



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS  
DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA  
LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES  
EN LA CIUDAD DE PUNO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. DENIS MARIN CASTRO MARCA**

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

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS**  
**DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA**  
**LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES**  
**EN LA CIUDAD DE PUNO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. DENIS MARIN CASTRO MARCA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO


**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Mgtr. HERMAN PEDRO MARTÍNEZ RAMOS

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1765-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 15058 presentado por el (la) Bachiller: DENIS MARIN CASTRO MARCA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. DENIS MARIN CASTRO MARCA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.** - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- \* **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

**ARTICULO TERCERO.** - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: DENIS MARIN CASTRO MARCA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 19 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 09:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.** - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDI "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDI "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Efraín Corallo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (s)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1029-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 010888 por el señor (a): **DENIS MARIN CASTRO MARCA** quien solicita **REVISIÓN DE INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 966-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 174 - 2024** del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **DENIS MARIN CASTRO MARCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 174 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSCTRUCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 027-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; y en uso de las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 3220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **DENIS MARIN CASTRO MARCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerados expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP 47490

  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Edwin Parilla Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
Interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 601-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 7858, presentado el señor (a) DENIS MARIN CASTRO MARCA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 621-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 186 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): DENIS MARIN CASTRO MARCA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUÑO 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 186 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUÑO 2024.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): DENIS MARIN CASTRO MARCA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUÑO 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



cc:  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS


<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upse.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.repositorio.usac.edu.gt</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.ulvr.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>10</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>11</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	



Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
<b>ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	DENIS MARIN CASTRO MARCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70605681
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0005-7491-1119">https://orcid.org/0009-0005-7491-1119</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01316765
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno Latitud: S 15° 50' 36" Longitud: O 70° 01' 25"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/LBvDPiFcEfhHaBG1C8">https://maps.app.goo.gl/LBvDPiFcEfhHaBG1C8</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 - Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<b>Ingeniería Civil</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a> <b>Ingeniería de la construcción</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
  
Dr. Efraín Trillo Sosa  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DENIS MARIN CASTRO MARCA, identificado con DNI Nro. 70605681, en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[ ] Programa de Segunda Especialidad,
[ ] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la [X] Tesis o [ ] Trabajo de Investigación, [ ] Trabajo Académico denominada:

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 31 de ENERO del 2025

[Handwritten signature of advisor]

Firma del Asesor (obligatoria)

[Handwritten signature of student]

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

*Con todo mi amor y gratitud, dedico este logro a mi familia, el pilar fundamental en mi vida.*

*A mis padres Edilberto Castro Pari y Amelia Marca Flores, quienes con su esfuerzo, dedicación y sacrificio me han brindado las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Gracias por ser mi guía, por inculcarme valores como la responsabilidad, la perseverancia y la honestidad. Su amor incondicional y su apoyo inquebrantable han sido la luz que me ha guiado en los momentos más difíciles. No hay palabras suficientes para expresar cuánto valoro todo lo que han hecho por mí. Este logro es tan suyo como mío.*

*A mis hermanos Erica Zulu Castro Marca y Juan Carlos Castro Marca, por ser mis compañeros de vida, mis cómplices y mi apoyo absoluto. Gracias por sus palabras de aliento cuando más las necesitaba, por su paciencia y por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mis propias capacidades. Su cariño y confianza han sido mi motor para seguir adelante y nunca rendirme.*

*A ustedes, mi familia, les dedico esta tesis con el corazón lleno de gratitud, porque sin su amor, motivación y confianza, este sueño no sería una realidad.*



## AGRADECIMIENTO

*Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía constante, dándome fuerzas, sabiduría y paciencia en cada momento de mi vida. A Él le debo todo lo que soy y todo lo que he alcanzado hasta ahora.*

*A mis padres, no hay palabras suficientes para expresar lo agradecida que estoy por su apoyo incondicional. Gracias por su amor constante, por confiar en mí incluso en los momentos en los que yo misma no creía en mis posibilidades, por brindarme la oportunidad de seguir mis estudios, y por ser siempre la fuente de motivación que necesitaba. Agradezco profundamente las lecciones que me dieron sobre el valor del trabajo duro, la determinación y la modestia. No hay nada más valioso que su apoyo, y sin ustedes no hubiera llegado tan lejos. Son mi mayor fortaleza, mi mayor motivación, y por siempre serán mi más grande ejemplo.*

*A mis docentes, gracias por ser los faros de conocimiento que iluminaron mi camino. Cada clase, cada consejo, cada palabra de aliento fue un peldaño más en la escalera que me ha llevado hasta este momento. Ustedes no solo me enseñarán conocimientos técnicos, sino también valores fundamentales que me acompañarán en mi vida profesional y personal. Gracias por su dedicación, por compartir su experiencia y por brindarme las herramientas necesarias para enfrentar el futuro con confianza y seguridad.*

*Gracias a todas estas personas que han sido pilares fundamentales en mi vida, a cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro es el resultado de su esfuerzo, su dedicación y su amor.*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática .....	13
1.2	Planteamiento del problema .....	14
1.2.1	Problema general.....	14
1.2.2	Problemas específicos .....	14
1.3	Objetivos de la investigación .....	15
1.3.1	Objetivo general.....	15
1.3.2	Objetivos específicos .....	15
1.4	Justificación de la investigación .....	15
1.4.1	Justificación técnica .....	15
1.4.2	Justificación económica .....	16
1.4.3	Justificación social .....	16
1.4.4	Justificación ambiental .....	16
1.5	Hipótesis de la investigación.....	17
1.5.1	Hipótesis general .....	17
1.5.2	Hipótesis específicas.....	17
1.6	Variables e indicadores .....	17
1.6.1	Variable independiente.....	17
1.6.2	Variable dependiente .....	18
1.7	Operacionalización de variables .....	18



### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	19
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	19
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	21
2.1.3	Antecedentes regionales.....	24
2.2	Bases teóricas.....	25
2.2.1	Concreto armado .....	25
2.2.2	Estructura de concreto armado .....	32
2.2.2.1	Aspectos del concreto armado.....	33
2.2.3	Acero estructural.....	35
2.2.3.1	Propiedades del acero estructural como material estructural .....	47
2.3	Marco conceptual .....	50

### CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación .....	52
3.2	Métodos de la investigación.....	53
3.3	Nivel y tipo de investigación.....	53
3.3.1	Tipo de investigación.....	53
3.3.2	Nivel de investigación.....	54
3.4	Población y muestra de la investigación .....	54
3.4.1	Población .....	54
3.4.2	Muestra.....	54
3.5	Técnicas e instrumentos.....	55
3.5.1	Técnicas.....	55
3.5.2	Instrumentos .....	55
3.6	Validación y confiabilidad del instrumento .....	56
3.6.1	Validación de instrumentos .....	56
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos .....	56
3.7	Procedimiento de recolección de datos .....	57
3.7.1	Procedimiento de la recolección de datos .....	57



3.7.2	Análisis de la modelación y el diseño estructural.....	59
3.8	Procesamiento y análisis de datos.....	61

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados.....	63
4.1.1	Variación de la cortante basal entre los diseños de la armadura de acero y de concreto armado.....	71
4.1.2	Variación de la cortante basal entre los diseños de la armadura de acero y de concreto armado.....	83
4.1.3	Variación en costo y plazo en la construcción de una vivienda multifamiliar entre los diseños de la armadura de acero y de concreto armado .....	90
4.2	Discusión de resultados.....	92
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>100</b>



### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	18
<b>Tabla 2</b> Atributos del material utilizado en estructuras de acero .....	64
<b>Tabla 3</b> Resultados del pre dimensionamiento del perfil a usar en las viguetas.....	65
<b>Tabla 4</b> Resultados del pre dimensionamiento del perfil a usar en las vigas .....	65
<b>Tabla 5</b> Cargas en la estructura del acero .....	66
<b>Tabla 6</b> Atributos del material utilizado en estructuras de concreto armado .....	67
<b>Tabla 7</b> Dirección de las vigas .....	68
<b>Tabla 8</b> Características de las columnas en la estructura .....	69
<b>Tabla 9</b> Dimensionamiento de los tipos de columna .....	70
<b>Tabla 10</b> Metrados de carga viva y muerta .....	70
<b>Tabla 11</b> Parámetros sísmicos de la estructura .....	71
<b>Tabla 12</b> Peso de la estructura de acero por nivel de piso.....	72
<b>Tabla 13</b> Fuerza sísmica por nivel de piso en la estructura de acero.....	74
<b>Tabla 14</b> Modos de vibración en la estructura de acero.....	75
<b>Tabla 15</b> Fuerza basal y dinámica presente en la armadura de acero "X" .....	75
<b>Tabla 16</b> Fuerza basal y dinámica presente en la armadura de acero "Y" .....	76
<b>Tabla 17</b> Parámetros sísmicos de la estructura de concreto armado.....	76
<b>Tabla 18</b> Peso de la estructura de concreto armado por nivel de piso .....	77
<b>Tabla 19</b> Fuerza sísmica por nivel de piso en el sistema estructural de concreto reforzado en "X" .....	80
<b>Tabla 20</b> Fuerza sísmica por nivel de piso en el sistema estructural de concreto reforzado en "Y" .....	80
<b>Tabla 21</b> Modos de vibración en el sistema estructural de concreto reforzado .....	81
<b>Tabla 22</b> Fuerza basal y dinámica presente en el sistema estructural de concreto reforzado "X" .....	83



<b>Tabla 23</b> Fuerza basal y dinámica presente en el sistema estructural de concreto reforzado "Y".....	83
<b>Tabla 24</b> Desplazamiento presente en la armadura de acero "X" .....	84
<b>Tabla 25</b> Desplazamiento presente en la armadura de acero "Y" .....	84
<b>Tabla 26</b> Derivas presentes en la armadura de acero "X" .....	85
<b>Tabla 27</b> Derivas presentes en la armadura de acero "X" .....	86
<b>Tabla 28</b> Desplazamiento presente en el sistema estructural de concreto reforzado "X".....	87
<b>Tabla 29</b> Desplazamiento presente en el sistema estructural de concreto reforzado "Y".....	87
<b>Tabla 30</b> Derivas presentes en el sistema estructural de concreto reforzado "X".....	88
<b>Tabla 31</b> Derivas presentes en el sistema estructural de concreto reforzado "X".....	89
<b>Tabla 32</b> Monto en la realización de la armadura de acero.....	90
<b>Tabla 33</b> Monto en la realización de la estructura de concreto armado .....	90
<b>Tabla 34</b> Monto en la realización de la armadura de acero.....	91



### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Armadura de acero .....	36
<b>Figura 2</b> Ubicación del área del proyecto .....	63
<b>Figura 3</b> Placa colaborante para losa .....	64
<b>Figura 4</b> Perfil de placa colaborante para losa .....	65
<b>Figura 5</b> Estructuración .....	67
<b>Figura 6</b> Espectro en X .....	82
<b>Figura 7</b> Espectro en Y .....	82
<b>Figura 8</b> Deriva en X .....	85
<b>Figura 9</b> Deriva en Y .....	86
<b>Figura 10</b> Deriva en X .....	88
<b>Figura 11</b> Deriva en Y .....	89
<b>Figura 12</b> Comparativa en cuanto a costos de construcción .....	91
<b>Figura 13</b> Comparativa en cuanto a plazo de construcción .....	92



## RESUMEN

La investigación titulada "Estudio comparativo entre diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno 2024" se centró en comparar ambos tipos de estructuras para determinar cuál es más efectiva en términos de costos, tiempos de construcción y resistencia estructural. Empleando una metodología no experimental con un enfoque aplicado y un nivel explicativo, se obtuvieron resultados significativos. Se determinó que la fuerza cortante basal de la armadura de acero es de 51.135 toneladas de fuerza (tonf), mientras que para la estructura de concreto armado alcanza las 97.27 tonf, indicando que el concreto armado soporta mayores fuerzas laterales y, por lo tanto, puede ser más adecuado para zonas susceptibles a eventos sísmicos o cargas de viento, debido a su mayor rigidez. Respecto a la distorsión estructural, la armadura de acero mantuvo una distorsión dentro del límite aceptable de 0.010, en comparación con el límite más estricto de 0.007 para el concreto armado. Las mediciones revelaron que las distorsiones en las estructuras de acero eran superiores a las del concreto armado. En cuanto al aspecto económico, la construcción con armadura de acero implicó un costo de S/.312,968.07, mientras que la estructura de concreto armado ascendió a S/.329,874.76, evidenciando un mayor costo para el concreto. Además, se observó que el tiempo de ejecución de las estructuras de acero es menor en comparación con las de concreto armado, ofreciendo una ventaja en términos de rapidez de construcción.

**Palabras Clave:** Estructuras de acero, estructuras de concreto armado, construcción de viviendas multifamiliares y comparación estructural.



### ABSTRACT

The research entitled "Comparative study between steel and reinforced concrete structure designs for the construction of multi-family housing in the city of Puno 2024" focused on comparing both types of structures to determine which is more effective in terms of cost, construction time and structural strength. Using a non-experimental methodology with an applied approach and an explanatory level, significant results were obtained. It was determined that the basal shear force of the steel structure is 51.135 tons of force (tonf), while for the reinforced concrete structure it reaches 97.27 tonf, indicating that reinforced concrete supports higher lateral forces and, therefore, may be more suitable for areas susceptible to seismic events or wind loads, due to its higher stiffness. Regarding structural distortion, the steel structure maintained a distortion within the acceptable limit of 0.010, compared to the stricter limit of 0.007 for reinforced concrete. Measurements revealed that distortions in steel structures were higher than those of reinforced concrete. Regarding the economic aspect, the construction with steel structure implied a cost of S/.312,968.07, while the reinforced concrete structure amounted to S/.329,874.76, evidencing a higher cost for concrete. In addition, it was observed that the execution time of steel structures is shorter compared to reinforced concrete structures, offering an advantage in terms of speed of construction.

**Keywords:** Steel structures, reinforced concrete structures, multi-family housing construction and structural comparison.



## INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno enfrenta desafíos únicos debido a las condiciones geográficas, climáticas y sociales de la región. En este contexto, la selección del material estructural adecuado es crucial para garantizar la seguridad, durabilidad y eficiencia económica de las edificaciones. Tradicionalmente, tanto el acero como el concreto armado han sido ampliamente utilizados en la industria de la construcción, cada uno con sus propias ventajas y desventajas.

El acero, conocido por su alta resistencia y flexibilidad, permite diseños arquitectónicos innovadores y rápidos tiempos de construcción. Por otro lado, el concreto armado, apreciado por su durabilidad y resistencia al fuego, es un material versátil que proporciona una excelente relación costo-beneficio en diversas aplicaciones estructurales. Sin embargo, la elección entre estos dos materiales debe considerar múltiples factores, incluyendo costos iniciales, costos de mantenimiento, tiempo de construcción, sostenibilidad y comportamiento sísmico.

Este estudio se enfocará en evaluar los aspectos técnicos, económicos y ambientales de ambos tipos de estructuras, con el fin de proporcionar una base sólida para la toma de decisiones en futuros proyectos de construcción en la región. Se desarrollará un análisis detallado que incluirá el diseño estructural de prototipos de viviendas multifamiliares utilizando tanto acero como concreto armado. Se considerarán las normativas vigentes y se emplearán software de modelado estructural avanzado para simular el comportamiento de las estructuras bajo diferentes condiciones de carga. Además, se realizará un análisis comparativo de costos que incluirá no solo los costos iniciales de construcción, sino asimismo los costos asociados al sostenimiento y la vida útil de las estructuras.



Al proporcionar una evaluación comprensiva y basada en datos, se espera que esta investigación fomente el desarrollo de viviendas multifamiliares seguras, eficientes y sostenibles, mejorando así la calidad de vida de sus habitantes.

La presente tesis está estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I: En este capítulo se establecen los fundamentos esenciales de la investigación. Se procede a la definición clara y precisa de las variables que serán analizadas, lo cual permite crear un marco de referencia sólido para el estudio. Asimismo, se formulan tanto los objetivos generales como los específicos, que guiarán el desarrollo de la investigación hacia metas claras y medibles.

Capítulo II: El segundo capítulo está centrado en la construcción de un robusto marco teórico. Para ello, se realiza un análisis exhaustivo de la literatura existente, incluyendo estudios previos y aportes teóricos significativos en el área de estudio. No se limita únicamente a un resumen de las ideas teóricas más relevantes, sino que también se establece un marco conceptual que contextualiza el estudio dentro de un panorama más amplio.

Capítulo III: Este capítulo se dedica a describir con detalle los métodos y procedimientos utilizados en la investigación. Se incluye una explicación minuciosa de cómo se seleccionaron los sujetos de estudio o las muestras analizadas, así como la estrategia metodológica adoptada.

Capítulo IV: En el cuarto capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. Los datos recolectados se organizan de forma clara y estructurada, utilizando tablas y gráficos para facilitar su interpretación visual y comprensiva. Seguidamente, se realiza una comparación detallada de estos resultados con los hallazgos de estudios previos en el campo, permitiendo identificar similitudes, diferencias o posibles contribuciones originales del presente estudio.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática

En el ámbito internacional, la construcción de viviendas multifamiliares enfrenta desafíos significativos debido a la creciente demanda de edificaciones sostenibles y resilientes ante desastres naturales. En muchos países desarrollados y en desarrollo, se observa una tendencia hacia la urbanización acelerada, lo que conlleva a una mayor necesidad de soluciones de vivienda eficientes y económicas. Sin embargo, las normativas de construcción varían ampliamente, lo que puede afectar la estandarización y la implementación de tecnologías avanzadas. Además, el cambio climático ha intensificado la frecuencia y la severidad de los eventos sísmicos y climáticos extremos, poniendo a prueba la durabilidad y la seguridad de las estructuras tradicionales. La comparación entre estructuras de acero y concreto armado se torna crucial para determinar cuál ofrece una mejor relación costo-beneficio, sostenibilidad y resistencia estructural en distintos entornos.

En Perú, la construcción de viviendas multifamiliares enfrenta retos específicos derivados de su geografía y condiciones sísmicas. Perú es uno de los países más propensos a terremotos en el mundo debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Esto exige que las estructuras sean diseñadas con estrictas normas antisísmicas. Sin embargo, hay una falta de consenso en la industria sobre si el acero o el concreto

armado es la mejor opción para estas condiciones. Adicionalmente, el país enfrenta desafíos económicos que afectan el presupuesto de reconstrucción y la variación de materiales de alta calidad. La economía peruana, aunque en crecimiento, aún enfrenta disparidades significativas en infraestructura, lo que se traduce en una necesidad urgente de soluciones de vivienda que sean tanto asequibles como seguras.

Puno, situada en la región altiplánica de Perú, presenta características únicas que afectan la construcción de viviendas multifamiliares. Puno se encuentra a una altitud de aproximadamente 3,800 metros sobre el nivel del mar, lo que implica condiciones climáticas extremas, como bajas temperaturas y alta radiación solar. La ciudad también está expuesta a sismos, aunque con menor frecuencia que otras regiones del país. Sin embargo, la capacidad local para implementar tecnologías avanzadas de construcción y cumplir con los estándares modernos puede estar limitada por recursos financieros y técnicos. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio comparativo entre estructuras de acero y concreto armado para determinar cuál es más adecuada para las condiciones específicas de Puno.

## 1.2 Planteamiento del problema

### 1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la variación entre diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno 2024?

### 1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cuál es la variación de la cortante basal entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado en una vivienda multifamiliar?

- b. ¿Cuál es la variación en las distorsiones que presentan entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar?
- c. ¿Cuál es la variación en el costo y plazo para la construcción de una vivienda multifamiliar entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 *Objetivo general*

Comparar los diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno 2024.

### 1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Determinar la variación de la cortante basal entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar.
- b. Determinar la variación en las distorsiones entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar.
- c. Determinar la variación en el costo y plazo para la construcción de una vivienda multifamiliar entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado.

## 1.4 Justificación de la investigación

### 1.4.1 *Justificación técnica*

La justificación técnica de este estudio radica en la necesidad de determinar la solución estructural más adecuada para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno. Este análisis comparativo entre estructuras de acero y concreto armado permitirá identificar las ventajas y desventajas de cada material en términos de resistencia, durabilidad, comportamiento ante cargas sísmicas y facilidad de construcción. Dada la ubicación geográfica y las características sísmicas de Puno, es crucial seleccionar el

diseño estructural que ofrezca mayor seguridad y eficiencia. Además, se analizará la adaptabilidad de estos materiales a las condiciones climáticas específicas de la región, como la altitud y las bajas temperaturas.

### **1.4.2 Justificación económica**

Desde una perspectiva económica, es esencial evaluar el costo-beneficio de utilizar distribuciones de acero versus concreto armado en la reconstrucción de viviendas multifamiliares. Este estudio proporcionará un análisis detallado de los costos iniciales de construcción, sostenimiento a largo plazo y posibles ahorros en el tiempo de construcción. La comparación económica también incluirá el análisis de la disponibilidad y costo de los materiales en la región de Puno, así como el impacto en los costos de transporte y logística. De esta manera, se podrá determinar cuál opción es más económica y viable para los proyectos de construcción en la ciudad.

