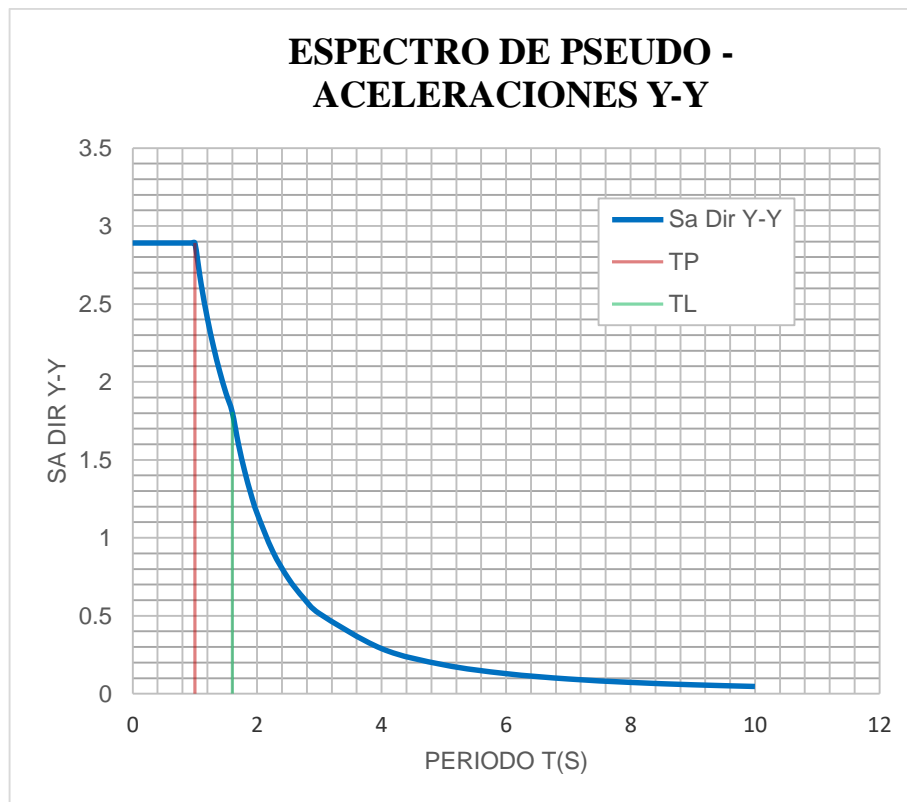
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6: Espectro de pseudo-aceleraciones X-X, I.E. N°10007 – M. aulas.



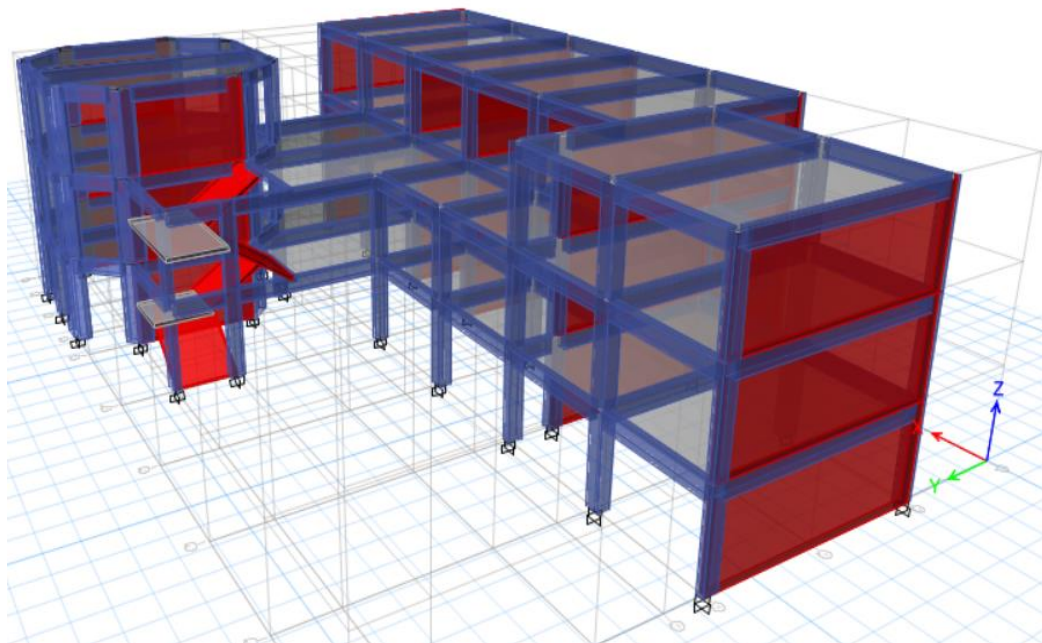
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 7: Espectro de pseudo-aceleraciones Y-Y, I.E. N°10007 – M. aulas.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 8: Modelo del módulo de aulas I.E. N°10007 en el software ETABS.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Resultados del análisis estático según RNE E.030, I.E. N°10007 – M. oficinas

Parámetro	Categoría	Símbolo	Factor	Unidades
Zona	4	Z	0.45	G
		S	1.10	
Tipo de perfil de suelo	S3	Tp	1.00	S
		Tl	1.60	S
Categoría de edificación	Edificaciones esenciales	U	1.50	
Sistema estructural	Muros estructurales	Ro	6.00	
Irregularidades en planta	Irregularidad torsional	Ip	0.75	
Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas		R	4.5	
		Hn	6.00	M
Periodo fundamental		Ct	60.00	
		T	0.10	S
Coeficiente de amplificación sísmica	T < Tp	Tp	1.00	S
		Tl	1.60	S
		C	2.50	
Fuerza cortante en la base		Peso sísmico	197.99	Tn
		V	81.67	Tn
		C/R	0.56	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

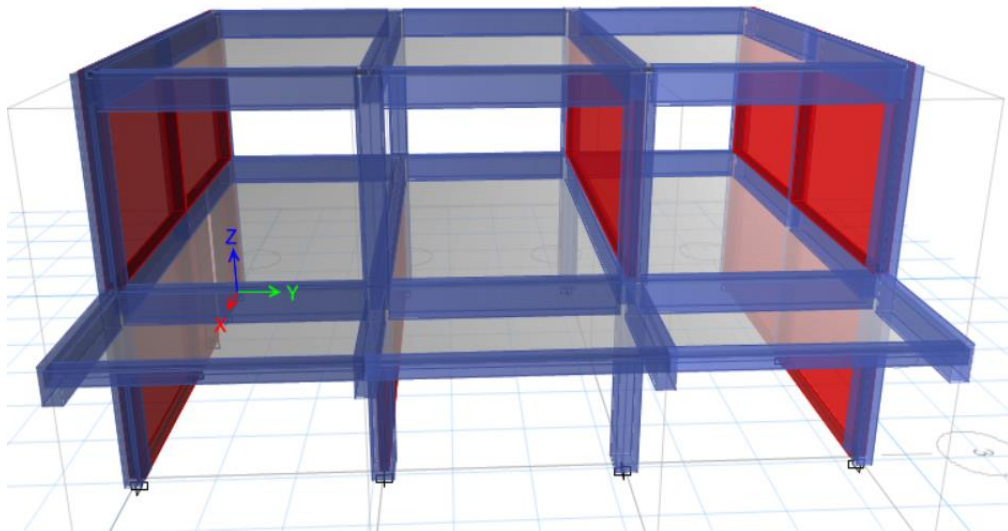
Tabla 17: Resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral, I.E. N°10007 – M. oficinas.

