

Walter Junior Diaz Araujo

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO F $C = 210 \text{KG/CM}^2$ CON ...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3638136331

144 páginas

Fecha de entrega

1 sep 2026, 10:58 a.m. GMT-5

27.670 palabras

Fecha de descarga

1 sep 2026, 11:05 a.m. GMT-5

153.014 caracteres

Nombre del archivo

TER_JUNIOR_DIAZ_ARAUJO_-_INFORME_-_WALTER_JUNIOR_DIAZ_ARAUJO.pdf

Tamaño del archivo

5.7 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

12% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unj.edu.pe	6%
2	Internet	hdl.handle.net	2%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
4	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025	<1%
6	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
7	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
8	Internet	escuelaing.s3.amazonaws.com	<1%
9	Trabajos del estudiante	UC - Presencial	<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	<1%
11	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%

12	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad para el Desarrollo Andino	<1%
14	Trabajos del estudiante	unj	<1%
15	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
18	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%
19	Trabajos del estudiante	FUNIBER	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
21	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
23	Trabajos del estudiante	Higher Education Commission Pakistan	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Ingenieria	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru	<1%
27	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
28	Internet	repositorio.ues.edu.sv	<1%

4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**FACULTAD DE INGENIERÍA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO
APORTICADO DE CONCRETO ARMADO $F'_{C}=210\text{KG/CM}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS RECICLADAS,
JAÉN – 2025**

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. Walter Junior Diaz Araujo

Asesor: M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Línea de Investigación: LI_IC_01 Estructuras

JAÉN – PERÚ

AGOSTO, 2026

1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO
APORTICADO DE CONCRETO ARMADO $F'_{C}=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON FIBRAS METÁLICAS RECICLADAS,
JAÉN – 2025**

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. Walter Junior Diaz Araujo

Asesor: M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Línea de Investigación: LI_IC_01 Estructuras

JAÉN – PERÚ

AGOSTO, 2026

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Descripción de la realidad Problemática	9
1.2. Justificación	11
1.3. Hipótesis	17
1.4. Objetivos	18
1.5. Antecedentes de la investigación	19
II. MATERIAL Y MÉTODOS	27
2.1. Ubicación geográfica	27
2.2. Población, muestra y muestreo	27
2.3. Métodos	29
2.4. Tipos de investigación	30
2.5. Procedimiento de recolección de datos	31
2.6. Análisis de datos	41
III. RESULTADOS	42
3.1. Resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al adicionar fibras metálicas recicladas en porcentajes 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%	42
3.2. Diseño sismorresistentemente un edificio aporticado de cinco niveles de concreto armado convencional (sin adición de fibras), de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.	45
3.3. Diseño sismorresistente un edificio aporticado de cinco niveles utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras metálicas recicladas, comparando su comportamiento estructural con el diseño convencional	55
3.4. Comparativo del costo total del concreto estructural $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando fibras metálicas recicladas con el costo del concreto convencional, en la construcción de un edificio aporticado en Jaén – 2025.	69
IV. DISCUSIÓN	80
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1. Conclusiones	85
5.2. Recomendaciones	87
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

II

AGRADECIMIENTO	94
DEDICATORIA	95
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosificaciones de concreto con fibras	27
Tabla 2. Resistencia a compresión de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con diversas adiciones de fibras	42
Tabla 3. Prueba de normalidad de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras	43
Tabla 4. Prueba de homogeneidad de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras	44
Tabla 5. Prueba de ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras	44
Tabla 6. Prueba de comparaciones múltiples Dunnett de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras	45
Tabla 7. Parámetros sísmicos en el eje X	46
Tabla 8. Parámetros sísmicos en el eje Y	47
Tabla 9. Fuerzas sísmicas en altura en el eje X	48
Tabla 10. Fuerzas sísmicas en altura en el eje Y	48
Tabla 11. Aceleración espectral.....	50
Tabla 12. Modos de vibración de la estructura.....	51
Tabla 13. Derivas de entrepiso en el eje X	51
Tabla 14. Derivas de entrepiso en el eje Y	53
Tabla 15. Parámetros sísmicos en el eje X	55
Tabla 16. Parámetros sísmicos en el eje Y	56
Tabla 17. Fuerzas sísmicas en altura en el eje X	57
Tabla 18. Fuerzas sísmicas en altura en el eje Y	58
Tabla 19. Aceleración espectral.....	59
Tabla 20. Modos de vibración de la estructura.....	60
Tabla 21. Derivas de entrepiso en el eje X	60
Tabla 22. Derivas de entrepiso en el eje Y	62
Tabla 23. Análisis de costo unitario de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón por m^3	70
Tabla 24. Análisis de costo unitario del encofrado y desencofrado de columnas	71
Tabla 25. Análisis de costo unitario de acero corrugado $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ grado 60	71
Tabla 26. Metrados para obras de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón.....	73
Tabla 27. Costo total de obras de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón.....	74

Tabla 28. Análisis de costo unitario de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ por m^3 , adicionando 2.25% de fibras metálicas	75
Tabla 29. Metrados para obras de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con 2.25% de fibras metálicas	76
Tabla 30. Costo total del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con 2.25% de fibras metálicas	77
Tabla 31. Comparación de metrados y costos de las columnas de concreto convencional y concreto con 2.25% de fibras metálicas recicladas	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección de alambre N°16.....	31
Figura 2. Lijado del alambre N°16.....	31
Figura 3. Corte del alambre N°16	32
Figura 4. Cuarteo de la muestra.....	32
Figura 5. Análisis granulométrico del agregado fino	32
Figura 6. Análisis granulométrico del agregado grueso	33
Figura 7. Material pasante más fino que el tamiz N°200	33
Figura 8. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	33
Figura 9. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	33
Figura 10. Absorción y peso específico del agregado grueso	34
Figura 11. Absorción y peso específico del agregado fino	34
Figura 12. Fibras metálicas	34
Figura 13. Dosificación de concreto patrón	34
Figura 14. Fabricación de probetas patrón	35
Figura 15. Dosificación de concreto con 1.25% de fibras.....	35
Figura 16. Fabricación de probetas con 1.25% de fibras	35
Figura 17. Dosificación de concreto con 2.25% de fibras.....	35
Figura 18. Fabricación de probetas con 2.25% de fibras	36
Figura 19. Dosificación de concreto con 3.25% de fibras.....	36
Figura 20. Fabricación de probetas con 3.25% de fibras	36
Figura 21. Fabricación de probetas con 4.25% de fibras	36
Figura 22. Resistencia a compresión del concreto patrón a los 28 días	37
Figura 23. Resistencia a compresión del concreto con 1.25% de fibras a los 28 días	37
Figura 24. Resistencia a compresión del concreto con 2.25% de fibras a los 28 días	37
Figura 25. Resistencia a compresión del concreto con 3.25% de fibras a los 28 días	37
Figura 26. Resistencia a compresión del concreto con 4.25% de fibras a los 28 días	38
Figura 27. Resistencia a compresión de concreto con diversas adiciones	43
Figura 28. Distorsiones de entrepiso en la dirección X.....	52
Figura 29. Distorsiones de entrepiso en la dirección Y	54
Figura 30. Distorsiones de entrepiso en la dirección X.....	61
Figura 31. Distorsiones de entrepiso en la dirección Y	63
Figura 32. Cortante basal en el eje X para ambas resistencias a la compresión.....	64

Figura 33. Cortante basal en el eje Y para ambas resistencias a la compresión.....	65
Figura 34. Fuerzas sísmicas en el eje X para ambas resistencias a la compresión.....	66
Figura 35. Fuerzas sísmicas en el eje Y para ambas resistencias a la compresión.....	67
Figura 36. Derivas en el eje X para ambas resistencias a la compresión	68
Figura 37. Derivas en el eje Y para ambas resistencias a la compresión	69
Figura 38. Comparativo de costos de obras de concreto patrón Vs el óptimo contenido de fibras que máxima la resistencia del concreto (2.25%)	78

RESUMEN

1 El estudio tuvo como objetivo determinar el comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ incorporando fibras metálicas recicladas. La metodología correspondió a un estudio aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los resultados evidenciaron que la resistencia a compresión a los 28 días, para las adiciones de 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25% de fibras metálicas recicladas, fueron de 247.52 kg/cm^2 , 299.29 kg/cm^2 , 282.47 kg/cm^2 y 236.83 kg/cm^2 , respectivamente, alcanzando el mayor valor con el 2.25% de fibras. En el análisis estructural, el edificio con concreto convencional presentó desplazamientos en el eje X de 0.0027, 0.0046, 0.0062, 0.0069 y 0.0051m, y en el eje Y de 0.0030, 0.0040, 0.0060, 0.0066 y 0.0050m, con períodos fundamentales de 0.605s y 0.633s, respectivamente. En contraste, el edificio con 2.25% de fibras registró desplazamientos en X de 0.0020, 0.0040, 0.0060, 0.0067 y 0.0050 m, y en Y de 0.0020, 0.0040, 0.0060, 0.0060 y 0.0050 m, con períodos de 0.590s y 0.614s. El costo del concreto convencional fue de S/ 64,637.98 y con 2.25% de fibras de S/ 56,741.02. Se concluye que el 2.25% de fibras mejora la resistencia, reduciendo los desplazamientos y costos, siendo una alternativa viable.

Palabras claves: Fibras metálicas recicladas, Concreto reforzado, Comportamiento estructural, Diseño sismorresistente y Costo

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the structural behavior of a reinforced concrete frame building with a compressive strength of 210 kg/cm² incorporating recycled steel fibers. The research followed an applied, quantitative, and experimental design. The results showed that the 28-day compressive strengths for concrete mixtures containing 1.25%, 2.25%, 3.25%, and 4.25% recycled steel fibers were 247.52 kg/cm², 299.29 kg/cm², 282.47 kg/cm², and 236.83 kg/cm², respectively, with the highest strength achieved at the 2.25% fiber content. Structural analysis indicated that the conventional concrete building exhibited displacements in the X direction of 0.0027, 0.0046, 0.0062, 0.0069, and 0.0051m, and in the Y direction of 0.0030, 0.0040, 0.0060, 0.0066, and 0.0050m, with fundamental periods of 0.605s and 0.633s, respectively. In contrast, the building incorporating 2.25% recycled steel fibers recorded X-direction displacements of 0.0020, 0.0040, 0.0060, 0.0067, and 0.0050m, and Y-direction displacements of 0.0020, 0.0040, 0.0060, 0.0060, and 0.0050m, with fundamental periods of 0.590 s and 0.614s. The cost of conventional concrete was S/ 64,637.98, whereas the concrete containing 2.25% recycled steel fibers cost S/ 56,741.02. It is concluded that incorporating 2.25% recycled steel fibers improves compressive strength, reduces structural displacements and construction costs, making it a technically and economically viable alternative for reinforced concrete frame buildings.

Keywords: Recycled steel fibers, reinforced concrete, structural behavior, seismic design, cost.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática

A nivel internacional, los sismos han ocasionado no solo la pérdida de vidas humanas, sino también muchos daños materiales; desde el daño de viviendas, estructuras, infraestructura hospitalaria, centros eléctricos, centros de comunicaciones, etc. Tal es el caso del sismo de magnitud 7.8 ocurrido en Turquía, que dejó más de 80.000 edificios terminaron completamente derrumbados y otros 279 655 edificios ligeramente dañados que necesitan ser demolidos (Molina y Valera, 2023). Lo mismo sucedió en Japón el año 2011, donde un sismo ocasionó que más de 68 000 viviendas quedaran completamente destruidas, lo cual deja en evidencia que las estructuras necesitan de respuestas que vayan más allá de su capacidad de diseño, para responder de manera idónea ante fuerzas máximas, siendo estos parte importante ante el comportamiento sísmico de los edificios, también sumado a ello el resguardo de la vida de las personas y permitiendo la supervivencia ante estos acontecimientos (Kawachi et al., 2023). Las edificaciones son susceptibles a las vibraciones y deformaciones excesivas, que no permitan el correcto uso de las instalaciones o que requieran la modificación del inmueble. Por otro lado, al no cumplir el límite de falla (límite de resistencia), pone en riesgo la capacidad y estabilidad de la estructura ante acciones de diseño (Razo y García 2020).

El Perú es un país con una alta actividad sísmica, donde a lo largo de su historia han ocurrido diversos sismos, y esto se debe a que se encuentra ubicada en el cinturón del fuego del pacífico. El sismo ocurrido el 15 de agosto del 2007 de magnitud 7.9 con una intensidad de IX en la escala de Mercalli ocurrido en pisco dejó aproximadamente 600 personas fallecidas, 2291 heridos y 76 000 viviendas totalmente destruidas e inhabitables (Rodríguez, 2018). Lo mismo sucedió con el sismo ocurrido en Lagunas – Loreto el 26 de marzo del 2019, en la que remeció en distintos departamentos del Perú; evidenciándose daños en infraestructura pública y viviendas de todo tipo, esto deja en evidencia la limitación de las estructuras, lo que se demuestra que las edificaciones diversas que se construyen presentan deficiencias estructurales desde su diseño y dejando como consecuencia la pérdida de vidas humanas (Taver, 2019). Después del terremoto de Pisco, uno de los problemas más notables fueron defectos constructivos, como la configuración vertical ya que presentaban irregularidades por los cambios bruscos de rigidez y masa entre pisos consecutivos, ocasionando fuertes concentraciones de esfuerzos (Pérez y Neyra, 2021).

Cajamarca se encuentra ubicada en una zona de sismicidad intermedia a alta, según el mapa de zonificación sísmica del Perú. Esta condición geológica hace que las edificaciones en esta zona estén expuestas a movimientos sísmicos recurrentes, lo cual exige que las construcciones cumplan con criterios adecuados de seguridad estructural. Sin embargo, diversas evaluaciones han identificado que una parte importante de las edificaciones existentes, especialmente viviendas, no cumplen con los parámetros técnicos exigidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones, debido principalmente a su carácter informal o empírico, es decir, sin intervención de profesionales ni aplicación de normas técnicas (Chávez, 2018). Esta situación aumenta considerablemente el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Por ejemplo, ante un sismo de magnitud moderada (cinco a seis grados en la escala de Richter), estructuras construidas de manera informal tienden a sufrir deformaciones significativas que las llevan rápidamente a su rango plástico, comprometiendo su estabilidad global y elevando el riesgo de colapso (Julca, 2024). Este riesgo ya se ha evidenciado en eventos recientes como el sismo ocurrido el 21 de julio del 2021, de magnitud 5.2, que afectó zonas del norte de Cajamarca, particularmente San Ignacio, donde se reportaron fallas estructurales en viviendas cercanas al epicentro (El Peruano, 2021).

A nivel local, en la ciudad de Jaén, el crecimiento poblacional ha dado lugar a un aumento acelerado y, en muchos casos, informal del parque habitacional. Esto se traduce en edificaciones que no cuentan con diseño estructural validado ni supervisión profesional, elevando así la exposición al riesgo ante un evento sísmico. Según Flores y Carrasco (2024), gran parte de las nuevas construcciones en la zona urbana de Jaén carecen de una evaluación adecuada de comportamiento estructural frente a cargas sísmicas, lo que agrava el potencial de daños estructurales y pérdidas humanas en caso de un sismo de magnitud moderada o alta.

A pesar de los avances en el uso de fibras metálicas en el concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, la mayoría de investigaciones se han centrado en fibras industriales comerciales y en ensayos a nivel de laboratorio, tales como probetas cilíndricas o prismáticas, sin abordar su aplicación en sistemas estructurales reales como edificaciones aporticadas. Asimismo, existe una limitada evidencia científica sobre el comportamiento estructural de edificaciones que incorporen **fibras metálicas recicladas provenientes de alambre N°16**, particularmente en contextos sísmicos como el peruano. Esta situación

evidencia una brecha de conocimiento respecto a la influencia de este tipo de material reciclado en parámetros estructurales como desplazamientos, derivas, fuerzas internas y desempeño sísmico global de edificaciones, lo cual restringe su aplicación en el diseño estructural.

En ese sentido, la presente investigación busca contribuir a la reducción de esta brecha mediante la evaluación del comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ incorporando fibras metálicas recicladas, permitiendo determinar su influencia en el desempeño estructural frente a cargas sísmicas. Este estudio no solo aporta evidencia técnica sobre el uso de materiales reciclados en estructuras reales, sino que también plantea una alternativa sostenible y económicamente viable para mejorar la seguridad estructural en zonas con alta vulnerabilidad sísmica como Jaén.

Se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'_c= 210\text{kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025?

El alcance del presente estudio, si bien los ensayos de laboratorio evidencian un incremento en la resistencia a compresión del concreto con fibras metálicas, es necesario establecer el vínculo entre estos resultados y el comportamiento estructural. En este sentido, el incremento de resistencia puede asociarse a una variación en el módulo de elasticidad del material, el cual influye directamente en la rigidez de los elementos estructurales.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Técnica

Desde el punto de vista técnico, el estudio se justifica en la evaluación del efecto de las fibras metálicas recicladas sobre el comportamiento del concreto armado, específicamente en su capacidad de transferencia de esfuerzos a través de fisuras. La incorporación de estas fibras permite mejorar la resistencia residual, la ductilidad y el control de fisuración, aspectos fundamentales en el desempeño de estructuras sometidas a cargas sísmicas. Asimismo, la investigación incluye el diseño sismorresistente de un edificio aporticado de cinco niveles conforme a la Norma Técnica E.030, lo que permite analizar el comportamiento estructural a escala real. Se compara un modelo convencional (sin fibras)

con otro que incorpora fibras metálicas recicladas en su porcentaje óptimo, evaluando parámetros como desplazamientos laterales, derivas de entrepiso y periodo estructural. En este sentido, el estudio aporta evidencia técnica sobre la viabilidad del uso de fibras metálicas recicladas como material de refuerzo en edificaciones, contribuyendo a mejorar la seguridad estructural y el desempeño sísmico en contextos urbanos como la ciudad de Jaén.

1.2.2. Justificación Teórica

Teóricamente se justifica porque se pretende brindar una nueva información con la adición de las fibras metálicas recicladas en el concreto. El concreto armado es un material compuesto que resiste eficientemente esfuerzos de compresión, pero tiene una capacidad limitada para resistir esfuerzos de tracción, lo que lo hace propenso a fisuras. Tradicionalmente, esta debilidad se compensa mediante el uso de armadura pasiva (acero corrugado), pero en las últimas décadas se ha promovido el uso de fibras dentro de la matriz del concreto como método complementario de refuerzo; ya que su distribución aleatoria de elementos alargados en la matriz del concreto, actuando como puentes de transferencia de cargas en la microfisuración. Además, se verificó su desempeño en elementos estructurales, basándose y procediendo de las normas E.060 de cargas y E.030 de diseño sismorresistente, investigaciones realizadas con anterioridad, para dejar como recurso esta investigación para posteriores investigaciones. Estas fibras se caracterizan por ser metálicas, con una longitud típica de 30 a 60 mm y diámetros de 0.5 a 1.0 mm, y pueden tener diversas formas para mejorar su anclaje en la matriz del concreto.

En el presente estudio, se utilizó fibras metálicas recicladas, de origen industrial, las cuales fueron incorporadas al concreto durante la etapa de mezclado, sin requerir tratamientos especiales previos. Estas fibras están disponibles en el mercado local, ya que, en la práctica constructiva local, es común observar grandes cantidades de residuos metálicos, entre ellos los sobrantes de alambre negro N°16, utilizado para el amarre de acero en obras. Lo que asegura su obtención en cantidad suficiente para el desarrollo del proyecto,

1.2.3. Justificación Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación adopta un enfoque cuantitativo de tipo aplicado con diseño experimental, estructurado en dos etapas complementarias. En la primera etapa, se realiza la experimentación en laboratorio para determinar la resistencia

a compresión del concreto con diferentes porcentajes de fibras metálicas recicladas. En la segunda etapa, se desarrolla el modelamiento y análisis estructural de un edificio aporticado mediante software especializado, considerando las propiedades obtenidas en laboratorio. Este procedimiento permite establecer una relación directa entre las propiedades mecánicas del material y su influencia en el comportamiento estructural del sistema. La comparación entre el modelo convencional y el modelo con fibras facilita la evaluación objetiva de los efectos de la variable independiente, garantizando la validez de los resultados y su aplicabilidad en el diseño estructural.

1.2.4. Justificación Social

Socialmente se justifica porque la ciudad de Jaén se encuentra en una zona con amenaza sísmica considerable. Mejorar la seguridad estructural de los edificios habitacionales mediante nuevas tecnologías accesibles y compatibles con los métodos constructivos existentes contribuye directamente al bienestar y seguridad de la población. Esta investigación promueve soluciones que podrían ser adoptadas en futuros proyectos de vivienda, reduciendo riesgos de colapso, pérdidas humanas y económicas ante sismos. Asimismo, el conocimiento generado puede beneficiar a profesionales locales, incentivando el uso de técnicas innovadoras y más seguras en la construcción civil.

1.2.5. Justificación Ambiental

En cuanto al impacto ambiental la investigación se justifica porque, el sector construcción genera una gran cantidad de residuos sólidos, tanto en el proceso de edificación como en la fabricación de materiales. Uno de los desechos más comunes en obras es el alambre N°16, utilizado para el amarre de acero en estructuras de concreto armado. Este material, al ser descartado en cantidades considerables por muchas obras, rara vez se recicla y suele terminar en vertederos o en el ambiente, generando contaminación visual y riesgo de accidentes. El estudio propone una alternativa ambientalmente responsable al revalorizar este residuo, incorporándolo como fibra metálica reciclada en mezclas de concreto, lo cual genera varios beneficios ecológicos, como la reducción de residuos metálicos; fomenta la economía circular, cerrado en la construcción, donde los desechos se convierten en insumos estructurales útiles; asimismo menor consumo de insumos vírgenes, es decir evitando el uso de fibras metálicas industriales nuevas, se reduce la huella de carbono asociada a su producción y transporte, e incentiva la innovación ecológica y la gestión eficiente de

3

residuos en proyectos de infraestructura. En resumen, la investigación plantea un modelo técnico viable que integra sostenibilidad ambiental en el diseño y construcción de edificaciones aporticadas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 12: Producción y consumo responsables. Además, al alargar la vida útil de las edificaciones y minimizar daños estructurales frente a eventos sísmicos, se disminuye el impacto ambiental asociado a la reconstrucción post-desastre. De esta forma, el proyecto promueve prácticas constructivas más sostenibles y resilientes.

1.2.6. Justificación de la elección del lote

La elección del lote ubicado en la Calle San Juan, cuadra 1 de la Urbanización Santa María II, en la ciudad de Jaén, con un área aproximada de 190 m², responde a criterios técnicos, representativos y contextuales que son fundamentales para los objetivos de esta investigación. Desde el punto de vista técnico y urbano, se trata de una zona residencial consolidada, con alta densidad poblacional y edificaciones de características similares, mayormente viviendas de entre tres y cinco niveles construidos en concreto armado bajo sistemas aporticados convencionales. Esta condición representa fielmente la tipología estructural predominante en la ciudad de Jaén, lo que permite extrapolar los resultados del estudio a contextos urbanos reales y frecuentes. Asimismo, se eligió este lote por su accesibilidad y disponibilidad de datos geométricos y estructurales, lo que facilita la modelación precisa del edificio propuesto tanto en su versión convencional como con adición de fibras metálicas. Al contar con un área típica de 190 m² (10 m x 19 m aproximadamente), se adecúa a los parámetros usuales para edificaciones multifamiliares o viviendas urbanas, sin requerir adaptaciones especiales en el diseño estructural. Además, este lote específico no solo representa condiciones reales de diseño, sino que permite evaluar el potencial de implementación del concreto reforzado con fibras metálicas en zonas urbanas densas, considerando restricciones de espacio, cargas típicas de ocupación, y normativas locales.

Por lo tanto, la elección de este lote no es arbitraria, sino que responde a una estrategia metodológica de representatividad, viabilidad técnica y pertinencia contextual, que busca maximizar la aplicabilidad práctica de los resultados de la investigación en el contexto urbano de Jaén y similares.

1.2.7. Justificación de porque solo se evaluará la resistencia a compresión

Dentro de los parámetros del material tenemos al concreto cuyas características serán fundamentales para en análisis estructural empleando la norma E.030 y E.060. Los principales valores para el análisis lineal serán la resistencia característica a compresión (f'_c), módulo de elasticidad (E_c), Peso específico (γ_c), Coeficiente de Poisson (ν) y Módulo de corte (G). El único parámetro que se evaluará es la resistencia a compresión del concreto, esto debido a que los demás parámetros dependen de la resistencia a compresión del concreto; es decir el módulo está en función de la resistencia a compresión del concreto; el peso específico será evaluado dentro de las propiedades físicas del concreto fresco; el Coeficiente de Poisson aunque no depende de la resistencia del concreto no se evaluara debido a limitante de máquinas para evaluar su valor, por lo que generalmente se asume 0.2 (valor típico para concreto no fisurado) y finalmente el Módulo de corte, este valor se puede hallar en función de E_c y ν .

El software y el modelo estructural ETABS para el diseño sismorresistente del edificio se basa en parámetros normativos y relaciones lineales. En ese contexto, bajo el valor de la f'_c permite representar de manera práctica otros valores que se requieren en el programa adoptando una aproximación conservadora mediante fórmulas, que asegura que los resultados estructurales obtenidos sin sobreestimar. Por tanto, al evaluar de forma experimental el f'_c , se cubre el parámetro base a partir del cual se derivan los demás valores requeridos para el análisis estructural que requiere el programa ETABS.

Estudios acerca de módulo de Poisson

Plascencia et al. (2019) tuvo que al adicionar fibras metálicas en 0% y 0.7% para un diseño $f'_c=21$ Mpa, la resistencia a compresión del concreto a los 28 días fue 26.63Mpa y 24.14 Mpa, con respectivos módulos de Poisson de 0.22 y 0.22.

Dinh et al. (2016) refiere que para las fracciones de volumen de fibra metálicas de 0%, 0.3%, 0.6% y 0.8 %; la resistencia a compresión a los 28 días fue de 28.69Mpas, y no sufrió cambios relevantes en la resistencia para los demás tratamientos. El coeficiente de Poisson muestra un valor casi constante de 0.2 para la muestra patrón; por otro lado, en el caso de especímenes reforzados con fibras, el mayor contenido de fibra en la matriz de concreto induce menor estiramiento en las curvas de tensión normalizada (coeficiente de Poisson).

Curiosamente, para todos lo tratamiento el coeficiente de Poisson de 0,2 se mantiene constante.

Gutiérrez y Portilla (2021) en su estudio donde adiciona fibras de acero trefilado al 0%,1.5%, 3% y 4.5% tuvo que la resistencia a compresión fue de 317, 329, 349 y 316kg/cm² y con correspondientes módulos de Poisson de 0.20, 0.20 y 0.20

1.2.8. Indicadores Ambientales y Sociales

La implementación de concreto reforzado con fibras metálicas recicladas no solo tiene implicancias técnicas en cuanto a resistencia y desempeño estructural, sino que también presenta relevantes impactos ambientales y sociales positivos, especialmente si se considera su aplicación a gran escala en la ciudad de Jaén y su entorno regional.

1.2.8.1. Indicadores Ambientales

- **Reducción de residuos metálicos:** El uso de fibras metálicas recicladas, provenientes de desechos de construcción, contribuye a la disminución del volumen de residuos metálicos, al darles una segunda vida útil en el sector construcción. Esto se traduce en menos contaminación del suelo y cuerpos de agua por disposición inadecuada de residuos.
- **Ahorro energético y de materias primas vírgenes:** Al utilizar fibras recicladas en lugar de acero industrial nuevo, se reduce la demanda energética asociada a la extracción, fundición y manufactura del acero, disminuyendo así la huella de carbono del concreto estructural.
- **Contribución a la economía circular:** Esta tecnología se enmarca en los principios de economía circular, promoviendo el reaprovechamiento de recursos dentro del mismo ciclo económico local, lo cual favorece un modelo de desarrollo más sostenible en ciudades intermedias como Jaén.

1.2.8.2. Indicadores Sociales

- **Generación de empleo local:** La recolección, clasificación y procesamiento de fibras metálicas recicladas podría generar una nueva cadena productiva en la región,

creando empleos directos e indirectos, especialmente en sectores informales relacionados con el reciclaje.

- **Promoción de innovación y transferencia tecnológica:** La aplicación de tecnologías de construcción más sostenibles, como esta, puede motivar a las universidades, institutos técnicos y empresas constructoras locales a invertir en formación y capacitación técnica, elevando así el nivel de innovación y desarrollo profesional en la región.
- **Mejora en la percepción ambiental de la construcción:** A largo plazo, esta propuesta puede contribuir a una mayor conciencia ecológica en el sector de la construcción en Jaén, fomentando prácticas más responsables y sostenibles en el manejo de materiales y residuos.

1.3. Hipótesis

El comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025, es positivo al reducir el desplazamiento lateral y la deriva de entrepiso en comparación con un sistema convencional sin fibras

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al adicionar fibras metálicas recicladas en porcentajes 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%.
- Realizar el diseño sismorresistente un edificio aporticado de cinco niveles de concreto armado convencional (sin adición de fibras), de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.
- Diseñar sismorresistente un edificio aporticado de cinco niveles utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras metálicas recicladas, comparando su comportamiento estructural con el diseño convencional.
- Comparar el costo total del concreto estructural $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando fibras metálicas recicladas con el costo del concreto convencional, en la construcción de un edificio aporticado en Jaén – 2025.

1

1.5. Antecedentes de la investigación

1.5.1. Internacionales

Cai et al. (2024) en su investigación que tuvo como finalidad estudiar las características de fractura del hormigón de arena manufacturado reforzado con fibra de acero. La metodología consistió en realizar especímenes de concreto con diferentes adiciones de fibras de acero, seguido a la edad de 28 días realizar ensayo para determinar el comportamiento de la propiedades físicas y mecánicas del concreto, y establecer conclusiones y recomendaciones. Entre los resultados obtenidos para las adiciones de 0%, 0.5%, 1% y 1,5% de fibras de acero la resistencia a compresión disminuyó en 12,7 %, 23,5 % y 4,5 %. Se concluye que la adición de fibras de acero aumentó la interacción entre el agregado y la matriz, lo que llevó a un aumento en el número de microfisuras, por ende, no favorecen en las propiedades mecánicas del concreto en las proporciones indicadas. Su aporte fue dar conocimientos valiosos sobre el comportamiento fracturante del concreto reforzado con fibras de acero y arena manufacturada.

Amin et al. (2023) en su investigación que tuvo por objetivo aplicar fibras de acero de neumáticos reciclados como material de construcción en hormigón. La metodología consistió como en la revisión centrada de aplicaciones de hormigón reforzado con fibra de acero de neumáticos reciclados de desecho, considerando diferentes longitudes y contenidos para encontrar la brecha de investigación en este dominio de investigación, finalmente realizar dosificaciones de concreto con inclusiones de fibras y evaluar sus propiedades. Los resultados para las proporciones de 0.1%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4% y 6% tuvieron resistencias a compresión de 102, 105, 106, 95, 103, 168, 137, 115, 95, 178 y 167kg/cm². Se concluye que la incorporación de fibras de acero en el hormigón es un método eficaz para mejorar las cualidades físicas y mecánicas, solo con determinados porcentajes. Su aporte fue mejorar las propiedades mecánicas del concreto, sino también la sostenibilidad ambiental al reutilizar materiales comúnmente descartados

8

Quintero (2023) es su estudio tuvo como fin caracterizar el comportamiento estructural del sistema aporticado pre-código en concreto reforzado colombiano a través de análisis no lineal estático. La metodología consistió en evaluar estructuras y verificar su comportamiento. Los resultados evidenciaron que los edificios aporticados evaluados, con alturas entre 2 y 10 pisos, presentaron diferencias importantes en su comportamiento

estructural según la consideración del diseño sísmico. Los edificios sin sistema lateral resistente mostraron 100% de falla dúctil, una deriva máxima mediana de 4.12% y, en el caso de los edificios de 10 pisos, una resistencia lateral promedio de $V_{bmax}/W = 0.024$. En los edificios con sistema lateral resistente diseñados sin cargas laterales, el porcentaje de fallas frágiles fue de 44% para estructuras de 2 a 5 pisos y de 13% para las de 6 a 10 pisos. Asimismo, los edificios diseñados considerando cargas laterales alcanzaron una resistencia entre 1.7 y 1.9 veces mayor que los diseñados sin este criterio, aunque con una capacidad de deformación inferior al 2%. Concluyo que en conjunto, el 21% de los modelos estructurales presentó fallas frágiles.

Gao et al. (2022) en su artículo tuvo por objetivo realizar un estudio experimental sobre las propiedades mecánicas básicas del hormigón reforzado con fibra de acero reciclada. La metodología consistió en preparar dos tipos de hormigón: hormigón normal, hormigón con fibra de acero primario. Se compararon y analizaron sus propiedades físicas y mecánicas a la edad de 28 días, finalmente plantear conclusiones generales. Entre sus resultados para las adiciones de 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25% y 1.5% la resistencia a compresión incrementó en 8.2, 9.8, 12, 13.4, 15.3 y 15.8 % respecto de la muestra patrón. Se concluye que las fibras pueden mejorar las propiedades mecánicas del concreto a medida que aumenta el contenido de fibras, siendo con el 1%, el efecto de endurecimiento del hormigón presenta su máximo desarrollo. Su aporte fue que no solo mejora las propiedades del concreto, sino que también contribuye a prácticas de construcción más sostenibles al reducir la necesidad de fibras de acero primarias y disminuir los residuos industriales.