### **1.4.3 Justificación social**

La justificación social se enfoca en el impacto que los diferentes diseños estructurales pueden tener en la calidad de vida de los habitantes de las viviendas multifamiliares. Las estructuras metálicas y concreto reforzado ofrecen distintas características en términos de habitabilidad, seguridad y confort. Este estudio permitirá identificar cuál de los dos materiales proporciona mejores condiciones de vida, mayor seguridad en caso de eventos sísmicos y mayor durabilidad. Además, se evaluará la percepción de los habitantes sobre la seguridad y comodidad de las viviendas construidas con cada tipo de estructura, así como el impacto en la comunidad y el desarrollo urbano de Puno.

### **1.4.4 Justificación ambiental**

La justificación ambiental se basa en la necesidad de construir de manera sostenible y minimizar el impacto ambiental de los proyectos de construcción. El

cumplimiento con las normativas locales e internacionales sobre construcción sostenible y manejo de residuos. Analizar cómo cada tipo de estructura se alinea con los estándares de sostenibilidad y las políticas ambientales vigentes en Puno y a nivel nacional.

## 1.5 Hipótesis de la investigación

### 1.5.1 *Hipótesis general*

Los diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno 2024, variarán de manera considerable.

### 1.5.2 *Hipótesis específicas*

- a. Se espera que la variación de la cortante basal entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar indique que el diseño de acero será más liviano que el de concreto armado, lo que proporcionará ventajas en términos de peso estructural.
- b. Es probable que la variación en las distorsiones entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado muestre que el diseño de acero presentará menores derivas, lo que implicaría una mejor respuesta estructural frente a cargas laterales.
- c. Se proyecta que la variación en el costo y el plazo de construcción entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado sugiera que el diseño de acero será más económico y rápido de construir, optimizando tanto los recursos financieros como el tiempo de ejecución.

## 1.6 Variables e indicadores

### 1.6.1 *Variable independiente*

Estructuras de Acero y Estructuras de Concreto Armado

### 1.6.2 Variable dependiente

Viviendas Multifamiliares

## 1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de medición
<b>Estructuras de Acero y Estructuras de Concreto Armado</b>	<p>Las estructuras de acero son sistemas constructivos formados principalmente por perfiles y componentes de acero. Este material es conocido por su alta resistencia, ductilidad y capacidad para soportar cargas elevadas.</p> <p>Las estructuras de concreto armado están formadas por una combinación de concreto y acero de refuerzo.</p>	Estructuras de Acero y Estructuras de Concreto Armado	Rigidez. Deformación.	Ficha técnica.
Variable dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de medición
<b>Viviendas Multifamiliares</b>	<p>El diseño de viviendas multifamiliares abarca la planificación y creación de edificios residenciales que albergan a múltiples familias en unidades de vivienda separadas. Este tipo de diseño es fundamental en áreas urbanas y suburbanas debido a su eficiencia en el uso del espacio y su capacidad para satisfacer la creciente demanda de vivienda.</p>	Comportamiento estructural	Desplazamientos, modos de vibración, costos y periodos de ejecución.	Recopilación de información del RNE.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Caiza & Córdova, (2023) en su investigación titulada "Diseño y análisis comparativo de un edificio de cuatro plantas en armadura de acero y estructura de hormigón armado mediante metodología MIVES", presentan el diseño y análisis de una estructura de cuatro plantas. El proyecto compara dos variantes de la estructura: una de acero estructural y otra de hormigón armado. Durante el proceso de diseño de ambas estructuras se respetaron normas como AISC 360-16, ACI 318-19 y NEC. Además, se utilizó el «Modelo de Valoración Integrada para la Evaluación de la Sostenibilidad» (MIVES) para evaluar el impacto económico, social y medioambiental de ambas estructuras. El objetivo de esta evaluación era determinar cuál de las dos estructuras es más sostenible. El análisis estructural se llevó a cabo de forma exhaustiva para determinar las tensiones presentes en las estructuras previstas en ambas configuraciones. Utilizando el enfoque de estados límite de acuerdo con las recomendaciones de ACI 318-19 y NEC, se desarrollaron los elementos fabricados en hormigón armado. Por otro lado, los componentes de acero estructural se diseñaron de acuerdo con las recomendaciones AISC 360-16 y NEC. Las cargas que se aplicaron a los edificios se determinaron de forma adecuada. Se comprobó



que las derivas provocadas por las cargas sísmicas eran significativamente diferentes entre sí, lo que pone de manifiesto que la deformación en la armadura de hormigón es mayor que en la armadura de acero, a pesar de que ambas armaduras estaban expuestas a la misma aceleración. Ambas construcciones son viables, como lo demuestra el hecho de que las deformaciones descubiertas siguen estando dentro del rango aceptable. Basándose en los resultados del estudio económico, se determinó que el coste global de la armadura de acero era un 33% superior al coste del edificio de hormigón armado. Por otra parte, la construcción de una estructura reforzada con acero se realiza cinco semanas más rápidamente que la construcción de un edificio de hormigón armado, según las conclusiones del estudio que examinó el tiempo de ejecución.

(Chávez & Lozano, 2021) en su estudio titulado "Comparativo de diseño de puentes de viga-losa en concreto y armadura de acero", este proyecto se da con la intención de comparar dos tipos diferentes de diseños de puentes para entender mejor las diferencias y similitudes entre ellos. Para lograr el objetivo, es necesario sugerir una alternativa de diseño que se distinga de las tradicionales y pueda ser considerada como una opción factible para puentes de poca luz. Para las tipologías que se investigaron, los diseños que se compararon hicieron uso de los códigos de diseño colombianos pertinentes, además de las sugerencias de la literatura aplicable. Se examinaron las similitudes y diferencias de dos diseños de puentes. Uno de los diseños utilizaba vigas de hormigón, mientras que el otro utilizaba vigas plegables de acero. Según las normas de Barth, ninguno de los puentes superaba los 18 metros de longitud. El objetivo era disponer ambos puentes de forma que fueran matemáticamente comparables entre sí. Por otro lado, se comprobó que las partes estructurales de hormigón tenían una altura mayor en comparación con las de acero, a pesar de que soportaban presiones comparables. En comparación con la armadura de hormigón, la de acero resultó ser un cincuenta y cuatro por ciento más pequeña. El diseño hecho de acero demostró atributos superiores al diseño hecho de hormigón en varios aspectos, incluyendo agilidad de diseño, resistencia a las fuerzas actuantes y agilidad de



diseño. Por otra parte, se utilizaron las ecuaciones de Barth para el cálculo del momento de diseño debido a su precisión y al hecho de que se sometieron a pruebas rigurosas para validar su eficacia. Por otra parte, el puente de acero mostró una desventaja en términos de deflexiones, ya que se desvió 22 milímetros, en contraste con el diseño de hormigón, que se desvió 15,1 milímetros, a pesar de que ambos valores están dentro de los límites permitidos por la norma. Esto da crédito a la idea de que la construcción de hormigón puede proporcionar a los consumidores una impresión más favorable de seguridad personal. Cuando se analizó el coste de los materiales, se descubrió que el coste del puente de acero era un 263% superior al del puente de hormigón. Esto puede ser un factor decisivo a la hora de elegir qué diseño adoptar, a pesar de que el acero presenta una serie de ventajas en cuanto a sus características físicas. Otros gastos, como el levantamiento, el tiempo de construcción y la apertura al tráfico, también son significativos y pueden variar de un lugar a otro en función de la naturaleza del proyecto.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

(Julcarima & Yerson, 2020) en su estudio titulado "Análisis comparativo entre estructura de concreto armado y armadura de acero para diseño de vivienda multifamiliar, Villa el Salvador, 2020", tuvieron como objetivo realizar un análisis comparativo entre dos estructuras de diferentes materiales: una de concreto armado y otra de acero estructural. El propósito de este estudio fue determinar cuál de las dos estructuras es más conveniente para un desarrollo habitacional multifamiliar de cinco pisos en Villa el Salvador. El estudio es de carácter aplicado, adopta un método cuantitativo no experimental y está diseñado con un carácter descriptivo y transversal. En cada uno de estos edificios se tuvo en cuenta el Reglamento Nacional de Edificación durante el proceso de diseño. El diseño del hormigón armado se llevó a cabo utilizando la técnica de resistencia, mientras que el diseño del acero se realizó utilizando el enfoque LRFD. Ambas estructuras se sometieron a un estudio sísmico, que incluyó análisis estáticos y dinámicos. Además, se llevó a cabo



el análisis. Basándose en los resultados, se determinó que el edificio de hormigón armado tenía más fuerzas laterales, aunque la armadura de acero es un treinta por ciento más ligera. En comparación con la armadura de hormigón armado, la armadura de acero presentaba valores inferiores en cuanto a la cantidad de distorsiones o derivas que se producían en las entreplantas. El coste de la armadura de acero fue un cinco por ciento inferior al del hormigón armado en términos de gasto total. En comparación con la estructura de acero, la estructura de hormigón armado tiene una fuerza cortante basal de 117,87 toneladas, mientras que la estructura de acero tiene 62,10 toneladas. Además, esto demuestra que la estructura de hormigón armado es capaz de soportar mayores esfuerzos laterales como consecuencia de su mayor peso. Una vez realizado el estudio comparativo, se concluyó que la armadura de acero es el material más apropiado para el diseño de una vivienda multifamiliar de cinco pisos en Villa El Salvador. Para ser más específicos, la armadura de acero tiene una reacción superior cuando es sometida a esfuerzos sísmicos. Esto se debe a su menor peso y mayor ductilidad, lo que la hace más resistente a la actividad sísmica.

(Cruz, 2018) en su estudio titulado "Análisis Comparativo entre Sistemas de Concreto Armado y Estructuras de Acero en el Diseño de un Edificio", el objetivo principal fue comparar los parámetros que distinguen los sistemas de refuerzo de hormigón armado de los sistemas de refuerzo de acero en el contexto del diseño de un edificio de cinco pisos. Se realizó en su modalidad de pre-experimento con evaluación post-test con un solo grupo. Debido a la utilización de materiales que poseen una alta resistencia a las solicitaciones de carga, una mayor ductilidad a las deformaciones, un desempeño constructivo más rápido, la capacidad de cubrir grandes luces en las vigas reticuladas, un menor peso estructural y menores desplazamientos en caso de sismos, el sistema de acero estructural ofrece una serie de ventajas. Para ser más específicos, se descubrieron las siguientes conclusiones: Para el diseño de columnas de hormigón armado, el valor más alto posible



del momento de vuelco a lo largo del eje X fue de 19,98 TN-m, y la fuerza cortante para la columna C10 fue de 15,95 TN durante todo el proceso de diseño. Por otro lado, las vigas del diseño de acero estructural tuvieron una fuerza cortante que alcanzó su valor máximo de 8,41 TN siempre que se aplicó. El diseño de hormigón armado utilizó tanto losas aligeradas como losas macizas, mientras que el diseño de acero estructural utilizó losas compuestas con viguetas de acero. Ambos diseños se utilizaron en la construcción del edificio. Los mayores desplazamientos que se produjeron como resultado de las fuerzas sísmicas fueron de 28,8 milímetros a lo largo del eje Y para el hormigón armado y de 18,1 milímetros a lo largo del eje Y para el acero estructural, según el análisis sísmico. En la columna más esencial, el cortante basal en el diseño de hormigón armado fue de 14,86 TN, pero en el diseño de acero estructural fue de 1,82 TN. Esta discrepancia demuestra que existe una disparidad significativa entre los dos diseños. Hubo una diferencia de S/. 19,467.99 entre el costo del edificio con acero estructural de las mismas proporciones y el costo del edificio con sistema de concreto armado, que fue de S/. 626,284.70. El edificio con acero estructural tuvo las mismas dimensiones que el edificio con concreto armado. El tiempo de ejecución del sistema de acero estructural fue de 125 días, mientras que el tiempo de ejecución del sistema de concreto armado fue de 162 días. Esto da al sistema de acero estructural una ventaja de 21 días en términos de tiempo de ejecución. Estos resultados sugieren que el sistema de acero estructural es una opción atractiva para el diseño de edificios multifamiliares de cinco plantas, a pesar de que su coste inicial es algo superior al de otros sistemas.

(Ampudia, 2021) en su estudio titulado "Diseño en concreto armado de una vivienda multifamiliar de diez niveles con el sistema estructural dual, Miraflores, Lima, 2021", tiene como objetivo realizar el diseño de una estructura en concreto armado para una vivienda multifamiliar de diez pisos con sistema estructural dual en la ciudad de Lima, más específicamente en el barrio de Miraflores. Este proyecto de investigación se centra en el



diseño y análisis estructural de estructuras de hormigón armado de 10 pisos de altura sin estacionamientos. Para aprovechar al máximo las posibilidades que presentan las losas, se planteó que las losas de entrepiso sean losas macizas bidireccionales de veinte centímetros de espesor. Los edificios se modelaron en tres dimensiones para evaluar los efectos de las tensiones sísmicas y gravitatorias. Para simular el proceso de construcción se utilizó el análisis de cargas gravitatorias. Los resultados del análisis dinámico se compararon con los del análisis estático, y se comprobó que el primero era mayor que el noventa por ciento del segundo. Además, se realizó un análisis sísmico para determinar el desplazamiento y las fuerzas internas presentes en la estructura. La distorsión entre pisos se utilizó para medir la mejora de la rigidez de la estructura. Los resultados mostraron que la distorsión entre pisos era inferior a  $7/1000$ , lo que se ajusta a las especificaciones definidas por la norma NTE E-030. Como resultado del sistema dual, las placas son capaces de absorber momentos sísmicos del orden de 100 a 200 toneladas-metro, mientras que los pilares son capaces de absorber momentos flectores mínimos del orden de 1 tonelada-metro. La estructura se construyó teniendo en cuenta la técnica de la resistencia última, lo que significa que la resistencia de diseño es superior o igual a la resistencia magnificada (actuante). Esto se hizo para el caso de que el edificio se derrumbara. Tras un cuidadoso examen, se llegó a la conclusión de que la utilización de la estructuración, el predimensionamiento y el análisis estructural de forma adecuada permite gestionar la deriva, garantizando así que la estructura posea un nivel suficiente de rigidez.

### **2.1.3 Antecedentes regionales**

(López, 2023) en su investigación denominada " Análisis comparativo del comportamiento estructural entre sistemas de concreto armado y estructuras compuestas para una vivienda en Juliaca - Puno, 2022", se centró en una vivienda multifamiliar de cinco pisos de altura y con azotea. Realizar un estudio comparativo del comportamiento estructural de un sistema de concreto armado y un sistema de estructura compuesta fue



el objetivo principal. La finalidad de este análisis era establecer cuál de los dos sistemas proporciona un comportamiento superior en las circunstancias particulares que se dan en la región. Para la realización de este estudio se utilizó un diseño descriptivo comparativo que no involucró experimentos. Se eligió como muestra representativa para este estudio la residencia multifamiliar típica de Juliaca. La vivienda en Juliaca tiene una serie de limitaciones, tanto por su tamaño como por su diseño arquitectónico. Estas limitaciones se ven aún más dificultadas por factores relacionados con el emplazamiento, como la zonificación (Z3) y el tipo de suelo (S3). Estos factores geológicos y normativos influyen considerablemente en el diseño y la construcción de edificios seguros y eficientes. En el proceso de análisis del sistema de hormigón armado, se descubrieron los siguientes hallazgos: un periodo de vibración en la dirección X ( $T_x$ ) de 0,548 segundos y en la dirección Y ( $T_y$ ) de 0,516 segundos, con una masa participante del 75,32% y del 73,09%, respectivamente. Se alcanzaron estos resultados. En la base, las fuerzas que se midieron fueron  $V_x=156,97$  toneladas de fuerza (tnf) y  $V_y=117,19$  toneladas de fuerza (tnf). Por otro lado, el sistema de estructura compuesta demostró un periodo de vibración de 0,626 segundos en la dirección X ( $T_x$ ) con una participación de la masa del 82,57%, y un periodo de vibración de 0,399 segundos en la dirección Y ( $T_y$ ) con una participación de la masa del 68,99%. Ambos periodos de vibración se midieron en segundos. Para este sistema en particular, las fuerzas presentes en la base fueron  $V_x=83,01$  tnf y  $V_y=117,01$  tnf. A pesar de que los periodos de vibración y las masas que participaron en el sismo son diferentes, los hallazgos que se obtuvieron sugieren que ambos sistemas estructurales exhiben un comportamiento que es comparable cuando se trata del sismo que se diseñó.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 *Concreto armado*

El concreto armado es una combinación de cemento, grava, arena y acero de refuerzo. Esta mezcla une las propiedades mecánicas del concreto y del acero, formando



un material capaz de soportar tanto cargas de compresión como de tensión. Mientras que el concreto sin refuerzo es incapaz de resistir cargas de tensión, el acero de refuerzo lo complementa, proporcionando la resistencia necesaria (Cespedes & Laban, 2021).

Una de las principales ventajas del concreto armado es la facilidad con la que se pueden obtener sus componentes en todo el país, lo que asegura una producción continua y accesible. Además, el concreto puede ser fabricado con diferentes niveles de resistencia, lo que permite su uso en un amplio rango de proyectos de construcción, desde pequeñas edificaciones hasta infraestructuras de gran envergadura (Perozo & Almánzar, 2016).

Otra prerrogativa importante de este material en la industria es su alta demanda, que fomenta la competencia entre los proveedores. Esta competencia mantiene los precios relativamente bajos, lo que puede reducir significativamente los costos de los proyectos de construcción. En resumen, el concreto armado no solo ofrece excelentes propiedades mecánicas y versatilidad, sino también una accesibilidad económica que lo convierte en una opción favorable para diversas aplicaciones en la reconstrucción (Ampudia, 2021).

El concreto armado es un material fundamental en la construcción de grandes obras civiles debido a sus propiedades únicas y versátiles. Algunas de las aplicaciones más destacadas del concreto armado incluyen:

- Puentes: Gracias a su capacidad para soportar tanto cargas de compresión como de tensión, el concreto armado es ideal para la construcción de puentes, ofreciendo durabilidad y resistencia a largo plazo.
- Edificios: Desde rascacielos hasta edificios residenciales y comerciales, el concreto armado proporciona la estructura necesaria para soportar grandes cargas y resistir eventos sísmicos, garantizando la seguridad y estabilidad de las edificaciones.



- **Viviendas:** En la construcción de viviendas, el concreto armado se utiliza tanto en los cimientos como en las paredes y techos, proporcionando una base sólida y duradera que protege contra las inclemencias del tiempo y otros factores externos.
- **Túneles:** La resistencia del concreto armado a las fuerzas de compresión lo convierte en un material esencial para la construcción de túneles, permitiendo crear estructuras subterráneas seguras y estables.
- **Presas:** Las presas requieren materiales que puedan soportar enormes presiones de agua, y el concreto armado es perfecto para esta tarea debido a su robustez y durabilidad (Chacón, 2018).

Además de estas aplicaciones, el concreto armado se utiliza en una variedad de otras infraestructuras, como viaductos, carreteras, muelles y estructuras industriales. Su versatilidad y capacidad para ser moldeado en formas diversas lo hacen un material insustituible en la ingeniería civil moderna. Su disponibilidad, junto con su relación costo-beneficio, refuerza su importancia en la construcción, facilitando la realización de proyectos de alta calidad y gran envergadura (Chacón, 2018).

### **Ventajas**

El concreto ofrece numerosas ventajas para su uso en la edificación, destacando por sus propiedades mecánicas, durabilidad y economía. Algunas de las principales ventajas son:

- **Mayor resistencia a la compresión:** Comparado con el acero estructural, el concreto armado tiene una resistencia superior a la compresión, lo que lo hace ideal para soportar cargas pesadas y mantener la integridad estructural.



- **Larga vida útil:** La firmeza del concreto no estrecha con el turno; de hecho, aumenta debido al proceso continuo de solidificación de la pasta de cemento. Esto garantiza una vida útil prolongada para las estructuras construidas con concreto armado.
- **Protección del acero:** El concreto actúa como un protector natural contra la corrosión del acero de asistencia. La pasta de cemento crea una barrera que previene la oxidación, siempre que las barras estén adecuadamente aisladas de la humedad ambiental, asegurando así la longevidad del refuerzo de acero.
- **Resistencia al fuego y al agua:** El concreto armado es altamente resistente al fuego y al agua, convirtiéndolo en el material estructural preferido en condiciones donde estos elementos estén presentes. Esto lo hace indispensable en la construcción de estructuras como presas, puentes y edificios de gran altura.
- **Economía y disponibilidad:** Es experimentalmente el único material económico adecuado para la construcción de zapatas, sótanos, muelles y similares. La disponibilidad de materiales locales baratos para su elaboración reduce significativamente los costos de construcción.
- **Mano de obra:** La construcción con concreto armado tiene la ventaja de requerir una mano de obra que no necesita altos niveles de especialización, en comparación con los proyectos que utilizan acero estructural. Esto se traduce en una simplificación del proceso de montaje, ya que las tareas que implica la construcción con concreto armado son más accesibles para trabajadores con formación básica. Como consecuencia, los costos asociados a la mano de obra se reducen significativamente, ya que es posible contratar personal a un costo más bajo sin comprometer la calidad del trabajo. Este aspecto hace que el concreto armado sea una opción más económica y eficiente en términos de los recursos humanos necesarios para llevar a cabo la construcción.