Edificio	Story	Peso de Edificación (Tn)	Height (m)	Desplazamiento Absoluto X-X (cm)	Desplazamiento Relativo X-X (cm)	Drift
Módulo de aulas	Nivel 2	197.99	3.00	7.84020	5.26920	0.01756
	Nivel 1		3.00	2.57100	2.57100	0.00857

Edificio	Story	Peso de Edificación (Tn)	Height (m)	Desplazamiento Absoluto Y-Y (cm)	Desplazamiento Relativo Y-Y (cm)	Drift
Módulo de aulas	Nivel 2	197.99	3.00	8.57940	5.26920	0.01756
	Nivel 1		3.00	3.31020	3.31020	0.01103

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 9: Modelo del módulo de oficinas I.E. N°10007 en el software ETABS.



Fuente: Elaboración propia.

En la I.E. N° 10007 los resultados obtenidos luego del análisis dinámico modal hecho por medio del programa ETABS indican que: en el módulo de aulas se cumple con los límites para la distorsión entre pisos establecidos, para estructuras con material

predominante de concreto armado 0.007, según lo indicado en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**; ya que su desplazamiento máximo obtenido es de 0.00043. En el caso de los módulos de oficinas administrativas sus resultados no cumplen con los límites de distorsión ya mencionados anteriormente, ya que el valor máximo obtenido en el análisis es de 0.01756.

4. En el caso del **objetivo N°4**, comparar los resultados obtenidos al utilizar el método del índice de vulnerabilidad (método FEMA 154) y el Reglamento Nacional de Edificaciones, siendo los resultados los siguientes:

Tabla 18: Resultados comparativos del método FEMA 154 y el RNE, I.E. N°10006

Edificio	FEMA 154		RNE	
	Índices	Resultados	Índices	Comentario
Módulo de aulas	C3 URM INF	3.20	Irregularidades	Irregularidad torsional
	Pre-código	-1.00		($I_p=0.75$)
	Suelo tipo D	-1.00	Desplazamientos Laterales Admisible X-	0.01756
	Puntuación S	1.20	X	0.00857
	Probabilidad de colapso	6%	Desplazamientos Laterales Admisible Y-	0.01756
		Y	0.01103	

Fuente: Elaboración propia.

En la I.E. N°10006; se observa los resultados por los dos medios de evaluación en la **Tabla 18**, por eso decimos que, en el módulo de aulas durante la inspección visual, siguiendo el método del FEMA 154, se logró determinar que la estructura **no es vulnerable** y por lo tanto requiere una evaluación más detallada. Luego de evaluar la súper estructura con el programa **ETABS**, se determinó que los límites para la distorsión entre pisos cumplen con los establecidos (Material predominante concreto armado, 0.007) en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**.

Tabla 19: Resultados comparativos del método FEMA 154 y el RNE, I.E. N°10007

Edificio	FEMA 154		RNE	
	Índices	Resultados	Índices	Comentario
Módulo de aulas	C3 URM INF	3.20	Irregularidades	Irregularidad de esquinas entrantes (Ip=0.90). Irregularidad torsional (Ip=0.75)
	Irregularidad en planta	-0.50	Desplazamientos Laterales Admisible X-X	0.00025
	Pre-código	-1.00		0.00042
	Suelo tipo D	-1.00		0.00037
	Puntuación S	0.70	Desplazamientos Laterales Admisible Y-Y	0.00035 0.00043
	Probabilidad de colapso	20%		0.00032
	C3 URM INF	3.20	Irregularidades	Irregularidad torsional (Ip=0.75)
Módulo de oficinas	Pre-código	-1.00		
	Suelo tipo D	-1.00	Desplazamientos Laterales Admisible X-X	0.01756 0.00857
	Puntuación S	1.20	Desplazamientos Laterales Admisible Y-Y	0.01756 0.01103
	Probabilidad de colapso	6%		

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 19**, I.E. N°10007; se puede observar los resultados determinados por los dos medios de evaluación, por lo que podemos decir que:

- En el caso del módulo de aulas; en la inspección visual, siguiendo el método del FEMA 154, se logró determinar que la estructura es **vulnerable** y por lo tanto requiere una evaluación más detallada. Luego de evaluar la súper estructura con el programa **ETABS**, se determinó que los límites para la distorsión entre pisos cumplen con los establecidos (Material predominante concreto armado, 0.007) en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**.
- En el caso del módulo de oficinas; en la inspección visual, siguiendo el método del FEMA 154, se logró determinar que la estructura es **vulnerable** y por lo tanto requiere una evaluación más detallada. Luego de evaluar la súper estructura con el programa **ETABS**, se determinó que los límites para la distorsión entre pisos no cumplen con los establecidos (Material predominante concreto armado, 0.007) en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. En las **Tablas 5 y 6** se indican el tipo de suelo de las estructuras y su capacidad portante. De acuerdo el Cuadro N°12 “Factores físicos del terreno” de la “**Guía de Diseño de Espacios Educativos**” del OINFE – MINEDU, nos dice que la capacidad portante de los suelos mínima para todos los centros educativos debe ser de **0.5 Kg/cm²**; siendo el caso de ambas edificaciones evaluadas una capacidad portante del suelo mayor a la señalada.
 - El suelo en la **I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”** para la clasificación SUCS es **Arcilla de baja plasticidad con presencia de Arena (CL)**, que si vemos el Manual de evaluación Rapid Visual Screening (FEMA 154), el perfil del suelo es un **Tipo D**.
 - Entretanto, la estratigrafía del suelo de la **I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”**, es variada entre **Limos de baja plasticidad con presencia de Arena (ML)** y **Arcilla de baja plasticidad con presencia de Arena (CL)**; para la evaluación FEMA 154, el perfil del suelo es un **Tipo D**.

En el caso de la **Municipalidad Distrital** no se puede determinar la clasificación del suelo y su capacidad portante, ya que al ser **relleno no controlado** no se pueden realizar los ensayos de laboratorio normalizados.

