

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA
INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN
EDUCATIVA SANTIAGO ANTÚNEZ DE
MAYOLO, PARIHUANCA**

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

Autor: Bachiller. Reyes Estrada Nilo Isau

Asesor: Flores Espinoza Carlos Gerardo

Línea de investigación: Nuevas Tecnologías y Procesos

Huancayo – Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado fortaleza y salud para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

A mis padres, que han sabido formarme con altos valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

Bach. Reyes Estrada Nilo Isau

AGRADECIMIENTO

Agradecemos todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de la culminación de nuestro trabajo de investigación. A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo incondicional.

Bach. Reyes Estrada Nilo Isau

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0320 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulado:

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO, PARIHUANCA

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. REYES ESTRADA NILO ISAU
Facultad : INGENIERÍA
Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
Asesor(a) : ING. FLORES ESPINOZA CARLOS GERARDO

Fue analizado con fecha 18/09/2024; con 139 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 25 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 18 de septiembre de 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE**

**MTRA. AYUQUE ALMIDON NELFA ESTRELLA
JURADO REVISOR**

**MTRO. FABIAN BRAÑEZ ALCIDES LUIS
JURADO REVISOR**

**MTRA. NINAHUANCA ZAVALA YINA MILAGROS
JURADO REVISOR**

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DE DOCENTE**

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS	iv
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	16
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1. Planteamiento del problema de investigación.....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Social.....	19
1.3.2. Teórico	20
1.3.3. Metodología	20
1.4. Delimitación.....	21
1.4.1. Delimitación espacial.....	21
1.4.2. Delimitación temporal	21
1.4.3. Delimitación económica	21
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo general.....	21
1.5.2. Objetivos específicos	22

CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	27
2.2. Bases teóricas.....	33
2.2.1. Evaluación estructural.....	33
2.2.2. Propuesta de reforzamiento.....	42
2.2.3. Bases legales.....	50
2.3. Definición de términos conceptuales.....	50
2.4. Hipótesis.....	52
2.4.1. Hipótesis general.....	52
2.4.2. Hipótesis específicas.....	52
2.5. Variables.....	52
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	52
2.5.2. Operacionalización de la variable.....	53
CAPÍTULO III.....	55
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.1. Método de investigación.....	55
3.2. Tipo de investigación.....	55
3.3. Nivel de investigación.....	56
3.4. Diseño de Investigación.....	56
3.5. Población y muestra.....	57
3.5.1. Población.....	57
3.5.2. Muestra.....	57
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	57
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	58
3.7. Procesamiento de la información.....	59
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	59

CAPÍTULO IV	60
RESULTADOS	60
4.1. Diseño tecnológico	60
4.1.1. Descripción de la institución educativa	61
4.1.2. Descripción del análisis estructural	63
4.2. Descripción de resultados	67
4.2.1. Evaluación estructural	67
4.2.2. Propuesta de reforzamiento	71
4.3. Prueba de hipótesis	79
4.3.1. Cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa	79
4.3.2. Derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa	80
4.3.3. Periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa	82
CAPÍTULO V	83
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	83
5.1. Discusión de resultados	83
5.1.1. Cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa	83
5.1.2. Irregularidades en la infraestructura de la institución educativa	85
5.1.3. Derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa	85
5.1.4. Periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa	87
5.1.5. Reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa	88
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	100
PANEL FOTOGRÁFICO.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perfiles de suelo.....	34
Tabla 2. Factor de amplificación de suelo	35
Tabla 3. Periodos de planta y laterales	35
Tabla 4. Factor de amplificación sísmica	35
Tabla 5. Coeficiente de reducción sísmica	37
Tabla 6. Regularidad de edificaciones según categorías	38
Tabla 7. Irregularidades en planta	39
Tabla 8. Irregularidades en altura	39
Tabla 9. Límites de desplazamientos del entrepiso	42
Tabla 10. Operacionalización de la variable independiente.	54
Tabla 11. Rangos de validez.....	58
Tabla 12. Elementos estructurales	62
Tabla 13. Propiedades de los materiales.....	64
Tabla 14. Carga en losa	64
Tabla 15. Carga en tabiquería.....	65
Tabla 16. Consideraciones sísmicas	65
Tabla 17. Consideraciones sísmicas	68
Tabla 18. Peso de la estructura	68
Tabla 19. Modos de vibración	68
Tabla 20. Factor de amplificación sísmica C.....	69
Tabla 21. Coeficiente sísmico Cs	69
Tabla 22. Cortante basal estática	69
Tabla 23. Cortante basal dinámica.....	69
Tabla 24. Cortante estática vs. Cortante dinámica	70
Tabla 25. Derivas en el eje X.....	70
Tabla 26. Derivas en el eje Y.....	70
Tabla 27. Periodo de vibración.....	71
Tabla 28. Diseño de acero de viga chata	72
Tabla 29. Diseño de acero de viga de escalera	73

Tabla 30. Información de la columna C-1 reforzada.....	74
Tabla 31. Información de la columna C-8 reforzada.....	76
Tabla 32. Peso de la estructura con refuerzo	77
Tabla 33. Cortante estática vs. Cortante dinámica con reforzamiento	77
Tabla 34. Derivas en el eje X, estructura con reforzamiento.....	78
Tabla 35. Derivas en el eje Y, estructura con reforzamiento.....	78
Tabla 36. Periodo de vibración con refuerzo.....	78
Tabla 37. Cortante estática y dinámica, original y con refuerzo	79
Tabla 38. Derivas eje X, estructura original y con refuerzo	80
Tabla 39. Derivas eje Y, estructura original y con refuerzo	81
Tabla 40. Periodo de vibración, estructura original y con refuerzo.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas sísmicas en Perú	34
Figura 2. Reforzamiento de estructura general.....	43
Figura 3. Reforzamiento de elemento estructural.....	44
Figura 4. Reforzamiento estructural en elementos	44
Figura 5. Valores K teórico	48
Figura 6. Ubicación de la institución educativa.....	60
Figura 7. Estado actual del pabellón.....	61
Figura 8. Plano estructural de planta – primer nivel.....	61
Figura 9. Plano estructural de planta – segundo nivel	61
Figura 10. Secciones de vigas.....	62
Figura 11. Secciones de columnas.....	63
Figura 12. Detalle de losa aligerada	63
Figura 13. Primer nivel – modelado ETABS.....	66
Figura 14. Segundo nivel – modelado ETABS	66
Figura 15. Vista 1 en 3D – modelado ETABS	67
Figura 16. Vista 2 en 3D – modelado ETABS	67
Figura 17. Sección de viga chata con reforzamiento de encamisado	72
Figura 18. Sección de viga de escalera con reforzamiento de encamisado	73
Figura 19. Sección de columna C-1 con reforzamiento de encamisado.....	74
Figura 20. Diagrama de interacción eje X, C-1 con reforzamiento.....	75
Figura 21. Diagrama de interacción eje Y, C-1 con reforzamiento.....	75
Figura 22. Sección de columna C-8 con refuerzo de encamisado	76
Figura 23. Diagrama de interacción eje X, C-8 con reforzamiento.....	76
Figura 24. Diagrama de interacción eje Y, C-8 con reforzamiento.....	77
Figura 25. Derivas eje X, estructura original y con refuerzo.....	80
Figura 26. Derivas eje Y, estructura original y con refuerzo.....	81

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problemática principal: ¿Cómo es la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca?, el objetivo general fue: Describir la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca, la hipótesis general: La evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, señala que la estructura es vulnerable y requiere reforzamiento. Con respecto a la metodología la presente investigación se utilizó el método cuantitativo, y el tipo de investigación fue aplicada y el nivel de investigación fue el descriptiva y el diseño de investigación no experimental, para la población se delimito por todas las instituciones educativas de nivel secundario del distrito de Pariahuanca, Huancayo y lo correspondiente para la muestra de la investigación fue no probabilística y por conveniencia, la cual está delimitada por 1 pabellón de la institución educativa del distrito de Pariahuanca. A todo esto se llegó a la conclusión principal de que la estructura del pabellón del colegio Santiago Antúnez de Mayolo es vulnerable por lo que requiere de reforzamiento estructural como encamisado en los elementos estructurales de vigas y columnas para mejorar el comportamiento de la estructura que reduce los desplazamientos y se incrementan las secciones de vigas y columnas. En el caso de las vigas, se propone el incremento de peralte en la cara inferior junto al número de aceros y en el caso de las columnas se incrementó la cantidad de aceros y el espesor de concreto en las cuatro caras.

Palabras clave: columnas, encamisado, evaluación estructural, institución educativa, reforzamiento, vigas.

ABSTRACT

The main problem of this research was: How is the structural evaluation and proposal for the reinforcement of the infrastructure of the educational institution Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca? The general objective was: To describe the structural evaluation and proposal for the reinforcement of the infrastructure of the educational institution Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca, the general hypothesis: The structural evaluation and proposal of reinforcement of the infrastructure of the educational institution Santiago Antúnez de Mayolo, points out that the structure is vulnerable and requires reinforcement. With respect to the methodology, this research used the quantitative method, and the type of research was applied and the level of research was descriptive and the research design was non-experimental, for the population was delimited by all the secondary level educational institutions of the district of Pariahuanca, Huancayo and the corresponding for the sample of the research was non-probabilistic and by convenience, which is delimited by 1 ward of the educational institution of the district of Pariahuanca. The main conclusion reached was that the structure of the Santiago Antúnez de Mayolo school pavilion is vulnerable and therefore requires structural reinforcement such as jacketing of the structural elements of beams and columns to improve the behavior of the structure to reduce displacements and increase the cross-sections of beams and columns. In the case of the beams, it is proposed to increase the camber in the bottom face together with the number of steels and in the case of the columns, the number of steels and the thickness of concrete in the four faces were increased.

Keywords: columns, jacketing, structural evaluation, educational institution, reinforcement, beams.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación de que tuvo el título: **“Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca”**, se realizó la evaluación de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, ubicada en el distrito de Pariahuanca de la provincia de Huancayo, bajo las normativas actuales para posteriormente establecer una propuesta de reforzamiento de la estructura del pabellón.

El aporte de la investigación radica en la evaluación del estado actual del pabellón de la institución educativa secundaria y la propuesta de reforzamiento con encamisado de vigas y columnas, para garantizar un buen comportamiento estructural en beneficio de la seguridad e integridad de estudiantes de nivel secundario del distrito de Pariahuanca, además de ser una edificación esencial de concurrencia ante desastres naturales.

Para llevar a cabo la investigación se realizó el levantamiento topográfico del pabellón para elaborar los planos debido a que dicha institución educativa fue construida de forma empírica por los padres de familia y pobladores del distrito de Pariahuanca. Los planos sirvieron de referencia para el modelamiento en el programa ETABS con el método de análisis dinámico modal espectral, con sistema estructural de pórticos en el eje X y muros portantes de albañilería en el eje Y. Del modelamiento se obtuvo una estructura vulnerable con baja rigidez y desplazamientos en el eje X que superan los límites de entrepiso según la norma E.030. Por lo que la propuesta de reforzamiento comprende el encamisado de columnas primarias y secundarias donde se aumentan las dimensiones de las cuatro caras, así como de las vigas chatas y de escalera en el que el peralte se incrementa.

El trabajo de investigación comprende los siguientes capítulos:

- **En el Capítulo I:** Planteamiento del problema; donde se plantea el problema general y los problemas específicos, los objetivos tanto el general como los específicos, la justificación social, teórica y metodológica, así como la delimitación espacial, temporal y económica.
- **En el Capítulo II:** Marco teórico; se presentan los estudios previos y la literatura necesaria de la investigación mediante los antecedentes, bases teóricas, definición de términos conceptuales. Además de las hipótesis y la definición conceptual de las variables.
- **En el Capítulo III:** Metodología; se plantea la estructura medular de una investigación con el método, el tipo de estudio, nivel de estudio, diseño de estudio, población, muestra y técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.
- **En el Capítulo IV:** Resultados; en este capítulo se muestra los resultados obtenidos de la investigación; el cual comprende el diseño tecnológico, descripción de resultados y la prueba de hipótesis.
- **En el Capítulo V:** Discusión de resultados; en este capítulo se muestra la discusión de resultado de acuerdo a los objetivos específicos formulados junto con investigaciones previas para encontrar la diferencia o la similitud de las conclusiones para enriquecer el método científico.

Como parte final del estudio, también se adjuntan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, anexos y panel fotográfico.

Bach. Reyes Estrada Nilo Isau

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema de investigación

La evaluación estructural de infraestructuras educativas, se refiere al proceso de inspección, análisis y valoración de la integridad y seguridad de los elementos estructurales y edificaciones que componen las instalaciones destinadas a la educación, como escuelas, colegios, universidades y otros centros educativos. La finalidad de esta evaluación es garantizar que las infraestructuras sean seguras y funcionales para los estudiantes, el personal docente y la comunidad en general. Esto implica identificar y abordar posibles deficiencias, daños, desgaste o problemas estructurales que puedan poner en riesgo la vida de las personas o afectar el entorno de aprendizaje (ASCE, 2017).

La evaluación estructural de infraestructuras educativas combina conocimientos de distribución arquitectónica, diseño estructural y diseño sísmico. Para el cual se realizan inspecciones visuales, pruebas no destructivas, análisis de cargas, estudios geotécnicos y otros métodos para evaluar la resistencia y estabilidad de los edificios y las instalaciones. Además, se considera la capacidad de respuesta de estas estructuras frente a situaciones de

desastre, como terremotos, inundaciones o incendios, ya que los centros educativos deben ser refugios seguros en caso de emergencia (MONTERO, 2014).

La evaluación estructural y el reforzamiento de las instituciones educativas son preocupaciones globales debido a una serie de factores, incluyendo el envejecimiento de las infraestructuras escolares, el aumento de la población estudiantil y la necesidad de adaptarse a las demandas de la educación en el siglo XXI (Banco mundial, 2014). Además, los desafíos como el cambio climático y los desastres naturales han resaltado la importancia de garantizar la seguridad de las instalaciones escolares. La emergencia sanitaria de los últimos 3 años también ha acentuado la necesidad de infraestructuras escolares seguras y funcionales para la implementación de modalidades de enseñanza en línea y presenciales (UNESCO, 2020).

En la región latinoamericana, las instituciones educativas enfrentan desafíos similares en términos de evaluación estructural y reforzamiento. Muchas escuelas en la región carecen de infraestructuras adecuadas, lo que afecta la calidad de la educación y la seguridad de los estudiantes (El estado de la infraestructura educativa en América Latina, 2016). Además, las instituciones educativas en América Latina a menudo se enfrentan a limitaciones presupuestarias que dificultan la realización de mejoras estructurales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2018).

En Perú, la problemática de la evaluación estructural y el reforzamiento de las instituciones educativas son relevante debido a la exposición del país a eventos sísmicos. Debido a que el terremoto de Pisco en 2007 resaltó la vulnerabilidad de muchas escuelas peruanas y la necesidad de fortalecer sus estructuras. A pesar de los esfuerzos gubernamentales para mejorar la infraestructura educativa, muchas escuelas en Perú aún enfrentan desafíos en términos de calidad y seguridad (Gobierno del Perú, 2014).

El Programa Nacional de Infraestructura Educativa (2018) señaló que en el Perú existe una significativa deficiencia en la infraestructura educativa, estimada en 100,499 millones de soles. Esta deficiencia, si se lograra subsanar, tendría el potencial de asegurar la sostenibilidad, mejorar la gestión, aumentar la capacidad y garantizar estándares básicos de seguridad en las instalaciones educativas de todos los niveles. No obstante, a pesar de los esfuerzos realizados para abordar esta carencia, como los incrementos presupuestarios de los años 2018 y 2019, que sumaron 4,060 y 5,390 millones de soles respectivamente, aún no se ha alcanzado el objetivo deseado (MINEDU, 2018).

Una de las razones por las cuales no se ha podido cerrar la brecha en la infraestructura es la longevidad de las escuelas, muchas de las cuales tienen más de dos décadas de servicio. Esto significa que estas instituciones fueron construidas conforme a regulaciones obsoletas que solo consideraban un enfoque estático y no tenían en cuenta el análisis dinámico (CÓRDOVA, y otros, 2021). Asimismo, es necesario mencionar que la anterior NTP E.030 subestimaba los desplazamientos laterales causados por fuerzas sísmicas, los cuales no estaban incluidos en el proceso de análisis dinámico – sísmico.

Según el censo nacional realizado a las instituciones educativas a nivel nacional en el año 2015, se encontró que del total de 177 mil edificaciones escolares el 55% necesita una reparación completa y el 18% requiere de reforzamiento estructural (MINEDU, 2015).

De los colegios evaluados, se encontró que los principales problemas estructurales son fallas por columna corta debido a la unión de columnas y tabiques, y fisuras debido a las sollicitaciones sísmicas (GUTIERREZ, 2019).

De acuerdo a lo descrito en los anteriores párrafos, el objetivo de la investigación es evaluar la estructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo - Pariahuanca,

como también describir la propuesta de reforzamiento estructural en función a la condición actual en la que se encuentra la infraestructura educativa.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo es la cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa?
- b. ¿Cuáles son las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa?
- c. ¿Cómo es la deriva en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa?
- d. ¿Cómo es el periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa?
- e. ¿Cómo es el reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

Sobre la justificación social o práctica, Bernal (2010) señala que existe cuando el desarrollo de la investigación propone estrategias que al aplicarse pretenden contribuir a la solución del problema en beneficio de una sociedad.

De esta forma, la evaluación estructural del pabellón de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo permitirá identificar el estado en que se encuentra la edificación tras aproximadamente 20 años de uso para la educación, con la finalidad de proponer el reforzamiento conveniente para garantizar un buen comportamiento estructural

en beneficio de la seguridad e integridad de estudiantes de nivel secundario del distrito de Pariahuanca.

1.3.2. Teórico

Castro (2016) destaca que la justificación teórica señala la importancia que tiene la investigación de un problema en el desarrollo de una teoría científica; el cual implica indicar si el estudio permitirá realizar una innovación científica.

Conforme al párrafo anterior, la investigación aporta teóricamente en cuanto a la evaluación estructural de un pabellón de dos niveles de una institución educativa, cuyo comportamiento no es el similar o igual a otras edificaciones educativas debido a las condiciones de terreno, materiales de construcción, mano de obra, supervisión de los trabajos, entre otros; así como en la propuesta de reforzamiento que se aplica de acuerdo al estado en que se encuentran los elementos estructurales de la estructura del pabellón de estudio.

1.3.3. Metodología

Al respecto Bernal (2010) afirma que la justificación metodológica se describe cuando el proyecto de investigación propone una nueva estrategia para la generación de conocimiento válido y confiable.

De esta forma, la investigación propone la evaluación estructural de un pabellón de dos niveles de una institución educativa de nivel secundario de acuerdo con las normativas nacionales de concreto armado, albañilería y sismo resistente, a fin de describir el estado actual de la estructura y proponer el reforzamiento según los requerimientos de diseño. De la misma forma, se debe mencionar que la investigación servirá de referencia para futuros

estudios similares que pretendan desarrollar la evaluación y reforzamiento de estructuras de una edificación de categoría A.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación espacial

Referente a la delimitación espacial, la investigación comprendió dos espacios para su ejecución. El primer lugar de estudio delimitado fue la institución educativa de nivel secundario Santiago Antúnez de Mayolo de la cual se recopiló la información referente al estado actual de su infraestructura y el segundo lugar fue la ciudad de Huancayo donde se realizó todo el trabajo de gabinete que corresponde al procesamiento y organización de la información obtenida.

1.4.2. Delimitación temporal

La investigación se desarrolló en los meses de diciembre del 2021 hasta julio del 2022 y la complementación de los estudios se desarrolló en los meses de septiembre a octubre del 2023.

1.4.3. Delimitación económica

La ejecución de la investigación fue autofinanciada por el autor, cuyo monto total de inversión ascendió a S/7 600.00 soles.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Describir la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca.

1.5.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa
- b. Identificar las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa
- c. Determinar las derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa
- d. Determinar el periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa
- e. Determinar el tipo de reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Estrada-Salgado y Delgado-De La Torre (2023) en el artículo de investigación “Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco”. El objetivo del estudio fue clasificar las causas y tipos de fallas en las instituciones educativas del municipio de Acapulco. La investigación partió de las consecuencias estructurales en edificaciones de tipo I por el sismo ocurrido el 19 de setiembre del 2017 en el estado de Guerrero, México que tiene mayor actividad sísmica. La muestra estuvo conformada por las edificaciones de nivel preescolar, primario y secundario. Tras las inspecciones técnicas visuales a los planteles educativos se encontró que el 30 % de ellos presentó una resistencia adecuada ante un sismo de magnitud de 7.1 con un epicentro de 12 Km al sureste de Axochiapan, Morelos; además de las patologías de corrosión de acero en columnas, humedad en losas por lo que requieren un pronto mantenimiento, a diferencia de un plantel educativo que presentó graves daños y que

necesita de la demolición y una nueva construcción que cumpla con los lineamientos estructurales y sísmicos del país mexicano. De esta forma los autores concluyen que la causa de los daños en los planteles educativos se debe al sismo ocurrido en el mes de setiembre en el estado de Guerrero y los tipos de fallas más comunes que se identificaron fueron la corrosión de acero en las columnas de todos los planteles estudiados.

De Mora-Gaibor y otros (2022) en el artículo de investigación “Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos”. El objetivo del estudio fue evaluar la vulnerabilidad física estructural de las unidades educativas del cantón San Miguel en Ecuador ante la amenaza de sismos. El alcance del estudio fue descriptivo y de diseño no experimental transversal. La muestra estuvo conformada por las unidades educativas del cantón San Miguel en Ecuador. La evaluación estructural de vulnerabilidad sísmica consideró como referencia la metodología de evaluación técnica y visual de la Agencia Federal para el manejo emergencias en los Estados Unidos denominado FEMA-15. La unidad educativa 24 de mayo y 10 de enero presentaron vulnerabilidad leve con valores entre 4.4 y 15.4 respectivamente, la unidad Ángel Polibio y Chaves y la unidad Fiscomisional San Miguel presentaron valores de 16.6 y 28.3 respectivamente que responden a una vulnerabilidad moderada. De esta forma los autores concluyeron que la evaluación física estructural pudo demostrar la presencia de grietas en los elementos estructurales y no estructurales, pérdida de recubrimiento e irregularidades en vertical y un tipo de suelo que incrementa el riesgo ante sismos, por lo que recomiendan considerar las características del lugar como la geología y geotécnica para reducir daños a futuro en las edificaciones.

Once y Panchana (2020) para la obtención del título de Ingeniero civil realizaron la tesis “Análisis estructural y verificación de propuesta de reforzamiento para construcción del cuarto piso en pabellón 9 de la unidad educativa Teodoro Wolf, del Cantón Santa Elena”. El objetivo general del estudio fue analizar el comportamiento actual y analizar el posible incremento de un piso adicional proponiendo un método de reforzamiento en caso de ser necesario utilizando la NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción) -15. El método de investigación fue científico y de diseño no experimental. La muestra estuvo delimitada por el pabellón 9 de la unidad educativa Teodoro Wolf del cantón Santa Elena. Para llevar a cabo la investigación se recopiló información de la estructura para la modelación del pabellón en el software ETABS V18 y SAP 2000 y su verificación según la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-15, el análisis estático no lineal por medio de los métodos ATC-40 y FEMA 440. De la modelación se encontró que los tres niveles de pabellón 9 cumplen con las solicitudes de la NEC-15, no obstante al incrementar un cuarto nivel se presentaron deficiencias estructurales por lo que se propuso el reforzamiento estructural con el aumento de sección de concreto y la aplicación de fibras de carbono en columnas que mejoran el comportamiento estructural del pabellón. Por lo cual los autores concluyeron que el comportamiento estructural actual del pabellón 9 cumple con las solicitudes de la NEC-15 y que al incrementar el cuarto piso la rigidez se reduce por lo que es necesario el encamisado de concreto armado para el cumplimiento de las solicitudes sísmicas y de construcción de la NEC-15.

Rivera y Tibaquira (2020) para obtener el título profesional de Ingeniero civil presentaron la tesis “Estudio de patología estructural institución educativa Santa Juana de Lestonnac Dosquebradas”. El propósito de la investigación fue determinar mediante un

estudio de patología el estado de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac y verificar si cumple con los registros de la NSR-10. El método de estudio fue científico y de diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por un pabellón de la institución educativa Santa Juana de Lestonnac que pertenece al grupo III de la NSR-10 y se identifica como una edificación esencial. La investigación comprendió el levantamiento topográfico del pabellón para la elaboración de planos de distribución y estructurales que sirvieron de referencia en el modelado en el programa ETABS, así mismo se realizaron ensayos no destructivos y registros fotográficos. De acuerdo con el modelamiento, las derivas en el eje X e Y no cumplen con el máximo de 1% de la NSR-10, por lo que se incrementó la sección de las columnas (24 x 24 cm a 30 x 30 cm) y vigas (15 x 14 cm a 30 x 40 cm) para incrementar la rigidez con lo que las derivas cumplen con las solicitaciones de la NSR-10. De esta forma se concluye que los elementos estructurales del pabellón en estudio presentan deterioros y desgaste en vigas y columnas debido al tiempo y uso de la edificación, además de presentar un alto grado de carbonatación y fuerte desplazamiento en el eje X e Y tras las modelación por lo que se requiere de un reforzamiento estructural de aumento de encamisado o incremento de sección en las vigas y columnas para cumplir con la normativa NSR-10.

Cruz y Pérez (2017) para obtener el título profesional de Ingeniero civil desarrollaron la tesis “Estudio de patología estructural Institución Educativa Enrique Millán Rubio”. El objetivo general del estudio fue determinar mediante un estudio de patología el estado de la institución educativa Enrique Millán Rubio y verificar si cumple con los requisitos de la norma NRS-10. El método de estudio fue científico y de diseño no experimental. La muestra estuvo delimitada por tres pabellones de la institución educativa

Enrique Millán Rubio. La investigación se desarrolló en tres fases, la primera constó de visitar la edificación para registrar los daños en los elementos estructurales que se acompañaron de pruebas no destructivas a las columnas y vigas, en la segunda fase se modelaron los tres pabellones de la institución educativa para verificar el cumplimiento de derivas e índice de esfuerzo, y en la tercer fase se propuso el reforzamiento estructural junto a una nueva modelación estructural. De la evaluación en campo y modelación se encontró que la estructura de los pabellones presentan problemas estructurales y funcionales por el deterioro, además de una amenaza por taludes alrededor de la institución educativa; el sistema estructural de los tres pabellones fue de pórticos y muros confinados, del modelamiento se encontró que las derivas no cumplen con los límites de la Norma Sismo Resistente NSR-10, por lo que se requiere del recalce de columnas y vigas o aumento de sección en los tres pabellones y en el tercer pabellón la inclusión de una viga perimetral. Por lo cual los autores concluyeron que el estado de la institución educativa es deficiente por lo que es necesario el reforzamiento estructural propuesto ya que cumple con la NSR-10 de Colombia.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Paredes (2022) para obtener el título profesional de Ingeniero civil en la tesis “Evaluación de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento de la Institución Educativa Primaria N°70604 de Caracoto, Puno – 2022”. El objetivo general del estudio fue estimar el nivel de vulnerabilidad sísmica en edificaciones esenciales determinados y proponer el refuerzo estructural de la institución educativa primaria N°70604 en San Román, Puno. El método de investigación responde al científico con diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por el pabellón 1 de la institución educativa

de nivel primario N°70604. La investigación contempló la revisión, análisis y referencia de la normativa nacional denominada E.030 de diseño sismorresistente, ensayos de mecánica de suelos, ensayos de esclerometría, método ATC -21 y el método de la ACIS. Del análisis de vulnerabilidad se encontró que la estructura del pabellón 1 presentó una vulnerabilidad media por la presencia de fallas por columna corta que carece de junta sísmica por lo que requiere el reforzamiento de placas para que la vulnerabilidad se reduzca. De esta forma el autor concluyó que la propuesta de reforzamiento para la estructura del pabellón 1 de la institución educativa de nivel primario N°70604 es eficaz ya que la vulnerabilidad sísmica se reduce a muy baja.