- **Bajo mantenimiento:** Las estructuras realizadas con concreto armado destacan por su durabilidad, lo que conlleva una necesidad mínima de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Este bajo requerimiento de mantenimiento se traduce en ahorros considerables en términos de costos operativos, ya que las intervenciones para reparaciones o refuerzos son mucho menos frecuentes en comparación con otros materiales de construcción. A largo plazo, esto representa una ventaja económica significativa, ya que los propietarios o administradores de las edificaciones pueden evitar los altos costos asociados al mantenimiento recurrente. En definitiva, el concreto armado no solo es robusto en su construcción inicial, sino que también minimiza los gastos continuos vinculados a su conservación.
- **Uso de materiales locales:** La fabricación de concreto armado aprovecha la disponibilidad de materiales locales, lo que no solo reduce costos, sino que también contribuye al desarrollo económico de la región (Untiveros, 2020).

Estas ventajas hacen del concreto armado una opción extremadamente favorable para una amplia variedad de desarrollos de construcción, desde pequeñas viviendas hasta construcciones de gran alcance civil. Su durabilidad, resistencia y costo-beneficio lo convierten en un material indispensable en la ingeniería y la arquitectura modernas.

### **Desventajas**

Aunque el concreto armado es un material ampliamente utilizado en la construcción debido a sus numerosas ventajas, también presenta algunas desventajas que deben tenerse en cuenta:

- **Baja resistencia a la tensión:** El concreto tiene una resistencia muy baja a la tensión, lo que hace imprescindible el uso de acero de refuerzo para compensar esta debilidad y garantizar la integridad estructural.



- Necesidad de formaletas: Durante el proceso de construcción con concreto armado, es indispensable el uso de formaletas para mantener el concreto en su lugar hasta que haya alcanzado un nivel suficiente de endurecimiento. Estas formaletas son moldes temporales que dan forma al concreto mientras fragua, y su utilización implica un aumento tanto en los costos como en el tiempo de construcción. Este gasto adicional es inevitable debido a la naturaleza del concreto fresco, que no puede sostenerse por sí solo hasta que se haya endurecido completamente.
- Proceso de construcción lento: En comparación con el uso de acero estructural, el proceso de construcción con concreto armado suele ser más lento. Esto se debe a que el concreto requiere tiempo para fraguar y alcanzar la resistencia adecuada. El periodo necesario para que el concreto endurezca lo suficiente puede generar retrasos en el cronograma de construcción, ya que las etapas siguientes del proyecto dependen de que el material esté listo para soportar cargas.
- Materiales no recuperables: Una de las desventajas significativas del concreto armado es que, cuando se desmantelan o demuelen las estructuras, los materiales no pueden ser recuperados para su reutilización. Esto se debe a que el concreto y las barras de refuerzo se integran de forma permanente durante el proceso de fraguado, lo que dificulta la separación y el reciclaje. Como resultado, el valor de rescate de estas estructuras es muy bajo, y los materiales suelen terminar como escombros sin posibilidad de generar ingresos tras la demolición.
- Peso elevado: El concreto armado tiene una baja relación resistencia-peso en comparación con otros materiales, lo que implica que los miembros estructurales diseñados con concreto deben ser más grandes y pesados para soportar las mismas cargas. Este factor es especialmente relevante en construcciones con grandes luces, donde el peso propio del concreto puede aumentar significativamente las cargas



mueratas y, en consecuencia, los momentos flexionantes que deben resistir los elementos estructurales, lo que puede complicar el diseño y aumentar los costos.

- **Control de calidad:** La calidad del concreto armado está intrínsecamente vinculada a las operaciones de mezcla, colocación y curado del material. Para garantizar que el concreto cumpla con los estándares de resistencia y durabilidad, es necesario implementar un control de calidad constante durante todas las fases del proceso. Sin embargo, la colocación del concreto en obra no siempre se lleva a cabo en un entorno controlado, lo que puede generar variaciones en la uniformidad del material y afectar su resistencia final. Esto hace que el monitoreo de las condiciones de mezcla y colocación sea un aspecto crítico para el éxito del proyecto.
- **Variabilidad en las propiedades:** Las propiedades del concreto armado pueden experimentar una considerable variabilidad debido a factores como la dosificación, el mezclado y las condiciones en las que se coloca. Estas diferencias pueden influir en la consistencia y confiabilidad del material dentro de la estructura final, haciendo que su desempeño no siempre sea homogéneo. El control riguroso de las proporciones y el proceso de mezclado es esencial para minimizar esta variabilidad y garantizar que el concreto cumpla con los requisitos estructurales establecidos.
- **Control en la colocación y curado:** A diferencia de otros materiales de construcción, como el acero, que son fabricados bajo estrictos controles industriales, la colocación y el curado del concreto armado a menudo no se realizan bajo condiciones controladas. Esta falta de supervisión estricta puede impactar negativamente en la calidad del concreto, lo que, a su vez, afecta la durabilidad y la resistencia de la estructura. El curado adecuado es esencial para que el concreto alcance su máxima resistencia, por lo que cualquier descuido en esta etapa puede comprometer la longevidad del proyecto.

- Dimensiones grandes: Los elementos estructurales de concreto armado suelen tener dimensiones grandes, lo que puede ser una limitación en términos de diseño y espacio disponible en ciertos proyectos (Vera, 2017).

En resumen, aunque el concreto armado ofrece muchas ventajas en términos de resistencia y durabilidad, también presenta desafíos que deben gestionarse adecuadamente durante el proceso de construcción para asegurar que la estructura final cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

### **2.2.2 Estructura de concreto armado**

La utilización de estructuras de concreto armado se remonta a las últimas décadas del siglo XIX, un periodo en el que los materiales que lo componen comenzaron a evolucionar y perfeccionarse, permitiendo su expansión por diversas partes del mundo. A lo largo de su desarrollo, el concreto armado ha demostrado una notable capacidad de resistencia, lo que contribuyó a que su uso se consolidara globalmente como una opción predilecta en la construcción. En el contexto peruano, los primeros barriles de cemento hicieron su llegada en el año 1850, inicialmente con el propósito de ser utilizados en las cimentaciones. Con el paso del tiempo, el concreto empezó a combinarse con acero, ampliando su aplicación en la construcción de viviendas y otras infraestructuras. Este material, apreciado por su durabilidad y solidez, ha mantenido su relevancia en la industria de la construcción en el Perú, siendo utilizado extensamente desde entonces y hasta nuestros días (Arriaga & Lazaro, 2020).

Las ventajas del concreto armado sobre otros materiales son notables. Su vida útil extensa y su gran resistencia le confieren un carácter casi monopolístico en el ámbito de las estructuras, los diseños de estas estructuras se centran en elaborar esfuerzos admisibles, un proceso que hoy en día se realiza con la ayuda de programas informáticos



avanzados. Estos programas permiten un análisis y diseño más precisos, mejorando la eficiencia y seguridad de las construcciones modernas (Camino & Sánchez, 2023).

Una estructura de concreto armado constituye un sistema constructivo sumamente extendido en el ámbito de la ingeniería civil y la arquitectura, debido a la combinación de dos materiales con propiedades complementarias: el concreto, que posee una alta resistencia a la compresión, y el acero, que se destaca por su capacidad para resistir tensiones de tracción. La sinergia entre estos dos materiales permite la creación de estructuras capaces de soportar tanto cargas pesadas como condiciones ambientales adversas, lo que resulta en edificaciones e infraestructuras de gran durabilidad y fiabilidad. Este tipo de sistema constructivo es empleado en una amplia variedad de proyectos, que incluyen la construcción de edificios, puentes, presas y otras obras de ingeniería de gran envergadura, garantizando la solidez y estabilidad de las estructuras a lo largo del tiempo (Baquerizo, 2017).

El concreto armado está compuesto por concreto (una mezcla de cemento, agua, arena y grava) y barras de acero (también conocidas como varillas o armaduras). Estas barras de acero se colocan estratégicamente dentro del molde de concreto antes de que este sea vertido y fraguado. El acero aporta la resistencia a la tracción necesaria para que la estructura pueda soportar tensiones y deformaciones, mientras que el concreto proporciona la resistencia a la compresión (Baquerizo, 2017).

### **2.2.2.1 Aspectos del concreto armado**

El concreto armado es el material más utilizado en la construcción local, y esto se debe a diversas razones que inclinan la balanza a su favor.



- Disponibilidad de materiales: Los componentes del concreto armado, como la grava, la arena, el cemento y las barras de refuerzo, son ampliamente disponibles en el mercado, facilitando su uso generalizado.
- Facilidad de manejo: El concreto armado es relativamente sencillo de trabajar, lo que no requiere habilidades excesivas por parte de los obreros. Esto contribuye a su popularidad, aunque también genera problemas de autoconstrucción sin planos estructurales adecuados.
- Costo económico: Comparado con otras opciones estructurales, el concreto armado resulta ser más económico. Los costos de mano de obra para este material son bajos y las obras se pueden realizar rápidamente, reduciendo el costo total.
- Moldeabilidad: El concreto es altamente moldeable, permitiendo adaptarse a casi cualquier forma mediante el uso de diversos tipos de encofrados. Esto lo hace adecuado para una amplia gama de proyectos, desde puentes y edificios hasta plataformas marinas.
- Durabilidad: El concreto armado tiene una durabilidad considerable y requiere menos mantenimiento que las estructuras de acero. Además, el mantenimiento necesario es más económico.
- Resistencia al fuego: Este material es resistente al fuego, proporcionando tiempo suficiente para la evacuación en caso de incendio, generalmente entre 1 y 3 horas, sin necesidad de recubrimientos especiales adicionales.
- Aspecto estético: Los acabados del concreto armado son variados y estéticamente agradables, sin limitarse a secciones estándar como ocurre con otros materiales como el acero y la madera.



- **Monolitismo y redundancia:** Las estructuras de concreto armado ofrecen monolitismo y alta redundancia, favoreciendo la redistribución de fuerzas y aumentando el grado de seguridad de la estructura (Torres, 2019).

### **Composición y resistencia del concreto armado**

El concreto armado es una combinación de concreto y acero. El concreto soporta los esfuerzos de compresión y el acero los de tracción. La resistencia a la compresión del concreto es un indicador de su calidad, determinado mediante ensayos de laboratorio y utilizado por las normas para definir sus características mecánicas (Torres, 2019).

La resistencia a la compresión ( $f_c$ ) depende de varios factores, como la calidad de los agregados y la relación agua-cemento. Sin embargo, esta resistencia puede verse afectada por factores externos a la mezcla, incluyendo:

- Errores en la compactación y colocación en obra.
- Curado deficiente o diferente al aplicado a la probeta.
- Segregación de agregados en columnas.
- Diferencias significativas de dimensión y forma entre el elemento y la probeta.
- Diferencia en los esfuerzos sufridos entre la probeta y el elemento (Torres, 2019).

### **2.2.3 Acero estructural**

El acero estructural es una aleación compuesta predominantemente de hierro y carbono, a la cual se le incorporan pequeñas cantidades de otros elementos, como el silicio, fósforo, azufre y oxígeno. Estos componentes adicionales le otorgan al acero características específicas que lo hacen altamente adecuado para su uso en la construcción y en diversas aplicaciones industriales. La combinación de estos elementos no solo refuerza las propiedades del material, sino que también lo convierte en una opción clave en proyectos de ingeniería y fabricación de estructuras.

Un aspecto fundamental del acero estructural es el contenido de carbono, que tiene una influencia determinante en sus propiedades mecánicas. A medida que el contenido de carbono aumenta, el acero se vuelve más resistente a la tracción y más duro, pero esta mejora en resistencia viene acompañada de una reducción en la tenacidad y la ductilidad del material. Generalmente, el porcentaje de carbono en el acero estructural se mantiene por debajo del 1%, aunque en ciertos tipos especializados de acero este contenido puede alcanzar hasta el 1.9%.

Una de las principales ventajas del acero estructural es su gran versatilidad. Este material puede fabricarse de manera económica en una amplia variedad de formas y tamaños sin que sus propiedades físicas se vean alteradas de manera significativa. Esta flexibilidad en la producción permite que el acero estructural sea utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde la construcción de edificios y puentes, hasta la fabricación de maquinaria y componentes de vehículos. Su capacidad para adaptarse a diferentes formas y necesidades, manteniendo su resistencia y durabilidad, lo convierte en un material indispensable en la industria moderna.

### Figura 1

*Armadura de acero*



Nota: Tomada de Google

Además, el acero estructural es conocido por su durabilidad y capacidad para soportar cargas pesadas, lo que lo convierte en un material indispensable en la ingeniería civil y la arquitectura. Su resistencia a la deformación y al desgaste, junto con su capacidad para ser reciclado, lo hace también una opción sostenible y económica en proyectos a largo plazo.

El acero estructural posee una variedad de propiedades físicas y mecánicas que pueden ajustarse mediante modificaciones en su composición y tratamientos térmicos, químicos o mecánicos. Estas propiedades hacen que el acero sea un material versátil y adecuado para numerosas aplicaciones. A continuación, se describen algunas de sus características más relevantes:

- **Alta resistencia mecánica:** El acero estructural tiene una elevada resistencia tanto a la tracción como a la compresión, lo que se debe a su composición química. La resistencia a la tensión y a la compresión se evalúa mediante ensayos de laboratorio, determinando el límite elástico y el esfuerzo de rotura del material.
- **Elasticidad:** El acero presenta una alta elasticidad, lo que significa que puede estirarse y, antes de alcanzar su límite elástico, regresar a su forma original. Esta propiedad es crucial para su uso en aplicaciones donde se requieren materiales que puedan absorber y liberar energía sin deformarse permanentemente.
- **Soldabilidad:** El acero es un material altamente soldable, lo que permite la unión de diferentes piezas para formar estructuras complejas. Esta característica facilita la construcción de una amplia variedad de estructuras mediante soldadura.
- **Ductilidad:** El acero posee una alta ductilidad, lo que le permite ser trabajado, doblado y torcido sin romperse. Esta capacidad de absorber deformaciones bajo altos esfuerzos de tensión y luego regresar a su estado original es esencial para su uso en aplicaciones estructurales.



- **Forjabilidad:** El acero puede ser forjado, es decir, calentado y moldeado mediante martillazos para adoptar diversas formas deseadas. Esta propiedad es especialmente útil en la fabricación de componentes personalizados y piezas estructurales.
- **Trabajabilidad:** A pesar de su alta resistencia, el acero puede ser cortado y perforado sin perder su eficacia. Esta característica facilita su uso en la fabricación y ensamblaje de estructuras y componentes.
- **Oxidación:** El acero presenta una elevada susceptibilidad a la oxidación cuando se expone de manera simultánea al aire y al agua, lo que puede provocar corrosión con el tiempo. Este proceso de corrosión se acelera particularmente en ambientes que contienen agua salina, como las áreas costeras. Para mitigar este problema y prolongar la vida útil del acero en tales condiciones, se emplean varios tratamientos protectores, como recubrimientos anticorrosivos o galvanizados. Además, en algunos casos se utilizan aleaciones específicas, como el acero inoxidable, que incluye cromo y otros elementos que mejoran su resistencia a la corrosión.
- **Transmisor de calor y electricidad:** El acero es un material que actúa como un buen conductor tanto de calor como de electricidad. No obstante, una de sus limitaciones es que su resistencia mecánica se ve notablemente reducida cuando se somete a altas temperaturas. Esto lo convierte en una opción menos adecuada para aplicaciones en las que existen riesgos de incendios o temperaturas extremas. En estos casos, se prefiere el uso de aleaciones especiales como el acero al níquel o al aluminio, que mantienen mejor su integridad estructural bajo condiciones de alta temperatura, ofreciendo mayor seguridad y durabilidad.
- **Uniones o conexiones:** Las piezas de acero estructural suelen ser fabricadas previamente en instalaciones industriales y, posteriormente, son transportadas al sitio de construcción para su ensamblaje final. Las conexiones entre las diferentes piezas pueden realizarse mediante dos métodos principales: uniones rígidas o uniones

flexibles. Las uniones rígidas se logran utilizando técnicas de soldadura, donde las piezas se empotran firmemente para crear una estructura continua. Por otro lado, las uniones flexibles se ensamblan mediante pernos o tornillos, permitiendo cierto grado de movimiento y articulación entre las piezas, lo que puede ser ventajoso en ciertas aplicaciones donde se requiere flexibilidad estructural. Estas diferentes formas de conexión permiten adaptar el acero estructural a una variedad de requerimientos en proyectos de construcción (Bautista, 2023).

Estas características hacen del acero estructural un material indispensable en la construcción y en muchas otras industrias, proporcionando la resistencia, versatilidad y durabilidad necesarias para soportar las demandas de diversos proyectos.

El acero estructural es ampliamente utilizado en la construcción debido a sus excelentes propiedades mecánicas, durabilidad y versatilidad. Sus aplicaciones son diversas y abarcan múltiples tipos de estructuras. A continuación, se detallan algunas de las principales utilidades del acero estructural en la construcción:

- **Edificios:** El acero estructural es fundamental en la construcción de edificios, tanto comerciales como residenciales. Su alta resistencia y capacidad para soportar grandes cargas lo convierten en un material ideal para la construcción de rascacielos, centros comerciales, oficinas y otros edificios de gran envergadura. Además, su capacidad para ser prefabricado y ensamblado en el sitio de construcción permite una mayor eficiencia y precisión en los proyectos.
- **Puentes:** Los puentes de acero estructural son comunes debido a la resistencia del material a la tracción y la compresión, así como su durabilidad frente a condiciones ambientales adversas. El acero permite la construcción de puentes largos y robustos, capaces de soportar el tráfico pesado y las cargas dinámicas.



- **Viviendas:** En el sector residencial, el acero estructural se utiliza para construir viviendas seguras y duraderas. Su resistencia a terremotos y otras fuerzas naturales hace que sea una opción popular en áreas propensas a desastres naturales. Además, la capacidad de personalizar el diseño arquitectónico con acero proporciona una gran flexibilidad en la construcción de viviendas modernas y eficientes.
- **Naves industriales:** Las naves industriales y almacenes suelen construirse con estructuras de acero debido a la necesidad de grandes espacios sin columnas interiores que interfieran con el almacenamiento y el movimiento de mercancías. El acero estructural permite la construcción de grandes claros y techos altos, ofreciendo el espacio y la resistencia necesarios para las operaciones industriales.
- **Rótulos de gran altura:** El acero estructural es ideal para la construcción de rótulos de gran altura y estructuras publicitarias debido a su capacidad para soportar fuertes vientos y condiciones climáticas adversas. La robustez y durabilidad del acero aseguran que estos rótulos permanezcan estables y seguros durante largos períodos.
- **Infraestructuras de transporte:** El acero estructural también se utiliza en la construcción de infraestructuras de transporte, como estaciones de tren, aeropuertos y terminales de autobuses. Su capacidad para soportar grandes multitudes y equipos pesados lo convierte en el material preferido para estas aplicaciones.
- **Estructuras deportivas y de entretenimiento:** Estadios, arenas y otras instalaciones deportivas y de entretenimiento se benefician del uso de acero estructural debido a su capacidad para crear grandes espacios abiertos y soportar multitudes. La flexibilidad de diseño del acero permite la creación de estructuras innovadoras y atractivas.
- **Torres de telecomunicaciones:** Las torres de telecomunicaciones y antenas también se construyen comúnmente con acero estructural debido a su necesidad de altura y

estabilidad. El acero proporciona la resistencia necesaria para soportar equipos pesados y resistir condiciones meteorológicas extremas.

Según la normativa de la (E.030, 2018) define varios sistemas estructurales de acero, cada uno con características específicas y capacidades de deformación inelástica. Estos sistemas son cruciales para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras en situaciones de carga sísmica. A continuación, se describen los principales tipos de pórticos estructurales de acero:

- **Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF):** Estos pórticos están diseñados para proporcionar una notable capacidad de deformación inelástica, permitiendo que las vigas se deformen plásticamente mediante la fluencia por flexión, mientras que las zonas de los paneles de las columnas experimentan una fluencia limitada. Un aspecto clave de este diseño es que las columnas deben tener una resistencia significativamente mayor que las vigas, especialmente cuando estas últimas están sometidas a endurecimiento por deformación. Esto asegura que la energía sísmica se disipe principalmente a través de la deformación de las vigas, evitando que las columnas absorban el impacto y se vean comprometidas estructuralmente.
- **Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF):** Los pórticos intermedios están diseñados para ofrecer una capacidad moderada de deformación inelástica en sus elementos y conexiones, sin llegar a los niveles de flexibilidad de los SMF. Los IMF proporcionan un equilibrio entre rigidez y ductilidad, lo que los hace adecuados para estructuras de altura media y para aplicaciones donde se espera una demanda sísmica moderada. Este tipo de pórtico permite que la estructura soporte cierta cantidad de deformación plástica, manteniendo un comportamiento seguro y eficiente bajo cargas sísmicas intermedias.
- **Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF):** Los pórticos ordinarios están diseñados con una capacidad mínima para la deformación inelástica, lo que significa

que los elementos estructurales y sus conexiones no están diseñados para absorber grandes deformaciones. Este tipo de pórtico es más adecuado para estructuras situadas en zonas con baja actividad sísmica, donde la rigidez y la resistencia de la estructura son factores más críticos que su capacidad de deformarse plásticamente. Su aplicación es ideal en proyectos donde la demanda sísmica es baja y la seguridad se garantiza más por la resistencia que por la flexibilidad estructural.