Gao et al. (2022) en su investigación cuyo objetivo fue investigar experimentalmente sobre las propiedades del hormigón de caucho con fibra de acero. La metodología consistió en preparar bloques de prueba con caucho con fibra de acero, para luego evaluar las cualidades del hormigón. Los resultados obtenidos para las adiciones de 0%, 5%, 10% y 15% de fibras de acero para la resistencia aumentaron en 11.7%, 20.6% y 24.5%. Se concluye que la adición de partículas de caucho reciclado tiene una gran influencia en las propiedades del hormigón, y que el aumento del contenido de partículas de caucho reciclado incrementa el área bajo la curva de tensión-deformación y mejora la capacidad de disipación de energía del hormigón. Tuvo un aporte significativo en el campo de los materiales de construcción sostenibles, proporcionando una base sólida para la investigación y aplicación de fibras de acero y partículas de caucho reciclado en concreto.

1.5.2. Nacionales

7 Quicaño y Apolinario (2025) en su estudio tuvo como fin comparar el comportamiento estructural de una edificación de 8 pisos con concreto convencional, fibra de carbono y de vidrio en zona sísmica. La metodología consistió en elaborar diseños de mezcla con distintas adiciones de con adición de fibra de carbono y de vidrio reciclada para luego determinar la resistencia a compresión del concreto a los 28 días para el diseño estructural sismorresistente. Los resultados evidenciaron que la incorporación de fibras incrementó la capacidad de disipación de energía, alcanzando valores aproximados de 42% para CFRP y 35% para GFRP, frente al 18% obtenido con el concreto convencional. Asimismo, el período fundamental disminuyó de 0.92s en el modelo convencional a 0.76s con CFRP y 0.81s con GFRP, mientras que el cortante basal máximo aumentó de 4100 kN a 5200 kN y 4600 kN, respectivamente. Las derivas máximas de entrepiso se redujeron de 0.0071 rad a 0.0054 rad para CFRP y 0.0065 rad para GFRP. El desplazamiento máximo de cubierta disminuyó de 36.2 mm a 24.8 mm, representando una reducción del 31.5%. Concluyó que las fibras mejoraron el comportamiento estructural del edificio, incrementando la disipación de energía, la resistencia lateral y la capacidad última a flexión, además de reducir el período fundamental, las derivas de entrepiso y el desplazamiento máximo de cubierta.

11 Lucana y Simbron (2025) en su estudio influencia del acero de alta resistencia en el desempeño sísmico de un edificio multifamiliares de 22 niveles de concreto armado en Lima-Perú mediante un análisis estático no lineal. La metodología consistió en el modelado y diseño estructural de un edificio multifamiliar de utilizando acero de refuerzo Gr60 y Gr80, de acuerdo con la normativa vigente. Posteriormente, se realizaron análisis sísmicos lineales y estáticos no lineales (Pushover) para evaluar el comportamiento estructural de ambas alternativas. Los resultados mostraron que el empleo de acero de alta resistencia Gr80 permitió reducir el peso de los elementos estructurales críticos hasta en 36.9% respecto al diseño con acero Gr60. Asimismo, el análisis económico evidenció un ahorro total de 11.58% en el costo del refuerzo estructural, pese al mayor costo unitario del acero de alta resistencia. Los resultados demostraron que el uso de acero de alta resistencia Gr80 permitió disminuir en 36.9% el peso de los elementos estructurales críticos y reducir el costo total del refuerzo en 11.58%, manteniendo un desempeño sísmico comparable al obtenido con acero Gr60.

Huanca (2024) en su investigación, tuvo por objetivo estudiar estructuralmente un pórtico de concreto $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ incluyendo agregado de demolición y fibras de acero. La metodología consistió en determinar las propiedades del concreto al incorporar agregado de demolición y fibras de acero reciclado y determinar su comportamiento estructural. Los resultados de resistencia a compresión para el 0%, 1%, 2% y 4% de fibras de acero fueron 209.9, 215.1, 221.0 y 230.1 kg/cm²; los desplazamientos en los 7 niveles de la estructura para el concreto patrón en las direcciones X-X y Y-Y fueron 0.002218, 0.004729, 0.007865, 0.008137, 0.007341, 0.006128 y 0.004036 mm y 0.002218, 0.000487, 0.000428, 0.000405, 0.000342, 0.000479 mm; y con fibras de acero reciclado al 4% en las direcciones X-X y Y-Y fueron 0.002163, 0.004522, 0.007531, 0.007785, 0.007008, 0.005837, 0.003838 mm y 0.002163, 0.000407, 0.000481, 0.000418, 0.000394, 0.000331, 0.000453 mm. Se concluye que las fibras de acero tienen un comportamiento positivo en los pórticos de concreto armado. Su aporte es significativo en el campo de la ingeniería civil, especialmente en el diseño y evaluación de estructuras sostenibles.

Espinoza (2022) en su tesis cuyo objetivo fue diseñar una estructura de albañilería confinada, con fibras de acero, Ferreñafe - 2022. La metodología consistió en determinar las propiedades mecánicas del concreto y aporte sísmico de las fibras de acero en edificaciones de albañilería haciendo uso del software Etabs. Entre sus resultados tuvo que para las incorporaciones de fibras de acero en porcentajes de 0%, 1.5%, 2.5% y 3.5%, la resistencia a compresión fue 194.56, 206.64, 224.34 y 234.28 kg/cm²; la variación de los desplazamientos en el sentido X-X respecto al concreto de diseño fueron 103.42, 102.85 y 48.95%; la variación de los desplazamientos en el sentido Y-Y respecto al concreto de diseño fueron 103.47, 102.82, y 46.99%. Se concluye que el concreto con la incorporación de 3.5% de fibras de acero cumplen mejor con respecto a la resistencia a la compresión y los desplazamientos en una edificación de albañilería confinada. El estudio aporta al diseño sísmico de edificaciones mediante la mejora de las propiedades mecánicas del concreto.

Bartolo y Ledesma (2021) en su tesis cuyo fin fue realizar el diseño del sistema aporticado de una vivienda con fibra de acero, Ate. La metodología consistió en determinar el aporte de las fibras de acero en el concreto para el diseño del sistema aporticado de una vivienda de 6 niveles. Los resultados obtenidos con fibras al 0%, 10%, 12.5% y 15%, presentaron una resistencia a compresión de 314, 339, 263 y 251 kg/cm²; los desplazamientos en los 6 niveles del sistema aporticado para el concreto patrón en las

direcciones X-X y Y-Y fueron 0.0032, 0.0045, 0.0057, 0.0064, 0.0063, 0.0034 mm y 0.0029, 0.0039, 0.0048, 0.0052, 0.0051, 0.0028 mm; los desplazamientos para el concreto con 10% de fibras en las direcciones X-X y Y-Y fueron 0.0038, 0.0049, 0.0061, 0.0066, 0.0063, 0.0032 mm y 0.0041 0.0052 0.0062 0.0067 0.0063 0.0033 mm. Se concluye que las fibras de acero no cumplen de manera satisfactoria en el diseño de sistema aporticado en los porcentajes realizados respecto al concreto patrón. El estudio aporta una propuesta técnica para mejorar la resistencia y seguridad estructural en edificaciones residenciales mediante el uso de fibras de acero, alineándose con prácticas constructivas sostenibles y sísmicas.

1.5.3. Regional

1 Guerrero (2024) en su investigación que tuvo como fin determinar la resistencia a compresión de un concreto de $f'_c=210$ kg/cm² al incluir fibras metálicas. La metodología consistió en realizar estudio de los agregados utilizados, diseño de mezcla, obtención de las fibras metálicas, realizar dosificaciones con diferentes inclusiones de fibras y Fabricación de especímenes, finalmente evaluar su comportamiento en sus propiedades. Los resultados obtenidos al incluir 0%, 2%, 4% y 6% fueron, para la resistencia a compresión 243.92, 257.82, 243.61 y 230.46 kg/cm². Concluyéndose que el óptimo porcentaje es con el 2% de fibra metálica. El estudio aporta información valiosa para la implementación de fibras metálicas en proyectos de construcción, permitiendo a ingenieros y constructores mejorar la seguridad y eficiencia de las estructuras.

3 Aguilar (2024) tuvo como fin estudiar Sismos sucesivos y su influencia en la estimación de probabilidad de daño por medio curvas de fragilidad para el edificio “4f” de la Universidad Nacional de Cajamarca. La metodología consistió en el empleo del análisis estático no lineal (Pushover) y análisis dinámico incremental (IDA). Los resultados mostraron que, en la dirección X-X, los estados límite de deriva correspondieron a 0.60% (totalmente operacional), 2.49% (ocupación inmediata), 4.38% (seguridad de vida), 5.64% (prevención del colapso) y 6.80% (colapso). En la dirección Y-Y, las derivas fueron de 0.50%, 2.56%, 4.61%, 5.98% y 7.35%, respectivamente. Asimismo, el análisis dinámico incremental registró desplazamientos máximos promedio de 36 cm en la dirección X-X y 33 cm en la dirección Y-Y. Concluyó que el edificio alcanzó estados de colapso con derivas máximas de 6.80% en la dirección X-X y 7.35% en la dirección Y-Y, mientras que los desplazamientos máximos promedio fueron de 36 cm y 33 cm, respectivamente.

Gaona y Sifuentes (2023) en su estudio que tuvo como fin evaluar el diseño estructural de una vivienda al incorporar plástico reciclado a los pórticos - Cajamarca. La metodología consistió en elaborar concreto con distintas proporciones de plástico reciclado para determinar su aporte en el diseño sismo estructural de una vivienda de 4 niveles. Tuvo como resultados que para las incorporaciones de 0%, 1%, 2.5% y 5%, la resistencia a compresión fue 228, 237, 213 y 202 kg/cm²; los desplazamientos generados del sistema aporticado para el concreto patrón en las direcciones X-X y Y-Y fueron 0.0018, 0.0025, 0.0027, 0.0016 mm y 0.0052, 0.0066, 0.0070, 0.0041 mm; los desplazamientos generados para el concreto con fibras de plástico en las direcciones X-X y Y-Y fueron 0.0018, 0.0023, 0.0026, 0.0015 mm y 0.0049, 0.0062, 0.0066 y 0.0039mm. Se concluye que si se diseña sistemas aporticados con fibras de plástico se pueden obtener diseños de edificaciones con mayor resistencia a efectos sísmicos. Su aporte es que hacer que el diseño tenga relevancia práctica para viviendas resistentes y sostenibles en regiones con características similares.

Toroverero (2022) en su tesis cuyo objetivo fue evaluar como las fibras de acero en el concreto $F_c=210$ kg/cm² mejoran las propiedades, Cajamarca - 2022. La metodología consistió en realizar el diseño de mezcla, seguido de dosificaciones con inclusiones de fibras en múltiples cantidades, seguido de evaluar sus propiedades físicas, y finalmente estudiar la resistencia del concreto a diversas edades. Entre sus resultados para las adiciones de 0%, 0.4% y 1.2% fueron, para la resistencia a compresión 222.81, 234.565 y 240.475 kg/cm². Se concluye que con el 0.4 % y 1.2%, se tuvo incremento en su resistencia, lo cual evidencia que las fibras de acero son óptimas. Su aporte este enfocado al desarrollo de materiales de construcción más eficientes y seguros, al demostrar que la incorporación de fibras de acero en el concreto mejora sus propiedades mecánicas, ofreciendo una alternativa viable para el diseño de estructuras más resistentes.

Díaz (2022) tuvo como fin estudiar la influencia de la incorporación de fibras de acero en la resistencia de vigas de concreto armado ante un esfuerzo cortante. La metodología consistió en elaborar pórticos de concreto armado, de los cuales **tres** fueron contruidos con concreto convencional y tres con una dosificación de 2% de fibras de acero Sika Fiber CHO 65/35 NB. Posteriormente, las vigas fueron sometidas a ensayos de corte. Los resultados mostraron que la incorporación de 2% de fibras de acero incrementó la resistencia al esfuerzo cortante en 31.66%. La resistencia promedio fue de 31.58 kg/cm² en las vigas de concreto armado convencional y de 41.57 kg/cm² en las vigas reforzadas con fibras de acero.

15 Concluyó que la incorporación de fibras de acero Sika Fiber CHO 65/35 NB aumentó la resistencia al esfuerzo cortante de las vigas de concreto armado.

1.5.4. Local

4 Flores (2024) en su tesis cuyo fin fue determinar el comportamiento estructural del módulo 01 de la I.E Antenor Orrego Espinoza, Jaén - 2023. La metodología consistió en determinar los desplazamientos en ambas direcciones de dicha estructura. Los resultados obtenidos de desplazamientos para la estructura de dos niveles en las direcciones X-X y Y.Y fueron 0.00218, 0.00279 y 0.00444, 0.00634, respectivamente. Concluyó que la estructura tiene un comportamiento sísmico deficiente ante eventos sísmicos, aunque cumple con parámetros de la norma E.030, existen elementos que no satisfacen la normativa E.060. El estudio aporta a la mejora de la seguridad sísmica en infraestructuras educativas al proporcionar un análisis detallado del comportamiento estructural y sísmico del módulo 01 de la I.E. Antenor Orrego Espinoza, identificando áreas de mejora en el diseño y cumplimiento de normativas vigentes.

3 Nuñez (2023) en su investigación que tuvo como objetivo determinar la Influencia de las fibras de acero dramix® 5d 65/60BG en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, Jaén. La metodología consistió en incorporar las fibras de acero en distintos porcentajes y determinar sus propiedades mecánicas. Entre sus resultados obtenidos para las adiciones de 0%, 1% y 1.5% y 2% fueron, para la resistencia a compresión 303, 310, 289 y 326 kg/cm^2 . Se concluye que, la resistencia a la compresión para las dosificaciones del 1.5% y 2%, tiene un aumento de la resistencia del 2.12% y 7.52%, respectivamente. El estudio aporta en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto mediante el uso de fibras de acero, ofreciendo una alternativa para mejorar la resistencia a la compresión en estructuras de concreto en la región de Jaén.

1 Merino y Meza (2022) en su investigación cuya finalidad fue evaluar el comportamiento Sismorresistente de un Edificio de Concreto Armado mediante la Norma E. 030, Jaén-2021. La metodología consistió en la toma de información insitu de la vivienda, seguido de la modelación estructural en el SAP 2000, para luego interpretar, comparar resultados y finalmente proponer soluciones. Entre sus resultados se tuvo que, para las derivas de los 4 niveles en las direcciones X-X y Y-Y fueron 0.0283, 0.0149, 0.0101, 0.0056

y 0.0349, 0.0316, 0.0204, 0.0113. Se concluye que la estructura al no cumplir con la norma, se debe reforzar a fin de reducir los desplazamientos laterales, recomendándose tomar acciones inmediatas. El estudio aporta la mejora de la seguridad sísmica en edificaciones de la ciudad de Jaén, proporcionando soluciones prácticas y basadas en normativas vigentes para garantizar la estabilidad estructural frente a eventos sísmicos.

2 Bustamante (2022) en su tesis cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento estructural del bloque B1 de la I.E Cristo Rey, Jaén. La metodología consistió en determinar los desplazamientos en ambas direcciones de dicha estructura y verificar el cumplimiento con los parámetros de la norma E. 030. Entre sus resultados, se tiene los desplazamientos laterales relativos admisibles para el análisis estático en X para el 1er piso 0.003388, 2do piso 0.002041; en Y para el 1er piso 0.0002720, 2do piso 0.0002043 y análisis dinámico en X para el 1er piso 0.0032777, 2do piso 0.0018588; en Y para el 1er piso 0.0003478, 2do piso 0.0007233 por lo que los desplazamientos cumplen con la norma E.030 y albañilería. Las fuerzas cortantes en ambas direcciones, estático $X = 57.127 \text{ Tn}$, $Y = 48.7458 \text{ Tn}$ y dinámico $X = 72.9578 \text{ Tn}$, $Y = 55.444 \text{ Tn}$. Se concluye que dicha estructura cumple con los parámetros establecidos con la norma E. 030. El estudio aporta propuestas de intervención para mejorar el comportamiento estructural, con el objetivo de garantizar la seguridad de los ocupantes y la durabilidad de la edificación.

Barboza y Cardozo (2022) tuvo como fin realizar la evaluación Estructural Sismorresistente del Bloque C de la Institución Educativa Emblemática Jaén de Bracamoros Empleando la Norma Técnica E. 030, Jaén–2021. La metodología consistió en la evaluación estructural del bloque C mediante el modelamiento y análisis sísmico conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. Los resultados mostraron que el bloque C presentó un período fundamental de 0.436s. Asimismo, las derivas de entrepiso en las direcciones X e Y fueron inferiores al límite máximo establecido por la Norma Técnica E.030, mientras que la fuerza cortante mínima cumplió únicamente en la dirección X. Concluyó que el bloque C cumple con los criterios de desempeño sísmico establecidos en la Norma Técnica E.030, presentando un período fundamental de 0.436s, derivas dentro de los límites permisibles y cumplimiento de la fuerza cortante mínima en la dirección X.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación geográfica

La investigación tuvo lugar en el distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; referente a los ensayos se realizaron en el Laboratorio de transportes y edificaciones LTE (Laboratorio de Transportes y edificaciones) cuyas coordenadas UTM WGS 84 fueron 743641.70 E, 9366965 N. Y le edificación a modelar estuvo ubicada en la Calle San Juan, cuadra 1 de la Urbanización Santa María II, en la ciudad de Jaén, con un área aproximada de 190 m².

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población comprende el conjunto de manera definida, limitada y accesible y este a su vez referente para la muestra (Vizcaíno et al., 2023). La población estuvo conformada por todas las edificaciones aporticadas de concreto armado, del sector Monterrico del distrito de Jaén - 2025.

2.2.2. Muestra

Como muestra se comprende al subconjunto finito y a la vez representativo que se extrae de la población en estudio (Vásquez y Huamán, 2022). La muestra comprendió el diseño del edificio de concreto armado aporticado con y sin fibras metálicas recicladas, ubicado en la Calle San Juan, cuadra 1 de la Urbanización Santa María II de la ciudad de Jaén, que cuenta con un área de 190 m².

Tabla 1.

Dosificaciones de concreto con fibras

Días	Patrón	adición en relación al peso del cemento				
	0% FM	1.25% FM	2.25% FM	3.25% FM	4.25% FM	
28	4	4	4	4	4	
TOTAL			20			

Nota. En la tabla la selección de los porcentajes 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%.de fibras metálicas recicladas se justificó con base en antecedentes de la presente investigación, donde se emplearon dosificaciones similares. Este rango permitió una

evaluación progresiva de la resistencia a la compresión del concreto con $f'_c = 210$ kg/cm², con el 0% como grupo de control. Además, se evitó exceder el 4% debido a consideraciones prácticas de trabajabilidad y dispersión de fibras, en concordancia con lo recomendado por el ACI 544.1R-96.

Parámetros del material de concreto

- a. Resistencia a compresión del concreto (f'_c)
- b. Módulo de elasticidad del concreto (E_c)

Según la norma E.060:

$$E_c = 15,000 * \sqrt{f'_c}$$

Módulo de elasticidad sin fibras de concreto:

$$E_c = 15,000 * \sqrt{215.53}$$

$$E_c = 220,214.1 \text{ kg/cm}^2$$

Módulo de elasticidad con fibras de concreto:

$$E_c = 15,000 * \sqrt{299.29}$$

$$E_c = 259,500.00 \text{ kg/cm}^2$$

- c. Relación de Poisson (ν)

Este valor fue tomado del estudio de Plascencia et al. (2019) ya que emplea la misma fibra en su estudio.

- d. Peso volumétrico (γ)

Este valor fue estimado en laboratorio

- e. Módulo de corte (G)

$$G = \frac{E_c}{2(1 + \nu)}$$

Modelo estructural

Para el modelado y análisis estructural del edificio aporticado de cinco niveles, se empleó el software ETABS versión 2022. El análisis estructural se realizó considerando las siguientes etapas y criterios:

Tipo de análisis estructural: Se utilizó el análisis modal espectral, conforme a lo establecido en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente del RNE, ya que este

método permitió considerar la respuesta dinámica del edificio frente a sismos, capturando la influencia de las diferentes formas de vibración del sistema estructural.

Especificaciones sísmicas utilizadas (según E.030 – RNE):

- Zona sísmica: **Z = 0.25** (correspondiente a la ciudad de Jaén, según el mapa de zonificación sísmica del Perú).
- Suelo de cimentación: **Tipo S2**, según el estudio de suelos.
- Coeficiente de uso: **U = 1.0** (para edificios residenciales).
- Factor de comportamiento sísmico (R): **R = 8** (para pórticos especiales de concreto armado dúctil).
- Período fundamental estimado: se calculó mediante análisis modal propio del modelo en ETABS.

Gravedad y cargas aplicadas:

- Cargas muertas: propias del sistema estructural y cargas permanentes según planos arquitectónicos.
- Cargas vivas: según la Norma Técnica E.020 – Cargas, para edificaciones residenciales.
- Carga sísmica: generada automáticamente en ETABS mediante espectro de diseño según parámetros antes mencionados y la curva espectral del RNE

2.2.3. Muestreo

El muestreo comprende el conjunto de técnicas estadísticas lo cual nos permite el análisis y obtención de conclusiones de un tema en específico, a partir de un subgrupo reducido de elementos comprendido como muestra, estas pueden ser probabilísticas o no probabilísticas (Cadena et al., 2021). La investigación fue de tipo no probabilístico, ya que las muestras fueron elegidas según el juicio de los investigadores.

2.3. Métodos

El enfoque cuantitativo parte de teorías o principios generales ya existentes para aplicarlos a un caso específico, con el fin de confirmar o refutar una hipótesis (Urzola, 2020). El presente estudio fue deductivo, debido a que nuestro estudio partió de principios teóricos

y normativos conocidos, como la resistencia del concreto, el diseño sismorresistente (Norma E.030), y los efectos generales conocidos de las fibras metálicas. Luego se aplicó esos principios al caso específico de un edificio aporticado en Jaén, utilizando concreto con diferentes proporciones de fibras metálicas y finalmente, se verificó y comparó el comportamiento estructural del edificio con y sin fibras, en base a análisis estructurales definidos.

2.4. Tipos de investigación

La investigación aplicada busca conocer la realidad a través del método científico, brindando solución a un problema en específico utilizando como medio los conocimientos adquiridos (Orue, 2023). El presente estudio es de tipo aplicada, ya que se centra en mejorar las características del concreto para un mejor diseño estructural y sismorresistente.

La investigación de enfoque cuantitativo en un solo estudio, permitiendo tener una imagen más global del fenómeno (García, 2021). Con la recolección de datos de laboratorio de resistencia a compresión y el diseño del edificio de concreto armado, serán procesados para la comprobación de dicha hipótesis planteada.

La investigación experimental consiste en la manipulación de la variable independiente en un ambiente controlado para comprobar el efecto resultante en la variable dependiente y comprobar la hipótesis planteada (Juarez y Sanchez, 2022). Al manipular las adiciones de las fibras metálicas en el concreto, existe manipulación de la variable independiente, en la que los efectos recaen en la resistencia a compresión del concreto, por ello es experimental.

2.5. Procedimiento de recolección de datos

2.5.1. Recolección de fibras recicladas

Las fibras metálicas recicladas se obtuvieron a partir de sobrantes de alambre de acero N.º 16 recolectados en obras de construcción de viviendas en la ciudad de Jaén. Inicialmente, el material fue sometido a una inspección visual para descartar tramos con deformaciones excesivas, corrosión avanzada o presencia de residuos de concreto y otros contaminantes. Posteriormente, los alambres fueron limpiados mecánicamente mediante lijado superficial con el fin de eliminar el óxido y las impurezas adheridas, favoreciendo una adecuada adherencia entre la fibra y la matriz de concreto. Una vez limpias, las fibras fueron cortadas manualmente en longitudes uniformes de 4 cm, verificando sus dimensiones con una regla metálica. Finalmente, las fibras se almacenaron en recipientes secos y protegidos de la humedad hasta el momento de su incorporación en la mezcla de concreto. No se aplicó ningún tratamiento químico, térmico o de modificación superficial adicional, utilizándose las fibras únicamente con el tratamiento de limpieza mecánica descrito.

Figura 1.

Recolección de alambre N°16



Nota. La figura se muestra la recolección del alambre N° 16 en una construcción de la ciudad de Jaén, donde el alambre se encontró mezclado con otros elementos de construcción procediéndose a seleccionar el elemento.

Figura 2.

Lijado del alambre N°16



Nota. La figura muestra el lijado del alambre con el fin de eliminar el óxido.

Figura 3.
Corte del alambre N°16



Nota. La figura muestra el corte del alambre N°16 después de lijado. El corte fue de 4cm de longitud.

Figura 4.
Cuarteo de la muestra



Nota. La figura muestra el cuarteo del agregado fino, así como el agregado grueso en laboratorio para obtener muestras de estudio representativas.

2.5.2. Ensayos de los agregados

Fue necesario realizar los ensayos del agregado fino y grueso para poder encontrar sus cualidades físicas y mecánicas y con ello realizar el diseño de mezcla. A continuación, se detalla cada paso realizado.

Figura 5.
Análisis granulométrico del agregado fino



Nota. La figura muestra el tamizado del agregado fino por los diferentes tamices.

Figura 6.

Análisis granulométrico del agregado grueso



Nota. La figura muestra el tamizado del agregado grueso por las diversas mallas.

Figura 7.

Material pasante más fino que el tamiz N°200



Nota. La figura muestra el lavado del material fino, por el tamiz N°200.

Figura 8.

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino



Nota. La figura el compactado del material fino con varilla 25 veces, para luego ser pesado.

Figura 9.

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso



Nota. La figura muestra el llenado del recipiente con agregado grueso en tres capas, donde cada capa fue varillada con 25 veces.

Figura 10.

Absorción y peso específico del agregado grueso



Nota. La figura muestra el pesado del agregado grueso inmerso en agua.

Figura 11.

Absorción y peso específico del agregado fino



Nota. La figura muestra el secado con aire tibio del agregado fino.

2.5.3. Fabricación de probetas

En este paso se realizaron fabricación de probetas con adiciones de 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25% de fibras metálicas recicladas. Las fibras solo fueron recicladas de edificaciones en proceso de construcción, luego fueron

solo cortadas y usadas, sin recibir ningún tratamiento adicional. Las fibras recicladas fueron el alambre N°16 recocido.

Figura 12.

Fibras metálicas



Nota. La figura muestra las fibras cortadas, cuya longitud fueron de 4cm de largo.

Figura 13.

Dosificación de concreto patrón



Nota. Se muestra la dosificación de los agregados en la mezcladora.

Figura 14.

Fabricación de probetas patrón



Nota. La figura muestra elaboración de probetas patrón.

Figura 16.

Fabricación de probetas con 1.25% de fibras



Nota. La figura muestra elaboración de probetas con 1.25% de fibras.

Figura 15.

Dosificación de concreto con 1.25% de fibras



Nota. La figura muestra el mezclado de los agregados con adición de 1.25% de fibras.

Figura 17.

Dosificación de concreto con 2.25% de fibras



Nota. La figura muestra el mezclado de los agregados con adición de 2.25% de fibras.

Figura 18.

Fabricación de probetas con 2.25% de fibras



Nota. La figura muestra elaboración de probetas con 2.25% de fibras.

Figura 19.

Dosificación de concreto con 3.25% de fibras



Nota. La figura muestra el mezclado de los agregados con adición de 3.25% de fibras.

Figura 20.

Fabricación de probetas con 3.25% de fibras



Nota. La figura muestra elaboración de probetas con 3.25% de fibras.

Figura 21.

Fabricación de probetas con 4.25% de fibras



Nota. La figura muestra elaboración de probetas con 4.25% de fibras.

2.5.4. Rotura de probetas

En este procedimiento se realizó la rotura de probetas solo a los 28 días de edad.

Figura 22.

Resistencia a compresión del concreto patrón a los 28 días



Nota. La figura muestra la rotura de la probeta cilíndrica patrón.

Figura 23.

Resistencia a compresión del concreto con 1.25% de fibras a los 28 días



Nota. La figura muestra la rotura de la probeta cilíndrica con 1.25% de fibras.

Figura 24.

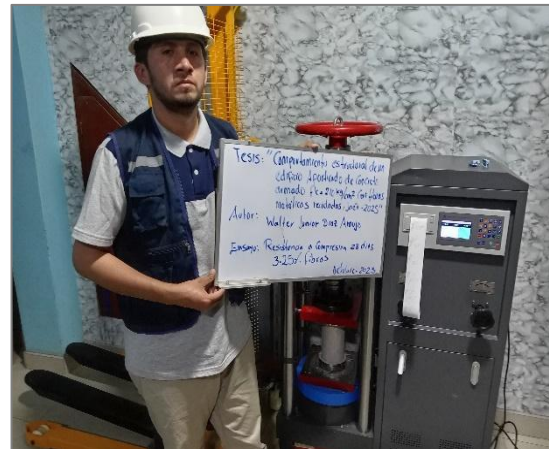
Resistencia a compresión del concreto con 2.25% de fibras a los 28 días



Nota. La figura muestra la rotura de la probeta cilíndrica con 2.25% de fibras.

Figura 25.

Resistencia a compresión del concreto con 3.25% de fibras a los 28 días



Nota. La figura muestra la rotura de la probeta cilíndrica con 3.25% de fibras.

Figura 26.

Resistencia a compresión del concreto con 4.25% de fibras a los 28 días



Nota. La figura muestra la rotura de la probeta cilíndrica con 4.25% de fibras.

2.5.5. Diseño sismorresistente del edificio aporticado de cinco niveles de concreto armado convencional

Para realizar el diseño sismorresistente del edificio aporticado de cinco niveles con concreto armado convencional, se recopiló inicialmente la información arquitectónica y estructural necesaria para definir la geometría, distribución de niveles, alturas, luces y configuración de los elementos estructurales. Posteriormente, se efectuó el predimensionamiento de los elementos estructurales, considerando vigas, columnas y losas, de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa técnica vigente. A partir de las dimensiones preliminares obtenidas, se elaboró el modelo estructural tridimensional del edificio en el software

ETABS, asignando las propiedades mecánicas correspondientes al concreto convencional con resistencia especificada $f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$ y las propiedades del acero de refuerzo. Asimismo, se definieron las secciones de los elementos estructurales, condiciones de apoyo, diafragmas y demás parámetros necesarios para representar adecuadamente el comportamiento de la estructura. Posteriormente, se determinaron y asignaron las cargas actuantes sobre la edificación, considerando cargas muertas, cargas vivas y acciones sísmicas. Para el análisis sísmico se establecieron los parámetros correspondientes a la zonificación sísmica, condiciones de sitio, categoría de la edificación, sistema estructural y demás criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. Con el modelo estructural definido, se realizó el análisis sísmico correspondiente, evaluando principalmente los periodos de vibración, desplazamientos laterales, derivas de entrepiso y fuerzas internas generadas en los elementos estructurales. Se verificó que las derivas obtenidas cumplieran con los límites establecidos por la Norma Técnica E.030. Finalmente, se efectuó el diseño y verificación de los principales elementos estructurales de concreto armado, considerando las sollicitaciones obtenidas del análisis

estructural y los criterios establecidos en la Norma Técnica E.060 – Concreto Armado. Los resultados obtenidos constituyeron el escenario convencional de referencia para su posterior comparación con el edificio diseñado utilizando concreto reforzado con fibras metálicas recicladas.

2.5.6. Diseño sismorresistente del edificio utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras metálicas recicladas

Para desarrollar el diseño sismorresistente del edificio aportado utilizando concreto reforzado con fibras metálicas recicladas, inicialmente se identificó el porcentaje óptimo de adición a partir de los resultados experimentales de resistencia a compresión obtenidos para los porcentajes de 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%. Se seleccionó el porcentaje de 2.25% de fibras metálicas recicladas, debido a que presentó el mejor comportamiento mecánico, alcanzando una resistencia a compresión promedio de 299.29 kg/cm² a los 28 días. Con la resistencia obtenida experimentalmente para el porcentaje óptimo, se actualizaron las propiedades mecánicas del concreto consideradas en el modelo estructural. Posteriormente, se realizó el predimensionamiento y optimización de

las secciones de los elementos estructurales, principalmente de las columnas, considerando el incremento de la resistencia a compresión proporcionado por el concreto con fibras metálicas recicladas. A continuación, se elaboró el modelo estructural tridimensional del edificio de cinco niveles en ETABS, manteniendo las mismas condiciones geométricas, arquitectónicas, cargas, condiciones de apoyo y parámetros sísmicos empleados en el modelo convencional, con la finalidad de garantizar una comparación bajo condiciones equivalentes. La principal modificación correspondió a las propiedades mecánicas del concreto obtenidas experimentalmente y a las dimensiones optimizadas de los elementos estructurales que resultaron técnicamente viables. Posteriormente, se realizó el análisis sísmico de la estructura de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, determinándose los periodos de vibración, desplazamientos laterales, derivas de entrepiso y fuerzas internas. Asimismo, se verificó el cumplimiento de los límites normativos y se efectuó el diseño de los elementos estructurales conforme a los criterios aplicables de la Norma Técnica E.060 – Concreto Armado. Finalmente, los resultados del edificio con concreto

reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas fueron comparados con los obtenidos en el edificio convencional. La comparación consideró las dimensiones de los elementos estructurales, periodos de vibración, desplazamientos y derivas de entrepiso, permitiendo determinar la influencia del uso del concreto reforzado con fibras metálicas recicladas sobre el comportamiento estructural del edificio aporticado de cinco niveles.