Salazar y Rodríguez (2022) para optar el título profesional de Ingeniero civil desarrollaron la tesis “Evaluación estructural y funcional para el mejoramiento de la infraestructura de la I.E. Santo Toribio de Mogrovejo, Zaña, Lambayeque”. El objetivo general del estudio fue evaluar estructural y funcionalmente a la I.E. Santo Toribio de Mogrovejo, distrito de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque para el mejoramiento de la infraestructura. El método de investigación fue científico y de diseño no experimental. La muestra estaba conformada por los módulos con mayor concurrencia de estudiantes y docentes como módulos administrativos, educativos y antiguos que se encuentran en uso, los cuales fueron el módulo 1 de laboratorio, el módulo 2 de aulas y el módulo de dirección, secretaría y de docentes. La investigación contempló siete fases para su desarrollo, en la primera se llevó a cabo el levantamiento topográfico para la elaboración de planos, en la segunda se realizó la ubicación de puntos de calicatas para la extracción de muestras, en la tercera fase se realizaron los ensayos de mecánica de suelos como granulometría, humedad natural, gravedad específica y corte directo, en la cuarta fase se

realizó la evaluación estructural en la que se emplearon fichas de evaluación estructural y no estructural de los módulos, así como la extracción de núcleos diamantinos para verificar la resistencia a compresión de los elementos estructurales en los módulos educativos, en la quinta fase se realizó la evaluación funcional con fichas, en la sexta fase se aplicó el software ETABS 2016 y SAFE 2016 para la modelación de los módulos de la institución educativa, y en la última fase se desarrolló la propuesta de reforzamiento estructural y la propuesta de reparación de patologías según el manual de reparación respectivo. Del análisis de patologías en los elementos estructurales del módulo se encontró que las columnas presentan con mayor predominancia la erosión física, seguido de los sobrecimientos que presentaron desprendimiento en menor proporción, seguido de las vigas que presentan fisuras en menor proporción, los muros presentaron menor desprendimiento y las veredas presentaron mayor porcentaje de grietas y menor deformación; respecto a las características del suelo, se encontró que la capacidad portante asciende a 0.922 Kg/cm^2 para un suelo arcilloso de plasticidad media el cual cumple para construcción de instalaciones educativas de nivel inicial, primario, secundario y básico especial según el MINEDU; de la extracción de núcleos de concreto se encontró que las columnas superan el 85% de resistencia de diseño respecto a la actual a diferencia de las vías que alcanzaron el 53% de la resistencia a compresión de diseño respecto a la actual toma de muestra, de la evaluación estructural y funcional se encontró que las derivas no cumplen con el límite permisible en los pisos 1 y 2, por lo que la propuesta de reforzamiento estructural se orienta a la colocación de muros de corte en el eje x del módulo 1 y 2 de aulas y laboratorio Por lo cual los autores concluyeron que la configuración estructural de los módulos analizados no son confiables durante un evento sísmico, por lo que se propuso el

reforzamiento estructural con muros de corte en el eje x para incrementar la resistencia y rigidez ante fuerzas sísmicas.

Morales y Silva (2021) para optar el título profesional de Ingeniero civil en la tesis “Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento para mejorar el comportamiento sísmico en la I.E. – N°3056 Gran Bretaña Módulo G, Lima - 2021”. El objetivo del estudio fue determinar la influencia del reforzamiento en el comportamiento sísmico estructural de la Institución Educativa N°3056 Gran Bretaña Módulo G, Lima. El método de investigación fue científico con diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por la infraestructura del módulo G de la institución educativa N°3056. El desarrollo de la investigación comprendió el análisis estructural del módulo como el sistema, las cargas, para la simulación en el programa ETABS, además de la identificación de irregularidades según la normativa E.030 de diseño sismorresistente, así como los desplazamientos. De la simulación estructural del módulo G, se encontró que desplazamiento sin reforzamiento excede el límite máximo en el eje Y por lo cual se propuso el reforzamiento de encamisado y de adición de placa; en el primer caso la cortante basal se incrementó, los desplazamientos del eje Y se redujeron y al igual que los periodos de vibración, en el segundo caso se disminuyó la cortante basal, los desplazamientos y el periodo de vibración, incrementándose la rigidez de la estructura. Por lo cual, los autores concluyeron que el comportamiento sísmico estructural del módulo G es mejor con el reforzamiento de adición de placas.

Llanos y Mora (2020) para optar el título profesional de Ingeniero civil en la tesis “Análisis de propuestas de reforzamiento estructural para módulo educativo tipo Apenkai en la I.E.I N° 3048 – Santiago Antúnez de Mayolo en Independencia”. El objetivo general

del estudio fue determinar la propuesta de reforzamiento estructural más económica para el módulo tipo Apenkai de la I.E. 3048 – Santiago Antúnez de Mayolo en Independencia. El método de investigación fue científico y de diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo que cuenta con módulos de tipo Apenkai, para cual hay poca investigación. Para ejecutar la investigación se analizó la estructura del módulo según la normativa del reglamento nacional de edificaciones (E.030 2018) para realizar la simulación del diseño estructural en el programa ETABS 2016 y obtener los resultados de los elementos estructurales más vulnerables, para desarrollar las propuestas de reforzamiento según las derivas de los pisos y el diseño de reforzamiento para cada elemento vulnerable y finalmente realizar el análisis de costos. El sistema estructural del módulo es de pórticos con una luz 7.80 m separados a 4.20 m y en el módulo octogonal la luz del pórtico es de 8.40 m, debido a la irregularidad de la estructura se evaluó la rigidez del diafragma por el método cuantitativo UBC-97, donde las irregularidades con mayor predominancia fue la irregularidad extrema y la flexibilidad de las losas. Del análisis en el programa ETABS, se encontró un periodo fundamental de vibración de 0.546 segundos que es superior al periodo de 0.286 segundos de un sistema de pórticos de concreto armado sin muros según la norma. Las propuestas de reforzamiento fueron para el módulo octogonal y el módulo rectangular, para el primero se propuso el encamisado de concreto armado de las columnas tipo V con un incremento de espesor de 15 cm en una cara con un costo de inversión de S/ 10 597.94; para el segundo se propuso cierre de vanos con cierre de placas de concreto armado, arriostres de acero con perfiles tubulares y aletas de concreto formado secciones tipo T, con un costo de inversión de S/ 68 068.52 para las placas de concreto armado, S/ 124 083.77 para los arriostres de acero y S/

36 919.20 para las aletas de concreto. De esta forma los autores concluyeron que la alternativa económica para el reforzamiento corresponde al encamisado en el módulo octogonal y la colocación de aletas de concreto armado en el módulo rectangular con un tiempo de ejecución de 2 meses.

Vilca y Collao (2018) para optar el título profesional de Ingeniero civil desarrollaron la tesis “Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la institución educativa inicial 336 Virgen de la Natividad, Tacna 2018”. El objetivo general del estudio fue determinar el estado estructural de la institución educativa inicial 336 Virgen de la Natividad y plantear una propuesta de reforzamiento para la seguridad de la estructura. El método de investigación fue científico y de diseño no experimental. La muestra del estudio estuvo delimitada por el bloque 1 que es la estructura con mayor antigüedad de la institución educativa. La investigación se llevó a cabo en dos partes, en la primera parte se realizó la evaluación preliminar del bloque de estudio para el cual se realizó el levantamiento de medidas y topografía de la estructura ya que no se contaban con los planos de distribución arquitectónica y estructural, en la segunda parte del estudio se realizó la evaluación detallada considerando la norma E.030 de diseño sismo resistente para verificar desplazamientos y distorsiones, también se consideró la norma E.060 de concreto armado para verificar la cuantía de acero en las columnas, las vigas y las losas aligeradas; la evaluación detallada también comprendió el desarrollo de ensayos destructivos como la extracción de testigos de concreto para verificar la resistencia a compresión del concreto en los elementos estructurales y ensayos no destructivos con esclerómetro para medir también la resistencia a compresión del concreto en las vigas y las columnas del bloque 1. De la extracción de probetas de columnas y viga se obtuvo una resistencia a compresión

promedio de 49.31 Kg/cm² las cuales no alcanzan la resistencia de diseño, de acuerdo con la modelación del bloque de un piso en el programa ETABS se encontró que la cortante basal estática y dinámica en los ejes X e Y cumple con la normativa, las distorsiones en el eje X no cumplen y las distorsiones en el eje Y si cumplen con la normativa; respecto a los elementos del sistema de placas y columnas, las columnas 1 y 2 cumplen con la cuantía mínima de la E.060 y la columna 3 no cumple con la cuantía, por lo que la propuesta de reforzamiento contempla la colocación de columnas rectangulares y en T en el eje X , así como vigas reforzadas en el eje Y los cuales cumplen con la normativa de desplazamiento y rigidez. Por lo cual los autores concluyeron que el bloque 1 analizado presenta baja calidad en el concreto, con presencia de falla por columna corta, donde además se producen desplazamientos elevados en el eje X y la propuesta de reforzamiento contempla el incremento de sección de las columnas con un diseño tipo T en los extremos de los pórticos de los ejes medios de las aulas, que contribuye a la mejora del comportamiento sísmico de la estructura del bloque 1.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Evaluación estructural

2.2.1.1. Análisis sísmico

El análisis sísmico de las estructuras se basa en la normativa E.030 – 2019.

2.2.1.1.1. Peligro sísmico

A. Zonificación

El Perú se encuentra dividido en cuatro zonas según la distribución espacial de sismicidad, como movimientos sísmicos y atenuación de la distancia epicentral. La imagen muestra la división de zonas sísmicas.



Figura 1. Zonas sísmicas en Perú
Fuente: (RNE - E.030, 2019)

B. Perfil de suelo

En la tabla se muestran los valores típicos para los diferentes tipos de perfiles de suelos.

Tabla 1. Perfiles de suelo

Perfil	Descripción	Perfiles de suelo		
		\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	Roca dura	> 1500 m/s	-	-
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	Suelos intermedios	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	Suelos blandos	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50kPa
S ₄	Condiciones excepcionales	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

C. Parámetros de sitio

Las siguientes tablas describen los factores de amplificación del suelo, los periodos de planta (T_P) y lateral (T_L), y el factor de amplificación sísmica.

Tabla 2. Factor de amplificación de suelo

Zona	Factor de suelo			
	Suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

Tabla 3. Periodos de planta y laterales

	Perfil			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

Tabla 4. Factor de amplificación sísmica

Condición	Ecuación
$T < T_P$	$C = 2.5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right)$

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

2.2.1.1.2. Sistema estructural, categoría y regularidad de edificaciones

A. Categoría de edificación y factor de uso

De acuerdo con la tabla 5 de categoría de edificaciones y factor de uso, la unidad muestral del estudio se ubica en la categoría A de edificaciones esenciales ya que es una institución educativa de nivel secundario. Por lo cual el factor de uso (U) correspondiente es de 1.5.

B. Sistemas estructurales

Los elementos estructurales de concreto armado que conforman el sistema estructural sismo resistente, cumplen con lo dispuesto en la norma E.060 de concreto armado del reglamento nacional de edificaciones (RNE - E.030, 2019).

- **Pórticos**

Igual y más del 80% de la fuerza cortante en la base actúa en las columnas de los pórticos. En el caso de contar con muros estructurales, se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total según la rigidez.

- **Muros estructurales**

La resistencia sísmica se debe a los muros estructurales, donde por lo menos el 70% de la fuerza cortante actúa en la base.

- **Dual**

El efecto sísmico es resistido por la combinación de muros estructurales y pórticos. La fuerza cortante en los muros es mayor al 20% y menor al 70% en la base del edificio.

- **Edificaciones de muros de ductilidad limitada (EMDL)**

Sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, donde se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical va en una sola capa. Este sistema admite la construcción de 8 pisos como máximo.

C. Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_s)

Complementando la información anterior, se debe mencionar que los sistemas estructurales se clasifican por los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente.

En el caso de que una dirección de análisis el edificio evidencia más de un sistema estructural, se considere el menor coeficiente R_s según la siguiente tabla.

Tabla 5. Coeficiente de reducción sísmica

Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción (R_s)
Acero	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	5
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	4
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
Concreto armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería armada o confinada	3
Madera	7

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

Para la investigación, el coeficiente básico de reducción correspondiente fue 7.0 ya que el sistema estructural identificado es el dual, es decir está conformado por muros de albañilería en el eje Y con pórticos en el eje X.

D. Regularidad estructural

Las estructuras se pueden clasificar como regulares o irregulares, por lo que deben cumplir con la siguiente tabla según la categoría y la zona de ubicación sísmica.

Tabla 6. Regularidad de edificaciones según categorías

Categoría de edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4; 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4; 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

Se consideran estructuras regulares las que no presentan irregularidades y los factores I_A e I_P es igual a 1.0.

Se consideran estructura irregulares cuando presentan más de una irregularidad en planta y altura.

De acuerdo con la categoría para instituciones educativas y la ubicación sísmica en la zona 3, la edificación no debe presentar irregularidades.

E. Irregularidades

Las irregularidades que se presentan en las edificaciones pueden ser en planta y altura, por lo que se recomienda considerar el menor valor del factor de irregularidad. En el caso de que en las dos direcciones de análisis de presenten factores diferentes, se debe considerar el menor valor de irregularidad para las dos direcciones. Las siguientes tablas muestran los tipos de irregularidades y los respectivos factores.

Tabla 7. Irregularidades en planta

Irregularidades en planta	Factor de irregularidad (I_p)
Irregularidad torsional	0.75
Irregularidad torsional extrema	0.6
Esquinas entrantes	0.9
Discontinuidad de diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.9

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

Tabla 8. Irregularidades en altura

Irregularidades en altura	Factor de irregularidad (I_A)
Irregularidad de rigidez - piso blando	0.75
Irregularidad de resistencia - piso débil	0.75
Irregularidad extrema de rigidez	0.5
Irregularidad extrema de resistencia	0.5
Irregularidad de masa o peso	0.9
Irregularidad geométrica vertical	0.9
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.8
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.6

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

F. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas - R

El coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas se determina con la siguiente ecuación.

$$R = R_S * I_p * I_A$$

2.2.1.2. Análisis estructural

A. Consideraciones generales

Las consideraciones para el análisis estructural de las edificaciones son para estructuras regulares e irregulares y sollicitaciones sísmicas verticales.

En el caso de estructuras regulares, el análisis se puede realizar considerando el total de la fuerza sísmica actuante de forma independiente en las dos direcciones y

para estructuras irregulares se debe considerar que la acción sísmica actúa en la dirección más desfavorable.

- La sollicitación sísmica vertical se considera en el diseño de elementos verticales, horizontales de gran luz, elementos post o pre tensados y voladizos de los edificios. Por lo que se debe considerar que la fuerza sísmica vertical actúa de forma simultánea con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable.

B. Recomendaciones para la modelación de edificaciones

Las siguientes líneas describen los modelos de análisis estructural en las edificaciones.

- El modelo debe considerar la distribución espacial de masas y rigideces para representar los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura
- Las estructuras de concreto armado y albañilería se pueden analizar considerando las inercias de las secciones brutas, prescindiendo de la fisuración y refuerzo.
- En edificios donde los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se puede considerar usar un modelo de masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma (dos en los componentes ortogonales horizontales de traslación y uno en rotación)
- Se debe verificar la rigidez de los diafragmas y la resistencia para asegurar las distribuciones
- El modelo estructural debe incluir la tabiquería que no se encuentre debidamente aislada

- Los pisos que no se conformen por diafragmas rígidos, deben considerar el diseño de elementos resistentes para las fuerzas horizontales
- En edificios con sistema estructural de muros, la modelación debe considerar la interacción de muros en la dirección perpendicular (muros en H, T y L)
- Sobre la estimación de peso (P), este se calcula adicionando a la permanente y total un porcentaje de carga viva o sobrecarga, que para el caso de edificaciones de categoría A se considera el 50% de la carga viva.

C. Procedimientos de análisis sísmicos

Referente al procedimiento de análisis sísmico, se puede usar uno de los siguientes considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con solicitaciones sísmicas reducidas.

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes
- Análisis dinámico modal espectral

El procedimiento de análisis dinámico tiempo – historia, se puede aplicar como verificación ya que en ningún caso es exigido como reemplazo a los procedimientos antes indicados.

D. Requerimientos de rigidez, resistencia y ductilidad

- **Desplazamientos laterales**

En el caso de estructuras regulares los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por $0.75R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para el caso de estructuras irregulares los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por $0.85R$ los resultados del análisis lineal elástico.

- **Desplazamientos laterales relativos admisibles**

El desplazamiento relativo de entrepiso no debe exceder la fracción de la altura de entrepiso, por lo que en la siguiente tabla se describen los límites para el desplazamiento o deriva del entrepiso.

Tabla 9. Límites de desplazamientos del entrepiso

Material predominante	Δ_I/h
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: (RNE - E.030, 2019)

- **Separación entre edificios**

La normativa E.030, señala que todas las estructuras colindantes deben estar separadas para evitar el contacto durante un evento sísmico. Por lo cual recomienda que la distancia debe ser mayor a $2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes o $s = 0.006h \geq 0.03 \text{ m}$. Donde h corresponde a la altura desde el terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar.

2.2.2. Propuesta de reforzamiento

Los métodos de reforzamiento se aplican según el tipo de problemas estructurales que presenta la edificación como; insuficiente capacidad resistente, poca rigidez, inadecuada ductilidad, presencia de irregularidades, entre otros (BARRAZA, y otros, 2008).

Los principios para realizar un reforzamiento estructural son; incrementar la resistencia respecto a las cargas laterales, incrementar ductilidad, una combinación de las anteriores (LLANOS, y otros, 2020).

La investigación Barraza y Neredia (2008) resalta dos tipos de reforzamiento a nivel de elemento y de estructura general.

A. Reforzamiento a nivel de estructura general

Se aplica para mejorar el comportamiento de toda la estructura, al realizar modificaciones en la estructura se debe desarrollar el análisis estructural detallado de toda la edificación para poder evaluar y verificar las diferentes alternativas de reforzamiento. La figura muestra el comportamiento de una estructura de una edificación ante un evento sísmico en estado original y tras el reforzamiento.

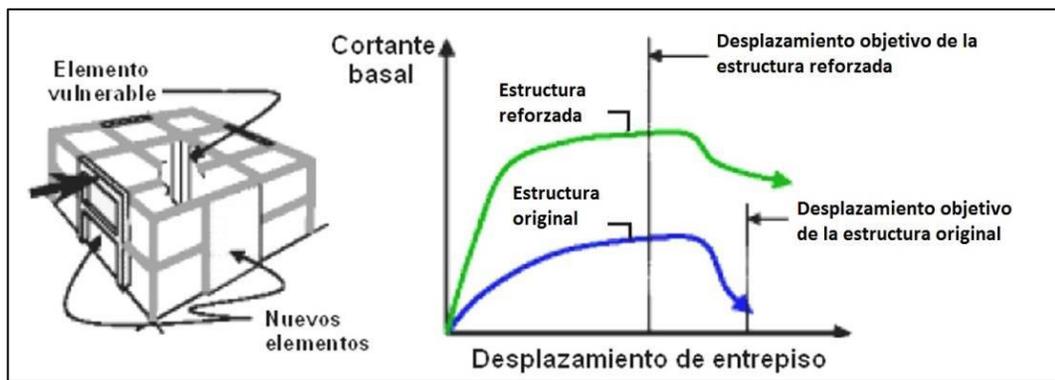


Figura 2. Reforzamiento de estructura general
Fuente: (LLANOS, y otros, 2020)

B. Reforzamiento a nivel de elemento

Se aplica para mejorar la resistencia a compresión, flexión, cortante y otros de un elemento estructural. La figura muestra el comportamiento de un elemento en la estructura original y con reforzamiento.

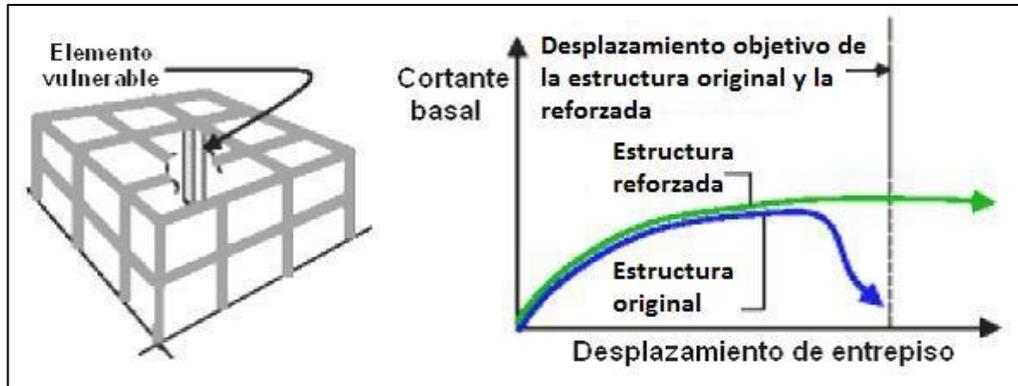


Figura 3. Reforzamiento de elemento estructural
Fuente: (LLANOS, y otros, 2020)

La figura siguiente es una compilación de los tipos de reforzamiento para aumentar la resistencia y ductilidad de los elementos estructurales más comunes donde se aplican.

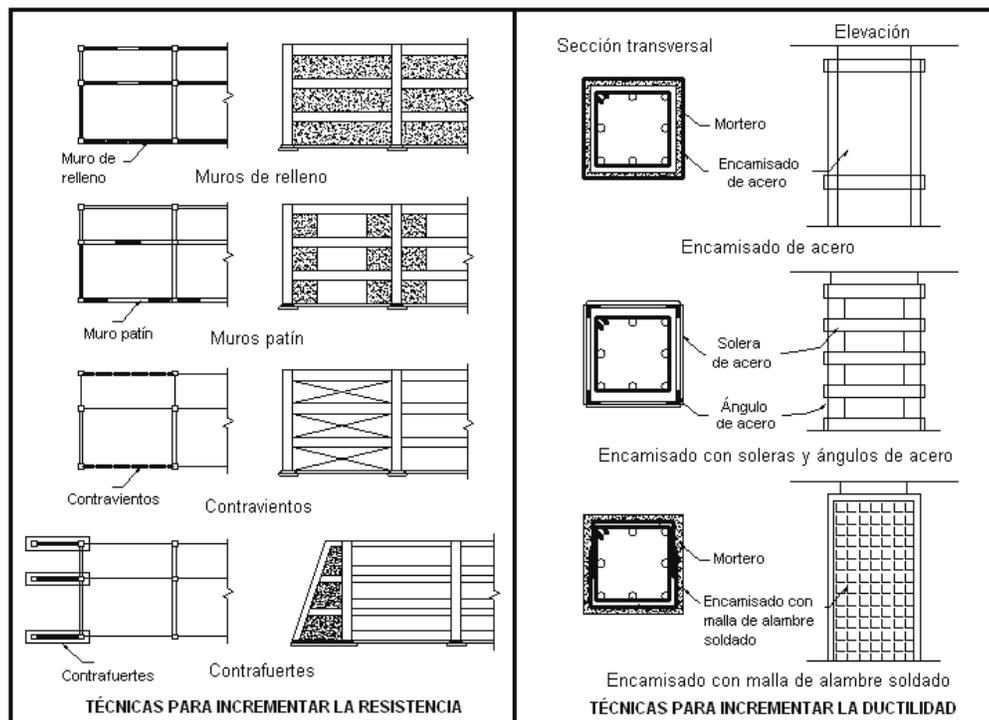


Figura 4. Reforzamiento estructural en elementos
Fuente: (LLANOS, y otros, 2020)

2.2.2.1. Placa de concreto armado

Las placas resisten cargas axiales y cargas laterales sísmicas, por lo que su diseño es similar a las columnas con la diferencia de que debido a la gran rigidez lateral que poseen, absorben

grandes magnitudes de cortante y momentos producidos por la fuerza de sismo. Por lo que el diseño de placas se debe basar en las disposiciones de la E.060 de concreto armado.

- **Espesores mínimos**

El espesor de alma de los muros de corte no debe exceder $1/25$ de altura entre elementos que proporcionan apoyo lateral ni menor de 150 mm.

En el caso de que el muro reciba cargas concentradas provenientes de vigas perpendiculares al plano del muro, se debe investigar el espesor adecuado. La longitud horizontal del muro no debe exceder la distancia centro a centro entre las cargas, ni el ancho de apoyo más dos veces el espesor del muro en cada lado, a menos que se demuestre con un análisis detallado la contribución de una longitud mayor.

- **Distribución de refuerzo horizontal y vertical**

La cuantía de refuerzo horizontal debe ser mayor o igual a 0.002 y 0.0015 para la cuantía vertical. El espaciamiento del refuerzo en cada dirección debe ser menor a tres veces el espesor del muro y menor a 40 cm.

La cuantía de refuerzo vertical debe ser mayor a la cuantía de refuerzo horizontal. Cuando se tenga un espesor de muro mayor a 20 cm el refuerzo horizontal y vertical se debe distribuir en las dos caras del muro.

- **Diseño por flexocompresión**

En este diseño, se debe colocar el refuerzo vertical distribuido a lo largo de la longitud del muro, concentrado en los extremos y en las zonas donde llegan las vigas perpendiculares al plano de la placa.

- **Diseño por cortante**

En este diseño, la resistencia nominal (V_n) no debe exceder a la cortante nominal máxima ($V_n máx$).

- **Diseño de anclajes**

Los anclajes se consideran como un dispositivo mecánico capaz de desarrollar la resistencia del refuerzo sin afectar al concreto, por lo cual se emplea para brindar estabilidad en las estructuras.

Las aplicaciones de tipo estructural se orientan en el reforzamiento de estructuras como recrecimiento de secciones de vigas, columnas, muros y losas, fijación de maquinaria de fundación de compresoras, bombas y equipos de mucha vibración, también se aplican en la fijación de elementos no estructurales de barandas, pasamanos, estantes de herramientas, entre otros.

2.2.2.2. Elementos de acero

La resistencia requerida de los elementos estructurales y sus conexiones debe determinarse mediante el análisis estructural de las cargas que actúan sobre la estructura.

El acero estructural que se utiliza es el estándar ASTM A36. Se utiliza la carga nominal, siendo la carga mínima de diseño especificada en la norma de carga E.020.

- **Área efectiva**

Un requisito común es calcular el área neta en tensión y corte, suponiendo que el ancho del orificio del perno es 2 mm mayor que el tamaño nominal del orificio. Por lo tanto, cuando las tensiones del elemento se aplican directamente a los elementos del perfil a través de conectores o soldaduras, el área neta efectiva es igual al área neta.

- **Relación ancho – espesor**

El conocimiento de las propiedades elásticas, inelásticas, de fractura y fatiga de los metales es esencial para la fabricación de piezas estructurales y es necesario para el diseño de estructuras específicas. Por lo tanto, utilizamos una relación límite de ancho a espesor para los requisitos de acero.

Los perfiles de acero se clasifican en perfiles pequeños, no pequeños y delgados. Para secciones clasificadas como compactas las alas deben estar conectadas continuamente al núcleo o placa del núcleo, y la relación ancho/espesor del miembro a compresión no debe exceder la relación ancho/espesor (λ_p). Se clasifican como no pequeños según su relación ancho/grosor.

La componente de presión no supera el límite (λ_r) de la sección no compacta. Si la relación ancho/espesor de un elemento excede el valor (λ_r), se clasifica como pieza.

- **Relación esbeltez – límite**

El diseño se basa en fuerzas de compresión y la relación de esbeltez (Kl/r) no debe exceder 200. El valor de K está determinado por la siguiente tabla.

La forma de pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Condiciones de vínculo	<ul style="list-style-type: none"> Rotación y Traslación impedida Rotación libre y Traslación impedida Rotación impedida y Traslación libre Rotación libre y Traslación libre 					

Figura 5. Valores K teórico
Fuente: (RNE E.090, 2009)

- **Elementos a compresión (LRFD)**

Si la resistencia al pandeo por flexión calculada de los miembros a compresión utilizados es menor que λr , entonces $\phi c P_n$ debe ser igual a $\phi c = 0.85$ y $P_n = A_g F_{cr}$

- **Elementos a tracción (LRFD)**

La resistencia de diseño $\phi t P_n$ del miembro tensionado será el valor mínimo obtenido basándose en los estados límite de fluencia de la superficie completa y los estados límite de falla de la superficie neta.

2.2.2.3. Encamisados de concreto armado

El encamisado de concreto armado se puede aplicar elementos estructurales como columnas, vigas, placas o muros, con la finalidad de incrementar la rigidez, resistencia y ductilidad.

En el caso de elementos sometidos a flexocompresión se debe fijar una sección transversal con cierta cantidad y distribución de acero para obtener una curva con diferentes valores de carga axial y momento flector según la posición del eje neutro, dicha curva se denomina diagrama de interacción.

A. Encamisado de columna

Técnica de reforzamiento que se basa en la compatibilidad y adherencia del concreto a reforzar y el concreto de refuerzo (GIRALDO, 2018). Por lo cual las columnas existentes se cubren con barras, estribos y concreto de mayor resistencia por 50 Kg/cm^2 al existente para ampliar la sección de las columnas. Al incrementar acero estructural, se incrementa la capacidad de cortante, ductilidad y resistencia a la flexión, y con el aumento de sección se incrementa la rigidez de la estructura para mejorar el comportamiento en el intervalo inelástico.

El reforzamiento reduce la falla por piso blando de la edificación ante un evento sísmico. Guillermo y Silva (2019) recomiendan que el espesor de encamisado debe ser de 10 cm cuando se use concreto premezclado y de 4 cm cuando se use concreto mezclado in situ.

B. Encamisado de viga

Consiste en cubrir la viga con una sección adicional de concreto para mejorar la respuesta estructural con el incremento de resistencia a flexión y cortante (GIRALDO, 2018). El encamisado en vigas contribuye a la continuidad del encamisado en columnas.

Según ACI 369, el encamisado de vigas tiene dos propósitos.

- Incrementar la resistencia a flexión positiva, en el que se requiere colocar el encamisado en la base de la viga.

- Incrementar la resistencia a flexión positiva y negativa, y a la cortante, donde se recomienda colocar el encamisado en 2 o 3 caras de la viga.

De esta forma Soto (2008) recomienda que el encamisado se debe colocar en toda la longitud de la viga, con refuerzos longitudinales continuos, espesor mínimo de encamisado de 4 y 8 cm para el concreto lanzado y premezclado respectivamente.

2.2.3. Bases legales

El Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006), considerando específicamente las siguientes normas:

- Norma E. 030 – Diseño sismorresistente.
- Norma E.0.50 - Suelos y cimentaciones.
- Norma E.060 - Concreto armado.
- Norma E.070 - Albañilería confinada.

2.3. Definición de términos conceptuales

- **Albañilería o mampostería:** Material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- **Columna:** Elemento estructural que se usa para resistir carga axial de compresión y que tienen una altura de 3 veces dimensión lateral menor.
- **Defecto:** Situación en la que uno o más elementos de una construcción no cumplen con la función para la que han sido previstos.
- **Durabilidad:** Propiedad del concreto endurecido, que define su capacidad para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, ataques químicos, físicos o biológicos; los

efectos de la abrasión, acción del fuego y radiaciones: la acción de la corrosión u otro proceso de deterioro.

- **Eflorescencia:** Depósito de sales, generalmente de color blanco que se forman en las superficies.
- **Falla:** Finalización de la capacidad de un elemento estructural o no estructural, para desempeñar la función requerida.
- **Figuras:** Aberturas que afectan la superficie o acabado superficial de un elemento constructivo.
- **Grietas:** Aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo estructural o de albañilería
- **Lesiones:** Deterioros o defectos recurrentes típicos y característicos, afectan a una edificación, componentes o partes de la misma.
- **Losa:** Elemento estructural de espesor reducido, respecto a sus otras dimensiones. Usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno.
- **Muro:** Elemento estructural, generalmente vertical empleado para separar o cerrar ambientes, resistir cargas axiales de gravedad y cargas perpendiculares a su plano proveniente de empujes laterales de suelos o líquidos.
- **Patologías del concreto:** Estudio sistemático de procesos y características de las enfermedades o de defectos y daños, puede sufrir el concreto, el cual incluye el estudio de causas, consecuencias y sus posibles soluciones.
- **Viga:** Elemento estructural que trabaja a flexión.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, señala que la estructura es vulnerable y requiere reforzamiento.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa, cumple con la normativa nacional
- b. Las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa, se presentan en planta y altura
- c. Las derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa, cumplen con los límites de la normativa nacional
- d. El periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa, se reduce con el reforzamiento.
- e. El tipo de reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa, depende del análisis estructural

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente:

Evaluación estructural: Análisis sistemático de una infraestructura de acuerdo a los criterios y el conjunto de normas (SENCICO, 2011). La evaluación estructural generalmente estudia el comportamiento sísmico de las edificaciones, con la finalidad de

evitar la pérdida de vida humana, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños en la propiedad (RNE - E.030, 2019).

Variable dependiente:

Reforzamiento de una infraestructura: Las propuestas de reforzamiento estructural, se enfocan en incrementar la capacidad de carga y servicialidad de una estructura, por lo que generalmente se ejecuta cuando existentes errores o deficiencias en el diseño, proceso constructivo antes de finalizar la construcción o un tiempo tras el funcionamiento (CGMSER, 2022).

2.5.2. Operacionalización de la variable

Tabla 10. Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1: Evaluación estructural	Análisis sistemático de una infraestructura de acuerdo a los criterios y el conjunto de normas (SENCICO, 2011). La evaluación estructural generalmente estudia el comportamiento sísmico de las edificaciones, con la finalidad de evitar la pérdida de vida humana, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños en la propiedad (RNE - E.030, 2019).	La variable de evaluación sísmica, se estudiará por medio del comportamiento sísmico de la infraestructura educativa; de la que se obtendrá la deriva en los ejes X e Y, el periodo de vibración, el desplazamiento lateral, la cortante y las irregularidades.	Cortante	Cortante basal	Ton	Razón
				Cortante dinámica	Ton	Razón
			Irregularidades	Irregularidades en planta	-	Razón
				Irregularidades en altura	-	Razón
			Deriva en el eje X-X y Y-Y	Menor a 0.007	-	Razón
				Deriva elástica	-	Razón
			Periodo de vibración	Vibración de la estructura	seg	Razón
Variable 2: Propuesta de reforzamiento	Las propuestas de reforzamiento estructural, se enfocan en incrementar la capacidad de carga y servicialidad de una estructura, por lo que generalmente se ejecuta cuando existentes errores o deficiencias en el diseño, proceso constructivo antes de finalizar la construcción o un tiempo tras el funcionamiento (CGMSER, 2022).	La variable de propuesta de reforzamiento, describe los posibles reforzamientos estructurales a aplicar según el análisis estructural de la infraestructura educativa.	Reforzamiento estructural	Encamisado	-	Razón
				Aleros	-	Razón
				Placas de concreto	-	Razón
				Elementos de acero	-	Razón

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

Según Sánchez y Reyes (2015), afirma que el método es el proceso de indagación para tratar un conjunto de problemas que no conocemos y es la manera de sistematizada de hacer uso del pensamiento reflexivo; incluyendo la solución de problemas de la sociedad que aún no han sido investigados o llevan hacia otra dirección.

En ese sentido, la presente investigación es cuantitativa al exponer datos numéricos para su respectiva evaluación y que se desarrollará de manera organizada y sistemática tanto la información como los resultados necesarios para hacer posible la investigación.

3.2. Tipo de investigación

De acuerdo con Ramírez (2010), la investigación aplicada utiliza la teoría para la solución de problemas concretos y se encuentra relacionada de manera directa con

la investigación pura, ya que las teorías que descubre esta última permiten la estructuración de soluciones concretas a problemas de la realidad.

Razón por la cual, en la presente investigación se hará uso de los conocimientos referente al diseño de estructuras de concreto, diseño sismo resistente de edificaciones, de acuerdo con la normativa nacional vigente para edificaciones de categoría A donde se ubican las instituciones educativas.

3.3. Nivel de investigación

Valderrama (2002), menciona que el nivel de investigación descriptivo, requiere considerable conocimiento del área de estudio además de ofrecer la posibilidad de realizar predicciones.

En ese sentido, la investigación se enfoca en describir la evaluación de la estructura actual de una institución educativa de nivel secundario según la norma de diseño sismo resistente E.030, para proponer el reforzamiento de acuerdo al estado en que se encuentra la edificación educativa.

3.4. Diseño de Investigación

Para Orellana (2014), el diseño no experimental observa los fenómenos tal y como ocurren en su contexto o ambiente natural y el investigador no tiene el control sobre las variables y tampoco puede influir sobre ellas. Para el cual, la recolección de datos y el alcance del estudio es transversal ya que la recolección de datos se realiza en un determinado momento.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según Castro (2016), la población es la totalidad de elementos que conforman la realidad que se va a investigar. En la investigación la población se encuentra conformada por las instituciones de nivel secundario del distrito de Pariahuanca que se encuentra en la provincia de Huancayo, región Junín.

3.5.2. Muestra

Según Castro (2016), la muestra es parte de la población la cual se selecciona por métodos diversos y representa a la población. Para el cual la muestra de la investigación se definió por conveniencia y como no probabilística, por lo que está delimitada por un pabellón de la institución educativa secundaria Santiago Antúnez de Mayolo que se encuentra en el distrito de Pariahuanca.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Observación directa: La observación es una técnica que consiste en determinar las propiedades mediante la percepción al momento de la toma de datos; en ese sentido esta técnica tendrá mayor relevancia cuando se realice la visita a la institución educativa y se discuta en función a la modelación y los resultados obtenidos de la investigación.

Análisis de documentos: Consiste en recopilar información bibliográfica, el cual puede ser en material físico o digital, los datos obtenidos se utilizarán para elaborar una metodología que permita la organización de dicha información.

Trabajo en gabinete: Consiste en el procesamiento de datos, propiamente dicho en gabinete. Para el cual se requirió asistir a la institución educativa para realizar

la inspección visual de la estructura, además de la revisión de planos para la modelación de la edificación educativa de la cual se obtuvo los desplazamientos o derivas de entrepiso y el periodo de vibración.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha de registro: La ficha de registro responde a la información general de la institución educativa como dimensiones, sistema estructural, tipo de entrepiso, información existente y observaciones que se adjunta en el anexo 4. Adicionalmente se desarrolló la validación de la matriz de operacionalización de la investigación con 3 expertos en la materia, los cuales se adjuntan en el anexo 5. La siguiente tabla muestra los rangos de validez para la matriz de operacionalización.

Tabla 11. Rangos de validez

Rango de validez	Interpretación
0.81 - 1.00	Muy alta
0.61 - 0.80	Alta
0.41 - 0.60	Media
0.21 - 0.40	Baja
0.00 - 0.20	Muy baja

Para complementar lo referente a instrumentos de recolección, se debe mencionar que se elaboraron los planos del pabellón de la institución educativa para el modelado en el programa ETABS según la normativa de concreto armado E.060 y albañilería E.070, además el programa cuenta con la información de la norma E.030 para verificar la resistencia de la estructura ante una sollicitación sísmica, por lo que en esta parte el desarrollo y los resultados de la investigación se encuentran respaldados por el cumplimiento de normativas en el diseño y verificación de comportamiento estructural.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se realizó desde un enfoque del tipo cuantitativo, por lo que para la organización de los datos recolectados se utilizaron matrices de tabulación, junto a esquemas gráficos que facilitaron la interpretación de datos. Cabe resaltar que para valores promedios se aplicó la estadística descriptiva.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Según Hernández y otros (2014), las técnicas para el análisis de la información recolectada deben definirse mediante un análisis de normalidad de los resultados obtenidos. En base a lo mencionado líneas arriba el análisis de datos en la investigación se realizó desde un enfoque cualitativo, para el cual se hizo uso de la estadística para generalizar las muestras.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Diseño tecnológico

La institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo se encuentra ubicada en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín. Las figuras muestran la ubicación de la institución educativa y el estado actual del pabellón en análisis.

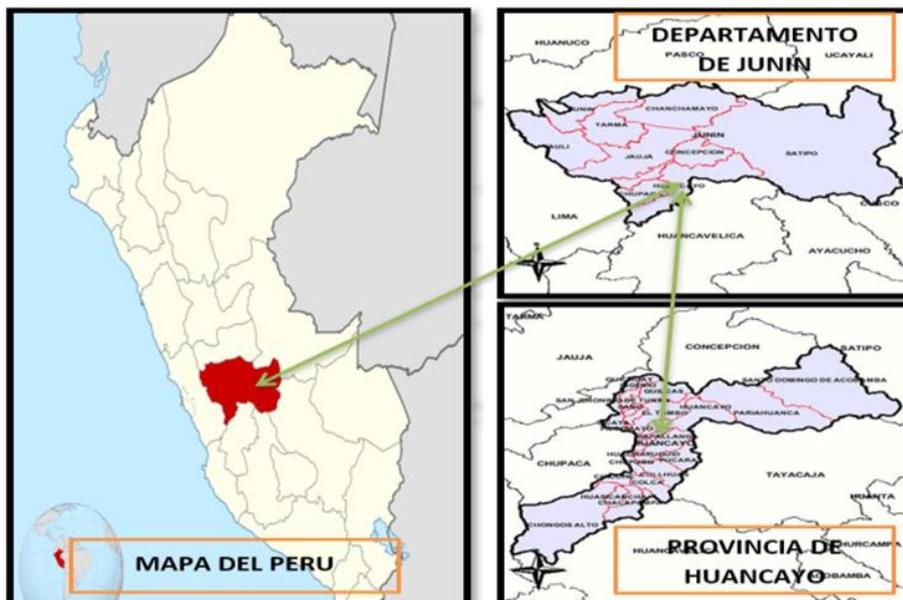


Figura 6. Ubicación de la institución educativa
Fuente: Google Maps



Figura 7. Estado actual del pabellón

4.1.1. Descripción de la institución educativa

Las figuras adjuntas, muestran los planos estructurales de planta en el primer y segundo nivel del pabellón de análisis de la I.E. Santiago Antúnez de Mayolo.

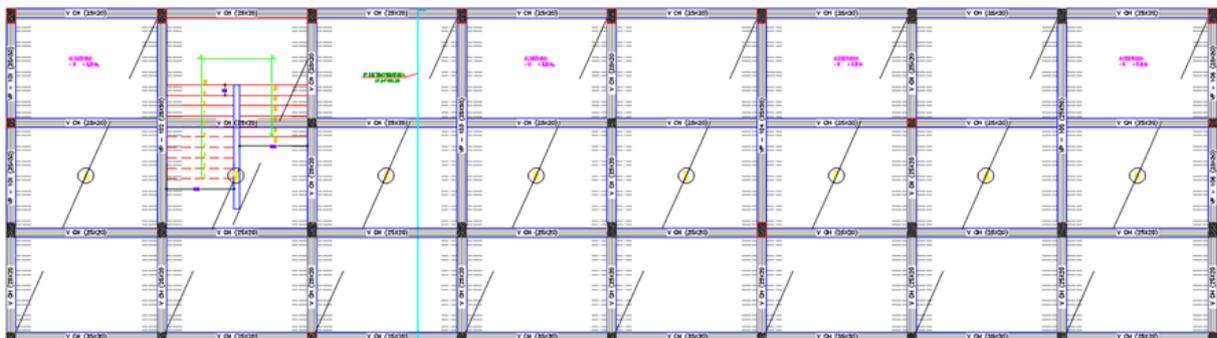


Figura 8. Plano estructural de planta – primer nivel

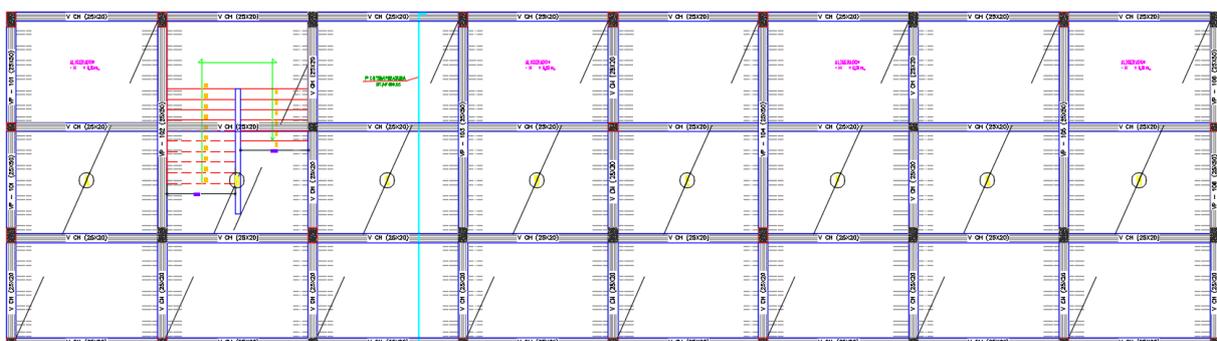


Figura 9. Plano estructural de planta – segundo nivel

De acuerdo con la elaboración de planos y la inspección técnica visual de la institución educativa, se identificó el sistema estructural dual conformado por pórticos en el eje X y muros portantes en el eje Y, y para complementar esta información se adjunta la tabla con las dimensiones y símbolos de los elementos estructurales que conforman el sistema estructural.

Tabla 12. Elementos estructurales

Descripción	Símbolo	Dimensiones
Columna principal	C2	40x25cm
Columna secundaria	C1	25x25cm
Viga chata	VCH	25x20cm
Viga de amarre	Viga	25x25cm
Viga principal	VP101	30x60cm
Losa aligerada	Aligerado	20cm

Las siguientes figuras muestran las secciones de vigas y columnas del pabellón en análisis.

CUADRO DE VIGAS 1RO Y 2DO PISO			
	VP-105-106 (25x50)	VCH (25x20)	VIGA (25x25)
TIPO DE VIGAS			En descanso de escalera
b x t	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
As long.	0.25x0.40	0.25x0.20	0.25x0.25
	8mm"Ø: 5@0.20 RTO.@0.20 C/E	8mm"Ø: 5@0.05 RTO.@0.05 C/E	8mm"Ø: 5@0.05 RTO.@0.05 C/E

Figura 10. Secciones de vigas

Respecto a las columnas, estas se agrupan en tres columnas primarias de 25 x 40 cm y en 5 columnas secundarias de 25 x 25 cm.

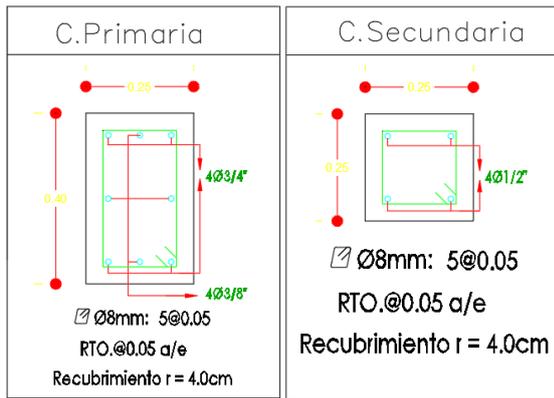


Figura 11. Secciones de columnas

LOSA ALIGERADA 1° y 2° PISO

ESC.: 1/50

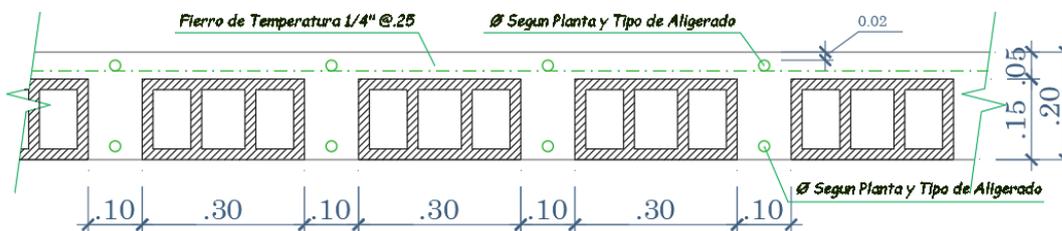


Figura 12. Detalle de losa aligerada

4.1.2. Descripción del análisis estructural

El análisis sísmico de la estructura del pabellón en estudio de la institución educativa fue con el procedimiento de análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes según la norma E.030 de diseño sismo resistente.

- **Consideraciones para el análisis sísmico**
 - Capacidad portante del suelo 0.97 Kg/cm^2 a una profundidad de desplante de 1.50 m.
 - Resistencia a compresión del concreto 210 Kg/cm^2 en columnas, vigas, losa aligerada y escaleras.
 - Acero de refuerzo con límite de fluencia de 4200 Kg/cm^2 en los elementos estructurales.

- **Propiedades de los materiales**

La tabla muestra las propiedades de los materiales que conforman la estructura, los cuales son concreto, acero de refuerzo y albañilería.

Tabla 13. Propiedades de los materiales

Concreto		
Propiedades	Valores	Unidad
Resistencia a compresión (f'c)	210.00	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E)	217,370.65	Kg/cm ²
Peso específico (γ)	2,400.00	Kg/m ³
Módulo de Poisson	0.15	
Acero de refuerzo		
Límite de fluencia (f'y)	4,200.00	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E)	2,100,000.00	Kg/cm ²
Peso específico (γ)	78,450.00	Kg/m ³
Módulo de Poisson	0.30	
Albañilería		
Resistencia de ladrillo (f'm)	65.00	Kg/cm ²
Resistencia al corte (V'm)	6.70	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E)	32,500.00	Kg/cm ²
Peso específico (γ)	1,800.00	Kg/m ³
Módulo de Poisson	0.25	

- **Metrado de cargas**

Los siguientes cuadros describen las cargas en losa y tabiquería.

Tabla 14. Carga en losa

1er nivel		
Elemento	Carga	Unidad
Carga muerta		
Losa aligerada	300.00	Kg/m
Acabados	100.00	Kg/m
Carga viva		
Aulas	250.00	Kg/m
Corredores y escaleras	400.00	Kg/m
2do nivel		
Carga muerta		
Losa aligerada	300.00	Kg/m
Acabados	50.00	Kg/m
Carga viva		
Techo	100.00	Kg/m

Escaleras		
Carga muerta	680.80	Kg/m
Carga viva	400.00	Kg/m

Tabla 15. Carga en tabiquería

Eje	Tramo	Longitud (m)	Espesor (m)	Peso específico (γ)	Carga (Kg/m)
Eje A-A	Eje 3-9	1.25	0.15	1800	337.50
	Eje 2-3	1.65	0.15	1800	445.50
	Eje 1-2	2.55	0.15	1800	688.50
Eje C-C	Eje 3-9	2.3	0.15	1800	621.00
	Eje 2-3	1.05	0.15	1800	283.50
	Eje 1-2	2.95	0.15	1800	796.50
Eje D-D	Eje 1-2	1.45	0.15	2400	522.00
Eje 2-2		2.65	0.15	1800	715.50
Eje 3-5-7		2.65	0.15	1800	715.50
Eje A-C	Eje 1-9	2.65	0.15	1800	715.50
Eje C-D	Eje 1-9	1.45	0.15	2400	522.00

- **Consideraciones sísmicas**

La siguiente tabla describe los factores de zona sísmica, uso, perfil de suelo, coeficiente básico de reducción sísmica y amplificación sísmica; de acuerdo a la ubicación y característica de la institución educativa.

Tabla 16. Consideraciones sísmicas

Z	0.35	Zona sísmica 3
U	1.50	Edificación esencial (A)
S	1.15	Suelo intermedio (S_2)
T_L	2.00	Periodo largo
T_P	0.60	Periodo de plataforma
C	0.02 - 10.00	Segundos
R	7.00	Dual
I	1.00	No presentó irregularidades

Debido a que la estructura del pabellón en estudio no presentó irregularidades en planta y altura, este factor es igual a 1. Por lo que el coeficiente de reducción sísmica es igual a 8.00.

- **Estimación del peso**

El peso de la estructura se consideró el 100% de las cargas permanentes más el 50% de la carga viva, según a lo estipulado en la norma E.030 de diseño sismo resistente para edificaciones de categoría A.

- **Modelo estructural**

El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos que consideren la contribución de los elementos estructurales tales como vigas y columnas en la determinación de la rigidez lateral de cada nivel de la estructura. Las fuerzas de los sismos son del tipo inercial y proporcional a su peso, por lo que es necesario precisar la cantidad y distribución de las masas en la estructura. El modelo estructural para evaluar el comportamiento dinámico de la edificación se presenta en las siguientes figuras.



Figura 13. Primer nivel – modelado ETABS



Figura 14. Segundo nivel – modelado ETABS

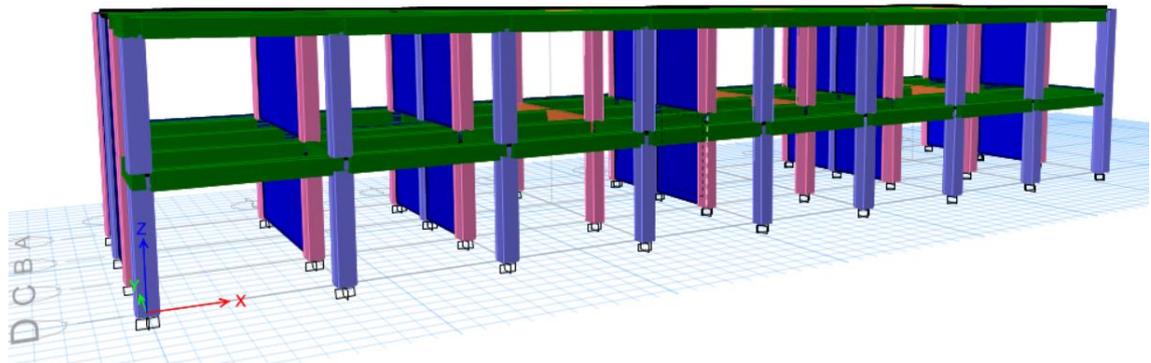


Figura 15. Vista 1 en 3D – modelado ETABS

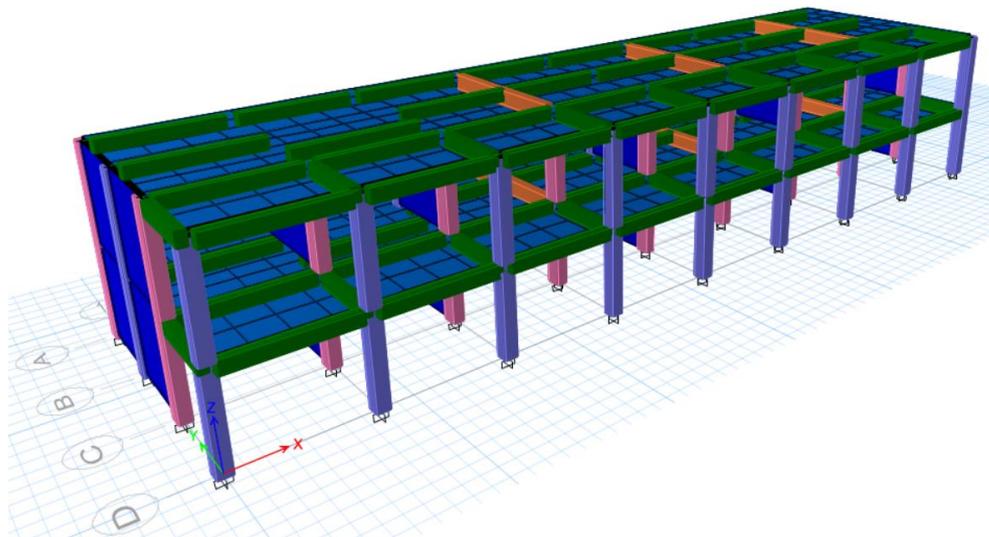


Figura 16. Vista 2 en 3D – modelado ETABS

4.2. Descripción de resultados

4.2.1. Evaluación estructural

Para la evaluación estructural del pabellón de la institución educativa de nivel secundario Santiago Antúnez de Mayolo, se consideró el análisis dinámico modal espectral.

a. Cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa

- **Cortante estática**

Para el cálculo de la cortante estática del pabellón, en primer lugar se tuvo que calcular el peso de la estructura y en segundo lugar el factor de amplificación sísmica, tal como se describe en los siguientes cuadros. Cabe resaltar que los

resultados del peso de la estructura se obtuvieron de la modelación en el programa ETABS.