- **Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF):** Estos pórticos están diseñados para ofrecer una capacidad de deformación inelástica significativa, permitiendo que los arriostres en compresión resistan las cargas a través de su capacidad post-pandeo y que los arriostres en tracción experimenten fluencia. Los SCBF son particularmente efectivos en zonas con alta demanda sísmica, ya que son capaces de disipar grandes cantidades de energía mediante deformaciones plásticas. Este tipo de pórtico ofrece una robusta capacidad para manejar las fuerzas sísmicas, protegiendo la estructura mediante la absorción controlada de energía.
- **Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF):** Los pórticos OCBF están diseñados para tener una capacidad limitada de deformación inelástica, lo que implica que sus elementos estructurales y conexiones no están preparados para soportar grandes deformaciones plásticas. Son adecuados para proyectos situados en zonas de demanda sísmica moderada, donde los costos y la simplicidad en la construcción son consideraciones importantes. Aunque no ofrecen el mismo nivel de energía disipada que los SCBF, los OCBF son una opción económica y eficiente para entornos con menor riesgo sísmico.
- **Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF):** Los pórticos EBF están diseñados para proporcionar una capacidad significativa de deformación inelástica, principalmente a través de la fluencia en flexión o corte en las zonas entre arriostres. Este diseño combina lo mejor de los sistemas de arriostramiento concéntrico y excéntrico, lo que permite una excelente disipación de energía y un comportamiento sísmico optimizado.

Los pórticos EBF son ideales para aplicaciones donde se requiere una alta capacidad de absorción de energía sin comprometer la integridad estructural, permitiendo que la estructura se mantenga estable bajo fuertes cargas sísmicas (Herrera, 2023).

Cada uno de estos sistemas estructurales de acero tiene aplicaciones específicas y ventajas que deben ser consideradas cuidadosamente en el diseño y construcción de edificaciones, especialmente en zonas sísmicas. La elección del sistema adecuado depende de varios factores, incluyendo la altura del edificio, la demanda sísmica esperada, y los requisitos de rendimiento estructural.

### **Ventajas**

El acero estructural ofrece numerosas ventajas en la construcción, que lo convierten en un material preferido para una amplia variedad de proyectos. Algunas de las principales ventajas son:

- **Alta resistencia:** El acero se caracteriza por su alta resistencia en relación con su peso, lo que permite diseñar estructuras más livianas. Esta propiedad es particularmente ventajosa en el diseño de vigas de grandes luces, ya que reduce la cantidad de material necesario, disminuyendo el peso total de la estructura. Esto no solo facilita el transporte y manejo de los componentes, sino que también optimiza la eficiencia en términos de costos de material y logística, especialmente en proyectos a gran escala.
- **Uniformidad:** A diferencia del concreto reforzado, cuyas propiedades pueden variar con el tiempo debido a factores como el fraguado y la carbonatación, el acero mantiene una uniformidad constante en sus características mecánicas a lo largo de su vida útil. Esta estabilidad asegura que las estructuras construidas con acero conserven su integridad y desempeño estructural, lo que se traduce en una mayor confianza y seguridad en su uso a largo plazo.



- **Durabilidad:** Si se aplica un mantenimiento adecuado, las estructuras de acero pueden durar indefinidamente. Para prolongar su vida útil, es esencial proteger el acero de factores como la corrosión y otros elementos ambientales que podrían comprometer su rendimiento. Con un revestimiento adecuado y programas de inspección y mantenimiento regulares, el acero puede resistir condiciones adversas y mantenerse en óptimas condiciones estructurales durante décadas.
- **Ductilidad:** El acero tiene una notable capacidad de soportar grandes deformaciones sin fallar cuando se encuentra sometido a altos esfuerzos de tensión. Esta capacidad para deformarse localmente sin fracturarse es crucial en la ingeniería sísmica, ya que permite que las estructuras de acero absorban y disipen la energía generada por movimientos sísmicos o cargas imprevistas, evitando así fallas catastróficas que podrían poner en riesgo la seguridad.
- **Tenacidad:** La combinación de alta resistencia y ductilidad que posee el acero estructural le otorga una capacidad excepcional para absorber energía sin fracturarse, lo que es especialmente importante en estructuras expuestas a cargas dinámicas. Esta propiedad asegura que las edificaciones o infraestructuras de acero puedan soportar situaciones de sobrecarga y eventos imprevistos, garantizando la seguridad y durabilidad a largo plazo.
- **Facilidad de unión:** El acero estructural ofrece una gran versatilidad en cuanto a las formas de unión de sus componentes, permitiendo conexiones rápidas y seguras mediante diversos métodos como la soldadura, los tornillos y los remaches. Esto facilita el ensamblaje de estructuras complejas y mejora la eficiencia en el proceso de construcción, haciendo que las uniones entre los diferentes elementos sean fuertes y duraderas.
- **Prefabricación:** Los componentes de acero pueden ser fabricados previamente en talleres o fábricas con gran precisión, lo que permite un control riguroso de la calidad de las piezas. Esta prefabricación no solo garantiza la exactitud dimensional, sino que



también acelera el montaje en el sitio de construcción, reduciendo los tiempos de ejecución del proyecto y mejorando la eficiencia general del proceso constructivo.

- **Rapidez de montaje:** Las estructuras de acero se pueden ensamblar con rapidez, lo que disminuye considerablemente los tiempos de construcción y, en consecuencia, los costos asociados. Esta ventaja es particularmente valiosa en proyectos donde el tiempo es un factor crítico, ya que permite cumplir con plazos ajustados sin comprometer la calidad de la construcción.
- **Variedad de formas y tamaños:** El acero puede ser laminado en una amplia gama de formas y tamaños, lo que brinda a los diseñadores y arquitectos una gran flexibilidad en el diseño de elementos estructurales. Esto permite crear estructuras innovadoras y arquitectónicamente complejas con relativa facilidad, optimizando tanto la estética como la funcionalidad de los proyectos.
- **Alta recuperación y reciclaje:** El acero tiene la ventaja de ser completamente reciclable, lo que significa que al final de su vida útil puede ser recuperado y reutilizado sin pérdida significativa de sus propiedades. Incluso en el peor de los casos, el acero puede ser reutilizado como chatarra, lo que contribuye a la sostenibilidad y minimiza el impacto ambiental, haciendo que el acero sea un material ecológicamente responsable en la construcción.
- **Reutilización:** Una vez desmantelada una estructura de acero, los componentes pueden ser reutilizados en nuevas construcciones, lo que optimiza el uso de recursos y reduce la generación de desechos. Esta capacidad de reutilización incrementa la eficiencia de los materiales, disminuyendo la necesidad de nuevas extracciones y fabricación, lo que además reduce los costos en proyectos futuros.
- **Secciones menores y luces mayores:** Gracias a sus propiedades mecánicas, el acero permite diseñar elementos estructurales con secciones transversales más pequeñas que pueden abarcar mayores luces. Esto optimiza el uso del material y permite crear estructuras más esbeltas, mejorando tanto la estética como la funcionalidad,

especialmente en proyectos donde se requiere maximizar los espacios abiertos sin comprometer la seguridad estructural.

Estas ventajas hacen del acero estructural una opción excepcionalmente atractiva en el campo de la ingeniería y la construcción, proporcionando soluciones duraderas, eficientes y sostenibles para una amplia gama de aplicaciones

### **Desventajas**

Como ocurre con cualquier material de construcción, el acero estructural tiene ciertas desventajas que deben tenerse en cuenta al seleccionarlo y utilizarlo en proyectos.

Entre las más notables se encuentran las siguientes:

- **Costo de mantenimiento:** A pesar de su durabilidad, la mayoría de los aceros son susceptibles a la corrosión cuando están expuestos a condiciones ambientales donde el agua y el aire están presentes. Para evitar que la corrosión degrade el acero estructural, es necesario aplicar recubrimientos protectores, como pinturas anticorrosivas, de manera periódica. Esto conlleva un aumento significativo en los costos de mantenimiento a largo plazo, especialmente si la estructura se encuentra en ambientes particularmente corrosivos, como áreas cercanas al mar o expuestas a contaminantes industriales. En estos casos, puede ser necesario aplicar tratamientos adicionales, como el galvanizado o recubrimientos especiales, para garantizar la longevidad del acero y protegerlo eficazmente frente a los agentes corrosivos.
- **Costo de protección contra incendios:** Aunque el acero estructural no es inflamable, su resistencia mecánica disminuye drásticamente cuando se expone a altas temperaturas, como las que se generan durante un incendio. Dado que el acero es un excelente conductor del calor, puede acelerar la propagación de incendios al transferir el calor a áreas que no están directamente expuestas a las llamas, elevando la temperatura de materiales inflamables cercanos, como madera o textiles, y aumentando el riesgo de ignición. Para mitigar este problema, es esencial incorporar sistemas de protección

contra incendios, como recubrimientos intumescentes, que expanden y forman una barrera aislante en caso de calor extremo. Sin embargo, estos sistemas añaden costos adicionales al proyecto, tanto en términos de instalación inicial como de mantenimiento a largo plazo (Zevallos, 2023).

- Susceptibilidad al pandeo: Uno de los desafíos del acero estructural es su susceptibilidad al pandeo, especialmente en miembros esbeltos sometidos a fuerzas de compresión. El pandeo ocurre cuando los elementos estructurales, como columnas largas y delgadas, se deforman lateralmente bajo cargas compresivas, lo que compromete la estabilidad de la estructura. Aunque el acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, las columnas en particular requieren secciones transversales más grandes que las vigas para resistir este fenómeno y mantener la rigidez necesaria. No obstante, esta desventaja puede ser contrarrestada mediante el uso de perfiles que ofrezcan grandes momentos de inercia, mejorando así su capacidad para resistir las fuerzas de pandeo y asegurando la estabilidad estructural del sistema (Ramos & Ayala, 2016).

### 2.2.3.1 Propiedades del acero estructural como material estructural

El diagrama esfuerzo-deformación es una herramienta fundamental en la ingeniería de materiales, ya que nos permite identificar el esfuerzo de fluencia. Este esfuerzo de fluencia es crucial para los proyectistas durante la etapa de diseño de estructuras, ya que determina la capacidad del acero para soportar cargas sin sufrir deformaciones permanentes (Torres, 2019)

El análisis derivado de esta gráfica proporciona una comprensión detallada del comportamiento del acero bajo distintas condiciones de carga. Esta información es esencial para seleccionar el material adecuado para cada situación específica, asegurando así la seguridad y eficiencia de las estructuras diseñadas.

El diagrama esfuerzo-deformación obtenido de un espécimen sometido a tracción proporciona datos vitales sobre cómo se comporta el acero cuando se le aplica una carga a una velocidad lenta y a temperatura ambiente. Estas condiciones son representativas de la mayoría de los casos prácticos, permitiendo predecir de manera precisa cómo reaccionará el material en situaciones reales (Calizaya, 2018).

Las propiedades más importantes del acero estructural son:

- **Punto de fluencia ( $F_y$ ):** El punto de fluencia es el nivel de esfuerzo a partir del cual se rompe la proporcionalidad entre los esfuerzos aplicados y las deformaciones observadas en un material de acero libre de esfuerzos residuales. Esto significa que, una vez alcanzado este punto, el material comienza a experimentar deformaciones plásticas permanentes. Es un parámetro crucial en el diseño estructural, ya que define el límite hasta el cual el acero se comporta de manera elástica y vuelve a su forma original al eliminar la carga.
- **Resistencia a la fractura ( $F_u$ ):** La resistencia a la fractura es el esfuerzo máximo que un espécimen de acero puede soportar antes de romperse o fallar. Este es el punto en el que el material ya no puede soportar más carga y sufre una fractura. Conocer este valor es esencial para garantizar que las estructuras diseñadas con acero no alcancen este límite bajo las condiciones operativas a las que estarán sometidas.
- **Ductilidad:** La ductilidad es una propiedad que describe la capacidad del acero para deformarse considerablemente antes de fracturarse. Es una característica crucial porque permite que el acero absorba grandes cantidades de energía durante eventos extremos, como sismos, al deformarse sin romperse. La alta ductilidad garantiza que las estructuras de acero puedan resistir movimientos o cargas inesperadas sin colapsar de manera brusca, proporcionando tiempo suficiente para la evacuación o el refuerzo de la estructura.



- **Módulo de elasticidad (E):** El módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante dentro del rango elástico del acero. Para el acero estructural, este valor es aproximadamente de 29,500 Ksi (2,100,000 kg/cm<sup>2</sup>). Este parámetro es fundamental en el diseño estructural, ya que define la rigidez del material y su capacidad para deformarse elásticamente antes de alcanzar su límite de fluencia.
- **Módulo en la zona de endurecimiento por deformación (Es):** El módulo en la zona de endurecimiento por deformación, con un valor aproximado de 490,000 kg/cm<sup>2</sup>, describe la resistencia adicional que adquiere el acero una vez que ha superado la zona plástica. En esta fase, el material se vuelve más resistente, pero también más frágil. Este fenómeno es importante en el diseño de estructuras que pueden estar sometidas a grandes deformaciones sin fallar inmediatamente.
- **Relación de Poisson ( $\mu$ ):** La relación de Poisson es una constante que describe cómo un material se deforma en direcciones perpendiculares cuando se le aplica una carga. Para el acero estructural, el valor de la relación de Poisson es aproximadamente 0.30. Este parámetro es utilizado para predecir las deformaciones que experimentará el acero bajo cargas aplicadas, permitiendo a los ingenieros prever el comportamiento del material en situaciones de tensión o compresión.
- **Módulo de elasticidad en corte (G):** El módulo de elasticidad en corte es la relación entre el esfuerzo cortante aplicado y la deformación resultante en el rango elástico del material. Para el acero estructural, este valor es de aproximadamente 11,300 Ksi (800,000 kg/cm<sup>2</sup>). Es crucial en el diseño de estructuras que estarán sometidas a fuerzas cortantes, como vigas y otros elementos sometidos a cargas transversales.
- **Capacidad de absorción de energía:** Esta propiedad se evalúa por el área encerrada dentro de la curva esfuerzo-deformación de un material. La capacidad de absorción de energía es fundamental para que el acero pueda soportar grandes deformaciones sin fallar. Esta característica es especialmente importante en situaciones donde se

requiere que las estructuras disipen energía, como en el caso de los sismos, permitiendo que el acero absorba el impacto sin colapsar.

- **Soldabilidad:** La soldabilidad se refiere a la capacidad del acero para ser unido mediante el proceso de soldadura. Esta propiedad está directamente influenciada por la composición química del acero, especialmente por su contenido de carbono. Un contenido adecuado de carbono y otros elementos de aleación permite que el acero sea soldado de manera eficiente, garantizando que las uniones sean fuertes y seguras. Si el contenido de carbono es demasiado alto, puede dificultar la soldabilidad y generar problemas como grietas o fragilidad en las zonas soldadas (Tume, 2019).

Estas propiedades son esenciales para determinar el comportamiento del acero en diversas aplicaciones estructurales, garantizando la seguridad y la integridad de las construcciones.

### 2.3 Marco conceptual

- a. Concreto armado:** Es un material de construcción compuesto por concreto (una mezcla de cemento, agua, arena y grava) reforzado con barras de acero o mallas de acero. Este tipo de concreto se utiliza para aumentar la resistencia a la tracción y la flexión, lo que lo hace ideal para construir elementos estructurales como vigas, columnas y losas.
- b. Armadura de acero:** Se refiere a una estructura construida principalmente con acero, un material que tiene una alta resistencia a la tracción y compresión. Las estructuras de acero son comunes en edificios comerciales y industriales debido a su capacidad para soportar grandes cargas y su facilidad de ensamblaje y modificación.
- c. Estructura de concreto:** Es una estructura construida utilizando concreto como material principal. A menudo incluye elementos como columnas, vigas, losas y muros de



concreto. Las estructuras de concreto pueden ser de concreto armado o de concreto simple, dependiendo de si están reforzadas con acero.

- d. Vivienda multifamiliar: Es un tipo de edificio residencial que alberga a múltiples familias en unidades de vivienda separadas. Estas unidades pueden estar dispuestas en forma de apartamentos, condominios, dúplex o casas adosadas. Las viviendas multifamiliares son comunes en áreas urbanas y suburbanas donde la densidad de población es mayor y el espacio es limitado.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación es el conjunto de métodos, técnicas y procedimientos sistemáticos que se utilizan para recolectar y analizar información con el objetivo de generar conocimiento, resolver problemas o responder preguntas específicas. Este proceso organizado y estructurado permite a los investigadores obtener datos fiables y válidos, interpretar los resultados de manera coherente y presentar conclusiones fundamentadas (Hadi et al., 2023).

#### 3.1 Diseño de la investigación

El diseño no experimental se puede definir como un tipo de investigación en la que no se manipulan las variables de estudio. En este enfoque, el investigador observa y analiza las variables tal como se presentan en su entorno natural, sin intervenir activamente para modificar la variable independiente. Este tipo de diseño es adecuado para investigaciones donde se busca entender fenómenos tal como ocurren, sin alterarlos de manera intencional. De esta manera, el investigador puede explorar las relaciones existentes entre las variables y evaluar su impacto y correlaciones, sin introducir cambios deliberados que puedan influir en los resultados (Hernández et al., 2018).

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se realizará únicamente un análisis estructural que simula la realidad, sin llegar a construir o intervenir en ella directamente.

### **3.2 Métodos de la investigación**

El método de la investigación cuantitativa es un enfoque sistemático y empírico que se utiliza para investigar fenómenos mediante la recolección y el análisis de datos numéricos. Este método se basa en la objetividad y la precisión para describir, explicar y predecir fenómenos, utilizando herramientas estadísticas y matemáticas para el análisis de datos (Hadi et al., 2023).

Cuantitativo: ya que se buscó comprobar la hipótesis establecida y, de esta manera, poder responder a los objetivos utilizando los datos numéricos calculados.

### **3.3 Nivel y tipo de investigación**

#### **3.3.1 Tipo de investigación**

La investigación aplicada es un proceso cuyo objetivo principal es generar conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad. A diferencia de la investigación básica, que se centra en expandir el conocimiento teórico sin un enfoque inmediato en la práctica, la investigación aplicada utiliza los principios y teorías desarrollados en la investigación básica para resolver problemas concretos y específicos. Este tipo de investigación se basa en un enlace continuo entre la teoría y su implementación práctica, facilitando la creación de soluciones innovadoras y efectivas que puedan mejorar la calidad de vida y contribuir al desarrollo social y económico. En resumen, la investigación aplicada busca transformar el conocimiento teórico en aplicaciones tangibles que beneficien a la sociedad (Pimienta et al., 2018).

Aplicada: ya que los resultados de esta investigación nos permitirán entender el problema y, de esta manera, expandir nuestro conocimiento.

### 3.3.2 *Nivel de investigación*

El nivel de la investigación explicativo se centra en determinar las causas y los efectos de los fenómenos observados, buscando no solo describir o relacionar variables, sino también entender y explicar las razones subyacentes detrás de esos fenómenos. Este tipo de investigación es esencial para el desarrollo del conocimiento científico porque permite construir teorías y modelos que explican cómo y por qué ocurren ciertos eventos (Reyes, 2022).

**Explicativo:** ya que se buscó determinar el porqué de un fenómeno y explicarlo mediante un análisis comparativo entre la estructura del concreto y la armadura de acero.

## 3.4 Población y muestra de la investigación

### 3.4.1 *Población*

La población de investigación se refiere al conjunto total de elementos, individuos, eventos o unidades que poseen características comunes y relevantes para un estudio específico. En el contexto de la metodología de investigación, la población es la fuente de datos a partir de la cual se obtendrán conclusiones y se realizarán inferencias (Iglesias, 2021).

La población son todas las edificaciones de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno.

### 3.4.2 *Muestra*

La muestra de investigación se refiere a un subconjunto de elementos seleccionados de la población de investigación, que se utiliza para realizar un estudio. La muestra se elige de manera que represente adecuadamente a toda la población, permitiendo a los

investigadores realizar inferencias y generalizar los resultados obtenidos a la población completa (Pimienta et al., 2018).

La muestra de esta investigación es una vivienda multifamiliar de 5 niveles en la ciudad de puno.

### **3.5 Técnicas e instrumentos**

#### **3.5.1 Técnicas**

Las técnicas de investigación son un conjunto de procedimientos y herramientas especializadas que los investigadores emplean para recolectar, analizar e interpretar datos con el objetivo de generar conocimientos precisos, válidos y confiables sobre un fenómeno determinado. Estas técnicas pueden variar significativamente dependiendo de la naturaleza del estudio en cuestión, los objetivos específicos que se pretenden alcanzar y el enfoque metodológico que se adopte. Independientemente del enfoque metodológico, el uso adecuado de estas técnicas es crucial para asegurar que los datos obtenidos sean fiables y que las conclusiones derivadas de ellos tengan solidez científica, lo que permite a los investigadores contribuir al conocimiento en su área de estudio de manera significativa y fundamentada (Medina et al., 2023).

En este estudio, se han empleado las siguientes técnicas:

- Observación de manera directa.
- Análisis de datos.