2. En las **Tablas 7,8 y 9** se observan las puntuaciones de las evaluaciones de los índices de vulnerabilidad de las estructuras. Según el **Manual de evaluación Rapid Visual Screening (FEMA 154)**, en el artículo 2.4.2 Determinación de código sísmico clave adaptación de datos y otras consideraciones, denota el punto de corte “**S**” con un puntaje de **2**.
 - La **puntuación** de I.E. N 10006 "Arturo Schutt y Sacco" no es alta, por lo que la posibilidad de colapso en un evento sísmico es pequeña y sus características son iguales o mayores que las de un terremoto mayor.
 - Para el módulo de aula del IEP N ° 10007 "Sagrado Corazón de María", los **resultados** que obtenemos son muy inferiores a los determinados, por lo que tiene una mayor probabilidad de colapso en un evento sísmico igual o mayor que un terremoto mayor.

- Para el módulo de oficina del I.E. P N ° 10007 "Sagrado Corazón de María", el **resultado** es muy bajo, por lo que la posibilidad de colapso en un evento sísmico es pequeña, y sus características son iguales o mayores a las de un terremoto mayor.
 - En la Municipalidad Distrital el **resultado** obtenido es el valor mínimo permitido en la prueba ($S = 1$), por tratarse de una estructura vulnerable en suelo inadecuado, es muy probable un colapso ante un evento sísmico de iguales o mayores características a severos terremotos.
3. En las **Ilustraciones 1 y 2** se registran las resistencias a la compresión de los corazones diamantinos. Y en las **Tablas 13, 15 y 17** se observan los resultados obtenidos luego del análisis dinámico modal espectral por medio del programa ETABS. La **RNE E.060 “Concreto Armado”** indica que la resistencia mínima a la compresión del concreto es de **210 Kg/cm²**, también proporciona notas para que la resistencia a la compresión del núcleo de diamante sea aceptable y su valor promedio sea mayor o igual al $85\%F'c$ (**178.50 Kg/cm²**) y la $F'c$ de cada núcleo es superior al $75\%F'c$ (**157.50 Kg/cm²**). Además, también nos indica el límite para la **distorsión entre pisos** establecido para edificaciones de material predominante de concreto armado, siendo este de 0.007.
- En la edificación de la I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”, los **resultados** de resistencia a la compresión de los corazones diamantinos presentan valores **aceptables** con los límites establecidos. Los **resultados** obtenidos del análisis dinámico modal espectral nos indica que la edificación **no es vulnerable**, ya que la distorsión entre pisos es menos al límite.
 - En el caso del módulo de aulas de la I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, los **resultados** de resistencia a la compresión de los corazones diamantinos presentan valores **inferiores** con los límites establecidos, por lo que el concreto presente es deficiente para este tipo de estructuras. Pero, los **resultados** obtenidos del análisis dinámico modal espectral nos indica que la edificación **no es vulnerable**, ya que la distorsión entre pisos es menos al límite.
 - En el caso del módulo de oficinas de la I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María”, los **resultados** de resistencia a la compresión de los corazones diamantinos también presentan valores **inferiores** con los límites establecidos,

por lo que el concreto presente es deficiente para este tipo de estructuras. Los **resultados** obtenidos del análisis dinámico modal espectral nos indica que la edificación **es vulnerable**, ya que la distorsión entre pisos sobrepasa al límite establecido.

4. En las **Tablas 18 y 19** se registran los resultados comparados luego de la evaluación según el método FEMA 154 y el RNE. Los **resultados** obtenidos aplicando el método expuesto en el **Manual de evaluación Rapid Visual Screening (FEMA 154)**, nos indican que todas las estructuras son **vulnerables** con una baja o escasa probabilidad de colapso, pero que requieren un análisis más detallado para comprobar su vulnerabilidad. Por otro lado, el análisis matemático del programa **ETABS** determina que la edificación de la I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco” y en el módulo de aulas de la I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María” **no son vulnerables**, ya que **cumplen** con los límites para la distorsión entre pisos establecidos en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**; mientras el módulo de oficinas de la I.E.P N°10007 “Sagrado Corazón de María” ocurre lo contrario, es **vulnerable**, ya que **no cumple** con los límites para la distorsión entre pisos establecidos.

V. APOORTE PRÁCTICO DE LA INVESTIGACIÓN

Alternativa N°01

Luego del desarrollo de la evaluación estructural de las tres edificaciones y determinar los resultados y la comparación con las normas implicadas, podemos decir que:

La **Municipalidad Distrital de Chongoyape**, posee los siguientes problemas:

- El material del suelo sobre el que está cimentado, al ser relleno no tratado, no es apto para la construcción de ninguna edificación según lo indicado en el RNE E.050 “Suelos y cimentaciones”, puesto que no puede definirse sus características ni determinar su capacidad portante.
- Las irregularidades presentes en la estructura no son permicibles para una edificación de categoría A2 en una Zona 4 según lo indicado en la Tabla N°10 “Categoría y regularidad de las edificaciones” de la **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**.

Para la **LE. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco”** el único problema encontrado es la ligera vulnerabilidad a la falla de columnas cortas.

Y para la **LE. N°10007 “Sagrado Corazón de María”**, los problemas que se presentan son:

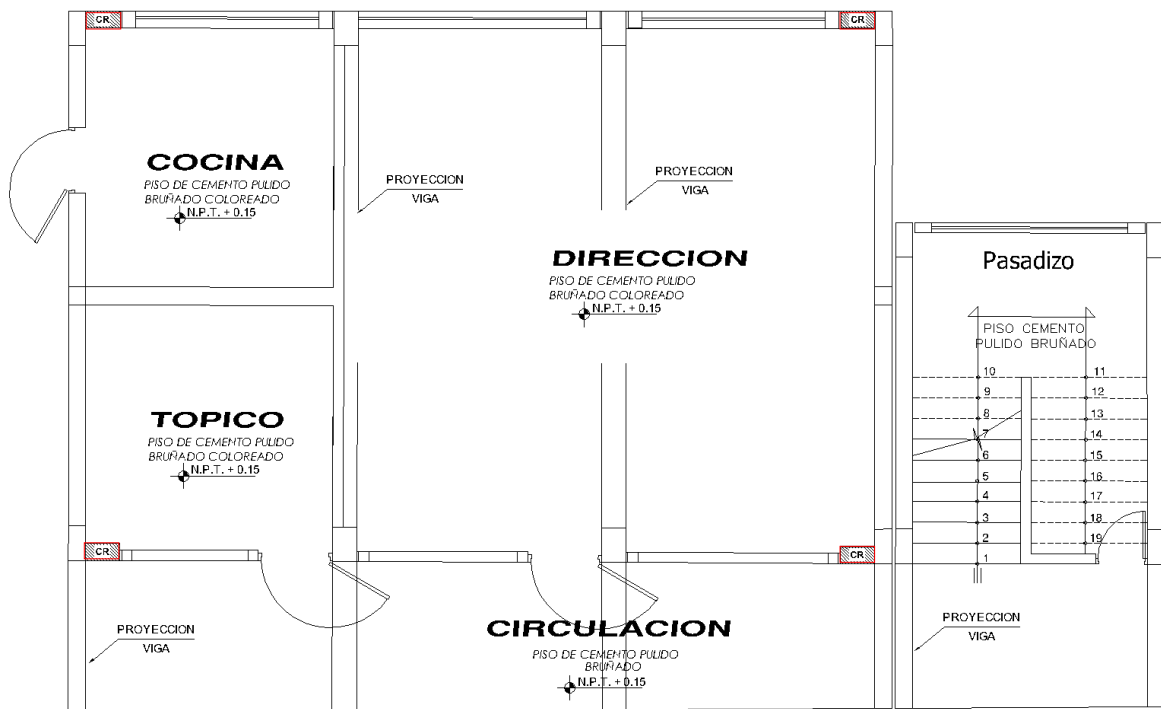
- El concreto presente en ambas estructuras tienen una resistencia a la comprensión un valor muy por lo debajo a lo establecido **RNE E.060 “Concreto Armado”**, siendo deficiente para estas estructuras.
- El módulo de aulas, presenta irregularidades que no son permicibles para una edificación de categoría A2 lo indicado en la Tabla N°10 “Categoría y regularidad de las edificaciones” de la **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**.
- El módulo de oficinas, no cumple con los límites de distorsión indicados en el **RNE E.030 “Diseño Sismorresistente”**