2.5.7. Determinación del costo del concreto estructural

Para determinar el costo del concreto estructural se realizó una comparación económica entre el concreto convencional (0% de fibras) y el concreto reforzado con el porcentaje óptimo de 2.25% de fibras metálicas recicladas, identificado previamente mediante los ensayos de resistencia a compresión. El procedimiento se desarrolló en las siguientes etapas:

a. Elaboración del análisis de costo unitario (ACU). Se determinó el costo directo por metro cúbico (m^3) de ambos tipos de concreto considerando los recursos de mano de obra, materiales y equipos. Los precios unitarios de los insumos fueron obtenidos de costos de establecimientos comerciales de la ciudad de Jaén, complementadas con la

base de datos del software **S10** y los costos referenciales de **CAPECO**. En el caso del concreto con fibras, se incorporó el costo correspondiente a las fibras metálicas recicladas, calculado en función del porcentaje óptimo de adición respecto al peso del cemento.

b. Obtención de los metrados del concreto estructural. A partir de los planos estructurales del edificio diseñado conforme a la Norma Técnica E.030, se efectuó el metrado de elementos, calculando el volumen total de concreto (incluido acero) requerido para el diseño convencional y para el diseño con fibras metálicas recicladas

c. Cálculo del costo total. El costo total del concreto estructural se obtuvo multiplicando el costo unitario por metro cúbico del análisis de costo unitario por el volumen total (metrado) de concreto requerido en cada alternativa, conforme a la siguiente expresión:

$$CT=ACU \times V$$

Donde:

- **CT** = costo total del concreto estructural (S/.)

- **ACU** = análisis de costo unitario del concreto (S/ m^3)
- **V** = volumen total de concreto obtenido del metrado (m^3)

d. Comparación económica.

Finalmente, se compararon el costo unitario, el volumen de concreto requerido y el costo total de ambas alternativas estructurales, con el propósito de determinar si el incremento del costo unitario ocasionado por la incorporación de fibras metálicas recicladas era compensado por la reducción del volumen de concreto derivada de la optimización del diseño estructural.

2.6. Análisis de datos

Se realizó como primer paso una prueba de normalidad para verificar si los valores de los tratamientos son normales, al ser normales se empleó la prueba paramétrica, es decir una prueba de análisis de varianza donde se determinó la existencia de variaciones significativas entre las medias de los tratamientos y finalmente se realizó la prueba Dunnett para determinar entre que tratamientos específicamente se tienen variaciones.

III. RESULTADOS

3.1. Resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al adicionar fibras metálicas recicladas en porcentajes 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%.

Tabla 2.

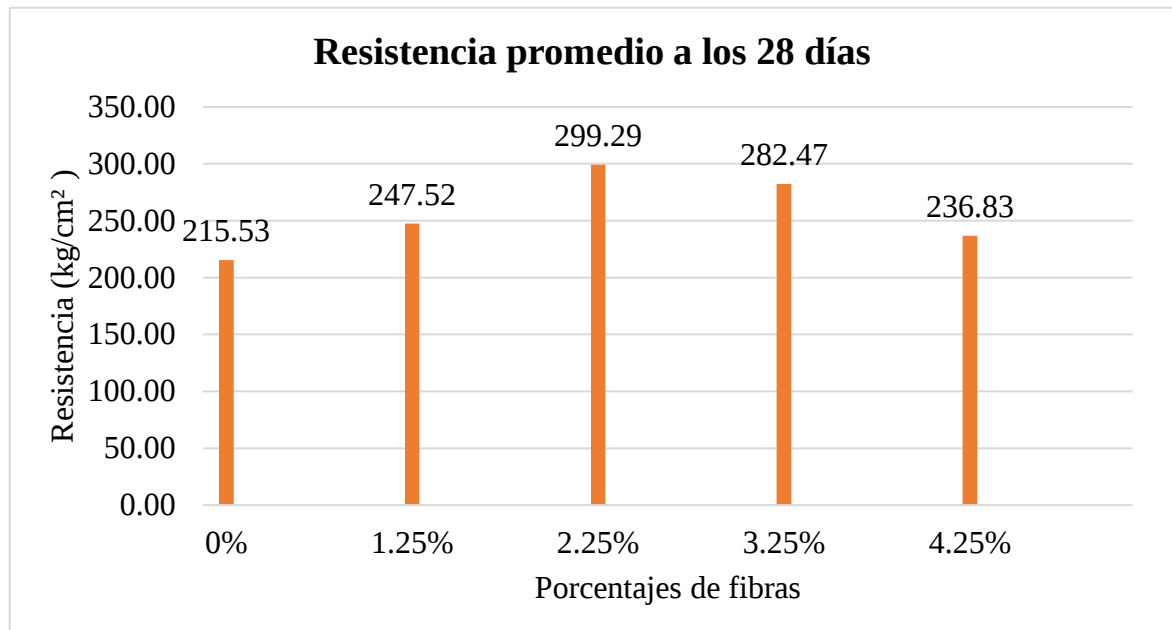
Resistencia a compresión de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con diversas adiciones de fibras

Porcentajes	Repeticiones	Resistencia promedio a los 28 días	Diseño patrón	Cumplimiento
0%	219.88	215.53	210	OK
	212.61			
	210.85			
	218.79			
1.25%	247.28	247.52	210	OK
	247.94			
	244.75			
	250.09			
2.25%	302.95	299.29	210	OK
	293.53			
	304.78			
	295.91			
3.25%	287.41	282.47	210	OK
	284.17			
	277.88			
	280.40			
4.25%	234.76	236.83	210	OK
	241.22			
	235.78			
	235.54			

Nota. La tabla 2, se observa que la incorporación de fibras produjo un incremento progresivo de la resistencia hasta el tratamiento de 2.25%, alcanzando 299.29 kg/cm^2 , valor 38.87% superior al concreto patrón (215.53 kg/cm^2). Posteriormente, con adiciones de 3.25% y 4.25%, la resistencia disminuyó a 282.47 kg/cm^2 y 236.83 kg/cm^2 , respectivamente, lo que evidencia que contenidos elevados de fibras afectan la homogeneidad y trabajabilidad del concreto (Ver anexo 52).

Figura 27.

Resistencia a compresión de concreto con diversas adiciones



Nota. La Figura 27 muestra una tendencia creciente de la resistencia entre 0% y 2.25% de fibras, alcanzando el máximo valor de 299.29 kg/cm². A partir de ese porcentaje la curva cambia de tendencia y comienza a descender, indicando que el contenido óptimo corresponde al 2.25%, debido a que mayores porcentajes ocasionan aglomeración de fibras y disminuyen la compactación del concreto (Ver anexo 52).

3.1.1. Análisis estadístico de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con fibras

Tabla 3.

Prueba de normalidad de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras

Fibras		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	,00	0.267	4		0.872	4	0.307
	1,25	0.207	4		0.984	4	0.928
	2,25	0.250	4		0.899	4	0.427
	3,25	0.189	4		0.978	4	0.892
	4,25	0.388	4		0.762	4	0.050

Nota. De la tabla 3, se tiene la distribución de los datos de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con adiciones de fibras metálicas recicladas, se aplicaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk. Dado que el tamaño de muestra es reducido ($n = 4$), se consideró principalmente la prueba de Shapiro–Wilk. Los resultados obtenidos muestran que, para todas las proporciones de adición, los valores de significancia son mayores a 0,05, lo que indica que los datos siguen una distribución normal. En

consecuencia, se justifica el uso de pruebas estadísticas paramétricas para el análisis de la resistencia a la compresión. Fuente: IBM spss statistics 27.

Tabla 4.

Prueba de homogeneidad de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia	Se basa en la media	3.308	4	15	0.039
	Se basa en la mediana	2.613	4	15	0.077
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.613	4	9.354	0.104
	Se basa en la media recortada	3.232	4	15	0.042

Nota. De la tabla 4, se tiene el supuesto de homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con adiciones de fibras recicladas, se aplicó la prueba de Levene. Considerando el estadístico basado en la mediana, se obtuvo un valor de significancia de 0,077, el cual es mayor a 0,05, indicando que las varianzas de los grupos evaluados son homogéneas. En consecuencia, se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, permitiendo la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas para el análisis comparativo de las resistencias (ANOVA). Fuente: IBM spss statistics 27.

Tabla 5.

Prueba de ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18605.599	4	4651.400	288.789	0.000
Dentro de grupos	241.598	15	16.107		
Total	18847.197	19			

Nota. De la tabla 5, se tiene la prueba ANOVA de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con adiciones de fibras metálicas recicladas. Los resultados obtenidos muestran un valor de $F = 288.789$ con una significancia de 0,000, menor al nivel de significancia de 0,05, lo que indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de resistencia correspondientes a los diferentes porcentajes de

adiciones evaluados. En consecuencia, se confirma que el porcentaje de fibras influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto. Fuente: IBM spss statistics 27.

Tabla 6.

Prueba de comparaciones múltiples Dunnett de la resistencia a compresión a los 28 días con diversas adiciones de fibras

T de Dunnett (> control) ^a					
(I) fibras		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
					Límite inferior
1,25	,00	31,98250*	2.83783	0.000	25.2962
2,25	,00	83,76000*	2.83783	0.000	77.0737
3,25	,00	66,93250*	2.83783	0.000	60.2462
4,25	,00	21,29250*	2.83783	0.000	14.6062

Nota. De la tabla 6, luego de comprobar la existencia de diferencias significativas mediante la prueba ANOVA, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett para comparar los distintos porcentajes de sustitución con el grupo de referencia. Se evidencia que con todos los tratamientos se presenta una diferencia estadísticamente significativa respecto al concreto patrón ($p < 0.05$), mejorando la resistencia a la compresión. En consecuencia, se determina que el 2.25% constituye el porcentaje más adecuado dentro de los niveles evaluados, ya que mejora significativamente el desempeño mecánico del concreto en comparación con la mezcla convencional. Fuente: IBM spss statistics 27.

3.2. Diseño sismorresistente un edificio aporticado de cinco niveles de concreto armado convencional (sin adición de fibras), de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Se realizó el análisis sismorresistente para una resistencia $F'c = 215.53 \text{ Kg/cm}^2$. Con un coeficiente de Poisson de 0.2.

3.2.1. Análisis estático en el eje X e Y

Se muestra los parámetros sísmicos en el eje X, para la edificación en investigación.

Tabla 7.

Parámetros sísmicos en el eje X

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1
S: Factor de amplificación del suelo	1.2
TP: Periodo corto	0.6
TL: Periodo largo	2
P: Peso total de la edificación (tonf)	677.35
Tx: Periodo natural en la dirección X (s)	0.605
Cx: Factor de amplificación sísmica en X	2.479
Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	8
Vx: Fuerza Cortante en la base	62.9

Nota. La Tabla 7 muestra los parámetros sísmicos empleados en el análisis estático de la edificación en la dirección X. Se obtuvo un peso total de la estructura de 677.35 tonf, un período natural de 0.605s y un factor de amplificación sísmica (Cx) de 2.479, obteniéndose una fuerza cortante basal de 62.90 tonf. Estos resultados indican que la estructura presenta una rigidez adecuada para una edificación aporticada de cinco niveles, permitiendo determinar la demanda sísmica que debe ser resistida por los elementos estructurales conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (Ver figura 38 y 39).

Fuerza cortante basal en el eje X:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

$$V_x = \frac{0.25 \times 1.0 \times 2.479 \times 1.2}{8} * 677.35$$

$$V_x = 62.9 \text{ tonf}$$

Calculamos el valor de k , utilizando la siguiente ecuación:

$$K = (0.75 + 0.5T)$$

$$K = (0.75 + 0.5(0.605))$$

$$K = 1.05$$

Se muestra los parámetros sísmicos en el eje Y, para la edificación en investigación.

Tabla 8.

Parámetros sísmicos en el eje Y

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1
S: Factor de amplificación del suelo	1.2
TP: Periodo corto	0.6
TL: Periodo largo	2
P: Peso total de la edificación (tonf)	677.35
Ty: Periodo natural en la dirección Y (s)	0.633
Cy: Factor de amplificación sísmica en Y	2.369
Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	8
Vy: Fuerza Cortante en la base	60.1

Nota. La Tabla 8 presenta los parámetros sísmicos considerados para el análisis estático en la dirección Y. El peso sísmico total de la edificación fue de 677.35tonf, mientras que el período natural alcanzó 0.633s, valor ligeramente mayor que el obtenido en la dirección X, lo que indica una menor rigidez lateral en esta dirección. Asimismo, el factor de amplificación sísmica (Cy) fue de 2.369, obteniéndose una fuerza cortante basal de 60.18 tonf. Estos resultados representan la demanda sísmica que debe resistir la estructura en la dirección Y y constituyen la base para la distribución de las fuerzas sísmicas en cada nivel, conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (Ver figura 38 y 40).

Fuerza cortante basal en el eje Y:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

$$V_y = \frac{0.25 \times 1.0 \times 2.369 \times 1.2}{8} * 677.345 \text{ tonf}$$

$$V_y = 60.1 \text{ tonf}$$

Calculamos el valor de k , utilizando la siguiente ecuación:

$$K = (0.75 + 0.5T)$$

$$K = (0.75 + 0.5(0.633))$$

$$K = 1.07$$

Tabla 9.
Fuerzas sísmicas en altura en el eje X

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	$P_i \cdot (h_i^k)$	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
T_05	15.35	107.52	2109.9	0.26692	16.81
T_04	12.35	142.11	2276.8	0.28802	18.14
T_03	9.35	142.11	1723.7	0.21806	13.73
T_02	6.35	142.11	1170.6	0.14809	9.33
T_01	3.35	143.48	623.8	0.07892	4.97
SUMATORIA		677.35	7904.8	1.00	62.98

Nota. La Tabla 9 presenta la distribución de la fuerza sísmica en altura para la dirección X. La fuerza cortante basal total de 62.98tonf se distribuyó entre los cinco niveles de la edificación en función del peso de cada piso y su altura acumulada. Se observa que las mayores fuerzas sísmicas actúan en los niveles superiores, alcanzando 18.14tonf en el cuarto nivel y 16.81tonf en la cubierta, mientras que el primer nivel registra la menor fuerza (4.97 tonf). Este comportamiento evidencia que la demanda sísmica aumenta con la altura de la estructura, conforme al procedimiento de distribución establecido en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, asimismo, los coeficientes de distribución (α) varían entre 0.07892 y 0.28802, indicando que aproximadamente el 28.80% de la fuerza sísmica total se concentra en el cuarto nivel, mientras que solo el 7.89% corresponde al primer nivel. Esta distribución refleja que los niveles superiores presentan una mayor participación en la respuesta sísmica debido al incremento de la altura respecto a la base de la estructura

Tabla 10.
Fuerzas sísmicas en altura en el eje Y

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	$P_i \cdot (h_i^k)$	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
T_05	15.35	107.52	2252.7	0.26615	16.02
T_04	12.35	142.11	2440.4	0.28832	17.35
T_03	9.35	142.11	1847.6	0.21828	13.14
T_02	6.35	142.11	1254.8	0.14824	8.92
T_01	3.35	143.48	668.8	0.07901	4.76
SUMATORIA		677.35	8464.1	1.00	60.19

Nota. La Tabla 10 presenta la distribución de las fuerzas sísmicas en altura para la dirección Y. La fuerza cortante basal total de 60.19tonf se distribuyó entre los cinco niveles de la

edificación de acuerdo con el peso de cada piso y su altura acumulada. Se observa que las mayores fuerzas sísmicas se concentran en los niveles superiores, alcanzando 17.35tonf en el cuarto nivel y 16.02tonf en la cubierta, mientras que el primer nivel registra la menor fuerza (4.76tonf). Este comportamiento evidencia que la demanda sísmica aumenta con la altura de la estructura, conforme al procedimiento de distribución establecido en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. Asimismo, los coeficientes de distribución (α) varían entre 0.07901 y 0.28832, indicando que aproximadamente el 28.83% de la fuerza sísmica total se concentra en el cuarto nivel, mientras que únicamente el 7.90% corresponde al primer nivel. En comparación con la dirección X, la distribución de fuerzas mantiene una tendencia similar, aunque la fuerza cortante basal total es ligeramente menor (60.19 tonf frente a 62.98 tonf), lo que refleja una menor demanda sísmica en la dirección Y debido a las características dinámicas de la estructura

3.2.2. Análisis dinámico en el eje X e Y

Se realizó el análisis sísmico de la edificación, en el eje X e Y, donde se encontraron los modos de vibración, periodos, desplazamientos, entre otros.

Aceleración espectral

La aceleración espectral debe calcularse para cada dirección horizontal, mediante la ecuación:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Tabla 11.
Aceleración espectral

SISMO DIRECCIÓN X - X			SISMO DIRECCIÓN Y - Y	
T	CX	Sa [X-X]	CY	Sa [Y-Y]
0	2.5	0.92	2.5	0.92
0.01	2.5	0.92	2.5	0.92
0.03	2.5	0.92	2.5	0.92
0.05	2.5	0.92	2.5	0.92
0.08	2.5	0.92	2.5	0.92
0.1	2.5	0.92	2.5	0.92
0.2	2.5	0.92	2.5	0.92
0.3	2.5	0.92	2.5	0.92
0.4	2.5	0.92	2.5	0.92
0.5	2.5	0.92	2.5	0.92
0.6	2.5	0.92	2.5	0.92
0.7	2.143	0.788	2.143	0.788
0.8	1.875	0.69	1.875	0.69
0.9	1.667	0.613	1.667	0.613
1	1.5	0.552	1.5	0.552
1.25	1.2	0.441	1.2	0.441
1.5	1	0.368	1	0.368
1.75	0.857	0.315	0.857	0.315
2	0.75	0.276	0.75	0.276
2.25	0.593	0.218	0.593	0.218
2.5	0.48	0.177	0.48	0.177
2.75	0.397	0.146	0.397	0.146
3	0.333	0.123	0.333	0.123
3.25	0.284	0.104	0.284	0.104
3.75	0.213	0.078	0.213	0.078
4	0.188	0.069	0.188	0.069
5	0.12	0.044	0.12	0.044
6	0.083	0.031	0.083	0.031
7	0.061	0.023	0.061	0.023
8	0.047	0.017	0.047	0.017
9	0.037	0.014	0.037	0.014
10	0.03	0.011	0.03	0.011

Nota. En la Tabla 11 presenta los valores de la aceleración espectral (S_a) para las direcciones X e Y en función del período de vibración de la estructura. Se observa que, para períodos comprendidos entre 0 y 0.60s, la aceleración espectral permanece constante en 0.92 g, debido a que el espectro de diseño alcanza su máxima amplificación en este intervalo. A partir de períodos mayores a 0.60s, la aceleración espectral disminuye progresivamente hasta alcanzar 0.011 g para un período de 10s, comportamiento que corresponde al espectro de diseño establecido en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (Ver figura 39 y 40).

Los modos de vibración de la edificación, que representa la forma de vibrar de la estructura, se muestran a continuación.

Tabla 12.
Modos de vibración de la estructura

Caso	Modo	Periodo (Seg)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.633	0.0542	0.7218	0.0542	0.7218
Modal	2	0.605	0.7432	0.0775	0.7974	0.7993
Modal	3	0.512	0.0426	0.0418	0.84	0.8411
Modal	4	0.195	0.0075	0.0878	0.8475	0.9289
Modal	5	0.186	0.0924	0.0108	0.9399	0.9397
Modal	6	0.159	0.0061	0.0058	0.946	0.9455

Nota. En la Tabla 12 presenta los modos de vibración de la estructura obtenidos mediante el análisis modal. El período fundamental fue de 0.605s en la dirección X y 0.633s en la dirección Y, evidenciando que la estructura presenta una ligera menor rigidez en el eje Y al desarrollar un mayor período de vibración. Asimismo, la suma de masas efectivas supera el 90% en ambas direcciones a partir del quinto modo de vibración, alcanzando valores de 93.99% en X y 93.97% en Y, cumpliendo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 para garantizar una adecuada representación de la respuesta dinámica de la edificación (Ver anexo 45 y 46).

3.2.3. Desplazamientos relativos admisibles en el eje X

Derivas de entrepiso de la estructura de 5 niveles, en la dirección X.

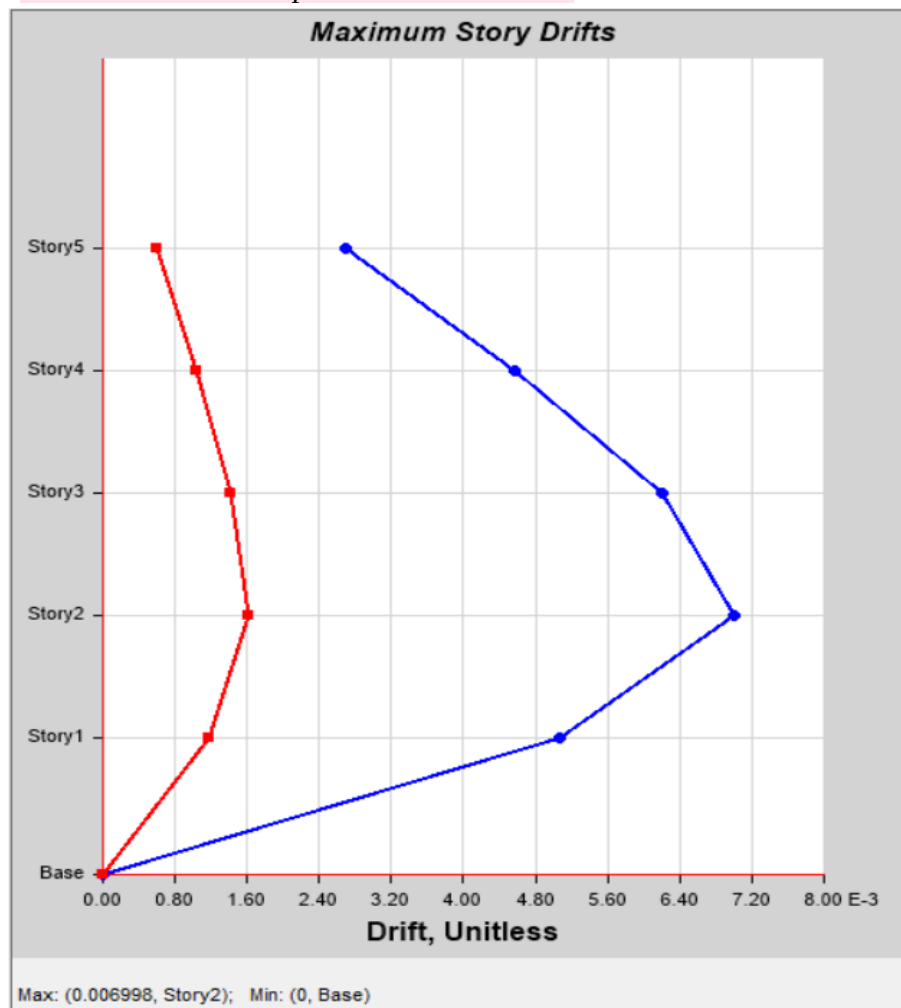
Tabla 13.
Derivas de entrepiso en el eje X

NIVEL	DERIVA X-X		
	DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO SEGÚN E. 030-2018	
T5	0.0027	0.007	CUMPLE
T4	0.0046	0.007	CUMPLE
T3	0.0062	0.007	CUMPLE
T2	0.0069	0.007	CUMPLE
T1	0.0051	0.007	CUMPLE

Nota. En la Tabla 13 presenta las derivas de entrepiso obtenidas en la dirección X para el edificio de cinco niveles. Se observa que la deriva máxima fue de 0.0069, registrada en el segundo nivel, mientras que la mínima correspondió al quinto nivel con 0.0027. Asimismo, todas las derivas obtenidas fueron inferiores al límite permisible de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, evidenciando que la estructura cumple con los requisitos de control de desplazamientos laterales y presenta un comportamiento sísmico adecuado en esta dirección.

Figura 28.

Distorsiones de entrepiso en la dirección X



Nota. La Figura 28 muestra la distribución de las derivas de entrepiso en la dirección X para los cinco niveles de la edificación. Se observa que las derivas aumentan progresivamente desde la cubierta hasta alcanzar su valor máximo en el segundo nivel (0.0069), disminuyendo posteriormente hacia el primer nivel (0.0051). La forma de la curva evidencia que la mayor deformación lateral se concentra en los niveles intermedios de la estructura, comportamiento característico de edificios aporticados de cinco niveles sometidos a cargas sísmicas laterales. Asimismo, todas las derivas permanecen por debajo del límite máximo de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, confirmando que la estructura cumple con los requisitos de control de desplazamientos laterales. Fuente: Etabs V22

3.2.4. Desplazamientos relativos admisibles en la dirección Y-Y

Derivas de entrepiso de la estructura de 5 niveles, en la dirección Y.

Tabla 14.

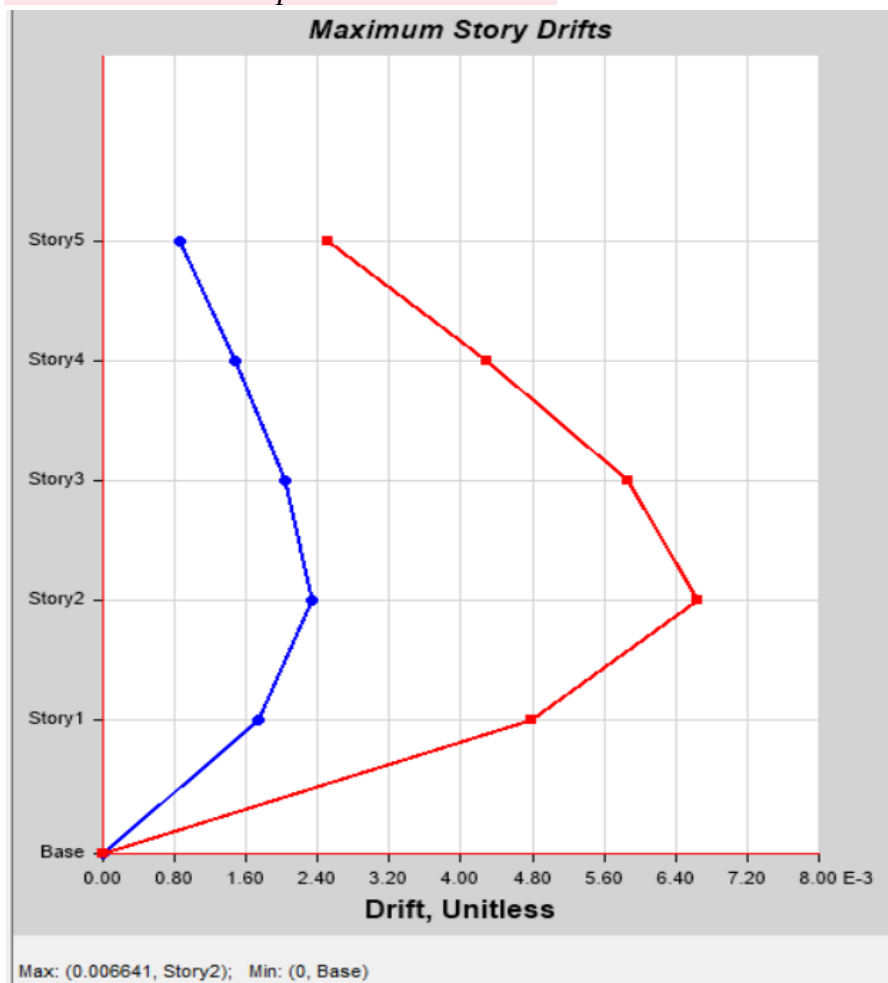
Derivas de entrepiso en el eje Y

NIVEL	DERIVA Y-Y		
	DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO SEGÚN E. 030-2018	
T5	0.003	0.007	CUMPLE
T4	0.004	0.007	CUMPLE
T3	0.006	0.007	CUMPLE
T2	0.0066	0.007	CUMPLE
T1	0.005	0.007	CUMPLE

Nota. La Tabla 14 presenta las derivas de entrepiso obtenidas en la dirección Y para el edificio de cinco niveles. Se observa que la deriva máxima fue de 0.0066, registrada en el segundo nivel, mientras que la menor deriva correspondió al quinto nivel con 0.0030. Asimismo, todas las derivas fueron inferiores al límite máximo permisible de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, evidenciando que la estructura cumple con los requisitos de control de desplazamientos laterales en esta dirección.

Figura 29.

Distorsiones de entrepiso en la dirección Y



Nota. La Figura 29 muestra la distribución de las derivas de entrepiso en la dirección Y para los cinco niveles de la edificación. Se observa que las derivas aumentan progresivamente desde la cubierta hasta alcanzar su valor máximo en el segundo nivel (0.0066), disminuyendo posteriormente en el primer nivel (0.0050). La forma de la curva evidencia que las mayores deformaciones laterales se concentran en los niveles intermedios de la estructura, comportamiento característico de edificios aporticados sometidos a cargas sísmicas. Asimismo, todas las derivas permanecen por debajo del límite máximo de **0.007** establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, confirmando un adecuado desempeño estructural en esta dirección. Fuente: Etabs V22

3.3. Diseño sismorresistente un edificio aporticado de cinco niveles utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras metálicas recicladas, comparando su comportamiento estructural con el diseño convencional.

Se realizó el análisis sismorresistente para una resistencia $F'c = 299.29 \text{ Kg/cm}^2$. Con un coeficiente de Poisson de 0.2.

3.3.1. Análisis estático en el eje X e Y

Se muestra los parámetros sísmicos en el eje X, para la edificación en investigación.

Tabla 15.

Parámetros sísmicos en el eje X

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1
S: Factor de amplificación del suelo	1.2
TP: Periodo corto	0.6
TL: Periodo largo	2
P: Peso total de la edificación (tonf)	659.77
Tx: Periodo natural en la dirección X (s)	0.59
Cx: Factor de amplificación sísmica en X	2.5
Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	8
Vx: Fuerza Cortante en la base	61.85

Nota. La Tabla 15 presenta los parámetros sísmicos del edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas, obteniéndose un peso total de 659.77 tonf, un período natural de 0.590 s y una fuerza cortante basal de 61.85 tonf en la dirección X. La disminución del período natural respecto al diseño convencional evidencia un incremento en la rigidez global de la estructura, mientras que la reducción del peso sísmico permitió disminuir la demanda sísmica representada por la fuerza cortante basal, manteniéndose el cumplimiento de los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Fuerza cortante basal en el eje X:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

$$V_x = \frac{0.25 \times 1.0 \times 2.5 \times 1.2}{8} * 659.77$$

$$V_x = 61.85 \text{ tonf}$$

La fuerza cortante basal de 61.85 tonf representa la fuerza sísmica total que actúa sobre la base del edificio en la dirección X. Su reducción respecto al diseño convencional se debe principalmente a la disminución del peso propio de la estructura, consecuencia del empleo de un concreto con mayor resistencia, el cual permitió optimizar las dimensiones de algunos elementos estructurales sin afectar el comportamiento sísmico del edificio.

Calculamos el valor de k , utilizando la siguiente ecuación:

$$K = (0.75 + 0.5T)$$

$$K = (0.75 + 0.5(0.59))$$

$$K = 1.05$$

Se muestra los parámetros sísmicos en el eje Y, para la edificación en investigación.

Tabla 16.

Parámetros sísmicos en el eje Y

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1
S: Factor de amplificación del suelo	1.2
TP: Periodo corto	0.6
TL: Periodo largo	2
P: Peso total de la edificación (tonf)	659.77
Ty: Periodo natural en la dirección Y (s)	0.614
Cy: Factor de amplificación sísmica en Y	2.443
Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	8
Vy: Fuerza Cortante en la base	60.44

Nota. La Tabla 16 presenta los parámetros sísmicos obtenidos para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas en la dirección Y. Se obtuvo un peso sísmico total de 659.77tonf, un período natural de 0.614s y una fuerza cortante basal de 60.44tonf. La reducción del peso de la estructura permitió disminuir la demanda sísmica respecto al diseño convencional, mientras que el período fundamental evidencia una adecuada rigidez lateral en la dirección Y, cumpliendo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Fuerza cortante basal en el eje Y:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

$$V_y = \frac{0.25 \times 1.0 \times 2.443 \times 1.2}{88} * 659.77$$

$$V_y = 60.44 \text{ tonf}$$

La fuerza cortante basal de 60.44 tonf representa la demanda sísmica total que actúa en la base de la estructura en la dirección Y. Este valor es consecuencia del peso sísmico de la edificación y de los parámetros de diseño establecidos en la Norma Técnica E.030, constituyendo la fuerza que posteriormente se distribuye entre los diferentes niveles para el diseño de los elementos estructurales.

Calculamos el valor de k , utilizando la siguiente ecuación:

$$K = (0.75 + 0.5T)$$

$$K = (0.75 + 0.5(0.614))$$

$$K = 1.06$$

Tabla 17.

Fuerzas sísmicas en altura en el eje X

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	Pi*(hi^k)	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
T_05	15.35	105.74	2002	0.26962	16.68
T_04	12.35	138.23	2131	0.28701	17.75
T_03	9.35	138.23	1613.4	0.21729	13.44
T_02	6.35	138.23	1095.7	0.14757	9.13
T_01	3.35	139.35	583	0.07851	4.86
SUMATORIA		659.77	7425	1	61.85

Nota. La Tabla 17 presenta la distribución de las fuerzas sísmicas en altura en la dirección X para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. La fuerza cortante basal de 61.85tonf se distribuyó entre los cinco niveles de acuerdo con el peso de cada piso y su altura acumulada. Se observa que las mayores fuerzas sísmicas se concentran en los niveles superiores, alcanzando 17.71tonf en el cuarto nivel y 16.59tonf en la cubierta, mientras que el primer nivel registra la menor fuerza (4.91 tonf). Este comportamiento evidencia que la demanda sísmica aumenta con la altura de la estructura, conforme al procedimiento de distribución establecido en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Tabla 18.
Fuerzas sísmicas en altura en el eje Y

Techo	Altura Acum. (hi)	Peso por Piso (Pi)	Pi*(hi^k)	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
T_05	15.35	105.74	2117.1	0.26899	16.26
T_04	12.35	138.23	2260.9	0.28725	17.36
T_03	9.35	138.23	1711.7	0.21747	13.14
T_02	6.35	138.23	1162.5	0.1477	8.93
T_01	3.35	139.35	618.5	0.07859	4.75
SUMATORIA		659.77	7870.7	1	60.44

Nota. La Tabla 18 presenta la distribución de las fuerzas sísmicas en altura en la dirección Y para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. La fuerza cortante basal de 60.44 tonf se distribuyó entre los cinco niveles de la edificación en función del peso de cada piso y su altura acumulada. Se observa que las mayores fuerzas sísmicas se concentran en el cuarto nivel (17.36 tonf) y en la cubierta (16.26 tonf), mientras que el primer nivel presenta la menor fuerza sísmica (4.75 tonf). Esta distribución evidencia que la demanda sísmica aumenta conforme se incrementa la altura de la estructura, siguiendo el procedimiento establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

3.3.2. Análisis dinámico en el eje X e Y

Se realizó el análisis sísmico de la edificación, en el eje X e Y, donde se encontraron los modos de vibración, periodos, desplazamientos, entre otros.