#### **3.5.2 Instrumentos**

Los instrumentos de investigación son herramientas cuidadosamente diseñadas con el propósito de recolectar datos de manera precisa, válida y confiable, siguiendo un enfoque sistemático, estructurado y estandarizado. Estas herramientas son fundamentales en el ámbito de la investigación científica y académica, ya que permiten a los

investigadores obtener la información necesaria para el análisis riguroso y la interpretación detallada de los fenómenos que se están investigando. Al utilizar instrumentos bien elaborados, los investigadores pueden garantizar que los datos recogidos no solo sean relevantes y pertinentes para los objetivos del estudio, sino también consistentes y comparables, lo que facilita la evaluación de hipótesis y el desarrollo de conclusiones sólidas. Estos instrumentos varían en función de la naturaleza del estudio y del enfoque metodológico empleado, e incluyen desde cuestionarios y encuestas en investigaciones cuantitativas hasta guías de entrevistas y protocolos de observación en estudios cualitativos (Medina et al., 2023).

Los instrumentos para este estudio son:

- Fichas de observación.
- Laptop.
- Excel

### **3.6 Validación y confiabilidad del instrumento**

#### **3.6.1 Validación de instrumentos**

La validación de instrumentos es un proceso crucial en la investigación científica y social, cuyo objetivo es asegurar que un instrumento de medición (como un cuestionario, una encuesta, una prueba o cualquier herramienta de recolección de datos) realmente mida lo que pretende medir, de manera precisa y consistente. Este proceso garantiza la fiabilidad y validez de los datos obtenidos a través del instrumento (Medina et al., 2023).

#### **3.6.2 Confiabilidad de instrumentos**

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere a la consistencia y estabilidad con la que dicho instrumento mide lo que pretende medir a lo largo del tiempo. Un instrumento confiable produce resultados coherentes y reproducibles cuando se utiliza

en condiciones similares. La confiabilidad es fundamental para garantizar que las mediciones obtenidas sean precisas y representativas, lo cual es esencial para la validez de los resultados en investigaciones y aplicaciones prácticas (Medina et al., 2023).

### 3.7 Procedimiento de recolección de datos

#### 3.7.1 *Procedimiento de la recolección de datos*

El procedimiento para la recolección de información del proyecto de investigación se realizará en dos etapas.

- La primera etapa consistirá en visitar la zona donde se proyectarán los diseños estructurales. Durante esta visita, se llevará a cabo una evaluación detallada del sitio, incluyendo la recopilación de datos sobre las condiciones del terreno, factores ambientales y cualquier restricción local que pueda influir en el diseño estructural. Esta fase es crucial para entender el contexto real en el que se implementarán los diseños y asegurarse de que se tomen en cuenta todas las variables relevantes.
- La segunda etapa se llevará a cabo en gabinete, donde se procederá a la recopilación y análisis de datos utilizando las normativas vigentes para el diseño estructural de concreto armado y el diseño estructural de acero. En esta fase, se realizarán cálculos detallados y se utilizarán herramientas de software especializadas para modelar las estructuras propuestas. Además, se compararán diferentes enfoques de diseño para determinar la solución más eficiente y segura. Los resultados de esta etapa proporcionarán una base sólida para las recomendaciones finales del proyecto.
- **Primera etapa**
  - ✓ Primero, se elabora una ficha técnica para la recolección de datos en campo.
  - ✓ Se realizará la medición del lugar donde se proyectan las estructuras, con el fin de delimitar el área de diseño.



- **Segunda etapa**

- ✓ Se determinará la zona sísmica en la que se encuentra el proyecto.
- ✓ Se determinará la categoría de la estructura.
- ✓ Se determinará el sistema estructural a emplear.
- ✓ Se determinarán las cargas a las que la estructura estará expuesta.
- ✓ Se determinará el método de diseño para cada estructura.

- ❖ **Etapas de gabinete**

- En esta etapa, se procedió al modelado de los diseños estructurales propuestos utilizando el software ETABS 2016. El objetivo principal fue evaluar el comportamiento de las estructuras bajo condiciones sísmicas simuladas. Los resultados obtenidos incluyeron la medición de desplazamientos laterales, distorsiones de entrepiso, esfuerzos internos, dimensionamiento y deflexiones de los componentes estructurales. Estos datos son cruciales para asegurar la integridad y la seguridad de la estructura durante un evento sísmico.
- Utilizando los datos de los esfuerzos máximos obtenidos en la etapa anterior, se diseñaron los elementos estructurales clave, incluyendo columnas, vigas, losas de entrepiso, cimentaciones, arriostres, placas, conectores de corte, pernos, pedestales, placas base para columnas y uniones soldadas. Este diseño meticuloso es fundamental para el desarrollo de una estructura resistente y duradera, capaz de soportar tanto las cargas habituales como las excepcionales durante un sismo.
- Con los elementos estructurales definidos, se procedió a detallar las secciones de cada uno y a calcular los costos asociados para elaborar el presupuesto completo de las estructuras. Posteriormente, se desarrolló el cronograma de ejecución de la obra utilizando Microsoft Project 2013. Este cronograma fue visualizado mediante un diagrama de Gantt, herramienta gráfica que facilita la visualización de las fases

de construcción y los tiempos de ejecución, permitiendo una gestión eficaz del tiempo y los recursos.

- Finalmente, se llevó a cabo una comparativa exhaustiva entre los dos sistemas estructurales diseñados. Se analizaron diversos parámetros como las secciones transversales de los elementos, costos de mano de obra, encofrado, duración de la obra, costos de construcción y acabados. Esta evaluación permitió identificar la estructura más coste-eficiente y funcional, concluyendo con una recomendación firme para su uso en la construcción de edificaciones multifamiliares, destacando su rentabilidad y eficiencia constructiva.

### **3.7.2 *Análisis de la modelación y el diseño estructural***

#### **❖ Criterio de diseño**

Los criterios de diseño estructural abarcan un conjunto de decisiones fundamentales que implican la selección de las secciones más adecuadas para los diferentes elementos estructurales, así como la determinación de las uniones y conexiones óptimas que deben utilizarse. Estas elecciones se realizan a partir de un abanico de alternativas disponibles, considerando las características específicas de cada proyecto o situación particular. El objetivo es garantizar que la estructura sea segura, eficiente y funcional, cumpliendo con los requisitos de resistencia, estabilidad y durabilidad.

Este proceso de selección puede involucrar el uso de distintos enfoques metodológicos. Por un lado, se pueden emplear métodos que analicen el comportamiento de la estructura dentro del rango puramente elástico, es decir, cuando los esfuerzos aplicados no superan el límite de elasticidad del material y las deformaciones son completamente reversibles.

#### **❖ Diseño en rango elástico**

El diseño en rango elástico se basa en normas que permiten diseñar estructuras considerando únicamente su comportamiento dentro de este rango. Estas normas están fundamentadas en las cargas de servicio que actúan en los diferentes niveles de la estructura, así como en los esfuerzos de trabajo en cada uno de sus miembros, asegurando que estos operen con un factor de seguridad para evitar sobrepasar los valores permisibles de trabajo. Es fundamental que todos los miembros de la estructura cumplan con las hipótesis básicas de las leyes de la elasticidad.

El diseño en rango elástico genera estructuras sin grietas significativas, donde el concreto armado puede o no aportar resistencia a la tracción, permitiendo un control eficaz de los agrietamientos, los cuales son mínimos. Sin embargo, en aplicaciones que requieren altos estándares de seguridad, como instalaciones nucleares, militares o de investigaciones de alto riesgo, es imperativo evitar cualquier tipo de agrietamiento.

#### ❖ **Diseño en el rango inelástico**

El diseño en rango inelástico se centra en la utilización de factores de carga y resistencia donde las cargas de trabajo o servicio se escalan mediante factores de seguridad, típicamente superiores a 1, resultando en lo que se denominan "cargas factorizadas". Estas cargas son esenciales para el diseño estructural, guiadas por los principios de los estados límite de utilidad, los cuales determinan el umbral más allá del cual una estructura o componente deja de ser funcional para su propósito previsto.

Dentro de los estados límite de utilidad, se destacan dos principales:

- **Límite de Resistencia:** Este límite asegura la seguridad y la capacidad de carga de cada miembro estructural, sus uniones y conexiones. Se requiere que la resistencia de diseño de estos elementos sea igual o superior a la resistencia necesaria, calculada a partir de las máximas cargas nominales.



- **Límite de Servicio:** Este estado define las condiciones máximas aceptables bajo las cuales una estructura conserva su integridad estética, durabilidad y comodidad. Los criterios de diseño incluyen control de deflexiones, vibraciones y oscilaciones, derivas admisibles, y adecuación de expansiones y contracciones. También se considera esencial asegurar drenajes eficientes para aguas pluviales, así como protección contra la corrosión e incendios.

Estos criterios, tanto elásticos como los basados en estados límite, son fundamentales para diseñar estructuras seguras. Sin embargo, el diseño según el criterio de estado límite puede resultar en un ahorro de material, especialmente en estructuras donde las cargas vivas son relativamente bajas en comparación con las cargas permanentes.

En lo que respecta al diseño según la teoría plástica, conocido también como diseño a la rotura, se asume que el concreto armado está en un estado plástico en el punto de rotura. En este escenario, el concreto no soporta tensiones significativas, siendo el acero el que absorbe todas las tensiones. Según esta teoría, la deformación unitaria máxima del hormigón en la rotura es de 0.003, representada por una curva de esfuerzo discontinua que se aproxima a un bloque rectangular de esfuerzo con un área equivalente.

En el diseño estructural de concreto armado y acero, se adopta el criterio del rango plástico, caracterizado por un punto de fluencia máximo y un mínimo, permitiendo así optimizar la distribución y el uso del material bajo condiciones de carga extremas.

### **3.8 Procesamiento y análisis de datos**

En esta fase del proceso, el objetivo principal es convertir los datos recopilados en información valiosa que pueda fundamentar decisiones bien informadas. Para lograr esto, es necesario aplicar una serie de técnicas y herramientas especializadas que permitan llevar a cabo un análisis exhaustivo y detallado de los datos. Este enfoque riguroso



garantiza que la información resultante no solo sea precisa y confiable, sino también altamente relevante para el contexto en el que se tomarán las decisiones.

El análisis de los datos debe realizarse con cuidado, utilizando metodologías adecuadas que aseguren que la información extraída sea útil y aplicable a las problemáticas que se investigan. Este proceso es esencial para que los resultados obtenidos puedan ser interpretados correctamente, proporcionando una base sólida sobre la cual los responsables de la toma de decisiones puedan actuar de manera informada y eficaz. La calidad de este análisis es clave para asegurar que las decisiones que se adopten estén sustentadas en información precisa, lo que minimiza riesgos y maximiza el potencial de éxito en cualquier iniciativa o proyecto en el que se esté trabajando.

A partir de la información recopilada, se han desarrollado diversos materiales de trabajo en gabinete que incluyen diseño estructural, así como representaciones visuales en forma de tablas, gráficos y cuadros.

Se ha proporcionado un diseño estructural detallado para el análisis bajo cargas de gravedad y sismo de ambos sistemas estructurales, destacando características como desplazamientos laterales y distorsiones en tablas específicas.

Además, se han elaborado cuadros de datos que detallan los esfuerzos internos, incluyendo la fuerza axial, la fuerza cortante y el momento flector. Los elementos estructurales diseñados, como columnas, vigas y losas de entrepiso, están meticulosamente delineados.

Finalmente, se presentan cuadros comparativos de los presupuestos elaborados para los dos diseños de estructuras, proporcionando una base clara para la evaluación y decisión en la construcción del casco estructural.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación y análisis de resultados

En este apartado se presentan los resultados de la comparación entre el diseño estructural de concreto armado y la armadura de acero. El proyecto se ubica en la Urbanización de Salcedo y barrio las Lomas, específicamente entre las calles Jr. Las Lomas y Jr. Ciprés. Esta sección detalla las diferencias y similitudes en términos de diseño, eficiencia y costos de ambos tipos de estructuras.

#### Figura 2

*Ubicación del área del proyecto*



Se detalla el área donde se realizó la medición para el diseño estructural de las estructuras de concreto armado y de acero de una vivienda multifamiliar.

### ❖ Armadura de acero

**Tabla 2**

*Atributos del material utilizado en estructuras de acero*

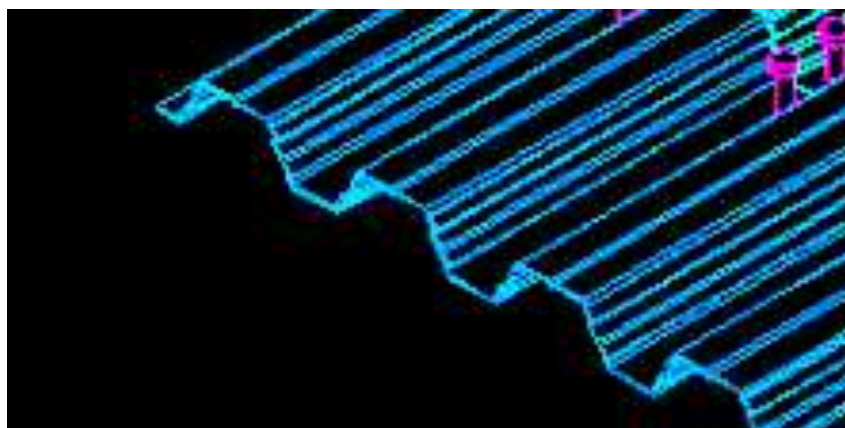
Descripción	Material	Característica
Fluencia del acero (Fy)- kg/cm <sup>2</sup>		2530.00
Módulo de elasticidad-kg/cm <sup>2</sup>	Acero Estructural A36 – Perfiles W	2100000.00
Módulo de poisson		0.30
Módulo de corte kg/cm <sup>2</sup>		787500.00
Fluencia del acero (Fy)- kg/cm <sup>2</sup>		3234.00
Módulo de elasticidad-kg/cm <sup>2</sup>	Acero Estructural A500 – Perfiles HSS	2100000.00
Módulo de poisson		0.30
Módulo de corte kg/cm <sup>2</sup>		787500.00
Fluencia del acero (Fy)- kg/cm <sup>2</sup>	Acero de Placa Colaborante	2530.00
Módulo de elasticidad-kg/cm <sup>2</sup>		2100000.00
Esfuerzo ultimo de tensión (FU)-kg/cm <sup>2</sup>	Pernos de Anclaje	8434.00 (ASTM-A325)
Esfuerzo ultimo de tensión (FU)-kg/cm <sup>2</sup>		10542.00 (ASTM-A490)

La Tabla proporciona una descripción detallada de los atributos del material utilizado en estructuras de acero, incluyendo los tipos de acero y sus características mecánicas.

- **Losa-placa colaborante**

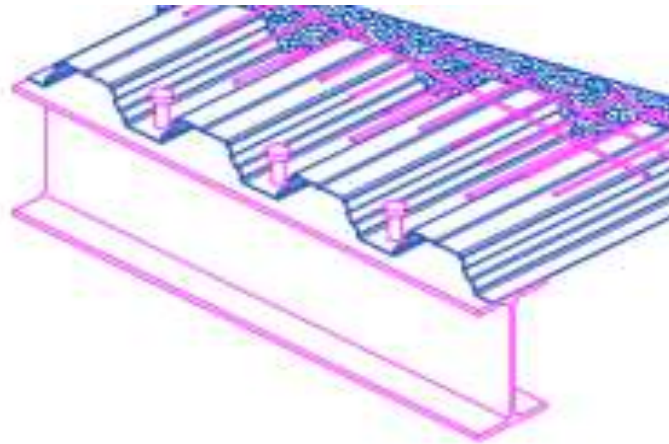
**Figura 3**

*Placa colaborante para losa*



### Figura 4

*Perfil de placa colaborante para losa*



El espesor de la losa de concreto para la estructura será de 15 cm, mientras que el espesor de la placa será de 60 mm.

- **Viguetas**

**Tabla 3**

*Resultados del pre dimensionamiento del perfil a usar en las viguetas*

Eje	Perfil de uso (W)
AB Y 1_2	4" * 13
BC Y 1_2	4" * 13
CD Y 2_3	4" * 13
CC Y 2_3	4" * 13
AB Y 2_3	6" * 20

- **Vigas**

**Tabla 4**

*Resultados del pre dimensionamiento del perfil a usar en las vigas*

Eje	Perfil de uso (W)
1-AB	14" * 38
1-BC	10" * 22
1-CD	12" * 26
2-CC	8" * 18

- **Columnas**

De acuerdo con el predimensionamiento realizado, el perfil (W) a utilizar para la columna es de 14" x 53.

- **Metrado de cargas**

El metrado de carga que interviene en la armadura de acero incluye la carga muerta, la carga viva y la carga de viento.

**Tabla 5**

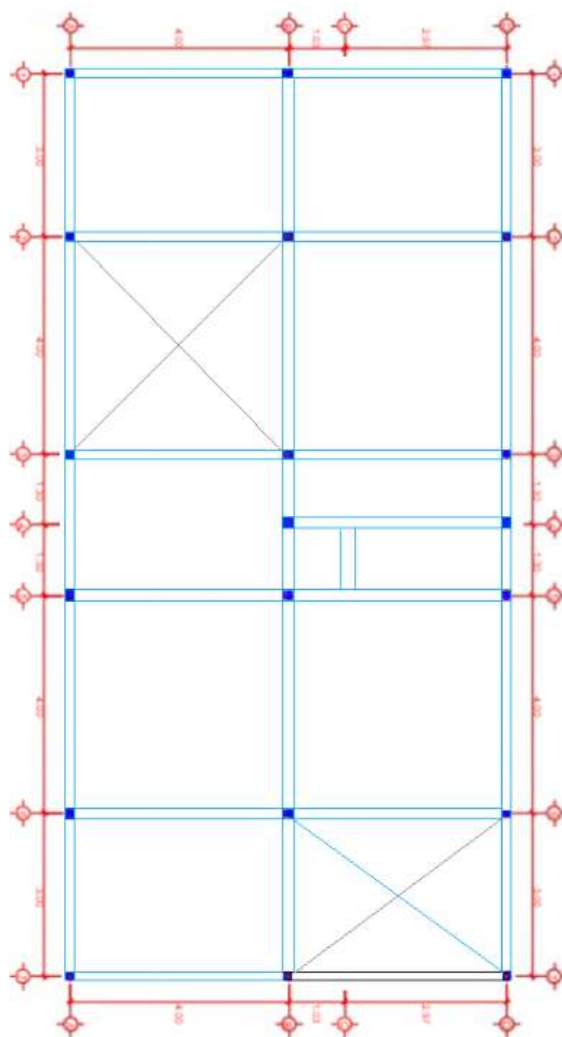
*Cargas en la estructura del acero*

<b>Carga muerta</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Carga kg/m<sup>2</sup></b>
Placa	9.12
Concreto sobre la placa	276.00
Piso culminado	100.00
Drywall	60.00
<b>Carga viva</b>	
Sobrecarga por piso	200.00
Sobrecarga del último piso	100.00
<b>Carga de viento barlovento</b>	
Nivel 5	27.71
Nivel 4	25.30
Nivel 1, 2 y 3	23.00
<b>Carga de viento Sotavento</b>	
Nivel 5	-20.80
Nivel 4	-19.00
Nivel 1, 2 y 3	-16.91

### ❖ Estructura del concreto armado

**Figura 5**

*Estructuración*



**Tabla 6**

*Atributos del material utilizado en estructuras de concreto armado*

Características	Valor
Módulo de elasticidad del acero kg/cm <sup>2</sup>	2000000.000
Esfuerzo de fluencia del acero (Fy) kg/cm <sup>2</sup>	4200.000
Módulo de poisson	0.150
Resistencia del concreto kg/cm <sup>2</sup>	210.000
Módulo de elasticidad en el concreto kg/cm <sup>2</sup>	217370.650

- **Losa aligerada**

De acuerdo al pre dimensionamiento, el espesor de la losa fue establecido en 18 cm, con una aproximación a 20 cm. Esto se corroboró considerando la dirección en la cual la losa aligerada trabajará, según la fórmula aplicada:

$$\frac{L_{\text{mayor}}}{L_{\text{menor}}} < 2$$

La luz mayor resultó ser de 3.44 metros y la luz menor de 2.95 metros. Dado que esta última es menor a dos metros, la losa trabajará únicamente en un sentido.

- **vigas**

**Tabla 7**

*Dirección de las vigas*

Descripción	Dirección - eje
Viga Principal	Y
Viga Secundaria	X

Las vigas secundarias deben estar alineadas en la misma dirección que la losa, asegurando coherencia estructural y una distribución uniforme de la carga. Por otro lado, la viga principal debe colocarse de manera perpendicular a las vigas secundarias y a la losa.

De acuerdo al pre dimensionamiento de la viga principal, el peralte será de 45 cm mientras que la base tendrá un grosor de 25 cm. Por otro lado, en el caso de la viga secundaria, según el pre dimensionamiento, el peralte será de 30 cm y la base también será de 25 cm. Esta configuración asegura que tanto las vigas principales como las secundarias estén adecuadamente dimensionadas para soportar las cargas estructurales previstas.