Tabla 17. Consideraciones sísmicas

Z	0.35	Zona sísmica 3
U	1.50	Edificación esencial (A)
S	1.15	Suelo intermedio (S ₂)
T_L	2.00	Periodo largo
T_P	0.60	Periodo de plataforma
R_x	8.00	Pórticos
R_y	6.00	Muro portante

Tabla 18. Peso de la estructura

Niveles	Carga Case/Combo	P	Peso
		tonf	
Nivel 2	PESO 100CM+50%CV	251.049	251.049
Nivel 1	PESO 100CM+50%CV	598.840	347.791
		Peso total	598.840

El factor de amplificación sísmica (C) se obtuvo para los ejes X e Y con la siguiente ecuación, donde los valores de T_{pX} y T_{pY} se obtuvieron de la modelación en ETABS.

$$C_x = 2.5 * \frac{T_p}{T_{pX}} ; C_y = 2.5 * \frac{T_p}{T_{pY}}$$

Tabla 19. Modos de vibración

Casos	Modos	Periodo	UX	UY
		segundos		
Modal	1	0.674	<u>0.891</u>	0
Modal	2	0.242	0.109	0
Modal	3	0.078	0	<u>0.693</u>
Modal	4	0.06	0	0.183
Modal	5	0.03	0	0.102
Modal	6	0.025	0	0.021

Tabla 20. Factor de amplificación sísmica C

TP =	0.6		
CX =	1.684	TpX =	0.891
CY =	2.165	TpY =	0.693

El coeficiente sísmico (Cs) se calculó con la siguiente ecuación.

$$C_{sX} = \frac{ZUSC_x}{R_x}; C_{sY} = \frac{ZUSC_y}{R_y}$$

Tabla 21. Coeficiente sísmico Cs

CsX =	0.127
CsY =	0.218

La cortante basal estática se calculó con la siguiente ecuación.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Tabla 22. Cortante basal estática

Dirección	Cortante estática
Vx	76.118
Vy	130.486

- **Cortante dinámica**

La cortante basal dinámica se obtuvo de la modelación en ETABS.

Tabla 23. Cortante basal dinámica

Dirección	Cortante dinámica
Vx	75.669
Vy	145.225

Para verificar el artículo 29 de la E.030 se muestra el cuadro con los resultados de la cortante estática y dinámica, donde esta última debe ser mayor al 80% de la cortante estática.

Tabla 24. Cortante estática vs. Cortante dinámica

Dirección	Cortante estática	Cortante dinámica	CD > 80%CE
X	76.118	75.669	Cumple
Y	130.486	145.225	Cumple

b. Irregularidades en la infraestructura de la institución educativa

La estructura del pabellón en análisis no presenta irregularidades, por lo que el factor I es igual a 1.00.

c. Derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa

Las siguientes tablas muestran los resultados de la derivas en los ejes X e Y del pabellón en análisis, los cuales se obtuvieron de la modelación.

Tabla 25. Derivas en el eje X

Niveles	Casos	Dirección	X	Y	Z	Deriva	Límite según E.030	Verificación
			m	m	m			
Nivel 2	DERIVA X Max	X	32.06	0	6.15	0.0116	0.007	No cumple
Nivel 1	DERIVA X Max	X	32.06	0	3	0.0122	0.007	No cumple

Tabla 26. Derivas en el eje Y

Niveles	Casos	Dirección	X	Y	Z	Deriva	Límite según E.030	Verificación
			m	m	m			
Nivel 2	DERIVA Y Max	Y	32.06	0	6.15	0.00041	0.005	Cumple
Nivel 1	DERIVA Y Max	Y	32.06	0	3	0.00038	0.005	Cumple

Como se puede observar, en el eje X donde el sistema es de pórticos las derivas no cumplen con el límite de distorsión en los entrepisos y en el eje Y las derivas cumplen con el límite de distorsión de ser menor a 0.007.

d. Periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa

La tabla adjunta, muestra los resultados del periodo de vibración en el pabellón de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo.

Tabla 27. Periodo de vibración

Casos	Modos	Periodo	UX	UY
		segundos		
Modal	1	0.674	0.891	0
Modal	2	0.242	0.109	0
Modal	3	0.078	0	0.693
Modal	4	0.06	0	0.183
Modal	5	0.03	0	0.102
Modal	6	0.025	0	0.021

Del periodo de vibración de la estructura, se entiende que en el eje X donde el sistema es de pórticos la estructura presenta una vibración de 0.891 segundos ante un evento sísmico y en el eje Y donde el sistema es de muros portantes la vibración es de 0.693 segundos.

4.2.2. Propuesta de reforzamiento

De acuerdo con los resultados obtenidos de la modelación estructural del pabellón, se observó que las columnas y vigas requieren un ensanchamiento para incrementar la rigidez, resistencia y ductilidad de estos elementos tanto en el eje X como en el eje Y, con la finalidad de cumplir con los desplazamientos o derivas para estructuras de concreto armado y garantizar la seguridad de los estudiantes, docentes y personal administrativo que utilizan el pabellón de la institución educativa secundaria Santiago Antúnez de Mayolo. Por lo cual la propuesta de reforzamiento de la estructura del pabellón corresponde a un encamisado de columnas y vigas en el eje X e Y.

4.2.2.1. Encamisado

a. Encamisado de vigas

El encamisado de vigas se realizó para la viga chata de 25x20 cm y para la viga de escalera de 25x40. Para las cuales se incrementó el acero en dos capas hacia abajo aumentando el peralte de ambas vigas.

- **Viga chata**

El encamisado de la viga chata de 25 x 20 cm comprende el incremento de acero y el incremento de concreto en la cara inferior de la viga, cambiando a una sección de 25 x 40 cm, tal como se aprecia en la figura.

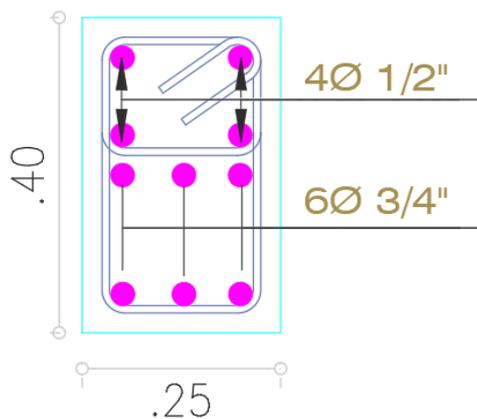


Figura 17. Sección de viga chata con reforzamiento de encamisado

De acuerdo con el diseño, la parte superior de la viga donde se encuentran 4 aceros de 1/2'' se convierte en la zona negativa junto a los 3 aceros de 3/4'' y en la zona positiva ingresan 3 aceros de 3/4''. Tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 28. Diseño de acero de viga chata

MU (tn*m)	-	+	-
	10.45	7.69	12.5
w=	0.275	0.191	0.346
cuantía=	0.014	0.010	0.017
As req=	10.64	7.40	13.40
As min=	1.86	1.86	1.86
As col	4Ø1/2"+3Ø3/4"	3Ø3/4"	4Ø1/2"+3Ø3/4"
	13.6	8.52	13.6

- **Viga de escalera**

El encamisado en la viga de escalera de 25 x 25 cm pasó a una sección de 25 x 40 cm en una dirección, es decir en la cara inferior de la viga incrementando su peralte.

Tal como se muestra en la siguiente figura.

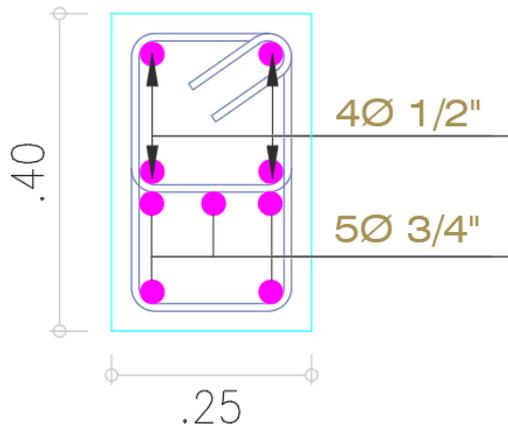


Figura 18. Sección de viga de escalera con reforzamiento de encamisado

Según la figura y el diseño realizado, el acero negativo comprende 4 aceros de 1/2'' y 3 aceros de 3/4'', en la zona positiva los aceros están conformados por 2 de 3/4''; los cuales cumplen con el cálculo que se adjunta en la siguiente tabla.

Tabla 29. Diseño de acero de viga de escalera

MU (tn*m)	-	+	-
	9.74	4.5656	11.22
w=	0.252	0.107	0.300
cuantía=	0.013	0.005	0.015
As req=	9.77	4.16	11.64
As min=	1.86	1.86	1.86
As col	4Ø1/2"+3Ø3/4"	2Ø3/4"	4Ø1/2"+3Ø3/4"
	13.6	5.68	13.6

b. Encamisado de columnas

El encamisado de columnas se realizó para las columnas primarias y secundarias en las cuatro caras con acero y concreto de refuerzo. El espesor de refuerzo de concreto en las columnas secundarias fue de 7.5 cm en cada cara y en las columnas primarias el espesor

fue de 5 cm en cada cara. Debido a la variedad de distribución de aceros en las columnas tanto primarias como secundarias, en los siguientes apartados se describen los cálculos de diseño y las secciones con reforzamiento de la columna secundaria C-1 y la columna primaria C-8, resaltando que el diseño de reforzamiento de las otras columnas se adjuntan en el anexo 7.

- **Columna secundaria C-1**

La sección original de la columna secundaria fue de 25 x 25 cm con 4 aceros de ½” y con el refuerzo la nueva sección es de 40 x 40 cm con 4 aceros de ¾” adicionales. La figura muestra la sección de la columna reforzada con encamisado.

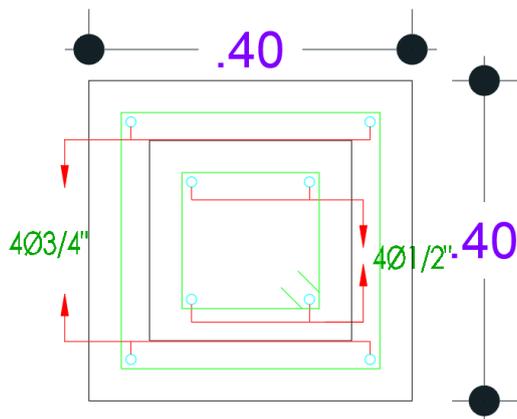


Figura 19. Sección de columna C-1 con reforzamiento de encamisado

La tabla muestra la información de la nueva columna con la cantidad de acero requerido y diseñado.

Tabla 30. Información de la columna C-1 reforzada

DATOS DE LA COLUMNA	
h (cm):	40
b (cm):	40
recubrimiento (cm):	4
As (cm2):	16
f'c (kg/cm2):	210
f'y(kg/cm2):	4200
As (cm2):	16.52 <u>4ØDE 1/2"+4ØDE3/4"</u>

Asimismo, en las figuras se muestra el diagrama de interacción en los ejes X e Y, la cual demuestra que la columna puede resistir las combinaciones de cargas ya que todos los puntos se encuentran dentro del diagrama.

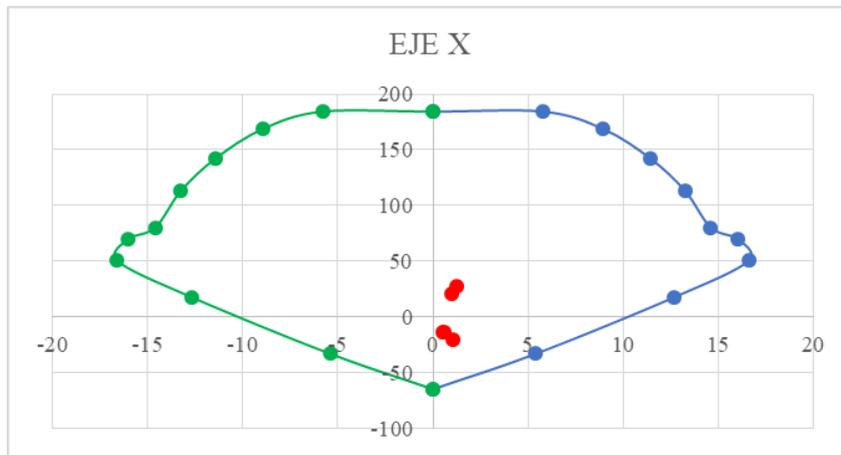


Figura 20. Diagrama de interacción eje X, C-1 con reforzamiento

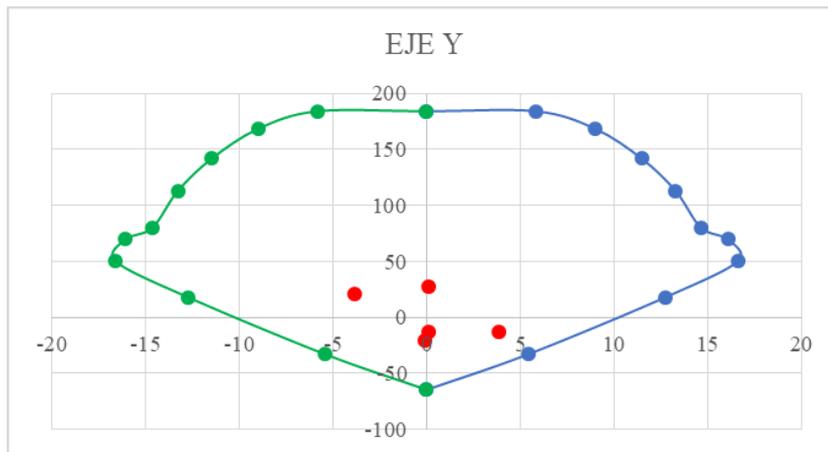


Figura 21. Diagrama de interacción eje Y, C-1 con reforzamiento

- **Columna primaria C-8**

La sección original de esta columna fue 25 x 40 cm conformada por 4 aceros de 5/8'' y con el refuerzo la nueva sección fue de 35 x 50 cm con 4 aceros de 3/4'' adicionales, tal como se muestra en la siguiente figura.

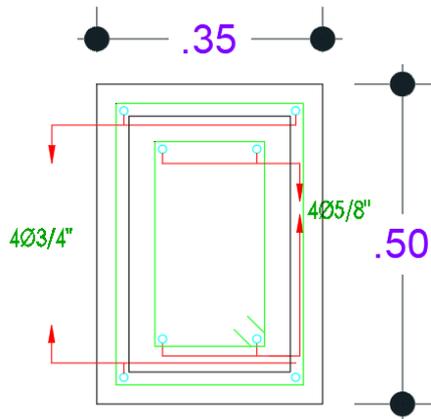


Figura 22. Sección de columna C-8 con refuerzo de encamisado

La tabla muestra la información de la nueva columna con la cantidad de acero requerido y diseñado.

Tabla 31. Información de la columna C-8 reforzada

DATOS DE LA COLUMNA

h (cm):	50
b (cm):	35
recubrimiento (cm):	4
As (cm²):	17.5
f'c (kg/cm²):	210
f'y(kg/cm²):	4200
As (cm²):	19.36 <u>4ØDE 5/8"+4ØDE3/4"</u>

Asimismo, en las figuras se muestra el diagrama de interacción en los ejes X e Y, la cual demuestra que la columna puede resistir las combinaciones de cargas ya que todos los puntos se encuentran dentro del diagrama.

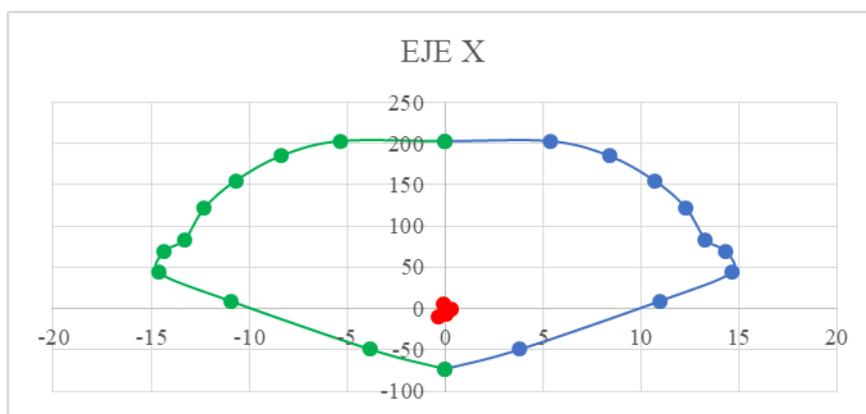


Figura 23. Diagrama de interacción eje X, C-8 con reforzamiento

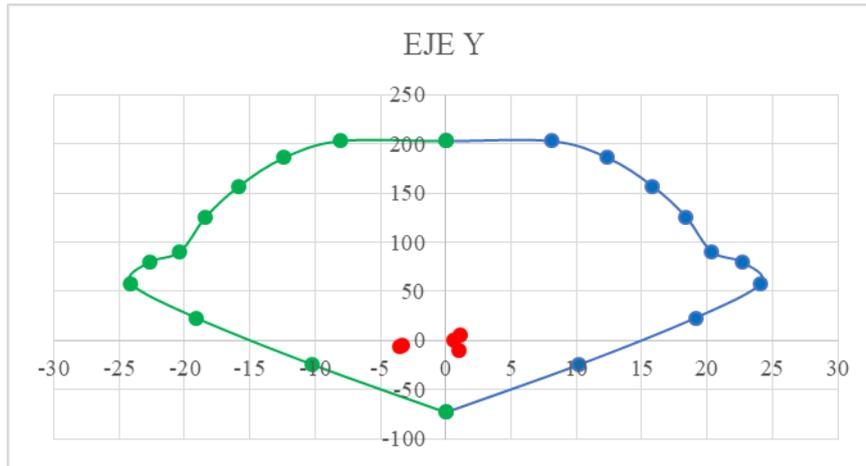


Figura 24. Diagrama de interacción eje Y, C-8 con reforzamiento

4.2.2.2. Evaluación estructural del pabellón con refuerzo

Una vez realizado el diseño de refuerzo en las vigas y columnas, se procedió a modelar nuevamente la estructura del pabellón para observar el comportamiento con refuerzo de encamisado. Es así que en primera instancia se obtuvo el peso de la estructura con reforzamiento, el cual se incrementó debido al hecho de aumentar las secciones de los elementos verticales como columnas y horizontales como las vigas chatas y vigas de escalera, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 32. Peso de la estructura con refuerzo

Niveles	Carga (Case/Combo)	P	Peso con refuerzo
		tonf	
Nivel 2	PESO 100CM+50%CV	283.7029	283.703
Nivel 1	PESO 100CM+50%CV	665.4512	381.748
		Peso Total	665.451

a. Cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa

Tabla 33. Cortante estática vs. Cortante dinámica con reforzamiento

Dirección	Cortante estática	Cortante dinámica	CD > 80%CE
X	85.024	131.463	Cumple
Y	143.632	154.727	Cumple

b. Irregularidades en la infraestructura de la institución educativa

La estructura del pabellón con refuerzo no presenta irregularidades, por lo que el factor I es igual a 1.00.

c. Derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa

Las tablas siguientes muestran las derivas en los ejes X e Y del pabellón con refuerzo de encamisado en columnas y vigas.

Tabla 34. Derivas en el eje X, estructura con reforzamiento

Niveles	Casos	Dirección	X	Y	Z	Deriva	Limite según E.030	Verificación
			m	m	m			
Nivel 2	DERIVA X Max	X	32.06	0	6.15	0.006213	0.007	Cumple
Nivel 1	DERIVA X Max	X	32.06	0	3	0.006361	0.007	Cumple

Tabla 35. Derivas en el eje Y, estructura con reforzamiento

Niveles	Casos	Dirección	X	Y	Z	Deriva	Limite según E.030	Verificación
			m	m	m			
Nivel 2	DERIVA Y Max	Y	32.06	0	6.15	0.00036	0.005	Cumple
Nivel 1	DERIVA Y Max	Y	32.06	0	3	0.000371	0.005	Cumple

d. Periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa

Tras realizar el refuerzo con encamisados en el pabellón, los periodos de vibración obtenidos fueron los siguientes.

Tabla 36. Periodo de vibración con refuerzo

Casos	Modos	Periodo	UX	UY
		segundos		
Modal	1	0.38	0.886	0
Modal	2	0.136	0.114	0
Modal	3	0.076	0	0.699
Modal	4	0.058	0	0.191
Modal	5	0.03	0	0.090
Modal	6	0.024	0	0.019

Del periodo de vibración de la estructura, se entiende que en el eje X donde el sistema es de pórticos la estructura presenta una vibración de 0.886 segundos ante un evento sísmico y en el eje Y donde el sistema es de muros portantes la vibración es de 0.699 segundos.

Para culminar esta sección, se debe mencionar que en el anexo 8 se adjuntan las capturas del modelamiento del pabellón con refuerzo.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa

Las hipótesis a comprobar fue la siguiente:

H0: La cortante estática y dinámica cumple con la normativa nacional

H1: La cortante estática y dinámica no cumple con la normativa nacional

La siguiente tabla muestra los resultados agrupados de la cortante estática y dinámica del pabellón estudiado.

Tabla 37. Cortante estática y dinámica, original y con refuerzo

Estructura	Dirección	Cortante estática	Cortante dinámica	CD > 80%CE
Estructura original	X	76.118	75.669	Cumple
	Y	130.486	145.225	Cumple
Estructura con refuerzo	X	85.024	131.463	Cumple
	Y	143.632	154.727	Cumple

De acuerdo con los resultados se puede apreciar que la cortante dinámica en los ejes, así como en el caso de la estructura original y con refuerzo cumple con superar el 80% de la cortante estática para estructuras regulares, según el artículo 29 de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Por lo cual se acepta y comprueba de hipótesis de que la cortante estática y dinámica cumple con la normativa nacional.

4.3.2. Derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa

Las hipótesis a comprobar fue la siguiente:

H0: Las derivas en los ejes X e Y cumplen con los límites de la normativa nacional

H1: Las derivas en los ejes X e Y no cumplen con los límites de la normativa nacional

La siguiente tabla muestra los resultados agrupados de las derivas en el eje X para la estructura original y con refuerzo. Asimismo, en la tabla se puede apreciar la variación de las derivas con el reforzamiento de encamisado.

Tabla 38. Derivas eje X, estructura original y con refuerzo

Estructura	Niveles	Deriva eje X	Limite según E.030	Verificación
Estructura original	Nivel 2	0.0116	0.007	No cumple
	Nivel 1	0.0122	0.007	No cumple
Estructura con refuerzo	Nivel 2	0.006213	0.007	Cumple
	Nivel 1	0.006361	0.007	Cumple

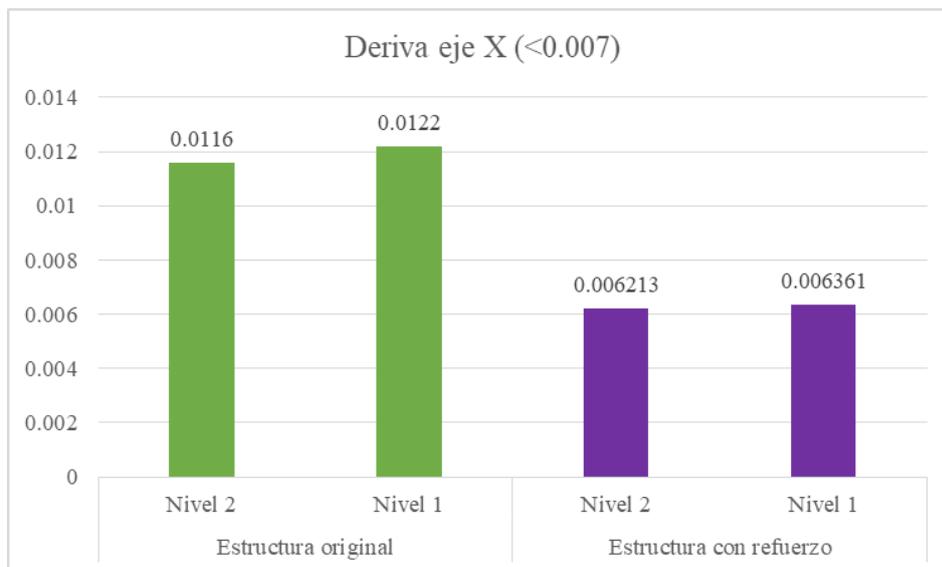


Figura 25. Derivas eje X, estructura original y con refuerzo

De acuerdo con la tabla y figura adjuntas, se puede apreciar que en el eje X el sistema estructural es de pórticos y que las derivas o desplazamientos no cumplen con el límite para este tipo de sistemas. No obstante tras el reforzamiento con encamisado si se cumple con el requerimiento del artículo 32 de la E.030.

La siguiente tabla muestra los resultados agrupados de las derivas en el eje Y para la estructura original y con refuerzo. Asimismo, en la tabla se puede apreciar la variación de las derivas con el reforzamiento de encamisado.

Tabla 39. Derivas eje Y, estructura original y con refuerzo

Estructura	Niveles	Deriva eje Y	Limite según E.030	Verificación
Estructura original	Nivel 2	0.00041	0.005	Cumple
	Nivel 1	0.00038	0.005	Cumple
Estructura con refuerzo	Nivel 2	0.00036	0.005	Cumple
	Nivel 1	0.00037	0.005	Cumple

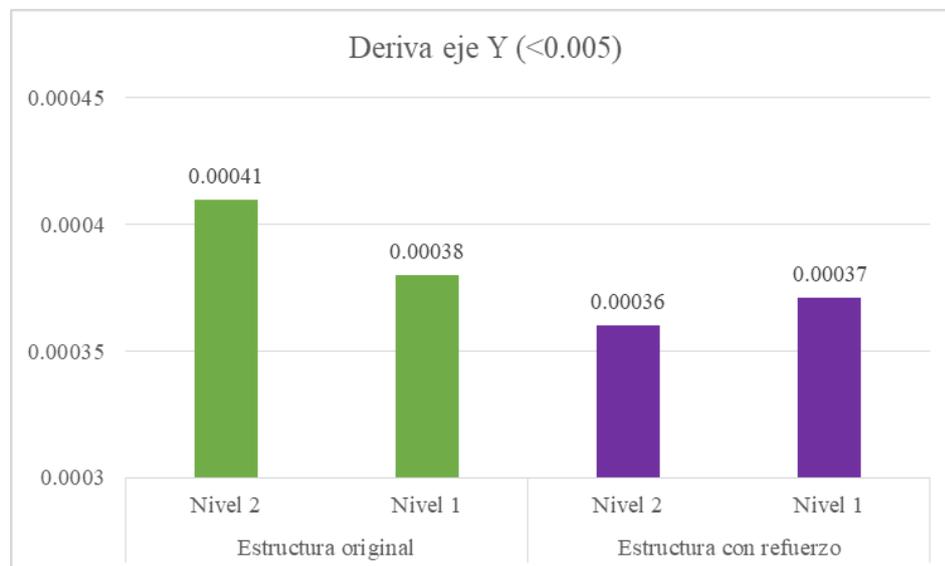


Figura 26. Derivas eje Y, estructura original y con refuerzo

De acuerdo con la tabla y figura adjuntas del eje Y con un sistema estructural de muros portantes, las derivas o desplazamientos cumplen con el límite para este tipo de sistema según el artículo 32 de la E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (RNE). Por lo que se confirma y acepta la hipótesis de que las derivas en los ejes X e Y cumplen con los límites de distorsiones para los sistemas estructurales según la normativa nacional.

4.3.3. Periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa

Las hipótesis a comprobar fue la siguiente:

H0: El periodo de vibración se reduce con el reforzamiento

H1: El periodo de vibración no se reduce con el reforzamiento

La siguiente tabla muestra los resultados de los periodos de vibración de la estructura del pabellón original y con el refuerzo en vigas y columnas.

Tabla 40. Periodo de vibración, estructura original y con refuerzo

Estructura	Casos	Periodo (segundos)	UX	UY
Estructura original	Modal	0.674	0.891	0
	Modal	0.242	0.109	0
	Modal	0.078	0	0.693
	Modal	0.06	0	0.183
	Modal	0.03	0	0.102
	Modal	0.025	0	0.021
Estructura con refuerzo	Modal	0.38	0.886	0
	Modal	0.136	0.114	0
	Modal	0.076	0	0.699
	Modal	0.058	0	0.191
	Modal	0.03	0	0.09
	Modal	0.024	0	0.019

Conforme a los resultados del periodo de vibración en la estructura del pabellón se puede apreciar que con el reforzamiento se reduce en la dirección X, es decir para un sistema estructural de pórticos, al igual que en la dirección Y que cuenta con sistema estructural de muros portantes. Por lo que se afirma la hipótesis de que el periodo de vibración se reduce con el reforzamiento estructural de encamisado propuesto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

5.1.1. Cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa

El cálculo de la cortante estática en la infraestructura de la institución educativa requiere de cálculos previos como el peso de la estructura, el periodo de vibración (T_p) para calcular el factor de amplificación sísmica (C) y el coeficiente sísmico (C_s). A diferencia de la cortante dinámica que se puede obtener de forma directa con el programa de modelamiento ETABS.

En el caso de la cortante estática para la evaluación de la estructura original o actual, el peso de la estructura en el primer nivel fue 347.791 Ton, en el segundo nivel fue 251.049 Ton y el peso total fue 598.840 Ton. El periodo de vibración en el eje X fue 0.891 segundos y en el eje Y fue 0.693 segundos, sin dejar de lado que en eje X el sistema estructural es de pórticos y en el eje Y el sistema es de muros portantes. El factor de amplificación sísmica en X e Y fueron 1.684 y 2.165 respectivamente. Con lo cual se pudo calcular la cortante estática en X e Y equivalente a 76.118 Ton y 130.486 Ton respectivamente. La cortante dinámica fue 75.669 Ton y 14.225 Ton para el eje X e Y

respectivamente. Respecto al artículo 29 de la norma E.030 de diseño sismorresistente se cumple que la cortante dinámica es mayor al 80% de la cortante básica en el pabellón analizado.

Tras realizar el reforzamiento estructural con encamisado en vigas y columnas, donde las secciones de los elementos estructurales se incrementaron el peso de la estructura también se incrementó con un total de 665.451 Ton. Asimismo, la cortante estática en el eje X e Y fueron 85.024 Ton y 143.632 Ton respectivamente. La cortante dinámica fue 131.463 Ton y 154.727 Ton respectivamente, que también cumple con ser superior al 80% de la cortante estática que se establece en el artículo 29 de la E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. (RNE - E.030, 2019)

Los resultados descritos se pueden apreciar también en forma de tabla resumen dentro del apartado de prueba de hipótesis, en el cual se puede apreciar que la cortante dinámica cumple con ser superior al 80% de la cortante estática para la estructura original y con reforzamiento estructural.

El estudio de Morales y Silva (2021) en el que se realizó la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento para mejorar el comportamiento sísmico de una institución educativa, para el cual se realizó el análisis estructural con la simulación en el programa ETABS, y se observó que la cortante dinámica y estática cumplen con el requerimiento del artículo 29 de la norma E.030 de diseño sismorresistente, además de resaltar la mejora del comportamiento sísmico de la estructura con el reforzamiento de encamisado. De esta forma, con este antecedente se respalda las ventajas del modelamiento en el programa ETABS y el cumplimiento del artículo 29 de la E.030 de diseño sismorresistente para la estructura original y con reforzamiento.

La investigación de Vilca y Collao (2018) en la que también se realizó la evaluación y propuesta de reforzamiento de una institución educativa de nivel inicial, se

realizó el levantamiento topográfico y la inspección técnica para la elaboración de los planos estructurales que se emplearon para realizar el modelamiento del bloque de mayor antigüedad. En el cual la cortante basal estática y dinámica en los ejes X e Y cumplen con la normativa nacional. En referencia a este antecedente, se resalta que para llevar a cabo la investigación también se realizó el levantamiento topográfico para la elaboración de los planos del pabellón debido a que fue construido de forma empírica por los mismos pobladores del distrito de Pariahuanca. Por otro lado, también se respalda el cumplimiento de la normativa respecto a la cortante basal y estática en el pabellón del colegio.

5.1.2. Irregularidades en la infraestructura de la institución educativa

Para el caso de las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa, se observó visualmente y se comprobó con el análisis del modelamiento la continuidad, la simetría y la uniformidad de la estructura del pabellón de la institución educativa de nivel secundario Santiago Antúnez de Mayolo, que no presenta irregularidades, es decir el factor de irregularidad fue igual a la unidad al igual que la estructura modelada con reforzamiento estructural.

5.1.3. Derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa

Con el modelamiento de la estructura del pabellón en el colegio Santiago Antúnez de Mayolo se obtuvo las derivas en los ejes X e Y para el primer y segundo nivel.

En el caso del eje X donde el sistema estructural es de pórticos, las derivas en el nivel 1 y 2 fueron 0.0122 y 0.0116 respectivamente, sin embargo ambos valores no cumplen con los límites de distorsión del artículo 32 de la norma E.030 que estipula distorsiones de entre piso menores a 0.007. Por otro lado, al realizar el reforzamiento con encamisado en vigas y columnas las derivas en primer y segundo nivel fueron 0.00636 y 0.00621 respectivamente, los cuales cumplen con el requerimiento de distorsiones de entre piso al ser menores a 0.007 para estructuras de concreto armado.

En el caso del eje Y donde el sistema estructura es de muros portantes con albañilería, las derivas en el primer y segundo nivel fueron 0.00038 y 0.00041 respectivamente los cuales cumplen con los límites de distorsión de entre pisos ya que fueron menores a 0.005 debido a que el material predominante fue albañilería. Al realizar el reforzamiento estructural las derivas en el primer y segundo nivel fueron 0.00037 y 0.00036 respectivamente, los cuales también cumplieron con los límites para distorsión de entre pisos según el artículo 32 de la E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. (RNE - E.030, 2019)

De esta forma en el apartado de prueba de hipótesis se puede apreciar los cuadros de las derivas para los ejes X e Y en la estructura original y en la estructura con refuerzo, junto al gráfico de barras en el que se puede apreciar que las derivas en el eje X de pórticos cumplen con el requerimiento de ser menores a 0.007 cuando la estructura esta reforzada con encamisado. Las derivas en el eje Y de muros portantes de albañilería cumplen con ser menores a 0.005 para la estructura original y con refuerzo estructural. Por lo cual se comprueba la hipótesis de que las derivas en los ejes X e Y cumplen con los límites de la normativa nacional.

El estudio de Cruz y Pérez (2017) donde se verificó el cumplimiento de la norma NRS-10 de tres pabellones de una institución educativa en Colombia con sistema estructural de pórticos y muros confinados, en el que las derivas no cumplen con los límites de la Norma Sismo Resistente. Por lo que propusieron el recalce o aumento de sección en columnas y vigas para el reforzamiento estructural. Conforme a este antecedente se puede comprobar que las derivas en las estructuras no cumplen con los límites establecidos en las normas nacionales de cada país, por lo cual es necesario el reforzamiento estructural como el encamisado de vigas y columnas que también se conoce como recalce en

Colombia, reduciendo las distorsiones y mejorando en comportamiento sísmico del pabellón analizado.

Por otro lado, el estudio de Vilca y Collao (2018) donde se evaluó el estado estructural de la institución educativa de nivel inicial para proponer el reforzamiento. Se encontró que de la evaluación estructural las distorsiones en el eje X no cumplen y las distorsiones en el eje Y si cumplen con la norma E.030, donde tras el reforzamiento estructural de vigas, la colocación de columnas y el incremento de la sección de columnas T se cumple con la norma de desplazamiento y rigidez. De acuerdo con los resultados de este antecedente se considera y cuenta con el aporte de que el reforzamiento estructural de vigas y columnas con aumento de sección que consta de la inclusión de aceros y concreto, los desplazamientos cumplen con la norma nacional de diseño sismorresistente y se incrementa la rigidez de la estructura analizada.

5.1.4. Periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa

En cuanto al periodo de vibración se cuenta con periodos de plataforma y periodos generales para la estructura original y con reforzamiento en el pabellón estudiado.

En la estructura original el periodo de plataforma para el eje X fue 0.891 segundos y para el eje Y el periodo fue 0.693 segundos, a diferencia de la estructura con refuerzo de encamisado donde los periodos de plataforma en los ejes X e Y fueron 0.886 y 0.699 segundos respectivamente, observándose una ligera disminución en el periodo de la dirección X debido al reforzamiento de vigas y columnas con encamisado.

Para el caso de periodos generales de vibración se puede apreciar en el apartado de prueba de hipótesis que disminuyen con el reforzamiento en vigas y columnas con el encamisado. Por lo cual se afirma la hipótesis de que el periodo de vibración de la infraestructura disminuye con la propuesta de reforzamiento estructural.

La investigación de Morales y Silva (2021) evaluó la estructura y propuso el reforzamiento estructural de una institución educativa de nivel secundario en la ciudad de Lima, donde los desplazamientos excedieron el límite máximo y con el reforzamiento de encamisado y adición de placa los desplazamientos se reducen cumpliendo con lo estipulado en la norma E.030 e incluso el periodo de vibración se reduce, aumentando la rigidez de la estructura. En base a este antecedente, se desataca que el aumento de sección de columnas y vigas como reforzamiento estructural reduce también los periodos de vibración de la estructura analizada.

5.1.5. Reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa

De acuerdo a la evaluación estructural del pabellón de dos niveles de la institución educativa secundaria Santiago Antúnez de Mayolo, se observó e identificó que tras el modelamiento en el programa ETABS las derivas en el eje X de pórticos no cumplen con los límites de distorsión del entrepiso, además de presentar baja rigidez y resistencia a flexocompresión en las columnas y baja flexión en las vigas. Razón por la cual se propuso el reforzamiento estructural con encamisado para ampliar la sección de las columnas en las cuatro caras, junto a la ampliación de vigas en la cara inferior que incrementa el peralte.

En el caso de las vigas, se aplicó el reforzamiento en las vigas chatas y de escalera. La sección original de las vigas chatas de 25 x 20 cm con 4 aceros de ½” (2 en la zona negativa y 2 aceros en la zona positiva) cambió a una sección de 25 x 40 cm con 4 aceros de ½” y 6 aceros de ¾” (4 de ½” y 3 de ¾” en la zona negativa, con 3 aceros de ¾” en la zona positiva) que se aprecia en la figura 17, los cuales cumplen con la cantidad de acero requerido según el diseño de la viga chata.

La sección original de las vigas de escalera fueron 25 x 25 cm con 4 aceros de ½” (2 aceros en la zona positiva y 2 aceros en la zona positiva), cambió a una sección de 25 x 40 cm con 4 aceros de ½” y 5 aceros de ¾”, con una distribución de 4 aceros de ½” y 3

aceros de $\frac{3}{4}$ " en la zona negativa, y 2 aceros de $\frac{3}{4}$ " de la zona positiva tal como se muestra en la figura 18, cumpliendo con la cantidad de acero requerido y el diseño de la viga reforzada.

Para el caso de las columnas, el encamisado se realizó con la colocación de aceros en las 4 esquinas con un espesor de concreto de 5 cm para las columnas principales y un espesor de 7.5 cm para las columnas secundarias.

De esta forma es necesario mencionar que las columnas primarias son 3 y con diferente distribución de aceros. En primer lugar la columna C-8 con 4 aceros de $\frac{5}{8}$ " en una sección de 25 x 40 cm, se amplió a una sección de 35 x 50 cm con 4 aceros de $\frac{3}{4}$ " en cada esquina con diseño donde los puntos de interacción se encuentran dentro del gráfico garantizando la capacidad de la columna a soportar diferentes combinaciones de cargas. En segundo lugar la columna C-6 con una sección de 25 x 40 cm con 4 aceros de $\frac{5}{8}$ " en las esquinas y 4 aceros de $\frac{3}{8}$ " en los laterales medios, se modificó a una sección de 35 x 50 cm con 4 aceros adicionales de $\frac{3}{4}$ " en las esquinas, cuyo diseño también cumple con la capacidad de carga de la columna. En tercer lugar la columna C-5 con una sección de 25 x 40 cm con 4 aceros de $\frac{3}{4}$ " en las esquinas y 4 aceros de $\frac{3}{8}$ " en los laterales medios, se modificó a una sección de 35 x 50 cm con 4 aceros adicionales de $\frac{1}{2}$ " en cada esquina del encamisado, cuyo diseño también cumple con la capacidad de carga de la columna.

Las columnas secundarias fueron 5 y con diferente distribución de aceros en su sección. En primer lugar la columna C-7 con 4 aceros de $\frac{1}{2}$ " en una sección de 25 x 25 cm, se amplió a una sección de 40 x 40 cm con la adición de 4 aceros de $\frac{3}{4}$ " en cada esquina con diseño donde los puntos de interacción se encuentran dentro del gráfico garantizando la capacidad de la columna a soportar diferentes combinaciones de cargas. En segundo lugar la columna C-4 con una sección de 25 x 25 cm con 4 aceros de $\frac{5}{8}$ " en las esquinas y 2 aceros de $\frac{3}{8}$ " en los laterales medios, se modificó a una sección de 40 x

40 cm con 4 aceros adicionales de $\frac{1}{2}$ " en las esquinas, cuyo diseño también cumple con la capacidad de carga de la columna. En tercer lugar la columna C-3 con una sección de 25 x 25 cm con 4 aceros de $\frac{5}{8}$ " en las esquinas, se modificó a una sección de 40 x 40 cm con 4 aceros adicionales de $\frac{3}{4}$ " en las esquinas, cuyo diseño también cumple con la capacidad de carga de la columna. En cuarto lugar la columna C-2 con una sección de 25 x 25 cm con 4 aceros de $\frac{3}{4}$ " en las esquinas, se modificó a una sección de 40 x 40 cm con 4 aceros adicionales de $\frac{1}{2}$ " en las esquinas, cuyo diseño también cumple con la capacidad de carga de la columna. Por último la columna C-1 con una sección de 25 x 25 cm con 4 aceros de $\frac{1}{2}$ " en las esquinas, se modificó a una sección de 40 x 40 cm con 4 aceros adicionales de $\frac{3}{4}$ " en las esquinas, cuyo diseño también cumple con la capacidad de carga de la columna.

Tras haber realizado el diseño y los cálculos respectivos para el encamisado en vigas y columnas, también se realizó nuevamente el modelado en ETABS para verificar las derivas en el eje X, las cuales cumplieron con el límite de distorsión de ser menor a 0.007 para el sistema de pórticos con concreto armado. Del mismo modo, se pudo identificar la disminución del periodo de vibración en la estructura con el aumento de sección en los elementos estructurales verticales y horizontales con el reforzamiento de encamisado.

El estudio de Rivera y Tibaquira (2020) verificó el cumplimiento de la NSR-10 (Norma Sismo Resistente de Colombia) en una institución educativa. En el que se elaboraron planos de distribución y estructurales para el modelado en ETABS, además de realizar ensayos no destructivos para verificar la resistencia del concreto en los elementos estructurales. De acuerdo con el modelamiento se obtuvo que las derivas en el eje X e Y no cumplen con el máximo de 1% de la NSR-10 por lo que se incrementó la sección de columnas de 24 x 24 m a 30 x 30 cm y la sección de vigas de 15 x 14 cm a 30 x 40 cm, de

tal forma que se incrementó la rigidez y las derivas cumplieron con las solicitaciones de dicha norma, por lo cual se destaca que el reforzamiento estructural con aumento de sección en vigas y columnas o encamisado logró cumplir con la NSR-10. Es así que con este estudio, se resalta que el reforzamiento estructural de encamisado en las elementos de columnas y vigas aumenta la rigidez de la estructura y las distorsiones de entrepiso en los ejes X e Y cumplen con la norma nacional de diseño sismorresistente E.030.

En el estudio de Llanos y Mora (2020) se desarrolló una propuesta de reforzamiento estructural para el módulo tipo Apenkai de una escuela de nivel primario, considerando la norma de diseño sismorresistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones para la simulación en el programa ETABS. Se obtuvo la evaluación estructural del módulo con sistema de pórticos, que presentó irregularidades y periodos de vibración superiores. Para el cual se propone el reforzamiento estructural de encamisado de concreto armado en las columnas tipo V con incremento de espesor de 15 cm en una cara, que mejora el comportamiento sísmico de la estructura con forma octogonal. Con este estudio, se refuerza los resultados y la propuesta de reforzamiento estructural con encamisado que contempla el aumento de sección con la inclusión de aceros y concreto para incrementar la rigidez y el cumplimiento de las distorsiones, a fin de garantizar la seguridad e integridad de los principales usuarios de una institución educativa que también se considera como una edificación esencial y de asistencia masiva en caso de eventos extremos como desastres naturales.

CONCLUSIONES

1. Para el primer objetivo específico, se concluye que la cortante estática y dinámica cumple con la normativa nacional, ya que la cortante dinámica es mayor al 80% de la cortante estática tal como se establece en el artículo 29 de la E.030 del RNE del Perú. Debido a que en la evaluación de la estructura original la cortante dinámica fue 145.225 Ton y la cortante estática fue 130.486 Ton en el eje Y analizado, al igual que en el eje X y con en la estructura con refuerzo.
2. Para el segundo objetivo, se concluye que la estructura del pabellón analizado no presenta irregularidades en planta y altura, al cual se asignó la unidad como factor de irregularidad para el análisis de la estructura.
3. Respecto al tercer objetivo específico, se concluye que las derivas del entrepiso en el eje X con un sistema estructural de pórticos cumplen con ser menores a 0.007 para estructuras de concreto armado cuando se realiza el reforzamiento, ya que los valores de distorsión en el nivel 1 y 2 fueron 0.00636 y 0.00621 respectivamente; al igual que las derivas del entrepiso en el eje Y con un sistema de muros portantes de albañilería cumplen con ser menores a 0.005 para la estructura de albañilería sin y con refuerzo estructural de encamisado, debido a que los valores de distorsión en el primer y segundo nivel fueron 0.00037 y 0.00036 respectivamente.
4. Respecto al cuarto objetivo específico, se concluye que el periodo de vibración disminuye con la propuesta de reforzamiento estructural de encamisado, ya que el periodo de vibración general inicial de 0.674 segundos se reduce a 0.380 segundos con el reforzamiento estructural.
5. Respecto al quinto objetivo específico, se concluye que la propuesta de reforzamiento de encamisado en vigas y columnas se desarrolló de acuerdo a la evaluación estructural

inicial del pabellón de dos niveles, asimismo, se pudo apreciar que el comportamiento estructural mejora, además de que la deriva en el eje X cumple con ser menor a 0.007 para pórticos de concreto armado y el periodo de vibración inicial de la estructura se reduce de 0.674 segundos a 0.380 segundos, garantizando la integridad de los principales usuarios de dicho pabellón. Donde además es necesario mencionar que se ampliaron las secciones de las vigas y columnas con la colocación de aceros y concreto.

6. De forma general se concluye que la estructura del pabellón del colegio Santiago Antúñez de Mayolo es vulnerable por lo que requiere de reforzamiento estructural como encamisado en los elementos estructurales de vigas y columnas para mejorar el comportamiento de la estructura reduciendo los desplazamientos e incrementando las secciones de vigas y columnas. En el caso de las vigas, se propone el incremento de peralte en la cara inferior junto al número de aceros y en el caso de las columnas se incrementó la cantidad de aceros y el espesor de concreto en las cuatro caras, siendo que para las columnas primarias el espesor de concreto fue de 5 cm en cada lado y un espesor de 7.5 cm en los cuatro lados de las columnas secundarias.

RECOMENDACIONES

1. Para el primer objetivo específico, se recomienda la revisión minuciosa de los planos para asignar correctamente el sistema estructural en las direcciones X e Y de la estructura, con la finalidad de continuar y realizar el modelamiento en el programa de soporte.
2. Para el segundo objetivo específico, se recomienda verificar las irregularidades técnicas visuales y con el análisis del modelado tanto en planta como en altura para facilitar la continuidad del modelamiento.
3. Respecto al tercer objetivo específico, se recomienda tener en consideración el material predominante del elemento estructural en las direcciones de análisis y verificar el cumplimiento con lo dispuesto en el artículo 32 de la E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
4. Respecto al cuarto objetivo específico de la investigación se recomienda considerar el periodo de plataforma en los ejes X e Y para el análisis de la estructura que sirve para obtener la cortante basal estática y dinámica, así como también se recomienda considerar el periodo de vibración general para la estructura original y con la propuesta de refuerzo estructural.
5. Respecto al quinto objetivo específico, se recomienda llevar a cabo la propuesta de reforzamiento en el pabellón de dos niveles con encamisado ya que el comportamiento estructural mejora y se cumple con los requerimientos de la norma E.030 de diseño sismorresistente, del mismo modo, se recomienda verificar la distribución de aceros en las secciones de las columnas para evitar incurrir en generalizaciones, puesto que se presentaron 8 tipos de columnas entre primarias y secundarias.

6. En modo general, se recomienda realizar la evaluación estructural inicial o del estado actual de la institución educativa y otras que se deseen estudiar, para desarrollar una propuesta de reforzamiento según los problemas o variaciones en el cumplimiento de la norma E.030. Del mismo modo, se recomienda aplicar concreto de igual resistencia al diseño de la estructura original para garantizar la continuidad de los elementos estructurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCE. 2017.** *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia, Estados Unidos : ASCE/SEI 7-16, 2017. ISBN PDF: 9780784471258.
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2018.** *Inversión en infraestructura educativa en América Latina y el Caribe: Balance, desafíos y propuestas*. 2018.
- Banco mundial. 2014.** *School Infrastructure: Policy Options for India*. 2014.
- BARRAZA, S y NEREIDA, E. 2008.** *Rehabilitación de estructuras de concreto*. México : s.n., 2008.
- BERNAL. 2010.** *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia : s.n., 2010.
- CASTRO, E. 2016.** *Teoría y práctica de la investigación científica*. Huancayo, Perú : PERUGRAPH SRL, 2016. Propiedad del autor.
- CGMSER. 2022.** CGMSER: Evaluaciones estructurales. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de Octubre de 2023.] <https://www.cgmser.com/evaluaciones-estructurales#:~:text=Una%20Evaluaci%C3%B3n%20Estructural%20consiste%20en,e1%20estado%20actual%20de%20estructura>.
- CÓRDOVA, K, y otros. 2021.** *Análisis y diseño de dos propuestas de reforzamiento para columnas y vigas de la I.E. Jilio César Tello en Ica - Pisco*. Lima, Perú : Universidad San Ignacio de Loyola, 2021.
- CRUZ, W y PÉREZ, G. 2017.** *Estudio de patología estructural Institución Educativa Enrique Millán Rubio*. Pereira, Colombia : Universidad Libre Seccional Pereira, 2017.
- El estado de la infraestructura educativa en América Latina.* **Paredes, R y Abanto, G. 2016.** 2016, Revista CEPAL, págs. 173-193.
- Evaluación y seguridad estructural nivel 1, de planteles educativos de la región Acapulco.* **ESTRADA-SALGADO, E y DELGADO-DE LA TORRE, D. 2023.** 1, 2023, Foro de Estudios Sobre Guerrero, Vol. 7, págs. 266-271.

- GIRALDO, M. 2018.** *Encamisado en concreto armado para el refuerzo de vigas y columnas de una edificación.* Bogotá, Colombia : Universidad Distrital Francisco José Caldas, 2018.
- Gobierno del Perú. 2014.** *Plan Nacional de Fortalecimiento de la Educación Técnica y Tecnológica 2013-2016.* 2014.
- GUILLERMO, A y SILVA, S. 2019.** *Evaluación y diseño de dos propuestas de reforzamiento para vigas y columnas de concreto armado en una edificación de hotel.* Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- GUTIERREZ, S. 2019.** *Evaluación del comportamiento bajo cargas cíclicas de conexiones viga-columna de concreto reforzado con reforzamiento anclado con adhesivos.* Bogotá, Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2019.
- HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P. 2014.** *Metodología de la investigación.* México : McGraw-Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.
- LLANOS, P y MORA, L. 2020.** *Análisis de propuestas de reforzamiento estructural para módulo educativo tipo Apenkai en la I.E.I N° 3048 – Santiago Antúnez de Mayolo en Independencia.* Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.
- MINEDU. 2018.** *Plan Nacional de Infraestructura Educativa.* s.l. : Ministerio de Educación, 2018.
- MONTERO, L. 2014.** *Evaluación de la seguridad estructural en centros educativos.* San José, Costa Rica : s.n., 2014.
- MORALES, M y SILVA, L. 2021.** *Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento para mejorar el comportamiento sísmico en la I.E. – N°3056 Gran Bretaña Módulo G, Lima - 2021.* Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2021.
- ONCE, C y PANCHANA, G. 2020.** *Análisis estructural y verificación de propuesta de reforzamiento para construcción de el cuarto piso en pabellón 9 de la unidad educativa Teodoro Wolf, del Cantón Santa Elena.* La Libertad, Ecuador : Universidad Estatal Península de Santa Elena , 2020.
- ORELLANA, E. 2014.** *Diseños de experimentos aplicados en ciencias forestales y ambientales.* Huancayo, Perú : Industria Gráfica MARSANTS, 2014. 978-612-00-1143-0.

- PAREDES, E. 2022.** *Evaluación de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento de la Institución Educativa Primaria N°70604 de Caracoto, Puno – 2022.* Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2022.
- RAMÍREZ, R. 2010.** *Proyecto de investigación. Cómo se hace una tesis.* Lima, Perú : Fondo Editorial AMADP. Lima, Perú, 2010. DERECHOS RESERVADOS.
- RIVERA, D y TIBAQUIRA, J. 2020.** *Estudio de patología estructural institución educativa Santa Juana de Lestonnac Dosquebradas.* Pereira, Colombia : Universidad Libre Seccional Pereira, 2020.
- RNE - E.030. 2019.** *Norma técnica E.030 Diseño sismorresistente.* Lima, Perú : Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019.
- RNE E.090. 2009.** *Norma técnica E.090 Estructuras metálicas.* Lima, Perú : Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009.
- SALAZAR, J y RODRÍGUEZ, G. 2022.** *Evaluación estructural y funcional para el mejoramiento de la infraestructura de la I.E. Santo Toribio de Mogrovejo, Zaña, Lambayeque.* Pimentel, Perú : Universidad Señor de Sipán, 2022.
- SÁNCHEZ, H y REYES, C. 2015.** *Metodología y diseños de la investigación científica.* Lima, Perú : Business Support Aneth, 2015. 978-612-46842-2-7.
- SENCICO. 2011.** *Evaluación del concreto por el esclerómetro.* Lima, Perú : SENCICO, 2011.
- SOTO, E. 2008.** *Rehabilitación de estructuras de concreto.* Ciudad de México, México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
- UNESCO. 2020.** *COVID-19 Impact on Education.* 2020.
- VALDERRAMA, S. 2002.** *Pasos para Elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica.* Cerro de Pasco, Perú : San Marcos, 2002. Reg. N° 1501322002-3470.
- VILCA, A y COLLAO, C. 2018.** *Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la institución educativa inicial 336 Virgen de la Natividad, Tacna 2018.* Tacna, Perú : Universidad Privada de Tacna, 2018.

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos. **DE MORA-GAIBOR, M, VALLEJO-ILIJAMA, M y PAZMIÑO-ZABALA, C. 2022.** 1, 2022, Revista científica Sociedad & Tecnología, Vol. 6, págs. 1-16. ISSN: 2773-7349.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO, PARIAHUANCA”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo es la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Describir la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, Pariahuanca.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la infraestructura de la institución educativa Santiago Antúnez de Mayolo, señala que la estructura es vulnerable y requiere reforzamiento.</p>	V1: Evaluación estructural	D1: Cortante	<p>I1: Cortante basal</p> <hr/> <p>I2: Cortante dinámica</p> <hr/> <p>I1: Irregularidades en planta</p> <hr/> <p>I2: Irregularidades en altura</p> <hr/> <p>I1: Menor a 0.00075</p> <hr/> <p>I2: Deriva elástica</p> <hr/> <p>I1: Vibración de la estructura</p> <hr/> <p>I1: Encamisado</p> <hr/> <p>I2: Aleros</p> <hr/> <p>I3: Placas de concreto</p> <hr/> <p>I4: Elementos de acero</p>	<p>Método: Científico</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental</p> <p>Población: Conformada por las instituciones educativas de nivel secundario del distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo.</p> <p>Muestra: Delimitada por 1 pabellón de una institución educativa de nivel secundario.</p>	
<p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Cómo es la cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa?</p> <p>b. ¿Cuáles son las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa?</p> <p>c. ¿Cómo es la deriva en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa?</p> <p>d. ¿Cómo es el periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa?</p> <p>e. ¿Cómo es el reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Determinar la cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa</p> <p>b. Identificar las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa</p> <p>c. Determinar las derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa</p> <p>d. Determinar el periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa</p> <p>e. Determinar el tipo de reforzamiento estructural para la institución educativa</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. La cortante estática y dinámica en la infraestructura de la institución educativa, cumple con la normativa nacional</p> <p>b. Las irregularidades en la infraestructura de la institución educativa, se presentan en planta y altura</p> <p>c. Las derivas en los ejes X e Y de la infraestructura de la institución educativa, cumplen con los límites de la normativa nacional</p> <p>d. El periodo de vibración en la infraestructura de la institución educativa, se reduce con el reforzamiento.</p> <p>e. El tipo de reforzamiento estructural para la infraestructura de la institución educativa, depende del análisis estructural</p>	V2: Propuesta de reforzamiento	D2: Irregularidades	D3: Deriva en el eje X-X y Y-Y	D4: Periodo de vibración	D1: Reforzamiento estructural

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1: Evaluación estructural	Análisis sistemático de una infraestructura de acuerdo a los criterios y el conjunto de normas (SENCICO, 2011). La evaluación estructural generalmente estudia el comportamiento sísmico de las edificaciones, con la finalidad de evitar la pérdida de vida humana, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños en la propiedad (RNE - E.030, 2019).	La variable de evaluación sísmica, se estudiará por medio del comportamiento sísmico de la infraestructura educativa; de la que se obtendrá la deriva en los ejes X e Y, el periodo de vibración, el desplazamiento lateral, la cortante y las irregularidades.	Cortante	Cortante basal	Ton	Razón
				Cortante dinámica	Ton	Razón
			Irregularidades	Irregularidades en planta	-	Razón
				Irregularidades en altura	-	Razón
			Deriva en el eje X-X y Y-Y	Menor a 0.00075	-	Razón
				Deriva elástica	-	Razón
Periodo de vibración	Vibración de la estructura	seg	Razón			
Variable 2: Propuesta de reforzamiento	Las propuestas de reforzamiento estructural, se enfocan en incrementar la capacidad de carga y servicialidad de una estructura, por lo que generalmente se ejecuta cuando existentes errores o deficiencias en el diseño, proceso constructivo antes de finalizar la construcción o un tiempo tras el funcionamiento (CGMSER, 2022).	La variable de propuesta de reforzamiento, describe los posibles reforzamientos estructurales a aplicar según el análisis estructural de la infraestructura educativa.	Reforzamiento estructural	Encamisado	-	Razón
				Aleros	-	Razón
				Placas de concreto	-	Razón
				Elementos de acero	-	Razón

Anexo 3: Matriz de operacionalización del instrumento

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1: Evaluación estructural	Análisis sistemático de una infraestructura de acuerdo a los criterios y el conjunto de normas (SENCICO, 2011). La evaluación estructural generalmente estudia el comportamiento sísmico de las edificaciones, con la finalidad de evitar la pérdida de vida humana, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños en la propiedad (RNE - E.030, 2019).	Cortante	Cortante basal	Modelado ETABS	Cortante basal (CB) en la base de columnas $\geq 80\%$, Kg o Ton
			Cortante dinámica	Modelado ETABS	Cortante basal en la base de columnas $CD \geq 80\%CB$, Kg o Ton
		Irregularidades	Irregularidades en planta	Modelado ETABS	Factor de irregularidad, adimensional
			Irregularidades en altura	Modelado ETABS	Factor de irregularidad, adimensional
		Deriva en el eje X-X y Y-Y	Menor a 0.007	Modelado ETABS	Deriva < 0.007, adimensional
			Deriva elástica	Modelado ETABS	Deriva < 0.007, adimensional
		Periodo de vibración	Vibración de la estructura	Modelado ETABS	Periodo de vibración, segundos
Variable 2: Propuesta de reforzamiento	Las propuestas de reforzamiento estructural, se enfocan en incrementar la capacidad de carga y servicialidad de una estructura, por lo que generalmente se ejecuta cuando existentes errores o deficiencias en el diseño, proceso constructivo antes de finalizar la construcción o un tiempo tras el funcionamiento (CGMSER, 2022).	Reforzamiento estructural	Encamisado	Diseño de encamisado propuesto	Propuesta de reforzamiento, acero y concreto
			Aleros	Diseño de aleros propuesto	Propuesta de reforzamiento, acero
			Placas de concreto	Diseño de placas de concreto propuesto	Propuesta de reforzamiento, acero y concreto
			Elementos de acero	Diseño de elementos de acero propuesto	Propuesta de reforzamiento, acero

Anexo 4: Información general de la I.E. Santiago Antúnez de Mayolo



INFORMACIÓN GENERAL

A. Datos generales

Edificio: I.E. SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
 Dirección: BARRIO SINTUL S/N
 Propietario: ESTADO

B. Descripción de la estructura

Dimensiones:
 Frente (m): 32.30 Fondo (m): 8.95

Nro. De pisos: 2

b.1. Sistema Estructural

Pórticos de concreto
 Muros estructurales
 Sistema dual
 Albañilería confinada
 Albañilería armada
 Otro (especifique)

EL PRIMER NIVEL TIENE UN SISTEMA ADICIONADO Y EL SEGUNDO NIVEL TIENE UN SISTEMA DE ALBAÑILERIA CONFINADA.

C. Tipo de entrepiso

Losa maciza
 Losa aligerada
 Madera

D. Año de construcción del edificio

Antes de 1990
 1990 - 2000
 2000 - 2005
 2005 - 2010
 2010 -2013

E. Información existente

Proyecto del edificio
 Planos del edificio
 Cuaderno de obra
 Evaluaciones anteriores
 Otros: NO EXISTE NINGUN DOCUMENTO

OBSERVACIONES

LA I.E. SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO NO CUENTA CON INFORMACIÓN DE PLANOS NI PROYECTOS SOBRE SU CONSTRUCCIÓN, YA QUE FUE CONSTRUIDA MEDIANTE APOYO DE FAENA DE LOS MISMOS PADRES DE FAMILIAS DE LA ZONA.

Anexo 5: Validación de matriz de operacionalización

FACULTAD DE INGENIERIA								
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
ANALISIS DE VALIDEZ - MATRIZ DE OPERACIONALIZACION								
PROYECTO:								
AUTOR:								
I. INFORMACIÓN GENERAL						CALIFICACIÓN 0: MAL 1: BIEN		
UBICACIÓN:								
DISTRITO:		ALTITUD:						
PROVINCIA:		LATITUD:						
REGIÓN:		LONGITUD:						
II. Cortante basal						1		
	Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad				
	Cortante basal	Ton	Cortante dinámica	Ton				
III. Irregularidades						1		
	Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad				
	Irregularidad en planta	-	Irregularidad en altura	-				
IV. Deriva en el eje X-X y Y-Y						1		
	Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad				
	Deriva menor a 0.007	-	Deriva elástica	-				
V. Periodo de vibración						1		
	Indicador 1	Unidad						
	Vibración de la estructura	seg						
VII. Reforzamiento estructural						1		
	Indicador 1	Unidad	Indicador 2	Unidad	Indicador 3		Unidad	Indicador 4
	Encamisado	-	Aleros	-	Placas de concreto	-	Elementos de acero	-
APELLIDOS Y NOMBRES:		Chávez Solano Yonatan						
PROFESION Y GRADO:		Ingeniero civil						
REGISTRO CIF Nº:		258030						
EMAIL:								
TELEFONO:								

Rango de validez	Interpretación	
0.81 - 1.00	Muy alta	  CHÁVEZ SOLANO YONATAN YES INGENIERO CIVIL CP Nº 258030 FIRMA
0.61 - 0.80	Alta	
0.41 - 0.60	Media	
0.21 - 0.40	Baja	
0.00 - 0.20	Muy baja	

FACULTAD DE INGENIERIA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
ANALISIS DE VALIDEZ - MATRIZ DE OPERACIONALIZACION							
PROYECTO:							
AUTOR:							
I. INFORMACION GENERAL							CALIFICACION 0: MAL 1: BIEN
UBICACION:							
DISTRITO:		ALTITUD:					
PROVINCIA:		LATITUD:					
REGION:		LONGITUD:					
II. Cortante basal							1
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad	
Cortante basal		Ton		Cortante dinamica		Ton	
III. Irregularidades							1
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad	
Irregularidad en planta		-		Irregularidad en altura		-	
IV. Deriva en el eje X-X y Y-Y							1
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad	
Deriva menor a 0.007		-		Deriva elastica		-	
V. Periodo de vibración							1
Indicador 1		Unidad					
Vibración de la estructura		seg					
VII. Reforzamiento estructural							1
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad	
Encamisado		-		Aleros		-	
				Placas de concreto		-	
				Elementos de acero		-	
APELLIDOS Y NOMBRES:		Chavez Redor Wilmer Carlos					
PROFESION Y GRADO:		Ingeniero civil					
REGISTRO CIPN°:		103352					
EMAIL:							
TELEFONO:							

Rango de validez	Interpretación
0.81 - 1.00	Muy alta
0.61 - 0.80	Alta
0.41 - 0.60	Media
0.21 - 0.40	Baja
0.00 - 0.20	Muy baja


FIRMA
 Wilmer Carlos Chavez Redor
 CIP 103352

FACULTAD DE INGENIERIA						UPLA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL									
ANALISIS DE VALIDEZ - MATRIZ DE OPERACIONALIZACION									
PROYECTO:									
AUTOR:									
I. INFORMACION GENERAL								CALIFICACION 0: MAL 1: BIEN	
UBICACION:									
DISTRITO:		ALTITUD:							
PROVINCIA:		LATITUD:							
REGION:		LONGITUD:							
II. Cortante basal								1	
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad			
Cortante basal		Ton		Cortante dinamica		Ton			
III. Irregularidades								1	
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad			
Irregularidad en planta		-		Irregularidad en altura		-			
IV. Deriva en el eje X-X y Y-Y								1	
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad			
Deriva menor a 0.007		-		Deriva clasica		-			
V. Periodo de vibración								1	
Indicador 1				Unidad					
Vibración de la estructura				seg					
VII. Reforzamiento estructural								1	
Indicador 1		Unidad		Indicador 2		Unidad			
Encamisado		-		Aleros		-			
				Indicador 3		Unidad			
				Placas de concreto		-			
				Indicador 4		Unidad			
				Elementos de acero		-			
APELLIDOS Y NOMBRES:		Gabriel Ramos Pedro							
PROFESION Y GRADO:		Ingeniero civil							
REGISTRO CIP N°:		233801							
EMAIL:									
TELEFONO:									

Rango de validez	Interpretación	 Ing. Pedro Gabriel Ramos CIP N° 233801 FIRMA
0.81 - 1.00	May alta	
0.61 - 0.80	Alta	
0.41 - 0.60	Media	
0.21 - 0.40	Baja	
0.00 - 0.20	May baja	

Anexo 6: Ensayo de corte directo

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
MUESTRA : M-1
CALICATA : C-01

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.15	2.15	2.15
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.320	1.320	1.320
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.200	1.200	1.200
Cont. de humedad inicial (%)	8.20	8.20	8.20
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.064	1.987	1.942
Altura final de muestra (cm)	2.059	1.998	1.952
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.376	2.653	2.703
Densidad seca final (gr/cm ³)	2.077	2.313	2.349
Cont. de humedad final (%)	14.42	14.70	15.07
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.413	0.001	0.825
Angulo de friccion interna :	22.43 °		
Cohesion (Kg/cm ²) :	0.000		

KLA FER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA

Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



SOLICITANTE : REYES ESTRADA, NILO ISAU.
PROYECTO : "EVALUACION ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO, PARIAHUANCA".
UBICACIÓN : BARRIO SUNTUL S/N - DISTRITO DE PARIAHUANCA - PROVINCIA DE HUANCAYO - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
FECHA DE RECEPCIÓN : 04 DE JULIO DE 2022.
FECHA DE EMISIÓN : 07 DE JULIO DE 2022.

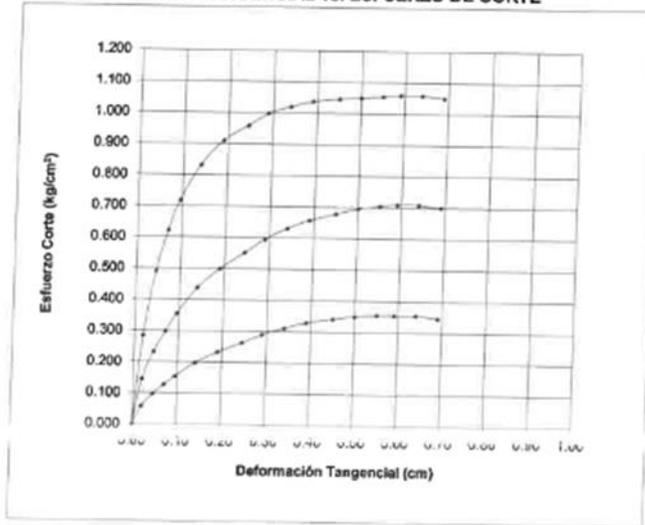
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

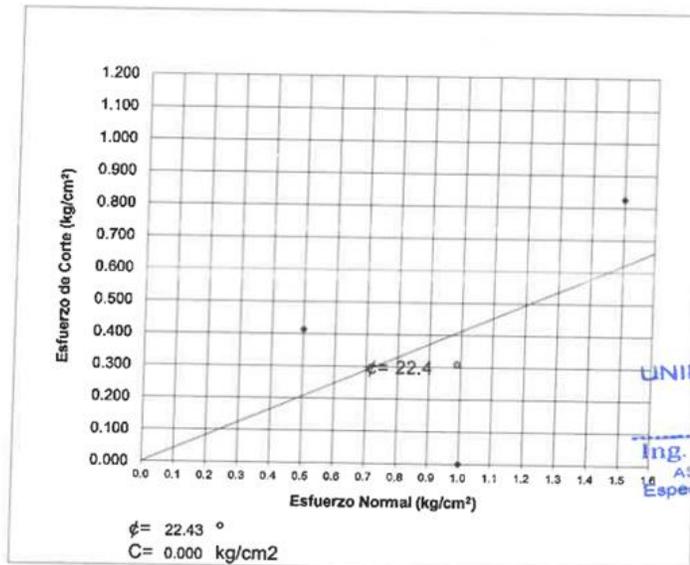
CALICATA: C-01

MUESTRA: M-1

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



KLA FER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA

Ing. Mario Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP: 78936
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

Registrado mediante R Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE
(KARL TERZAGHI)

**: "EVALUACION ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA
PROYECTO: INFRAESTRUCTURA DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SANTIAGO ANTUNEZ DE
MAYOLO, PARIAHUANCA".**

CALICATA: C-01

MUESTRA: M-1

A. DATOS GENERALES:

Angulo de fricción interna	22.43	grados
Cohesión	0.000	kg/cm2
Peso unitario de sobrecarga	1.32	gr/cm3
Peso unitario del suelo de cimentación	1.32	gr/cm3
Relación Ancho/Largo (B/L)	1	Forma:
Ancho de la base o diámetro de cimentación	1	m
Profundidad de fondo de cimentación	1.5	m
Profundidad de desplante	1.5	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SM	

B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:

17.38
8.18
7.59

C. FACTORES DE FORMA:

Sc: 1.47065
Sq: 1.4128
Sy: 0.6

D. CAPACIDAD ADMISIBLE

Desplante	Cota	Ancho	FACTOR W	qult	qadm
Df(m)	Relativa	B(m)	W	(kg/cm2)	(kg/cm2)
1.50	-1.50	0.5	1	2.90	0.97
1.50	-1.50	1	1	3.05	1.02
1.50	-1.50	1.2	1	3.11	1.04
1.50	-1.50	1.5	1	3.20	1.07
2.00	-2.00	0.5	1	3.81	1.27
2.00	-2.00	1	1	3.96	1.32
2.00	-2.00	1.2	1	4.02	1.34
2.00	-2.00	1.5	1	4.11	1.37

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 0.97 kg/cm2 y 1.37 kg/cm2 valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

KLA FER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA

Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP: 78928
Especialista en Mecánica de suelos
Concreto y Geotécnica

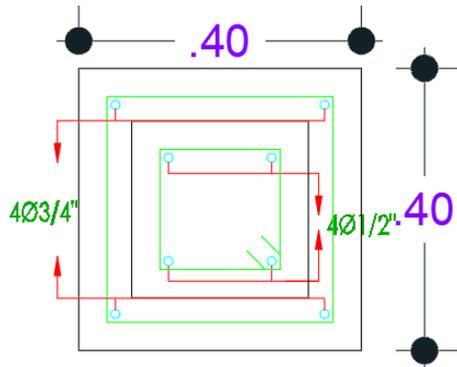
- Indecopi.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD

Anexo 7: Refuerzo en columnas

1. Columna 1

- Sección reforzada



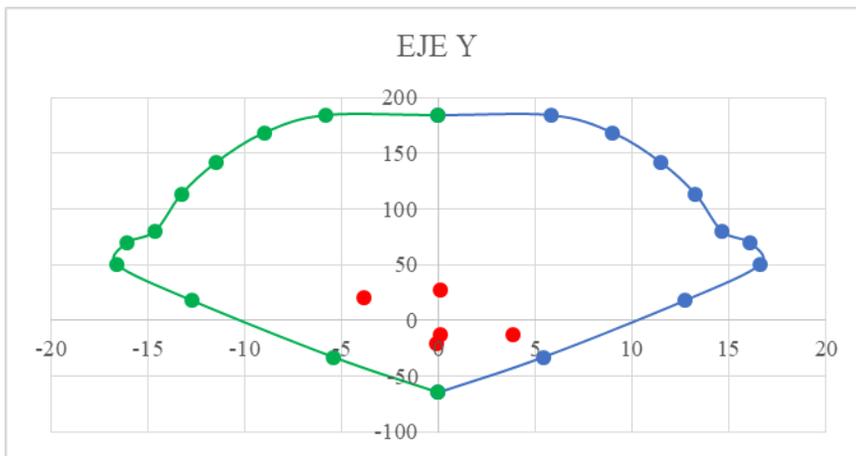
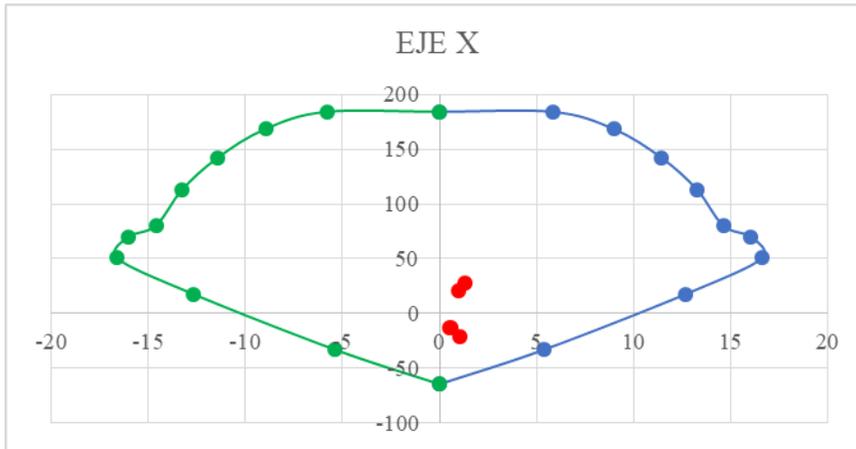
- Datos de columna

DATOS DE LA COLUMNA	
h (cm):	40
b (cm):	40
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	16
f'c (kg/cm ²):	210
f'y (kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	16.52 <u>4ØDE 1/2"+4ØDE3/4"</u>

- Combinación de cargas

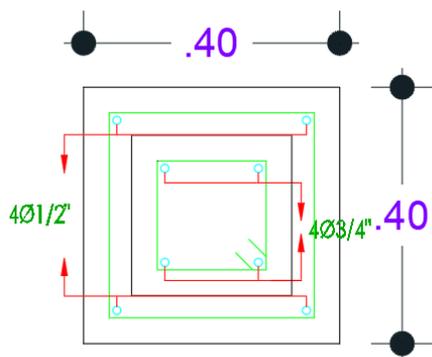
COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	27.24	1.2786	27.24	0.0904
1.25(CM+CV)+CS1	20.6453	0.986	20.6453	-3.8119
1.25(CM+CV)-CS2	-20.7102	1.0599	-20.7102	-0.0977
0.9CM+CS1	-13.0557	0.5267	-13.0557	3.8709
0.9CM-CS2	-13.1207	0.6006	-13.1207	0.083

- Diagramas de interacción



2. Columna 2

- Sección reforzada



- **Datos de columna**

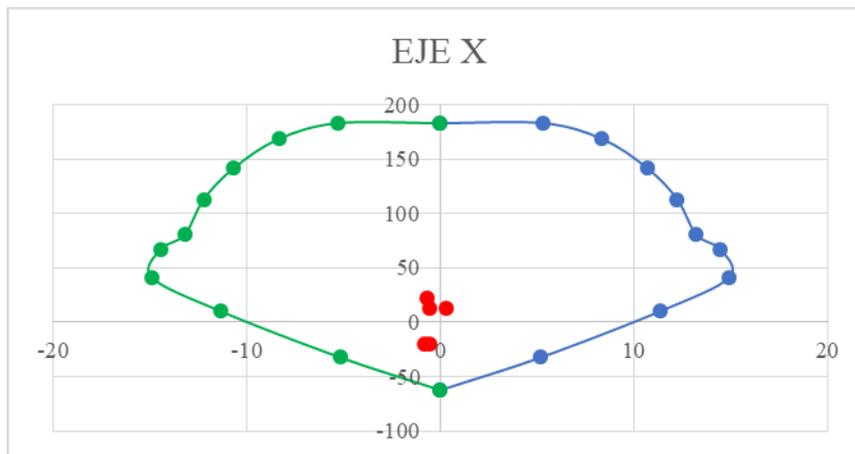
DATOS DE LA COLUMNA

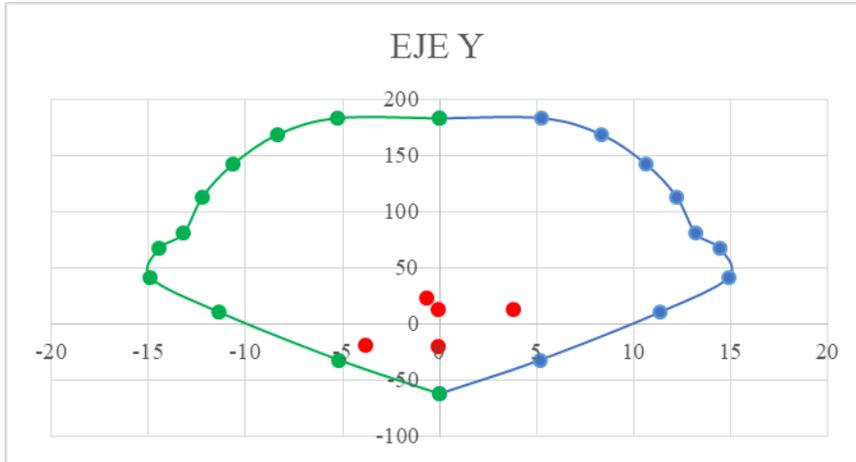
h (cm):	40
b (cm):	40
recubrimiento (cm):	4
As (cm2):	16
f'c (kg/cm2):	210
f'y(kg/cm2):	4200
As (cm2):	16.52 <u>4ØDE 1/2"+4ØDE3/4"</u>

- **Combinación de cargas**

COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	22.6027	-0.6867	22.6027	-0.6867
1.25(CM+CV)+CS1	-19.66	-0.58	-19.66	-3.8322
1.25(CM+CV)-CS2	-19.97	-0.81	-19.97	-0.06
0.9CM+CS1	12.43	0.31	12.43	3.82
0.9CM-CS2	12.74	-0.54	12.74	-0.06

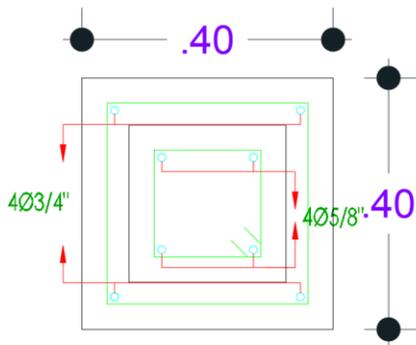
- **Diagramas de interacción**





3. Columna 3

- Sección reforzada



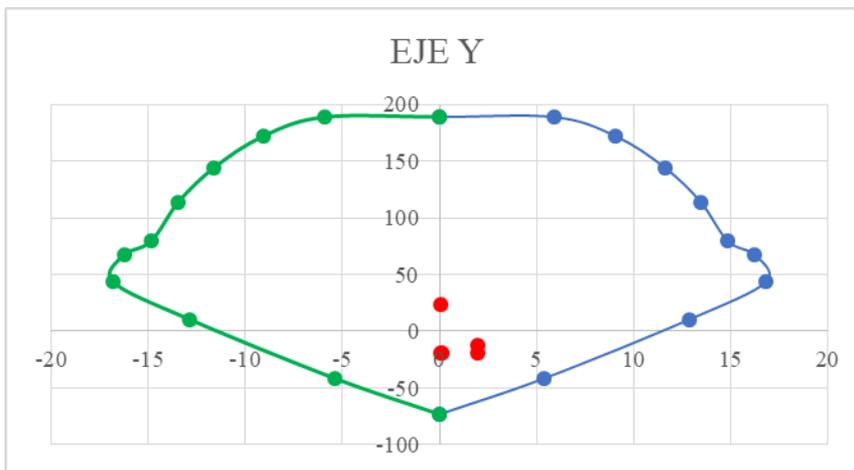
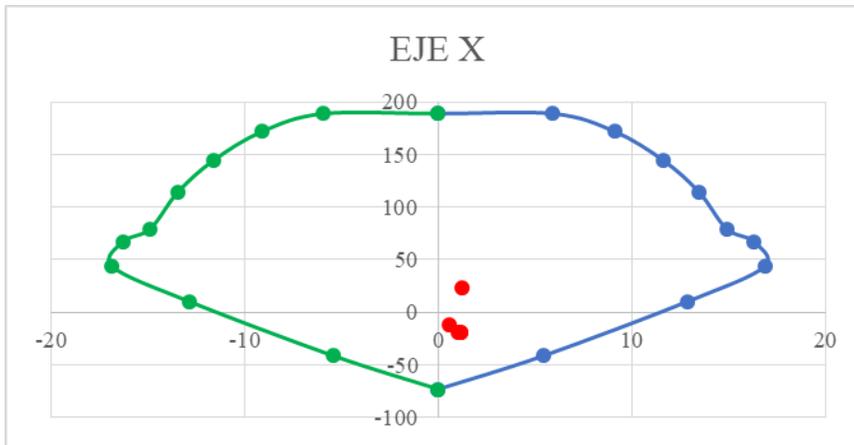
- Datos de columna

DATOS DE LA COLUMNA	
h (cm):	40
b (cm):	40
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	16
f'c (kg/cm ²):	210
f'y(kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	19.36 <u>4ØDE 5/8"+4ØDE3/4"</u>

- Combinación de cargas

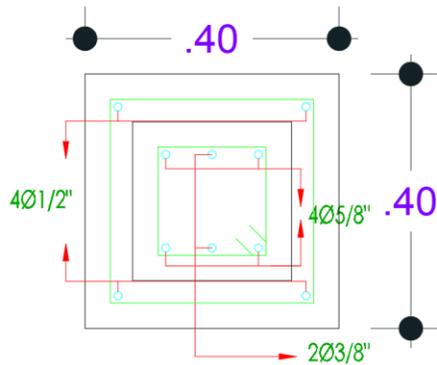
COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	23.22	1.2	23.22	0.07
1.25(CM+CV)+CS1	-19.11	1.02	-19.11	1.99
1.25(CM+CV)-CS2	-19.27	1.16	-19.27	0.09
0.9CM+CS1	-12.01	0.56	-12.01	1.96
0.9CM-CS2	-19.27	1.16	-19.27	0.097

- Diagramas de interacción



4. Columna 4

- Sección reforzada



- Datos de columna

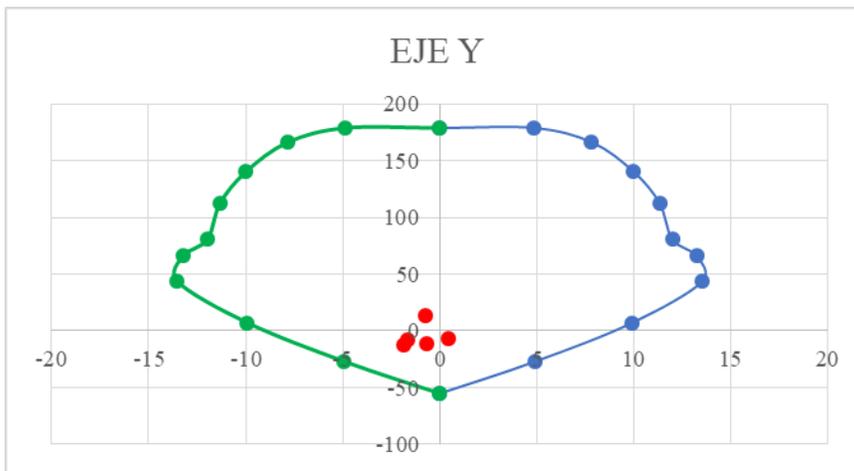
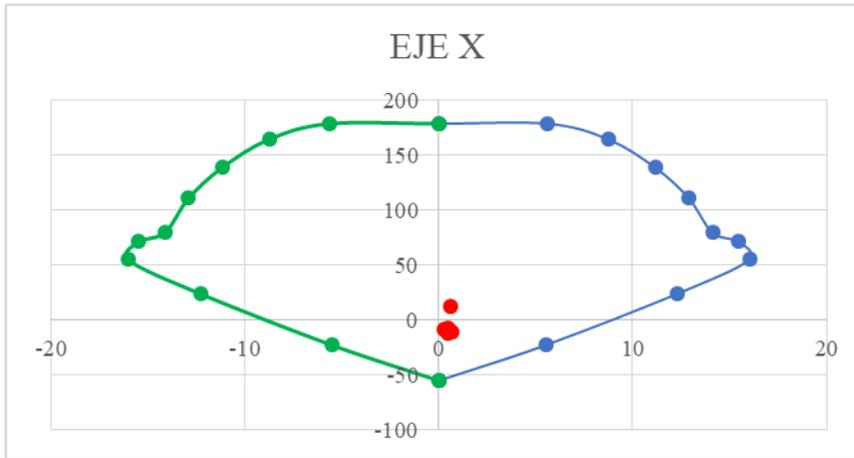
DATOS DE LA COLUMNA

h (cm):	40
b (cm):	40
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	16
f'c (kg/cm ²):	210
f'y (kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	16 <u>4ØDE 5/8" + 2ØDE 3/8" + 4 + 4ØDE 1/2"</u>

- Combinación de cargas

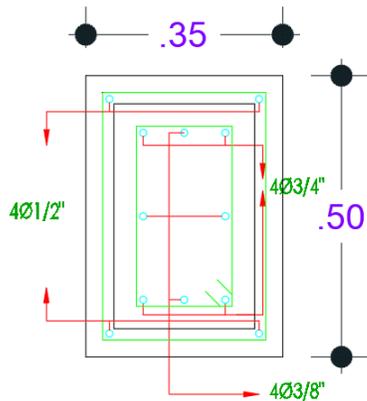
COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	13.07	0.58	13.07	-0.76
1.25(CM+CV)+CS1	-11.94	0.5	-11.94	-1.88
1.25(CM+CV)-CS2	-10.73	0.68	-10.73	-0.68
0.9CM+CS1	-8.32	0.29	-8.32	-1.65
0.9CM-CS2	-7.11	0.48	-7.11	0.45

- Diagramas de interacción



5. Columna 5

- Sección reforzada



- **Datos de columna**

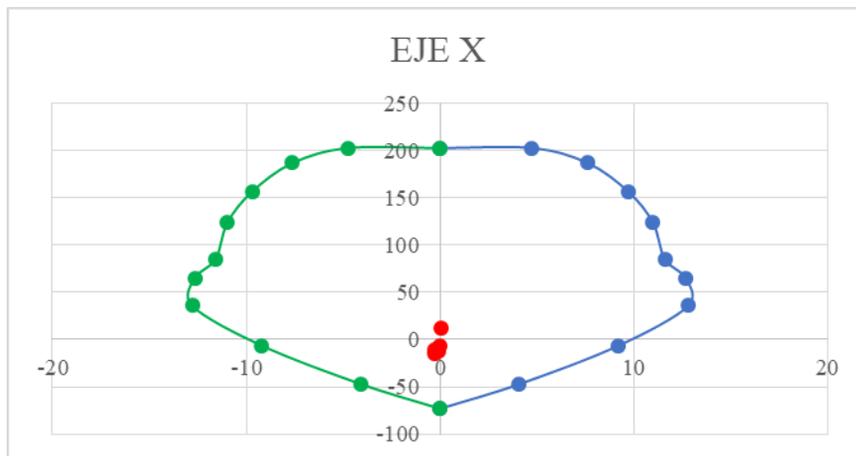
DATOS DE LA COLUMNA

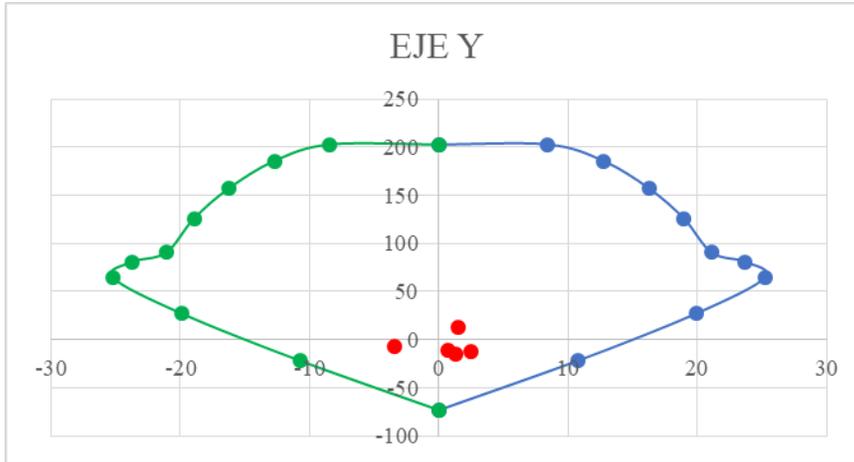
h (cm):	50
b (cm):	35
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	17.5
f'c (kg/cm ²):	210
f'y(kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	19.36 4ØDE 3/8"+4ØDE3/4"+4ØDE1/2"

- **Combinación de cargas**

COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	12.74	0.06	12.74	1.46
1.25(CM+CV)+CS1	-12.09	-0.06	-12.09	2.44
1.25(CM+CV)-CS2	-15.37	-0.31	-15.37	1.26
0.9CM+CS1	-7.07	-0.04	-7.07	-3.43
0.9CM-CS2	-11.33	-0.31	-11.33	0.74

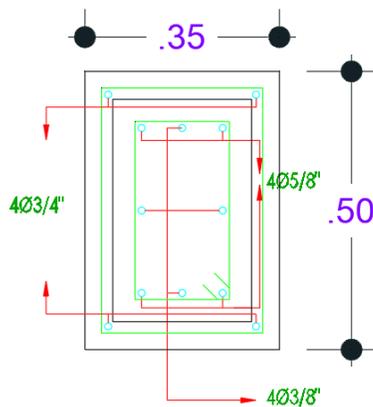
- **Diagramas de interacción**





6. Columna 6

- Sección reforzada



- Datos de columna

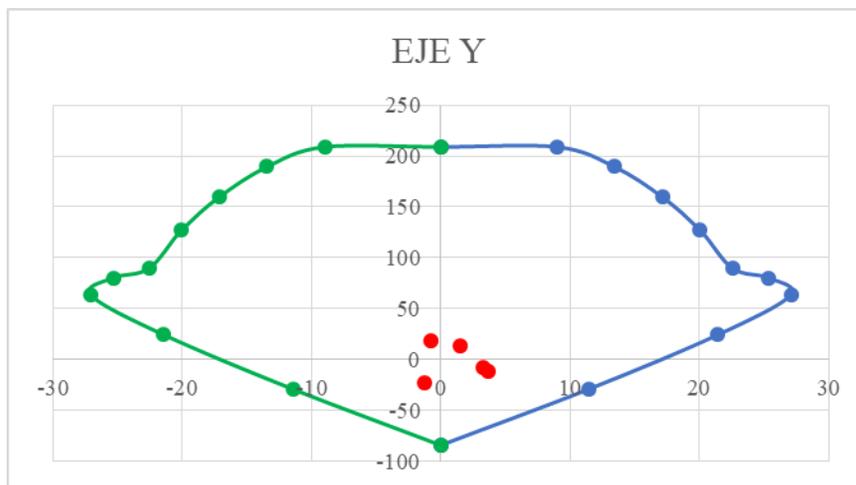
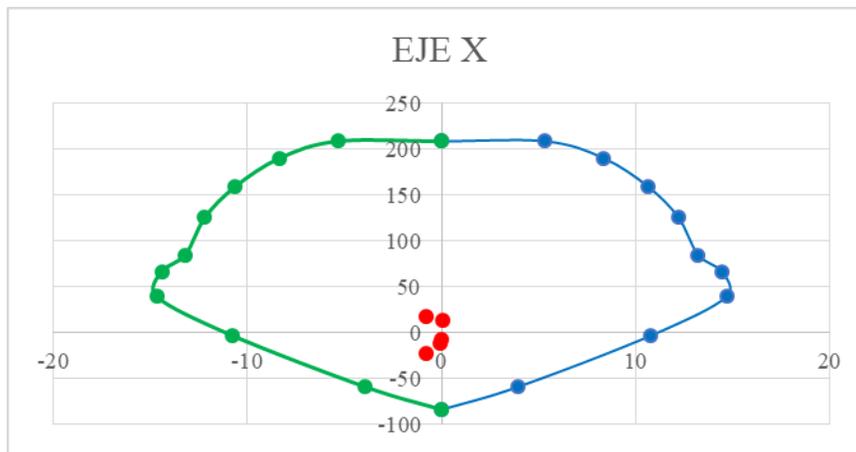
DATOS DE LA COLUMNA

h (cm):	50
b (cm):	35
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	17.5
f'c (kg/cm ²):	210
f'y(kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	22.2 <u>4ØDE 3/8"+4ØDE 5/8"+4ØDE3/4"</u>

- **Combinación de cargas**

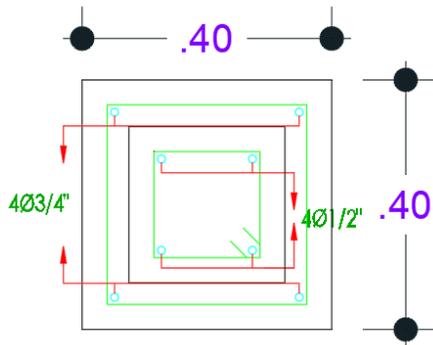
COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	13.27	0.05	13.27	1.49
1.25(CM+CV)+CS1	-10.87	-0.05	-10.87	3.65
1.25(CM+CV)-CS2	-22.33	-0.78	-22.33	-1.3
0.9CM+CS1	-8	-0.04	-8	3.32
0.9CM-CS2	18.09	-0.77	18.09	-0.76

- **Diagramas de interacción**



7. Columna 7

- Sección reforzada



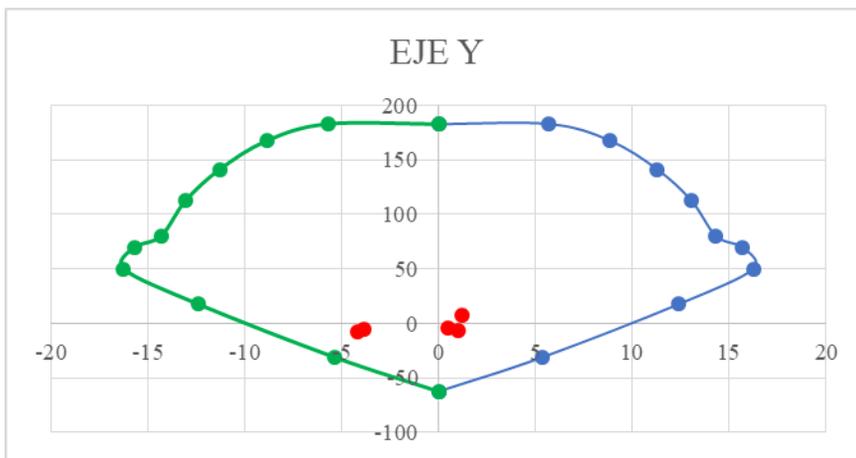
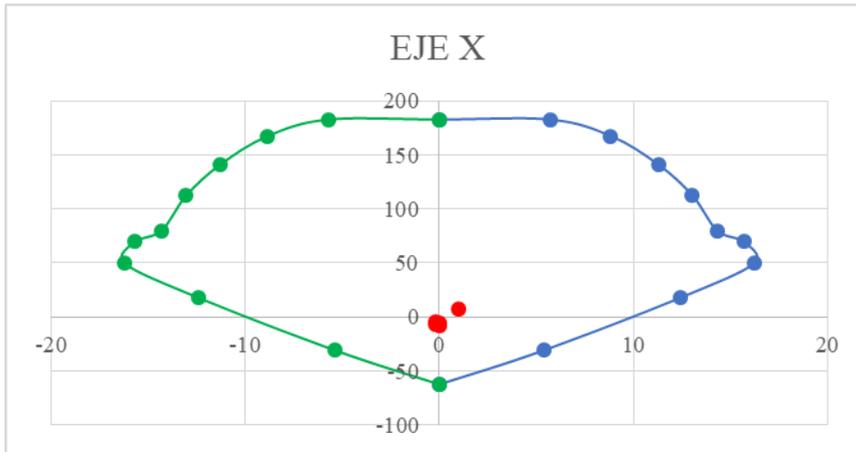
- Datos de columna

DATOS DE LA COLUMNA	
h (cm):	40
b (cm):	40
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	16
f'c (kg/cm ²):	210
f'y (kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	17 <u>4ØDE1/2"+4ØDE3/4"</u>

- Combinación de cargas

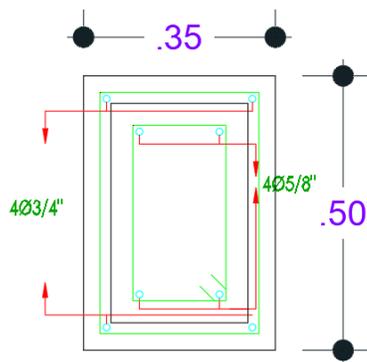
COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	7.93	1.02	7.93	1.23
1.25(CM+CV)+CS1	-7.68	-0.02	-7.68	-4.14
1.25(CM+CV)-CS2	-6.93	-0.2	-6.93	1.04
0.9CM+CS1	-5.2	-0.01	-5.2	-3.84
0.9CM-CS2	-4.42	-0.19	-4.42	0.52

- Diagramas de interacción



8. Column 8

- Sección reforzada



- **Datos de columna**

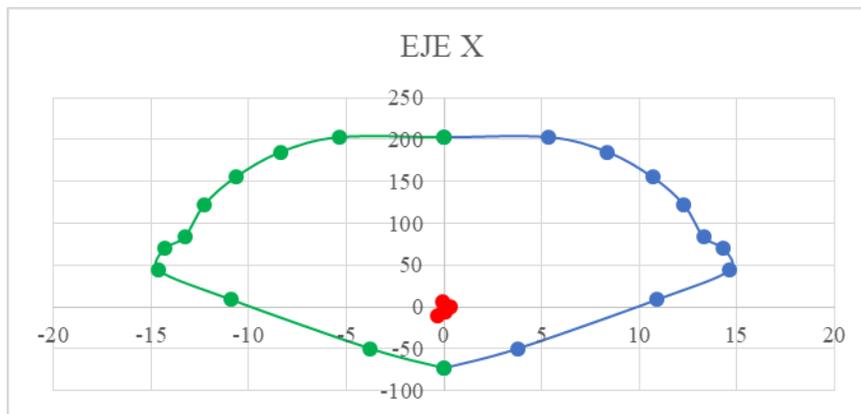
DATOS DE LA COLUMNA

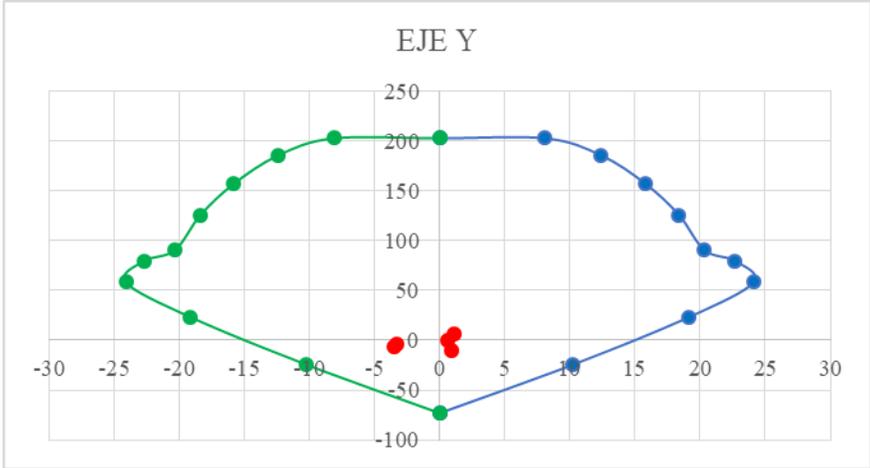
h (cm):	50
b (cm):	35
recubrimiento (cm):	4
As (cm ²):	17.5
f'c (kg/cm ²):	210
f'y(kg/cm ²):	4200
As (cm ²):	19.36 <u>4ØDE 5/8"+4ØDE3/4"</u>

- **Combinación de cargas**

COMBINACIÓN	DIREC- X		DIREC- Y	
	Pu (ton)	Mu (ton.m)	Pu (ton)	Mu (ton.m)
1.4CM + 1.7CV	6.15	-0.05	6.15	1.09
1.25(CM+CV)+CS1	-6.15	0.04	-6.15	-3.54
1.25(CM+CV)-CS2	-9.78	-0.32	-9.78	0.96
0.9CM+CS1	-4.39	-0.02	-4.39	-3.31
0.9CM-CS2	-0.01	0.31	-0.01	0.6

- **Diagramas de interacción**





Anexo 8: Modelamiento estructural del pabellón con refuerzo

1. Modelado 3D y plantas

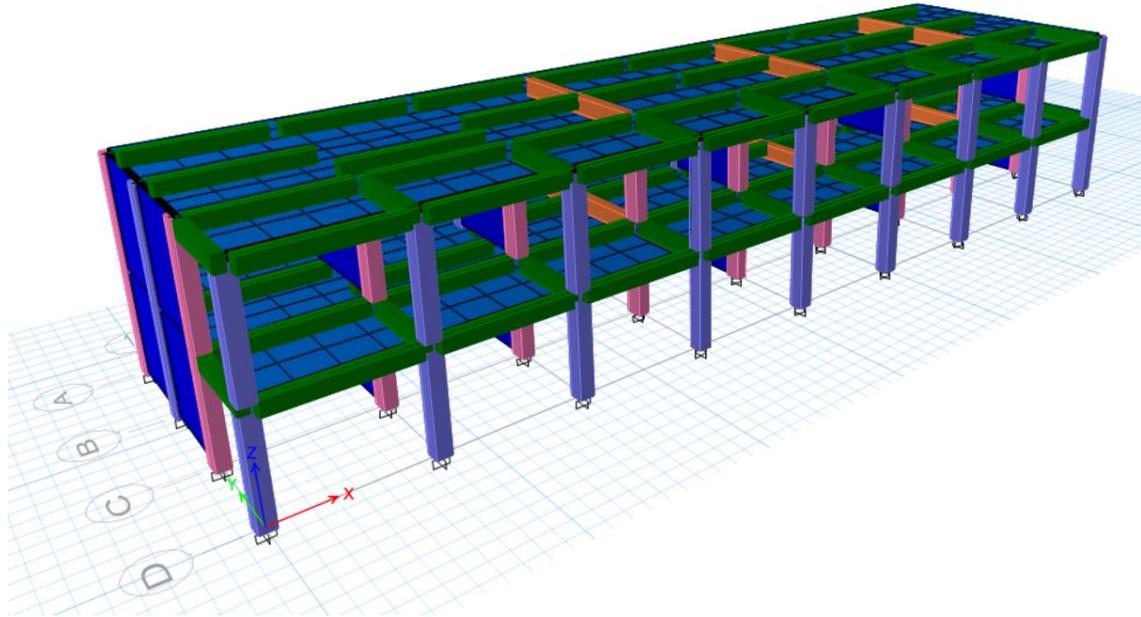


Imagen 1. Vista 1 - 3D

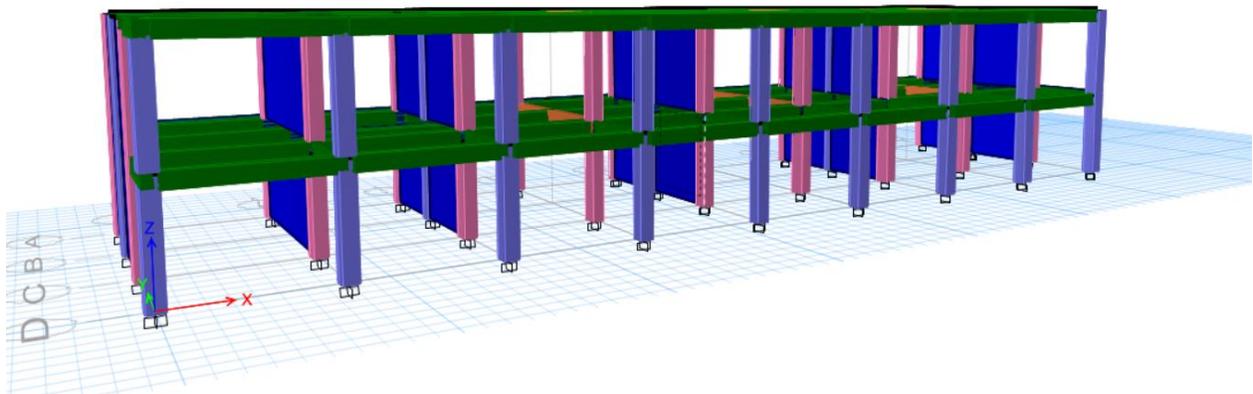


Imagen 2. Vista 2 - 3D



Imagen 3. Primera planta



Imagen 4. Segunda planta

2. Carga muerta

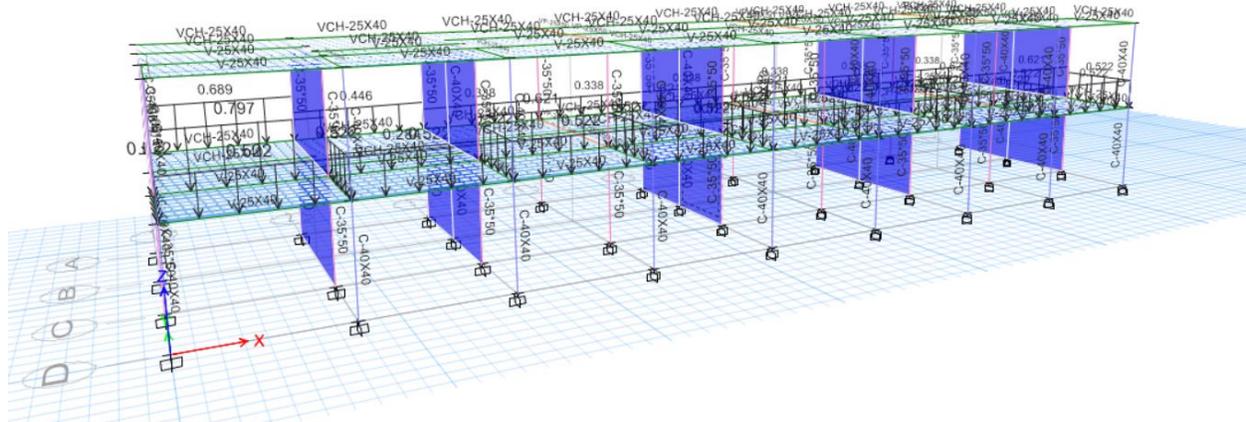


Imagen 5. Carga muerta en elevación

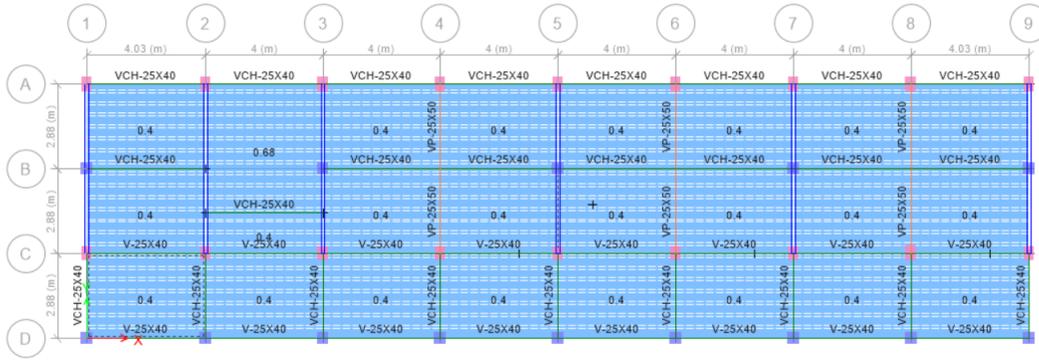


Imagen 6. Carga muerta primera planta

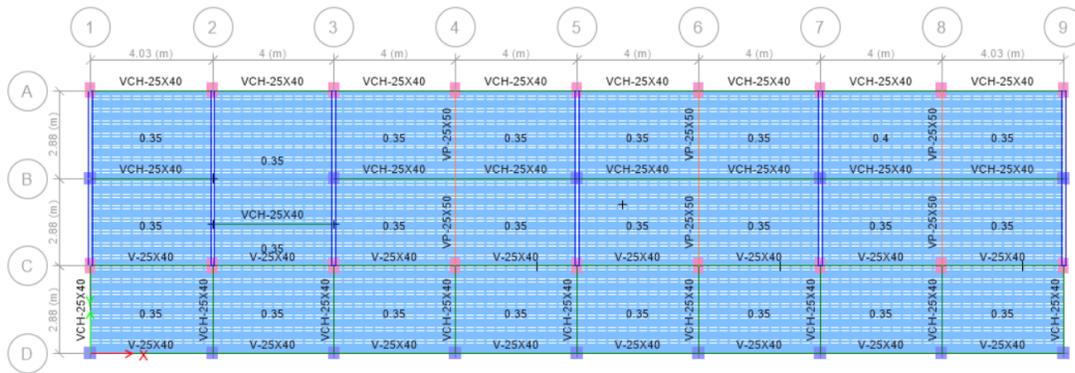


Imagen 7. Carga muerta segunda planta

3. Carga viva

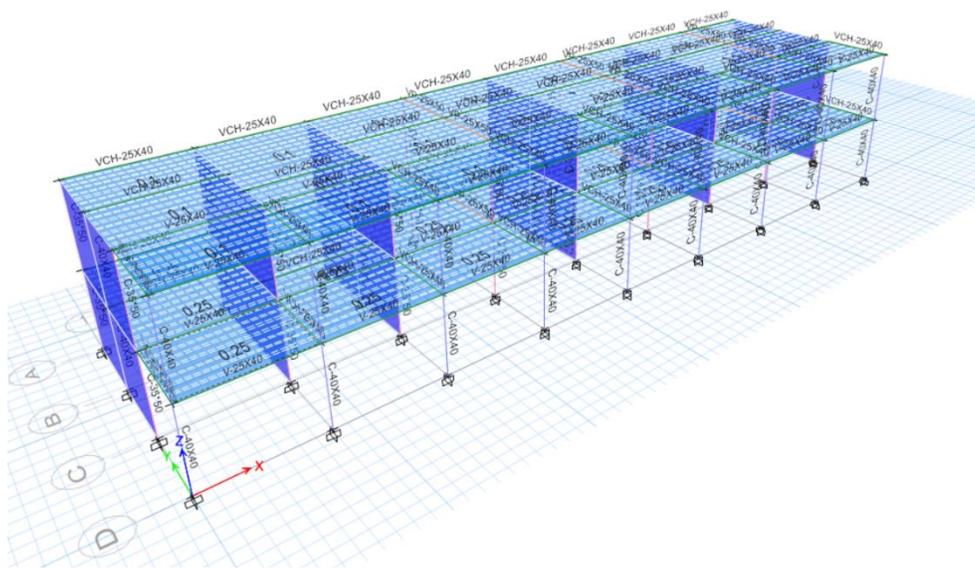


Imagen 8. Carga viva en elevación

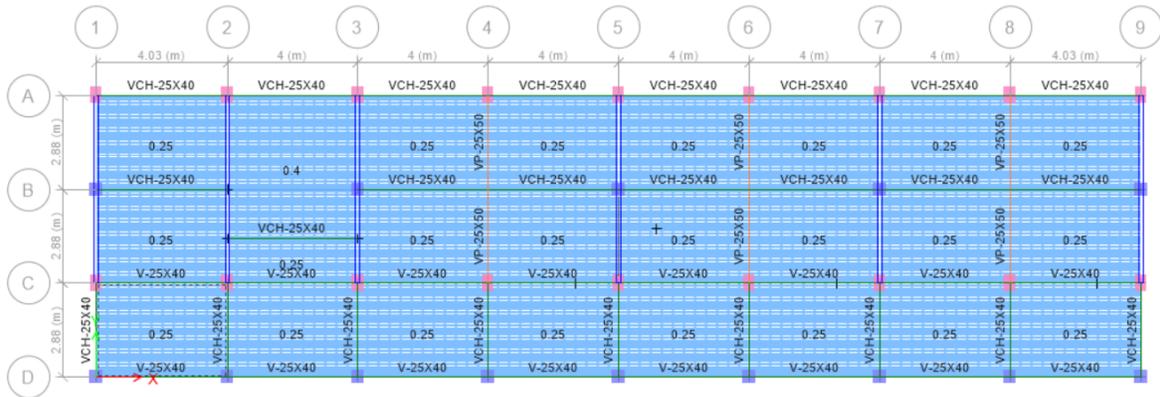


Imagen 9. Carga viva primera planta

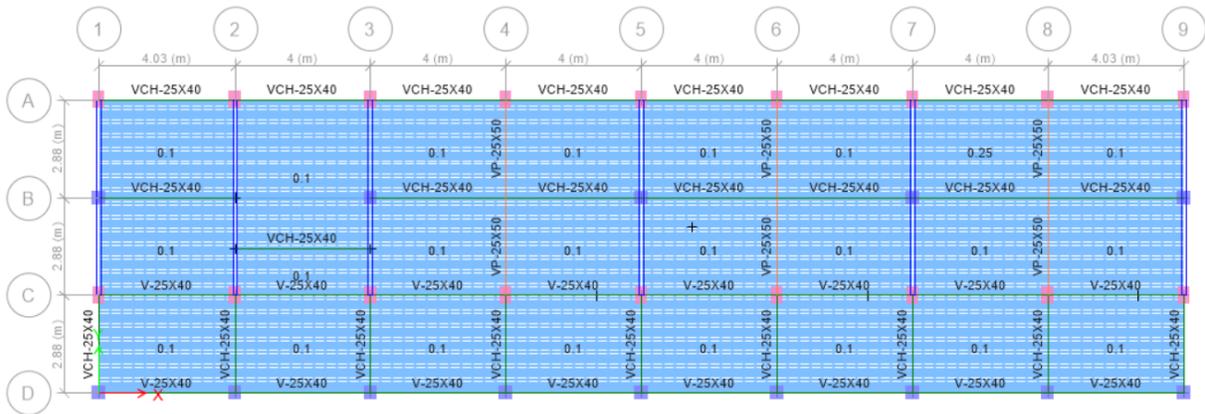


Imagen 10. Carga viva segunda planta

4. Distribución de losa y vigas

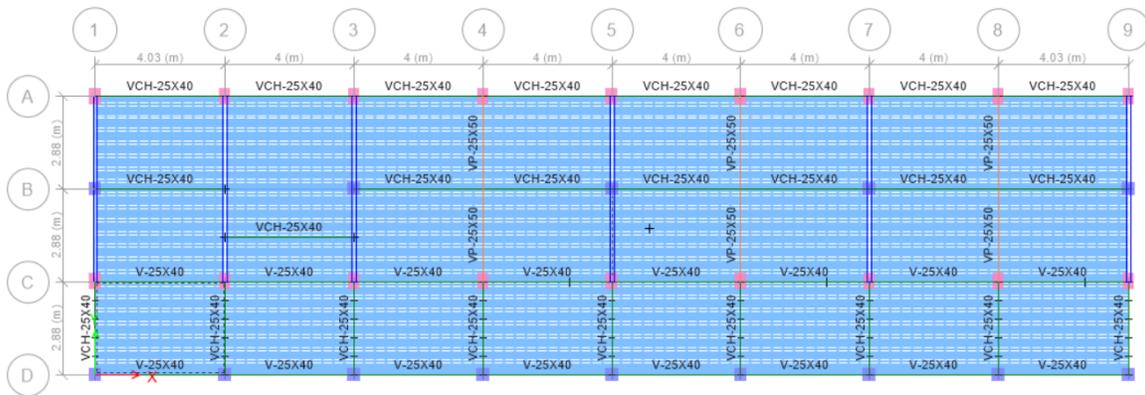


Imagen 11. Distribución de losa y vigas – primera planta

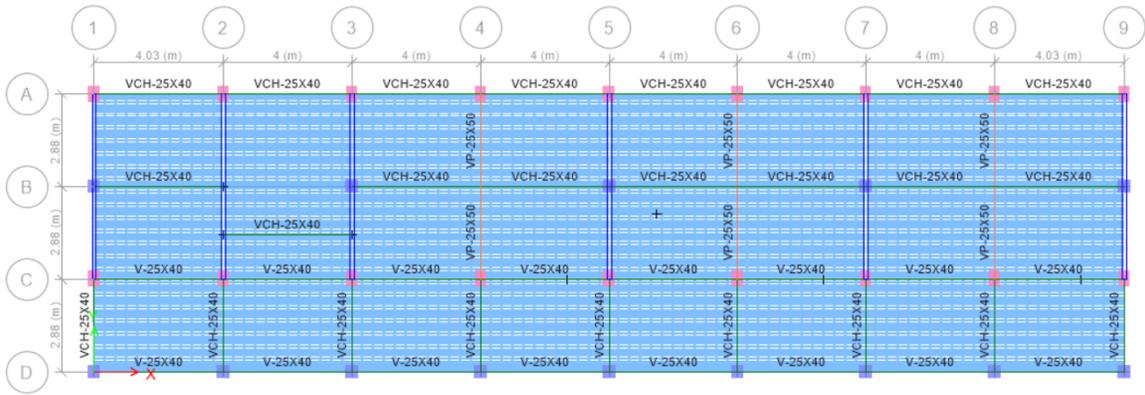


Imagen 12. Distribución de losa y vigas – segunda planta

5. Elevación por ejes

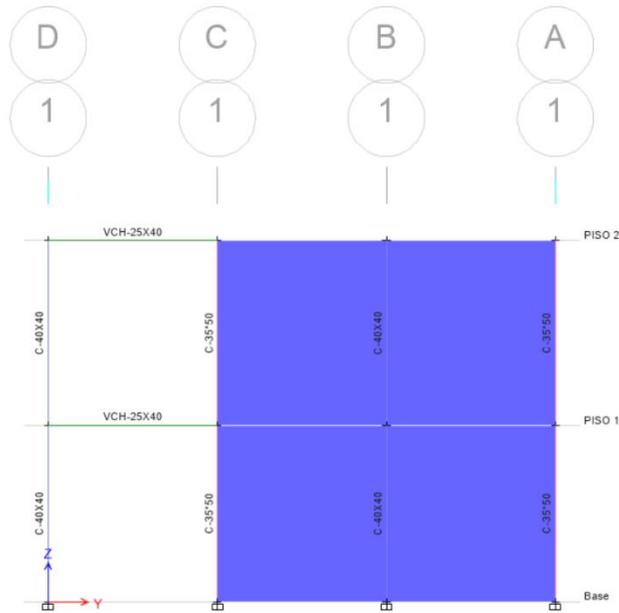


Imagen 13. Eje 2

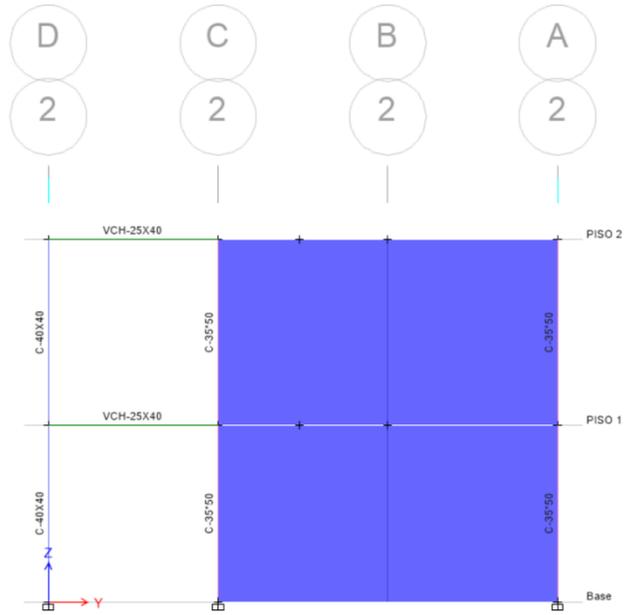


Imagen 14. Eje 3

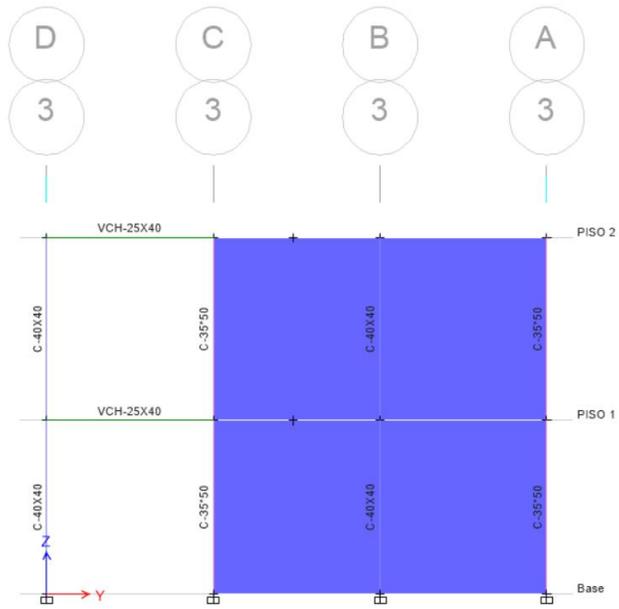


Imagen 15. Eje 4

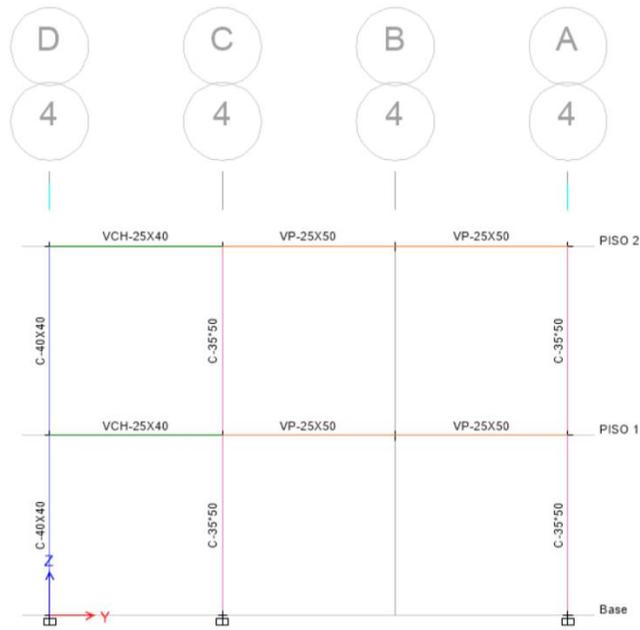


Imagen 16. Eje 5

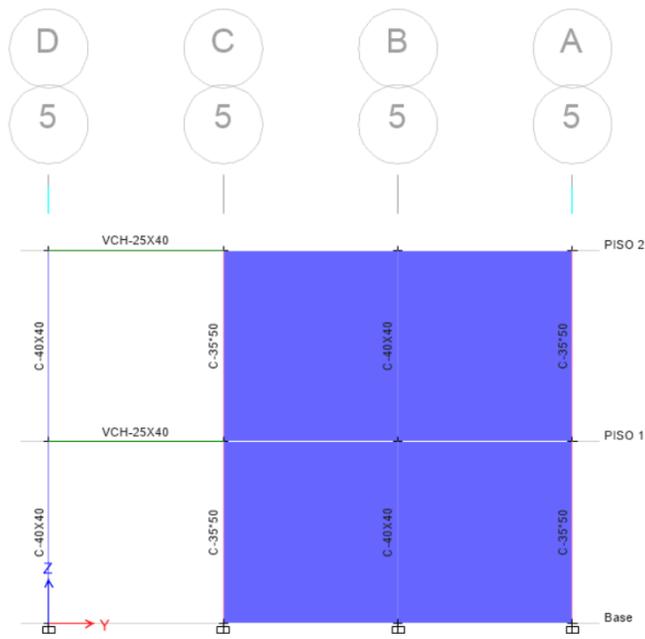


Imagen 17. Eje 6

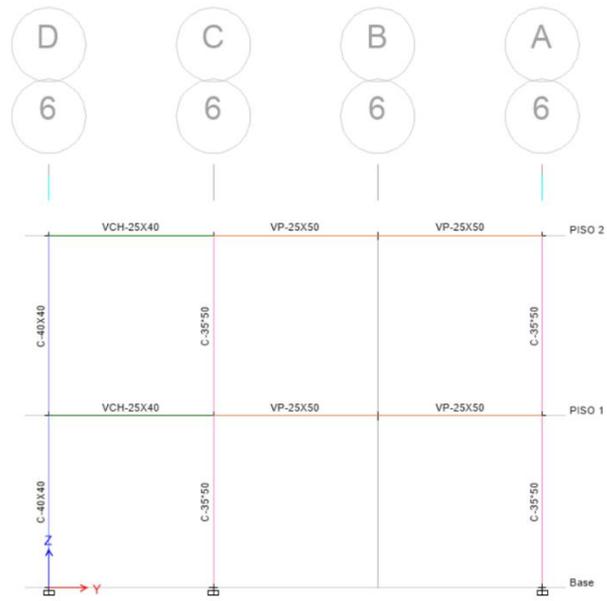


Imagen 18. Eje 7

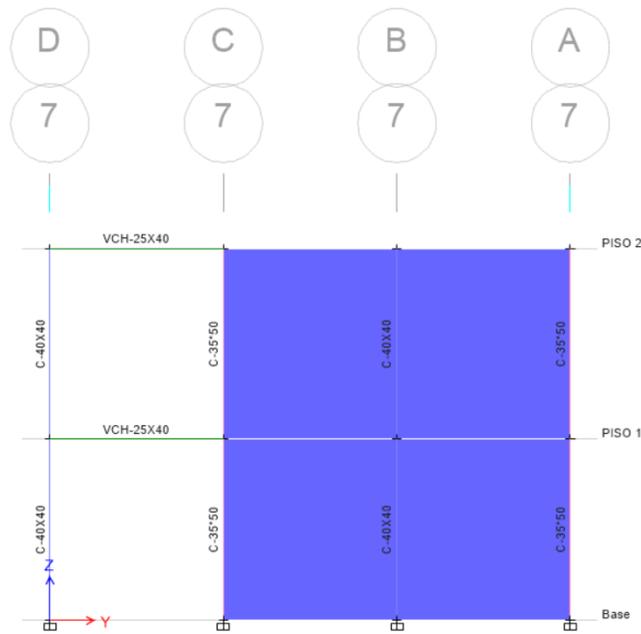


Imagen 19. Eje 8

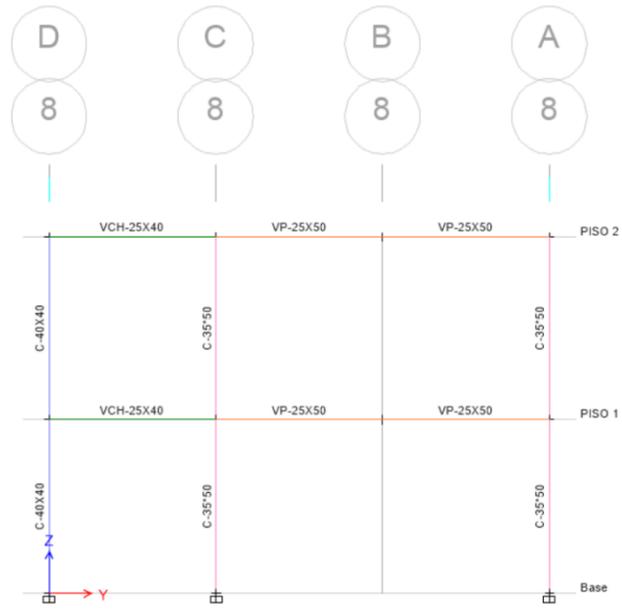


Imagen 20. Eje 9

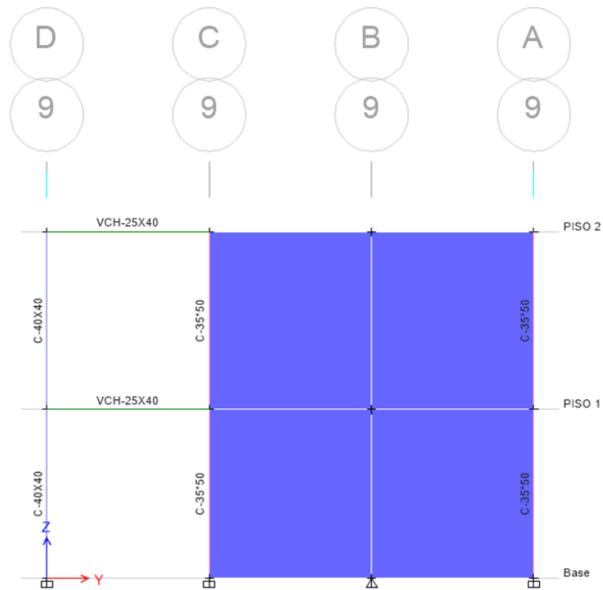


Imagen 21. Eje A

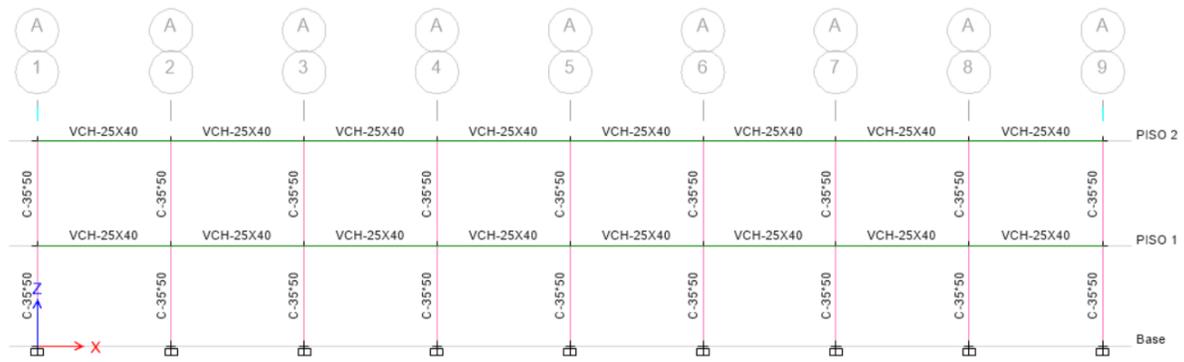


Imagen 22. Eje B

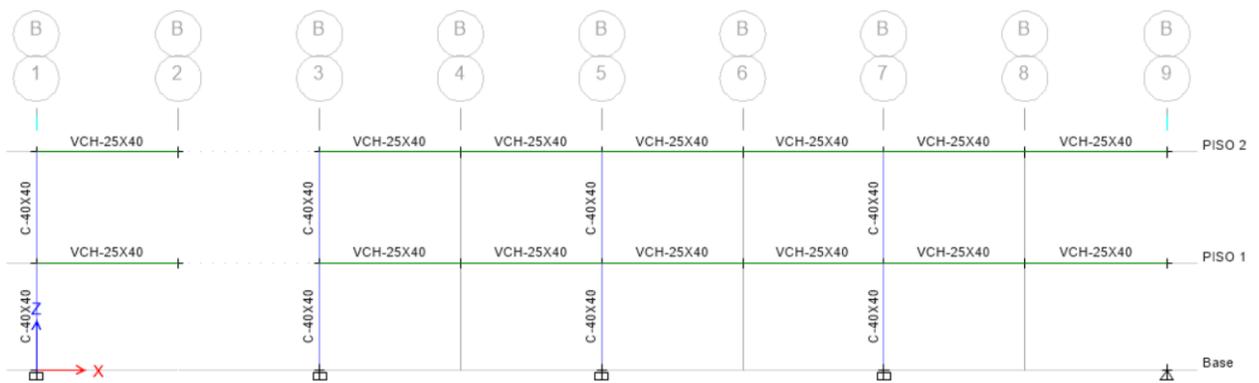


Imagen 23. Eje C

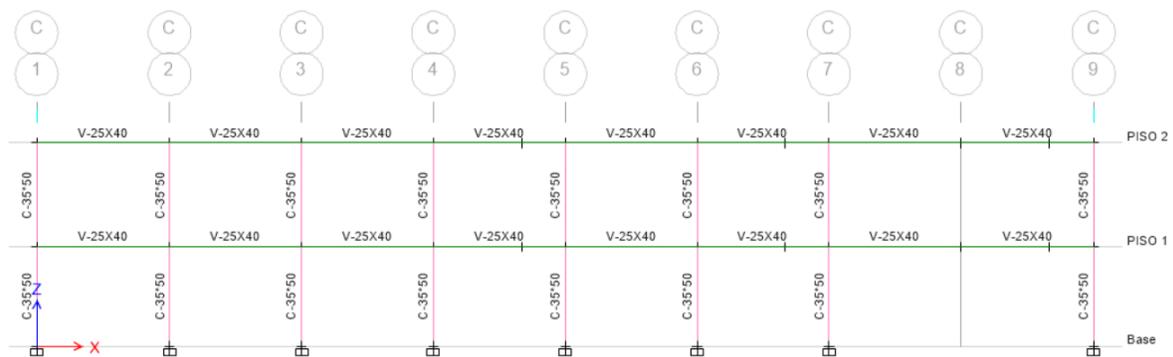


Imagen 24. Eje D

6. Deformaciones

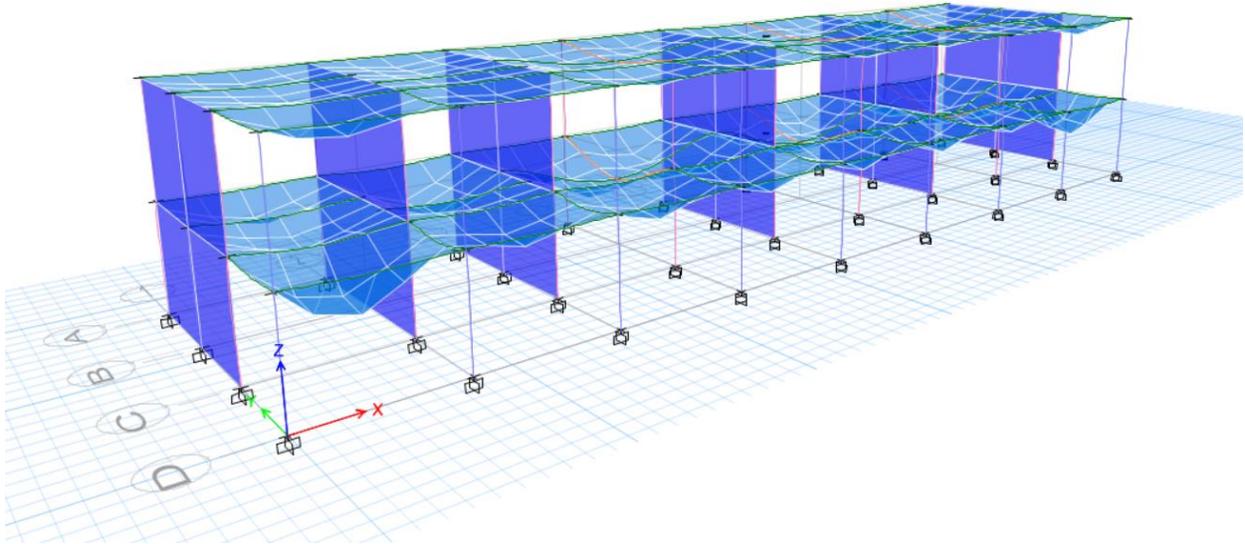


Imagen 25. Modo 1

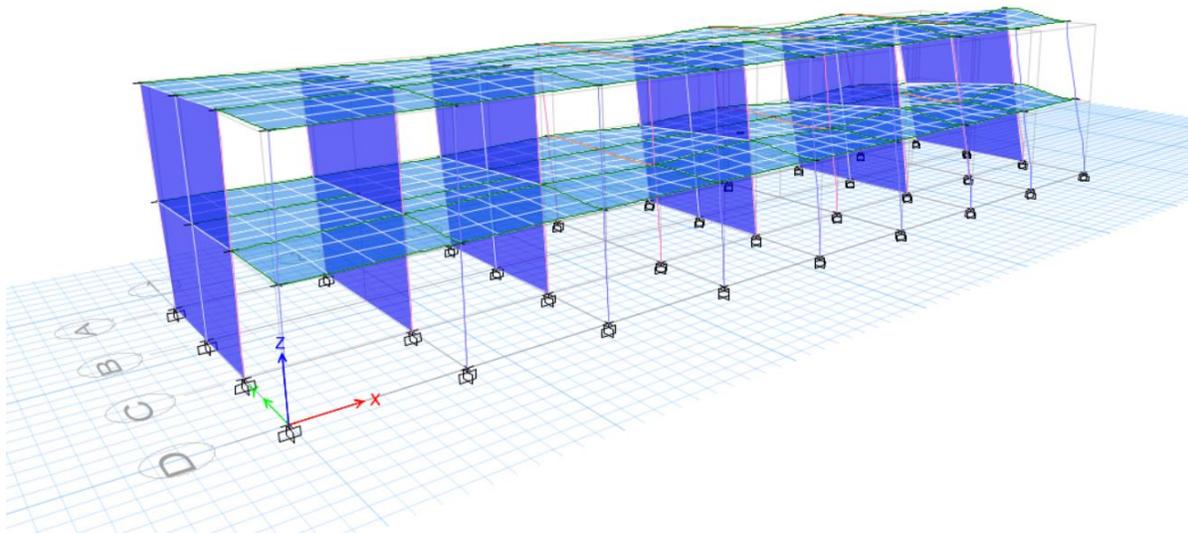


Imagen 26. Eje D

PANEL FOTOGRÁFICO

COLEGIO: SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO



Fotografía 1. I.E. Santiago Antúnez de Mayolo - Pariahuanca



Fotografía 2. I.E. Santiago Antúnez de Mayolo – pabellón de análisis



Fotografía 3. I.E. Santiago Antúnez de Mayolo – inspección técnica visual de columnas



Fotografía 4. I.E. Santiago Antúnez de Mayolo – inspección técnica visual de vigas



Fotografía 5. I.E. Santiago Antúnez de Mayolo – toma de muestra de suelo para ensayo de corte directo