Aceleración espectral

La aceleración espectral debe calcularse para cada dirección horizontal, mediante la ecuación:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Tabla 19.
Aceleración espectral

SISMO DIRECCIÓN				
T	CX	Sa [X-X]	CY	Sa [Y-Y]
0	2.5	0.92	2.5	0.92
0.01	2.5	0.92	2.5	0.92
0.03	2.5	0.92	2.5	0.92
0.05	2.5	0.92	2.5	0.92
0.08	2.5	0.92	2.5	0.92
0.1	2.5	0.92	2.5	0.92
0.2	2.5	0.92	2.5	0.92
0.3	2.5	0.92	2.5	0.92
0.4	2.5	0.92	2.5	0.92
0.5	2.5	0.92	2.5	0.92
0.6	2.5	0.92	2.5	0.92
0.7	2.143	0.788	2.143	0.788
0.8	1.875	0.69	1.875	0.69
0.9	1.667	0.613	1.667	0.613
1	1.5	0.552	1.5	0.552
1.25	1.2	0.441	1.2	0.441
1.5	1	0.368	1	0.368
1.75	0.857	0.315	0.857	0.315
2	0.75	0.276	0.75	0.276
2.25	0.593	0.218	0.593	0.218
2.5	0.48	0.177	0.48	0.177
2.75	0.397	0.146	0.397	0.146
3	0.333	0.123	0.333	0.123
3.25	0.284	0.104	0.284	0.104
3.75	0.213	0.078	0.213	0.078
4	0.188	0.069	0.188	0.069
5	0.12	0.044	0.12	0.044
6	0.083	0.031	0.083	0.031
7	0.061	0.023	0.061	0.023
8	0.047	0.017	0.047	0.017
9	0.037	0.014	0.037	0.014
10	0.03	0.011	0.03	0.011

Nota. La Tabla 19 presenta los valores de la aceleración espectral (S_a) para las direcciones X e Y del edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. Se observa que la aceleración espectral permanece constante en 0.92 g para períodos comprendidos entre 0 y 0.60 s, mientras que para períodos superiores disminuye progresivamente hasta alcanzar 0.011 g a los 10 s, siguiendo el comportamiento definido por el espectro de diseño de la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (Ver anexo 39 y 40).

Los modos de vibración de la edificación, que representa la forma de vibrar de la estructura, se muestran a continuación.

Tabla 20.
Modos de vibración de la estructura

Caso	Modo	Periodo (Seg)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.614	0.0826	0.684	0.0826	0.684
Modal	2	0.59	0.722	0.1139	0.8047	0.7979
Modal	3	0.502	0.0459	0.0524	0.8506	0.8503
Modal	4	0.193	0.0118	0.0772	0.8624	0.9275
Modal	5	0.185	0.0838	0.0162	0.9461	0.9437
Modal	6	0.159	0.0062	0.0071	0.9523	0.9508

Nota. La Tabla 20 presenta los modos de vibración del edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. El período fundamental obtenido fue de 0.590s en la dirección X y 0.614 s en la dirección Y, valores inferiores a los registrados en el edificio convencional (0.605s y 0.633s, respectivamente), lo que evidencia un incremento en la rigidez global de la estructura debido al empleo de un concreto de mayor resistencia. Asimismo, la suma de masas efectivas alcanzó 94.61% en la dirección X y 94.37% en la dirección Y a partir del quinto modo de vibración, superando el 90% exigido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, lo que garantiza una adecuada representación de la respuesta dinámica del edificio.

3.3.3. Desplazamientos relativos admisibles en el eje X

Derivas de entrepiso de la estructura de 5 niveles, en la dirección X.

Tabla 21.
Derivas de entrepiso en el eje X

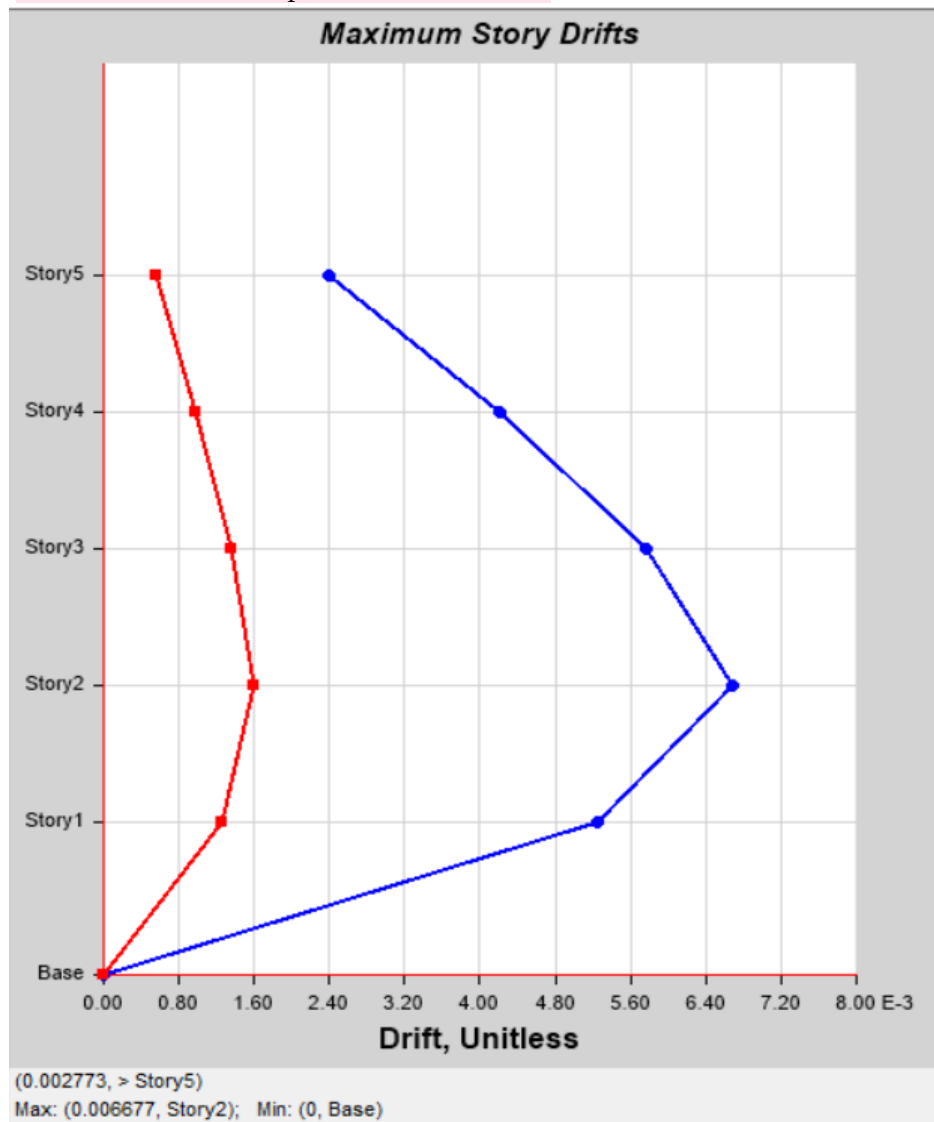
DERIVA X-X			
NIVEL	DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO SEGÚN E. 030-2018	
T5	0.002	0.007	CUMPLE
T4	0.004	0.007	CUMPLE
T3	0.006	0.007	CUMPLE
T2	0.0067	0.007	CUMPLE
T1	0.005	0.007	CUMPLE

Nota. La Tabla 21 presenta las derivas de entrepiso obtenidas en la dirección X para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. Se observa que la deriva máxima fue de 0.0067, registrada en el segundo nivel, mientras que la menor deriva correspondió al quinto nivel con 0.002. Asimismo, todas las derivas fueron inferiores al límite máximo permisible de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 –

Diseño Sismorresistente, evidenciando que la estructura cumple con los requisitos de control de desplazamientos laterales en esta dirección (Ver anexo 43).

Figura 30.

Distorsiones de entrepiso en la dirección X



Nota. La Figura 30 muestra la distribución de las derivas de entrepiso en la dirección X para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. Se evidencia que las derivas aumentan progresivamente desde la cubierta hasta alcanzar su valor máximo en el segundo nivel (0.0067), disminuyendo posteriormente en el primer nivel (0.0050). La tendencia de la curva indica que la mayor deformación lateral continúa concentrándose en los niveles intermedios de la estructura, manteniendo un comportamiento uniforme y sin presentar concentraciones excesivas de desplazamiento. Asimismo,

todas las derivas permanecen por debajo del límite máximo de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, confirmando un adecuado desempeño estructural frente a las acciones sísmicas. Fuente: Etabs V22

3.3.4. Desplazamientos relativos admisibles en la dirección Y-Y

Derivas de entrepiso de la estructura de 5 niveles, en la dirección Y.

Tabla 22.

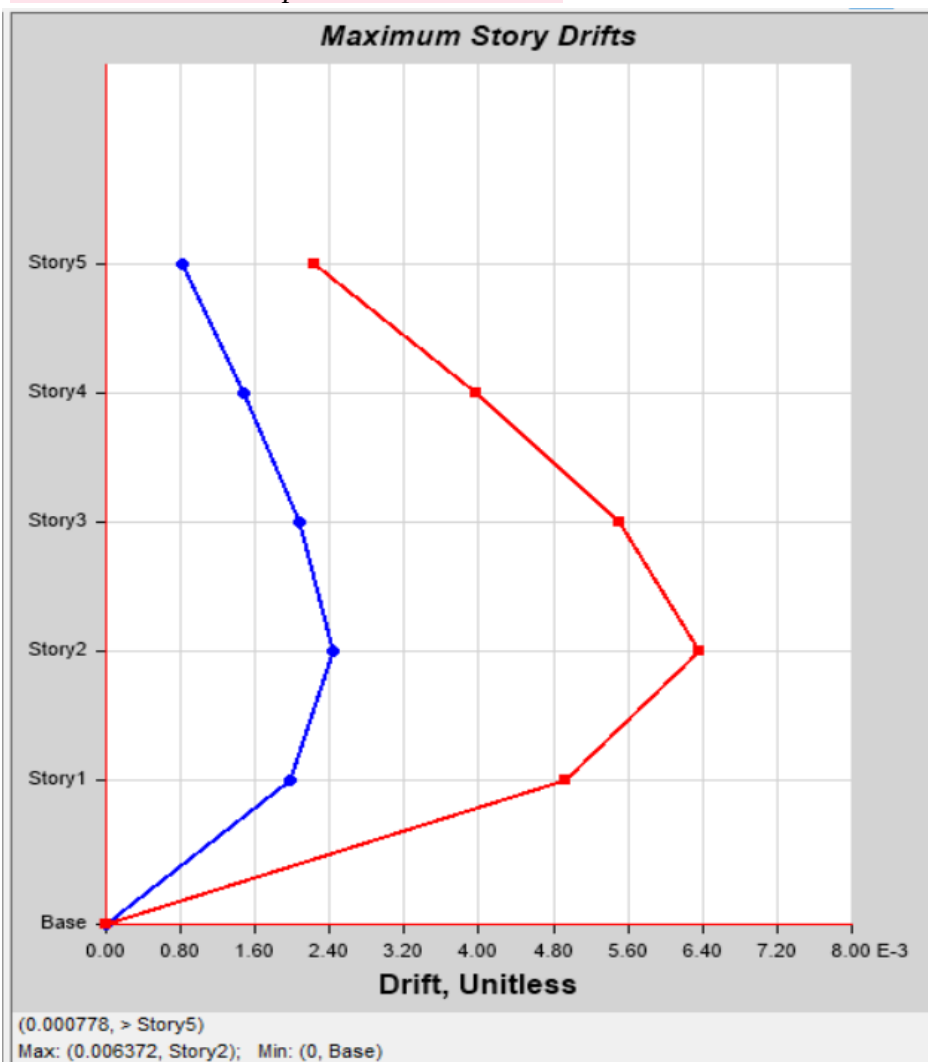
Derivas de entrepiso en el eje Y

NIVEL	DERIVA Y-Y		
	DISTORSIÓN DE ENTREPISO (DERIVA)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO SEGÚN E. 030-2018	
T5	0.002	0.007	CUMPLE
T4	0.004	0.007	CUMPLE
T3	0.006	0.007	CUMPLE
T2	0.006	0.007	CUMPLE
T1	0.005	0.007	CUMPLE

Nota. La Tabla 22 presenta las derivas de entrepiso obtenidas en la dirección Y para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. Se observa que la deriva máxima fue de 0.006, registrada en el segundo y tercer nivel, mientras que la menor deriva correspondió al quinto nivel con 0.002. Asimismo, todas las derivas fueron inferiores al límite máximo permisible de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, evidenciando que la estructura cumple con los requisitos de control de desplazamientos laterales en esta dirección (ver anexo 44).

Figura 31.

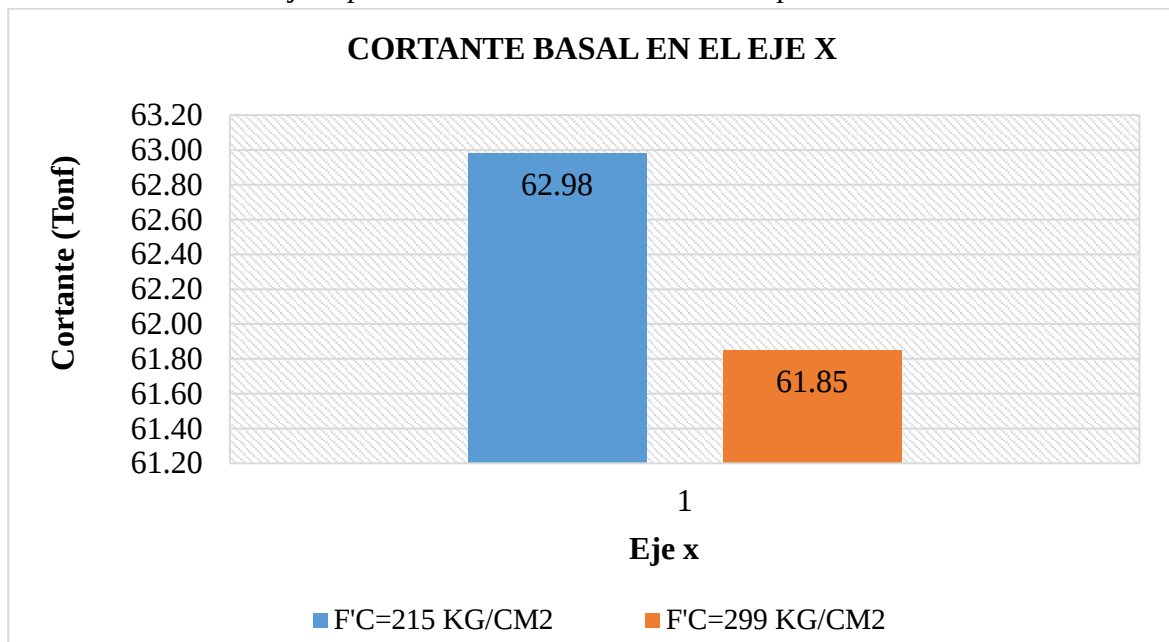
Distorsiones de entrepiso en la dirección Y



Nota. La Figura 31 muestra la distribución de las derivas de entrepiso en la dirección Y para el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. Se evidencia que las derivas aumentan progresivamente desde la cubierta hasta alcanzar su valor máximo (0.006) en el segundo y tercer nivel, disminuyendo posteriormente hacia el primer nivel (0.005). La tendencia de la curva refleja una distribución uniforme de las deformaciones laterales, sin concentraciones excesivas de desplazamiento que puedan generar irregularidades estructurales. Asimismo, todas las derivas permanecen por debajo del límite máximo de 0.007 establecido por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, confirmando un adecuado desempeño sísmico de la estructura en esta dirección. Fuente: Etabs V22.

Figura 32.

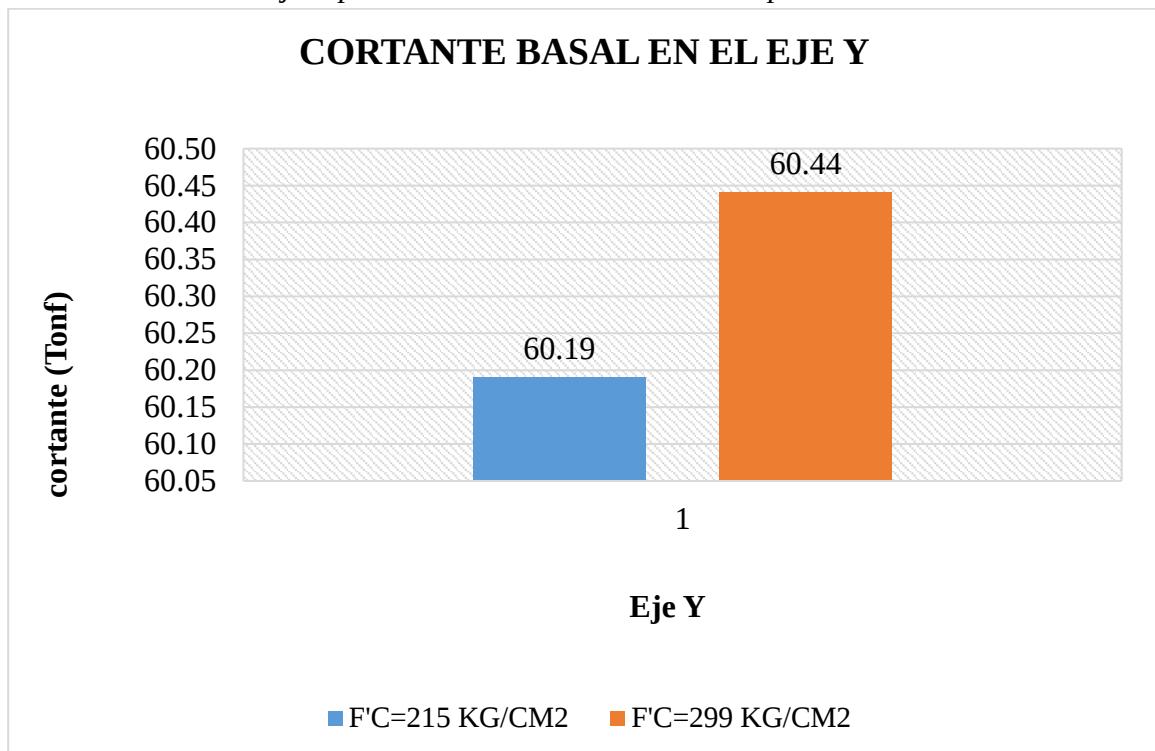
Cortante basal en el eje X para ambas resistencias a la compresión



Nota. La Figura 32 compara la cortante basal en la dirección X para el edificio diseñado con concreto convencional ($f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$) y con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas ($f'_c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$). Se observa que la cortante basal disminuyó de 62.98 tonf a 61.85 tonf, lo que representa una reducción de 1.13 tonf (aproximadamente 1.8%). Esta disminución se atribuye principalmente a la reducción del peso sísmico total de la estructura, lograda mediante el empleo de un concreto de mayor resistencia que permitió optimizar las dimensiones de algunos elementos estructurales. En consecuencia, el edificio presenta una menor demanda sísmica en la dirección X, manteniendo el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Figura 33.

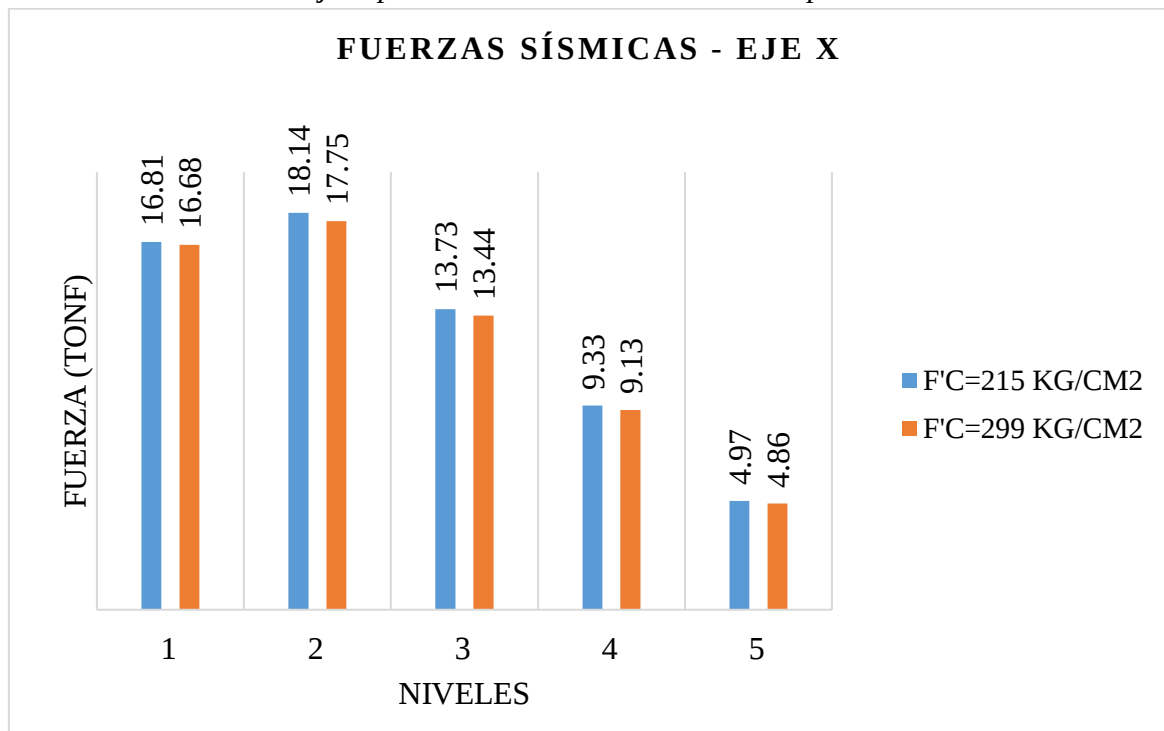
Cortante basal en el eje Y para ambas resistencias a la compresión



Nota. La Figura 33 presenta la comparación de la cortante basal en la dirección Y para el edificio diseñado con concreto convencional ($f'c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$) y con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas ($f'c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$). Se observa que la cortante basal presentó un ligero incremento de 60.19 tonf a 60.44 tonf, equivalente a 0.25 tonf (0.42%). Esta variación se atribuye a la modificación del período fundamental de vibración y del factor de amplificación sísmica en la dirección Y, manteniéndose el cumplimiento de los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.

Figura 34.

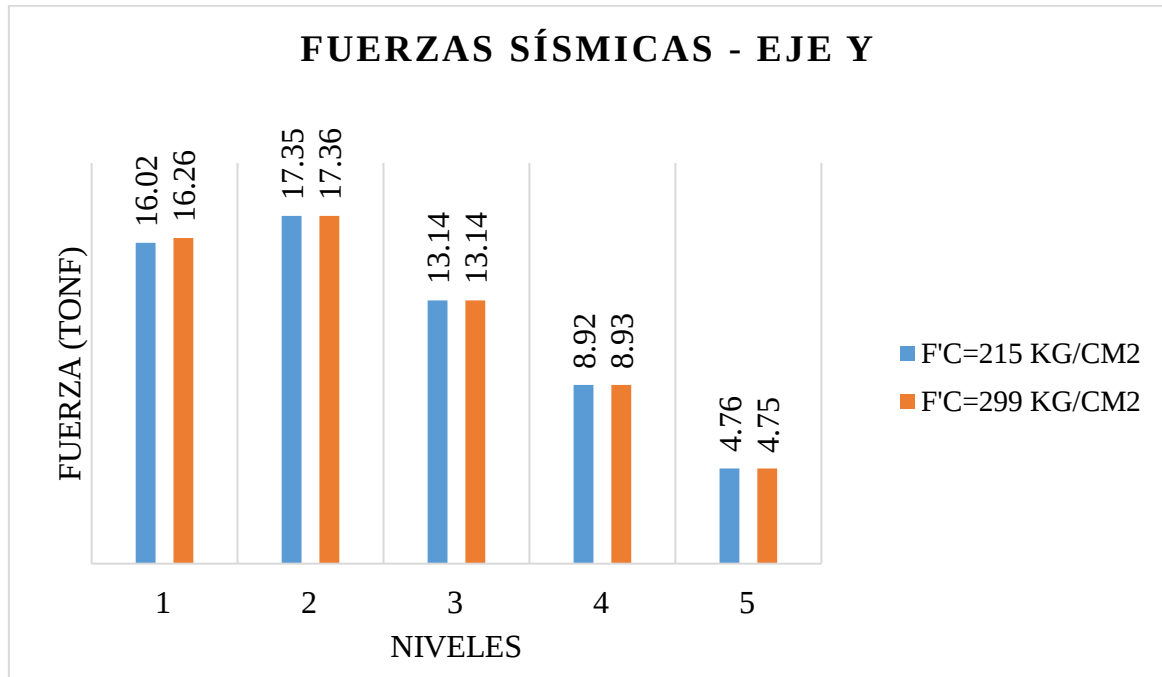
Fuerzas sísmicas en el eje X para ambas resistencias a la compresión



Nota. La Figura 34 presenta la comparación de la distribución de las fuerzas sísmicas en los cinco niveles del edificio para la dirección X, considerando el concreto convencional ($f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$) y el concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas ($f'_c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$). Se observa que las mayores fuerzas sísmicas se concentran en los niveles superiores de la estructura, alcanzando el máximo valor en el cuarto nivel (18.14 tonf para el concreto convencional y 17.75 tonf para el concreto con fibras), mientras que el primer nivel registra las menores fuerzas (4.97 tonf y 4.86 tonf, respectivamente). Asimismo, el empleo del concreto de mayor resistencia permitió reducir ligeramente las fuerzas sísmicas en todos los niveles, manteniendo la misma tendencia de distribución vertical.

Figura 35.

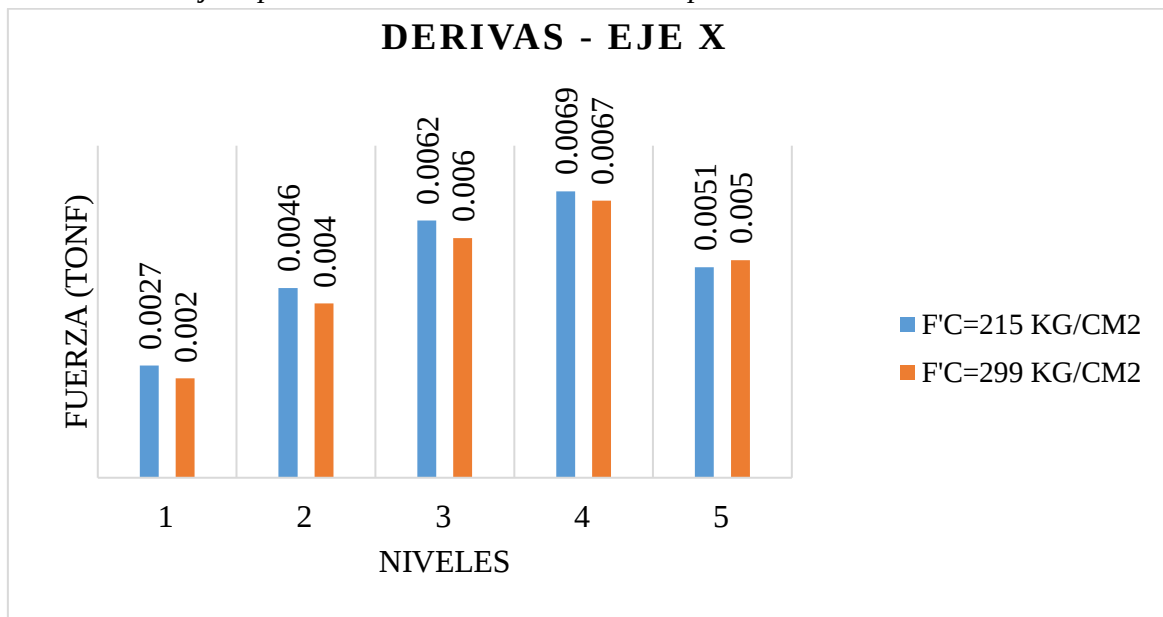
Fuerzas sísmicas en el eje Y para ambas resistencias a la compresión



Nota. La Figura 35 presenta la comparación de las fuerzas sísmicas distribuidas en los cinco niveles del edificio en la dirección Y para el concreto convencional ($f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$) y el concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas ($f'_c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$). Se observa que las mayores fuerzas sísmicas se concentran en los niveles superiores, alcanzando el máximo valor en el cuarto nivel con 17.35 tonf para el concreto convencional y 17.36 tonf para el concreto con fibras, mientras que el primer nivel presenta las menores fuerzas, con 4.76 tonf y 4.75 tonf, respectivamente. La distribución de las fuerzas sísmicas mantiene prácticamente el mismo comportamiento en ambas alternativas de diseño.

Figura 36.

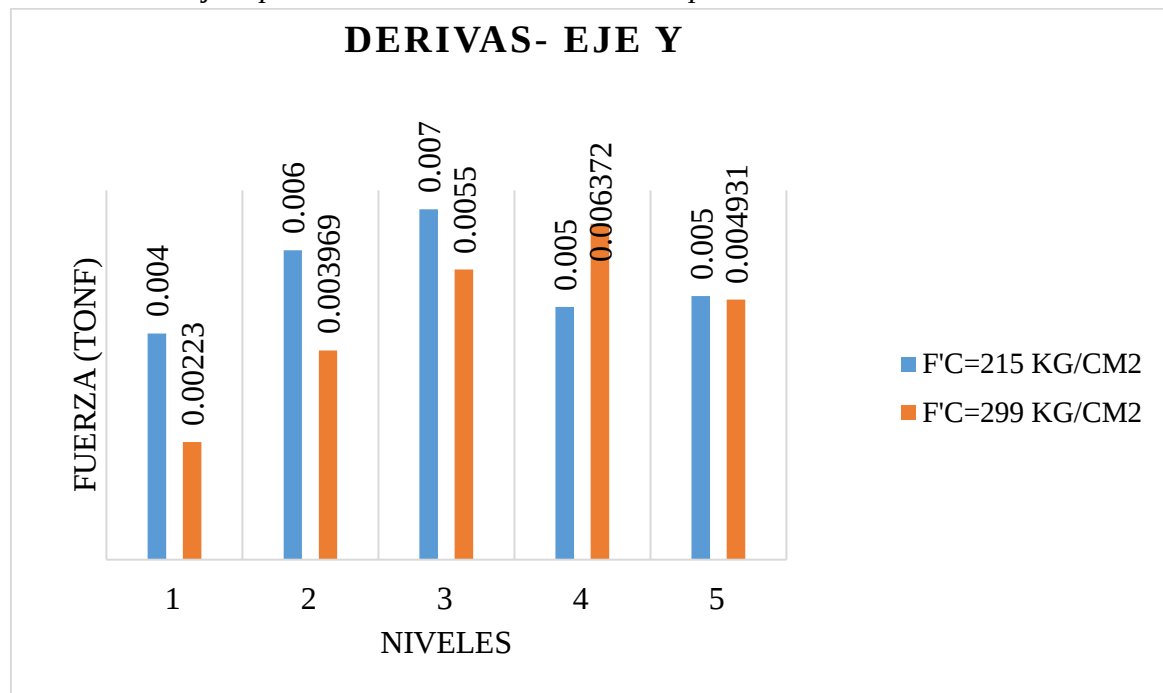
Derivas en el eje X para ambas resistencias a la compresión



Nota. La Figura 36 presenta la comparación de las derivas de entrepiso en la dirección X para el edificio diseñado con concreto convencional ($f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$) y con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas ($f'_c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$). Se observa que las derivas disminuyen en todos los niveles al emplear el concreto de mayor resistencia, manteniéndose la mayor deformación en el segundo nivel, donde la deriva se redujo de 0.0069 a 0.0067. Asimismo, en los niveles superiores las reducciones fueron más notorias, pasando de 0.0046 a 0.0040 en el cuarto nivel y de 0.0027 a 0.0020 en la cubierta.

Figura 37.

Derivas en el eje Y para ambas resistencias a la compresión



Nota. La Figura 37 presenta la comparación de las derivas de entrepiso en la dirección Y para el edificio diseñado con concreto convencional ($f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$) y con concreto reforzado con fibras metálicas recicladas ($f'_c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$). Se observa que la incorporación de 2.25% de fibras metálicas recicladas permitió reducir las derivas en la mayoría de los niveles de la estructura. La mayor deformación se registró en el tercer nivel, disminuyendo de 0.0070 a 0.0055, mientras que en el quinto nivel la deriva se redujo de 0.0049 a 0.0049, manteniéndose prácticamente constante. Estos resultados evidencian un mejor control de las deformaciones laterales al emplear el concreto de mayor resistencia.