- **Columnas**

El predimensionamiento de la columna, de acuerdo con el código del American Concrete Institute (ACI), se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Area de columna} = \frac{\text{Peso servicio}}{n \times f'c}$$

**Tabla 8**

*Características de las columnas en la estructura*

Tipo de columna	Peso de servicio (KG)	n
COL-1 - en la parte inferior	71038	0.25
COL-2 - en la parte extrema Y	51927	0.25
COL-3 - en la parte extrema X	42700	0.25
COL-4 - esquina	40692	0.20

La Tabla detalla las características de las columnas en la estructura, especificando el tipo de columna, el peso de servicio en kilogramos (KG) y el valor de "n". A continuación, se describen los tipos de columnas:

- COL-1 - en la parte inferior: Esta columna se encuentra en la parte inferior de la estructura, soportando un peso de servicio de 71,038 KG con un valor de "n" de 0.25.
- COL-2 - en la parte extrema Y: Ubicada en el extremo Y, esta columna soporta un peso de servicio de 51,927 KG y tiene un valor de "n" de 0.25.
- COL-3 - en la parte extrema X: Situada en el extremo X de la estructura, esta columna tiene un peso de servicio de 42,700 KG y un valor de "n" de 0.25.
- COL-4 - esquina: Esta columna se encuentra en la esquina de la estructura, con un peso de servicio de 40,692 KG y un valor de "n" de 0.20.

**Tabla 9***Dimensionamiento de los tipos de columna*

Tipo de columna	Área de la columna cm <sup>2</sup>	Dimensión cm
COL-1 - en la parte inferior	1353.10	40*40
COL-2 - en la parte extrema Y	989.09	25*40
COL-3 - en la parte extrema X	813.33	25*40
COL-4 - esquina	968.86	25*40

La Tabla presenta el dimensionamiento de los diferentes tipos de columnas en la estructura, especificando el tipo de columna, el área de la columna (cm<sup>2</sup>) y sus dimensiones en centímetros (cm). A continuación, se describen los tipos de columnas:

- COL-1 - en la parte inferior: Esta columna, ubicada en la parte inferior de la estructura, tiene un área de 1353.10 cm<sup>2</sup> y tendrá unas dimensiones de 40 cm por 40 cm.
- COL-2 - en la parte extrema Y: Ubicada en el extremo Y, esta columna presenta un área de 989.09 cm<sup>2</sup> y tendrá unas dimensiones de 25 cm por 40 cm.
- COL-3 - en la parte extrema X: Situada en el extremo X de la estructura, esta columna tiene un área de 813.33 cm<sup>2</sup> y tendrá unas dimensiones de 25 cm por 40 cm.
- COL-4 - esquina: Esta columna se encuentra en la esquina de la estructura, con un área de 968.86 cm<sup>2</sup> y tendrá unas dimensiones de 25 cm por 40 cm.

- **Metrado de cargas**

**Tabla 10***Metrados de carga viva y muerta*

Descripción	Carga viva kg/m <sup>2</sup>	Carga muerta kg/m <sup>2</sup>
Pes. - piso terminado	80	-
Pes. - tabiquería	170	-
Pes. - losa aligerada	300	-
Sobrecarga * piso	-	200
Sobrecarga del piso final	-	100

La Tabla presenta los metrados de carga viva y carga muerta aplicados en diferentes componentes de la estructura. Se detallan las cargas en kilogramos por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>) para cada descripción específica.

#### 4.1.1 Variación de la cortante basal entre los diseños de la armadura de acero y de concreto armado

##### a) Análisis sísmico de la armadura de acero

Se realizó un exhaustivo análisis sísmico para el diseño de la armadura de acero. Este proceso incluyó la creación de modelos detallados que permitieron determinar los perfiles de acero más adecuados para soportar las cargas sísmicas.

**Tabla 11**

*Parámetros sísmicos de la estructura*

Descripción	Factor
Irregularidad en planta	No cuenta
Irregularidad en altura	No cuenta
Zona (Z)	0.350
Categoría (U)	1.000
Factor (C)	2.500
Perfil del suelo (S)	1.150
Coficiente de la reducción sísmica (R)	8.000

Esta tabla presenta los parámetros sísmicos determinados tras la evaluación de la zona de estudio. Estos parámetros son cruciales para la implementación de medidas de seguridad y diseño estructural adecuado frente a eventos sísmicos. Los detalles incluidos son:

- Irregularidad en planta: No se reportan irregularidades significativas en la planta de la estructura, lo que sugiere una distribución uniforme de la masa y rigidez.
- Irregularidad en altura: Similarmente, la estructura no presenta irregularidades significativas en altura, indicando uniformidad en la distribución vertical.
- Zona (Z): Se asigna un valor de 0.350, reflejando la intensidad sísmica esperada en la región según estudios geológicos y sismológicos.

- Categoría se establece en 1 con un factor de 2.5 con un perfil del suelo (S) cuyo valor es de 1.15. A si mimo el coeficiente de la reducción sísmica (R) es de 8.

Estos parámetros son fundamentales para el diseño y la evaluación estructural, asegurando que la edificación cumpla con las normativas de seguridad y eficiencia ante movimientos telúricos.

### ❖ **Peso de la estructura del acero por nivel**

Se muestra el peso total correspondiente a cada nivel de piso en la armadura de acero, proporcionando una visión detallada de la distribución de cargas a lo largo de toda la edificación. Esta información es crucial para el análisis estructural y para garantizar la estabilidad y seguridad del edificio.

**Tabla 12**

*Peso de la armadura de acero por nivel de piso*

Nivel de piso	Altura	Masa ton	Peso ton
5to	3.2	7.295	72.439
4to	3.2	8.404	83.319
3ro	3.2	8.404	83.319
2do	3.2	8.404	83.319
1ro	4.2	8.488	84.145
Total			406.541

Esta tabla proporciona un desglose detallado del peso de la armadura de acero utilizada en cada nivel de un edificio, teniendo en cuenta la altura de cada piso y la masa correspondiente. Los detalles son los siguientes:

- 5to Nivel: Con una altura de 3.2 metros, este nivel tiene una masa de 7.295 toneladas, resultando en un peso total de 72.439 toneladas.
- 4to Nivel: También con una altura de 3.2 metros, posee una masa de 8.404 toneladas, lo que contribuye a un peso total de 83.319 toneladas.



- 3ro Nivel: Igual que el cuarto nivel, con una altura de 3.2 metros y una masa de 8.404 toneladas, alcanzando un peso de 83.319 toneladas.
- 2do Nivel: Mantiene las mismas dimensiones y masa que el tercer y cuarto nivel, con un peso también de 83.319 toneladas.
- 1ro Nivel: Este nivel se diferencia al tener una altura de 4.2 metros y una masa ligeramente mayor de 8.488 toneladas, resultando en un peso de 84.145 toneladas.
- Total: La suma total del peso de la armadura de acero de todos los niveles alcanza las 406.541 toneladas.

### ❖ Cortante basal

Formula:

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

La fuerza cortante basal en los ejes X e Y, de acuerdo con la fórmula y las características del edificio, se determina de la siguiente manera:

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.00$$

$$C = 2.50$$

$$S = 1.15$$

$$R = 8.00$$

$$P = 406.541$$

Sustituyendo los datos correspondientes, obtenemos una fuerza cortante basal de 51.135 Tonf.

### ❖ Fuerza sísmica por nivel de piso

El cálculo de la fuerza sísmica en los ejes X e Y se realizará mediante la siguiente fórmula, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):

$$F_i = \alpha_i \times V$$

**Tabla 13**

*Fuerza sísmica por nivel de piso en la armadura de acero*

Nivel de piso	Peso ton	Hi	P*Hi	$\alpha_i$	Fi-ton
5to	72.439	17.00	1231.463	0.2908	14.871
4to	83.319	13.80	1149.802	0.2715	13.885
3ro	83.319	10.60	883.181	0.2086	10.665
2do	83.319	7.40	616.561	0.1456	7.446
1ro	84.145	4.20	353.409	0.0835	4.268

Se muestran las fuerzas sísmicas en cada nivel, tanto en los ejes X como Y.

### ❖ Análisis dinámico- modal

Mediante el análisis modal exhaustivo, hemos logrado determinar el periodo correspondiente a cada tipo de modo de vibración en nuestra estructura. Considerando que esta estructura se compone de 5 niveles, pudimos identificar un total de 15 modos distintos de vibración. Cada modo refleja una posible respuesta de la estructura ante fuerzas sísmicas, facilitando así la comprensión de su comportamiento dinámico. A continuación, presentamos detalladamente estos modos de vibración, que son esenciales para el diseño y la evaluación sísmica de la estructura:

**Tabla 14***Modos de vibración en la armadura de acero*

MODO	P(periodo)
N°1	0.475
N°2	0.412
N°3	0.387
N°4	0.326
N°5	0.284
N°6	0.274
N°7	0.264
N°8	0.264
N°9	0.234
N°10	0.225
N°11	0.225
N°12	0.223
N°13	0.223
N°14	0.221
N°15	0.220

**❖ Fuerza cortante en la base****Tabla 15***Fuerza basal y dinámica presente en la armadura de acero "X"*

Fuerza cortante basal	Fuerza cortante dinámica	Porcentaje	Condición
51.135	47.08	92%	Cumple

**Tabla 16***Fuerza basal y dinámica presente en la armadura de acero "Y"*

Fuerza cortante basal	Fuerza cortante dinámica	Porcentaje	Condición
51.135	46.75	91%	Cumple

Se observa que la cortante obtenida en el análisis dinámico cumple con los requisitos establecidos por la normativa E. 030.

**b) Análisis sísmico de la estructura de concreto armado**

Se realizó un exhaustivo análisis sísmico para el diseño de la estructura de concreto armado. Este proceso incluyó la creación del modelo en el programa de Etabs.

**Tabla 17***Parámetros sísmicos de la estructura de concreto armado*

Descripción	Factor
Irregularidad en planta	No cuenta
Irregularidad en altura	No cuenta
Zona (Z)	0.350
Categoría (U)	1.000
Factor (C)	2.500
Perfil del suelo (S)	1.150
Coeficiente de la reducción sísmica (Rx)	6.000
Coeficiente de la reducción sísmica (Ry)	7.000

La tabla presenta los parámetros sísmicos aplicables a una estructura de concreto armado, destacando diversos factores que influyen en la respuesta sísmica del edificio. Primero, se indica que no hay irregularidades ni en planta ni en altura, lo que sugiere una configuración estructural uniforme que puede contribuir a una mejor performance ante sismos. La zona

sísmica es identificada con un factor de 0.350. La categoría de uso (U) se valora en 1.000. El factor de importancia (C) es de 2.500. El perfil del suelo (S) tiene un valor de 1.150, lo que afecta la amplificación de las ondas sísmicas en la base de la estructura. Los coeficientes de reducción sísmica,  $R_x$  y  $R_y$ , son de 6.000 y 7.000 respectivamente, mostrando diferencias en la respuesta según la dirección del movimiento, y están probablemente destinados a optimizar el diseño estructural para resistir mejor los efectos de un terremoto.

#### ❖ **Peso de la estructura de concreto armado por nivel**

Se muestra el peso total correspondiente a cada nivel de piso en el sistema estructural de concreto reforzado, proporcionando una visión detallada de la distribución de cargas a lo largo de toda la edificación. Esta información es crucial para el análisis estructural y para garantizar la estabilidad y seguridad del edificio.

**Tabla 18**

*Peso de la estructura de concreto armado por nivel de piso*

Nivel de piso	Altura	Hi	Masa ton	Peso ton
5to	3.2	17.00	9.786	94.871
4to	3.2	13.80	12.213	119.562
3ro	3.2	10.60	12.213	119.562
2do	3.2	7.40	12.213	119.562
1ro	4.2	4.20	13.031	126.426
Total				<b>579.983</b>

La Tabla presenta una distribución detallada del peso de la estructura de concreto armado por nivel de piso en una edificación de concreto armado. Cada nivel de piso, desde el quinto hasta el primero, se describe con su respectiva altura (Hi), masa en toneladas y peso en toneladas. Los detalles son los siguientes:



- Nivel 5to: Con una altura de 3.2 metros, tiene una masa de 9.786 toneladas y un peso de 94.871 toneladas.
- Nivel 4to: También con una altura de 3.2 metros, tiene una masa de 12.213 toneladas y un peso de 119.562 toneladas.
- Nivel 3ro: Igual altura de 3.2 metros, con una masa de 12.213 toneladas y un peso de 119.562 toneladas.
- Nivel 2do: Nuevamente una altura de 3.2 metros, con una masa de 12.213 toneladas y un peso de 119.562 toneladas.
- Nivel 1ro: Con una altura mayor de 4.2 metros, tiene una masa de 13.031 toneladas y un peso de 126.426 toneladas.

La tabla refleja cómo el peso de la armadura de acero se distribuye de manera proporcional en relación con la altura y masa en cada nivel de la edificación. Es evidente que el nivel inferior (1ro) soporta una mayor carga en comparación con los niveles superiores, lo cual es fundamental en el diseño estructural para garantizar la estabilidad y seguridad del edificio. El peso total de la armadura de acero asciende a 579.983 toneladas.

### ❖ Cortante basal

Fórmula para  $V(x)$ :

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

La fuerza cortante basal en el eje X, de acuerdo con la fórmula y las características del edificio, se determina de la siguiente manera:

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.00$$

$$C = 2.50$$



$$S = 1.15$$

$$R_x = 6.00$$

$$P = 579.983$$

Sustituyendo los datos correspondientes, obtenemos una fuerza cortante basal en el eje X de 97.27 Tonf.

Fórmula para V(y):

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

La fuerza cortante basal en el eje Y, de acuerdo con la fórmula y las características del edificio, se determina de la siguiente manera:

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.00$$

$$C = 2.50$$

$$S = 1.15$$

$$R_x = 7.00$$

$$P = 579.983$$

Sustituyendo los datos correspondientes, obtenemos una fuerza cortante basal en el eje Y de 83.37 Tonf.

### ❖ Fuerza sísmica por nivel de piso

El cálculo de la fuerza sísmica en el eje X se realizará mediante la siguiente fórmula, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):

$$F_i = \alpha_i \times V$$

**Tabla 19**

*Fuerza sísmica por nivel de piso en el sistema estructural de concreto reforzado en "X"*

Nivel de piso	Peso ton	Hi	P*Hi	$\alpha_i$	Fi-ton
5to	94.871	17.00	1612.807	0.2712	26.384
4to	119.562	13.80	1649.956	0.2775	26.992
3ro	119.562	10.60	1267.357	0.2131	20.733
2do	119.562	7.40	884.759	0.1488	14.474
1ro	126.426	4.20	530.989	0.0893	8.687

Se muestran las fuerzas sísmicas en cada nivel en el eje X.

**Tabla 20**

*Fuerza sísmica por nivel de piso en el sistema estructural de concreto reforzado en "Y"*

Nivel de piso	Peso ton	Hi	P*Hi	$\alpha_i$	Fi-ton
5to	94.871	17.00	1612.807	0.2712	22.614
4to	119.562	13.80	1649.956	0.2775	23.135
3ro	119.562	10.60	1267.357	0.2131	17.770
2do	119.562	7.40	884.759	0.1488	12.406
1ro	126.426	4.20	530.989	0.0893	7.445

Se muestran las fuerzas sísmicas en cada nivel en el eje Y.

#### ❖ Análisis dinámico- modal

Mediante el análisis modal exhaustivo, hemos logrado determinar el periodo correspondiente a cada tipo de modo de vibración en nuestra estructura de concreto armado. Considerando que esta estructura se compone de 5 niveles, pudimos identificar un total de 15 modos distintos de vibración. Cada modo refleja una posible respuesta de la

estructura ante fuerzas sísmicas, facilitando así la comprensión de su comportamiento dinámico. A continuación, presentamos detalladamente estos modos de vibración, que son esenciales para el diseño y la evaluación sísmica de la estructura:

**Tabla 21**

*Modos de vibración en el sistema estructural de concreto reforzado*

<b>MODO</b>	<b>P(periodo)</b>
N°1	0.495
N°2	0.424
N°3	0.362
N°4	0.232
N°5	0.165
N°6	0.094
N°7	0.071
N°8	0.065
N°9	0.063
N°10	0.060
N°11	0.058
N°12	0.057
N°13	0.056
N°14	0.055
N°15	0.054

#### ❖ **Aceleración espectral**

La respuesta espectral asociada a los parámetros sísmicos que se han analizado específicamente para la dirección 'X' se detalla a continuación. Este espectro muestra las amplitudes de respuesta en función de diferentes frecuencias de vibración, proporcionando una representación clave para entender cómo las estructuras podrían comportarse bajo la influencia de movimientos sísmicos en esta orientación particular.

**Figura 6**

*Espectro en X*



El espectro de respuesta correspondiente a los parámetros sísmicos mencionados para la dirección 'Y' se presenta de la siguiente manera:

**Figura 7**

*Espectro en Y*



❖ Fuerza cortante en la base

**Tabla 22***Fuerza basal y dinámica presente en el sistema estructural de concreto reforzado "X"*

<b>Fuerza cortante basal</b>	<b>Fuerza cortante dinámica</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Condición</b>
97.27	82.15	84%	Cumple

**Tabla 23***Fuerza basal y dinámica presente en el sistema estructural de concreto reforzado "Y"*

<b>Fuerza cortante basal</b>	<b>Fuerza cortante dinámica</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Condición</b>
83.37	76.86	92%	Cumple

Se observa que la cortante obtenida en el análisis dinámico cumple con los requisitos establecidos por la normativa E. 030.

#### **4.1.2 Variación de la cortante basal entre los diseños de la armadura de acero y de concreto armado**

##### **a) Armadura de acero**

##### **❖ Desplazamiento lateral**

Se extrajeron los valores correspondientes a los desplazamientos laterales de cada piso mediante un análisis sísmico específico para las direcciones "X" y "Y", utilizando el programa Etabs. Se detallan a continuación los desplazamientos resultantes del sismo en estas direcciones.

**Tabla 24***Desplazamiento presente en la armadura de acero "X"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)
5to	17.00	13.12
4to	13.80	10.02
3ro	10.60	6.94
2do	7.40	4.24
1ro	4.20	1.70

**Tabla 25***Desplazamiento presente en la armadura de acero "Y"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)
5to	17.00	11.62
4to	13.80	9.14
3ro	10.60	6.40
2do	7.40	3.92
1ro	4.20	1.74

**❖ Distorsión – derivas por piso**

Para calcular las derivas de entrepiso en nuestra armadura de acero, seguimos los procedimientos establecidos por la normativa RNE – E.030. Esta norma especifica que, en estructuras regulares, la deriva final se obtiene multiplicando la deriva elástica calculada por  $0.75R$ . Además, es crucial asegurarse de que este valor no supere el límite de distorsión establecido por la norma para estructuras de acero. Dicho límite es de  $\Delta/h=0.010$  para estructuras de acero.

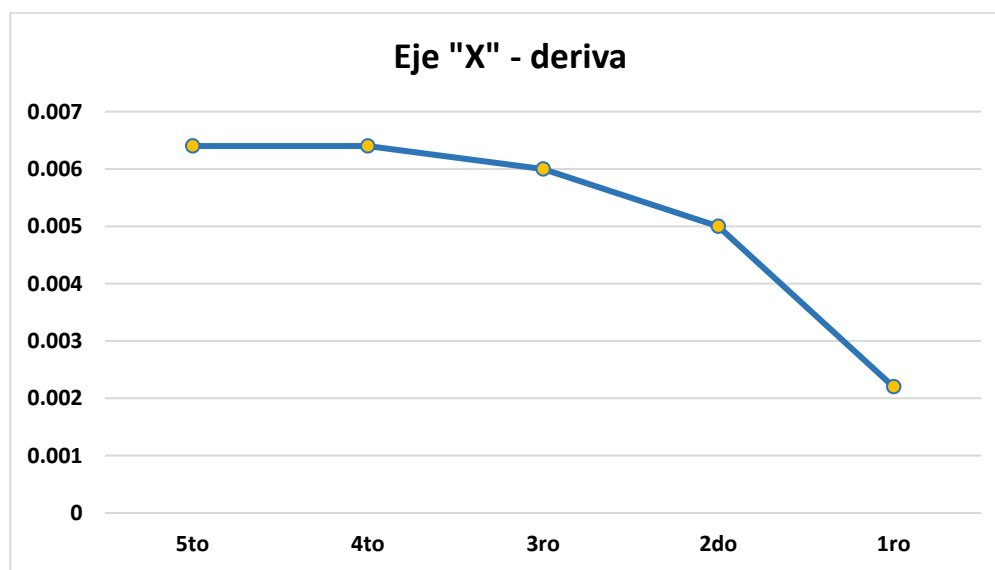
**Tabla 26**

*Derivas presentes en la armadura de acero "X"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)	Derivas	Distorsión	Condición encontrada
5to	17.00	13.12	0.001041	0.0064	
4to	13.80	10.02	0.001035	0.0064	
3ro	10.60	6.94	0.000956	0.0060	Cumple
2do	7.40	4.24	0.000811	0.0050	
1ro	4.20	1.70	0.000442	0.0022	

**Figura 8**

*Deriva en X*



Se presenta la gráfica que ilustra las derivas o distorsiones experimentadas por la armadura de acero en el eje X. Esta visualización es fundamental para evaluar el comportamiento de la estructura bajo cargas laterales, proporcionando una representación clara de cómo las fuerzas afectan la integridad y la estabilidad del edificio.