Puesto así, de todos los problemas expuestos y siguiendo lo indicado en todas las normas referidas se propone la alternativa de la **demolición** para la Municipalidad Distrital de Chongoyape; para la I.E. N°10006 y el módulo de aulas de la I.E. N°10007 un **mantenimiento constante**; mientras que el módulo de oficinas de I.E. N°10007 se propone un **cambio de uso** de la edificación.

Alternativa N°02

Esta alternativa se trata de un **“Reforzamiento Estructural”**, se aplica en aquellos módulos de las instituciones educativas, que luego de realizar la evaluación estructural no presentan una adecuada rigidez para soportar las fuerzas que ejerce un sismo severo. Este reforzamiento se hace con la finalidad de mantener la continuidad del funcionamiento de los ambientes, mediante la construcción de columnas de refuerzo como parte de la estructura, brindando así una reducción de los desplazamientos de entrepiso y mayor rígidez en la dirección más desfavorable.

Ilustración 10: Ubicación de columnas de refuerzo en el módulo de oficinas, I.E. N° 10007

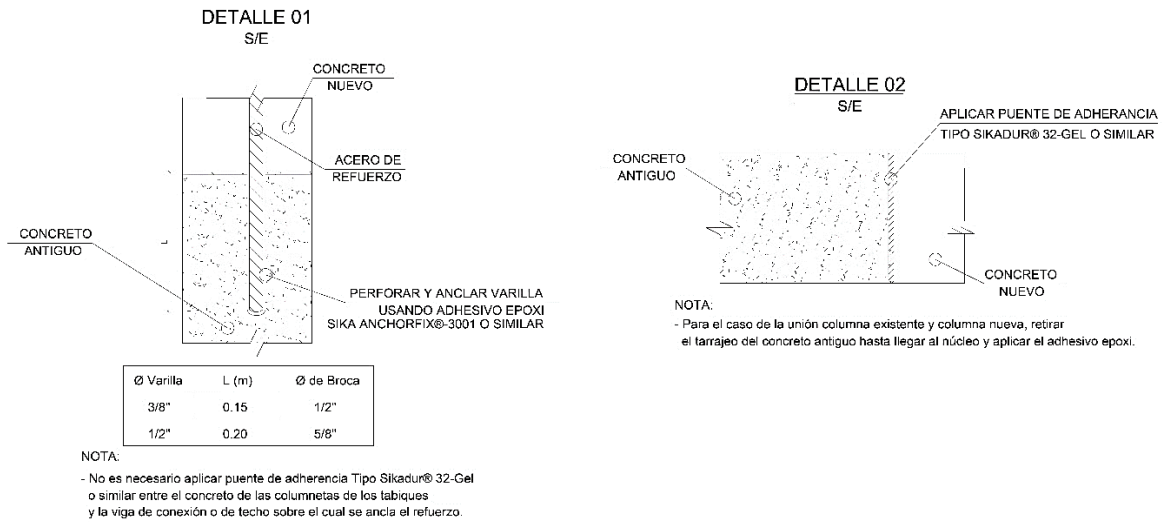


Fuente: Elaboración propia.

Para la adherencia correcta del concreto existente en la estructura y el nuevo concreto de la columna de refuerzo y su cimentación, se debe aplicar un aditivo en el puente de

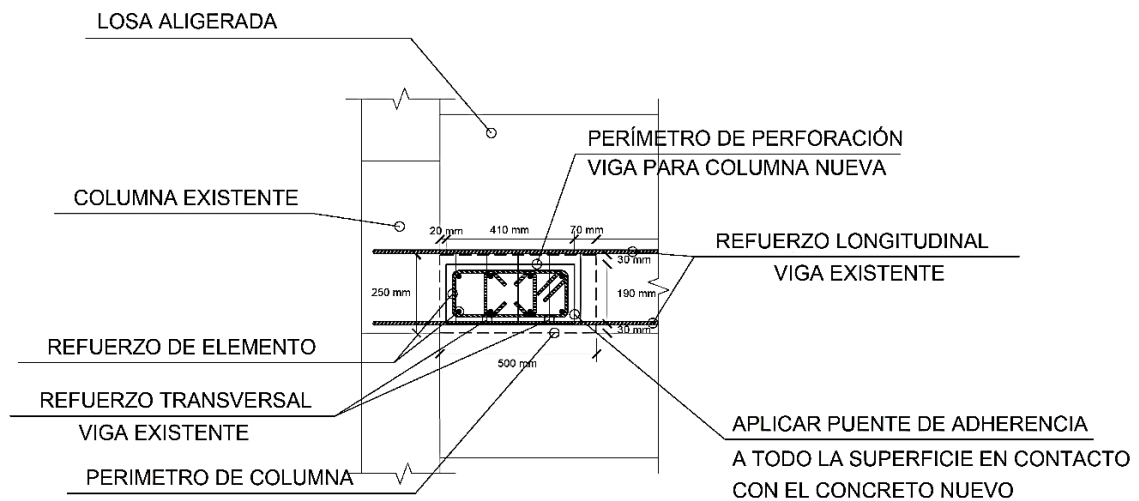
adherencia, como el Sikadur 32 o similares; para los aceros de las estructuras luego de anclados se debe aplicar el adhitvo epóxico Sikadur 31 o similares.

Ilustración 11: Detalle típico de la adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo.



Fuente: Elaboración propia.

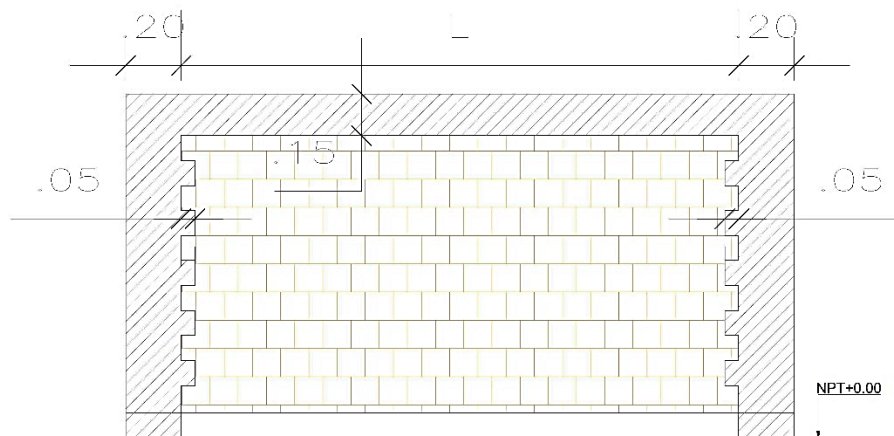
Ilustración 12: Unión típica de viga y columna.



Fuente: Elaboración propia.

Se confinarán los tabiques de albañilería, que se encuentran contiguo a las columnas de refuerzo, para separarlos y evitar el efecto de columna corta en un evento sísmico severo.

Ilustración 13: Detalle de demolición de tabiques.



Demoler los extremos laterales de los tabiques y dejar en lo posible un diente de 5 cm para posteriormente construir columnas de confinamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener información más detallada sobre el reforzamiento, consultar anexos donde se encuentran los plano detallados del módulo.:

- Módulo de oficinas: A8 (arquitectura), D1 (demolición), E8-E11 (estructuras)

El costo aproximado para la elaboración del reforzamiento estructural es:

Tabla 20: Presupuesto de reforzamiento estructural

ITEM	Descripción	Parcial
	Reforzamiento Estructural	S/
01	Obras Provisionales	4,761.80
02	Estructuras	26,299.19
02.01	Módulo 2 - Aulas	26,299.19
02.01.01	Trabajos Preliminares	4,057.25
02.01.02	Movimiento de Tierras	3,080.11
02.01.03	Concreto Simple	2,715.82
02.01.04	Concreto Armado	15,243.65
02.01.05	Varios	1,202.36
	Costo Directo	31,060.99
	IGV (18%)	5,590.98
	Costo Directo C/IGV	36,651.97

Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Los módulos de las instituciones educativas se encuentran sobre un suelo **cohesivo medianamente rígido**. En la I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco” el suelo tiene una resistencia al corte de **0.71 Kg/cm²**, teniendo un perfil **Tipo D** para la evaluación FEMA 154; en tanto, es de **Tipo S₃** según la RNE E..030. En el caso de la I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”, la tipología para ambos casos es la misma, pero con una capacidad portante de suelo de **1.44 Kg/cm²**.
- El concreto de los módulos evaluados en la I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María” no cumple con el valor mínimo establecido en el RNE E.060 “Concreto Armado”, colocándolo en un rango de **muy baja calidad**; por ende, no puede proporcionar la resistencia correcta para soportar las fuerzas que actúan en los elementos estructurales. Lo que la convierte en una estructura vulnerable, expuesto a daños colaterales en un sismo severo.
- Los módulos evaluados de las edificaciones, la I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco” y la I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”, presentan el **sistema estructural Dual**, según las especificaciones para edificaciones esenciales de la RNE E..030 “Diseño Sismorresistente”.
- Siendo así, de las tres edificaciones evaluadas se puede decir que: la Municipalidad Distrital de Chongoyape representa un **alto riesgo** durante un evento sísmico debido a la mala calidad del material del suelo en el que está cimentado. En el caso de la I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”, el módulo de oficinas administrativas también es de **alto riesgo**, ya que la resistencia del concreto con que está construidos es deficiente y no cumple con los límites para la distorsión entre pisos establecidos; por otro lado, el módulo de aulas presenta irregularidades en la estructura que no son admitidas en el RNE E.030 para edificaciones esenciales, sin embargo, cumple con los límites para la distorsión entre pisos establecidos, por lo que no se le puede considerar una estructura en peligro sísmico. Y en la I.E. N°10006

“Arturo Schutt y Sacco” la estructura cumple con los límites de distorsión y no presenta irregularidades en la estructura.

6.2. Recomendaciones

- Expandir los resultados de la investigación con la comunidad involucrada de las instituciones evaluadas: I.E. N°10006 “Arturo Schutt y Sacco, I.E. N°10007 “Sagrado Corazón de María”, “Municipalidad Distrital de Chongoyape”.
- Utilizar la evaluación en otras instituciones en el área con las categorías de construcción A1 y A2 para que los edificios vulnerables puedan ser controlados en caso de un terremoto y se puedan tomar medidas correctivas y preventivas.
- Utilizar otros métodos de índice de vulnerabilidad para evaluar edificaciones esenciales, como: los métodos para determinar la vulnerabilidad de las estructuras hospitalarias, los niveles de vulnerabilidad potenciales desarrollados por HMC y los métodos de índice de vulnerabilidad. (Benedetti Petrini), etc.
- Evaluar las Instituciones educativas con el Método de índice Vulnerabilidad sísmica de edificios (Rapid Visual Screening of building for potencial seismic) para las estructuras construidas desde 1960 hasta el 2005.

REFERENCIAS

- Alonso G, J. I. (2014). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones*. Caracas: PAG MARKETING SOLUCIONES C.A.
- Applied Technology Council. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook* (Tercera edición ed.). Washington DC, Washington DC, Estados Unidos: Federal Emergency Management Agency. Obtenido de https://www.fema.gov/media-library-data/1426210695633-d9a280e72b32872161efab26a602283b/FEMAP-154_508.pdf
- Arrieta Freyre, J. E. (2014). *Evaluación de riesgo sísmico en el centro histórico de Ayacucho*. Lima.
- BBC Mundo. (26 de agosto de 2016). *¿Porque el 90% de los terremotos suceden en el cinturón del pacífico?* Obtenido de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826_ciencia_cinturon_fuego_pacifico_zona_mas_sismica_mundo_lv
- Casanova Matera, L. (2002). *Topografía Plana*. Merida: Printed in Venezuela.
- Castro Ortega, D. E. (2015). *Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja - Junín*. Lima.
- Comité ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento de Construcción para Concreto Estructural y su Comentario*. American Concrete Institute. Farmington Hills: American Concrete Institute. Obtenido de www.academia.edu/19581558/ACI_318S_14_PDF
- Comité ASTM D422. (2017). *Método de prueba estándar para el análisis del tamaño de partículas de los suelos*. ASTM International. ASTM International. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D422>
- Cruz Fernandez, O. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural en edificaciones*.
- Departamento de Salud, Educación y Bienestar de los Estados Unidos. (1979). *Informe Belmont: Principios éticos y pautas para la protección de los seres humanos en la investigación*. Reporte de la Comisión Nacional, Comisión Nacional para la Protección de los Sujetos Humanos ante la Investigación Biomédica y de Comportamiento, Belmont. Obtenido de <http://www.bioeticayderecho.ub.edu/archivos/norm/InformeBelmont.pdf>

Dirección de Investigación de la Universidad. (2017). *Productos acreditables de experiencias curriculares de investigación*. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo: USS.

Escuela Profesional de Ingeniería Civil. (2017). *Mapa de investigación de la escuela académico profesional de ingeniería civil*. Universidad Señor de Sipán. USS.

Fielding Reid, H. (1911). *Teoría del rebote elastico*.

Gruppo Nazionale per la difesa dai terremoti. (10 de febrero de 1993). *Gruppo Nazionale per la difesa dai terremoti*. (G. N. terremoti, Editor) Obtenido de <https://emidius.mi.ingv.it/GNDT/>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta edición ed.). Ciudad de México, México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Hirosawa, M. (2000). *Retrofitting and Restation of Buildings in Japan*.

INDECOPI. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima: INDECOPI. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>

INDECOPI. (2018). *NTP 339.059 CONCRETO. Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas seccionadas de concreto*. Lima: INDECOPI. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=6454

Instituto Nacional de Prevencion Sismica. (s.f.). *Sísmos-Terremotos*. Obtenido de <http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Terremotos.pdf>

Jimenez, C., Tavera, H., Saavedra, M., & M.Calvo. (2014). El terremoto de Foco profundo de Bolivia 1994. *Revista investigacion de fisica*, 7.

Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento. (2016). *Norma Tecnica E.030 "Diseño sismorresistente"*.

Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.050 "Suelo y Cimentaciones"*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%20C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/53%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES.pdf>

Moreta Viscarra, J. V. (2015). *Evaluación estructural mediante el fema 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del Centro Educativo Juan Pablo I del D. M. Q.* Tesis de licenciatur, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5295>

Nanfuñay Gastulo, H. T., & Santisteban Valdera, E. (2015). *Vulnerabilidad Sísmica en el distrito de ciudad Eten aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini)*. Lambayeque-Peru.

Noreña, A., Moreno, N., Rojas, J., & Malpica, D. (2012). *Aplicabilidad de los criterios de rigor y eticos en la investigacion cualitativa*.

Núñez Vega, J. A., & Gastelo Castañeda, A. E. (2015). *Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (Av. Eufemio Lora y Lora. Av. Jose Leonardo Ortiz, Prolong. Bolognesi via de evitamiento, Panamericana Norte y Av. Augusto B. Leguia)*. *Aplicando los índices de Benedetti y Petrini*. Lambayeque-Peru. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/336>

Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*. Washington, D.C, Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de www.hospitalseguro.cl/documentos/libro_vulnerabilidad_ops.pdf

Osorio Hoyos, J. G. (2000). *Principio éticos de la investigación en seres humanos y en animales*. Buenos Aires.

Quiroga Medina, A. M. (2012). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios del centro de Bogotá utilizando el método del índice de vulnerabilidad. El índice de vulnerabilidad es un valor estimado de la seguridad estructural de la edificación debido a que la percepción, c.* Bogotá.

Raymondi, V. (1990). *Anteproyecto de norma del diseño y calculo de albañileria reforzada con pilares y cadenas*. Santiago de Chile.

Redacción El Comercio. (15 de Marzo de 2014). Sismo de 6 grados sacudió Chiclayo y se sintió en Ecuador. *El Comercio*. Obtenido de Sismo de 6 grados sacudió Chiclayo: <https://elcomercio.pe/peru/lambayeque/sismo-6-grados-sacudio-chiclayo-sintio-ecuador-302122>

Redacción RPP. (25 de Febrero de 2015). Chiclayo: El norte presenta riesgo bajo un terremoto de gran magnitud. Obtenido de RPP Noticias.: <http://rpp.pe/peru/actualidad/chiclayo-el-norte-presenta-riesgo-bajo-de-un-terremoto-de-gran-magnitud-noticia-772800>

Rétis Jiménez, R. A. (2015). *Determinación de los índices de vulnerabilidad estructural de edificaciones de albañilería confinada, empleando el método japonés*. Tesis, Lima. Obtenido de Determinación de los índices de vulnerabilidad estructural de edificaciones de albañilería confinada empleando el método japonés *Revista Cocktail*. (8 de Septiembre de 2017). Obtenido de Tiembla la tierra, los terremotos mas catastróficos en el mundo: <http://cocktail.pe/tembla-la-tierra-los-terremotos-mas-catastroficosen-el-mundo/>

Sanz Bisbal, A. (25 de Agosto de 2015). *Los Sismos en el Peru*. Obtenido de <http://www.revistabiendosalud.com/articulos/mundo/los-sismos-en-el-peru/>

Silva Bustos, N. A. (2011). *Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales, y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana*. Santiago de Chile.

Tam Málaga, J., Vera, G., & Oliveros Ramos, R. (2008). *Tipos, métodos y estrategias de investigación científica*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf

Villela, M. (s.f.). *Ensayo de granulometría*. Obtenido de https://www.academia.edu/19761262/ENSAYO_GRANULOMETRIA_SUELOS

Wakabayashi M. (1986). *Design of earthquake-resistant buildings*. Mc Graw-hill book Company.

Wegener Lothar, A. (1912). *Die Entstehung der Contiente: Geologische Rundschau* (Vol. V.3). Germany.

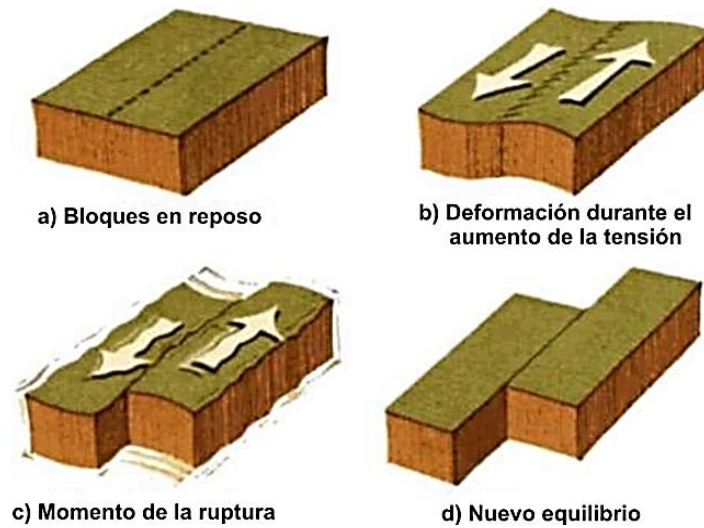
Wegener Lothar, A. (1915). *El origen de los continentes y oceanos*. Berlin.

Wegener Lothar, A. (9 de Noviembre de 2009). *Pruebas de la deriva continental*. Obtenido de Pruebas de la deriva continental: <https://pitbox.wordpress.com/2009/11/09/wegener-pruebas-de-la-deriva-continental/>

ANEXOS

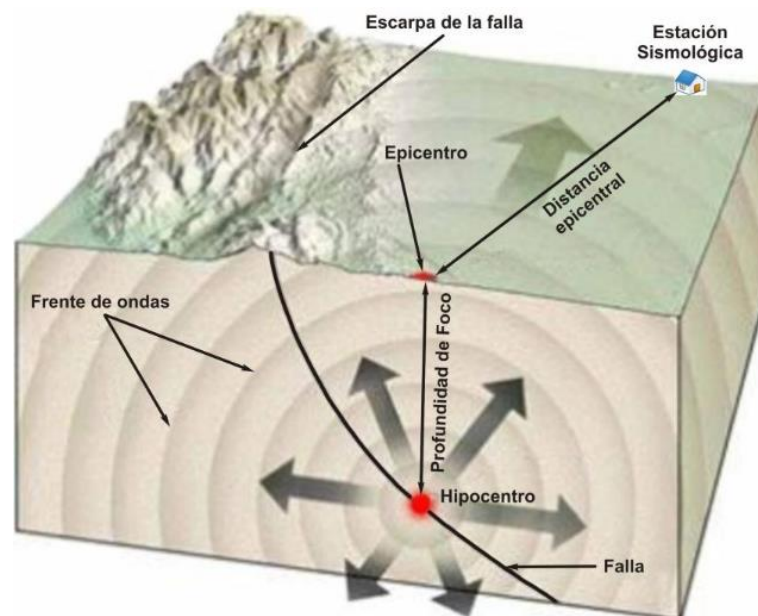
Imágenes de referencia visual

Ilustración 14: Esquema del proceso del rebote elástico.



Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica.

Ilustración 15: Corte de la tierra ilustrando el proceso de un sismo



Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica.

Ilustración 16: Zonificación del territorio nacional del Perú



Fuente Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

Panel fotográfico de la inspección preliminar de las edificaciones esenciales

Esta institución cuenta con más de 40 años aproximadamente, cuenta con más de 800 alumnos entre inicial y primaria y tiene un área de terreno de aproximadamente 4 hectáreas. Los alumnos del nivel inicial cuentan con estos módulos que tienen una antigüedad aproximada de 30 años la cual no es apta para llevar a cabo sus actividades académicas. Esta institución cuenta con aproximadamente 520 alumnos del nivel primario su antigüedad aproximadamente de 40 años y un área de 4 hectáreas aproximadamente.

Ilustración 17: I.E. N° 10007 “Sagrado Corazón de María”



Ilustración 18: Ambiente para los alumnos de inicial de la IE. N° 10007



Ilustración 19: Módulo de aulas de la IE. N° 10007



Ilustración 20: Interior de las aulas en módulo hexagonal de la IE. N° 10007



La institución presenta un módulo de una antigüedad de 1969, donde en la actualidad sirven de aulas para alumnos de 1 y 3 grado de primaria donde las condiciones no son las requeridas. Módulo de una antigüedad de 20 años diseñado con la Norma Técnica E0.30 antigua.

Ilustración 21: I.E. N° 10006 “Arturo Schutt y Saco”



Ilustración 22: Módulo de aulas de concreto armado de la IE. N° 10006



Ilustración 23: Primer pabellón de la I.E.N°10006



Ilustración 24: Exterior posterior del módulo de aulas de la IE. N°10006



Edificación que cuenta con más de 30 trabajadores entre personal técnico, administrativo, etc.

Ilustración 25: Municipalidad Distrital de Chongoyape



Panel fotográfico del levantamiento topográfico

Ilustración 26: Levantamiento topográfico de los módulos de la IE. N° 10007



Se hizo el levantamiento topográfico de los módulos de aulas y de oficinas administrativas de la IE. N° 10007.

Ilustración 27: Levantamiento topográfico de los módulos de la IE. N° 10006



Se hizo el levantamiento topográfico del módulo de aulas de la IE. N° 10006.

Panel fotográfico de las excavaciones de las calicatas

Municipalidad Distrital de Chongoyape

Ilustración 28: Calicata N° 1 de la Municipalidad Distrital de Chongoyape



En la calicata N°1 de la municipalidad distrital a más de una profundidad de 3.00 m se encontró material de relleno no seleccionado con desechos orgánicos e inorgánicos contaminantes del suelo.

Ilustración 29: Vista de calicata N°1, relleno no seleccionado.



Ilustración 30: Material extraído calicata N°1, relleno no seleccionado



Ilustración 31: Material extraído calicata N°1, relleno no seleccionado



IE. N° 10006 “Arturo Schutt y Saco”

Ilustración 32: Calicata N°1 de la IE. N° 10006



En la calicata N°1 de la institución educativa se encontraron 2 diferentes estratos en una profundidad de 3.00 m.

Ilustración 33: Calicata N°2 de la IE. N° 10006



En la calicata N°2 de la institución educativa se encontraron 2 diferentes estratos en una profundidad de 3.00 m.

Ilustración 34: Calicata N°3 de la I.E. N° 10006



En este caso, la calicata N°3 se encontró un único estrato en una profundidad de 3.00 m.

I.E. N° 10007 “Sagrado Corazón de María”

Ilustración 35: Calicata N°1 de la I.E. N° 10007



En la calicata N°1 de la institución educativa se encontraron 2 diferentes estratos en una profundidad de 3.00 m.

Ilustración 36: Calicata N°2 de la I.E. N° 10007



En la calicata N°2 de la institución educativa se encontraron 3 diferentes estratos en una profundidad de 3.00 m.

Ilustración 37: Calicata N°3 de la I.E. N° 10007



En la calicata N°3 de la institución educativa se encontraron 2 diferentes estratos en una profundidad de 3.00 m.

Panel fotográfico de los ensayos hechos en laboratorio

Ilustración 38: Pesado de las muestras del Ensayo de contenido humedad.



Ilustración 39: Muestras secas en el horno, para el Ensayo de contenido de humedad y el Ensayo de Límite de Atterberg



Ilustración 40: Ensayo de granulometría de las muestras



Ilustración 41: Ensayo de Límite plástico de las muestras



Ilustración 42: Ensayo de Límite líquido de la muestra



Ilustración 43: Muestras secas y pesadas luego de los Ensayos de Límite de Atterberg



Ilustración 44: Ensayo de Granulometría por Sedimentación de las muestras



Ilustración 45: Batido de las muestras para el Ensayo granulométrico por sedimentación



Ilustración 46: Medición con el hidrómetro de la sedimentación en las muestras



Panel fotográfico de la extracción de corazones diamantinos

Ilustración 47: Extracción de corazones diamantinos en el módulo de aulas en la IE. N° 10007



Ilustración 48: Extracción de corazones diamantinos en el módulo de oficinas en la IE. N° 10007

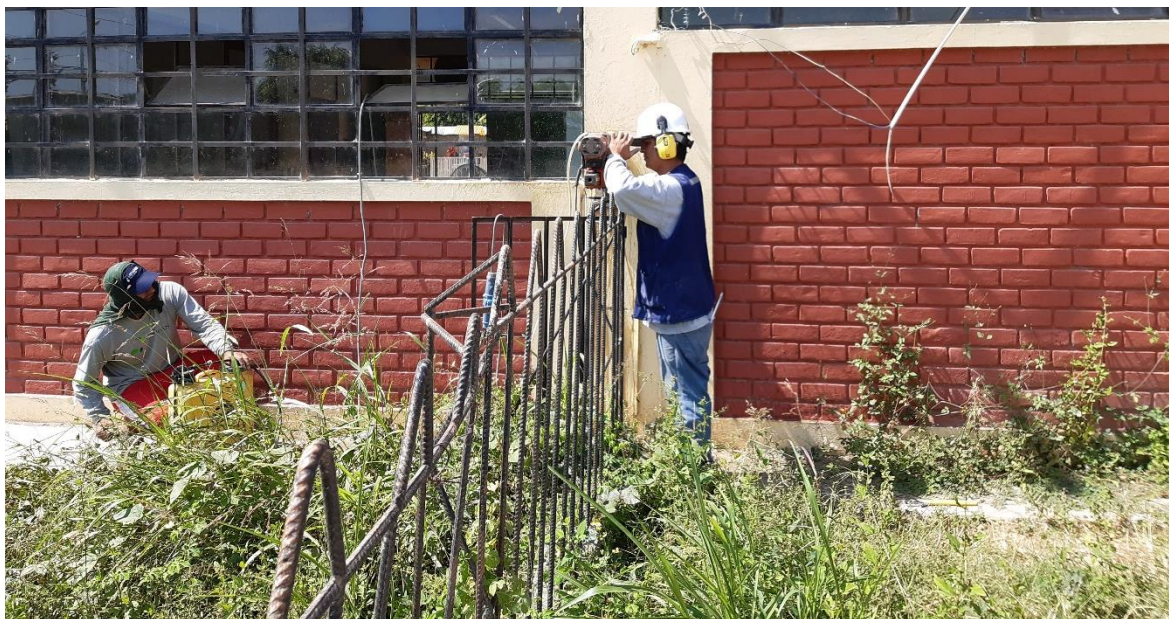


Ilustración 49: Reparación de daños por la extracción de corazones diamantinos



Ilustración 50: Total de corazones diamantinos extraídos en el IE. N° 10007



Ilustración 51: Toma de medidas de los corazones diamantinos extraídos



Ilustración 52: Prueba de resistencia a la compresión de los corazones diamantinos



Ilustración 53: Muestra fracturada luego del ensayo



Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES ESENCIALES EN LA LOCALIDAD DE CHONGOYAPE USANDO EL MÉTODO DE ÍNDICES DE VULNERABILIDAD.	El movimiento de las placas tectónicas son una gran amenaza para los núcleos de población, pero los principales causantes de las destrucciones ocurridos por los sismos son: la cercanía del epicentro a las metrópolis, la densidad de habitantes en éstas, los protocolos de emergencia existentes y la preparación de las infraestructuras (BBC Mundo, 2016).	Las estructuras de las edificaciones esenciales, en la localidad de Chongoyape, son vulnerables.	Evaluar la Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones esencial en la Localidad de Chongoyape, aplicando el Método de Índices de Vulnerabilidad y el Reglamento Nacional de Edificación.	La investigación es del tipo tecnológica con enfoque cuantitativa. Según, Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, (2010). Es secuencial y probatorio.	Cómo técnica de recolección de datos se va a emplear la técnica de observación y análisis de documentos.	
	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	JUSTIFICACIÓN	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	
	¿Son vulnerables estructuralmente las edificaciones esenciales de la localidad de Chongoyape, ante un sismo severo?	En lo técnico, según la RNE E.030, el distrito de Chongoyape le corresponde la zona 4 con altas cantidades de acciones sísmicas, lo que nos obliga a indagar lo aptas y preparadas que están las edificaciones esenciales en la localidad (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016).	1. Identificar las características físicas y mecánicas del suelo en las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 "Sagrado Corazón de María", I.E.P N°10006 "Arturo Schutt y Sacco", "Municipalidad Distrital de Chongoyape".	ÚNICA	Vulnerabilidad estructural	El método investigativo a emplearse en la investigación es el método mixto que implica análisis, de ducción y síntesis, puesto que la obtención de las propiedades y características de los materiales a emplear será práctica y sencilla nos permite conseguir la dosificación de la mezcla y posteriormente evaluarla. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)
		En el ámbito económico, al conocer las deficiencias de las edificaciones ante las acciones sísmicas se pueden plantear una solución de reforzamiento estructural lo que mejoraría el comportamiento y la resistencia ante un sismo severo evitando así futuras pérdidas humanas y materiales reconstruyendo o reparando las edificaciones.	2. Determinar la vulnerabilidad estructural aplicando el método de índice de vulnerabilidad (método FEMA 154) de las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 "Sagrado Corazón de María", I.E.P N°10006 "Arturo Schutt y Sacco", "Municipalidad Distrital de Chongoyape".			ASPECTOS ÉTICOS
		En lo social, estas edificaciones son esenciales para la localidad ya que la mayoría de la población estudiantil primaria transitan por las instituciones educativas; mientras que "Municipalidad Distrital de Chongoyape", es la principal oficina gubernamental de la zona. Estas tres edificaciones también tienen la función de servir como refugio o centro de acopio ante cualquier fenómeno.	3. Determinar la vulnerabilidad estructural aplicando las consideraciones del Reglamento Nacional de Edificaciones en las edificaciones esenciales: I.E.P N°10007 "Sagrado Corazón de María", I.E.P N°10006 "Arturo Schutt y Sacco", "Municipalidad Distrital de Chongoyape".	POBLACIÓN Y MUESTRA		Para la ética de la publicación, la investigación se hace con la finalidad de aportar nuevos conocimientos para que posteriormente sirvan de referencia en temas relacionados.
			4. Comparar los resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad aplicando el método de índice de vulnerabilidad (método FEMA 154) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE E.030).	La población en el proyecto de investigación es las todas las edificaciones esenciales en la localidad de Chongoyape.		Para la ética de la aplicación, los futuros beneficios obtenidos por medio de esta investigación deben concordar con el código ético de la profesión; en este caso se el código que se tomará como referencia será el "Código Ético del Ingeniero Civil".

Fuente: Elaboración propia

**Formatos de pruebas de
laboratorio del estudio de
mecánica de suelos**

**Método de FEMA 154:
Formulario de recolección de
datos**

Formatos de recepción de corazones diamantinos

Evaluación estructural

Diseño de muro de corte de reforzamiento

Planos

Planos reforzamiento