3.4. Comparativo del costo total del concreto estructural $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando fibras metálicas recicladas con el costo del concreto convencional, en la construcción de un edificio aparcado en Jaén – 2025.

Los costos unitarios presentados en a continuación fueron elaborados en base a precios de mercado correspondientes a la ciudad de Jaén – Cajamarca, recopilados durante el año 2025. Para la estimación de los costos de materiales, mano de obra y equipos, se utilizaron como referencia bases de datos de costos de construcción como el software S10 y publicaciones técnicas de CAPECO, complementadas con cotizaciones locales de proveedores. Los costos de mano de obra se determinaron considerando rendimientos

estándar de la construcción civil en el Perú, mientras que los precios de materiales como cemento, agregados y agua fueron obtenidos de proveedores locales. En el caso de las fibras metálicas recicladas, se consideró un costo reducido asociado a su reutilización a partir de alambre N°16, lo cual representa una alternativa económica frente a fibras industriales comerciales. Todos los costos están expresados en soles (S/) y corresponden a precios directos sin incluir gastos generales, utilidad ni impuestos, con el objetivo de realizar una comparación técnica entre el concreto convencional y el concreto con fibras metálicas recicladas.

Tabla 23.
Análisis de costo unitario de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón por m^3

Presupuesto	1201001	Comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025					
Partida	01.01	Concreto $f'c=215.53\text{ kg/cm}^2$ - patrón					
Rendimiento	m3/Día	20.0000	EQ	20.0000	Costo unitario directo por: m^3	475.887	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
010101000	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	27.57	22.06
010101000	OFICIAL		hh	2.0000	0.8000	21.68	17.34
010101000	PEON		hh	10.0000	4.0000	19.62	78.48
							117.88
Materiales							
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.7510	65.00	48.815
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.4066	58.00	23.582
0213010008	CEMENTO EXTRAFORTE PACASMAYO		bol		8.64	31.50	272.16
0290130023	AGUA		m3		0.1919	10.00	1.91
							346.46
Equipos							
0301060007	HERRAMIENTA MANUALES		%mo		3.0000	117.88	3.54
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO		hm	1.0000	0.4000	8.00	3.20
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.4000	12.00	4.80
							11.54

Nota. En la tabla 23, se tiene análisis de costos unitarios del concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ por m^3 , donde el monto asciende a 475.887 soles. Fuente: S10 (2024).

Tabla 24.
Análisis de costo unitario del encofrado y desencofrado de columnas

Partida	01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS					
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ	10.0000	Costo unitario directo por: m2	45.17	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	27.57	22.056
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	21.61	17.28
							39.34
Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0.2000	7.50	1.50
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		0.1000	7.00	0.70
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"		kg		0.1000	7.00	0.70
							2.90
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	58.64	2.93
							2.93

Nota. En la tabla 24, se tiene análisis de costos unitarios del encofrado y desencofrado, donde el monto asciende a 45.17 soles por m2. Fuente: S10 (2024).

Tabla 25.
Análisis de costo unitario de acero corrugado fy=4200kg/cm2 grado 60

Partida	01.04.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60					
Rendimiento	kg/DIA	260.0000	EQ	260.0000	Costo unitario directo por: kg	6.37	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0308	28.48	0.88
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0308	22.41	0.69
							1.57
Materiales							
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16		kg		0.0250	5.00	0.125
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg		1.0400	4.50	4.68
							4.805

Nota. En la tabla 25, se tiene análisis de costos unitarios del acero corrugado fy=4200kg/cm2 grado 60, donde el monto asciende a 6.37 soles por kg. Fuente: S10 (2024).

A continuación, se presenta los metrados y costos de la edificación evaluada, tanto para el edificio sin incorporar fibras al concreto e incorporando 2.25% de fibras metálicas recicladas que es la cantidad que logra maximizar la resistencia del concreto. Además, cabe señalar que, aunque el concreto reforzado con fibras metálicas recicladas incrementó la resistencia a compresión del material, las dimensiones de las vigas se mantuvieron constantes debido a que su diseño estuvo gobernado por criterios de rigidez, control de deformaciones y requisitos de diseño sismorresistente establecidos en las Normas Técnicas E.030 y E.060. Del mismo modo, la cuantía de acero longitudinal en las vigas experimentó variaciones poco significativas, manteniéndose prácticamente igual al diseño convencional, debido a que las demandas de flexión y corte no variaron de manera considerable. En consecuencia, el beneficio del incremento de la resistencia del concreto se manifestó principalmente en la optimización de las columnas (Ver anexo 23, 24, 25 y 26), permitiendo reducir sus dimensiones y el acero de refuerzo requerido, mientras que en las vigas no se produjeron cambios relevantes ni en su sección transversal ni en su refuerzo.

Tabla 26.
Metrados para obras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón

Ítem	Descripción	Und	Pisos	Nº veces	Medidas			Parcial	TOTAL
					L	A	H		
1	Obras de concreto armado								
1.01	Concreto en Columnas								46.383
1.01.01	Columnas de concreto $f'c=215.53\text{kg/cm}^2$ C-1 (45cmx45cm)- perimetrales	m3	5	12	0.45	0.45	2.85	0.57713	34.627
1.01.02	Columnas de concreto $f'c=215.53\text{kg/cm}^2$ C-2 (55cmx50cm)- centrales	m3	5	3	0.55	0.5	2.85	0.78375	11.756
1.02	Encofrado y desencofrado en columnas								397.575
1.02.01	Encofrado y desencofrado en columna C-1 (45cmx45cm)- perimetrales	m2	5	12	1	1.8	2.85	5.13	307.8
1.02.02	Encofrado y desencofrado en columna C-2 (55cmx50cm)- centrales	m2	5	3	1	2.1	2.85	5.985	89.775
1.03	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ en Columnas								3862.809
1.03.01	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-1 (45cmx45cm)- perimetrales	Kg							3084.468
Columnas 1er, 2do, 3cer, 4to y 5to nivel									
	C-1	Cant.	Nº Vec.	Long. (m)	kg/m				
	Acero vertical (4de ¾")	4.00	12.00	15.35	2.24				1646.748
	Acero vertical (4 de 5/8")	4.00	12.00	15.35	1.55				1142.04
	Estribos (3/8": 1@ .05, 5@.10, Resto @0.20 A/S)	12.00	22.00	2.00	0.56				295.68
1.03.02	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-2 (55cmx50cm)- centrales	Kg							778.341
Columnas 1er, 2do, 3cer, 4to y 5to nivel									
	C-2	Cant.	Nº Vec.	Long. (m)	kg/m				
	Acero vertical (4 de ¾")	4.00	3.00	15.35	2.24				411.687
	Acero vertical (8 de 5/8")	4.00	3.00	15.35	1.55				285.51
	Estribos (3/8": 1@ .05, 6@.10, Resto @0.20 A/S)	3.00	21.00	2.30	0.56				81.144

Nota. En la tabla 26, se tiene el metrado para obras de concreto del diseño patrón cuyas dimensiones de la columna C-1 perimetrales fueron de 45cmx45cm, las columnas centrales fueron de 55cmx50cm, cuyo metrado de concreto en columnas asciende a 46.38m3, el encofrado y desencofrado en columnas a 397.57m2 y acero corrugado $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ en columnas a 3862.80kg.

Tabla 27.
Costo total de obras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Costo unitario	Costo parcial
1	Obras de concreto armado				
1.01	Concreto en Columnas		46.38375	475.887	22073.423
1.01.01	Columnas de concreto $f'c=215.53\text{kg/cm}^2$ C-1 (45cmx45cm)-perimetrales	m3	34.6275	475.887	16478.777
1.01.02	Columnas de concreto $f'c=215.53\text{kg/cm}^2$ C-2 (55cmx50cm)-centrales	m3	11.75625	475.887	5594.646
1.02	Encofrado y desencofrado en columnas		397.575	45.17	17958.462
1.02.01	Encofrado y desencofrado en columna C-1 (45cmx45cm)-perimetrales	m2	307.8	45.17	13903.326
1.02.02	Encofrado y desencofrado en columna C-2 (55cmx50cm)-centrales	m2	89.775	45.17	4055.136
1.03	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ en Columnas		3862.809	6.37	24606.093
1.03.01	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-1 (45cmx45cm)-perimetrales	Kg	3084.468	6.37	19648.061
1.03.02	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-2 (55cmx50cm)-centrales	Kg	778.341	6.37	4958.032
Costo total					64637.979

Nota. En la tabla 27, el costo total para la partida de obras de concreto (patrón) el costo total asciende a s/. **64637.979**

Tabla 28.

Análisis de costo unitario de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ por m3, adicionando 2.25% de fibras metálicas

Presupuesto	1201001	Comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025					
Partida	01.02	Concreto $f'c=299.29\text{kg/cm}^2$ adicionando 2.25% de fibras metálicas					
Rendimiento	m3/Día	20.0000	EQ	20.0000	Costo unitario directo por: m3	492.404	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
		Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	27.57	22.06
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.8000	21.68	17.34
010101000	PEON		hh	10.0000	4.0000	19.62	78.48
							117.88
		Materiales					
020701000	PIEDRA CHANCADA ¾"		m3		0.7510	65.00	48.815
020702000	ARENA		m3		0.4066	58.00	23.582
10002	GRUESA						
021301000	CEMENTO EXTRAFORTE PACASMAYO		bol		8.64	31.50	272.16
022215000	FIBRAS METÁLICAS (2.25%)		Kg		8.262	2.00	24.786
029013002	AGUA		m3		0.1919	10.00	1.91
							362.984
		Equipos					
030106000	HERRAMIENTA MANUALES		%mo		3.0000	117.88	3.54
030129000	VIBRADOR PARA CONCRETO		hm	1.0000	0.4000	8.00	3.20
030129000	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.4000	12.00	4.80
							11.54

Nota. En la tabla 28, se tiene análisis de costos unitarios del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ por m3, al incluir fibras metálicas recicladas en 2.25% (en función del peso del cemento), el monto asciende a 492.404 soles. Fuente: S10 (2024).

Tabla 29.
Metrados para obras de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con 2.25% de fibras metálicas

Ítem	Descripción	Und	Pisos	Nº veces	Medidas			Parcial	TOTAL
					L	A	H		
1	Obras de concreto armado								
1.01	Concreto en Columnas								38.047
1.01.01	Columnas de concreto $f'c=299.29\text{kg/cm}^2$ C-1 (40cmx40cm)- perimetrales	m3	5	12	0.4	0.4	2.85	0.456	27.36
1.01.02	Columnas de concreto $f'c=299.29\text{kg/cm}^2$ C-2 (50cmx50cm)- centrales	m3	5	3	0.5	0.5	2.85	0.7125	10.687
1.02	Encofrado y desencofrado en columnas								359.1
1.02.01	Encofrado y desencofrado en columna C-1 (40cmx40cm)- perimetrales	m2	5	12	1	1.6	2.85	4.56	273.6
1.02.02	Encofrado y desencofrado en columna C-2 (50cmx50cm)- centrales	m2	5	3	1	2	2.85	5.7	85.5
1.03	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ en Columnas								3420.052
1.03.01	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-1 (40cmx40cm)- perimetrales	Kg							2645.239
	Columnas 1er, 2do, 3cer, 4to y 5to nivel								
	C-1	Cant.	Nº Vec.	Long. (m)	kg/m				
	Acero vertical (4de 3/4")	4.00	12.00	15.35	2.24				1646.748
	Acero vertical (4 de 1/2")	4.00	12.00	15.35	0.99				732.3792
	Estribos (3/8": 1@ .05, 5@.10, Resto @0.20 A/S)	12.00	22.00	1.80	0.56				266.112
1.03.02	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-2 (50cmx50cm)- centrales	Kg							774.813
	Columnas 1er, 2do, 3cer, 4to y 5to nivel								
	C-2	Cant.	Nº Vec.	Long. (m)	kg/m				
	Acero vertical (4 de 3/4")	4.00	3.00	15.35	2.24				411.687
	Acero vertical (8 de 5/8")	4.00	3.00	15.35	1.55				285.51
	Estribos (3/8": 1@ .05, 6@.10, Resto @0.20 A/S)	3.00	21.00	2.20	0.56				77.616

Nota. En la tabla 29, se tiene el metrado para obras de concreto del diseño con 2.25% de fibras metálicas cuyas dimensiones de la columna C-1 perimetrales fueron de 40cmx40cm, las columnas centrales fueron de 50cmx50cm, cuyo metrado de concreto en columnas asciende a 38.04m3, el encofrado y desencofrado en columnas a 359.10m2 y acero corrugado $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ en columnas a 3420.05kg.

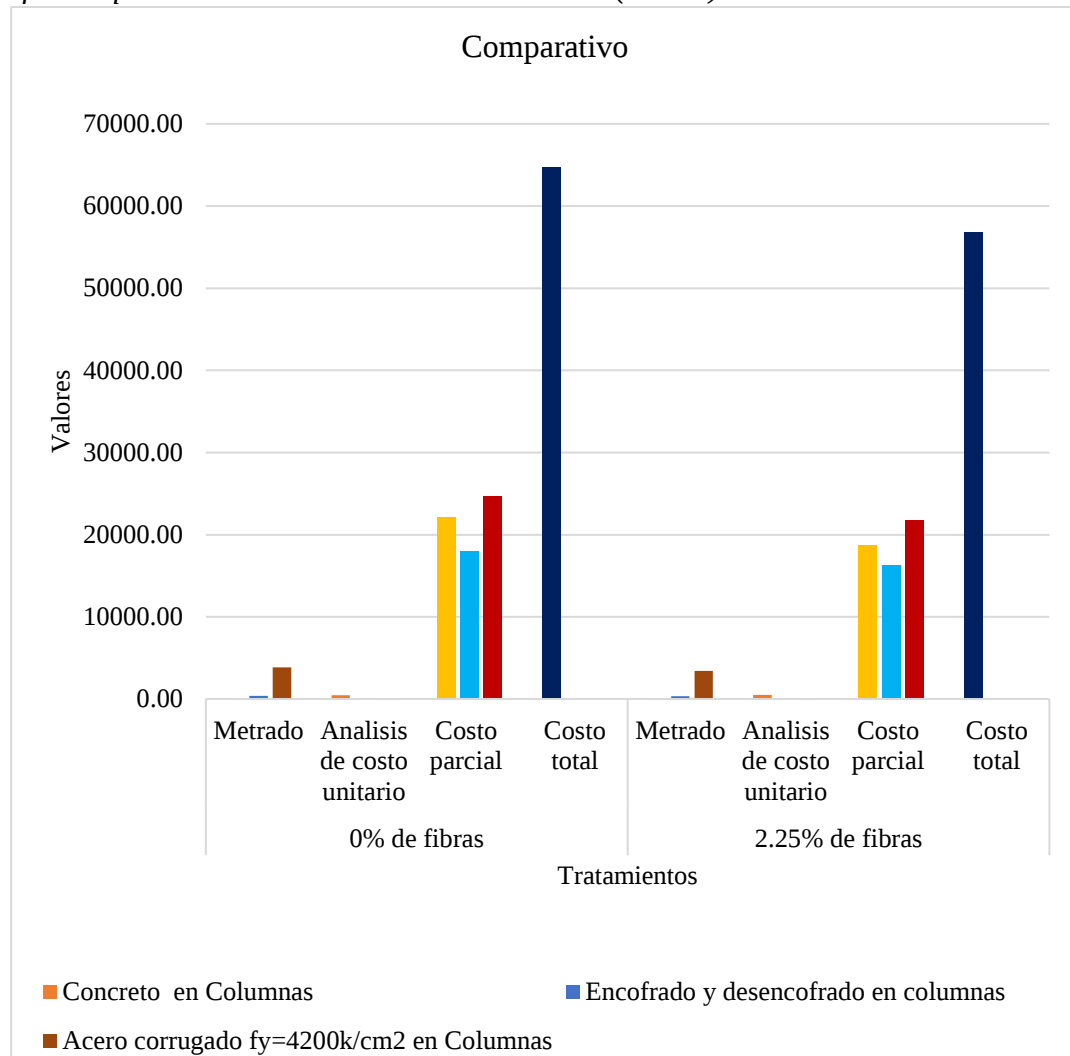
Tabla 30.
Costo total del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con 2.25% de fibras metálicas

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Costo unitario	Costo parcial
1	Obras de concreto armado				
1.01	Concreto en Columnas		38.0475	492.404	18734.74119
1.01.01	Columnas de concreto $f'c=299.29\text{kg/cm}^2$ C-1 (40cmx40cm)- perimetrales	m3	27.36	492.404	13472.17344
1.01.02	Columnas de concreto $f'c=299.29\text{kg/cm}^2$ C-2 (50cmx50cm)- centrales	m3	10.6875	492.404	5262.56775
1.02	Encofrado y desencofrado en columnas		359.1	45.17	16220.547
1.02.01	Encofrado y desencofrado en columna C-1 (40cmx40cm)- perimetrales	m2	273.6	45.17	12358.512
1.02.02	Encofrado y desencofrado en columna C-2 (50cmx50cm)- centrales	m2	85.5	45.17	3862.035
1.03	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ en Columnas		3420.0522	6.37	21785.73251
1.03.01	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-1 (40cmx40cm)- perimetrales	Kg	2645.2392	6.37	16850.1737
1.03.02	Acero corrugado $f_y=4200\text{k/cm}^2$ columna C-2 (50cmx50cm)- centrales	m3	774.813	6.37	4935.55881
Costo total					56741.021

Nota. En la tabla 30, el costo total para la partida de obras de concreto (2.25% fibras metálicas) el costo total asciende a s/. **56741.021**

Figura 38.

Comparativo de costos de obras de concreto patrón Vs el óptimo contenido de fibras que máxima la resistencia del concreto (2.25%)



Nota. La figura muestra la comparación de los costos de obras de concreto que incluye las columnas del edificio para el diseño convencional y el diseño con concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas. Se observa que el costo total disminuyó de S/ 64,637.98 a S/ 56,741.02, obteniéndose un ahorro de S/ 7,896.96, equivalente al 12.22%. La mayor reducción económica se presentó en la partida de concreto, cuyo costo disminuyó en S/ 3,338.68, seguida por el acero de refuerzo con S/ 2,820.36 y el encofrado con S/ 1,737.91.

Tabla 31.

Comparación de metrados y costos de las columnas de concreto convencional y concreto con 2.25% de fibras metálicas recicladas

Descripción		Und	Metrados		Costo unitario		Costo parcial	
			Metrado	Diferencia metrados (2.25% de fibras - patrón)	Costo unitario (S/.)	Diferencia de costo unitario (2.25% de fibras - patrón)	costo parcial (S/.)	Diferencia costo (2.25% de fibras - patrón) (S/.)
Concreto en columnas	Concreto convencional f'c=215.53kg/cm2	m3	46.38		475.89		22073.42	
	concreto f'c=299.29kg/cm2 (2.25 fibras)	m3	38.05	-8.34	492.40	16.52	18734.74	-3338.68
Metrados	Concreto convencional f'c=215.53kg/cm2	m2	397.58		45.17		17958.46	
	desenfofrado y concreto f'c=299.29kg/cm2 (2.25 fibras)	m2	359.10	-38.48	45.17	0.00	16220.55	-1737.92
Acero corrugado fy=4200kg/cm2 en columnas	Concreto convencional f'c=215.53kg/cm2	kg	3862.81		6.37		24606.09	
	concreto f'c=299.29kg/cm2 (2.25 fibras)	kg	3420.05	-442.76	6.37	0.00	21785.73	-2820.36

Nota. La tabla 31 muestra que el uso de concreto con 2.25% de fibras metálicas recicladas permitió reducir los metrados y costos asociados a la construcción de las columnas, debido a la optimización de sus dimensiones estructurales. El volumen de concreto disminuyó de 46.38 m³ a 38.05 m³, generando una reducción de 8.34 m³; aunque el costo unitario del concreto con fibras aumentó en S/ 16.52 por m³, el menor volumen requerido permitió reducir el costo parcial en S/ 3,338.68. Asimismo, el área de encofrado y desenfofrado disminuyó en 38.48 m², representando un ahorro de S/ 1,737.92, mientras que la cantidad de acero corrugado se redujo en 442.76 kg, generando un ahorro de S/ 2,820.36. En conjunto, estos resultados evidencian que, a pesar del mayor costo unitario del concreto con fibras metálicas recicladas, la optimización de las secciones de las columnas permitió reducir el consumo de concreto, encofrado y acero, obteniéndose una reducción del costo total de la estructura analizada.

IV. DISCUSIÓN

Al realizar las dosificaciones, para una resistencia promedio a los 28 días, al adicionar: 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25% de fibras metálicas recicladas, se tiene una resistencia a la compresión de: 247.52 kg/cm², 299.29 kg/cm², 282.47 kg/cm² y 236.83 kg/cm² respectivamente; se observa que para una adición de 2.25% llega a su máxima resistencia de 299.29 kg/cm². Gaona y Sifuentes (2023) determinaron que, al adicionar fibras metálicas en porcentajes de 1%, 2.5% y 5%, la resistencia a compresión a los 28 días fue de 237 kg/cm², 213 kg/cm² y 202 kg/cm², respectivamente, obteniendo su mayor resistencia con una incorporación del 1% de fibras. Si bien ambos estudios evidencian que existe un porcentaje óptimo de incorporación de fibras, los resultados difieren en el porcentaje que maximiza la resistencia y en los valores alcanzados. Por otro lado, Gao et al. (2022) evaluaron el efecto de la incorporación de fibras de acero recicladas en las propiedades mecánicas del concreto, reportando que la resistencia a compresión a los 28 días aumentó progresivamente con adiciones de 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.50%, alcanzando incrementos de 8.2%, 9.8%, 12.0%, 13.4%, 15.3% y 15.8%, respectivamente, respecto al concreto convencional. El presente estudio con Gao et al. (2022) coinciden en que la incorporación de fibras metálicas mejora la resistencia a compresión del concreto hasta alcanzar una dosificación óptima; sin embargo, en la presente investigación dicho porcentaje óptimo fue superior al reportado por Gao et al. (2022). Por lo que estas diferencias de los estudios de Gaona y Sifuentes (2023) y Gao et al. (2022), pueden atribuirse al tipo de fibra utilizada, a sus características geométricas, al diseño de la mezcla, a la relación agua/cemento y a las condiciones de fabricación y curado del concreto. Amin et al. (2023) reportaron que, al incorporar fibras de acero reciclados en proporciones de 0.10%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00%, 2.00%, 2.50%, 3.00%, 3.50%, 4.00% y 6.00%, se obtuvieron resistencias a compresión de 102, 105, 106, 95, 103, 168, 137, 115, 95, 178 y 167 kg/cm², respectivamente, alcanzando la mayor resistencia con una dosificación del 4.00% (178 kg/cm²). Estos resultados muestran coincidencia con el presente estudio en que existe una dosificación óptima de fibras que maximiza la resistencia a compresión; sin embargo, el presente estudio alcanzó una resistencia superior con un menor porcentaje óptimo de incorporación.

Al realizar el diseño sismorresistente del edificio aporticado de 5 niveles de concreto armado convencional (sin adición de fibras) se encontró los desplazamientos en

el eje X-X: 0.0027, 0.0046, 0.0062, 0.0069 y 0.0051; para el eje Y es: 0.003, 0.004, 0.006, 0.0066 y 0.005; con un periodo en el eje X de 0.605 segundos y 0.633 segundos en el eje Y. De manera análoga, Bartolo y Ledesma (2021), en su trabajo de investigación encontró los desplazamientos en los 6 niveles del sistema aporticado para el concreto patrón en las direcciones X-X e Y-Y fueron 0.0038, 0.0049, 0.0061, 0.0066, 0.0063, 0.0032 y 0.0041 0.0052 0.0062 0.0067 0.0063 0.0033 respectivamente; con un periodo en el eje X de 0.64 segundos y 0.59 segundos en el eje Y. Ambos estudios muestran un comportamiento estructural similar, ya que las mayores derivas se concentran en los niveles intermedios de la edificación y permanecen dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica E.030; no obstante, las diferencias observadas en los desplazamientos y períodos pueden atribuirse a la configuración estructural, número de niveles, dimensiones de los elementos y características mecánicas de los materiales empleados en cada investigación. Flores (2024) reportó que los desplazamientos del módulo 01 de la I.E. Antenor Orrego Espinoza, de dos niveles, fueron de 0.00218 y 0.00279 en la dirección X-X, y de 0.00444 y 0.00634 en la dirección Y-Y. En comparación, en la presente investigación, correspondiente a un edificio aporticado de cinco niveles, los desplazamientos en la aumentan a medida que el edificio tiene más niveles. Se observa que ambos estudios presentan derivas dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica E.030; sin embargo, el edificio de cinco niveles desarrolló desplazamientos ligeramente mayores, lo cual es consistente con su mayor altura y flexibilidad estructural. Aunque los valores de desplazamiento obtenidos en el presente estudio son mayores que los reportados por los autores de Flores (2024) y Bustamante (2022) ya que evaluaron edificaciones de dos niveles, los tres estudios coinciden en que las derivas se mantienen dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, evidenciando un adecuado comportamiento estructural frente a las acciones sísmicas.

Al realizar el diseño sismorresistente del edificio aporticado de 5 niveles utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras (2.25%) metálicas recicladas, se encontró los desplazamientos en el eje X-X: 0.002, 0.004, 0.006, 0.0067 y 0.005; y para el eje Y es: 0.002, 0.004, 0.006, 0.006 y 0.005; con un periodo en el eje X de 0.59 segundos y 0.614 segundos en el eje Y. Gaona y Sifuentes (2023) determinaron que, al diseñar una vivienda de cuatro niveles utilizando concreto con 1% de fibras de plástico reciclado (dosificación óptima), los desplazamientos en la dirección X-X fueron de 0.0018, 0.0023, 0.0026 y 0.0015, mientras que en la dirección Y-Y fueron de 0.0049,

0.0062, 0.0066 y 0.0039. Si bien los desplazamientos obtenidos en la presente investigación son ligeramente superiores, ambos estudios evidencian que la incorporación de materiales reciclados al concreto permite obtener un comportamiento estructural adecuado, manteniendo las derivas dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. Las diferencias observadas pueden atribuirse al mayor número de niveles del edificio analizado, al tipo de fibra reciclada empleada (plástico y acero), a la resistencia alcanzada por el concreto y a las características propias del sistema estructural. De manera análoga, a nivel nacional, los resultados también muestran coherencia con investigaciones como la de Huanca (2024), quien reportó que al incorporar del 4% de acero de fibras recicladas al concreto (230.1 kg/cm^2), los desplazamientos de un edificio de siete niveles en la dirección X-X fueron de 0.002163, 0.004522, 0.007531, 0.007785, 0.007008, 0.005837 y 0.003838, mientras que en la dirección Y-Y fueron de 0.0002163, 0.000407, 0.000481, 0.000418, 0.000394, 0.000331 y 0.000453. En comparación, en la presente investigación, los resultados evidencian que la presente investigación alcanzó una resistencia a compresión superior y menores desplazamientos en la dirección X respecto al estudio de Huanca (2024), lo que refleja un comportamiento estructural más favorable. Estas diferencias pueden atribuirse al diseño de mezcla, al porcentaje óptimo de fibras empleado, a la incorporación de agregado de demolición en el estudio de Huanca (2024) y a las diferencias en la configuración estructural y número de niveles de las edificaciones analizadas. Sin embargo, no todos los estudios reportan comportamientos favorables, según Cai et al. (2024) encontraron que la incorporación de fibras puede incluso disminuir la resistencia a compresión en ciertos porcentajes, debido al incremento de microfisuras y a la alteración de la matriz interna del concreto.

Comparar el costo total del concreto estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando fibras metálicas recicladas con el costo del concreto convencional, en la construcción de un edificio aporticado en Jaén – 2025. Los resultados evidenciaron que el empleo de concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas permitió reducir el costo total de las columnas de S/ 64,637.98 a S/ 56,741.02, obteniéndose un ahorro de S/ 7,896.96, equivalente al 12.22%. Aunque el costo unitario del concreto aumentó de S/ 475.89/m³ a S/ 492.40/m³ (3.47%) debido a la incorporación de las fibras metálicas recicladas, el incremento de la resistencia a compresión del concreto permitió optimizar el diseño estructural de las columnas. En el diseño convencional se emplearon columnas

perimetrales de 45×45 cm y columnas centrales de 55×50 cm; mientras que con el concreto reforzado con fibras fue posible reducir sus dimensiones a 40×40 cm y 50×50 cm, respectivamente. Esta optimización disminuyó el metrado de concreto de 46.38 m^3 a 38.05 m^3 (17.96%), el área de encofrado de 397.58 m^2 a 359.10 m^2 (9.68%) y la cantidad de acero de refuerzo de 3862.81 kg a 3420.05 kg (11.46%). Como consecuencia, el mayor ahorro económico se obtuvo en la partida de concreto (S/ 3,338.68), seguida por el acero de refuerzo (S/ 2,820.36) y el encofrado (S/ 1,737.91), demostrando que el incremento de la resistencia del concreto permitió optimizar las dimensiones de las columnas y reducir el consumo de materiales, generando un beneficio económico sin afectar el desempeño estructural del edificio. Al comparar con Biswas et al. (2024) donde realizaron una evaluación técnico-económica de diferentes mezclas de concreto reforzado con fibras de acero. Reportaron que el concreto convencional (M1) presentó un costo total de $238 \text{ A\$/m}^3$, mientras que el concreto con fibras de acero recicladas optimo (M3RSF) alcanzó un costo de $256 \text{ A\$/m}^3$. Los autores concluyeron que, aunque las fibras de acero recicladas aumentan el costo sigue siendo más eficiente que las fibras comerciales. Ambos estudios coinciden en que el empleo de fibras de acero recicladas representa una alternativa económicamente favorable; sin embargo, mientras Biswas et al. (2024) evaluaron únicamente el costo de las mezclas de concreto, la presente investigación demuestra que el principal beneficio económico se obtiene al optimizar el diseño estructural, reduciendo simultáneamente el consumo de concreto, acero de refuerzo y encofrado

Por otro lado, Fares, Alsaif y Alhozaimy (2023) realizaron un análisis costo-rendimiento de concretos reforzados con fibras de acero reciclados. Los autores determinaron que una mezcla con 1.3% de fibras sintéticas presentó un costo total de $122.4 \text{ US\$/m}^3$, mientras que una mezcla con 2.5% de fibras híbridas recicladas (RTSF-50D-50-R) alcanzó un costo de $76.10 \text{ US\$/m}^3$, concluyendo que el empleo de fibras recicladas constituye una alternativa económicamente más conveniente cuando se establecen criterios adecuados de desempeño para la comparación de mezclas. Ambos estudios coinciden en que las fibras de acero recicladas representan una alternativa económicamente viable; sin embargo, mientras Fares et al. (2023) fundamentan el beneficio económico en el menor costo de la mezcla de concreto reforzada con fibras recicladas respecto a las fibras sintéticas, la presente investigación demuestra que el mayor beneficio económico se obtiene por la optimización del diseño estructural,

permitiendo reducir simultáneamente el consumo de concreto, acero de refuerzo y encofrado sin afectar el comportamiento estructural del edificio.

De la hipótesis planteada que el comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas es positivo al reducir el desplazamiento lateral y la deriva de entrepiso en comparación con un sistema convencional sin fibras. Los resultados obtenidos permiten contrastar favorablemente esta hipótesis, ya que el edificio diseñado con concreto reforzado con 2.25 % de fibras metálicas recicladas presentó menores desplazamientos laterales respecto al modelo convencional. En la dirección X-X, los desplazamientos máximos disminuyeron de 0.0069 a 0.0067, mientras que en la dirección Y-Y se redujeron de 0.0066 a 0.0060. Asimismo, se observó una reducción en los periodos fundamentales de vibración, pasando de 0.605 s a 0.590 s en el eje X y de 0.633 s a 0.614 s en el eje Y, lo que evidencia un incremento de la rigidez estructural del edificio. Esta mejora en la respuesta sísmica favoreció la disminución de la deriva de entrepiso, debido a que esta depende directamente de los desplazamientos relativos entre niveles. En consecuencia, los resultados confirman la hipótesis de investigación, demostrando que la incorporación de fibras metálicas recicladas mejora el comportamiento estructural del edificio aporticado frente a cargas sísmicas al reducir las deformaciones laterales y aumentar su rigidez.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Al diseñar las dosificaciones, para una resistencia promedio a los 28 días, al adicionar: 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25% de fibras metálicas recicladas, se tiene una resistencia a la compresión de: 247.52 kg/cm², 299.29 kg/cm², 282.47 kg/cm² y 236.83 kg/cm² respectivamente; se observa que para una adición de 2.25% llega a su máxima resistencia de 299.29 kg/cm².
- Al realizar el diseño sismorresistente del edificio aporticado de 5 niveles de concreto armado convencional (sin adición de fibras) se encontró los desplazamientos en el eje X: 0.0027, 0.0046, 0.0062, 0.0069 y 0.0051; para el eje Y es: 0.003, 0.004, 0.006, 0.0066 y 0.005; con un periodo en el eje X de 0.605 segundos y 0.633 segundos en el eje Y.
- Al realizar el diseño sismorresistente del edificio aporticado de 5 niveles utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras metálicas recicladas, se encontró los desplazamientos en el eje X: 0.002, 0.004, 0.006, 0.0067 y 0.005; y para el eje Y es: 0.002, 0.004, 0.006, 0.006 y 0.005; con un periodo en el eje X de 0.59 segundos y 0.614 segundos en el eje Y.
- Se concluye que el empleo de concreto reforzado con 2.25% de fibras metálicas recicladas permitió optimizar el diseño de las columnas, reduciendo sus dimensiones de 45 × 45 cm a 40 × 40 cm y de 55 × 50 cm a 50 × 50 cm. Como resultado, el metrado de concreto disminuyó 17.96%, el acero de refuerzo 11.46% y el área de encofrado 9.68%, logrando un ahorro total de S/ 7,896.96 (12.22%) respecto al diseño convencional. Estos resultados evidencian que el incremento de la resistencia del concreto permitió reducir el consumo de materiales y optimizar el costo de las columnas sin afectar el desempeño estructural del edificio.
- Se concluye que la hipótesis de investigación fue aceptada, debido a que el edificio aporticado de concreto armado $f'_c = 210$ kg/cm² reforzado con 2.25 % de fibras metálicas recicladas presentó un mejor comportamiento estructural que el sistema convencional, evidenciado por la reducción de los desplazamientos laterales, la

deriva de entrepiso y los periodos fundamentales de vibración. Estos resultados demuestran que la incorporación de fibras metálicas recicladas contribuye a incrementar la rigidez y mejorar la respuesta sísmica de la edificación.