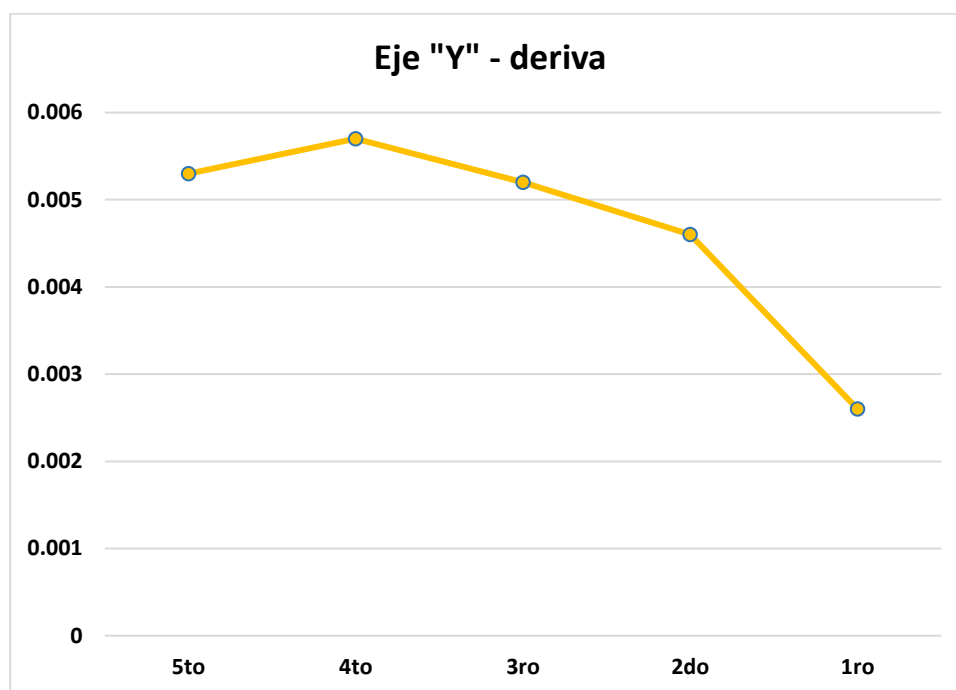
**Tabla 27**

*Derivas presentes en la armadura de acero "X"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)	Derivas	Distorsión	Condición encontrada
5to	17.00	11.62	0.000880	0.0053	
4to	13.80	9.14	0.000884	0.0057	
3ro	10.60	6.40	0.000844	0.0052	Cumple
2do	7.40	3.92	0.000717	0.0046	
1ro	4.20	1.74	0.000380	0.0026	

**Figura 9**

*Deriva en Y*



Se presenta la gráfica que ilustra las derivas o distorsiones experimentadas por la armadura de acero en el eje Y. Esta visualización es fundamental para evaluar el comportamiento de la estructura bajo cargas laterales, proporcionando una representación clara de cómo las fuerzas afectan la integridad y la estabilidad del edificio.

**b) Estructura de concreto armado****❖ Desplazamiento lateral**

Se extrajeron los valores correspondientes a los desplazamientos laterales de cada piso mediante un análisis sísmico específico para las direcciones "X" y "Y", utilizando el programa Etabs. Se detallan a continuación los desplazamientos resultantes del sismo en estas direcciones.

**Tabla 28**

*Desplazamiento presente en el sistema estructural de concreto reforzado "X"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)
5to	17.00	13.850
4to	13.80	10.771
3ro	10.60	7.618
2do	7.40	4.594
1ro	4.20	2.025

**Tabla 29**

*Desplazamiento presente en el sistema estructural de concreto reforzado "Y"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)
5to	17.00	12.324
4to	13.80	11.025
3ro	10.60	9.138
2do	7.40	6.674
1ro	4.20	3.796

**❖ Distorsión – derivas por piso**

Para calcular las derivas de entrepiso en nuestra armadura de acero, seguimos los procedimientos establecidos por la normativa RNE – E.030. Esta norma específica que, en estructuras regulares, la deriva final se obtiene multiplicando la deriva elástica calculada por 0.75R. Además, es crucial asegurarse de que este valor no supere el límite de

distorsión establecido por la norma para estructuras de concreto armado. Dicho límite es de  $\Delta/h=0.007$  para estructuras de concreto armado.

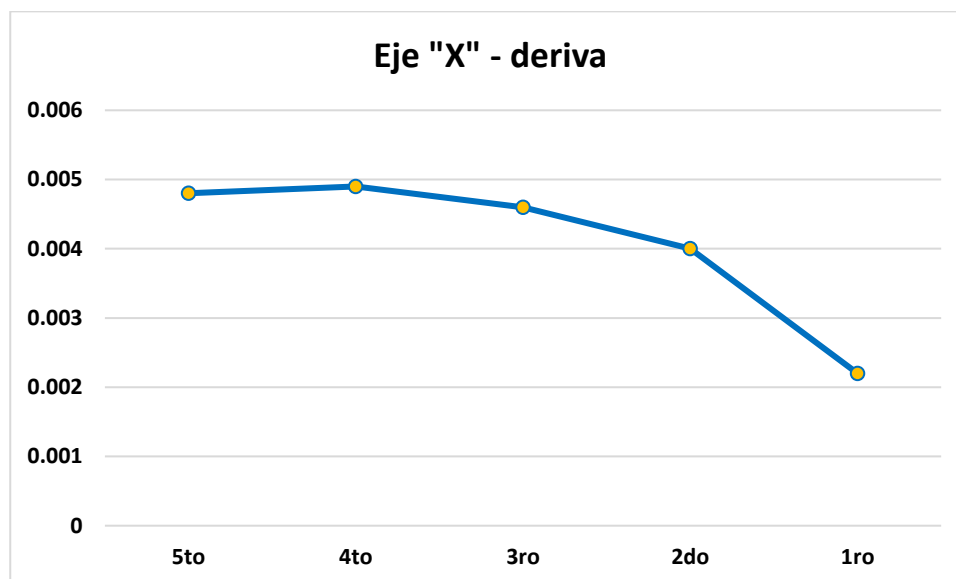
**Tabla 30**

*Derivas presentes en el sistema estructural de concreto reforzado "X"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)	Derivas	Distorsión	Condición encontrada
5to	17.00	13.850	0.00104	0.0048	
4to	13.80	10.771	0.00107	0.0049	
3ro	10.60	7.618	0.00104	0.0046	Cumple
2do	7.40	4.594	0.00089	0.0040	
1ro	4.20	2.025	0.00048	0.0022	

**Figura 10**

*Deriva en X*



Se presenta la gráfica que ilustra las derivas o distorsiones experimentadas por la estructura de concreto armado en el eje X. Esta visualización es fundamental para evaluar el comportamiento de la estructura bajo cargas laterales, proporcionando una representación clara de cómo las fuerzas afectan la integridad y la estabilidad del edificio.

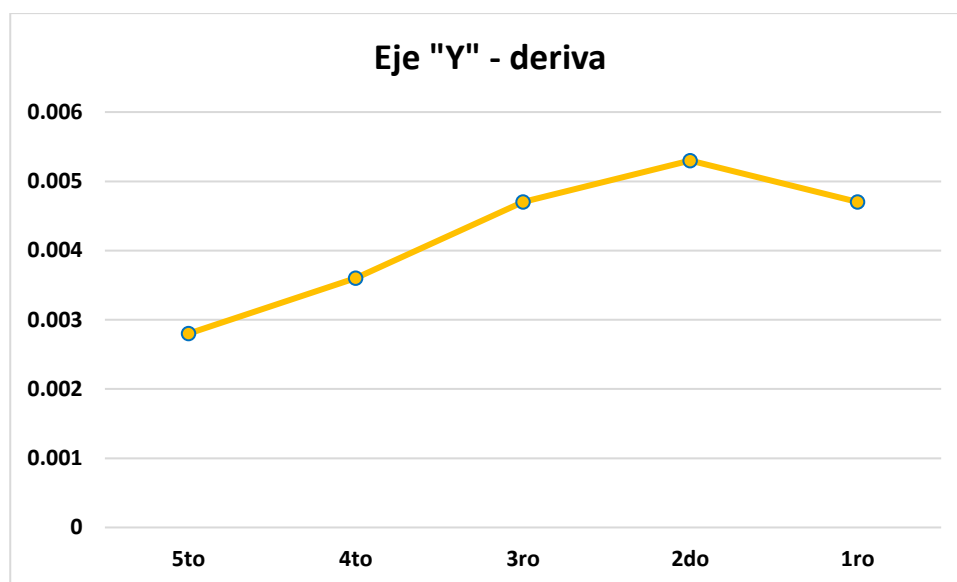
**Tabla 31**

*Derivas presentes en el sistema estructural de concreto reforzado "X"*

Nivel de piso	Altura m	Desplazamiento en (mm)	Derivas	Distorsión	Condición encontrada
5to	17.00	12.324	0.00046	0.0028	Cumple
4to	13.80	11.025	0.00065	0.0036	
3ro	10.60	9.138	0.00084	0.0047	
2do	7.40	6.674	0.00099	0.0053	
1ro	4.20	3.796	0.00087	0.0047	

**Figura 11**

*Deriva en Y*



Se presenta la gráfica que ilustra las derivas o distorsiones experimentadas por la estructura de concreto armado en el eje Y. Esta visualización es fundamental para evaluar el comportamiento de la estructura bajo cargas laterales, proporcionando una representación clara de cómo las fuerzas afectan la integridad y la estabilidad del edificio.

#### 4.1.3 Variación en costo y plazo en la construcción de una vivienda multifamiliar entre los diseños de la armadura de acero y de concreto armado

##### ❖ Presupuesto en la armadura de acero y concreto

Después de la fase de diseño de las estructuras, se llevó a cabo un exhaustivo análisis del presupuesto para cada una, que involucró la elaboración de metrados detallados y el análisis meticuloso de los costos unitarios asociados. Para calcular el presupuesto de la estructura de concreto armado, se consultó la revista Costos como fuente de referencia. A continuación, se muestran los cuadros detallados que desglosan el presupuesto de cada estructura.

**Tabla 32**

*Monto en la realización de la armadura de acero*

Descripción	Costo
Movimiento de tierras	7834.35
Obras de concreto simple	5562.33
Obras de concreto armado	20912.02
Estructuras metálicas	278659.37
<b>Total</b>	<b>312968.07</b>

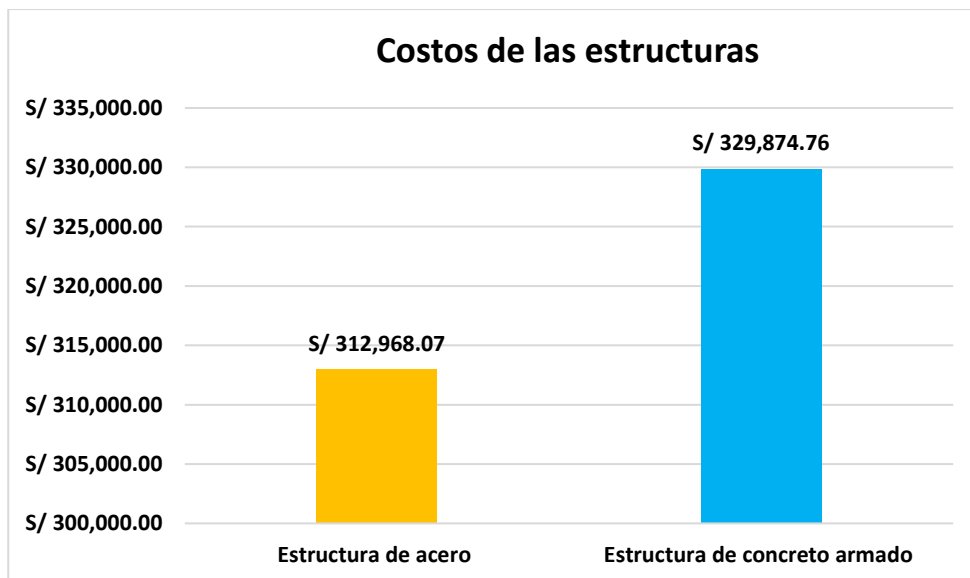
**Tabla 33**

*Monto en la realización de la estructura de concreto armado*

Descripción	Costo
Movimiento de tierras	7824.76
Obras de concreto simple	9624.38
Obras de concreto armado	312425.62
<b>Total</b>	<b>329874.76</b>

### Figura 12

Comparativa en cuanto a costos de construcción



Se presenta una comparativa de los costos de construcción de cada estructura, destacando que la construcción en concreto armado tiene un costo superior de 329,874.76, mientras que la armadura de acero tiene un costo de 312,968.07.

#### ❖ Plazo de ejecución de cada estructura

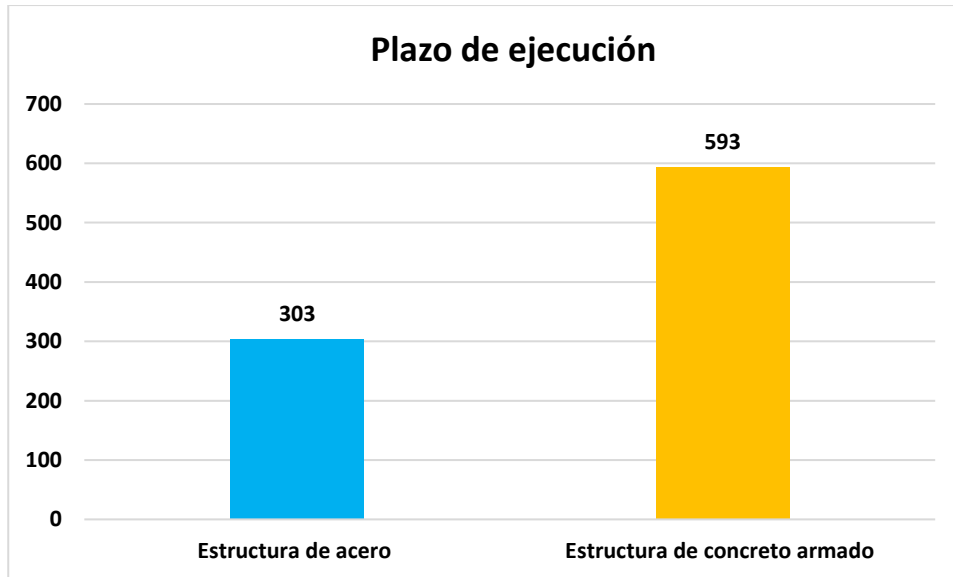
### Tabla 34

Monto en la realización de la armadura de acero

Descripción	Días
Armadura de acero	303
Estructura de concreto armado	593

**Figura 13**

*Comparativa en cuanto a plazo de construcción*



Se presenta una comparación en cuanto al plazo de ejecución entre la armadura de acero y la de concreto armado.

## 4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Julcarima & Yerson, 2020) los investigadores llevaron a cabo un análisis comparativo en profundidad entre una estructura de hormigón y una estructura de acero, analizando el comportamiento de ambas estructuras en relación con las cargas sísmicas. Los resultados de su investigación indican que el refuerzo de acero tiene una respuesta superior en términos de resistencia a las cargas dinámicas aplicadas. Con esto en mente, los resultados sugieren que el refuerzo de acero sería una opción más apropiada para una casa multifamiliar de cinco pisos ubicada en Villa El Salvador. Para ser más explícitos, la fuerza cortante basal que se calculó para la estructura de hormigón armado fue de 117,87 toneladas, mientras que el valor del cortante basal para la armadura de acero fue de 62,10 toneladas. Dada esta distinción, puede deducirse que la estructura de hormigón armado estará sometida a mayores fuerzas laterales como consecuencia de su mayor peso. Como consecuencia de ello, será necesario un mayor número de piezas



estructurales para reforzar su rigidez y resistencia a los movimientos sísmicos. Esto contrasta con el refuerzo de acero, que, debido a su menor peso, proporciona una ventaja en términos de respuesta estructural a estas presiones.

En el estudio de (Arriaga & Lazaro 2020) realizaron un exhaustivo estudio comparativo entre una estructura de hormigón y una estructura de acero, haciendo especial hincapié en el comportamiento de cada material ante esfuerzos sísmicos. Llegaron a la conclusión de que las características estructurales de ambos diseños de entreplantas son significativamente diferentes entre sí, siendo la superficie ganada en planta uno de los aspectos más destacables de ambos diseños. La consideración de este aspecto es de suma importancia a la hora de determinar qué método es más apropiado para la construcción de una entreplanta industrial. También se descubrió que la diferencia de peso entre las dos construcciones representa el 56% del peso total de la estructura de hormigón armado. Se trata de un hallazgo significativo. Durante la investigación de la respuesta estructural a las acciones sísmicas y combinaciones de carga, se descubrió que el desplazamiento provocado por la vibración sísmica es significativamente diferente entre los dos materiales. Se realizó una comparación del cortante en ambas direcciones para determinar la resistencia estructural del hormigón armado. Los resultados mostraron que el cortante basal del hormigón armado en la dirección x es de 80,24 toneladas, cuatro veces mayor que el cortante basal de la armadura de acero. En cuanto a las implicaciones financieras, se comprobó que el hormigón armado es más caro que el acero estructural, con una diferencia del doce por ciento entre ambos tipos de materiales. Otra conclusión a la que se llegó fue que las dos estructuras tenían una diferencia de tiempo de ejecución de 64 días entre sí. En conclusión, la armadura de acero es más conveniente para la comercialización y la inversión a corto y largo plazo debido a que es más fácil de transportar, además de tener ventajas en términos de coste y tiempo de ejecución.

En nuestro estudio, se realizó un análisis comparativo entre estructuras de concreto armado y estructuras de acero. La armadura de acero mostró un cortante basal de 51.135



Tonf con desplazamientos menores que los establecidos por las normativas vigentes, cumpliendo con las especificaciones de distorsión. En contraste, la estructura de concreto armado presentó un cortante basal de 97.27 tonf en dirección X y 83.37 tonf en dirección Y, con desplazamientos también dentro de los límites normativos. En términos de costos, se observó que la armadura de acero resulta más económica, y en cuanto al plazo de ejecución, también se encontró que es menor en comparación con la estructura de concreto armado.



## CONCLUSIONES

**C1-** La fuerza constante basal de la armadura de acero es de 51.135 tonf, mientras que la estructura de concreto armado tuvo una cortante basal de 97.27 tonf. Esto nos indica que la estructura de concreto armado presenta mayores fuerzas laterales. Las estructuras de concreto armado suelen ser más rígidas, lo que las hace más susceptibles a la acumulación de fuerzas laterales durante eventos sísmicos o cargas de viento.

**C2-** La distorsión en la armadura de acero cumplió con el límite establecido de 0.010, mientras que para la estructura de concreto armado, el límite es de 0.007. Se observó que las distorsiones generadas por la armadura de acero fueron mayores en comparación con la estructura de concreto armado.

**C.3-** El presupuesto para la armadura de acero fue de S/.312,968.07, mientras que para la estructura de concreto armado fue de S/.329,874.76. Esto indica que el presupuesto de la estructura de concreto armado es mayor. Además, en cuanto al plazo de ejecución, la armadura de acero presenta un tiempo de ejecución menor en comparación con la estructura de concreto armado.



## RECOMENDACIONES

**R1-** Se sugiere continuar con un análisis detallado de la armadura de acero, ya que este material posee una alta capacidad para mejorar el comportamiento de la estructura en cuanto a derivas o distorsiones en los entresijos. La capacidad inherente del acero para resistir deformaciones bajo cargas pesadas puede ser aprovechada para optimizar el diseño estructural, reduciendo las deformaciones laterales y mejorando la estabilidad general del edificio.

**R2-** Es recomendable realizar pruebas adicionales y simulaciones en condiciones extremas tanto para estructuras de acero como de concreto armado. Estos ensayos permitirán evaluar el desempeño de ambos materiales bajo escenarios de carga exigentes, como sismos o vientos fuertes, y analizar su resistencia en situaciones críticas. Al someter ambas estructuras a estas pruebas, se podrán identificar áreas de mejora en los diseños actuales, lo que contribuirá a optimizar la seguridad y la eficiencia estructural, garantizando que las construcciones respondan adecuadamente a las demandas reales del entorno.