5.2. Recomendaciones

- Para los ensayos de concreto, se deben de realizar en laboratorios donde sus equipos tengas calibraciones vigentes y toda la documentación necesaria, para obtener resultados confiables en la investigación que se va a realizar. Por lo cual se tendrá una resistencia a la compresión adecuada para utilizarlo en el diseño sismorresistente.
- Al realizar el diseño sismorresistente de una edificación aporticada, se debe tener un EMS adecuado, que es un parámetro fundamental, para obtener la fuerza cortante basal en el eje X e Y, así mismo, debe tener en cuenta una adecuada estructuración de manera simétrica para evitar las irregularidades en planta como en altura.
- Se deben realizar otras investigaciones con la incorporación de otros materiales, para comprobar la mayor resistencia a la compresión y poder usarlos en el diseño sismorresistente de una edificación aporticada, dual, muros estructurales o de ductilidad limitada.
- Se recomienda considerar la incorporación de fibras metálicas recicladas en el diseño y ejecución de edificaciones aporticadas de concreto armado, especialmente en proyectos donde se busque optimizar costos globales y mejorar el desempeño estructural. Asimismo, se sugiere que los análisis económicos no se limiten únicamente al costo unitario del concreto, sino que incluyan el impacto en el diseño estructural, el volumen total de material y el costo final del sistema, a fin de obtener una evaluación integral. Finalmente, se recomienda promover el uso de materiales reciclados en el sector construcción como una estrategia que contribuya a la sostenibilidad, reducción de residuos y eficiencia económica.
- Asimismo, es conveniente complementar los análisis numéricos con ensayos experimentales y estudios de comportamiento no lineal, que permitan validar el desempeño estructural observado y generar información técnica que contribuya a la implementación de este tipo de concreto como una alternativa sostenible y eficiente en proyectos de ingeniería civil.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amin, M. N., Khan, K., Nazar, S., & Deifalla, A. F. (2023). Application of waste recycle tire steel fibers as a construction material in concrete. *Reviews on Advanced Materials Science*, 62(1), 20220319. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/rams-2022-0319/html>
- Biswas, W. K., Zhang, X., Matters, C., & Maboud, M. (2024). Techno-Eco-Efficiency Assessment of Using Recycled Steel Fibre in Concrete. *Sustainability*, 16(9), 3717. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/9/3717>
- Bartolo Vivanco, K., & Ledesma Críales, C. (2021). *Diseño del sistema aporticado de una vivienda multifamiliar de seis pisos empleando fibra de acero, Santa Clara, Ate–2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79372>
- Cai, B., Chen, H., Xu, Y., Fan, C., Li, H., & Liu, D. (2024). Study on fracture characteristics of steel fiber reinforced manufactured sand concrete using DIC technique. *Case Studies in Construction Materials*, 20, e03200. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509524003516>
- Barboza Altamirano, A. y Cardozo Mendoza, A. J. (2022). *Evaluación Estructural Sismorresistente del Bloque C de la Institución Educativa Emblemática Jaén de Bracamoros Empleando la Norma Técnica E. 030, Jaén–2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6d3d2a60-2b0b-446f-8940-8fcf836988b6/content>
- Bustamante Tarrillo, F. (2022). *Comportamiento estructural del bloque B1 de la IE Cristo Rey fila alta N° 16006, provincia de Jaén–Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/4974>
- Cadena, E., Mediavilla, E., Paladines, A., Rodríguez, N., & Velasco, D. (2021). Análisis de la aplicación del muestreo aleatorio en diferentes casos de estudio, una revisión de literatura. *Revista electrónica TAMBARA*, 14(83), 1200-1211. https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/MuestreoAleatorio_Rodriguez-et-al.pdf
- Chávez Marín, M. A. (2018). *Análisis sismorresistente en la IE N° 82069 del distrito de Llacanora, provincia Cajamarca, Región Cajamarca, en el año 2018* [Tesis de

pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31954>

Dinh, N, Choi, K., & Kim, H (2016). Propiedades mecánicas y modelado del hormigón amorfo reforzado con fibras metálicas en compresión. *Revista Internacional de Estructuras y Materiales de Hormigón*, 10, 221-236. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40069-016-0144-9>

Díaz Tafur, V. (2022). *Influencia de la incorporación de fibras de acero en la resistencia de vigas de concreto armado ante un esfuerzo cortante* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6155>

El peruano (2021). *Cajamarca: Fuerte sismo de magnitud 5.2 se registró esta mañana en San Ignacio*. <https://www.elperuano.pe/noticia/125077-cajamarca-fuerte-sismo-de-magnitud-52-se-registro-esta-manana-en-san-ignacio>

Espinoza Jesús, C. (2022). *Diseño de una edificación, de albañilería confinada, incorporando fibras de acero en el concreto, distrito de Pueblo Nuevo, Ferreñafe, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/102266>

Fares, G., Alsaif, A., & Alhozaimy, A. (2023). Hybridization and cost-performance analysis of waste tire steel fibers into high-volume powdered scoria rocks-based ultra-high performance concrete. *Journal of Building Engineering*, 72, 106568. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223007477>

Flores Azurza, J. A. (2024). *Determinación del comportamiento sísmico mediante la evaluación estructural del módulo 01 de la IE Antenor Orrego Espinoza del distrito de Bellavista, provincia Jaén, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6155>

Flores Guerrero, M., & Carrasco Becerra, C. (2024). *Diseño Sismorresistente Mediante el Método Pushover del Pabellón de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén-2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/691>

Gao, Y., Wang, B., Liu, C., Hui, D., Xu, Q., Zhao, Q., & Dong, W. (2022). Experimental investigation on static compressive toughness of steel fiber rubber concrete. *Reviews*

- on *Advanced Materials Science*, 61(1), 576-586.
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/rams-2022-0260/html>
- Gao, Y., Wang, B., Liu, C., Hui, D., Xu, Q., Zhao, Q., & Hong, X. (2022). Experimental study on basic mechanical properties of recycled steel fiber reinforced concrete. *Reviews on Advanced Materials Science*, 61(1), 417-429.
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/rams-2022-0041/html>
- Gaona Ortiz, R., & Sifuentes Huanca, T. (2023). *Diseño sísmico estructural incorporando plástico reciclado a los pórticos, vivienda multifamiliar de 4 niveles, Tacabamba-Chota-Cajamarca 2023* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/121823>
- García Guevara, M. Á. (2021). *Propuesta metodológica de aplicación de investigación mixta en el desarrollo de tesis de Arquitectura, para estudiantes de último año de la Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano-UNITRÓPICO, en Yopal* [Tesis de posgrado, Universidad Piloto de Colombia].
<https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10852>
- Guerrero Serrano, J. M. (2024). *Resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210$ kg/cm² reforzado con adición de fibras metálicas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7110>
- Gutiérrez Sifuentes, H., & Portilla Medina, J. (2022). *Análisis del módulo de elasticidad dinámico para concreto $f'c$ 280 kg/cm² adicionando fibras de acero trefilado al 1.5%, 3% y 4.5%* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego.
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/8736/REP_HUMBERTO.GUTIERREZ_JEAHN.PORTILLA_ANALISIS.DEL.MODULO.DE.ELASTICIDAD.DAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huanca Larico, G. (2024). *Comportamiento estructural de pórtico de concreto $f'c = 210$ Kg/cm² con agregado triturado de demolición y fibras de acero reciclado Arequipa-2023* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/145260>
- Julca Alcántara, S. (2024). *Riesgo sísmico en establecimientos de salud categoría II-1 en el Distrito de Cajamarca-2024* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7824>

Juarez Viera, P., & Sanchez Zapata, E. (2022). *Diseño del pavimento rígido utilizando fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural en la calle Amotape, Sullana, Piura, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105625>

Kawachi, I., Aida, J., Hikichi, H., & Kondo, K. (2020). Resiliencia ante desastres en poblaciones envejecidas: lecciones del gran terremoto y tsunami del este de Japón de 2011. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 50 (2), 263-278.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03036758.2020.1722186>

Lucana Estrada, A. y Simbron Silvera, A (2025). *Influencia del acero de alta resistencia en el desempeño sísmico de un edificio multifamiliares de 22 niveles de concreto armado en Lima-Perú mediante un análisis estático no lineal* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/entities/publication/83261427-3146-549c-a012-fb707fe53102>

Merino Campoverde, J., & Meza Bure, L. (2022). *Evaluación del Comportamiento Sismorresistente de un Edificio de Concreto Armado de 04 Niveles Empleando la Norma Técnica E. 030 de Diseño Sismorresistente Ubicado en la Urbanización Las Flores, Jaén–2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén.

<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/453>

Molina, C. R., & Varela, C. A. (2023). Terremoto de Turquía: vistazo a una de las mayores catástrofes de las últimas décadas. *Revista Fasecolda*, (189), 18-22.

<https://revista.fasecolda.com/index.php/revfasecolda/article/view/874>

Moreno Aguirre, J., & Palacios Alfaro, A. (2021). *Diseño estructural de un edificio multifamiliar de cuatro pisos empleando acero reciclado en pórticos, Pachacamac 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85202>

Núñez Huaman, A.. (2023). *Influencia de la incorporación de fibra de acero dramix® 5d 65/60 bg en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Jaén departamento de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de

- Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6238>
- Orue Rojas, J. C. (2023). *Desempeño estructural y diseño de pavimentos de hormigón reforzados con fibra de acero en superficies para el transporte en Lima Metropolitana–distrito de Chorrillos, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/34912>
- Plascencia, J. E. G., Gómez, J. H. C., Torres, B. T. T., Pérez, J. Á., & Mendoza, R. H. (2019). *Metodología para el estudio experimental del comportamiento histerético de una unión viga-columna de concreto reforzado con fibras de acero adicionada*. En XXII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica (20–23 de noviembre de 2019, México). https://www.researchgate.net/profile/Jose-Alvarez-Perez-4/publication/338954666_METODOLOGIA_PARA_EL_ESTUDIO_EXPERIMENTAL_DEL_COMPORTAMIENTO_HISTERETICO_DE_UNA_UNION_VIGA-COLUMNA_DE_CONCRETO_REFORZADO_CON_FIBRAS_DE_ACERO_ADICIONADA/links/5e34627a458515072d73ec3e/METODOLOGIA-PARA-EL-ESTUDIO-EXPERIMENTAL-DEL-COMPORTAMIENTO-HISTERETICO-DE-UNA-UNION-VIGA-COLUMNA-DE-CONCRETO-REFORZADO-CON-FIBRAS-DE-ACERO-ADICIONADA.pdf
- Pérez, G. y Neyra, P. (2021). Sismicidad y percepción de riesgo en el departamento de Ica, Perú. *Revista Campus*, 26(32). <https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/revista32/articulo4.pdf>
- Quintero Quintero, N. (2023). *Caracterización del comportamiento estructural del sistema aporticado pre-código en concreto reforzado colombiano a través de análisis no lineal estático* [Tesis de pregrado, Universidad del Norte, Barranquilla]. Repositorio Institucional de la Universidad del Norte, Barranquilla. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11695/1064841155.pdf?s>
- Quicaño Nuñez, P. y Apolinario Gonzales, B. J. (2025). *Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación de 8 pisos con concreto convencional, fibra de carbono y de vidrio en zona sísmica* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/687328>
- Razo Carrasco, D., & García Domínguez, O. (2020). Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud.

Ingeniería sísmica, (SPE104), 51-71.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-092X2020000300051&script=sci_arttext

Rodríguez, M. (2018). Una revisión crítica de las normativas de diseño sismorresistente en el Perú: E. 030 Sismo y E. 060 Concreto Armado. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 23(1).

<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/703/0>

Taver, H. (2019). *Sismo de Lagunas del 26 de mayo del 2019 (M8.0): aspectos sismológicos*.

Portal IGP. <https://repositorio.igp.gob.pe/items/b34ea148-5ee2-4fce-bfd9-2bccba787a54>

Toroverero Saldaña, D. (2022). *Incorporación de fibra de acero en un concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para mejorar las propiedades físicas y mecánicas, Cajamarca-2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110204>

Vásquez Guivar, J., & Huamán Huamán, J. (2022). *Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto Estructural Reforzado con Fibras de Acero y Polipropileno* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional de la Universidad Señor de Sipán.

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11072>

Urzola, M. (2020). Métodos inductivo, deductivo y teoría de la pedagogía crítica. *Revista Crítica Transdisciplinar*, 3(1), 36-42.

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/650/6503406006/6503406006.pdf>

Vizcaíno, Z. P. I., Cedeño, C. R. J., & Maldonado, P. I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762.

<https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658>

AGRADECIMIENTO

1

En primer lugar, agradezco a Dios, por protegerme, darme fuerzas, vida y sabiduría para conseguir este proyecto tan anhelado de mi etapa profesional.

A mis padres Walter y Barbarita por su amor, apoyo incondicional y ánimos en cada momento de este proceso educativo para lograr alcanzar esta meta.

A mi asesor M. Sc. Marcos A. Gonzales Santiesteban, por todo su apoyo y enseñanza a lo largo de todo este proceso.

19

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo y motivación para hacer posible todo esto.

Bach. Walter Junior Diaz Araujo

DEDICATORIA

1

Dedico este trabajo a Dios quien siempre ha sido mi guía en todo momento, mi protector y a quien doy las gracias por otorgarme salud en todo este tiempo.

A mis padres Walter y Barbarita quienes con todo amor y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir este anhelado objetivo.

A mis hermanas Tatiana, Pamelita y Ariana que me dieron fuerzas para avanzar paso a paso en este proyecto.

Finalmente, me lo dedico a mí, por todo el esfuerzo, dedicación y trasnochadas que tuve que pasas para poder lograr esta meta.

Bach. Walter Junior Diaz Araujo

ANEXOS

1

Anexo 1

Operacionalización de variables

Variables		Dimensiones	Indicador	unidad	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de información
Variable independiente	Porcentaje de fibras metálicas recicladas	Dosificación del concreto	0%FM	Kg	Observación	Ficha técnica
			1.25%FM			
			2.25%FM			
			3.25%FM			
			4.25%FM			
Variable dependiente	Comportamiento estructural del edificio aporticado	Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a compresión	kg/cm ²	Observación	Ficha de resistencia a compresión del concreto (NTP 339.034)
		Respuesta estructural	Desplazamiento lateral máximo	mm	Análisis estructura	Uso de normas E.030, E.060 y programa ETABS
			Deriva de entrepiso	%		
			Momento flector en vigas	Kn.m		
			Fuerza cortante en columnas	Kn		

Nota. Elaboración propia

Anexo 2

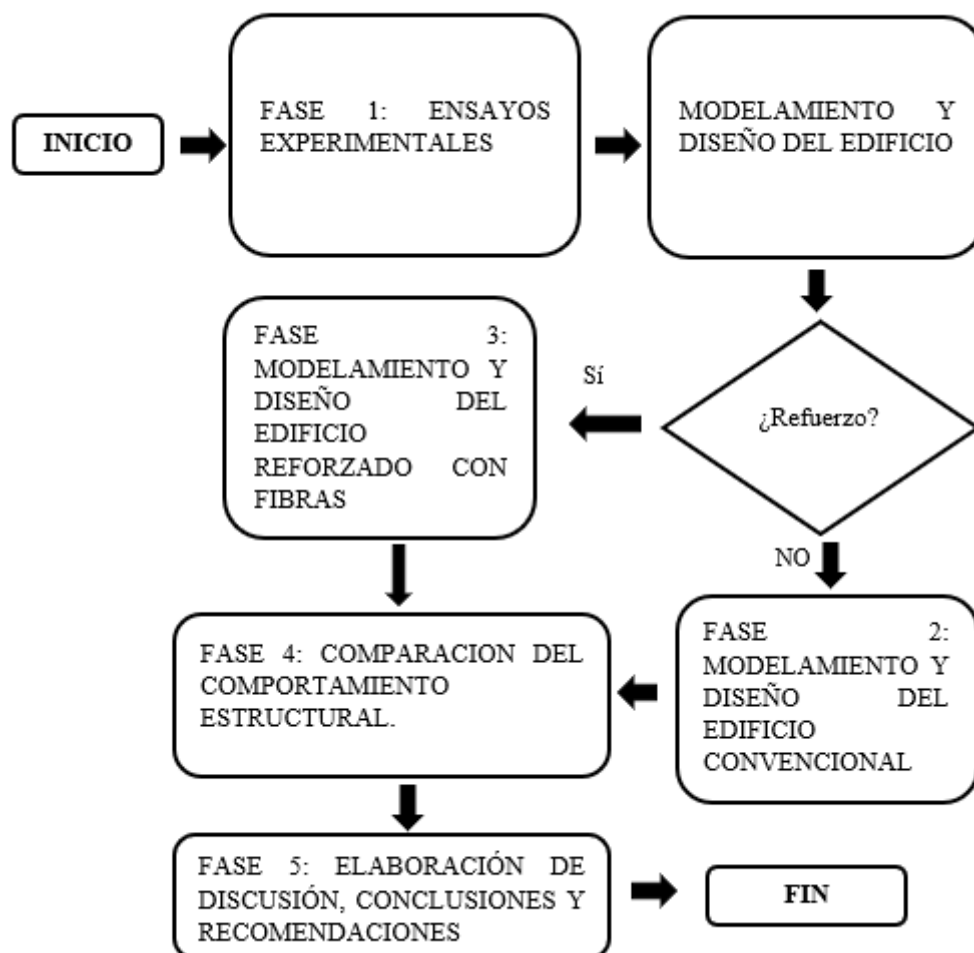
Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Metodología
¿Cuál es el comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025?	Objetivo general: Determinar el comportamiento estructural de un edificio aporticado de concreto armado $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con fibras metálicas recicladas, Jaén – 2025.	El incremento del porcentaje de fibras metálicas recicladas en el concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye significativamente en el comportamiento estructural de un edificio aporticado en Jaén – 2025, reduciendo el desplazamiento lateral y la deriva de entrepiso en comparación con un sistema convencional sin fibras.	Variable Independiente: Porcentaje de fibras metálicas recicladas	Dosificación del concreto	0%FM 1.25%FM 2.25%FM 3.25%FM 4.25%FM	Observación	Ficha técnica	ENFOQUE (Mixto) DISEÑO (Experimental) NIVEL Aplicado)
	Objetivos específicos:		Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a compresión	kg/cm^2	Ficha de resistencia a compresión del concreto (NTP 339.034)		
	Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al adicionar fibras metálicas recicladas en porcentajes 0%, 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%.			Desplazamiento lateral máximo	mm			
	Realizar el diseño sismorresistentemente un edificio aporticado de cinco niveles de concreto armado convencional (sin adición de fibras), de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente.		Variable dependiente: Comportamiento estructural del edificio aporticado	Deriva de entrepiso	%			
	Diseñar sismorresistentemente un edificio aporticado de cinco niveles utilizando concreto reforzado con el porcentaje óptimo de fibras metálicas recicladas, comparando su comportamiento estructural con el diseño convencional.		Respuesta estructural	Momento flector en vigas	Kn.m	Uso de normas E. 030, E. 060 y programa ETABS		
	Comparar el costo total del concreto estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando fibras metálicas recicladas con el costo del concreto convencional, en la construcción de un edificio aporticado en Jaén – 2025.			Fuerza cortante en columnas	Kn			

Nota. Elaboración propia.

Anexo 3

Flujograma



Nota. Elaboración propia.

Anexo 4

Normativas

NORMAS TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA INVESTIGACIÓN				
Categoría	Ensayo / Análisis	Norma Técnica (NTP / RNE)	Equivalente ASTM	Descripción / Aplicación
Propiedades de agregados	Análisis granulométrico	NTP 400.012	ASTM C136	Determina la distribución de tamaños de partículas en agregados finos y gruesos.
	Contenido de humedad	NTP 339.185	ASTM C566	Determina la humedad presente en los agregados para ajustar el diseño de mezcla.
	Peso específico y absorción (agregado fino)	NTP 400.022	ASTM C128	Determina densidad y absorción del agregado fino.
	Peso específico y absorción (agregado grueso)	NTP 400.021	ASTM C127	Determina densidad y absorción del agregado grueso.
	Peso unitario (suelto y compactado)	NTP 400.017	ASTM C29	Determina el peso por unidad de volumen del agregado.
	Material fino (pasante malla N°200)	NTP 400.018	ASTM C117	Determina el contenido de partículas finas perjudiciales.
Concreto fresco	Asentamiento (Slump)	NTP 339.035	ASTM C143	Evalúa la trabajabilidad y consistencia del concreto fresco.
	Temperatura del concreto	NTP 339.184	ASTM C1064	Controla la temperatura del concreto durante su colocación.
Concreto endurecido	Elaboración de probetas	NTP 339.033	ASTM C31	Establece el procedimiento de moldeado de probetas cilíndricas.
	Curado de probetas	NTP 339.034	ASTM C192	Define las condiciones de curado en laboratorio.
	Resistencia a compresión	NTP 339.034	ASTM C39	Determina la resistencia mecánica del concreto (f'c).
Análisis estructural	Diseño sismorresistente	RNE E.030	—	Define cargas sísmicas, espectro de diseño y límites de deriva.
	Diseño en concreto armado	RNE E.060	—	Regula el diseño estructural de elementos de concreto armado.
	Modelamiento estructural	Uso de ETABS	—	Permite analizar el comportamiento estructural del edificio.
	Control de derivas	RNE E.030	—	Verifica que la deriva de entrepiso cumpla límites permisibles.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 5

Detalle de los procedimientos

FASE 1	- Preparación de mezclas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con: 0% (control), 1.25%, 2.25%, 3.25% y 4.25%.de fibras metálicas (en volumen respecto al Cemento). Utilizará agregados locales, cemento tipo I, aditivos si se requiere, y agua potable.							
	- Elaboración de especímenes Cilindros de 10 cm x 20 cm, donde se prepararon al menos 3 cilindros por dosificación. Y finalmente el curado en cámara húmeda o sumergidos durante 7, 14 y 28 días.							
	- Realizar los ensayos conforme a la Norma Técnica ASTM C39/C39M. Registrar la resistencia de cada cilindro y calcular la resistencia promedio por dosificación y determinar el porcentaje óptimo de fibras metálicas (mayor resistencia sin afectar trabajabilidad ni homogeneidad del concreto).							
FASE 2	- Definición del proyecto estructural, como la ubicación del proyecto, tipo de estructura, uso (residencial) y Parámetros sísmicos según la NTC E.030 – Diseño Sismorresistente, como la zona sísmica y tipo de suelo, factor de importancia y espectro de diseño.							
	- Dentro de modelamiento estructural mediante el software ETABS, Ingresar propiedades de materiales, como la resistencia a compresión del concreto, fluencia del acero, la aplicación de cargas gravitacionales (muertas y vivas) y sísmicas (según E.030). Verificar derivas, fuerzas internas, desplazamientos, períodos naturales. Diseñar columnas, vigas y losas.							
FASE 3	- Definición de propiedades mecánicas modificadas, donde se va a considerar el incremento en resistencia a compresión del concreto según la Fase 1. Seguido ajustar módulo de elasticidad y otras propiedades si se dispone de ensayos adicionales (tracción, módulo de rotura, etc.).							
	- Dentro del modelado en software estructural: repetir el modelado del edificio, pero incorporando las nuevas propiedades del concreto con fibras. Aplicar las mismas condiciones de carga y análisis sísmico y como paso final comparar los desplazamientos laterales (drift), periodos naturales, cortantes en base, Momentos y esfuerzos en elementos estructurales							
FASE 4:	Finalmente	realizar	el	análisis	comparativo	entre	ambos	diseños:
	-Mayor rigidez			o	reducción	de		desplazamientos.
FASE 4:	-Reducción	o		incremento	de	solicitaciones		internas.
	-Posible optimización del refuerzo.							
FASE 5:	- Determinar la viabilidad estructural y económica del uso de fibras metálicas.							
	-Establecer	ventajas	y	limitaciones	de	su	uso	en
FASE 5:								zonas
								sísmicas
FASE 5:								como
								Jaén.
FASE 5:	- Emitir recomendaciones técnicas para futuros diseños con concreto reforzado con fibras							

Nota. Elaboración propia.

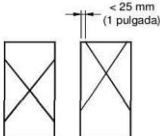
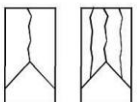
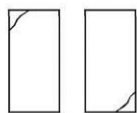
Anexo 6

Juicio de Expertos de la ficha de resistencia a compresión

 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 																
I. DATOS GENERALES																
Instrumento de validación	FICHA DE RESISTENCIA A COMPRESION															
Tesis:	INFLUENCIA DE LAS FIBRAS METÁLICAS ONDULADAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO F'C= 210KG/CM2, JAÉN – 2025															
Autores:	Egr. Walter Junior Diaz Araujo															
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																
Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:																
1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente																
CRITERIOS	INDICADORES	ING. DAVILA OLIVERA BLANCA RUBÍ					ING. JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE					ING. DANTE OMAR ROJAS CLAVO				
		CATEGORIA					CATEGORIA					CATEGORIA				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems esta redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X					X					X
OBJETIVIDAD	las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.					X					X					X
ACTUALIDAD	el instrumento demuestra vigencia en acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable					X					X					X
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X					X					X
SUFICIENCIA	los ítems del instrumento son suficientes en calidad y cantidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X					X					X
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudios.					X					X					X
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X					X					X
COHERENCIA	los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X					X					X
METODOLOGIA	la relación de entre la técnica y el instrumento propuestos responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X					X					X
PERTINENCIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X					X				X	
PUNTAJE PARCIAL (PP)						50					50				4	45
PUNTAJE TOTAL (PT)		50					50					49				
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)																
III. OPINION DE APLICABILIDAD																
PROCEDENTE LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO, CON UN INDICE DE VALIDACION DE 50																
 Blanca R. Dávila Olivera INGENIERO CIVIL CIP. 173421  JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE INGENIERO CIVIL REG. CIP. 237217  Dante Omar Rojas Clavo INGENIERO CIVIL CIP. 237249 Jaén, 23 DE MAYO DEL 2025																

Anexo 7

Ficha de resistencia a compresión de concreto firmada por expertos

 Laboratorio de Transportes y Edificaciones	LTE - FORMATO DE CONCRETO								DATOS DE LA EMPRESA																											
	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS ASTM C-39 / NTP 339.034								Ruc:																											
									Registro de Indecopi:																											
								Dirección:																												
DATOS DEL PROYECTO								DATOS DEL PERSONAL																												
Proyecto:								Responsable :																												
Ubicación:								Técnico:																												
Solicitante:								Código:																												
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS																																				
Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Lectura del ensayo (KN)	Lectura del ensayo (kg)	Tipo de falla	Resistencia obtenida (kg/cm2)	Porcentaje de desarrollo de la resistencia	Resistencia solicitada (kg/cm2)																										
Fig.2 Esquema de modelos de fractura típicos																																				
     																																				
Fuente: Datos tomados de NTP 339.034																																				
Tabla 3. Factor de corrección longitud de diámetro <table border="1"> <tr> <th>L/D:</th> <th>1,75</th> <th>1,50</th> <th>1,25</th> <th>1,00</th> </tr> <tr> <td>Factor:</td> <td>0,98</td> <td>0,96</td> <td>0,93</td> <td>0,87</td> </tr> </table> NOTA Use interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla. 8.2 Si la relación de longitud a diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corrija el resultado obtenido en el numeral 8.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la Tabla 3:											L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00	Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87																
L/D:	1,75	1,50	1,25	1,00																																
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87																																
Fuente: Datos tomados de NTP 339.034																																				
Tabla 4. Precisión del ensayo en ensayos de cilindros de 150mm por 300mm (6pulg por 12 pulg) y 100mm por 20mm (4 pulg por 8 pulg) <table border="1"> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">Coeficiente de variación⁴</th> <th colspan="2">Rango aceptable⁴ de resistencia de cilindros Individuales</th> </tr> <tr> <th>2 cilindros</th> <th>3 cilindros</th> </tr> <tr> <td>150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Condiciones de laboratorio</td> <td>2,4 %</td> <td>6,6 %</td> <td>7,8 %</td> </tr> <tr> <td>Condiciones de obra</td> <td>2,9 %</td> <td>8,0 %</td> <td>9,5 %</td> </tr> <tr> <td>100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Condiciones de laboratorio</td> <td>3,2 %</td> <td>9,0 %</td> <td>10,6 %</td> </tr> </table>												Coeficiente de variación ⁴	Rango aceptable ⁴ de resistencia de cilindros Individuales		2 cilindros	3 cilindros	150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas]				Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %	Condiciones de obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %	100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas]				Condiciones de laboratorio	3,2 %	9,0 %	10,6 %
	Coeficiente de variación ⁴	Rango aceptable ⁴ de resistencia de cilindros Individuales																																		
		2 cilindros	3 cilindros																																	
150 mm por 300 mm [6 pulgadas por 12 pulgadas]																																				
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %																																	
Condiciones de obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %																																	
100 mm por 200 mm [4 pulgadas por 8 pulgadas]																																				
Condiciones de laboratorio	3,2 %	9,0 %	10,6 %																																	
Fuente: Datos tomados de NTP 339.034																																				
OBSERVACIONES: - Las probetas se ensayaron usando Econocap en la parte superior e inferior - Las probetas fueron realizadas por la empresa - El laboratorio se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado																																				
ESPECIFICACIONES: - Los ensayos se realizaron según la normativa ASTM C-39 y NTP 339.034																																				
DIRECCIÓN: PROLONGACIÓN PEDRO CORNEJO NEYRA N° 420, NUEVO HORIZONTE - JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA CEL. 963 167 542																																				
Prohibida su Reproducción Total o Parcial. Derechos Reservados																																				

Anexo 8

Juicio de Expertos de la ficha de análisis granulométrico del agregado fino y grueso

		VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO															
I. DATOS GENERALES																	
Instrumento de validación	FICHA DE DE ANALISIS GRANULOMETRICO FINO Y GRUESO																
Tesis:	INFLUENCIA DE LAS FIBRAS METÁLICAS ONDULADAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO F'C= 210KG/CM2, JAÉN – 2025																
Autores:	Egr. Walter Junior Díaz Araujo																
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																	
Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:																	
1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente																	
CRITERIOS	INDICADORES	ING. DAVILA OLIVERA BLANCA RUBÍ					ING. JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE					ING. DANTE OMAR ROJAS CLAVO					
		CATEGORIA					CATEGORIA					CATEGORIA					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
CLARIDAD	Los ítems esta redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X					X					X	
OBJETIVIDAD	las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.					X					X					X	
ACTUALIDAD	el instrumento demuestra vigencia en acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable					X					X					X	
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X					X					X	
SUFICIENCIA	los ítems del instrumento son suficientes en calidad y cantidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X					X					X	
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudios.					X					X					X	
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X					X					X	
COHERENCIA	los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X					X					X	
METODOLOGIA	la relación de entre la técnica y el instrumento propuestos responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X					X					X	
PERTINENCIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X					X					X	
PUNTAJE PARCIAL (PP)		50					50					50					
PUNTAJE TOTAL (PT)		50					50					50					
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)																	
III. OPINION DE APLICABILIDAD																	
PROCEDENTE LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO, CON UN INDICE DE VALIDACION DE 50																	
 Blanca R. Dávila Olivera INGENIERO CIVIL CIP. 173421  JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE INGENIERO CIVIL REG. CIP. 237217  Dante Omar Rojas Clavo INGENIERO CIVIL CIP. 237249 Jaén, 17 de Junio DEL 2025																	

Anexo 9

Ficha de granulometría del agregado grueso firmada por expertos

	FORMATO DE CONCRETO GRANULOMETRIC ANALYSIS OF THE AGGREGATES ASTM C 136 (ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136)		DATOS DE LA EMPRESA				
			Ruc:	Registro de Indecopi:			
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL		Dirección			
Proyecto:	Ingeniero Responsable :						
Ubicación:	Técnico de Laboratorio:						
Solicitante:							
DATOS DE LA MUESTRA			CÓDIGO REGISTRO				
Cantera:							
Fecha de Ensayo:	Tipo agregado:						
AGREGADO GRUESO ASTM C 33/C33M -18 - HUSO 67							
TAMIZ	MASA	MASA	ACUMULADO	ACUMULADO	ASTM LIMITE INFERIOR	ASTM LIMITE SUPERIOR	MUESTRA
Nº	ABERTURA(mm)	RETENIDA (gr)	RETENIDA (%)	RETENIDO (%)	PASANTE (%)		
3"	75.00				100.00	100.00	Temperatura de secado
2 1/2"	63.00				100.00	100.00	
2"	50.80				100.00	100.00	% de Grava
1 1/2"	37.50				100.00	100.00	
1"	25.40				100.00	100.00	% de Arena
3/4"	19.00				90.00	100.00	
1/2"	12.50				50.00	85.00	% de Fino Nº 200
3/8"	9.50				20.00	55.00	
Nº 4	4.750				0.00	10.00	Tamaño máximo nominal
Nº 8	2.360				0.00	5.00	
Nº 16	1.180				0.00	0.00	PESO DEL MATERIAL
Nº 30	0.600				0.00	0.00	
Nº 50	0.300				0.00	0.00	Peso inicial de muestra seca (gr)
Nº 100	0.150				0.00	0.00	
Nº 200	0.075				0.00	0.00	
						MF	0.00
(CURVA GRANULOMETRICA)							
OBSERVACIONES:		- LA MUESTRA HA SIDO MUESTREADA Y TRASLADADA POR EL LABORATORIO - LA MUESTRA CUMPLE CON EL USO GRANULOMÉTRICO					
DIRECCIÓN: PROLONGACIÓN PEDRO CORNEJO NEYRA Nº 420, NUEVO HORIZONTE - JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA CEL. 963 167 542							
Prohibida su Reproducción Total o Parcial. Derechos Reservados							

Blanca R. Dávila Olivera
INGENIERO CIVIL
CIP. 173421

JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 237217

Dante Omar Rojas Clavo
INGENIERO CIVIL
CIP. 237249

Anexo 10

Ficha de granulometría del agregado fino firmada por expertos

	FORMATO DE CONCRETO GRANULOMETRIC ANALYSIS OF THE AGGREGATES ASTM C 136 (ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136)						DATOS DE LA EMPRESA		
							Ruc: Registro de Indecopi: Dirección		
DATOS DEL PROYECTO								DATOS DEL PERSONAL	
Proyecto:								Ingeniero Responsable :	
Ubicación:								Técnico de Laboratorio:	
Solicitante:									
DATOS DE LA MUESTRA								CÓDIGO REGISTRO	
Cantera: Josecito									
Fecha de Ensayo:		Tipo agregado:							
AGREGADO FINO ASTM C 33/C33M -18 - ARENA GRUESA									
TAMIZ		MASA		ACUMULADO		ASTM		MUESTRA	
N°	ABERTURA (mm)	RETENIDA (gr)	RETENIDA (%)	RETENIDO (%)	PASANTE (%)	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	Temperatura de secado	
3"	75.00					100.00	100.00	CARACTERÍSTICAS	
2 1/2"	63.00					100.00	100.00	% de Grava	
2"	50.80					100.00	100.00	% de Arena	
1 1/2"	37.50					100.00	100.00	% de Fino N° 200	
1"	25.40					100.00	100.00	Tamaño máximo nominal	
3/4"	19.00					100.00	100.00	PESO DEL MATERIAL	Peso inicial de muestra seca (gr)
1/2"	12.50					100.00	100.00		
3/8"	9.50					100.00	100.00		
N° 4	4.750					95.00	100.00		
N° 8	2.360					80.00	100.00		
N° 16	1.180					50.00	85.00		
N° 30	0.600					25.00	60.00		
N° 50	0.300					10.00	30.00		
N° 100	0.150					2.00	10.00		
N° 200	0.075					0.00	0.00		
						MF			
(CURVA GRANULOMÉTRICA)									
OBSERVACIONES:									
DIRECCIÓN: PROLONGACIÓN PEDRO CORNEJO NEYRA N° 420, NUEVO HORIZONTE - JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA CEL. 963 167 542									
Prohibida su Reproducción Total o Parcial. Derechos Reservados									

Blanca R. Dávila Olivera
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 173421

JUAN DANIEL CHIRBA BUSTAMANTE
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 237217

Dante Omar Rojas Clavo
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 237249

Anexo 11

Juicio de Expertos de la ficha de densidad relativa y absorción del agregado fino y grueso

		VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO															
I. DATOS GENERALES																	
Instrumento de validación	FICHA DE DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO																
Tesis:	INFLUENCIA DE LAS FIBRAS METÁLICAS ONDULADAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO F' C= 210KG/CM2, JAÉN – 2025																
Autores:	Egr. Walter Junior Díaz Araujo																
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																	
Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:																	
1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente																	
CRITERIOS	INDICADORES	ING. DÁVILA OLIVERA BLANCA RUBÍ					ING. JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE					ING. DANTE OMAR ROJAS CLAVO					
		CATEGORIA					CATEGORIA					CATEGORIA					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
CLARIDAD	Los ítems esta redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X					X					X	
OBJETIVIDAD	las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.					X					X					X	
ACTUALIDAD	el instrumento demuestra vigencia en acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable					X					X					X	
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X					X					X	
SUFICIENCIA	los ítems del instrumento son suficientes en calidad y cantidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X					X					X	
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudios.					X					X					X	
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X					X					X	
COHERENCIA	los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X					X					X	
METODOLOGIA	la relación de entre la técnica y el instrumento propuestos responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X					X					X	
PERTINENCIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X					X					X	
PUNTAJE PARCIAL (PP)						50					50					50	
PUNTAJE TOTAL (PT)		50					50					50					
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)																	
III. OPINION DE APLICABILIDAD																	
PROCEDENTE LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO, CON UN INDICE DE VALIDACION DE 50																	
 Blanca R. Dávila Olivera INGENIERO CIVIL CIP. 173421  JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE INGENIERO CIVIL REG. CIP. 237217  Dante Omar Rojas Clavo INGENIERO CIVIL CIP. 237249 Jaén, 17 de Junio DEL 2025																	

Anexo 12

Ficha de densidad relativa y absorción del agregado fino

	FORMATO DE CONCRETO		DATOS DE LA EMPRESA																																																
			Ruc:																																																
	STANDARD TEST FOR RELATIVE DENSITY OR SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE ASTM C128-15 (PRUEBA ESTANDAR PARA DENSIDAD RELATIVA O GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15)		Registro de Indecopi:																																																
			Dirección																																																
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL																																																
Proyecto:			Ingeniero Responsable :																																																
Ubicación:			Técnico de Laboratorio:																																																
Solicitante:																																																			
DATOS DE LA MUESTRA			CÓDIGO REGISTRO																																																
Cantera:																																																			
Fecha de Ensayo:		Tipo de agregado																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ITEM</th> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="2">DATOS</th> <th rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Masa secada al horno (SH) (gr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Masa de picnometro con agua hasta la marca (gr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Masa de picnometro con agua + muestra SSS (gr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Masa saturada con superficie seca (SSS) (gr)</td> <td></td> <td></td> <td>PROMEDIO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Relativa (Gravedad específica) SH</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Relativa (Gravedad específica) SSS</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">% de Absorción</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS			1	2	1	Masa secada al horno (SH) (gr)				2	Masa de picnometro con agua hasta la marca (gr)				3	Masa de picnometro con agua + muestra SSS (gr)				4	Masa saturada con superficie seca (SSS) (gr)			PROMEDIO	Densidad Relativa (Gravedad específica) SH					Densidad Relativa (Gravedad específica) SSS					Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)					% de Absorción				
ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS																																																	
		1	2																																																
1	Masa secada al horno (SH) (gr)																																																		
2	Masa de picnometro con agua hasta la marca (gr)																																																		
3	Masa de picnometro con agua + muestra SSS (gr)																																																		
4	Masa saturada con superficie seca (SSS) (gr)			PROMEDIO																																															
Densidad Relativa (Gravedad específica) SH																																																			
Densidad Relativa (Gravedad específica) SSS																																																			
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)																																																			
% de Absorción																																																			
Nota: Metodo de preparacion de la muestra Desde la humedad natural																																																			
Blanca R. Dávila Olivera INGENIERO CIVIL CIP. 173421 JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE INGENIERO CIVIL REG. CIP. 237217 Dante Omar Rojas Clavo INGENIERO CIVIL CIP. 237249																																																			
OBSERVACIONES:																																																			
DIRECCIÓN: PROLONGACIÓN PEDRO CORNEJO NEYRA N° 420, NUEVO HORIZONTE - JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA CEL. 963 167 542 Prohibida su Reproducción Total o Parcial. Derechos Reservados																																																			

Anexo 13

Ficha de densidad relativa y absorción del agregado grueso

	FORMATO DE CONCRETO		DATOS DE LA EMPRESA																																											
			Ruc:																																											
	STANDARD TEST FOR RELATIVE DENSITY OR SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE ASTM C127-15 (PRUEBA ESTANDAR PARA DENSIDAD RELATIVA O GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127-15)		Registro de Indecopi:																																											
			Dirección																																											
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL																																											
Proyecto:			Ingeniero Responsable :																																											
Ubicación:			Técnico de Laboratorio:																																											
Solicitante:																																														
DATOS DE LA MUESTRA			CÓDIGO REGISTRO																																											
Cantera:																																														
Fecha de Ensayo:		Tipo de agregado:																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ITEM</th> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="2">DATOS</th> <th rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Masa de la muestra secada al horno SH (gr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Masa de la muestra al aire SSS (gr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Masa de la muestra sumegida (gr)</td> <td></td> <td></td> <td>PROMEDIO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Relativa (Gravedad específica) SH</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Relativa (Gravedad específica) SSS</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">% de Absorción</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS			1	2	1	Masa de la muestra secada al horno SH (gr)				2	Masa de la muestra al aire SSS (gr)				3	Masa de la muestra sumegida (gr)			PROMEDIO	Densidad Relativa (Gravedad específica) SH					Densidad Relativa (Gravedad específica) SSS					Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)					% de Absorción				
ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS																																												
		1	2																																											
1	Masa de la muestra secada al horno SH (gr)																																													
2	Masa de la muestra al aire SSS (gr)																																													
3	Masa de la muestra sumegida (gr)			PROMEDIO																																										
Densidad Relativa (Gravedad específica) SH																																														
Densidad Relativa (Gravedad específica) SSS																																														
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)																																														
% de Absorción																																														
Nota: Metodo de preparacion de la muestra Desde la humedad natural																																														
Blanca R. Dávila Olivera INGENIERO CIVIL CIP. 173421 JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE INGENIERO CIVIL REG. CIP. 237217 Dante Omar Rojas Clavo INGENIERO CIVIL CIP. 237249																																														
OBSERVACIONES:																																														
DIRECCIÓN: PROLONGACIÓN PEDRO CORNEJO NEYRA N° 420, NUEVO HORIZONTE - JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA CEL. 963 167 542 Prohibida su Reproducción Total o Parcial. Derechos Reservados																																														

Anexo 14

Juicio de Expertos de la ficha de contenido de humedad

		VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO															
I. DATOS GENERALES																	
Instrumento de validación	FICHA DE CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tesis:	INFLUENCIA DE LAS FIBRAS METÁLICAS ONDULADAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CONCRETO ARMADO F'C= 210KG/CM2, JAÉN – 2025																
Autores:	Egr. Walter Junior Díaz Araujo																
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN																	
Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:																	
1: Inferior al básico 2: Básico 3: Intermedio 4: Sobresaliente 5: Muy sobresaliente																	
CRITERIOS	INDICADORES	ING. DAVILA OLIVERA BLANCA RUBI					ING. JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE					ING. DANTE OMAR ROJAS CLAVO					
		CATEGORIA					CATEGORIA					CATEGORIA					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
CLARIDAD	Los ítems esta redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X						X					X
OBJETIVIDAD	las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.					X						X					X
ACTUALIDAD	el instrumento demuestra vigencia en acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable					X						X					X
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X						X					X
SUFICIENCIA	los ítems del instrumento son suficientes en calidad y cantidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X						X					X
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudios.					X						X					X
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X						X					X
COHERENCIA	los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable.					X						X					X
METODOLOGIA	la relación de entre la técnica y el instrumento propuestos responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X						X					X
PERTINENCIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X						X					X
PUNTAJE PARCIAL (PP)						50						50					50
PUNTAJE TOTAL (PT)		50					50					50					
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)																	
III. OPINION DE APLICABILIDAD																	
PROCEDENTE LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO, CON UN INDICE DE VALIDACION DE 50																	
 Blanca R. Dávila Olivera INGENIERO CIVIL CIP. 173421  JUAN DANIEL CHURA BUSTAMANTE INGENIERO CIVIL REG. CIP. 237217  Dante Omar Rojas Clavo INGENIERO CIVIL CIP. 237249 Jaén, 17 de Junio DEL 2025																	

Anexo 15

Ficha de contenido de humedad del agregado fino y grueso

 Laboratorio de Transportes y Edificaciones	FORMATO DE CONCRETO		DATOS DE LA EMPRESA																																					
	EVAPORABLE MOISTURE CONTENT OF AGGREGATES ASTM C566-19 (CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-19)		Ruc:																																					
			Registro de Indecopi:																																					
		Dirección																																						
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL																																					
Proyecto:			Ingeniero Responsable :																																					
Ubicación:			Técnico de Laboratorio:																																					
Solicitante:																																								
DATOS DE LA MUESTRA			CÓDIGO REGISTRO																																					
Cantera:																																								
Fecha de Ensayo:																																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</th> </tr> <tr> <th>ITEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Masa húmeda (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Masa seca (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Masa de agua (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD(%)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr> <th>ITEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>DATOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Masa húmeda (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Masa seca (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Masa de agua (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD(%)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS	1	Masa húmeda (gr)		2	Masa seca (gr)		3	Masa de agua (gr)		4	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)		CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS	1	Masa húmeda (gr)		2	Masa seca (gr)		3	Masa de agua (gr)		4	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO																																								
ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS																																						
1	Masa húmeda (gr)																																							
2	Masa seca (gr)																																							
3	Masa de agua (gr)																																							
4	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)																																							
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO																																								
ITEM	DESCRIPCIÓN	DATOS																																						
1	Masa húmeda (gr)																																							
2	Masa seca (gr)																																							
3	Masa de agua (gr)																																							
4	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)																																							
OBSERVACIONES:																																								
DIRECCIÓN: PROLONGACIÓN PEDRO CORNEJO NEYRA N° 420, NUEVO HORIZONTE - JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA CEL. 963 167 542 Prohibida su Reproducción Total o Parcial. Derechos Reservados																																								


Blanca R. Dávila Olivera
INGENIERO CIVIL
CIP. 173421


JUAN DANIEL CHIRIBUSTAMANTE
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 237217


Dante Omar Rojas Clavo
INGENIERO CIVIL
CIP. 237249

Anexo 16

Definición del concreto $f'_c=215.53 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name

$F'_c=215.53 \text{ Kg/cm}^2$

Material Type

Concrete

Directional Symmetry Type

Isotropic

Material Display Color

Change...

Material Notes

Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density
 ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume

2.4

tonf/m³

Mass per Unit Volume

0.244732

tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E

2202141

tonf/m²

Poisson's Ratio, U

0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A

0.0000099

1/C

Shear Modulus, G

917558.75

tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data...

Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

Nota: Se define las propiedades del concreto, con su volumen del concreto en tonf/m³, el módulo de elasticidad en tonf/m² y el módulo de Poisson.

Anexo 17

Definición del concreto $f'_c = 299.29 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name

F'c=299.29 Kg/cm2

Material Type

Concrete

Directional Symmetry Type

Isotropic

Material Display Color

Change...

Material Notes

Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density
 ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume

2.4

tonf/m³

Mass per Unit Volume

0.244732

tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E

2595000

tonf/m²

Poisson's Ratio, U

0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A

0.0000099

1/C

Shear Modulus, G

1081250

tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data...

Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

☒ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)
 ☐ User Specified

OK

Cancel

Nota: Se define las propiedades del concreto, con su volumen del concreto en tonf/m³, el módulo de elasticidad en tonf/m² y el módulo de Poisson.

Anexo 18

Definición del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name: Fy= 4200 Kg/cm2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

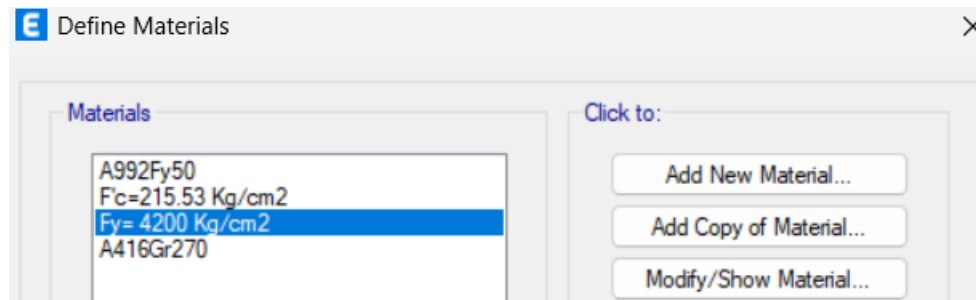
Time Dependent Properties...

OK Cancel

Nota: Se define las propiedades del acero, con su volumen del acero en tonf/m³ y el módulo de elasticidad en tonf/m²

Anexo 19

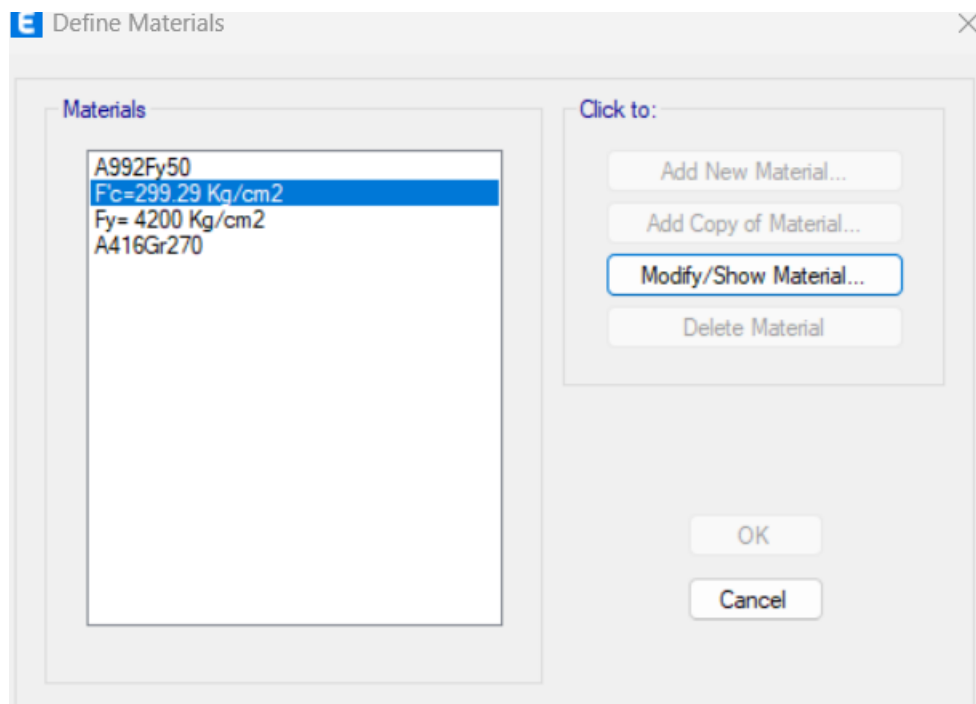
Definición del concreto y acero, $f'_c=215.53 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Se muestra la definición del concreto y acero para la edificación

Anexo 20

Definición del concreto y acero, $f'_c=299.29 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Se muestra la definición del concreto y acero para la edificación

Anexo 21

Definición de las barras de acero

E Reinforcing Bar Sizes

Current Bar Set

Bar ID	Bar Area (m2)	Bar Diameter (m)
#2	3.226E-05	0.00635
#3	0.0001	0.00953
#4	0.0001	0.0127
#5	0.0002	0.01588
#6	0.0003	0.01905
#7	0.0004	0.02223
#8	0.0005	0.0254
#9	0.0006	0.02865
#10	0.0008	0.03226

Click To:

Clear All Bars

Sort Bars By ID

Add Common Bar Set...

OK

Cancel

Nota: Se muestra la definición de las varillas de acero, por ejemplo, la #3, sería la de 3/8", la #4 sería la varilla de 1/2", y así sucesivamente.

Anexo 22

Definición de la columna C-1 (45x45)

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C1 (45x45)

Material: $F_c=215.53 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.45 m

Width: 0.45 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Nota: Se muestra la definición de la columna 45cm x 45cm, con un concreto $f'_c=215.53 \text{ kg/cm}^2$.

Anexo 23

Definición de la columna C-2 (55x50)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C2 (55x50)

Material: $F_c=215.53 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.55 m

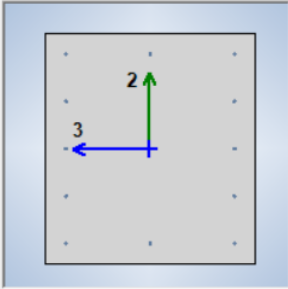
Width: 0.5 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la columna 55cm x 50cm, con un concreto $f'_c=215.53 \text{ kg/cm}^2$.

Anexo 24

Definición de la columna C-1 (40x40)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C1 (40x40)

Material: $F_c=299.29 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.4 m

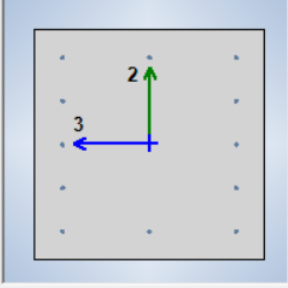
Width: 0.4 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la columna 40cm x 40cm, con un concreto $f'_c=299.29 \text{ kg/cm}^2$.

Anexo 25

Definición de la columna C-2 (50x50)

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C2 (50x50)

Material: $F_c=299.29 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.5 m

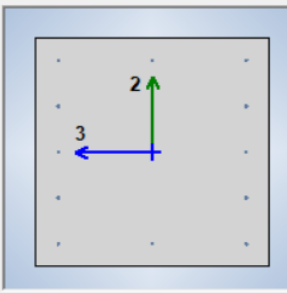
Width: 0.5 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

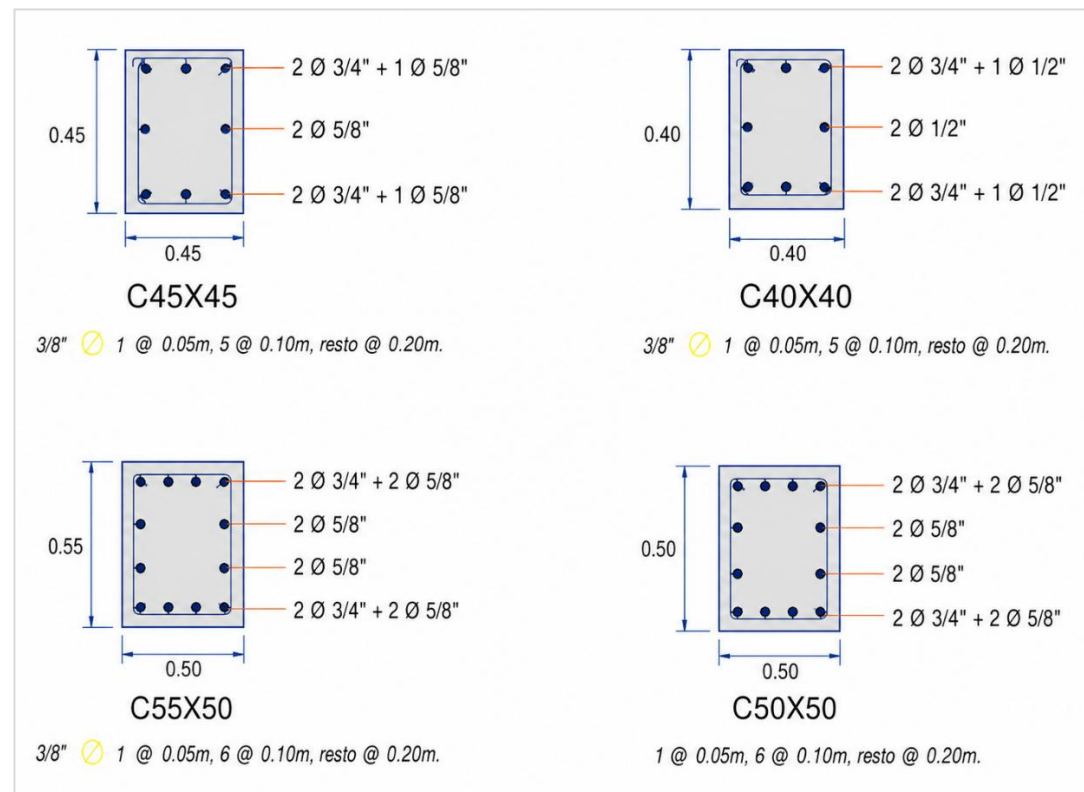
Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la columna 50cm x 50cm, con un concreto $f' = 299.29 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 26

Acero de las columnas



Anexo 27

Definición de la viga VP (30x50)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VP (30x50)

Material: $f'_c=215.53 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.5 m

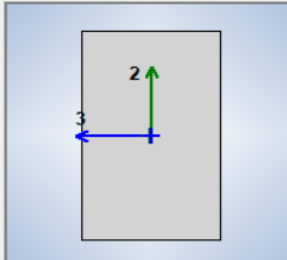
Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la viga principal de 30cm x 50cm, con un concreto $f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 28

Definición de la viga VS (30x45)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VS (30x45)

Material: $f'_c=215.53 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.45 m

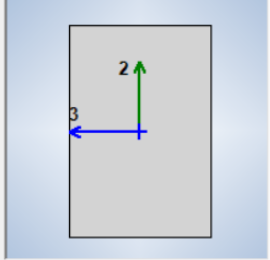
Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la viga secundaria de 30cm x 45cm, con un concreto $f'_c = 215.53 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 29

Definición de la viga VP (30x50)

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VP (30x50)

Material: $f'_c=299.29 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.5 m

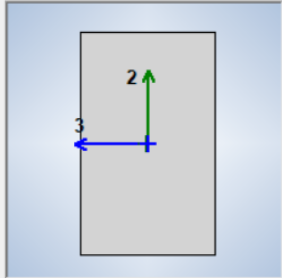
Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la viga principal de 30cm x 50cm, con un concreto $f'_c=299.29 \text{ kg/cm}^2$.

Anexo 30

Definición de la viga VS (30x45)

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VS (30x45)

Material: $f'_c=299.29 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.45 m

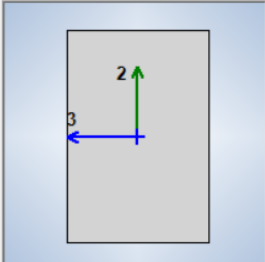
Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

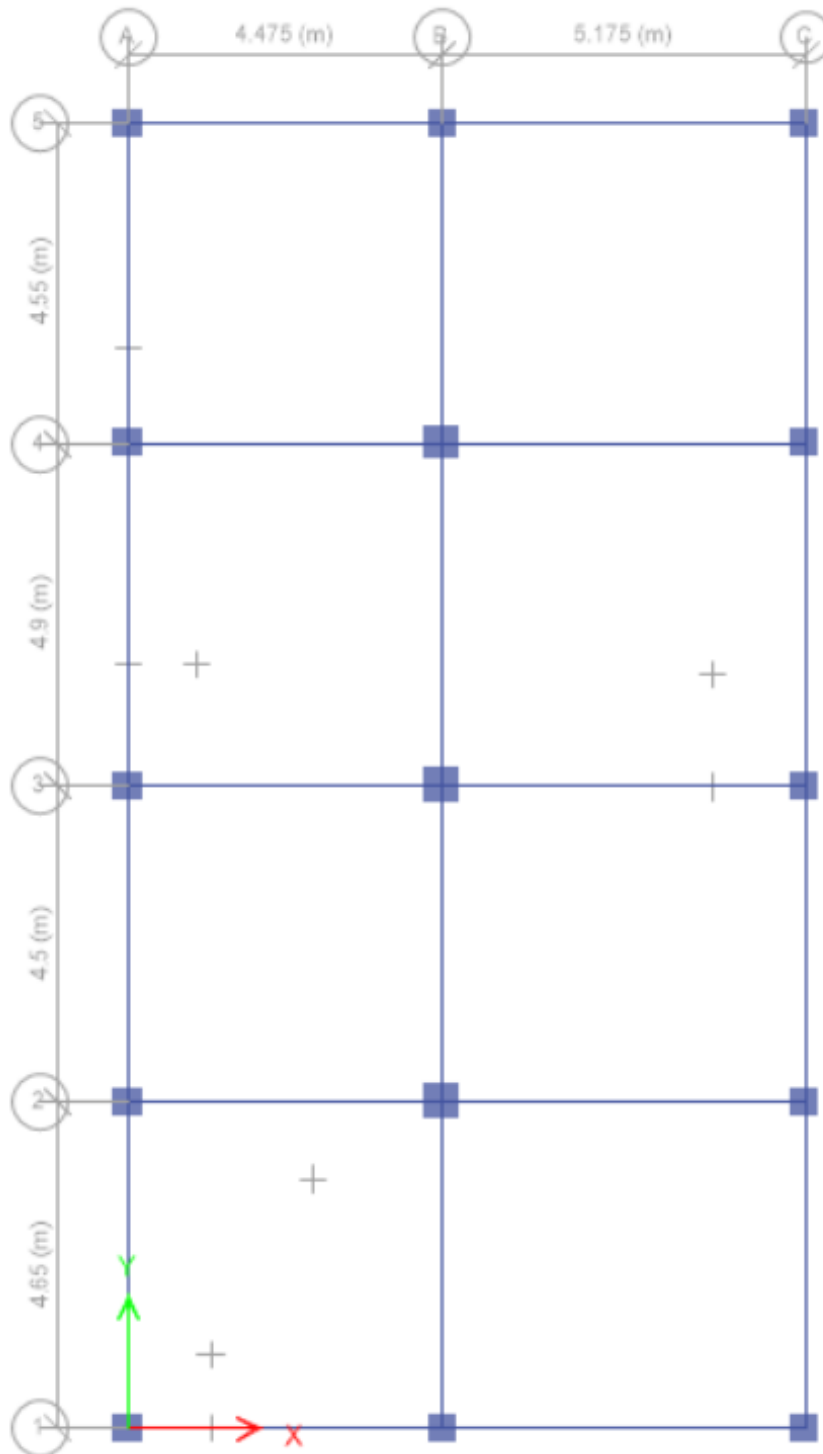
Modify/Show Rebar...



Nota. Se muestra la definición de la viga secundaria de 30cm x 45cm, con un concreto $f'_c=299.29 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 31

Asignación de vigas y columnas



Nota. Se muestra la asignación de vigas y columnas en la edificación

Anexo 32

Definición de la losa aligerada con $f'c=215.53 \text{ kg/cm}^2$

Slab Property Data

General Data

Property Name: ALIG E=0.20 m

Slab Material: F'c=215.53 Kg/cm2 ...