**R3-** Se propone llevar a cabo un nuevo análisis estructural que considere un enfoque mixto, combinando acero estructural y concreto armado. Este tipo de sistema híbrido permitirá evaluar el comportamiento de las estructuras bajo diferentes tipos de carga y condiciones, proporcionando una perspectiva más completa sobre cómo estas dos tecnologías pueden complementarse. Además, este análisis ofrecerá una visión clara sobre el impacto económico de la implementación de un sistema mixto, ayudando a equilibrar tanto los costos como el desempeño estructural para lograr una solución más eficiente y rentable.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Ampudia Prudencio, D. A. (2021). Diseño en concreto armado de una vivienda multifamiliar de diez niveles con el sistema estructural dual, Miraflores, Lima, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65796>
- Arriaga Feril, N., & Lazaro Dulanto, J. G. (2020). Análisis comparativo entre sistemas de concreto armado y estructuras de acero en el diseño de un entrepiso industrial, San Juan de Lurigancho 2020. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Baquerizo Sánchez, P. A. (2017). *ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA EDIFICACIÓN CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y ARMADURA DE ACERO* [bachelorThesis]. <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/642>
- Bautista, B. (2023). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y ACERO PARA EDIFICACIONES DE 4 PISOS PARA CENTROS EDUCATIVOS EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA*. [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPSE\\_ffdb75cadedf8fdd08062f86f4cc9f42e](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPSE_ffdb75cadedf8fdd08062f86f4cc9f42e)
- Caiza de la Cruz, N. M., & Córdova Arizábala, L. T. (2023). *Diseño y análisis comparativo de un edificio de cuatro plantas en armadura de acero y estructura de hormigón armado mediante metodología MIVES* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25470>
- Calizaya, R. F. (2018). *Análisis de costo-tiempo entre edificación aporticada de concreto y en acero A36, pabellón 3A C.E. 14753*. <https://hdl.handle.net/11042/3238>
- Camino, A. R. A., & Sánchez, P. E. C. (2023). Comparación Técnica-Económica de Cimentaciones Superficiales en Edificios Sismorresistentes de Acero y Hormigón Armado: Technical-Economic Comparison of Surface Foundations of Seismic-Resistant Steel and Reinforced Concrete Buildings. *Revista Científica*



- Multidisciplinar* *G-nerando*, 4(1), Article 1.  
<https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/114>
- Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., & García, M. G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Céspedes Ludeña, J. C. Y., & Laban Arrieta, J. A. (2021). Comparación técnica entre el uso de tablestacas de concreto armado y acero como estructuras de defensa ribereñas en el río Piura. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85937>
- Chacón Villatoro, R. A. (2018). *Análisis comparativo técnico-económico de licitaciones en sistemas constructivos: Estructura de concreto armado y armadura de acero, para la construcción de un centro comercial ubicado en la zona 10 de la ciudad de Guatemala* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala].  
<http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Chávez Espinel, J. F., & Lozano Novoa, H. M. (2021). *Comparativo de diseño de puentes de viga-losa en concreto y armadura de acero*.  
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10580>
- Cruz Castro, C. M. (2018). Análisis Comparativo entre Sistemas de Concreto Armado y Estructuras de Acero en el Diseño de un Edificio. *Repositorio Institucional - UPLA*.  
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/779>
- E.030. (2018). *E.030 Sismo resistente*. <https://www.igp.gob.pe/servicios/aceldat-peru>
- Herrera, M. (2023). Comparación en costos de diseño de edificios multifamiliares de 10 niveles con acero y concreto armado. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671111>
- Julcarima Navas, F. E., & Yerson Jhoel, M. T. (2020). Análisis comparativo entre estructura de concreto armado y armadura de acero para diseño de vivienda multifamiliar, Villa el Salvador, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56560>



- López Arcana, G. E. (2023). Análisis comparativo del comportamiento estructural entre sistemas de concreto armado y estructuras compuestas para una vivienda en Juliaca—Puno, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112136>
- Perozo Cedeño, J. A., & Almánzar Luciano, M. A. (2016). *Análisis comparativos entre las estructuras de hormigón armado y acero estructural (aporticadas y cubiertas)*.  
<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/768>
- Ramos-Villalobos, Y. J., & Ayala-Tolosa, L. A. (2016). *Comparación financiera entre concreto reforzado y acero estructural como alternativa de Vivienda de Interés Social (VIS) para casas de dos pisos en Bogotá D. C.*  
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/d4fa3058-ffe4-4e34-b2bb-32c78bc2fef9>
- Torres Flores, L. A. (2019). *Análisis comparativo técnico-económico de un hospital de 7 pisos diseñado en concreto armado y acero estructural usando aisladores sísmicos*.  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/13672>
- Tume, P. (2019). *Análisis comparativo estructural y económico al diseñar un edificio multifamiliar de seis pisos de concreto armado y acero, ubicados en la ciudad de Piura*. <https://core.ac.uk/outputs/250078176/>
- Untiveros Acuña, E. (2020). *Análisis comparativo técnico y económico entre una edificación comercial empleando acero estructural y concreto armado en la ciudad de Huancayo – 2017*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7381>
- Zevallos Ventura, T. M. (2023). Análisis comparativo del desempeño sísmico de un edificio de acero y concreto armado mediante el análisis estático no lineal, en Lima. *Universidad Ricardo Palma*.  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6877>

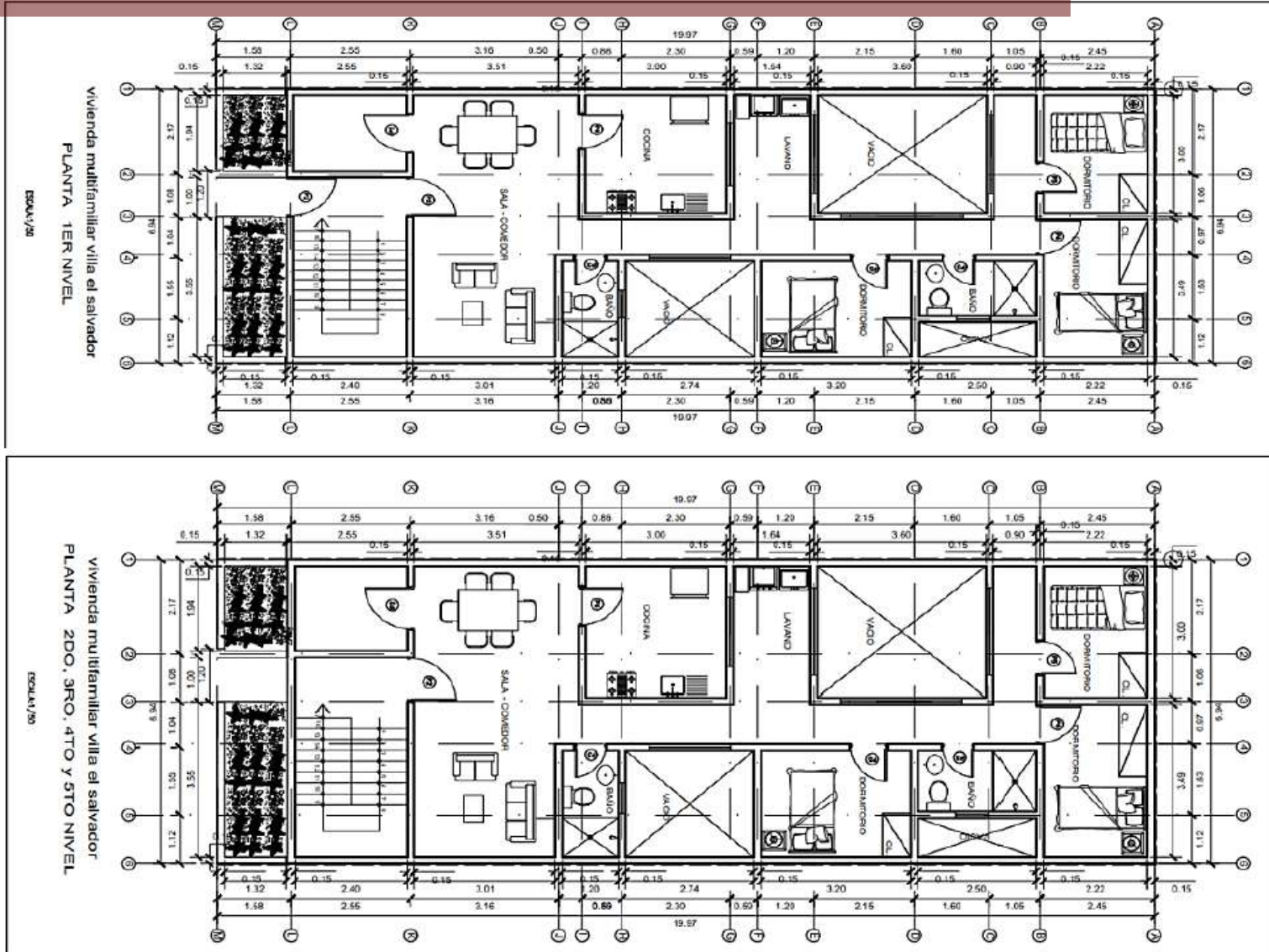


## ANEXOS



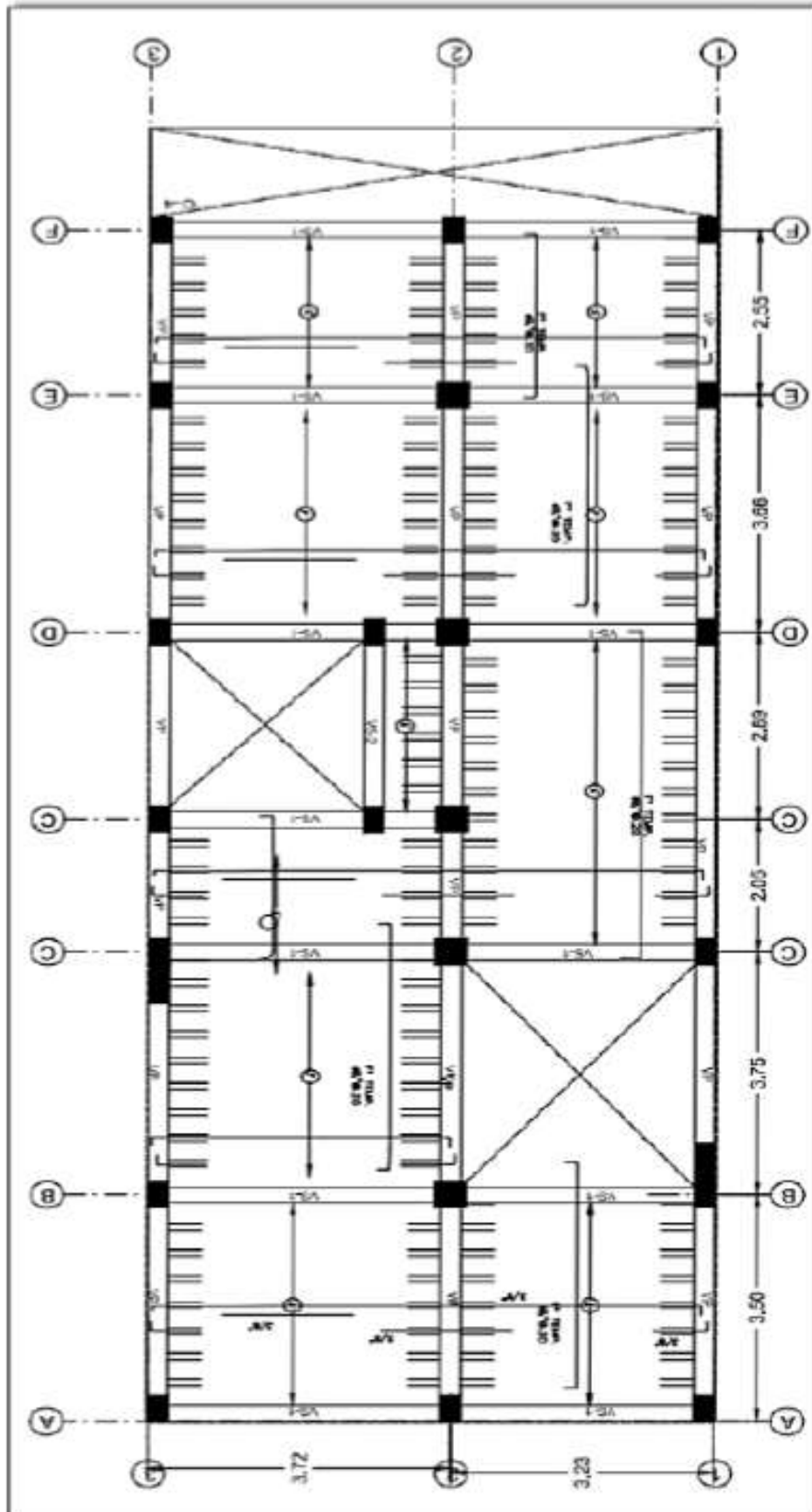
### Anexo. Matriz de Consistencia

Título de la Tesis: Estudio comparativo entre diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de puno 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
¿Cuál es la variación entre diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Puno 2024?	Comparar los diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de puno 2024.	Los diseños de estructuras de acero y estructuras de concreto armado para la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de puno 2024, variarán de manera considerable.	VI: <i>Estructuras de Acero y Estructuras de Concreto Armado</i>	Ficha técnica
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es la variación de la cortante basal entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado en una vivienda multifamiliar?	Determinar la variación de la cortante basal entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar.	Se espera que la variación de la cortante basal entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar indique que el diseño de acero será más liviano que el de concreto armado, lo que proporcionará ventajas en términos de peso estructural.	VD: <i>Viviendas Multifamiliares</i>	Recopilación de información del RNE.
¿Cuál es la variación en las distorsiones que presentan entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar?	Determinar la variación en las distorsiones entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado para una vivienda multifamiliar.	Es probable que la variación en las distorsiones entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado muestre que el diseño de acero presentará menores derivas, lo que implicaría una mejor respuesta estructural frente a cargas laterales.		
¿Cuál es la variación en el costo y plazo para la construcción de una vivienda multifamiliar entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado?	Determinar la variación en el costo y plazo para la construcción de una vivienda multifamiliar entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado.	Se proyecta que la variación en el costo y el plazo de construcción entre los diseños de estructuras de acero y de concreto armado sugiera que el diseño de acero será más económico y rápido de construir, optimizando tanto los recursos financieros como el tiempo de ejecución.		



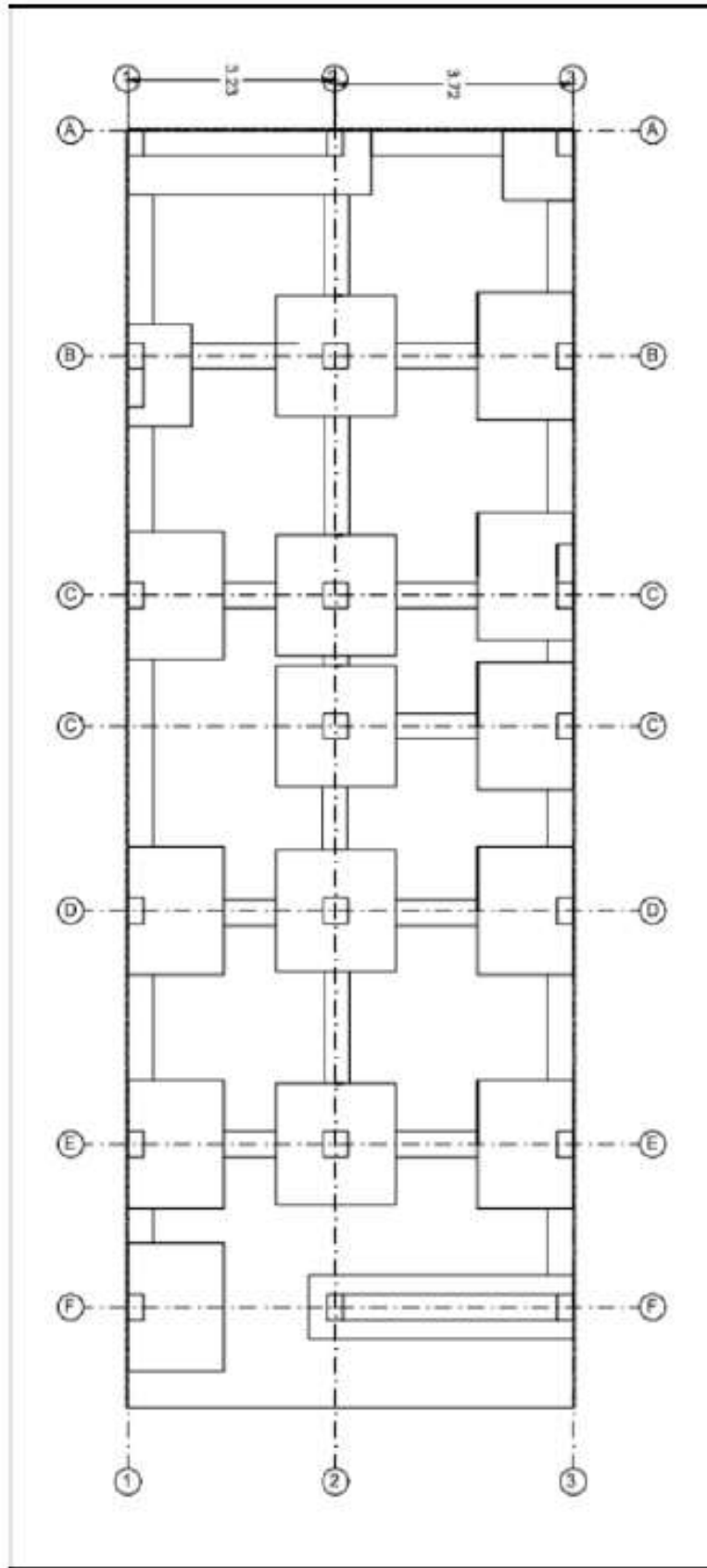
*[Handwritten signature]*

DR. MILTON QUISPE HUANCA



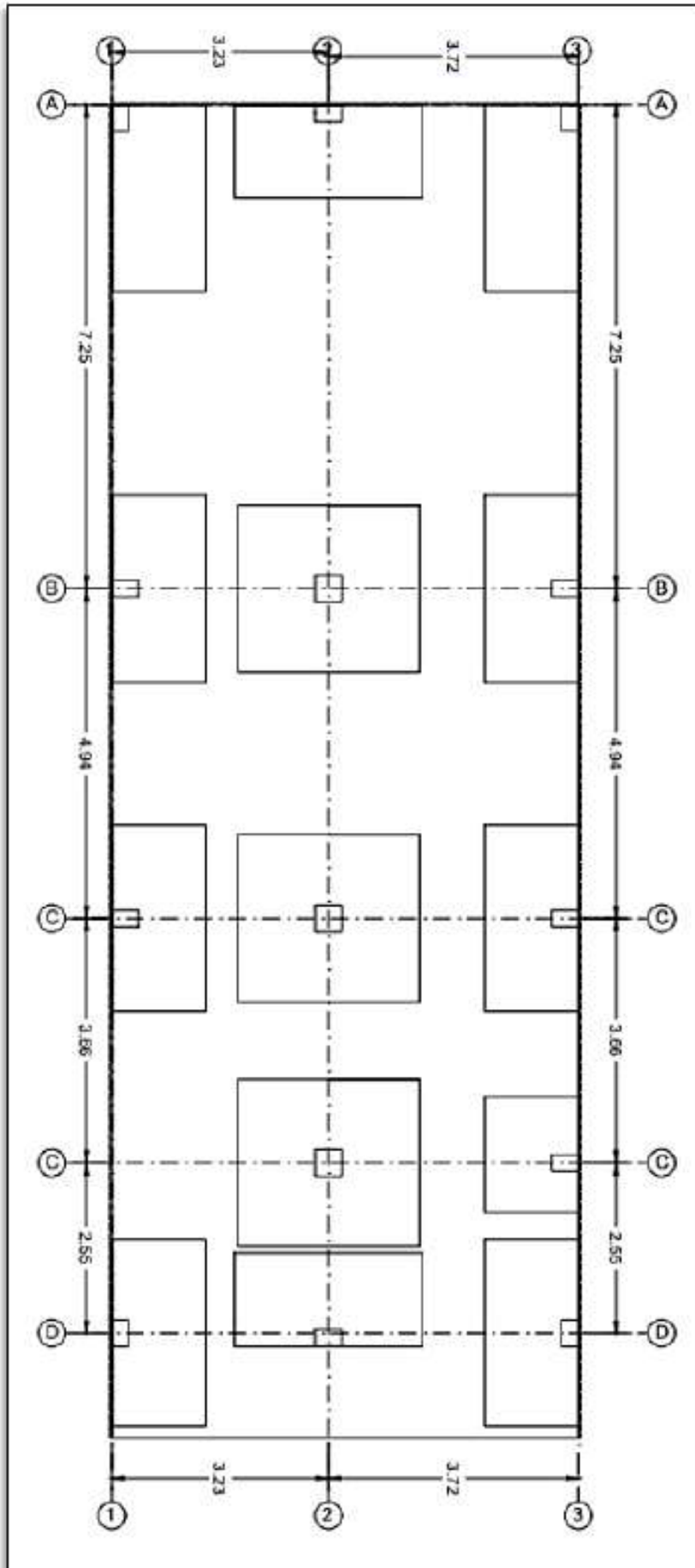
*Dr. Meltrón Quispe Huanca*  
Dr. MELTRÓN QUISPE HUANCA  
INGENIERO CIVIL

## ANEXO 4: PLANOS DE ZAPATAS



*[Handwritten signature]*

WILTON GUSPE HUACA  
INGENIERO CIVIL  
C.I.F. 47791



*[Handwritten signature]*



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 31-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DENIS MARIN CASTRO MARCA

Dirección: COMUNIDAD CUCHO ESQUEÑA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70605681

Teléfono: 935 076 208 email: castromarcad@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE PUNO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTRUCTURAS DE ACERO, ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO, CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES Y COMPARACIÓN ESTRUCTURAL

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2?</sup>

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

31 - 03 - 2025

Fecha