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

☐ Use Special One-Way Load Distribution

Property Data

Type: Ribbed

Overall Depth: 0.2 m

Slab Thickness: 0.05 m

Stem Width at Top: 0.1 m

Stem Width at Bottom: 0.1 m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m

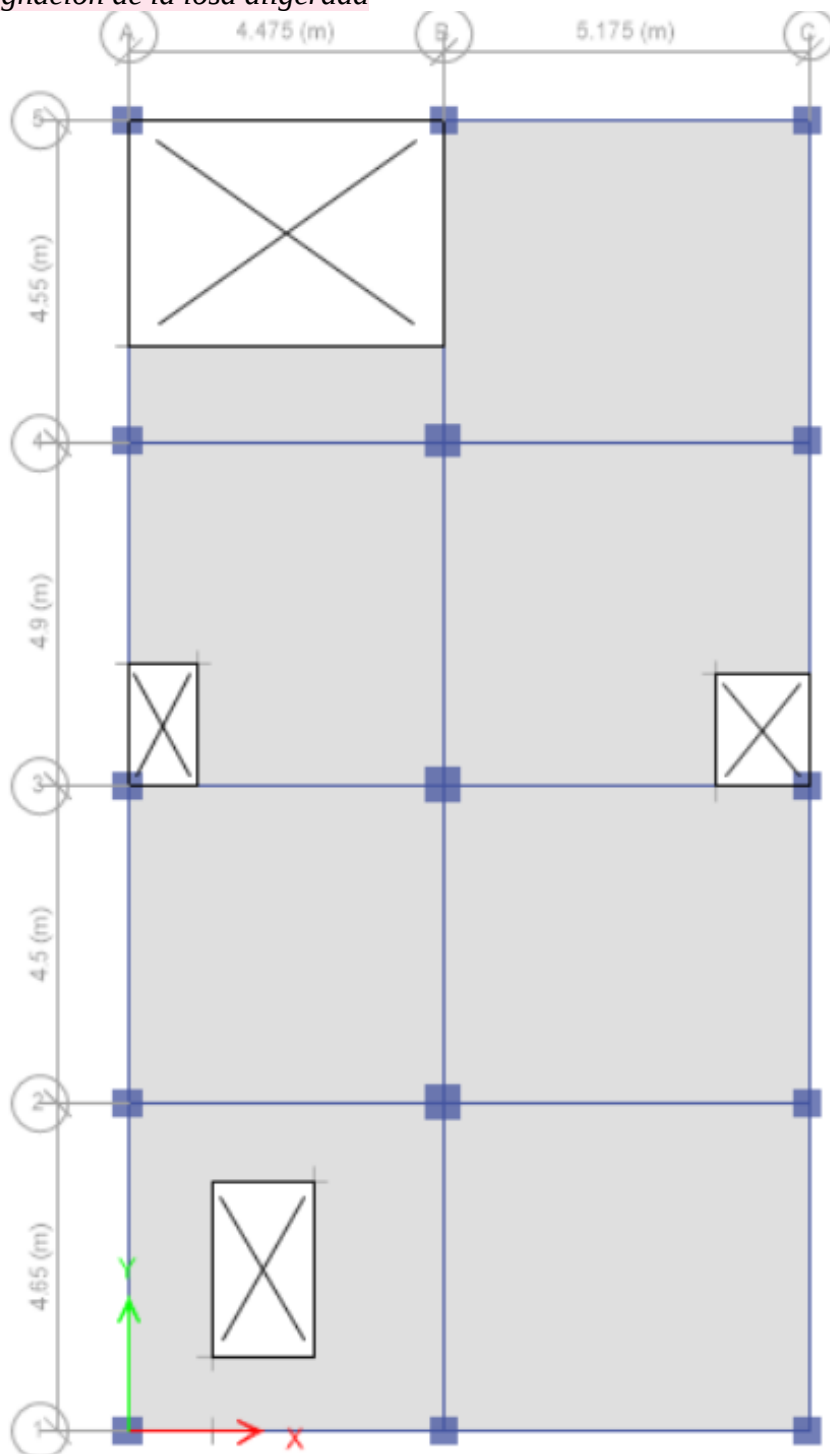
Rib Direction is Parallel to: Local 2 Axis

OK Cancel

1 *Nota. Se define las propiedades de la losa aligerada con un espesor de 20 cm, con un concreto $f'c= 215.53 \text{ kg/cm}^2$*

Anexo 34

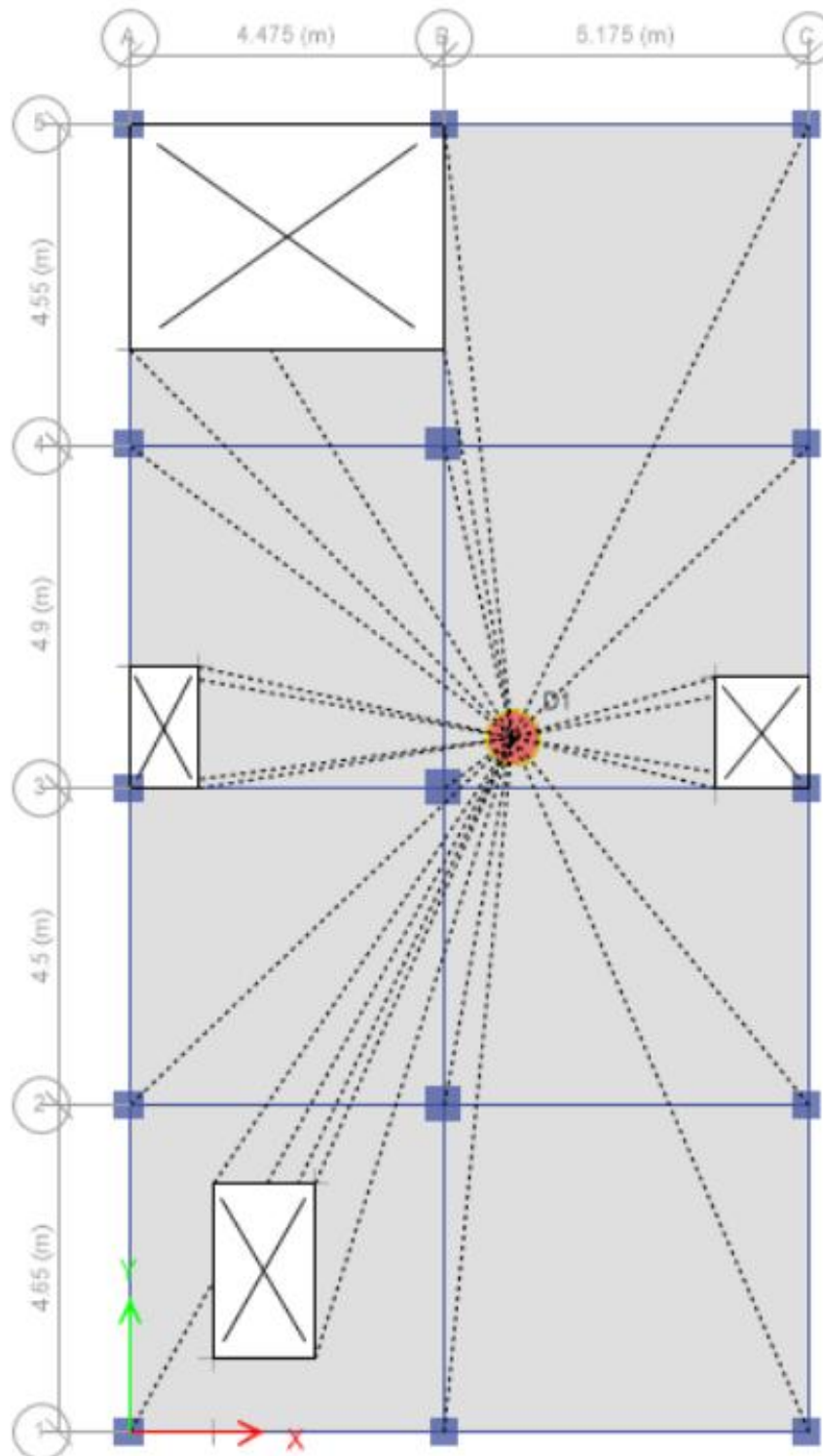
Asignación de la losa aligerada



Nota. Se muestra la asignación de la losa aligerada en la edificación

Anexo 35

Definición del diafragma del primer nivel



Nota. Se muestra la definición del diafragma rígido del piso 01

Anexo 36

Definición de los patrones de carga

E Define Load Patterns

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Peso propio	Dead	1	
Peso propio	Dead	1	
Carga viva	Live	0	
Carga muerta	Super Dead	0	
Carga viva techo	Roof Live	0	
Carga Sismo X	Seismic	0	User Coefficient
Carga Sismo Y	Seismic	0	User Coefficient

Click To:

Add New Load

Modify Load

Modify Lateral Load...

Delete Load

OK Cancel

Nota. Se muestra la definición de los patrones de carga: peso propio, carga viva, carga muerta, carga viva de techo, sismo estático X y sismo estatico Y.

Anexo 37

Definición del peso sísmico

E Mass Source Data

Mass Source Name: MsSrc1

Mass Source

☒ Element Self Mass

☐ Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

☒ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:

This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05

This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0.05

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Carga muerta	1
Carga muerta	1
Carga viva	0.25
Carga viva techo	0.25

Mass Options

☒ Include Lateral Mass

☐ Include Vertical Mass

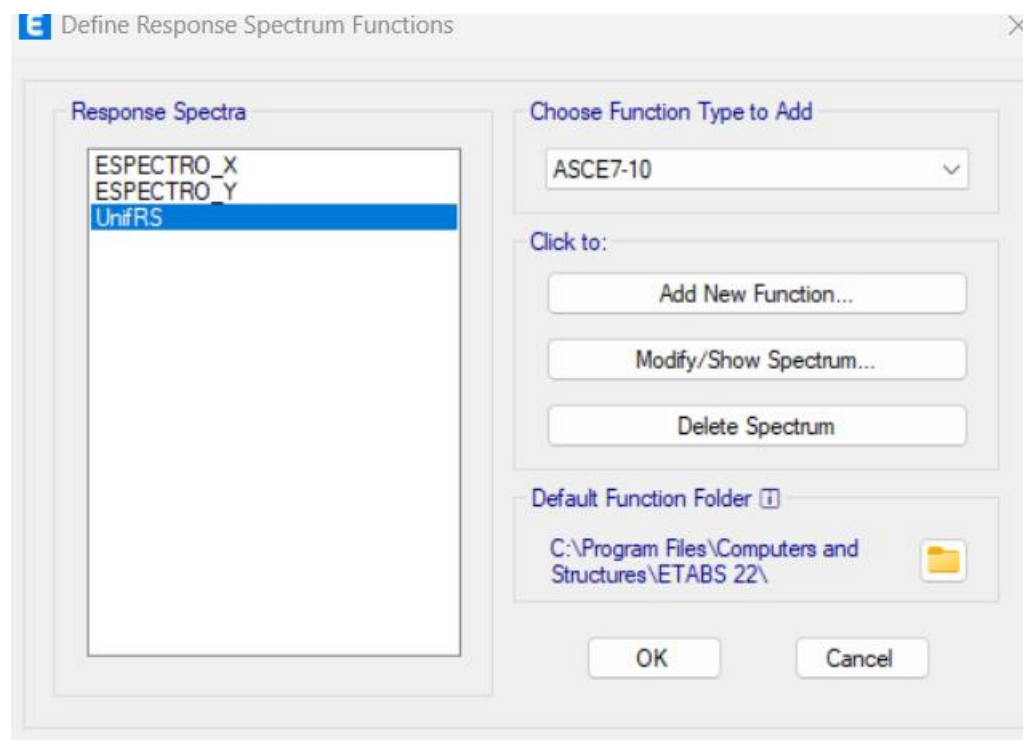
☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

Nota. Se muestra la definición del peso sísmico de la edificación, que es 100% de la carga muerta + 25% de la carga viva

Anexo 38

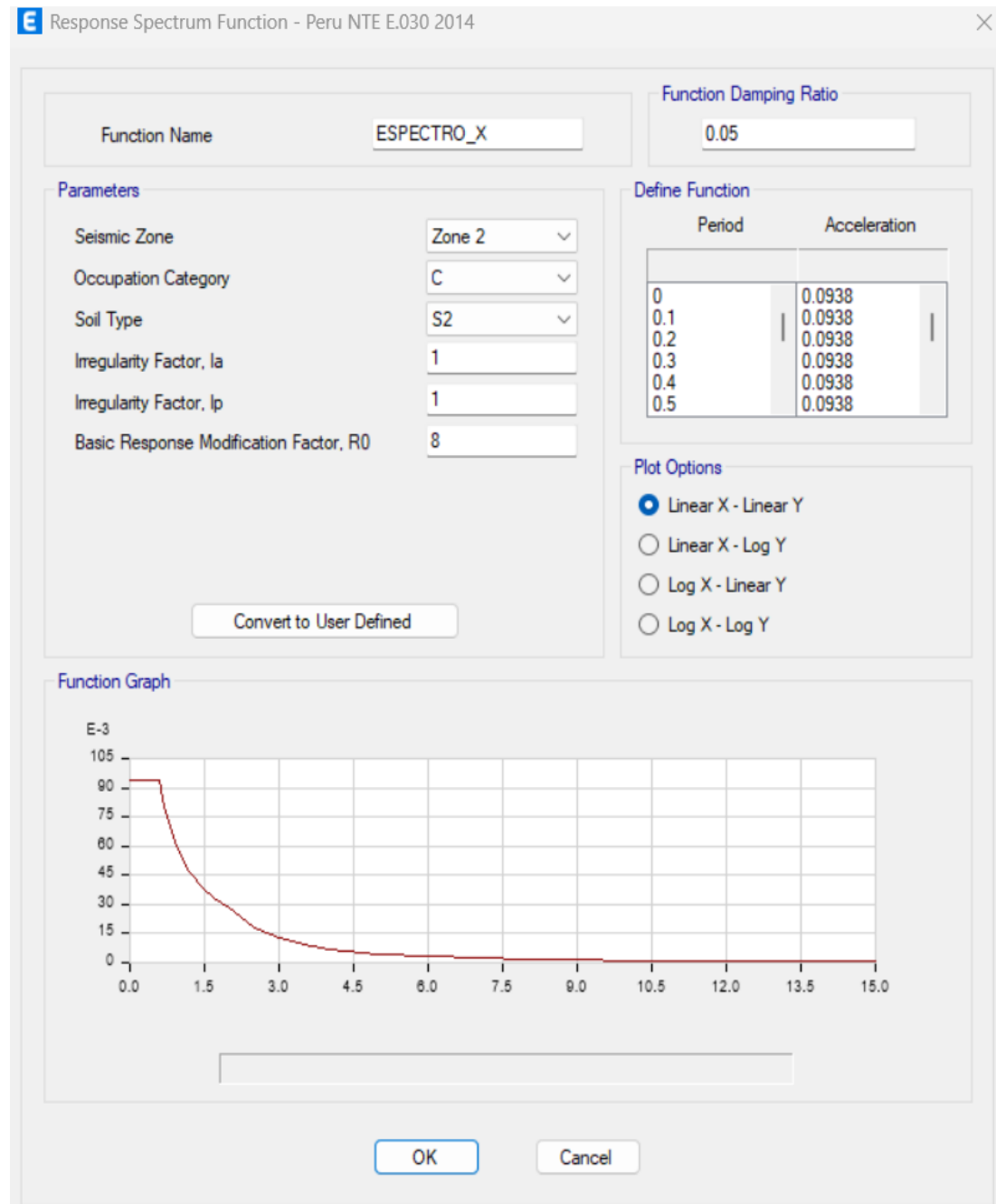
Definición de los espectros de respuesta



Nota. Se muestra la definición de los espectros de respuesta tanto para el eje X como en el eje Y.

Anexo 39

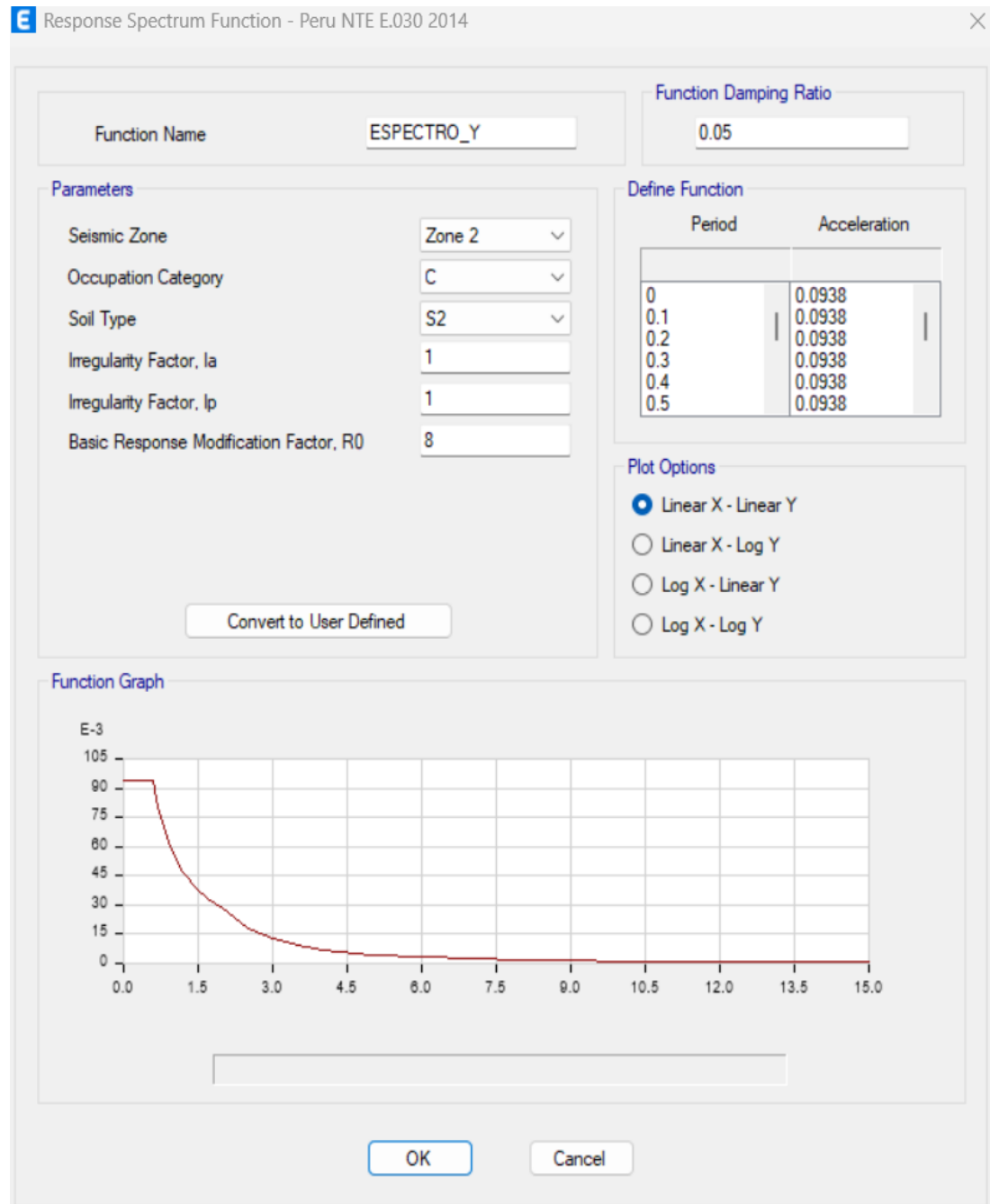
Espectro de diseño X-X



Nota. se aprecia el espectro de diseño en la dirección X, teniendo como factor zona 2, factor uso 1, tipo de suelo S2 y factor de reducción R=8.

Anexo 40

Espectro de diseño Y-Y



Nota. se aprecia el espectro de diseño en la dirección Y, teniendo como factor zona 2, factor uso 1, tipo de suelo S2 y factor de reducción $R=8$.

Anexo 41

Definición del sismo dinámico en X

E Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Notes...

Mass Source:

Analysis Model:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO_X	9.81

Add Delete

☐ Advanced

Other Parameters

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

OK Cancel

Nota. se muestra la definición del sismo dinámico en X, en base al espectro de respuesta definido.

Anexo 42

Definición del sismo dinámico en Y

E Load Case Data

General

Load Case Name: SDINY Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO_X	9.81

Add Delete ☐ Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Nota. se muestra la definición del sismo dinámico en Y, en base al espectro de respuesta definido.

Anexo 43

Definición del desplazamiento en X

E Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: DESPLAZ_X

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
SDIN_X	6

Add

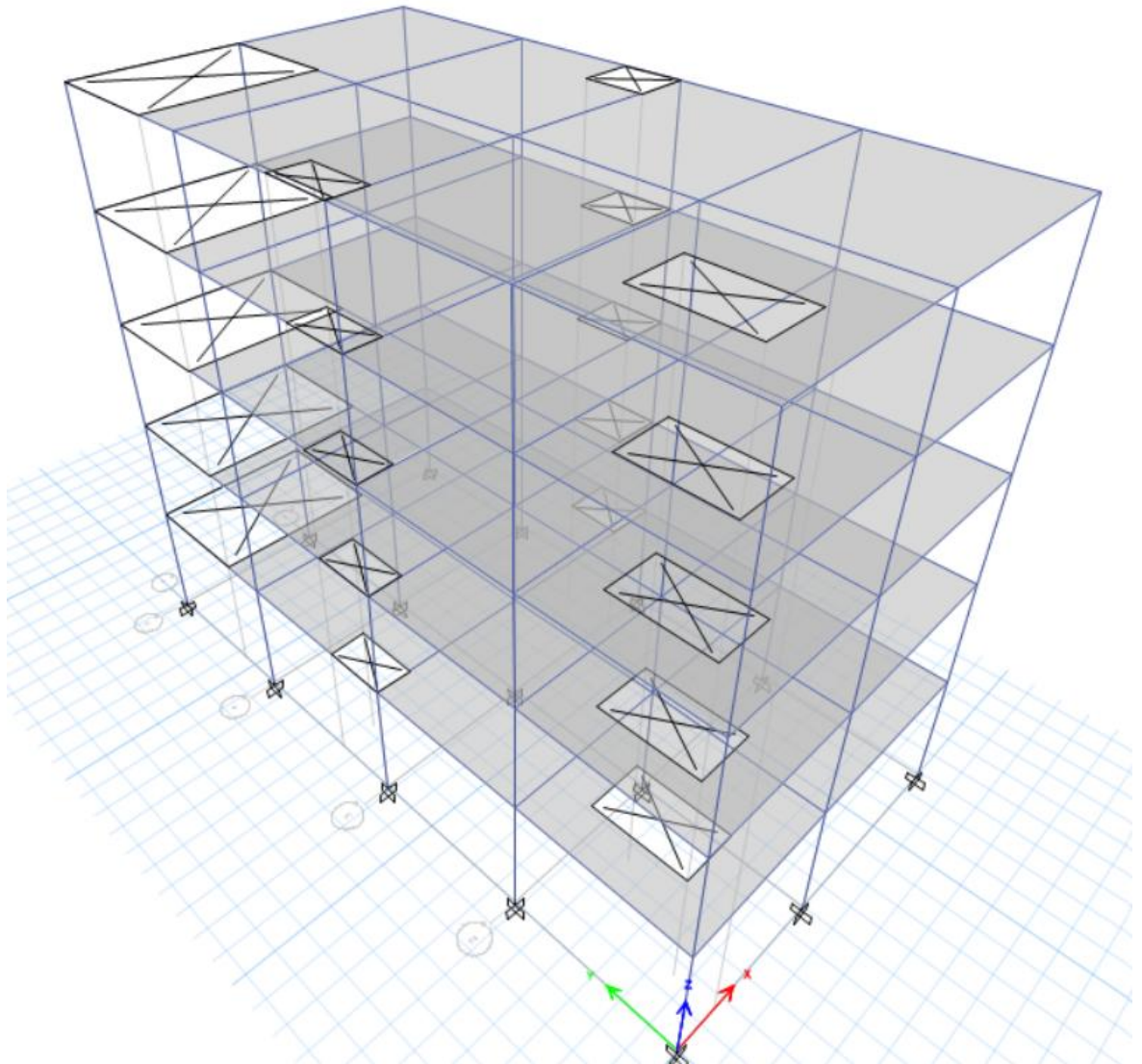
Delete

OK Cancel

Nota. se muestra la definición del desplazamiento en X ($0.75 \cdot R = 0.75 \cdot 8 = 6$), para la comprobación de las derivas máximas.

1

Nota. se muestra la definición del desplazamiento en Y ($0.75 \cdot R = 0.75 \cdot 8 = 6$), para la comprobación de las derivas máximas.

Anexo 45*Modelado de la edificación aporticada de 5 niveles*

Nota. Se muestra la edificación de 5 niveles.

Anexo 46

Vista 3D de la edificación aporticada de 5 niveles



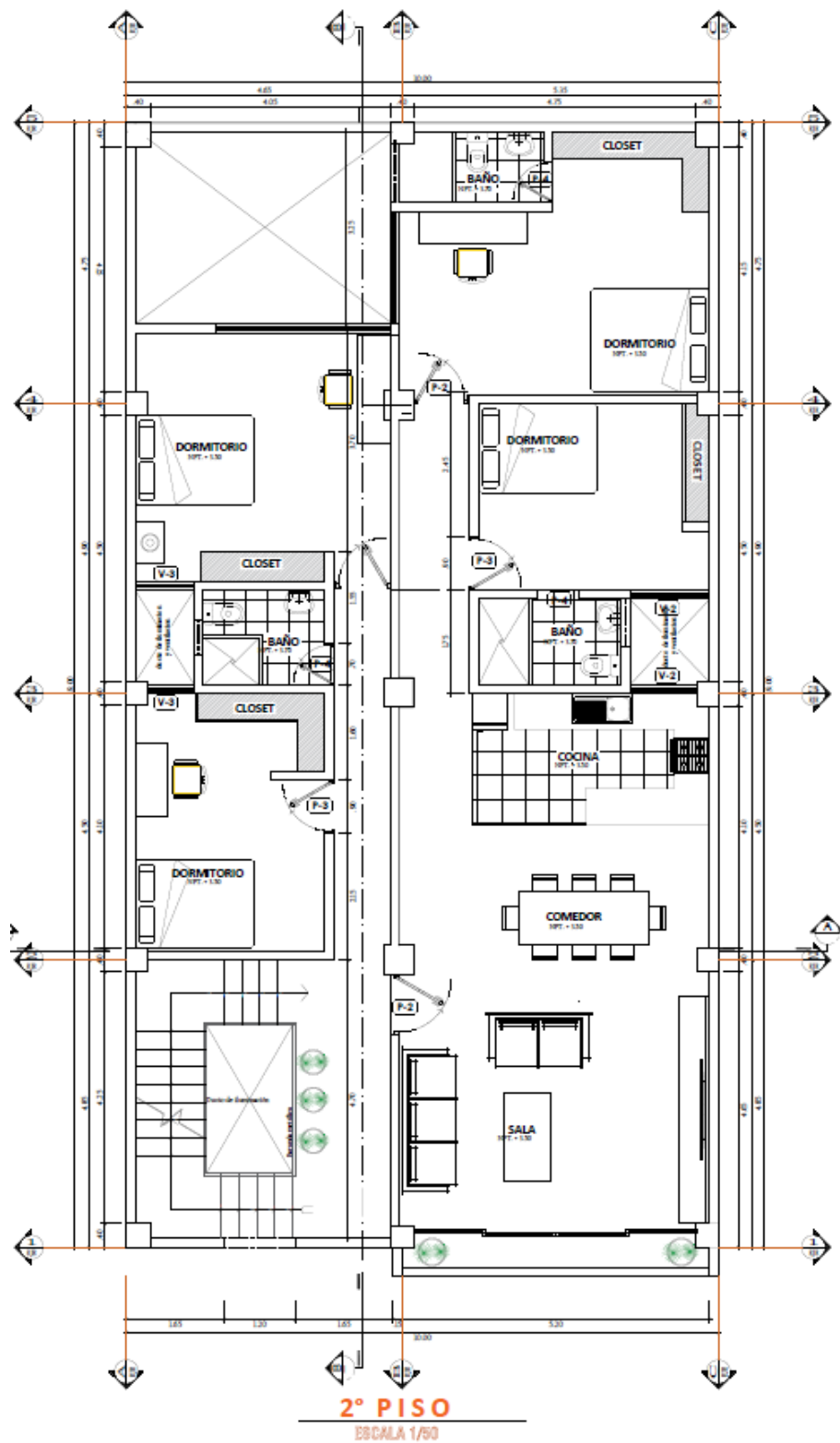
Nota. Se muestra la vista 3D de la edificación de 5 niveles, con sistema estructural aporticado.

1

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3638136331

Anexo 48

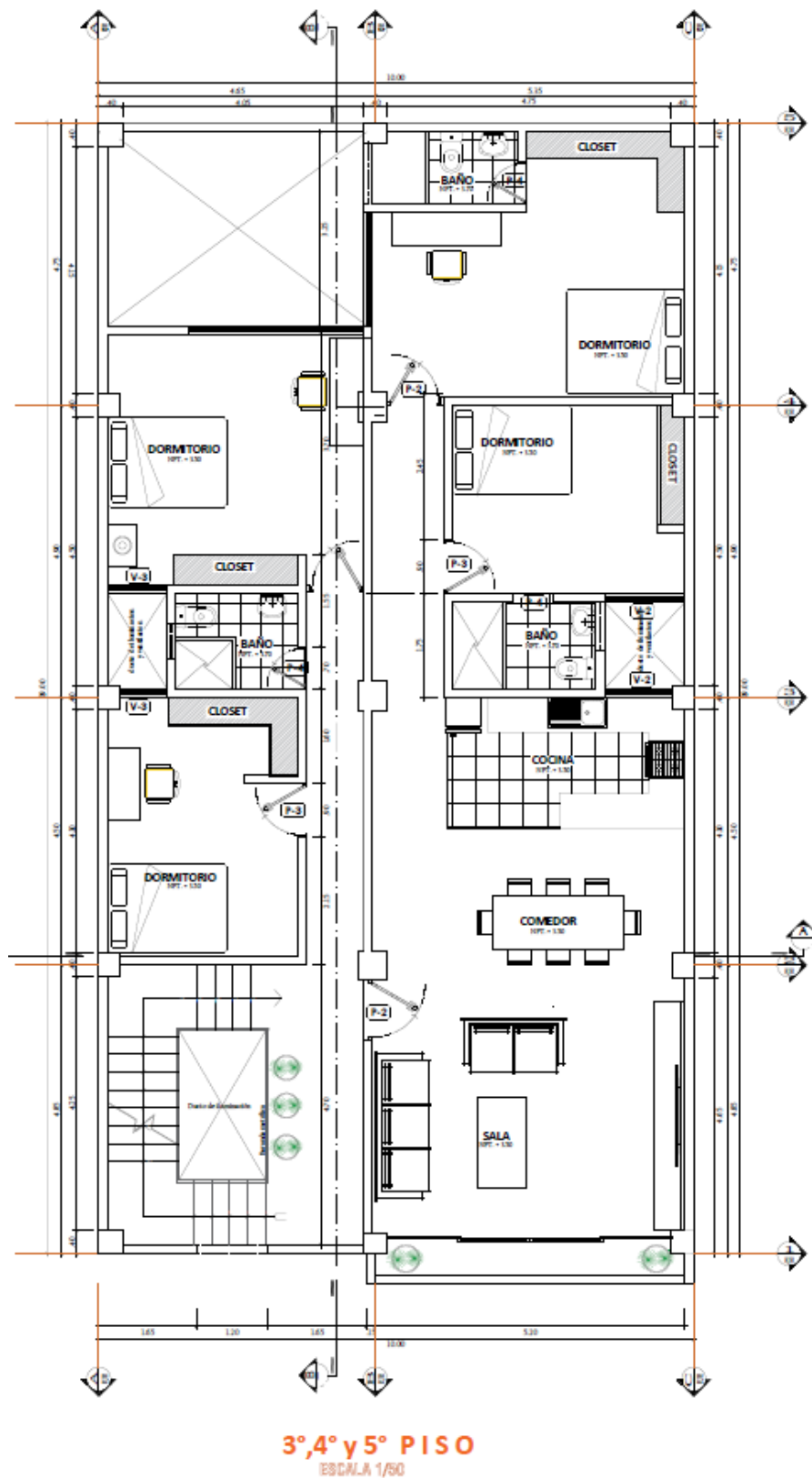
Vista en planta del segundo nivel de la edificación



Nota. Se muestra la vista en planta del segundo nivel de la edificación

Anexo 49

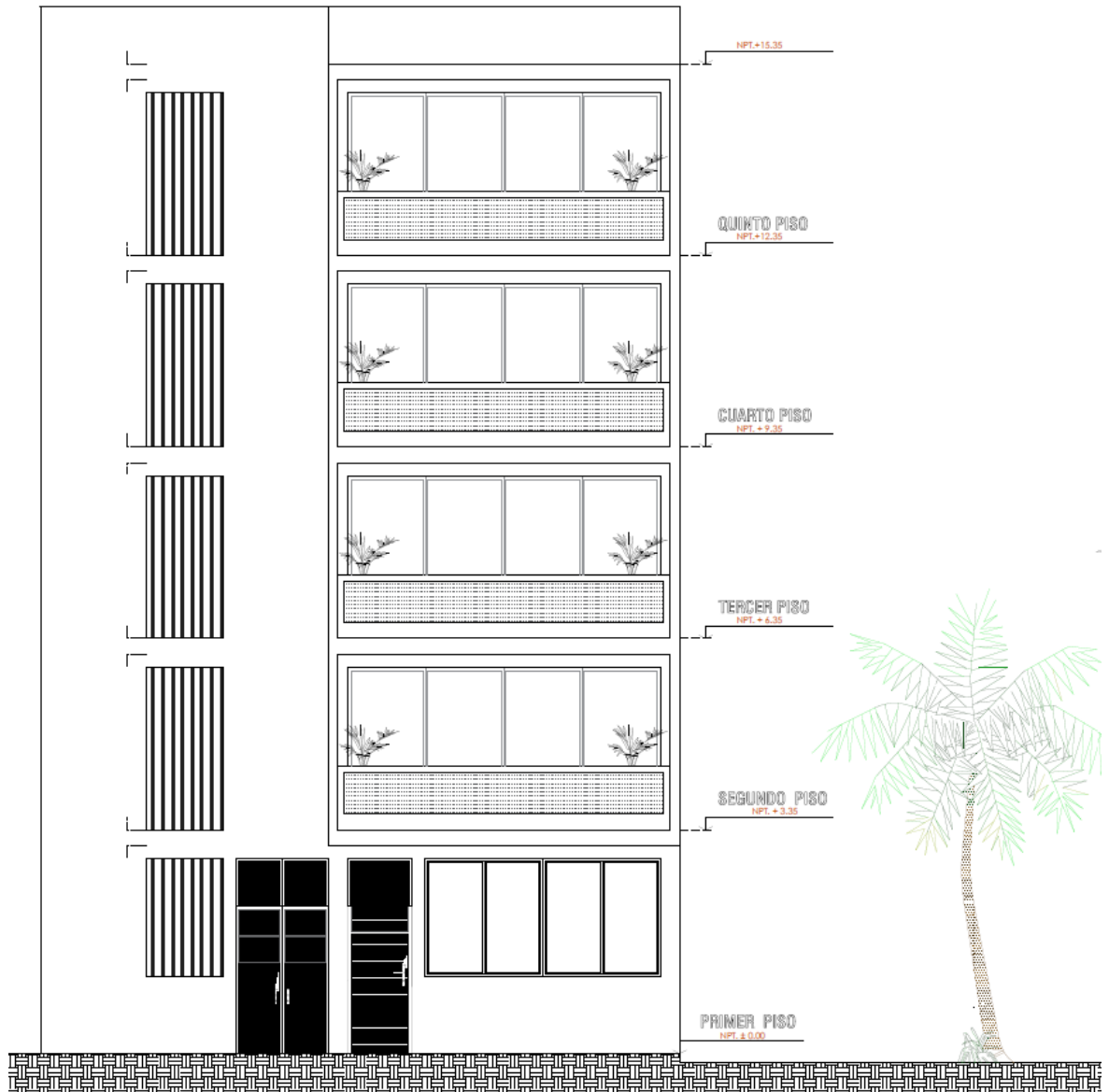
Vista en planta del tercer, cuarto y quinto nivel de la edificación



Nota. Se muestra la vista en planta del tercer, cuarto y quinto nivel de la edificación

Anexo 50

Vista de la fachada principal



Nota. Se muestra la vista de la fachada de la edificación

Anexo 51

PLANO DE UBICACIÓN

Anexo 52

ENSAYOS

Anexo 53

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN