



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



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS
ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO
CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS
ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO
CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS
EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
PRIMER MIEMBRO	:	 Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
SEGUNDO MIEMBRO	:	 Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE TESIS	:	 M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE MATERIALES - R17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1460-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 10794 presentado por el (la) Bachiller: **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA** 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. **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** 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. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 13 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 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 ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. OSCAR V. YAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 72730

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS



Dr. Francisco Willy Momeni Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1115-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 8248, presentado por el señor (a) **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveedor del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1735-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 149-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1735-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 149-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 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 del Director de la Unidad 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, 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, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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.

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

D. OSCAR Y. VIALMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN / OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 149-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 1297 por el señor (a): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 087 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 005 - 2025 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): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 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 **Dr. 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° 005 - 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso 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, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** 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 ANDAHUAYLAS NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Aposo
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1735-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 14657, presentado el señor (a) **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1511 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 392-2024 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): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 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 Dr. 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° 392-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 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): **MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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 ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

[Signature]
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



[Signature]
Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	10 %	1 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	1 %
6	manglar.uninorte.edu.co Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
8	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72172825
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-8697-3961
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 59"  https://maps.app.goo.gl/Jn7X3hppaRTEHnmd8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2024 - Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00
- Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS BÁSICAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA, identificado con DNI Nro. 72172825 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

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

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES

APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES

Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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.

Juliana 05 de diciembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada momento de este camino, iluminando mi vida con sabiduría y perseverancia.

A mis padres, cuya dedicación, amor incondicional y apoyo constante han sido el pilar fundamental para alcanzar este logro. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y por ser mi mayor fuente de inspiración.

A mi familia, por creer en mí y brindarme su respaldo en los momentos más desafiantes. Cada palabra de aliento y gesto de apoyo ha sido un impulso invaluable.

A mis pequeños hijos, los cuales terminaron siendo mis compañeros de estudio, por compartir conmigo este viaje lleno de aprendizajes, retos y satisfacciones. Su compañía ha hecho de esta experiencia algo excepcional.

Finalmente, dedico este trabajo a mí mismo, como un recordatorio de que con esfuerzo, determinación y fe, cualquier meta puede ser alcanzada.



AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino.

A mi familia, por su amor, comprensión y respaldo incondicional, que me dieron la fuerza necesaria para seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mis docentes y asesores, por su paciencia, orientación y por compartir sus conocimientos, los cuales han sido pilares fundamentales en este proceso de aprendizaje.

Finalmente, expreso mi gratitud a quienes, con su amistad, consejo y aliento, hicieron de este viaje académico una experiencia enriquecedora e inolvidable.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	13
1.2	Planteamiento del problema	15
1.2.1	Problema general	15
1.2.2	Problemas específicos.....	15
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.....	16
1.4.1	Justificación técnica.....	16
1.4.2	Justificación económica.....	16
1.4.3	Justificación social.....	16
1.4.4	Justificación ambiental.....	17
1.5	Hipótesis de la investigación.....	17
1.5.1	Hipótesis general.....	17
1.5.2	Hipótesis específicas.....	17
1.6	Variables e indicadores	18
1.6.1	Variable de caracterización.....	18
1.6.2	Variable de interés.....	18



1.7 Operacionalización de variables 19

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 20
2.1.1 Antecedentes internacionales 20
2.1.2 Antecedentes nacionales..... 22
2.1.3 Antecedentes regionales 23
2.2 Bases teóricas 24
2.2.1 Evaluación del comportamiento sísmico de sistemas estructurales
aportados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas 24
2.2.2 Sismos en estructuras 37
2.3 conceptual 41

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación 43
3.2 Tipo de la investigación 44
3.3 Nivel de la investigación 44
3.4 Diseño de la investigación 45
3.5 Métodos de la investigación..... 45
3.6 Población y muestra de la investigación 45
3.6.1 Población..... 45
3.6.2 Muestra 46
3.7 Técnicas e instrumentos 46
3.7.1 Técnicas 46
3.7.2 Instrumentos..... 46
3.8 Validación y confiabilidad del instrumento 47
3.8.1 Validación de los instrumentos 47
3.8.2 Confiabilidad de instrumentos..... 47
3.9 Procedimiento de recolección de datos 47
3.10 Procesamiento y análisis de datos..... 52



CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados 53

 4.1.1 Análisis de la influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en la cortante basal de un sistema aporticado de concreto armado 53

 4.1.2 Impacto de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en los desplazamientos máximos de un sistema aporticado de concreto armado 82

 4.1.3 Influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado 87

4.2 Discusión de resultados..... 89

CONCLUSIONES..... 92

RECOMENDACIONES..... 94

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 95

ANEXOS 100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 19

Tabla 2 Características de los materiales que predominan..... 53

Tabla 3 Cargas muertas en la estructura..... 54

Tabla 4 Cargas vivas en la estructura 55

Tabla 5 Periodo de vibración 62

Tabla 6 Irregularidades en planta y altura..... 62

Tabla 7 Irregularidad torsional-X..... 63

Tabla 8 Irregularidad torsional-Y..... 63

Tabla 9 Centro de masa y Rigidez..... 64

Tabla 10 Cortante basal 66

Tabla 11 Cargas muertas en la estructura 67

Tabla 12 Cargas vivas en la estructura..... 67

Tabla 13 Periodo de vibración 76

Tabla 14 Irregularidades en planta y altura..... 77

Tabla 15 Irregularidad torsional-X..... 77

Tabla 16 Irregularidad torsional-Y..... 78

Tabla 17 Centro de masa y Rigidez..... 78

Tabla 18 Cortante basal 81

Tabla 19 Comparativa en la cortante basal 81

Tabla 20 Desplazamientos permisibles -RXX..... 82

Tabla 21 Desplazamientos permisibles -RYY 83

Tabla 22 Junta sísmica entre los edificios 84

Tabla 23 Desplazamiento-RXX 84

Tabla 24 Desplazamiento-RYY 84

Tabla 25 Junta sísmica entre los edificios 85

Tabla 26 Comparativa en los desplazamientos 86



Tabla 27	Derivas-RXX.....	87
Tabla 28	Derivas-RYY.....	87
Tabla 29	Derivas-RXX.....	88
Tabla 30	Derivas-RYY.....	88
Tabla 31	Comparativa en las derivas	88



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proyecto futuro.....	48
Figura 2	Características de los materiales	54
Figura 3	Proporciones de carga asignadas según el tipo de edificación en el análisis ..	57
Figura 4	Cargas operativas aplicadas a la losa entre niveles de la estructura.....	57
Figura 5	Carga aplicada en las vigas a causa de la tabiquería.....	58
Figura 6	Cargas inducidas por sismos en las direcciones ortogonales X e Y	58
Figura 7	Cargas inducidas por sismos estáticos en las direcciones ortogonales X e Y .	59
Figura 8	Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación X	59
Figura 9	Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación Y	60
Figura 10	Asignación de las masas en el modelo estructural	60
Figura 11	Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje X	61
Figura 12	Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje Y	61
Figura 13	Cortante basal X-X.....	65
Figura 14	Cortante basal Y-Y	65
Figura 15	Proporciones de carga asignadas según el tipo de edificación en el análisis	69
Figura 16	Cargas operativas aplicadas a la losa entre niveles de la estructura.....	69
Figura 17	Cargas operativas aplicadas a la losa entre niveles de la estructura.....	70
Figura 18	Carga aplicada en las vigas a causa de la tabiquería.....	71
Figura 19	Espectro - R=6 (X)	71
Figura 20	Espectro - R=8 (Y)	72
Figura 21	Cargas inducidas por sismos en las direcciones ortogonales X e Y	73
Figura 22	Cargas inducidas por sismos estáticos en las direcciones ortogonales X e Y	73
Figura 23	Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación X	74
Figura 24	Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación Y	74
Figura 25	Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje X	75
Figura 26	Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje Y	75



Figura 27 Cortante basal X-X e Y-Y	80
Figura 28 Comparativa en la cortante basal	82
Figura 29 Desplazamiento de la estructura X-X e Y-Y	83
Figura 30 Desplazamiento de la estructura X-X e Y-Y	85
Figura 31 Comparativa en los desplazamientos	86
Figura 32 Comparativa en las derivas	89



RESUMEN

En la presente investigación denominada "Evaluación del comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas en la provincia de San Román 2024", se tiene como objetivo analizar el desempeño sísmico de sistemas estructurales aporticados, comparando las características y comportamiento de losas convencionales y pretensadas. La investigación, desarrollada bajo un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo y con diseño no experimental, permite identificar diferencias clave entre ambos sistemas. Los resultados evidencian un incremento en la cortante basal de los sistemas con losas pretensadas respecto a los convencionales, especialmente en la dirección X-X, donde en el análisis dinámico aumenta de 93.62 Tonf a 137.39 Tonf y en el análisis estático de 116.52 Tonf a 156.25 Tonf. En la dirección Y-Y, también se observa un incremento en ambos tipos de análisis. En cuanto a los desplazamientos máximos, las losas pretensadas muestran reducciones consistentes: en la dirección X-X el desplazamiento en el cuarto piso disminuye un 3% y en la dirección Y-Y un 11%, evidenciando un mejor control de deformaciones. Asimismo, en el análisis de derivas, los sistemas con losas pretensadas presentan reducciones significativas: en la dirección X-X disminuyen un 7% y en la dirección Y-Y hasta un 14% en los pisos inferiores. Estos resultados confirman que las losas pretensadas mejoran el desempeño sísmico global del sistema estructural, garantizando un mayor control de derivas y desplazamientos, y cumpliendo con los límites establecidos por la normativa sísmica vigente.

Palabras Clave: Análisis sísmico, sistema aporticado., losa convencional y pretensada,



ABSTRACT

This research, entitled "Evaluation of the Seismic Behavior of Reinforced Concrete Framed Structural Systems with Conventional and Prestressed Slabs in the Province of San Román 2024," aims to analyze the seismic performance of framed structural systems by comparing the characteristics and behavior of conventional and prestressed slabs. The research, developed using a quantitative, descriptive, and non-experimental design, identifies key differences between the two systems. The results show an increase in the base shear of the systems with prestressed slabs compared to the conventional ones, especially in the X-X direction, where in the dynamic analysis it increases from 93.62 Tonf to 137.39 Tonf and in the static analysis from 116.52 Tonf to 156.25 Tonf. An increase is also observed in both types of analysis in the Y-Y direction. Regarding maximum displacements, prestressed slabs show consistent reductions: in the X-X direction, the displacement on the fourth floor decreases by 3%, and in the Y-Y direction by 11%, demonstrating better deformation control. Likewise, in the drift analysis, systems with prestressed slabs exhibit significant reductions: in the X-X direction, they decrease by 7%, and in the Y-Y direction by up to 14% on the lower floors. These results confirm that prestressed slabs improve the overall seismic performance of the structural system, ensuring greater control of drifts and displacements, and complying with the limits established by current seismic regulations.

Keywords: Seismic analysis, conventional slab, prestressed slab, framed system.



INTRODUCCIÓN

La gente sabe que las losas convencionales son fáciles de construir y baratas, mientras que las losas pretensadas son más fuertes y estructuralmente más eficientes. Sin embargo, no se utilizan tanto en algunas áreas debido a razones económicas y técnicas.

El análisis comparativo tiene como objetivo determinar cuál de estas soluciones estructurales demuestra un rendimiento superior bajo cargas sísmicas, teniendo en cuenta no solo su respuesta dinámica y mecánica, sino también factores como la durabilidad, la eficiencia económica y la adaptabilidad a las condiciones locales. Este estudio busca abordar una deficiencia en la experiencia técnica local respecto a la utilización de losas pretensadas en sistemas de marco y tiene como objetivo mejorar las metodologías de construcción en San Román, fomentando el desarrollo de edificaciones más seguras y sostenibles.

Además, los hallazgos de esta investigación facilitarán la formulación de directrices que mejoren el diseño estructural adecuado en alineación con las normativas peruanas actuales, incluyendo la Norma Técnica Peruana E.030 sobre Diseño Sismorresistente, fortaleciendo así la base para la construcción de edificios resilientes en una región particularmente susceptible a ocurrencias sísmicas. El objetivo no es solo hacer una contribución académica, sino también proporcionar a los ingenieros, constructores y grupos locales que trabajan en la planificación urbana y el desarrollo de infraestructuras en San Román herramientas útiles.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

Los desastres sísmicos son una de las mayores amenazas para los edificios y la seguridad comunitaria en todo el mundo, especialmente en lugares con mucha actividad tectónica, como el Anillo de Fuego del Pacífico. Eventos recientes, como los terremotos en Turquía y Siria en 2023, mostraron cuán débiles son las infraestructuras ante cargas dinámicas extremas, lo que causó enormes pérdidas de vidas y dinero. Esto deja claro cuán importante es crear y utilizar tecnologías estructurales que sean más fuertes y funcionen mejor. El hormigón armado ha sido una opción popular en esta situación, pero el diseño tradicional con losas regulares tiene problemas cuando se trata de cargas sísmicas pesadas. Las losas pretensadas, por otro lado, parecen ser una buena opción, pero aún no se utilizan mucho debido a problemas técnicos, económicos y de conocimiento en muchas áreas (Calapuja & Yucra, 2021).

Las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica interactúan en Perú, lo que hace que el país sea muy sísmicamente activo. Esto significa que los edificios siempre están en riesgo. El Instituto Geofísico del Perú (IGP) dice que Perú tiene muchos terremotos cada año, y algunos de ellos son más fuertes que 7.0 en la escala de Richter. Estos eventos muestran que muchos edificios tienen fallas estructurales, especialmente aquellos con



losas tradicionales. Aunque existen normas, como la Norma Técnica Peruana E.030 para el Diseño Sismorresistente, no siempre se siguen adecuadamente. Esto es especialmente cierto en áreas donde las nuevas tecnologías, como las losas pretensadas, no se utilizan con mucha frecuencia. Esto requiere la investigación y adaptación de estas tecnologías a las condiciones sísmicas y económicas del país, asegurando así estructuras más resilientes (Calapuja & Yucra, 2021).

Es muy probable que la zona sea golpeada por terremotos, y esto se agrava por las prácticas de construcción que no siempre siguen las normas técnicas. La mayoría de los edificios tienen losas estándar, que son fáciles de acceder y usar, pero pueden no ser la mejor opción en caso de un terremoto fuerte. Además, el hecho de que no haya muchos estudios locales que analicen cómo se comportan alternativas como las losas pretensadas en terremotos dificulta la creación de soluciones estructurales más seguras que funcionen en la zona. Esto representa un desafío para ingenieros y planificadores urbanos, quienes deben equilibrar la viabilidad técnica y económica con la necesidad de mejorar la seguridad estructural de las edificaciones.

Ante este panorama, surge la necesidad de realizar un análisis comparativo del comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporricados de concreto armado que incorporen losas convencionales y pretensadas, con el fin de identificar cuál de estas soluciones ofrece. Este estudio busca no solo contribuir al conocimiento técnico en la región, sino también proponer lineamientos prácticos que permitan optimizar el diseño y la construcción de edificaciones resilientes en zonas de alta vulnerabilidad sísmica.



1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es el comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas en la provincia de San Román 2024?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Qué influencia tiene una losa aligerada convencional y una losa pretensada en la cortante basal de un sistema aporticado de concreto armado?
- b. ¿Qué impacto genera una losa aligerada convencional y una losa pretensada en los desplazamientos máximos de un sistema aporticado de concreto armado?
- c. ¿Qué influencia tiene una losa aligerada convencional y una losa pretensada en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar el comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas en la provincia de San Román 2024.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Analizar la influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en la cortante basal de un sistema aporticado de concreto armado.
- b. Evaluar el impacto de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en los desplazamientos máximos de un sistema aporticado de concreto armado.
- c. Determinar la influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Soluciones frente a las exigencias dinámicas impuestas por los sismos. Mientras que las losas convencionales son ampliamente utilizadas por su simplicidad constructiva, las losas pretensadas presentan beneficios en términos de mayor capacidad de resistencia y menor deformación. Sin embargo, su comportamiento bajo las condiciones sísmicas específicas de la provincia de San Román no ha sido suficientemente estudiado. Este análisis técnico ayudará a mejorar el diseño estructural y sugerirá los mejores métodos de construcción que cumplan con las normas peruanas (E.030). Esto hará que las estructuras sean menos vulnerables y que los edificios sean más seguros.

1.4.2 Justificación económica

El estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad financiera de utilizar losas pretensadas en contraste con las losas convencionales en estructuras soportadas por marcos. Las losas pretensadas cuestan más al principio porque requieren materiales y tecnología especiales, pero podrían ahorrar dinero en reparaciones y mantenimiento a largo plazo porque pueden proteger las estructuras de los terremotos. Este análisis económico es importante para determinar la relación costo-beneficio y justificar el uso de estas tecnologías en proyectos locales. Esto es especialmente cierto en un lugar como San Román, donde los recursos a menudo son limitados y es importante aprovechar al máximo las inversiones en infraestructura.

1.4.3 Justificación social

San Román está en una parte del mundo donde es muy probable que ocurran terremotos, lo que pone en riesgo a miles de personas que viven en edificios débiles. Este estudio tiene un impacto social directo porque busca hacer que las viviendas y los edificios públicos sean más seguros al fortalecer sus estructuras, lo que protegerá la vida de las



personas que viven allí durante los terremotos. Este estudio ayudará a que las comunidades locales sean más resilientes a los desastres naturales al sugerir formas más seguras y eficientes de construir. Además, se fomenta la formación de ingenieros, constructores y profesionales en el uso de tecnologías avanzadas mediante la creación de conocimientos técnicos específicos para cada región. Esto conduce a un desarrollo urbano más seguro y sostenible.

1.4.4 Justificación ambiental

Este estudio aboga por metodologías de construcción que mitiguen las consecuencias ambientales vinculadas a las reparaciones o reconstrucciones posteriores a un terremoto. Las losas pretensadas, al ser más resistentes y duraderas, pueden disminuir la necesidad de utilizar materiales adicionales para reforzar o reparar estructuras dañadas, reduciendo el consumo de recursos y la generación de desechos de construcción. Asimismo, al garantizar edificaciones más resilientes, se contribuye indirectamente a mitigar los efectos secundarios de un desastre, como el desplazamiento de comunidades y el daño a los ecosistemas locales.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

Los sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas pretensadas presentan un mejor comportamiento sísmico en comparación con los sistemas que utilizan losas convencionales en la provincia de San Román 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. Las losas pretensadas influirán de manera significativa en la reducción de la cortante basal en un sistema aporticado de concreto armado en comparación con las losas aligeradas convencionales.



- b. El uso de losas pretensadas generara menores desplazamientos máximos en un sistema aporticado de concreto armado en comparación con las losas aligeradas convencionales.
- c. Las losas pretensadas contribuirán a una menor incidencia en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado en comparación con las losas aligeradas convencionales.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable de caracterización*

Losa convencional y pretensada

Indicadores:

- Armado tradicional de losa convencional
- Pretensados con aceros de losa pretensada

1.6.2 *Variable de interés*

Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales aporticados.

Indicadores:

- Desplazamiento máximo
- Esfuerzo cortante
- Derivas



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Inst. medición	Tipo
V. Caracterización: Losa convencional y pretensada	Se refiere a los sistemas estructurales de concreto armado que utilizan losas convencionales (tradicionales) o pretensadas (con cables de tensión).	Losa convencional	Armado tradicional de losa convencional	Planos estructurales	Ordinal
		Losa pretensada	Pretensados con aceros de losa pretensada	Especificaciones técnicas	
V. Interés: Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales aporticados	Describe la capacidad de los sistemas estructurales aporticados para resistir fuerzas sísmicas, evaluando desplazamientos, esfuerzos y deformaciones.	Desempeño estructural	Desplazamiento máximo Esfuerzo cortante Derivas	Simulaciones sísmicas (software de modelado) RNE E-030	Ordinal



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Gutiérrez et al. (2024) en su estudio "Diseño estructural Edificio Mario Santo Domingo: sistema aporticado con losa aligerada armada en dos direcciones soportada por viga en sus cuatro bordes", este edificio busca responder a la necesidad de expansión de la institución, cumpliendo con los estándares de modernidad y seguridad estructural según las normas NSR-10 y ACI 318-19. Además, el diseño incorpora prácticas sostenibles que minimizan el impacto ambiental, sin comprometer la resistencia sísmica ni la funcionalidad. Los resultados del análisis revelaron que las columnas y algunas vigas son capaces de resistir las solicitaciones previstas, por lo que se diseñaron utilizando acero transversal mínimo. Asimismo, las losas se diseñaron con la cuantía mínima requerida para controlar los efectos de temperatura. En las zapatas, el concreto trabaja al 76 % de su capacidad, cumpliendo con los criterios de punzonamiento, aplastamiento y cortante unidireccional. Uno de los principales retos del proyecto fue redimensionar la estructura de manera óptima, minimizando las dimensiones para no incrementar excesivamente el peso del edificio y, al mismo tiempo, garantizar el cumplimiento de los límites de deriva establecidos. Finalmente, el proyecto entregó los planos de construcción, la memoria de cálculo y el presupuesto



final, que asciende a \$7,100,000,000 COP. Este diseño no solo cumple con los requisitos técnicos y normativos, sino que también garantiza un espacio académico moderno, funcional y sostenible para la Universidad del Norte.

Según Vera y Benítez (2024) en su investigación titulada "Análisis técnico y económico de la losa maciza y la losa aligerada semiprefabricada", El estudio se centró en edificios de la ciudad de Concepción, eligiendo como muestra una estructura de gran altura con sótano, planta baja, siete pisos estándar y una azotea. Los resultados mostraron que la losa ligera semiprefabricada es muy rentable, especialmente para edificios altos. Es una opción más eficiente porque tiene un peso propio menor, hace un mejor uso de los materiales y toma menos tiempo en construirse. La losa maciza, por otro lado, sigue siendo una buena opción para proyectos más pequeños o proyectos donde la facilidad de construcción es lo más importante. La losa ligera redujo el costo total de la estructura en aproximadamente un 9.13%, lo que representa un ahorro de 154,484,740 Gs. La principal razón de esta disminución fue que se utilizó menos encofrado y materiales. La losa ligera hizo que el edificio fuera un 20.5% más liviano en general, lo que lo hizo más estructuralmente sólido y mejor capaz de soportar cargas sísmicas. Además, los vacíos en los ladrillos de cerámica lo hicieron mejor para mantener el calor y el sonido fuera, lo que lo convirtió en una excelente opción para hogares y oficinas. En contraste, la losa maciza es mejor para proyectos que necesitan más resistencia estructural o que son más fáciles de instalar. Su diseño continuo facilita el ensamblaje y puede ser útil en proyectos de construcción donde la velocidad no sea un factor importante o donde la resistencia a la deformación sea más relevante. En resumen, la decisión entre una losa maciza y una losa ligera debe basarse en un análisis cuidadoso de las necesidades únicas de cada proyecto, como la altura del edificio, las cargas que tendrá que soportar, la velocidad de construcción y el presupuesto. Aunque ambos sistemas son válidos según el contexto, la losa aligerada



demostró ser una solución técnica y económicamente más eficiente en el proyecto evaluado.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Carranza y Saldaña (2021) en su investigación titulada "Evaluación comparativa del análisis sísmico entre los sistemas estructurales aporticado y dual en el distrito de Paiján, La Libertad, 2021", considerando la simetría y el diseño arquitectónico para ambos sistemas estructurales. Después de eso, utilizamos el software ETABS 2016 para modelar los bloques del edificio. Esto nos dio respuestas sísmicas como desplazamientos y derivas. Verificamos estas respuestas para asegurarnos de que estaban dentro de los límites de la norma E.030. Los resultados permitieron una comparación muy detallada de cómo ambos sistemas reaccionaron a los terremotos. Se observó que el sistema dual tiene menos deriva y desplazamiento porque las paredes estructurales lo hacen más rígido. Este sistema también tiene beneficios arquitectónicos porque respeta los espacios que se habían planeado. Por otro lado, el sistema de armazón a menudo requiere cambios en la distribución interior, lo que puede desentonar con la armonía del diseño. Dividimos el edificio en dos bloques para el análisis, y cada bloque tenía su propia forma de sostenerse. En ambos bloques, las derivas obtenidas en el modelamiento estuvieron por debajo del límite de 0.007 especificado en la norma E.030. Por ejemplo, en el bloque 1, las derivas máximas fueron de 0.0049 en ambos ejes para el sistema dual y similares en X (0.0049) para el sistema aporticado. En el bloque 2, la deriva máxima del sistema aporticado fue de 0.0054 en Y, mientras que en el sistema dual fue de 0.0042 en X. En conclusión, el sistema dual mostró un mejor desempeño en cuanto al control de desplazamientos laterales, manteniéndose dentro de los límites establecidos por la normativa. Además, este sistema permite respetar la configuración arquitectónica original, evitando modificaciones innecesarias en los espacios interiores. Por estas razones, se recomienda el uso del sistema dual para la construcción de edificaciones multiusos en el distrito de Paiján.

Según Falcon (2024) en su investigación titulada "Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023", Entre estas, se destacan incrementos de hasta un 22.88% en las distorsiones de entrepiso, reducciones en los asentamientos de la cimentación de hasta un 92.65% y aumentos de hasta un 71.73% en los esfuerzos de la cimentación, en comparación con el análisis tradicional de base rígida. En el análisis dinámico, se observaron variaciones en los períodos de vibración: un incremento del 2.96% en el primer modo, del 2.24% en el segundo, y del 4.03% en el tercer modo. Respecto a las distorsiones de entrepiso, se registraron incrementos del 11.56% en el nivel 1 en la dirección X y del 22.88% en el mismo nivel en la dirección Y. Por otro lado, las variaciones en el cortante basal fueron mínimas, con aumentos del 0.98% en la dirección X y del 1.76% en la dirección Y.

2.1.3 Antecedentes regionales

Según Calapuja y Yucra (2021) en su investigación titulada "Respuesta sísmica por el método de desempeño, del sistema estructural del edificio multifamiliar Zúñiga Galicia, Juliaca, Puno - 2021", tuvo como objetivo determinar la respuesta sísmica de un edificio multifamiliar mediante el método de desempeño. El estudio es de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental. La población estuvo constituida por edificios multifamiliares de seis niveles en la ciudad de Juliaca, seleccionándose como muestra, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, el edificio multifamiliar de seis niveles Zúñiga Galicia. Para el análisis, se desarrollaron dos modelos estructurales utilizando el software ETABS V.19. En el eje X, el sistema dual registró desplazamientos de 1.49 cm frente a los 20.08 cm del sistema aporticado; mientras que, en el eje Y, los desplazamientos fueron de 0.50 cm y 5.71 cm, respectivamente. Además, el sistema dual demostró una mejor respuesta frente a la cortante basal. Los puntos de desempeño obtenidos para cada sistema estructural indicaron que ambos cumplen con los objetivos de

diseño establecidos para distintos tipos de sismo. En conclusión, el sistema estructural dual ofrece una respuesta sísmica más eficiente en términos de desempeño comparado con el sistema estructural aporticado, lo que lo convierte en una opción más favorable para el edificio multifamiliar Zúñiga Galicia.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Evaluación del comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas*

Los sistemas de marco, compuestos por columnas y vigas de hormigón armado, deben diseñarse de manera que las tensiones se distribuyan uniformemente y se eviten los mecanismos de colapso frágil. Esto significa que las bisagras plásticas deben formarse en áreas controladas y el sistema debe ser capaz de deformarse sin perder resistencia. (Reto, 2023)

Cuando se trata de losas regulares, la forma en que los elementos verticales y horizontales trabajan juntos afecta directamente la rigidez lateral y la forma en que se distribuyen las fuerzas sísmicas. Si no se tiene en cuenta la continuidad estructural, esto puede causar la acumulación de tensiones en ciertas áreas. Las losas pretensadas, por otro lado, tienen beneficios como menos agrietamiento y mayor rigidez. Esto puede hacer que sean mejores para responder a los terremotos al reducir los desplazamientos y aumentar la capacidad de carga. Sin embargo, deben ser diseñados cuidadosamente para evitar efectos frágiles en las conexiones y juntas. (Sanchez, 2024)

Al comparar los dos tipos de losas, se deben tener en cuenta factores como la ductilidad general, la capacidad de disipación de energía y la respuesta a cargas cíclicas. Esto se debe a que la ductilidad es importante para que las estructuras sobrevivan a terremotos fuertes. Los sistemas de losas pretensadas pueden tener más rigidez al principio, pero su comportamiento después de romperse debe ser verificado para asegurarse de que la seguridad de la estructura no se vea comprometida. Por otro lado,



las losas regulares son más flexibles y pueden doblarse más, lo que les ayuda a absorber la energía sísmica. (Huapaya, 2017)

2.2.1.1 Comportamiento sísmico

La sismicidad es el estudio de los terremotos, las vibraciones naturales de la Tierra y las señales sísmicas que son producidas por las personas. La sismología es una parte fundamental de la geofísica que tiene muchas aplicaciones teóricas y prácticas que han ayudado a muchas áreas de la ciencia y la tecnología. A través de la observación y el análisis de las ondas sísmicas, este campo ha facilitado una comprensión más profunda de la dinámica de la tectónica de placas, elucidando fenómenos como la formación de montañas, las zonas de subducción y la actividad volcánica. La sismología también ha sido muy importante para determinar de qué está compuesto el interior de la Tierra, como el núcleo, el manto y la corteza (Apaza, 2019).

En términos prácticos, la sismología es muy importante para predecir terremotos, pero esto sigue siendo un desafío científico porque los procesos geológicos son muy complicados. También se utiliza como una herramienta importante en la búsqueda de recursos minerales y energéticos, como el petróleo, el gas y los minerales estratégicos, mediante métodos de prospección sísmica (Tacas & Hernandez, 2022).

La sismicidad es el número, la ubicación y la magnitud de los terremotos en una determinada área durante un período de tiempo específico. Es una medida de cuánta actividad sísmica está ocurriendo en un área y está vinculada a los procesos geológicos que ocurren en la corteza terrestre, como el movimiento de las placas tectónicas, la actividad volcánica y las fallas geológicas (Vásquez, 2022).

Los estudios geológicos y los registros históricos de eventos sísmicos se utilizan para determinar cuán activa es una región. La escala de Richter se utiliza para medir la magnitud, y la escala de Mercalli Modificada se usa para determinar la intensidad del temblor en la superficie. Este análisis es esencial para identificar regiones con un riesgo

sísmico elevado y para formular regulaciones de construcción que garanticen la seguridad estructural (Atencio, 2024).

La sismicidad es una parte muy importante de la ingeniería y la planificación urbana. Ayuda a los ingenieros a diseñar edificios que puedan resistir terremotos, establecer sistemas de alerta temprana y determinar cómo reducir el riesgo. Saber cuán probables son los terremotos en una determinada área ayuda a las personas a tomar decisiones inteligentes que los mantengan seguros y limiten los daños a la propiedad en caso de un terremoto (Lescano & Cruces, 2024).

Los temblores en la corteza terrestre ocurren cuando la energía que se ha acumulado en el interior de la Tierra se libera de repente. Esto suele ocurrir debido a movimientos tectónicos, actividad volcánica o fracturas en las rocas. La energía que se libera crea ondas sísmicas que se mueven en todas direcciones, llegando a la superficie y causando las vibraciones típicas de los terremotos. El foco o hipocentro es el punto exacto dentro de la Tierra donde comienza un terremoto. Puede estar a una profundidad de hasta 700 kilómetros. Por otro lado, el epicentro es el punto de la superficie terrestre situado directamente sobre el hipocentro, siendo generalmente el lugar donde se percibe con mayor intensidad el sismo (Aguirre & Vidal, 2024).

Las vibraciones generadas por un terremoto pueden variar enormemente en intensidad, desde aquellas apenas perceptibles hasta las que alcanzan un carácter catastrófico, provocando devastación en zonas habitadas. Estas vibraciones viajan en forma de ondas sísmicas que se dividen en cuatro tipos principales, clasificados según su propagación y efectos (Rimac & Arone, 2021).

2.2.1.1.1. Ondas internas

- Ondas primarias (P): También conocidas como ondas de compresión, son las primeras en llegar al receptor debido a su mayor velocidad. Estas ondas hacen que las partículas de las rocas oscilen hacia adelante y hacia atrás en la misma dirección de propagación de la onda, similar a un resorte.



- Ondas secundarias (S): También llamadas ondas de cizalla, viajan más lentamente que las ondas P y producen movimientos perpendiculares a su dirección de propagación, generando un efecto de sacudida más intenso.
- Ondas superficiales: Estas ondas se generan cuando las ondas internas alcanzan la superficie terrestre. Se mueven más lentamente, pero debido a que tienen mucha energía y duran mucho tiempo, pueden causar mucho daño a los edificios durante un terremoto. Las ondas Rayleigh mueven las cosas en un patrón elíptico, como las olas del agua, mientras que las ondas Love mueven las cosas de lado (Morante & Ninanya, 2020).
- Las ondas sísmicas nos ayudan a aprender sobre los terremotos y también han ayudado a los científicos a mirar dentro de la Tierra. Por ejemplo, las diferencias en la velocidad y el trayecto de las ondas P y S nos han ayudado a aprender mucho sobre las propiedades físicas de las capas de la Tierra, como cuán sólido es el manto o cuán fluido es el núcleo externo.

2.2.1.1.2. Origen de los sismos

Hay dos tipos principales de terremotos según su origen: tectónicos y volcánicos. Hay diferentes tipos de terremotos, pero los terremotos tectónicos son con mucho los más comunes y destructivos. Estos eventos no solo causan mucho daño, sino que también dificultan que los científicos determinen cuándo ocurrirán (Gómez, 2024).

- Terremotos tectónicos: Estos terremotos ocurren cuando las placas tectónicas, que son grandes piezas de la litosfera terrestre que flotan sobre el manto inferior, se mueven. Cuando las placas tectónicas se rozan entre sí, colisionan o se separan, acumulan tensión a lo largo de las fallas geológicas. Cuando este estrés se vuelve demasiado alto para que las rocas lo soporten, de repente libera energía. Las zonas de subducción, las fallas de transformación y los límites divergentes son ejemplos de cosas que pueden ocurrir durante este tipo de terremoto. La mayoría de los grandes desastres naturales

que han ocurrido en la historia, como los terremotos en el Anillo de Fuego del Pacífico, fueron causados por terremotos tectónicos.

- Terremotos volcánicos: Estos terremotos ocurren cuando el magma asciende y rompe rocas, o cuando los gases se acumulan dentro de un volcán y presionan las paredes del cráter. Ocurren con menos frecuencia y son menos poderosos que los terremotos tectónicos, pero pueden ocurrir antes de una erupción volcánica y actuar como un sistema de alerta temprana en algunos casos. Pero cuando ocurren cerca de áreas pobladas en volcanes activos, pueden causar mucho daño (Martinez & Sanchez, 2023).

Todavía es difícil para los científicos predecir los terremotos, especialmente los tectónicos. Aunque la tecnología ha mejorado y las redes sísmicas y satelitales están siempre vigilando, sigue siendo muy difícil predecir con precisión cuándo y cuán grande será un terremoto porque los procesos geológicos que los causan son tan impredecibles. Los investigadores están trabajando para encontrar patrones y señales de advertencia temprana, como cambios en pequeños terremotos, cambios en el comportamiento de las fallas o cambios en la forma del terreno (Huamali, 2021).

Los procesos tectónicos y volcánicos son responsables de los terremotos, y cada uno tiene su propio conjunto de efectos y dinámicas. Comprender estos fenómenos no solo ayuda a aliviar sus efectos, sino que también promueve la formulación de estrategias más eficientes para proteger a las comunidades vulnerables y mejorar la comprensión de los mecanismos internos del planeta (Coba & Rojas, 2023).

2.2.1.2 Sistema de estructura aporricado

El sistema de estructura de marco es un tipo de edificio que está compuesto principalmente por vigas y columnas que trabajan juntas para formar marcos rígidos. Este sistema está diseñado para llevar de manera efectiva las cargas verticales y horizontales, trasladarlas a los cimientos y distribuirlas uniformemente. Debido a que es fuerte, flexible

y puede ser utilizado para muchos tipos diferentes de construcción, es uno de los sistemas más populares en la ingeniería civil y la arquitectura (Pancca, 2021).

En este sistema, las vigas soportan el peso de los pisos, los muebles y las personas, mientras que las columnas sostienen el peso del edificio en sí y cualquier carga vertical. Los nodos rígidos conectan las dos partes, lo que ayuda a que la estructura se mantenga estable y permite que las fuerzas se muevan fácilmente de una parte a otra (Sanchez, 2024).

2.2.1.2.1. Características principales

- **Rigidez estructural:** Los marcos rígidos hacen que el sistema sea estable y resistente contra fuerzas externas como terremotos o viento. Esto lo hace bueno para áreas con mucha actividad sísmica.
- **Flexibilidad en diseño arquitectónico:** Este sistema permite crear grandes espacios abiertos sin necesidad de muros portantes, favoreciendo la flexibilidad en el diseño interior de los edificios.
- **Versatilidad en materiales:** Se puede construir utilizando diversos materiales como concreto armado, acero estructural o madera, dependiendo de las necesidades del proyecto y las condiciones del entorno.
- **Adaptabilidad a múltiples alturas:** Es aplicable tanto en edificaciones de una planta como en estructuras de gran altura, siendo común en edificios residenciales, comerciales e industriales (Luna, 2021).

2.2.1.2.2. Funcionamiento frente a cargas

- **Cargas verticales:** Las columnas actúan como soportes principales, mientras que las vigas distribuyen estas cargas hacia las columnas.

- Cargas horizontales (laterales): Los marcos rígidos generan resistencia a través de la interacción entre vigas y columnas, trabajando en conjunto para disipar las fuerzas externas (como vientos o movimientos sísmicos).

2.2.1.2.3. Ventajas

- Permite un diseño arquitectónico flexible.
- Es eficiente para resistir cargas sísmicas debido a su capacidad de disipar energía.
- Facilita la modificación o expansión de estructuras existentes.

2.2.1.2.4. Limitaciones

- Puede ser menos eficiente en edificaciones muy altas si no se combina con otros sistemas estructurales (como contravientos o núcleos rígidos).
- Requiere precisión en el diseño de las uniones y conexiones para garantizar su desempeño estructural (Falcon, 2024).

2.2.2 *Comportamiento del sistema estructural aporticado*

El comportamiento del sistema estructural aporticado se refiere a las características y respuesta estructural de un sistema compuesto por pórticos rígidos, que son marcos conformados por elementos horizontales (vigas) y verticales (columnas) conectados rígidamente en sus extremos. Este tipo de sistema es muy común en la construcción de edificios porque puede soportar cargas verticales y resistir fuerzas laterales como el viento o los terremotos, lo que mantiene la estructura estable y segura (Chambilla, 2022).

Uno de los tipos más comunes de ingeniería civil es el sistema estructural enmarcado, que puede manejar de manera eficiente tanto las cargas verticales como las horizontales. La Norma Técnica Peruana E.060 dice que estos sistemas están compuestos por un grupo de vigas y columnas que forman una estructura resistente llamada marco. Su

diseño y comportamiento deben cumplir con ciertos estándares para asegurar que la estructura sea estable, funcione bien y sea segura (Carranza & Saldaña, 2021).

Una de las cosas más importantes a considerar al diseñar un sistema estructural enmarcado es cómo evitar que los nodos donde se encuentran las columnas y vigas se muevan demasiado. La norma E.060 dice que estos nodos deben tener refuerzo de confinamiento porque son áreas importantes donde se acumula mucho estrés, especialmente durante los terremotos. Un buen confinamiento ayuda con:

- Mejorar la ductilidad de los nodos.
- Aumentar la capacidad de absorción de energía.
- Reducir el riesgo de fallas frágiles que podrían comprometer la integridad estructural.

Un sistema estructural es considerado como "aporticado" cuando la cortante basal, generada por cargas laterales como las fuerzas sísmicas o vientos, es resistida en un 80% o más por las columnas del sistema. Este comportamiento es característico de las estructuras donde las columnas desempeñan un papel predominante en la transferencia de fuerzas hacia los cimientos (Falcon, 2024).

Características:

- **Conexiones rígidas:** Las uniones entre vigas y columnas están diseñadas para transmitir momentos flectores, fuerzas cortantes y axiales, permitiendo que los elementos trabajen de manera conjunta y eficiente.
- **Flexibilidad y ductilidad:** Es un sistema relativamente flexible frente a cargas laterales, lo que le permite disipar energía mediante deformaciones controladas, siendo adecuado para zonas sísmicas.
- **Distribución de cargas:** Las cargas verticales se transfieren de las vigas a las columnas y posteriormente a los cimientos. Las cargas horizontales se distribuyen a lo largo de los pórticos, actuando en conjunto.

- Redundancia estructural: Al contar con múltiples elementos interconectados, el sistema puede redistribuir esfuerzos si uno de los componentes falla, lo que incrementa la seguridad.

El sistema estructural aperticado combina eficiencia, ductilidad y redundancia, lo que lo convierte en una solución estructural confiable para una amplia gama de edificaciones. Sin embargo, su diseño y análisis deben considerar las circunstancias únicas del proyecto para garantizar un rendimiento óptimo bajo las cargas y tensiones anticipadas.

2.2.3 Losas convencionales

Un elemento estructural de hormigón armado llamado losa convencional se utiliza a menudo en la construcción para cubrir espacios y transmitir cargas a los elementos de soporte como muros, vigas o columnas.

La mayoría de las veces, las losas estándar están hechas de hormigón armado, que es una mezcla de hormigón y refuerzo de acero que las hace fuertes y duraderas. Estas losas se fabrican en el lugar, utilizando encofrados temporales que se retiran una vez que el concreto ha fraguado. El acero de refuerzo se coloca cuidadosamente en la estructura para que pueda soportar esfuerzos de flexión, corte y compresión. El grosor de la losa puede cambiar según su propósito, el peso que necesita soportar y la distancia entre los puntos de soporte. Pero suele ser más gruesa que las losas pretensadas porque no tienen fuerzas que las hagan funcionar mejor (Chambilla, 2022).

Las casas, negocios y fábricas de baja a mediana altura a menudo utilizan losas convencionales. Una de sus mejores características es que son fáciles de diseñar y construir, lo que las hace útiles para proyectos que no requieren mucho conocimiento técnico. Además, sus costos iniciales suelen ser más bajos que los de las losas pretensadas (Calcina & Ccari, 2021).

La razón principal por la que una losa ligera es importante es que puede hacer que un edificio sea más liviano sin debilitarlo. Cuando añades materiales ligeros como bloques



de concreto, ladrillos, poliestireno o plástico, quitas concreto de lugares donde no aporta mucha resistencia. Esto reduce la carga muerta. Esto ayuda a otras partes de la estructura, como vigas, columnas y cimientos, al permitirles soportar menos peso y hacer que el edificio en su conjunto sea más eficiente (Sanchez, 2024).

Las losas ligeras también ayudan a ahorrar dinero en los proyectos de construcción. Al usar menos concreto y mejor acero de refuerzo, los costos de materiales y mano de obra disminuyen. Este tipo de losa también permite cubrir distancias más largas con menos grosor que las losas sólidas, lo que hace un mejor uso de los recursos sin comprometer la seguridad.

Su capacidad para adaptarse a muchos tipos diferentes de edificios es otro factor importante. Ser más ligeros facilita la creación de habitaciones más grandes y con menos elementos estructurales visibles, como columnas o paredes. Esto mejora la funcionalidad y la apariencia de los proyectos. Asimismo, los materiales aligerantes pueden ofrecer propiedades adicionales, como aislamiento térmico y acústico, mejorando la habitabilidad y el confort de los espacios construidos.

Por último, al ejercer menos presión sobre las cimentaciones, las losas aligeradas contribuyen a minimizar el riesgo de asentamientos diferenciales del terreno, lo que es particularmente beneficioso en suelos con capacidad de carga limitada. Esta combinación de ventajas estructurales, económicas y arquitectónicas hace que las losas aligeradas sean una solución ampliamente utilizada y valorada en la construcción moderna.

El proceso constructivo de las losas convencionales es característico por su enfoque tradicional. Implica el uso de un encofrado temporal, generalmente de madera o metal, que da forma y soporte al concreto fresco durante su fraguado. El refuerzo se realiza mediante varillas de acero dispuestas en una malla o patrón diseñado según los cálculos estructurales. Posteriormente, el concreto es vertido in situ (en el lugar de la obra), lo que permite adaptarse a las dimensiones específicas y a los requerimientos del proyecto.



Ventajas de las losas convencionales:

- **Versatilidad:** Se adaptan a diferentes formas, tamaños y necesidades arquitectónicas o estructurales, lo que las hace idóneas para diversos tipos de edificaciones.
- **Económicas:** Comparadas con sistemas más avanzados, tienen un costo relativamente bajo en materiales y herramientas, aunque requieren mayor tiempo de ejecución.
- **Disponibilidad:** Los materiales necesarios, como concreto, acero y madera para el encofrado, son accesibles en la mayoría de los mercados locales.
- **Simplicidad en diseño y ejecución:** No demandan equipos o técnicas altamente especializadas, lo que facilita su construcción incluso en proyectos de menor escala.

Limitaciones:

- **Mayor peso propio:** Comparadas con losas pretensadas, son más pesadas, lo que puede incrementar la carga total de la estructura.
- **Tiempo de construcción:** El proceso, que incluye el armado del refuerzo, montaje del encofrado, vaciado del concreto y fraguado, puede ser más lento en comparación con sistemas industrializados.
- **Requieren mantenimiento del encofrado:** Hasta que el concreto haya alcanzado la resistencia adecuada, el encofrado debe mantenerse, lo que puede limitar el avance de otros trabajos en obra.

Debido a su adaptabilidad y efectividad, las losas convencionales se emplean ampliamente en edificaciones residenciales, comerciales e industriales que no exigen procesos constructivos acelerados ni técnicas avanzadas. Su diseño está basado en principios estructurales tradicionales, siendo una solución confiable y probada en la ingeniería civil (Ancco, 2022).



2.2.4 Losa pretensada

Las losas pretensadas son elementos estructurales avanzados elaborados con concreto reforzado que incorporan una técnica de pretensado para mejorar significativamente su desempeño frente a las cargas y tensiones que actúan sobre ellas. Este proceso consiste en aplicar fuerzas controladas de tensión a los tendones de acero (cables o alambres de alta resistencia) antes o después del vaciado del concreto, dependiendo del método utilizado. El objetivo principal de este proceso es causar una compresión inicial en el concreto, lo que evita que las tensiones de las cargas de servicio, como el peso propio de la estructura, las cargas vivas, el viento o los movimientos sísmicos, ocurran.

Una losa pretensada es un bloque de construcción de concreto que tiene cables de acero o tendones tensados antes de que se vierta o endurezca el concreto. Este proceso, llamado pretensado, hace que la losa sea mucho más fuerte y le permite cubrir distancias más largas con un diseño más delgado y ligero que las losas regulares. Este método hace que las losas pretensadas funcionen mejor estructuralmente, especialmente en proyectos grandes.

Las losas pretensadas están hechas de concreto y tendones de acero de alta resistencia que se tensan para aplicar esfuerzos de compresión en el concreto. Hay dos formas de hacer este pretensado: pretensado, donde los cables se tensan antes de verter el concreto (generalmente en losas prefabricadas), y postensado, donde los cables se tensan después de que el concreto ha fraguado y alcanzado su resistencia inicial. Esta es una forma común de hacerlo para losas vertidas in situ.

El principal beneficio de las losas pretensadas es que pueden hacer que la estructura sea más delgada y ligera, lo que las hace ideales para cubrir grandes áreas sin necesidad de soportes adicionales. También es menos probable que se agrieten porque las tensiones de compresión en el concreto contrarrestan las tensiones de tracción que



crean las cargas. Además, al utilizar los materiales de manera más eficiente, pueden ahorrar dinero a largo plazo en grandes proyectos.

Pero estas losas tienen algunos problemas. Cuesta más construirlas porque necesitan más conocimientos técnicos y herramientas especializadas. Además, las losas postensadas necesitan un cuidado especial para mantenerse fuertes y funcionar bien con el tiempo.

El pretensado se lleva a cabo mediante dos métodos principales:

- Pretensado: Este método se realiza en fábricas o plantas especializadas. Antes de verter el concreto, los tendones de acero se ponen bajo tensión en un molde. Cuando el concreto es lo suficientemente fuerte, se sueltan los cables, lo que envía las fuerzas de compresión al concreto. Este método permite fabricar losas de todos los mismos tamaños y listas para ser enviadas e instaladas de inmediato.
- Pretensado postensado: En este método, los tendones se colocan dentro de conductos en la losa antes de verter el concreto. Después de que el concreto se haya secado y endurecido, se utilizan gatos hidráulicos para tensar los tendones y mantenerlos en su lugar en sus extremos. Esto produce la compresión deseada. Este método generalmente se realiza directamente en el sitio de trabajo, lo que le da a los diseñadores más libertad.

Beneficios:

- La compresión inicial del concreto lo hace más capaz de resistir fuerzas de tracción, que pueden causar que los elementos estructurales se agrieten y fallen.
- Reduce enormemente las deformaciones y deflexiones, haciendo que la estructura sea más rígida y estable con el tiempo.
- Permite diseñar losas más delgadas y ligeras que utilizan los materiales de manera más eficiente sin perder resistencia o durabilidad.



- Facilita el diseño de estructuras con luces más largas (distancias entre soportes) sin necesidad de columnas intermedias, lo que hace un mejor uso del espacio.

En proyectos de ingeniería civil y arquitectónica que requieren alta eficiencia estructural y estética, como garajes, puentes, grandes edificios, centros comerciales y estructuras industriales, las losas pretensadas son muy comunes. Estas son perfectas para estas situaciones porque pueden cubrir grandes áreas con pocos soportes. Además, son más duraderas en mal tiempo y lucen mejor porque no se agrietan ni se doblan tanto (Sanchez, 2024).

Las losas pretensadas tienen muchos beneficios, pero deben ser construidas y diseñadas con mucho cuidado y habilidad. Los cálculos estructurales deben ser muy cuidadosos para asegurarse de que las fuerzas de pretensado se distribuyan de manera uniforme y que el concreto y el acero trabajen juntos de la mejor manera posible. Además, necesita herramientas especiales, como gatos hidráulicos, y trabajadores capacitados para hacerlo, lo que puede hacer que los costos iniciales sean más altos que con los sistemas tradicionales.

2.2.5 Sismos en estructuras

La relación entre los terremotos y las estructuras hechas por el hombre es un área importante de investigación en la ingeniería sísmica. Las observaciones de numerosos terremotos a nivel mundial indican que las estructuras generalmente alcanzan su límite de resistencia lateral durante movimientos sísmicos intensos. Este parámetro es importante en los códigos de diseño sísmico porque muestra qué tan bien un edificio puede manejar las fuerzas horizontales que crea un terremoto. Pero cuando esta resistencia se supera, las estructuras entran en un estado de respuesta inelástica, lo que significa que siempre se deformarán de maneras que podrían dañar su integridad (Merino & Meza, 2022).

Un terremoto es un evento natural que ocurre cuando la corteza terrestre se mueve repentinamente, enviando vibraciones a través del suelo que dañan edificios y otras



estructuras construidas sobre él. Las fuerzas sísmicas son fuerzas dinámicas que las estructuras experimentan cuando ocurren estas vibraciones. La fuerza y la dirección de estas fuerzas cambian dependiendo del tamaño del terremoto, la distancia al epicentro y el tipo de suelo (Duran, 2022).

Cómo un terremoto afecta a un edificio depende de una serie de factores, incluyendo su diseño, los materiales utilizados para construirlo, su altura, peso y sistema de cimentación. Para mantenerse estables y seguros, los edificios deben ser construidos para resistir las fuerzas sísmicas. Esto significa seguir los códigos de diseño sísmico, que incluyen el uso de los materiales adecuados, refuerzo y sistemas que reducen o absorben las vibraciones, como los aisladores sísmicos o los amortiguadores (Rodríguez, 2022).

El análisis sísmico es una parte importante de la ingeniería estructural porque asegura que los edificios puedan soportar las cargas cambiantes que crea un terremoto. Esto evita que los edificios se derrumben y protege a las personas y propiedades. Esto significa observar cómo las ondas sísmicas afectan la estructura, causando cambios y tensiones que deben ser gestionados a través de un diseño estructural adecuado.

Hay una serie de factores que afectan la capacidad de una estructura para manejar el movimiento sísmico:

Qué tipo de material se utiliza para construir la estructura: Diferentes materiales, como el concreto, el acero, la madera y el adobe, tienen diferentes propiedades mecánicas que afectan su comportamiento durante los terremotos. Por ejemplo, cuando está bien diseñado, el hormigón armado es fuerte y flexible, pero el adobe es más quebradizo y propenso a romperse.

La masa y rigidez de la estructura son: La masa del edificio tiene un efecto directo en las fuerzas inerciales que se crean durante un terremoto, y su rigidez determina cómo se distribuyen esas fuerzas. Las estructuras más rígidas tienden a resistir mejor los temblores de baja magnitud, pero pueden ser más propensas a romperse durante terremotos de mayor intensidad porque no absorben la energía tan bien.



Magnitud de las deformaciones: La cantidad y el tipo de deformaciones que experimenta un edificio durante un terremoto pueden indicarte qué tan bien puede absorber la energía sísmica. Si los materiales o elementos estructurales no están diseñados para soportar demasiada deformación, puede causar fallos catastróficos.

Qué tan fuerte es la acción sísmica: La intensidad, duración y contenido de frecuencia del movimiento sísmico tienen un efecto directo en la demanda estructural. Los terremotos que duran mucho tiempo y son muy fuertes suelen causar más daños porque acumulan estrés en las partes estructurales (Reto, 2023).

Los edificios construidos según los códigos sísmicos se comportan de manera muy diferente a aquellos que no están construidos según estos códigos. Los edificios diseñados para resistir terremotos tienen partes que los hacen más flexibles, lo que les ayuda a absorber y dispersar mejor la energía sísmica.

Tienen una distribución más uniforme de rigidez y masa, lo que hace menos probable que se desmoronen por completo o parcialmente.

Utilizan los materiales adecuados y detallados que cumplen con los estándares, lo que asegura que puedan soportar tensiones combinadas.

Por otro lado, los edificios que no están construidos para resistir terremotos tienen serias debilidades:

Más propensos a fallar de manera frágil, como agrietándose, desportillándose o desmoronándose por completo.

La masa y la rigidez no están distribuidas uniformemente, lo que provoca que se acumule tensión en ciertos puntos.

No hay formas de disipar adecuadamente la energía sísmica (Challenge, 2023).

Es complicado determinar cómo responderán las estructuras a los terremotos porque muchos factores están interconectados. Seguir los códigos sísmicos es muy importante para proteger vidas y reducir daños a la propiedad. A medida que la ingeniería mejora, también lo hacen los estándares y métodos de construcción. Estos se adaptan a

los problemas únicos que presentan las diferentes áreas geográficas y niveles de riesgo sísmico. (Calapuja & Yucra, 2021).

2.2.5.1 Principales fallas en un sismo

Cuando ocurre un sismo, lo primero que suele fallar en una estructura es la capacidad de los elementos de soporte (como columnas y vigas) para resistir las cargas sísmicas. Esto se debe a la dinámica del movimiento sísmico, que genera fuerzas horizontales y verticales sobre la edificación. Las principales razones de fallos durante un sismo son las siguientes:

- Fallas en la cimentación: Si el terreno no tiene una adecuada capacidad portante o la cimentación no fue diseñada para resistir los movimientos sísmicos, puede producirse un colapso de la base de la estructura. Este tipo de fallos es crítico porque compromete toda la estabilidad de la edificación.
- Fallas en columnas: Las columnas son elementos verticales que soportan la carga de la estructura. Durante un sismo, las fuerzas horizontales pueden generar torsión o flexión excesiva en las columnas, y si estas no tienen una adecuada resistencia a la compresión y corte, pueden colapsar. Las columnas son las primeras en fallar si no están debidamente reforzadas.
- Fallas en vigas: Las vigas, que actúan como soporte horizontal, pueden experimentar grandes deformaciones bajo las fuerzas sísmicas. Si las vigas no están correctamente diseñadas para resistir flexiones excesivas o torsiones, pueden fallar y, en consecuencia, afectar la estabilidad de las losas y otras partes de la estructura.
- Fallas en los sistemas de conexión entre elementos: Muchas veces, las conexiones entre las vigas, columnas y losas son puntos débiles. Si las uniones no están correctamente reforzadas o no tienen la flexibilidad adecuada para adaptarse a los

movimientos sísmicos, pueden fracturarse, lo que compromete la estabilidad de la estructura.

- Fallas en los sistemas no estructurales: En ocasiones, no solo los elementos estructurales pueden fallar, sino también los sistemas no estructurales, como tabiques, ventanas o fachadas. Estos elementos pueden desprenderse o caerse, causando daños adicionales a las personas y la estructura.

2.3 Marco conceptual

- Análisis sísmico.** - Es el estudio y evaluación del comportamiento de estructuras sometidas a fuerzas dinámicas generadas por un sismo. Este análisis considera aspectos como las características del suelo, la intensidad del terremoto, el diseño estructural, y las propiedades de los materiales para garantizar que las edificaciones sean seguras y cumplan con las normativas de diseño sísmico.
- Losa.** - Una losa es una superficie plana que se utiliza para cubrir espacios o separar niveles en un edificio. Normalmente está hecha de concreto reforzado, pero también puede estar hecha de otros materiales. Distribuye las cargas verticales a las vigas y columnas, lo que permite que el peso se distribuya uniformemente.
- Losa convencional.** - Es un elemento estructural horizontal que está mayormente hecho de concreto reforzado y se utiliza como piso o techo en los edificios. Fue diseñado para distribuir las cargas de manera uniforme y utilizar refuerzo tradicional, siendo el acero un material clave para resistir las tensiones de flexión.
- Losa pretensada.** - Este es un tipo de losa estructural que utiliza concreto pretensado. Antes de verter el concreto, se tensan los cables de acero. En comparación con las losas regulares, este método mejora la capacidad de carga, reduce la deformación y permite que los tramos (la distancia entre soportes) sean más largos.



- e. **Sismo.** - Los sismos, también conocidos como terremotos, generan vibraciones que se propagan en forma de ondas y pueden causar daños en edificaciones y alteraciones en el terreno.

- f. **Sistema aporticado.** - Es un sistema estructural compuesto por columnas y vigas que trabajan juntas para soportar cargas que provienen de arriba y de abajo. Debido a que puede moldearse de muchas maneras y puede manejar cargas sísmicas cambiando la forma de los elementos estructurales de manera controlada, a menudo se utiliza en edificios.

- g. **Viga.** - Un elemento estructural horizontal que soporta y distribuye cargas verticales a muros o columnas. Las vigas son muy importantes para la estabilidad de un edificio porque permiten que las cargas de las losas u otras partes se transfieran a los soportes. Dependiendo de cómo esté diseñado el edificio y para qué se va a utilizar, pueden estar hechos de acero, madera o concreto reforzado.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Llevar a cabo un estudio con el fin de responder a ciertas preguntas o encontrar soluciones a problemas. Constituye una guía estructurada que permite al investigador recopilar, analizar e interpretar datos de manera coherente y lógica. La metodología de investigación también asegura que los métodos sean justos, puedan ser repetidos y sean objetivos. Esto garantiza la validez y la fiabilidad de los resultados, facilitando así el progreso del conocimiento dentro de la respectiva disciplina o campo de estudio (Villanueva, 2022).

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo es un método de investigación que utiliza números para encontrar patrones, medir variables y determinar cómo están relacionadas. Su objetivo principal es cuantificar el problema, y se utiliza comúnmente para evaluar hipótesis, predecir resultados y extrapolar hallazgos a partir de muestras representativas de la población. Este método utiliza estadísticas para analizar datos y permite obtener resultados objetivos y verificables. Se utiliza frecuentemente en campos como las ciencias sociales, la economía, la salud y las ciencias exactas (Villanueva, 2022).



Utiliza un método cuantitativo porque se centra en medir, analizar y comparar números sobre cómo se comportan diferentes tipos de sistemas estructurales en los terremotos.

3.2 Tipo de la investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación que utiliza lo que ya sabemos y teorías científicas para resolver problemas del mundo real o satisfacer necesidades específicas. Generalmente se lleva a cabo en entornos del mundo real y tiene como objetivo tener un efecto inmediato y notable en la mejora de procesos o prácticas (Rodríguez, 2020).

Es investigación aplicada porque su objetivo es encontrar una solución a un problema práctico y específico sobre la seguridad y el comportamiento sísmico de los edificios en la provincia de San Román.

3.3 Nivel de la investigación

La investigación descriptiva es un tipo de estudio que intenta describir, explicar y analizar una situación, fenómeno o grupo de personas sin cambiar ninguna de las variables. Su propósito es proporcionar una visión detallada y precisa del objeto de estudio, permitiendo comprender sus características, comportamientos y patrones. La investigación descriptiva, en contraste; en cambio, aborda preguntas sobre el "qué," "cómo," "cuándo" y "dónde," ofreciendo así una base informativa para investigaciones posteriores más completas (Villanueva, 2022).

Es descriptivo porque su objetivo era crear conocimiento que pueda ser utilizado para resolver ciertos problemas en la ingeniería estructural.

3.4 Diseño de la investigación

En un diseño no experimental, los datos se recogen tal como ocurren naturalmente, ya sea en un único punto en el tiempo (diseño transversal) o a lo largo del tiempo (diseño longitudinal). Este enfoque es ideal cuando no es posible, ético o práctico realizar un experimento, y se busca obtener información sobre fenómenos en su estado natural (Villanueva, 2022).

Es de diseño no experimental, porque no se manipulo directamente las variables de estudio, sino que se enfocó en observar y analizar el comportamiento de los sistemas estructurales mediante herramientas analíticas y simulaciones en programas como ETABS.

3.5 Métodos de la investigación

Los hallazgos se comunican para ser evaluados y replicados por la comunidad científica (Villanueva, 2022).

Es un trabajo que se aplicó el método científico, formula preguntas o hipótesis, utiliza herramientas como ETABS para la recolección de datos mediante simulaciones, analiza los resultados con técnicas estructurales estándar y presenta conclusiones fundamentadas en la evidencia obtenida.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

Además, debe estar delimitada por criterios específicos, como ubicación geográfica, tiempo, edad, género, profesión, entre otros, que permitan identificar claramente quiénes o qué forman parte de ella (Iglesias, 2021).

La población está conformada por los sistemas estructurales aportados de concreto armado que incorporan losas convencionales y pretensadas en edificaciones ubicadas en la provincia.

3.6.2 Muestra

La selección de la muestra se realiza siguiendo criterios específicos que aseguren su representatividad, es decir, que las características clave de la población estén presentes en la muestra. Para ello, se pueden utilizar técnicas de muestreo probabilístico (donde todos los elementos tienen una probabilidad (Castillo et al., 2014).

La muestra comprende un proyecto de construcción representativo situado en la provincia de San Román, elegido para evaluar su desempeño estructural bajo cargas sísmicas. Este proyecto proporcionará una base para el análisis y comparación del rendimiento de los sistemas estructurales de marco de concreto reforzado frente a losas convencionales y pretensadas, generando datos pertinentes para la investigación.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Las entrevistas, encuestas, observaciones, grupos focales y análisis de documentos son algunos de los métodos más comunes. Todos tienen sus propias formas de obtener datos que son útiles para el problema de investigación (Hadi et al., 2023).

- Análisis numérico.
- Análisis comparativo.
- Simulación de cargas sísmicas.

3.7.2 Instrumentos

Estas herramientas ayudan al investigador a obtener la información que necesita de la población o muestra, lo que facilita el análisis y la comprensión de los resultados. Las herramientas utilizadas para la investigación y los métodos empleados pueden diferir. Algunos tipos comunes de estos son cuestionarios, guías de entrevistas, listas de verificación de observación, escalas de medición y formatos de registro (Hadi et al., 2023).

- Software de simulación estructural (ETABS).



- Cálculos estructurales.
- Normas.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación de los instrumentos

Asegurar que un instrumento de investigación evalúe de manera precisa y confiable las variables o ideas previstas se conoce como validación del instrumento. Verificar la validez, fiabilidad y representatividad de los datos instrumentados es el objetivo de este procedimiento. Como consecuencia, los resultados del estudio serán más confiables y de alta calidad. Se incluye una amplia gama de análisis en la validación. Los ítems del instrumento deben cubrir todo el rango de la idea que se está evaluando; esto es lo que verifica la validez de contenido. Verificar la validez de constructo asegura que el instrumento evalúe la noción teórica prevista. Al evaluar la validez de criterio de un instrumento, es práctica común comparar sus hallazgos con los de otros puntos de referencia establecidos.

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

Es una medida de la precisión del instrumento, lo que implica que, bajo las mismas condiciones, el instrumento debería generar resultados similares al aplicarse repetidamente. Un instrumento confiable minimiza el error de medición y asegura que las variaciones en los resultados se deban a cambios reales en la variable estudiada, y no a defectos en el diseño o aplicación del instrumento.

3.9 Procedimiento de recolección de datos

Figura 1*Proyecto futuro*

El proyecto se ubica en el sector de Chilla, a 6 cuadras del cementerio, en un lote de 9.90 x 20 metros, destinado para la construcción de una vivienda familiar. Asimismo, se realizó una caracterización del material del suelo con el fin de obtener las propiedades necesarias para evaluar la resistencia sísmica del terreno y asegurar la seguridad estructural del proyecto.

Por ello, se requiere un diseño estructural que garantice la resistencia a terremotos, asegurando la estabilidad de las edificaciones y minimizando los riesgos de colapso durante eventos sísmicos.

El diseño con losas estándar es una buena opción porque se puede utilizar en diferentes tipos de edificios y es una opción económica y útil para edificios de poca altura o aquellos con requisitos de carga moderados. Este tipo de losa es rígida y puede soportar bien las cargas verticales. También es más fácil de conseguir y construir.

Sin embargo, la losa pretensada es una mejor opción para edificios que necesitan soportar más peso o tienen luces más largas (la distancia entre soportes). El pretensado de hormigón permite que la losa soporte más peso sin hacer que la estructura sea mucho más gruesa o pesada. Esto no solo hace un mejor uso de los materiales, sino que también



hace que la losa sea más resistente a las fuerzas sísmicas, lo que reduce el riesgo de agrietamiento durante terremotos fuertes.

Modelamiento

❖ **Análisis sísmicos**

Cuando uses el programa ETABS para el análisis sísmico, debes seguir un conjunto de pasos organizados y detallados para asegurarte de que el modelo estructural sea correcto y los resultados sean fiables. Los pasos se enumeran a continuación:

- Seleccionar las unidades de trabajo (por ejemplo, kN, m, mm) para facilitar la introducción de datos y la interpretación de resultados.
- Configurar la geometría del edificio (número de pisos, altura de niveles, distancias entre columnas y vigas).
- Importar planos arquitectónicos si están disponibles.
- Introducir las propiedades del concreto, acero u otros materiales según las especificaciones del proyecto.
- Incluir las propiedades mecánicas requeridas (módulo de elasticidad, peso específico, coeficientes sísmicos).
- Crear secciones de columnas, vigas, losas y muros según los planos estructurales.
- Configurar el análisis de acuerdo con la normativa aplicable.
- Ingresar los parámetros sísmicos según el código seleccionado (zonificación sísmica, coeficientes de diseño, periodo fundamental, etc.).
- Crear el espectro de respuesta definido por el usuario si se dispone de un registro específico.
- Establecer direcciones de análisis sísmico (X, Y y combinaciones si es necesario).
- Asignar factores de importancia estructural y reducción sísmica (R).
- Configurar el análisis modal para calcular los modos de vibración de la estructura.



- Establecer el número de modos a analizar para garantizar que se capture el 90% de la masa modal.
- Asignar cargas muertas, cargas vivas y otras cargas permanentes a los elementos estructurales.
- Asignar las cargas sísmicas generadas por el espectro de respuesta o el método estático equivalente, según corresponda.
- Crear combinaciones de carga que incluyan las cargas gravitatorias y sísmicas según el código de diseño.
- Seleccionar análisis lineal estático, dinámico modal espectral o análisis tiempo-historia, dependiendo de los requerimientos del proyecto.
- Ejecutar el análisis para calcular desplazamientos, fuerzas internas, reacciones y otros parámetros estructurales.
- Verificar los desplazamientos laterales y las derivas entre pisos para cumplir con los límites normativos.
- Revisar las fuerzas de diseño en columnas, vigas, muros y otros elementos.
- Identificar elementos estructurales más exigidos para un diseño adecuado.
- Revisar el comportamiento torsional de la estructura y su impacto en los desplazamientos.
- Realizar el diseño de vigas, columnas, losas y muros según las fuerzas internas obtenidas.
- Ajustar la rigidez de los elementos o las secciones estructurales para optimizar el diseño.
- Exportar reportes de resultados detallados con gráficos, tablas y conclusiones del análisis.

❖ **Predimensionamiento de EE**



Losas: En el caso de las losas, se inició con el análisis de una losa unidireccional, utilizando la fórmula típica de predimensionamiento:

$$h=Ln/25$$

Donde

Ln : representa la luz libre de la losa. Aplicando este criterio, se obtuvo un espesor aproximado de 17 cm. Sin embargo, para garantizar un comportamiento adecuado como diafragma rígido, se decidió incrementar el espesor a 20 cm. Este ajuste adicional asegura un mejor desempeño en términos de rigidez y compatibilidad estructural con los otros elementos del sistema.

- Base: Generalmente varía entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{2}{3}$ del peralte, con un valor mínimo recomendado de 25 cm para garantizar la estabilidad y resistencia adecuada.

En base a estos criterios, se propusieron las siguientes dimensiones iniciales:

- Vigas principales: Se consideraron secciones de 40x25 cm como punto de partida.
- Vigas secundarias: Se propusieron secciones de 30x30 cm para este tipo de vigas.

Análisis y cambios: Después de realizar un análisis preliminar con las dimensiones propuestas, quedó. Esto fue especialmente cierto en lo que respecta al control de deformaciones y la permisibilidad de deflexiones. Como resultado, se cambiaron las secciones de las vigas para asegurarse de que cumplieran con los estándares de seguridad y eficiencia y tuvieran el tamaño adecuado para el trabajo.

Tamaños finales: Después de los cambios, las dimensiones finales para las vigas principales y secundarias fueron las siguientes:



- Vigas principales: Se determinó una sección óptima de 45x30 cm, aumentando tanto el peralte como la base para mejorar la rigidez y reducir las deflexiones.
- Vigas secundarias: Las dimensiones ajustadas fueron de 35x30 cm, asegurando un adecuado soporte para las cargas distribuidas de las losas.

Los cambios en estas dimensiones se realizaron teniendo en cuenta tanto la seguridad como la eficiencia, considerando no solo las normas, sino también cómo las diferentes partes de la estructura trabajan juntas. Este proceso muestra lo importante que es seguir modificando el diseño hasta que los parámetros teóricos y las condiciones reales de rendimiento de la estructura estén en sintonía.

3.10 Procesamiento y análisis de datos

La etapa de procesamiento y análisis de datos del proyecto es cuando los datos recopilados se juntan, se modifican y se examinan para encontrar información útil, entender los hallazgos y tomar elecciones informadas. Este procedimiento emplea métodos cuantitativos, recursos tecnológicos y herramientas específicas para detectar patrones, inclinaciones y conexiones importantes en el conjunto de datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En este apartado se presentan los resultados del comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticado de concreto armado con losas convencionales y pretensadas.

4.1.1 Análisis de la influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en la cortante basal de un sistema aporticado de concreto armado

4.1.1.1 Losa aligerada convencional (sistema unidireccional)

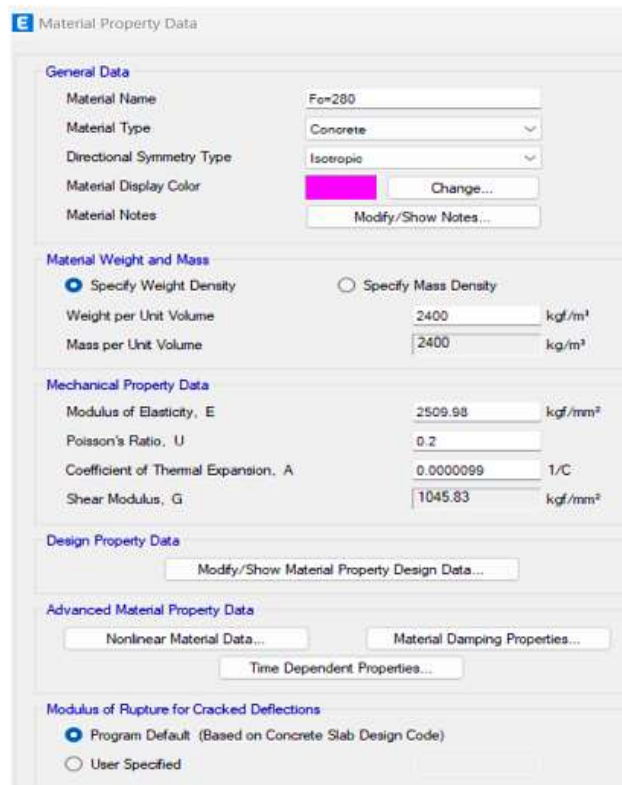
Tabla 2

Características de los materiales que predominan

Características de los materiales empleados	
Concreto	
Resistencia compresiva (kg/cm ²)	280
Modulo elástico	252671.33
Módulo de Poisson	0.2
Peso específico kg/m ³	2400
Acero	
Resis. respecto kg/cm ²	4200
Entono elástico kg/cm ²	2100000
Peso delimitado kg/m ³	7800

Figura 2

Características de los materiales



Estos datos son esenciales para el diseño y evaluación de estructuras, proporcionando una base técnica para asegurar la estabilidad y funcionalidad de las mismas.

❖ **Metrados de Cargas**

Tabla 3

Cargas muertas en la estructura

Detalle	CM Unidad	Carga
Acabado en techo	kg/m ²	120
Acabado en piso	kg/m ²	120
Tabiquería	kg/m ²	150.00 - 210.00
Losa aligerada	kg/m ²	300
Parapeto en viga	kg/m	270
Tabiquería en viga	kg/m	540

Se presenta las cargas muertas consideradas en la estructura, especificando diferentes elementos constructivos y sus respectivas cargas. Entre estos, los acabados en techo y piso tienen una carga de 120 kg/m², la tabiquería varía entre 150 y 210 kg/m², la losa

aligerada tiene una carga de 300 kg/m², mientras que el parapeto en viga y la tabiquería en viga registran 270 kg/m y 540 kg/m, respectivamente. Estos valores son fundamentales para el cálculo estructural, garantizando la seguridad y funcionalidad del diseño.

Tabla 4*Cargas vivas en la estructura*

Detalle	CM Unidad	Carga
Vivienda	kg/m ²	200
Escaleras	kg/m ²	200

Se presenta las cargas vivas consideradas en la estructura, especificando dos elementos principales: la vivienda y las escaleras, ambos con una carga uniforme de 200 kg/m². Estos valores son esenciales para el diseño estructural, asegurando que la construcción soporte adecuadamente las cargas temporales asociadas a su uso cotidiano.

❖ Parámetros sísmicos

Factor zona: Como resultado, el coeficiente sísmico de zonificación para esta área se define como $Z = 0.35$, valor que refleja el nivel de aceleración sísmica esperada en la región.

$$Z = 0.35$$

Factor suelo: Para una ubicación en la zona sísmica 3, según la directiva normativa E.030 del Código general de obras, y considerando que el suelo presenta características clasificadas como S3, el valor asignado al factor de suelo es:

$$S3 = 1.20$$

Considerando los valores de los períodos predominantes del suelo, se tienen los siguientes parámetros específicos:

- **TP = 1.0:** Representa el período predominante en el que las estructuras que coincidan con este valor serán más afectadas por el movimiento del suelo. Este valor es característico de suelos tipo S3 según la normativa.



- **TL = 1.6:** Indica el límite del período largo, que define el rango de estructuras con mayor susceptibilidad a las vibraciones prolongadas. Este parámetro también está relacionado con las características del suelo tipo S3.

Categoría del edificio: conforme a la norma técnica E.30, se clasifica como "Edificios comunes (C)". En este caso, el factor de uso e importancia (U) correspondiente se define como:

Factor de Uso e Importancia (U): 1

Esta categoría aplica a estructuras que no tienen un uso especial ni son consideradas críticas o esenciales, como hospitales o instalaciones estratégicas. El valor de $U=1$ indica que no se requieren consideraciones adicionales por su nivel de importancia o uso.

Este valor indica la capacidad de disipación de energía de la estructura bajo acciones sísmicas, conforme a las normativas establecidas. La ausencia de irregularidades asegura que el comportamiento estructural sea adecuado para emplear este nivel de reducción en el análisis sísmico.

❖ Evaluación del peso sísmico

En el cálculo a nivel de entrepiso, se considera de la siguiente manera:

$$P=100\%(\text{peso propio} + \text{carga muerta (CM)}) + 25\% \text{ de la carga viva (categoría C)}.$$

Figura 3

Proporciones de carga asignadas según el tipo de edificación en el análisis

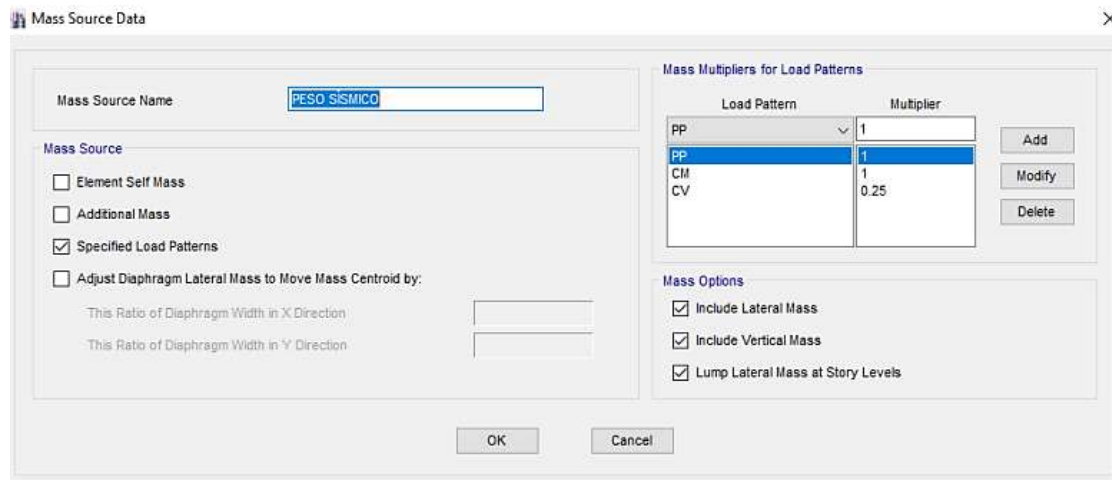
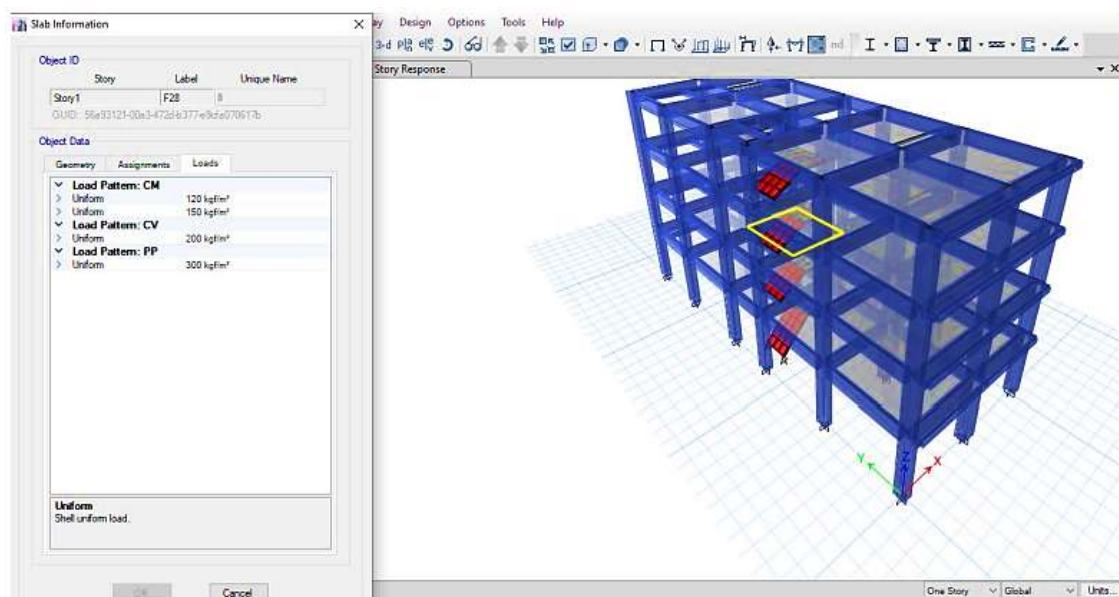


Figura 4

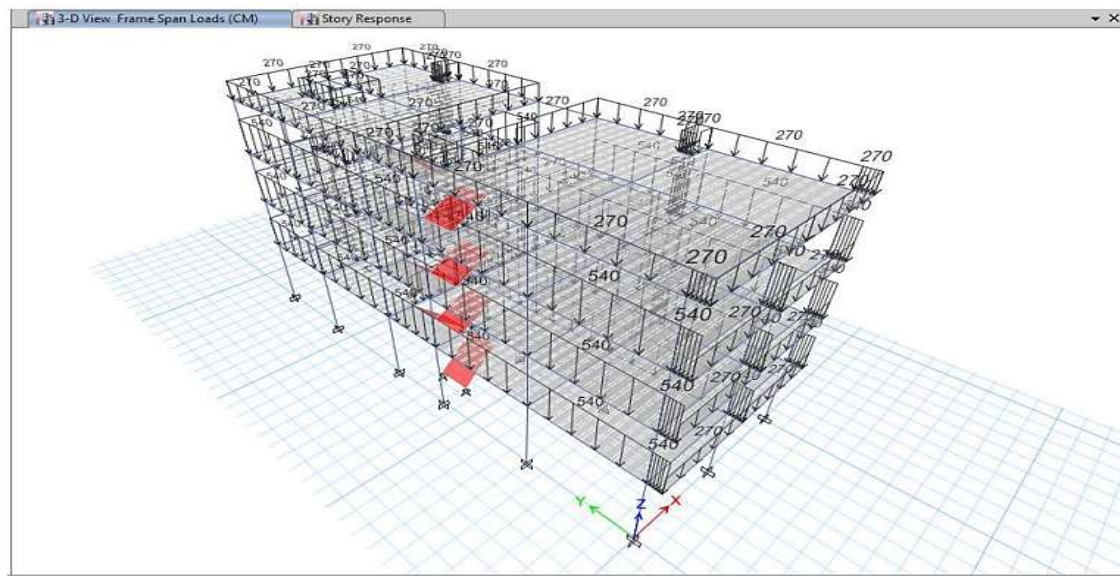
Cargas operativas aplicadas a la losa entre niveles de la estructura



Se presenta una representación visual de las cargas operativas aplicadas a las losas entre niveles de la estructura, mostrando la distribución de cargas y su asignación en un modelo estructural tridimensional. Estas representaciones son fundamentales para garantizar un análisis preciso y un diseño seguro en edificaciones.

Figura 5

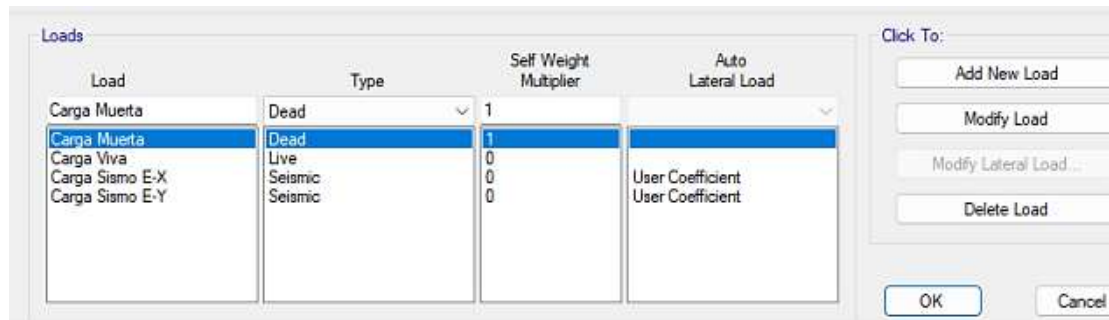
Carga aplicada en las vigas a causa de la tabiquería



❖ **Diseño de patrones de carga para la evaluación estática de la edificación**

Figura 6

Cargas inducidas por sismos en las direcciones ortogonales X e Y



Se muestra la configuración de los patrones de carga, incluyendo cargas muertas y cargas sísmicas aplicadas en ambas direcciones, con factores de multiplicación específicos para cada tipo de carga.

Figura 9

Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación Y

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	L12	Espectro-E0.30	9806.65
Acceleration	U1	Espectro-E0.30	2542

Figura 10

Asignación de las masas en el modelo estructural

Load Pattern	Multiplier
Carga Muerta	1
Carga Viva	0.25

❖ Análisis del espectro

Figura 11

Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje X

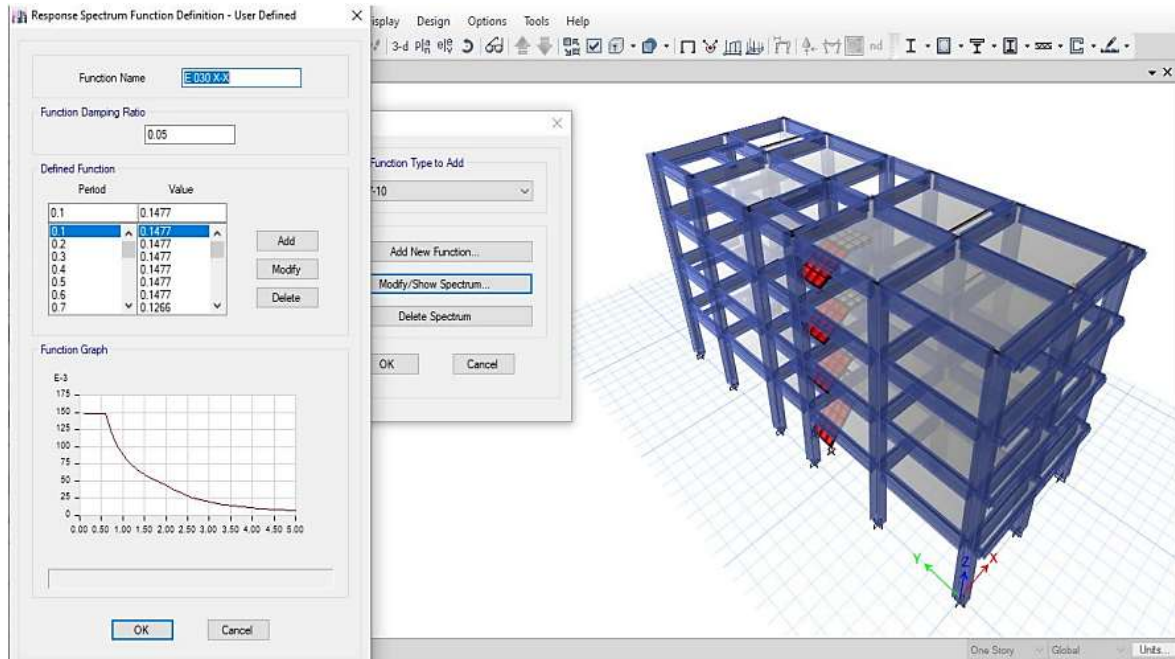
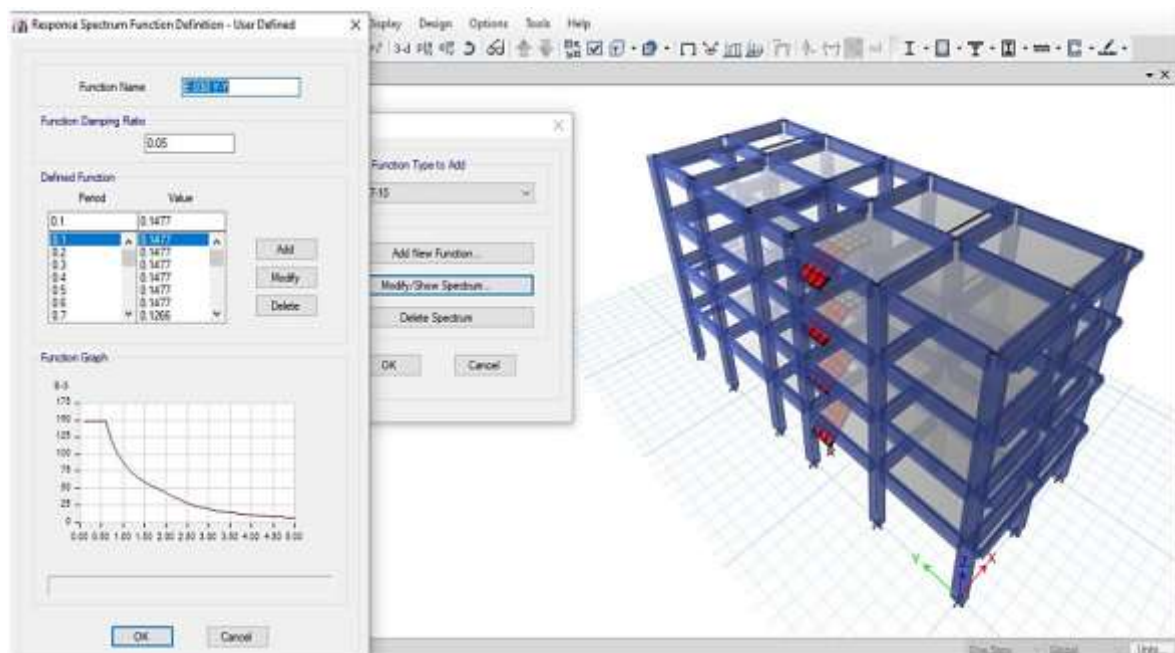


Figura 12

Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje Y



❖ **Modos de vibración****Tabla 5***Periodo de vibración*

Case	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Mod-1	0.416	0.625	0.001	0.624	0.001	0.404	0.404
Mod-2	0.362	0.003	0.902	0.627	0.902	0.001	0.405
Mod-3	0.358	0.279	0.003	0.906	0.905	0.509	0.914
Mod-4	0.132	0.052	0.000	0.958	0.905	0.033	0.947
Mod-5	0.116	0.000	0.076	0.958	0.981	0.000	0.947
Mod-6	0.112	0.024	0.000	0.982	0.981	0.038	0.985
Mod-7	0.072	0.009	0.000	0.990	0.982	0.006	0.992
Mod-8	0.065	0.000	0.013	0.990	0.995	0.000	0.992
Mod-9	0.063	0.005	0.000	0.995	0.995	0.006	0.997
Mod-10	0.050	0.001	0.000	0.997	0.996	0.001	0.998
Mod-11	0.046	0.000	0.002	0.997	0.997	0.000	0.990
Mod-12	0.044	0.001	0.000	0.998	0.998	0.001	1.000

❖ **Discontinuidad en planta (Ip) y nivel de altura (Ia)****Tabla 6***Irregularidades en planta y altura*

Detalle	Dirección	Factor	Irregularidad
Ip	"X-X"	1	No presento
	"Y-Y"		No presento
Ia	"X-X"	1	No presento
	"Y-Y"		No presento

Se presenta un análisis de las irregularidades en planta (Ip) y en altura (Ia) de la estructura, evaluadas en las direcciones X-X y Y-Y. Los resultados muestran que no se presentan irregularidades en ninguna de las direcciones, con un factor uniforme de 1 para ambas evaluaciones.

Tabla 7

Irregularidad torsional-X

Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X-M	Max Loc Y-M	Max Loc Z-M
D4	0.000400	0.000319	1.255	38	7.75	19.76	11.60
D4	0.000420	0.000325	1.291	55	0.00	-0.53	11.60
D3	0.000738	0.000580	1.272	38	7.75	19.76	8.90
D3	0.000761	0.000589	1.291	55	0.00	-0.53	8.90
D2	0.001023	0.000798	1.281	38	7.75	19.76	6.20
D2	0.001019	0.000796	1.280	52	7.75	0.00	6.20
D1	0.001134	0.000874	1.298	38	7.75	19.76	3.50
D1	0.001101	0.000864	1.274	52	7.75	0.00	3.50

El ratio menor a 1.3 indica que no existe anomalía. Este criterio asegura que las deformaciones relativas en planta, generadas por las acciones sísmicas, son uniformes y están dentro de los límites aceptables, lo que confirma la regularidad torsional de la estructura en esa dirección.

Tabla 8

Irregularidad torsional-Y

Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X-M	Max Loc Y-M	Max Loc Z-M
D4Y	0.000251	0.000246	1.021	55	0.00	-0.53	11.60
D4Y	0.000251	0.000248	1.009	54	7.75	-0.53	11.60
D3Y	0.000456	0.000448	1.019	55	0.00	-0.53	8.90
D3Y	0.000460	0.000454	1.012	54	7.75	-0.53	8.90
D2Y	0.000624	0.000613	1.018	30	0.00	0.00	6.20
D2Y	0.000632	0.000623	1.014	52	7.75	0.00	6.20
D1Y	0.000667	0.000656	1.017	30	0.00	0.00	3.50
D1Y	0.000681	0.000669	1.018	44	7.75	11.65	3.50

El ratio menor a 1.3 indica que no existe irregularidad torsional en la dirección Y.

❖ **Cortante basal****Tabla 9***Centro de masa y Rigidez*

Diaphragm	M-X (Tonf-s2/m)	M-Y (Tonf-s2/m)	CM-X (m)	CM-Y (m)	Peso (Tonf)
D4	17.91	16.01	3.7989	10.1247	181.33
D3	22.14	21.44	3.9091	10.5106	232.70
D2	22.27	21.47	3.87	10.4822	233.44
D1	22.68	21.88	3.9094	10.5952	240.30
Peso total					887.78

La cortante basal es de:

$$V_{est} = \frac{ZUCS}{R} * P = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.2}{8} * 887.78$$

$$V_{est} = 116.52 \text{ Tonf}$$

❖ **Sistemas estructurales**

Análisis de la Dirección X-X:

- Esfuerzo de corte en la base de la estructura: 93.62 Tn
- Esfuerzo de corte total en pilares: 93.62 Tn
- Porcentaje de corte en pilares: 100.00%

Análisis de la Dirección Y-Y:

- Esfuerzo de corte en la base de la estructura: 106.21 Tn
- Esfuerzo de corte total en pilares: 106.21 Tn
- Porcentaje de corte en pilares: 100.00%

De manera similar, en la dirección Y-Y, la estructura actúa como un sistema de pórticos en el que las columnas absorben el 100 % de las fuerzas cortantes basales, sin que haya contribución de placas estructurales.

- Fac. Reducción de resistencia Sísmica:

En ambas direcciones, la estructura cumple con las características de un sistema de pórticos y se comporta de manera regular y eficiente frente a acciones sísmicas.

Figura 13

Cortante basal X-X

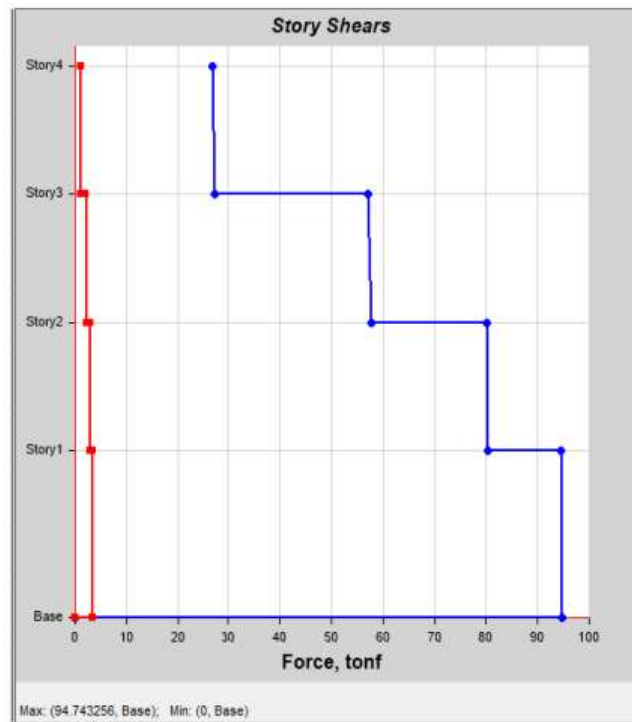


Figura 14

Cortante basal Y-Y

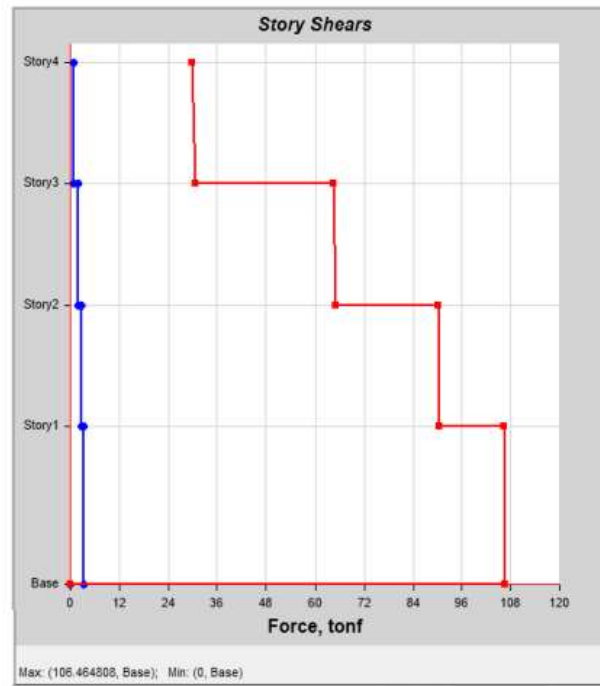


Tabla 10

Cortante basal

Cortante Basal (Tonf)		
Dirección	Dinámica	Estática
X-X	93.62	116.52
Y-Y	106.21	116.52

muestra los valores del cortante basal, expresados en toneladas-fuerza (Tonf), para las direcciones X-X y Y-Y bajo análisis dinámico y estático. Para la dirección Y-Y, el valor dinámico es de 106.21 Tonf, manteniéndose igual al estático con 116.52 Tonf.

4.1.1.2 Losa pretensada

❖ **Metrados de Cargas**

El análisis considera las cargas originadas por la masa de la estructura y los acabados, además del peso propio de los materiales estructurales ($\rho_e=2400 \text{ kg/m}^3$). Adicionalmente, se define la Carga Muerta (CM), la cual incluye los elementos permanentes que contribuyen al peso total de la estructura.

Tabla 11

Cargas muertas en la estructura

Detalle	Carga muerta	
	Unidad	Carga
Acabado en techo	kg/m ²	120
Acabado en piso	kg/m ²	120
Tabiquería	kg/m ²	150.00 - 210.00
Losa pretensada	kg/m ²	315
Parapeto en viga	kg/m	270
Tabiquería en viga	kg/m	540

Se presenta las cargas muertas consideradas en la estructura, especificando diferentes elementos constructivos y sus respectivas cargas. Entre estos, los acabados en techo y piso tienen una carga de 120 kg/m², la tabiquería varía entre 150 y 210 kg/m², la losa pretensada tiene una carga de 315 kg/m², mientras que el parapeto en viga y la tabiquería en viga registran 270 kg/m y 540 kg/m, respectivamente. Estos valores son fundamentales para el cálculo estructural, garantizando la seguridad y funcionalidad del diseño.

Tabla 12

Cargas vivas en la estructura

Detalle	Carga muerta	
	Unidad	Carga
Vivienda	kg/m ²	200
Escaleras	kg/m ²	200

Se presenta las cargas vivas consideradas en la estructura, especificando dos elementos principales: la vivienda y las escaleras, ambos con una carga uniforme de 200 kg/m². Estos valores son esenciales para el diseño estructural, asegurando que la construcción soporte adecuadamente las cargas temporales asociadas a su uso cotidiano.

❖ Parámetros sísmicos

Factor zona: Dado que el edificio se encuentra ubicado en la provincia de San Román, según lo estipulado en La directiva normativa E.030 del Código general de obras, esta área

corresponde a la zona sísmica 3, que se caracteriza por un nivel de sismicidad alto. Como resultado, el coeficiente sísmico de zonificación para esta área se define como $Z = 0.35$, valor que refleja el nivel de aceleración sísmica esperada en la región.

$$Z = 0.35$$

Factor suelo: Para una ubicación en la zona sísmica 3, según La directiva normativa E.030 del Código general de obras, y considerando que el suelo presenta características clasificadas como S3, el valor asignado al factor de suelo es:

$$S3 = 1.20$$

Considerando los valores de los períodos predominantes del suelo, se tienen los siguientes parámetros específicos:

- **TP = 1.0:** Representa el período predominante en el que las estructuras que coincidan con este valor serán más afectadas por el movimiento del suelo. Este valor es característico de suelos tipo S3 según la normativa.
- **TL = 1.6:** Indica el límite del período largo, que define el rango de estructuras con mayor susceptibilidad a las vibraciones prolongadas. Este parámetro también está relacionado con las características del suelo tipo S3.

Categoría del edificio: conforme a la norma técnica E.30, se clasifica como "Edificios comunes (C)". En este caso, el factor de uso e importancia (U) correspondiente se define como:

$$\text{Factor de Uso e Importancia (U): } 1$$

Esta categoría aplica a estructuras que no tienen un uso especial ni son consideradas críticas o esenciales, como hospitales o instalaciones estratégicas. El valor de $U=1$ indica que no se requieren consideraciones adicionales por su nivel de importancia o uso.

La ausencia de irregularidades asegura que el comportamiento estructural sea adecuado para emplear este nivel de reducción en el análisis sísmico.

❖ Evaluación del peso sísmico

En términos prácticos, representa una estimación del peso efectivo de la estructura durante un evento sísmico.

En el cálculo a nivel de entrepiso, se considera de la siguiente manera:

$$P=100\%(\text{peso propio} + \text{carga muerta (CM)}) + 25\% \text{ de la carga viva (categoría C).}$$

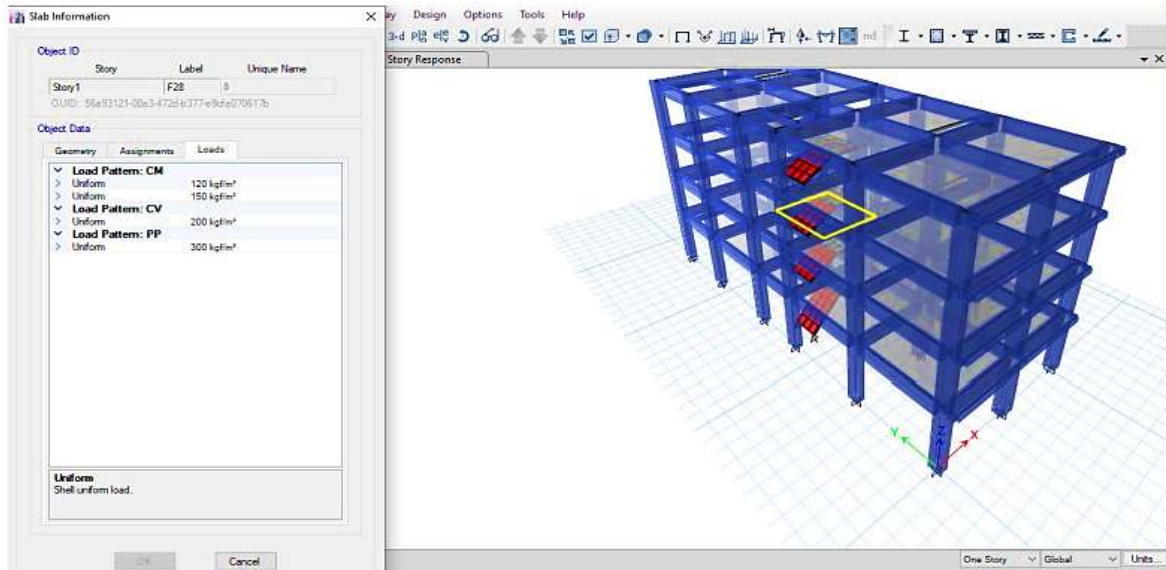
Figura 15

Proporciones de carga asignadas según el tipo de edificación en el análisis

Load Pattern	Multiplier
PP	1
PP	1
CM	1
CV	0.25

Figura 16

Cargas operativas aplicadas a la losa entre niveles de la estructura



Se presenta una representación visual de las cargas operativas aplicadas a las losas entre niveles de la estructura, mostrando la distribución de cargas y su asignación en un modelo estructural tridimensional.

Figura 17

Cargas operativas aplicadas a la losa entre niveles de la estructura

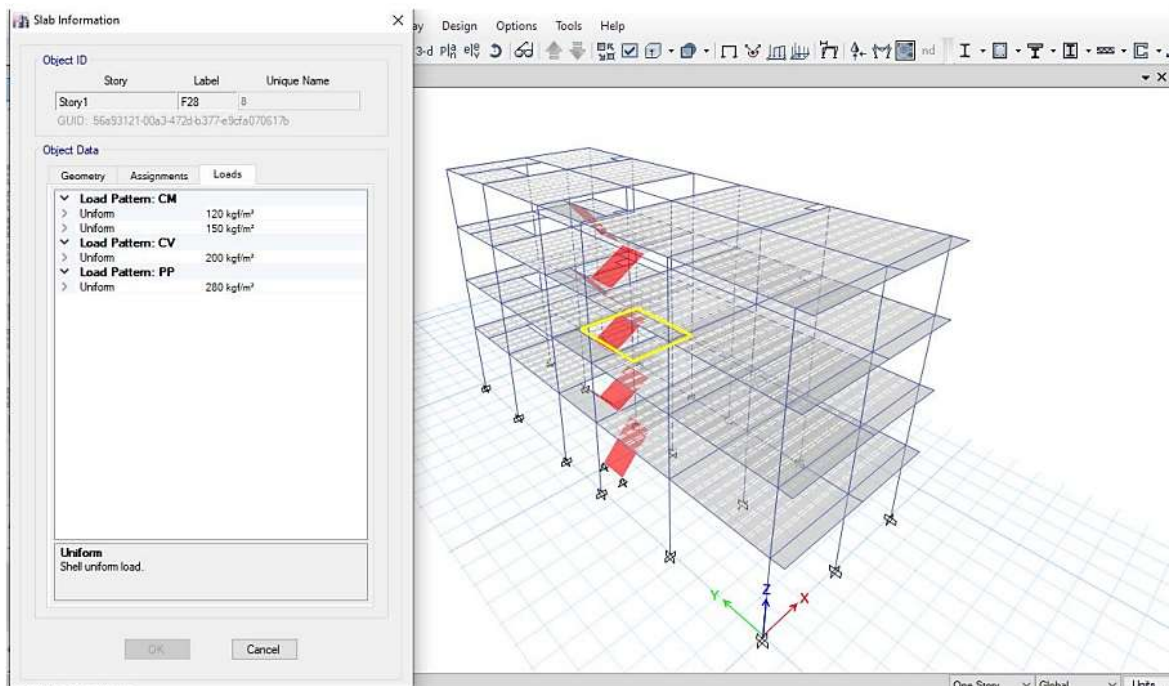
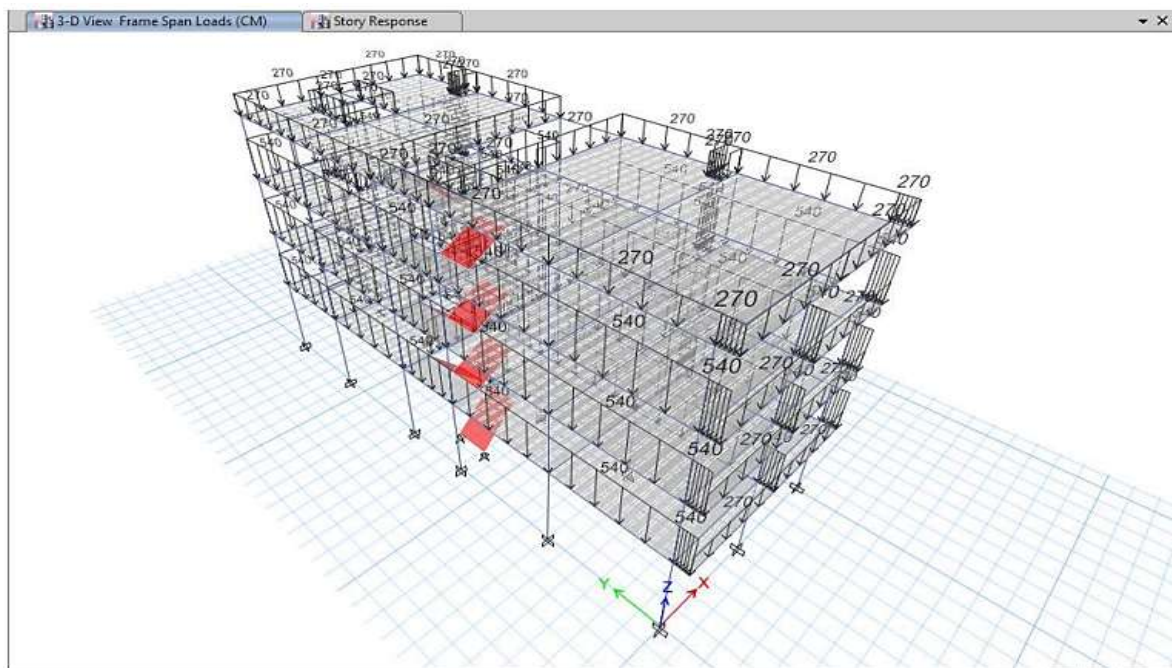


Figura 18

Carga aplicada en las vigas a causa de la tabiquería



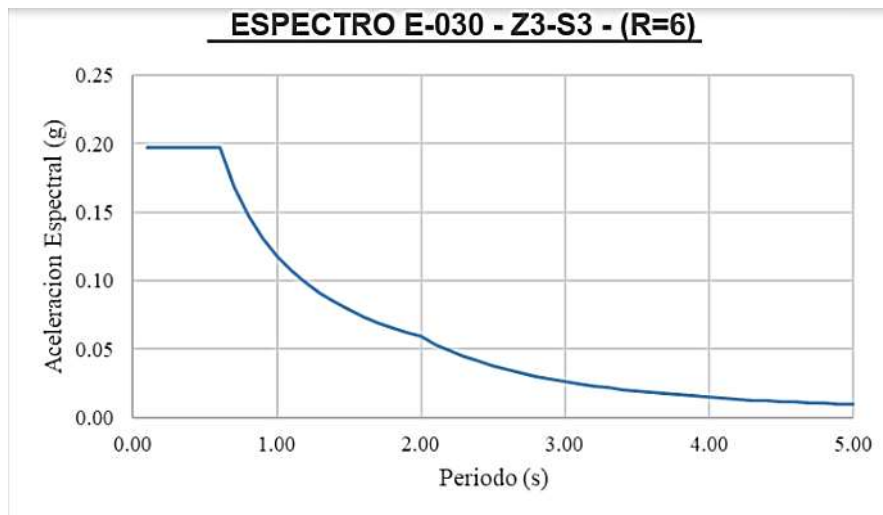
❖ Aceleración espectral

La estructura muestra irregularidad torsional en la dirección X, lo que implica un comportamiento menos uniforme ante acciones sísmicas en esa dirección. Por este motivo, se asigna un factor de reducción sísmica (R_x) de 6, reflejando una capacidad de disipación de energía más limitada debido a la irregularidad.

En contraste, en la dirección Y no se observa irregularidad torsional, lo que permite asignar un factor.

Figura 19

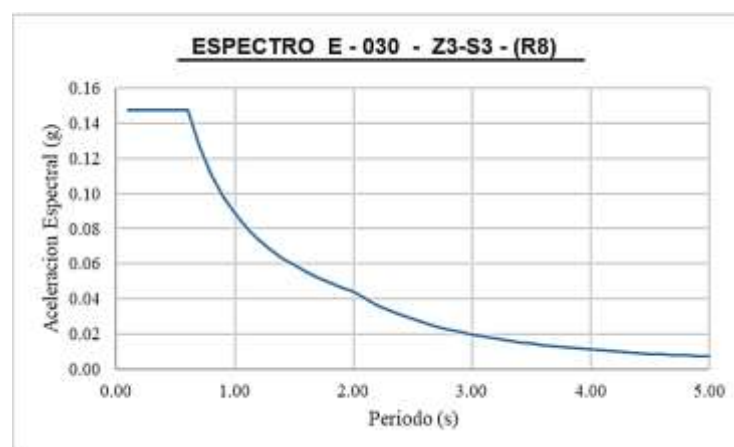
Espectro - $R=6$ (X)



Se presenta el espectro de respuesta sísmica de acuerdo con la norma E-030 para la zona sísmica Z3-S3 con un factor de reducción $R=6$ en la dirección X. El gráfico muestra cómo la aceleración espectral (g) disminuye de manera progresiva a medida que aumenta el periodo (s), destacando la mayor respuesta dinámica en periodos cortos y una reducción en periodos largos.

Figura 20

Espectro - R=8 (Y)

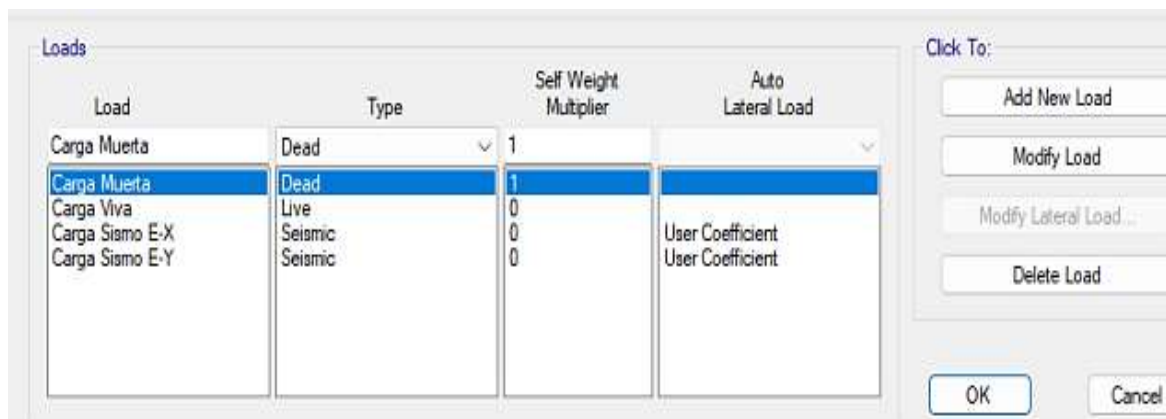


El gráfico describe la variación de la aceleración espectral (g) en función del período (s), evidenciando una mayor respuesta en períodos cortos que disminuye progresivamente en períodos más largos.

❖ Diseño de patrones de carga para la evaluación estática de la edificación

Figura 21

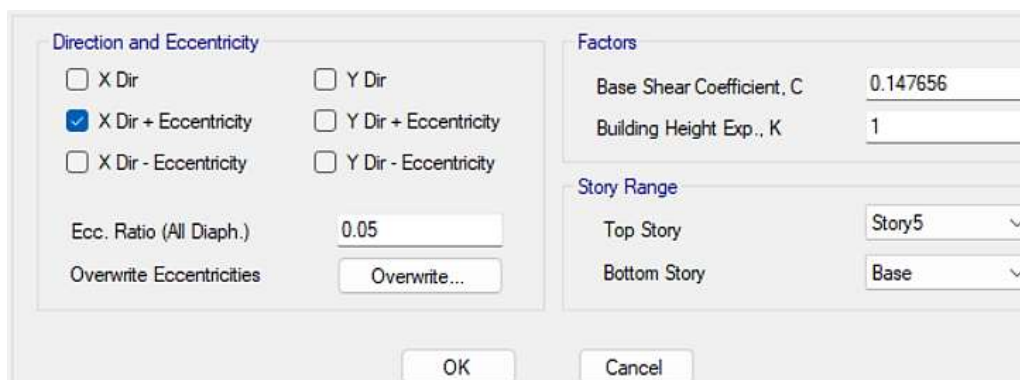
Cargas inducidas por sismos en las direcciones ortogonales X e Y



Se muestra la configuración de los patrones de carga, incluyendo cargas muertas y cargas sísmicas aplicadas en ambas direcciones, con factores de multiplicación específicos para cada tipo de carga.

Figura 22

Cargas inducidas por sismos estáticos en las direcciones ortogonales X e Y



Se detalla las cargas inducidas por sismos estáticos, considerando la dirección y excentricidad en los ejes X e Y, además de factores como el coeficiente de corte basal y la altura de la edificación. Estos parámetros son cruciales para modelar correctamente los efectos sísmicos en la estructura y garantizar su estabilidad y seguridad.

❖ Patrones de carga para la evaluación dinámica de la edificación

Figura 23

Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación X

The screenshot shows a software interface for configuring dynamic seismic loads. It is divided into three main sections: General, Loads Applied, and Other Parameters.

General

- Load Case Name: Carga Sismo D-X
- Load Case Type: Response Spectrum
- Mass Source: Previous (NormaE030)
- Analysis Model: Default

Loads Applied

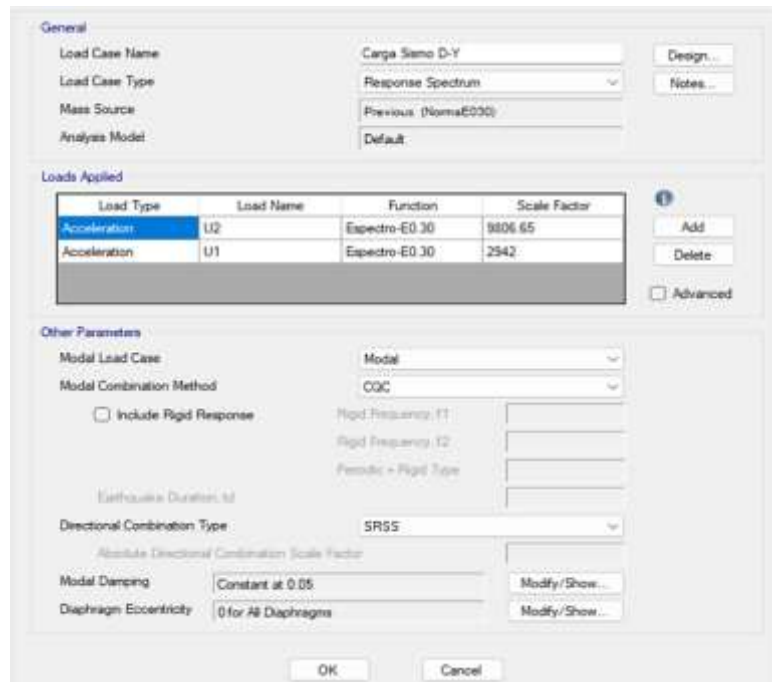
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro-E0.30	9806.65
Acceleration	U2	Espectro-E0.30	2942

Other Parameters

- Modal Load Case: Modal
- Modal Combination Method: CQC
- Include Rigid Response
- Rigid Frequency, f1: []
- Rigid Frequency, f2: []
- Periodic + Rigid Type: []
- Earthquake Duration, td: []
- Directional Combination Type: SRSS
- Absolute Directional Combination Scale Factor: []
- Modal Damping: Constant at 0.05
- Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Figura 24

Cargas inducidas por el sismo dinámico en la orientación Y



❖ Modelación en las direcciones de X-X e Y-Y

Figura 25

Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje X

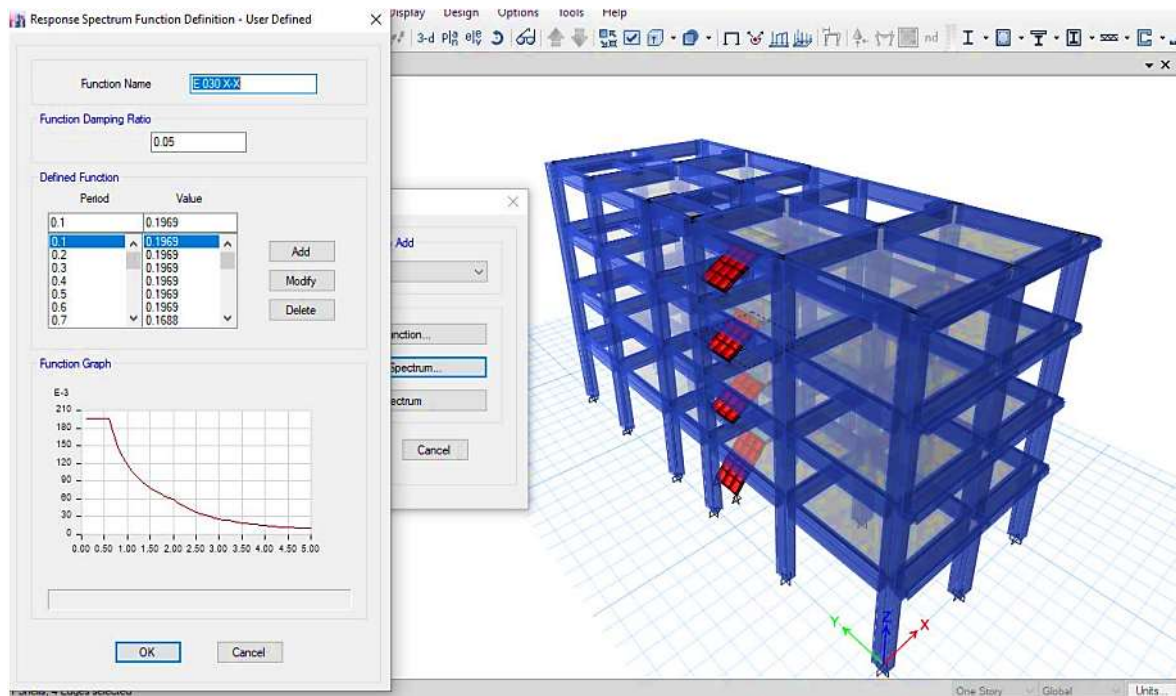
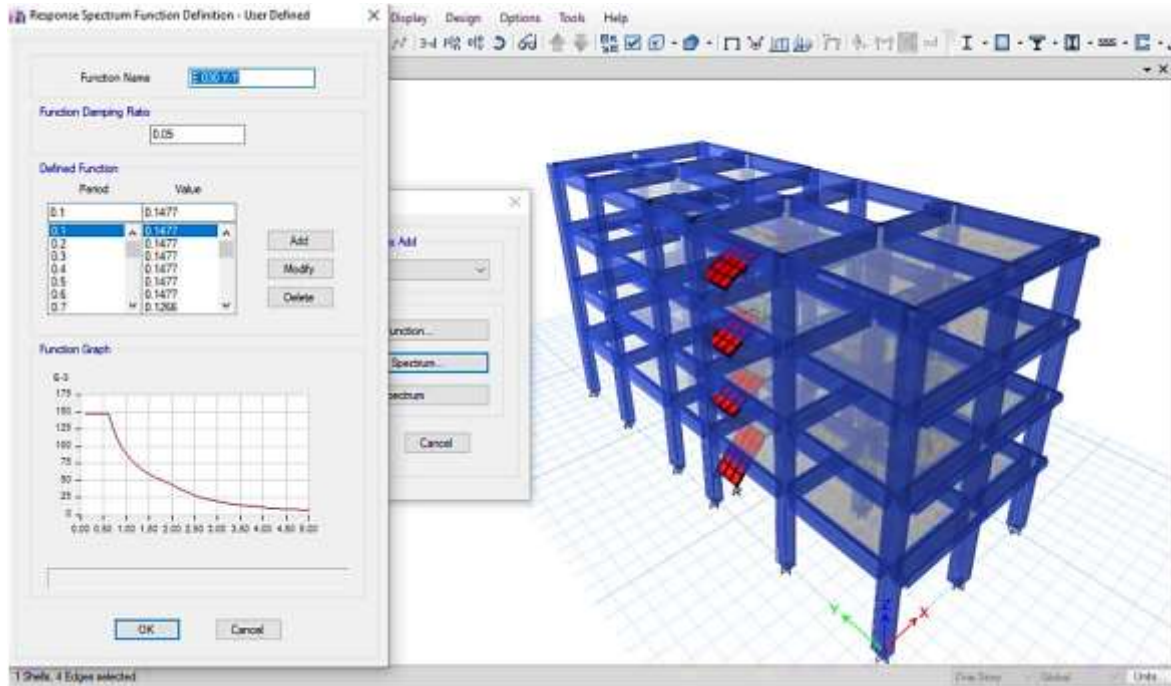


Figura 26

Espectro sísmico aplicado al análisis estructural en el eje Y



❖ Modos de vibración

Tabla 13

Periodo de vibración

Case	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Mod-1	0.392	0.545	0.001	0.545	0.002	0.492	0.492
Mod-2	0.343	0.023	0.872	0.568	0.874	0.007	0.500
Mod-3	0.326	0.339	0.033	0.908	0.908	0.413	0.914
Mod-4	0.124	0.044	0.000	0.953	0.909	0.036	0.952
Mod-5	0.109	0.002	0.069	0.954	0.979	0.001	0.952
Mod-6	0.104	0.026	0.002	0.982	0.980	0.030	0.984
Mod-7	0.068	0.007	0.000	0.990	0.980	0.006	0.992
Mod-8	0.061	0.000	0.012	0.990	0.993	0.000	0.992
Mod-9	0.057	0.004	0.000	0.995	0.995	0.004	0.997
Mod-10	0.049	0.001	0.000	0.997	0.995	0.001	0.999
Mod-11	0.044	0.000	0.002	0.997	0.998	0.000	0.999
Mod-12	0.041	0.001	0.000	0.999	0.998	0.001	1.000

Se determina que la participación de masa es superior al 90 %, lo que valida la fiabilidad de los resultados obtenidos.

❖ Discontinuidad en planta (Ip) y nivel de altura (Ia)

Tabla 14

Irregularidades en planta y altura

Detalle	Dirección	Factor	Irregularidad
lp	"X-X"	0.75	Irregularidad torsional
	"Y-Y"	1	No presente
la	"X-X"	1	No presente
	"Y-Y"	1	No presente

Se presenta un análisis de las irregularidades en planta (lp_lpl) y altura (la_ala) de la estructura, evaluadas en las direcciones X-X y Y-Y. Se observa una irregularidad torsional en la dirección X-X, con un factor de 0.75, mientras que en el resto de las evaluaciones (Y-Y para lp y ambas direcciones para la) no se detectan irregularidades, con un factor uniforme de 1.

Tabla 15

Irregularidad torsional-X

Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X-M	Max Loc Y-M
D4	0.000461	0.000389	1.179	38	7.75	19.76
D4	0.000527	0.000405	1.299	55	0.00	-0.53
D3	0.000859	0.000715	1.200	38	7.75	19.76
D3	0.000966	0.000740	1.305	55	0.00	-0.53
D2	0.001203	0.000999	1.206	38	7.75	19.76
D2	0.001305	0.001008	1.296	52	7.75	0.00
D1	0.003439	0.001094	1.225	38	7.75	19.76
D1	0.001419	0.001094	1.296	52	7.75	0.00

Esto significa que las deformaciones relativas entre extremos opuestos de la estructura en planta, bajo acciones sísmicas, no son uniformes, lo que puede generar esfuerzos adicionales en algunos elementos estructurales.



Tabla 16

Irregularidad torsional-Y

Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X-M	Max Loc Y-M
D4Y	0.000225	0.000220	1.019	55.00	0.00	-0.53
D4Y	0.000210	0.000206	1.019	39.00	0.00	16.07
D3Y	0.000412	0.000405	1.011	55.00	0.00	-0.53
D3Y	0.000385	0.000299	1.015	55.00	0.00	-0.53
D2Y	0.000572	0.000568	1.007	30.00	0.00	0.00
D2Y	0.000540	0.000530	1.018	52.00	7.75	0.00
D1Y	0.000615	0.000611	1.005	30.00	0.00	0.00
D1Y	0.000585	0.000575	1.020	52.00	7.75	0.00

Una ratio menor a 1.3 indica que la estructura no presenta irregularidad torsional en la dirección Y. Esto sugiere que las deformaciones relativas en planta, generadas por acciones sísmicas, son uniformes y están dentro de los límites aceptables.

❖ **Cortante basal**

Tabla 17

Centro de masa y Rigidez

Diaphragm	M-X (Tonf-s2/m)	M-Y (Tonf-s2/m)	CM-X (m)	CM-Y (m)	Peso (Tonf)
D4	15.89	14.19	3.5379	10.76	170.98
D3	21.68	19.48	3.6968	10.9285	236.93
D2	21.98	20.48	3.7897	10.7998	237.38
D1	22.84	19.94	3.702	10.8399	247.58
Peso total					892.87

La cortante basal es de:

$$Vest(X) = \frac{ZUCS}{R} * P = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.2}{6} * 892.87$$

$$Vest - X = 156.25 \text{Tonf}$$

$$Vest(Y) = \frac{ZUCS}{R} * P = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.2}{8} * 892.87$$

$$Vest - Y = 117.19 \text{Tonf}$$



❖ **Sistemas estructurales**

- Para estructuras regulares: $V_{din} > 0.8 \cdot V_{est}$
- Para estructuras irregulares: $V_{din} > 0.9 \cdot V_{est}$

Verificación por Dirección

Dirección X-X:

- Cortante basal dinámica (V_{din}): 137.39 Tn
- Cortante basal estática (V_{est}): 156.25 Tn
- Verificación: $(156.25 \cdot 0.9) / 137.39 = 1.024$

El factor de escala calculado es **1.024**, lo que indica que la estructura en esta dirección **requiere escalar**.

Dirección Y-Y:

- Cortante basal dinámica (V_{din}): 112.24 Tn
- Cortante basal estática (V_{est}): 117.19 Tn
- Verificación: $(117.19 \cdot 0.8) / 112.24 = 0.859$

El factor de escala calculado es 0.835, lo que confirma que no es necesario escalar en esta dirección, ya que cumple con la cortante mínima requerida

Fuerzas Cortantes en la Base

Dirección X-X:

- Fuerza cortante basal: 140.69 Tn
- Fuerza total en columnas: 140.69 Tn
- Porcentaje en columnas: 100.00%

Dirección Y-Y:

- Fuerza cortante basal: 112.24 Tn
- Fuerza total en columnas: 112.24 Tn

- Porcentaje en columnas: 100.00%

Cumplimiento Normativo

La estructura en ambas direcciones cumple con la normativa, ya que las columnas absorben el 100% de la fuerza cortante, superando el mínimo requerido del 80% para ser considerada un sistema de pórticos.

Factor de Reducción Sísmica

En la dirección X-X, se aplica un coeficiente de reducción considerando las siguientes condiciones:

- $R = 8.00$ (sistema de pórticos regulares).
- Factor de ajuste por irregularidad torsional: 0.75.
- Factor adicional de ajuste: 1.00.

El factor de reducción resultante para la dirección X es:

$$R_x = 8.00 * 0.75 * 1.00 = 6.00$$

Figura 27

Cortante basal X-X e Y-Y

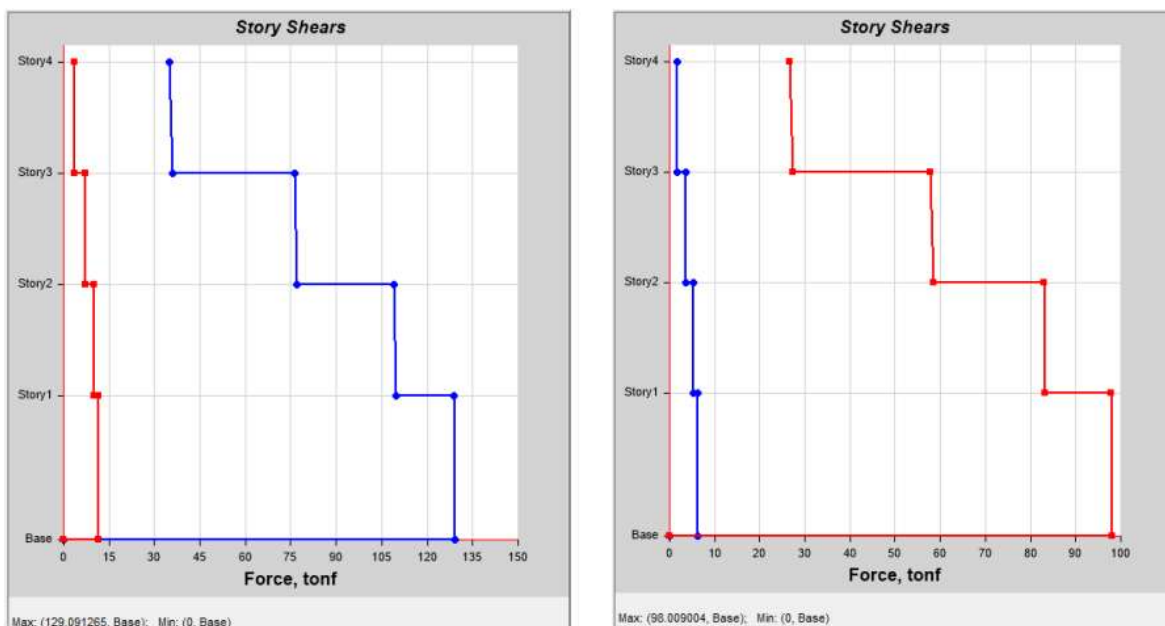


Tabla 18*Cortante basal*

Cortante Basal (Tonf)		
Dirección	Dinámica	Estática
X-X	137.39	156.25
Y-Y	112.24	117.19

Se presenta los valores del cortante basal de la estructura, expresados en toneladas-fuerza (Tonf), en las direcciones X-X y Y-Y bajo análisis dinámico y estático. En la dirección X-X, el cortante basal dinámico es de 137.39 Tonf y el estático de 156.25 Tonf. En la dirección Y-Y, los valores son de 112.24 Tonf para el análisis dinámico y 117.19 Tonf para el estático. Estos datos permiten evaluar la respuesta sísmica de la estructura, asegurando que el diseño sea capaz de resistir las fuerzas laterales aplicadas.

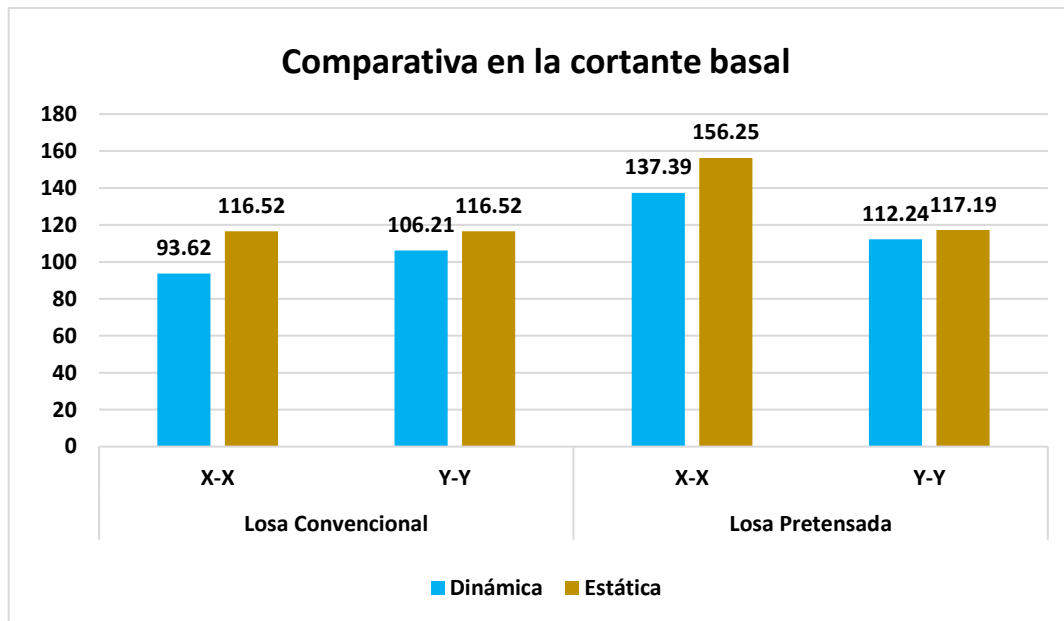
4.1.1.3 Comparación de la cortante basal

Tabla 19*Comparativa en la cortante basal*

Detalle	Cortante basal Tonf					
	Losa Convencional		Losa Pretensada		Diferencia%	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
Dinámica	93.62	106.21	137.39	112.24	32%	5%
Estática	116.52	116.52	156.25	117.19	25%	1%

Figura 28

Comparativa en la cortante basal



En el análisis dinámico, la losa pretensada muestra incrementos del 32% en X-X y del 5% en Y-Y respecto a la losa convencional. Para el análisis estático, los incrementos son del 25% en X-X y una disminución del 1% en Y-Y.

4.1.2 Impacto de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en los desplazamientos máximos de un sistema aporticado de concreto armado

❖ **Losa aligerada convencional (sistema unidireccional)**

Tabla 20

Desplazamientos permisibles -RXX

Story	Altura-m	Desplazamiento-m	Desplazamiento Real-cm
ST-4	2.65	0.0098	5.87
ST-3	2.65	0.0087	5.19
ST-2	2.65	0.0067	4.01
ST-1	3.50	0.0040	2.29
Base	-	0	-

Tabla 21

Desplazamientos permisibles -RYY

Story	Altura-m	Desplazamiento-m	Desplazamiento Real-cm
ST-4	2.65	0.0059	3.58
ST-3	2.65	0.0052	3.17
ST-2	2.65	0.0040	2.43
ST-1	3.50	0.0023	1.42
Base	-	0	-

Figura 29

Desplazamiento de la estructura X-X e Y-Y



Se muestra los desplazamientos máximos por nivel en las direcciones X-X y Y-Y. Ambas curvas muestran un incremento progresivo del desplazamiento conforme aumenta la altura de la estructura, destacando un comportamiento estable y predecible. Estos análisis son fundamentales.

Tabla 22*Junta sísmica entre los edificios*

Dirección	Desplazamiento Real (4° piso)	Junta sísmica
"X-X"	5.87 cm	$(2/3) * 5.87$
"Y-Y"	3.58 cm	Usar =4cm

A partir de los desplazamientos obtenidos en el análisis sísmico, se determinó que el espesor adecuado para la junta sísmica entre edificios es de 4 cm. Este valor garantiza que haya suficiente espacio para permitir los movimientos relativos entre las estructuras durante un evento sísmico, evitando colisiones o daños por interacción entre ellas, y cumpliendo con los criterios establecidos por la normativa sísmica aplicable.

❖ Losa pretensada**Tabla 23***Desplazamiento-RXX*

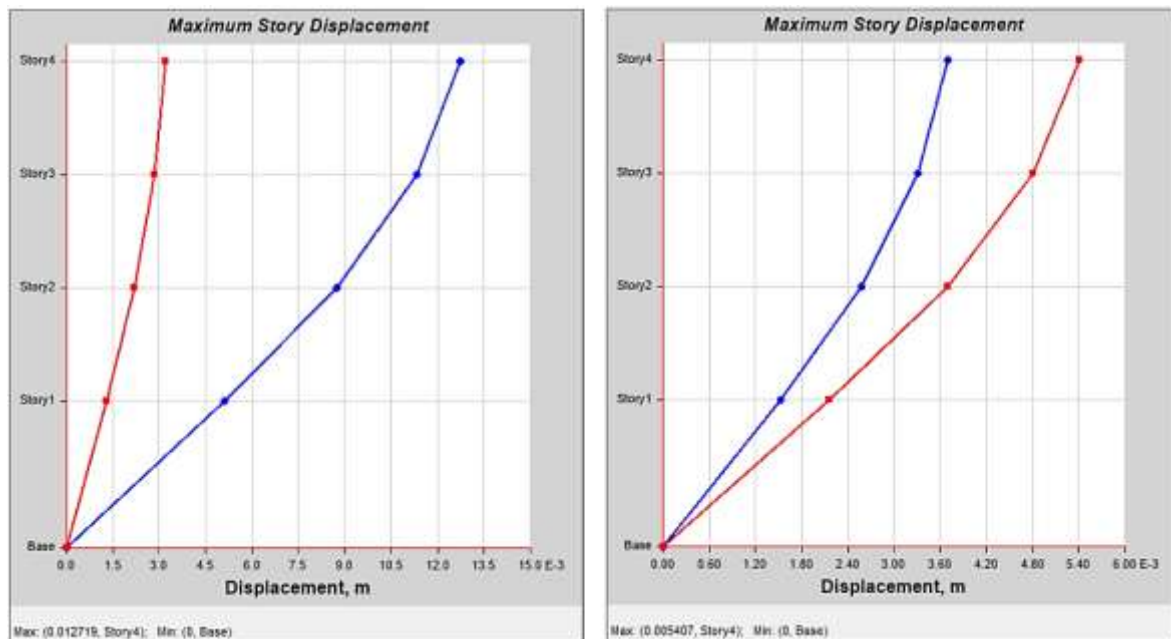
Story	Altura-m	Desplazamiento-m	Desplazamiento Real-cm
ST-4	2.65	0.0126	5.70
ST-3	2.65	0.0111	5.08
ST-2	2.65	0.0085	3.90
ST-1	3.50	0.0050	2.27
Base	-	0	-

Tabla 24*Desplazamiento-RYY*

Story	Altura-m	Desplazamiento-m	Desplazamiento Real-cm
ST-4	2.65	0.0053	3.22
ST-3	2.65	0.0047	3.06
ST-2	2.65	0.0036	2.21
ST-1	3.50	0.0020	1.30
Base	-	0	-

Figura 30

Desplazamiento de la estructura X-X e Y-Y



Se muestra los desplazamientos máximos por nivel en las direcciones X-X y Y-Y. Ambas curvas muestran un incremento progresivo del desplazamiento conforme aumenta la altura de la estructura, destacando un comportamiento estable y predecible.

Tabla 25

Junta sísmica entre los edificios

Dirección	Desplazamiento Real (4° piso)	Junta sísmica
"X-X"	5.70 cm	Usar 4cm
"Y-Y"	3.22 cm	

A partir de los desplazamientos obtenidos en el análisis sísmico, se determinó que el espesor adecuado para la junta sísmica entre edificios es de 4 cm. Este valor garantiza que haya suficiente espacio para permitir los movimientos relativos entre las estructuras durante un evento sísmico, evitando colisiones o daños por interacción entre ellas, y cumpliendo con los criterios establecidos por la normativa sísmica aplicable.

a) Comparación del desplazamiento

Tabla 26

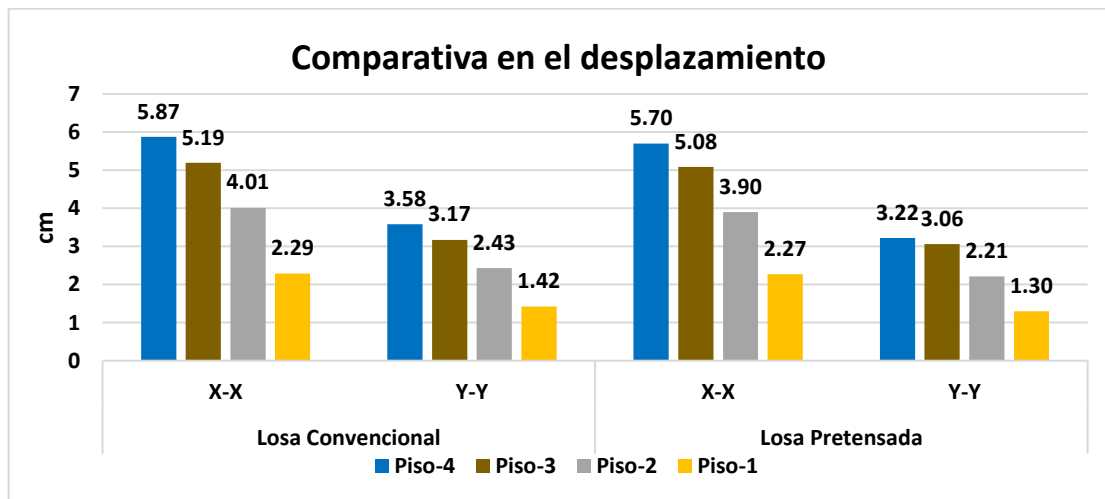
Comparativa en los desplazamientos

Detalle	Desplazamientos-cm					
	Losa Convencional		Losa Pretensada		Diferencia%	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
Piso-4	5.87	3.58	5.70	3.22	3%	11%
Piso-3	5.19	3.17	5.08	3.06	2%	4%
Piso-2	4.01	2.43	3.90	2.21	3%	10%
Piso-1	2.29	1.42	2.27	1.30	1%	9%

Se presentan una comparativa de los desplazamientos en las direcciones X-X y Y-Y entre los sistemas de losa convencional y losa pretensada, evaluados en los cuatro pisos de la estructura.

Figura 31

Comparativa en los desplazamientos



Los desplazamientos son mayores en el sistema de losa convencional, con una diferencia más notable en Y-Y, donde la losa pretensada muestra una reducción de hasta un 11% en el Piso 4 y un 10% en el Piso 2. En X-X, las diferencias son más moderadas, oscilando entre el 1% y el 3%.

4.1.3 Influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en las derivas de un sistema aporricado de concreto armado

❖ Losa aligera convencional

Tabla 27

Derivas-RXX

Story	Altura-m	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva según Normativa	Condición
ST-4	2.65	0.00041	0.0029		Cumple
ST-3	2.65	0.00075	0.0052		Cumple
ST-2	2.65	0.00102	0.0060	0.007	Cumple
ST-1	3.50	0.00112	0.0068		Cumple
Base	-	-	-	-	-

La tabla muestra las derivadas elásticas e inelásticas de un edificio de cuatro pisos con losas aligeradas convencionales, específicamente para el análisis de desplazamientos horizontales bajo carga sísmica (derivas).

Tabla 28

Derivas-RYY

Story	Altura-m	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva según Normativa	Condición
ST-4	2.65	0.00038	0.0014		Cumple
ST-3	2.65	0.00052	0.0027		Cumple
ST-2	2.65	0.00064	0.0037	0.007	Cumple
ST-1	3.50	0.00071	0.0040		Cumple
Base	-	-	-	-	-

La tabla muestra las derivadas elásticas e inelásticas de un edificio de cuatro pisos con losas aligeradas convencionales, evaluadas bajo el análisis de desplazamientos en dirección RYY.

❖ Losa pretensada

Tabla 29

Derivas-RXX

Story	Altura-m	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva según Normativa	Condición
ST-4	2.65	0.00051	0.0027	0.007	Cumple
ST-3	2.65	0.00095	0.0050		Cumple
ST-2	2.65	0.00129	0.0059		Cumple
ST-1	3.50	0.00140	0.0067		Cumple
Base	-	-	-	-	-

La tabla muestra las derivadas elásticas e inelásticas para un edificio de cuatro pisos con losas pretensadas, evaluadas bajo un análisis sísmico de desplazamientos horizontales (derivadas) en la dirección RXX.

Tabla 30

Derivas-RYY

Story	Altura-m	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva según Normativa	Condición
ST-4	2.65	0.00019	0.0013	0.007	Cumple
ST-3	2.65	0.00038	0.0024		Cumple
ST-2	2.65	0.00059	0.0033		Cumple
ST-1	3.50	0.00062	0.0036		Cumple
Base	-	-	-	-	-

La tabla muestra las derivadas elásticas e inelásticas para un edificio de cuatro pisos con losas pretensadas, evaluadas en la dirección RYY bajo condiciones sísmicas.

❖ Comparación de las derivas

Tabla 31

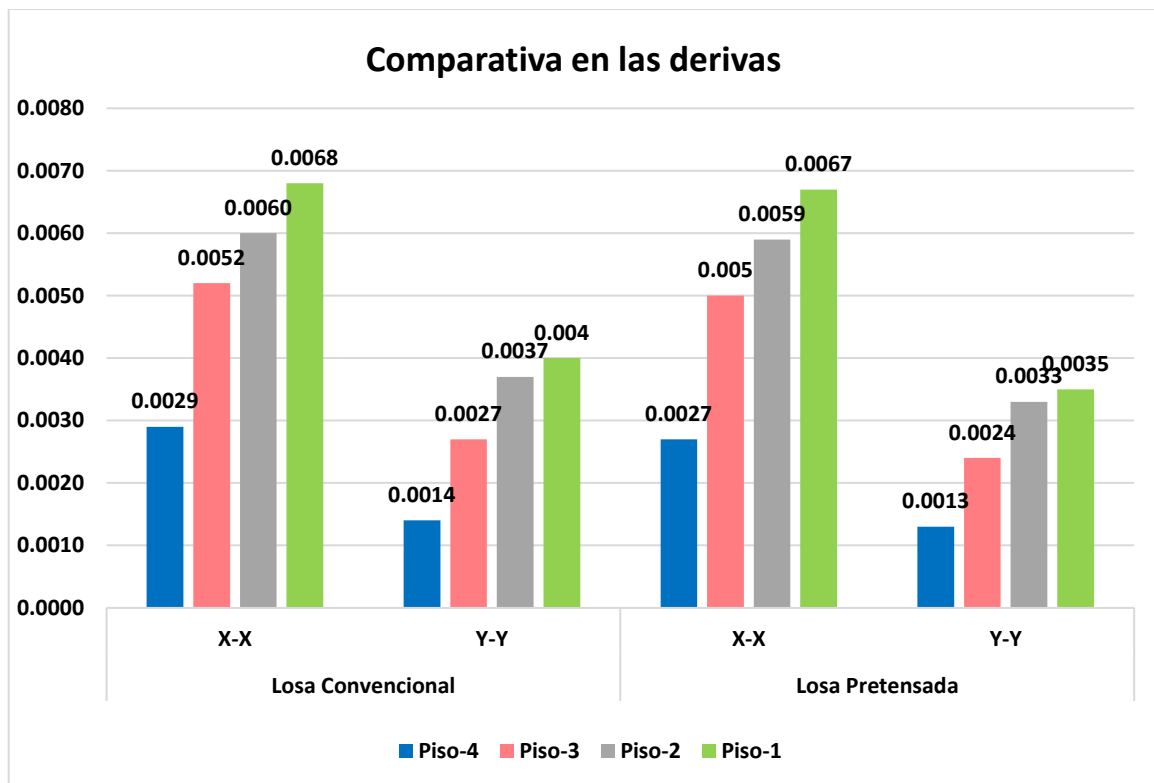
Comparativa en las derivas

Detalle	Derivas		
	Losa Convencional	Losa Pretensada	Diferencia%

	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
Piso-4	0.0029	0.0014	0.0027	0.0013	7%	8%
Piso-3	0.0052	0.0027	0.005	0.0024	4%	13%
Piso-2	0.0060	0.0037	0.0059	0.0033	2%	12%
Piso-1	0.0068	0.004	0.0067	0.0035	1%	14%

Figura 32

Comparativa en las derivas



Se presentan una comparativa de las derivas estructurales en los sistemas de losa convencional y losa pretensada, evaluadas en las direcciones X-X y Y-Y en los cuatro niveles de la estructura. Los resultados muestran que las derivas en la losa pretensada son ligeramente menores en comparación con la losa convencional, con diferencias porcentuales que oscilan entre el 1% y el 7% en X-X y entre el 8% y el 14% en Y-Y, siendo más significativas en la dirección Y-Y.

4.2 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los sistemas estructurales con losas pretensadas incrementan significativamente la cortante basal, especialmente en



la dirección X-X, con un aumento del 24% en análisis dinámico y del 18% en análisis estático. Este hallazgo concuerda con la investigación de Falcon (2024), donde se observó un incremento de esfuerzos internos en las columnas debido a mayores rigideces estructurales. Asimismo, es consistente con el trabajo de Chambilla (2022), que reporta una mejora en el comportamiento sísmico con sistemas más rígidos, como el uso de viguetas pretensadas, las cuales también aumentaron los esfuerzos estructurales. Sin embargo, la disminución del 10% en la cortante basal en la dirección Y-Y en análisis estático es un comportamiento mixto que podría ser explicado por diferencias en la distribución de rigideces en el plano, y sugiere que futuras investigaciones podrían explorar los efectos de las irregularidades geométricas en planta, como lo hicieron Carranza y Saldaña (2021).

En cuanto a los desplazamientos máximos, los sistemas con losas pretensadas presentan reducciones significativas, especialmente en la dirección Y-Y, con un descenso del 11% en el cuarto piso. Esto es consistente con la investigación de Calapuja y Yucra (2021), quienes encontraron que los sistemas estructurales con mayor rigidez, como los duales, reducen notablemente los desplazamientos en comparación con los sistemas aporticados. De manera similar, Chambilla (2022) reportó una reducción del 8.59% en los desplazamientos dinámicos con sistemas de losas más ligeras y rígidas, lo que respalda los resultados obtenidos en este trabajo. Estas mejoras en los desplazamientos refuerzan la utilidad de las losas pretensadas para garantizar un mejor control de las deformaciones laterales, especialmente en estructuras ubicadas en zonas sísmicas como la provincia de San Román.

En el análisis de derivas, las losas pretensadas demostraron una notable mejora, con reducciones de hasta un 14% en pisos inferiores en la dirección Y-Y. Estos resultados están alineados con los de Carranza y Saldaña (2021) y Calapuja y Yucra (2021), quienes encontraron que sistemas estructurales más rígidos (como los duales) ofrecen un mejor control de las derivas, manteniéndose dentro de los límites normativos de la norma E.030.



Además, los resultados coinciden con las conclusiones de Chambilla (2022), que reportó una reducción máxima de 15.85% en las derivas estáticas utilizando sistemas de losas más eficientes. La mejora en las derivas es crucial para evitar daños en elementos no estructurales y cumplir con los estándares de diseño, destacando la efectividad de las losas pretensadas para aplicaciones en sistemas aporticados.

En términos generales, los resultados de este estudio confirman las tendencias observadas en investigaciones previas, como las de Carranza y Saldaña (2021) y Chambilla (2022), que evidencian que la mejora en la rigidez y la reducción de peso estructural contribuyen al mejor desempeño sísmico de los sistemas estructurales. Sin embargo, las diferencias observadas en la dirección Y-Y en este estudio, como la disminución de la cortante basal en análisis estático, aportan una perspectiva novedosa que merece ser explorada en mayor profundidad en futuros trabajos. Además, la consistencia de los resultados con estudios de otras regiones (Puno, La Libertad, Moquegua) demuestra la aplicabilidad general de las losas pretensadas en diferentes contextos sísmicos del Perú.

En conclusión, los hallazgos de este trabajo reafirman la utilidad de las losas pretensadas para mejorar el desempeño sísmico, especialmente en términos de desplazamientos y derivas, y sugieren que estas deben considerarse como una solución estructural viable en proyectos ubicados en zonas de alta sismicidad. Sin embargo, futuras investigaciones deberían explorar más a fondo las diferencias entre las direcciones X-X y Y-Y, así como la interacción entre rigidez y distribución de cargas en sistemas complejos.

CONCLUSIONES

General, la evaluación del desempeño sísmico de sistemas estructurales con pórticos de concreto reforzado con placas convencionales y pretensadas en la provincia de San Román 2024 mostró que los sistemas con losas pretensadas ofrecen un mejor desempeño sísmico, destacándose por una reducción significativa en los desplazamientos y las derivas, especialmente en la dirección Y-Y. Aunque se observa un incremento en la cortante basal en la dirección X-X, las losas pretensadas mejoran el control de las deformaciones y cumplen con los límites normativos de seguridad, mostrando una ventaja frente a los sistemas con losas convencionales.

Primera, en el análisis de la cortante basal, los sistemas con losas pretensadas muestran un incremento en comparación con los sistemas con losas convencionales, especialmente en la dirección X-X, donde en análisis dinámico la cortante basal pasa de 93.62 Tonf (losa convencional) a 137.399 Tonf (losa pretensada), mientras que en análisis estático incrementa de 116.52 Tonf (losa convencional) a 156.25 Tonf. En la dirección Y-Y, aunque en análisis dinámico se observa un aumento al igual que en el análisis estático.

Segunda, en cuanto a los desplazamientos máximos, los sistemas con losas pretensadas presentan reducciones consistentes en ambas direcciones. En la dirección X-X, el desplazamiento máximo en el cuarto piso disminuye de 5.87 cm (losa convencional) a 5.70 cm (losa pretensada), con una reducción del 3%, y en la dirección Y-Y, la reducción alcanza



un 11%, pasando de 3.58 cm a 3.22 cm, lo que evidencia que las losas pretensadas mejoran el control de desplazamientos, especialmente en la dirección Y-Y.

Tercera, en el análisis de derivas, los sistemas con losas pretensadas también ofrecen ventajas significativas. En la dirección X-X, la deriva del cuarto piso se reduce de 0.0029 (losa convencional) a 0.0027 (losa pretensada), con un 7% de diferencia, mientras que en la dirección Y-Y, la reducción pasa de 0.0014 a 0.0013. Las mayores reducciones se observan en los pisos inferiores de la dirección Y-Y, donde la diferencia llega hasta el 14% en el primer piso, lo que demuestra que las losas pretensadas no solo reducen las derivas, sino que mejoran el desempeño sísmico del sistema, asegurando el cumplimiento de los límites normativos.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda realizar estudios similares en distintos tipos de suelo en la provincia de San Román, para evaluar cómo las características del suelo afectan el desempeño de los sistemas estructurales con losas convencionales y pretensadas.

Segunda, se recomienda investigar cómo los diferentes tipos de losas afectan el comportamiento de los elementos no estructurales, como divisiones interiores, acabados y sistemas mecánicos, durante eventos sísmicos.

Tercera, se recomienda investigar el comportamiento sísmico de otras configuraciones estructurales, como sistemas con diferentes tipos de cimentación o con materiales alternativos, para evaluar su desempeño comparativo con las losas convencionales y pretensadas en un contexto sísmico

Cuarta, se recomienda realizar simulaciones de comportamiento sísmico bajo escenarios con mayor intensidad de terremotos, a fin de observar cómo reaccionan estos sistemas estructurales en condiciones extremas y validar su capacidad de resistencia en situaciones de alta magnitud



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Cordova, K. M., & Vidal Rodriguez, O. D. (2024). Evaluación estructural de losas aligeradas convencionales y losas prefabricadas en Nuevo Chimbote 2022. *Repositorio Institucional - UNS*.
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4664>
- Ancco Calderón, J. W. (2022). Evaluación del comportamiento estructural de la I.E.P. Almirante Miguel Grau mediante los métodos convencionales análisis estático y dinámico, Puno 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87264>
- Apaza Rafael, K. L. (2019). Análisis del Sistema Losa con Viguetas Pretensadas frente al de Losa Convencional para la Edificación Consell, Huancayo. *Repositorio Institucional - UPLA*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1033>
- Atencio Carhuaricra, A. A. (2024). Análisis del comportamiento de Losas Aligeradas, con la aplicación del Sistema de Vacíos Esféricos. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4509>
- Calapuja Suaña, J. C., & Yucra Ticona, L. V. (2021). Respuesta sísmica por el método de desempeño, del sistema estructural del edificio multifamiliar Zúñiga Galicia, Juliaca, Puno—2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62020>
- Calcina Huanque, L. L., & Ccari Tapia, E. J. (2021). Análisis comparativo entre el sistema de losa convencional y losa con viguetas prefabricadas en el diseño sísmico de una vivienda en Arequipa. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66505>
- Carranza Márquez, J. D., & Saldaña Marín, E. (2021). Evaluación comparativa del análisis sísmico entre los sistemas estructurales aporticado y dual en el distrito de



- Paiján, La Libertad, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72561>
- Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., & García, M. G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Chambilla Choquecota, S. A. (2022). Comparación del comportamiento sísmico de viviendas autoconstruidas con losa convencional frente a losa de viguetas pretensadas más poliestireno, Yunguyo – Puno, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88864>
- Coba Torres, A. Y., & Rojas Torres, I. (2023). Evaluación de los sistemas de losas con viguetas pretensadas y prelosas con respecto al costo y tiempo en la construcción del edificio multifamiliar Aliaga Garden en el distrito de Magdalena del Mar, Lima. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671524>
- Duran Campos, L. M. (2022). Evaluación Técnica – Económica entre los Sistemas de Losa Aligerada con Vigueta Pretensada y Prelosas en la Obra Ávida San Miguel – Lima 2021. *Universidad Peruana Los Andes*.
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4933>
- Falcon Nina, N. E. (2024). Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/144361>
- Gómez Inocente, A. M. (2024). Comportamiento estructural de entrepiso entre losas aligeradas bidireccionales y las losas macizas mediante el análisis estructural en una edificación de 5 niveles, Amarilis—Huánuco—2023. *Universidad de Huánuco*.
<https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/20.500.14257/5050>
- Gutiérrez Púa, L. C., Redondo Pérez, N. M., & Cepeda Gutiérrez, A. P. (2024). *Diseño estructural Edificio Mario Santo Domingo: Sistema aporticado con losa aligerada*



armada en dos direcciones soportada por viga en sus cuatro bordes.

<https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/12841>

Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* [Text.Chapter]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.

<https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>

Huamali Paita, J. P. (2021). Comparación del Comportamiento Estructural Entre Losas Aligeradas y Macizas en la Construcción del Hotel Acuario en Ciudad de Huancayo. *Repositorio Institucional - UPLA*.

<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2725>

Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.

Lescano Campos, F. E., & Cruces Baltazar, C. E. (2024). Comportamiento sísmico de torres altas de concreto armado con núcleo rígido y losas postensadas ubicadas en suelos Tipo 1, mediante análisis no lineal estático y no lineal tiempo historia. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.

<https://doi.org/10.19083/tesis/673979>

Luna Hinojosa, J. P. (2021). Diseño y evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio aporticado de concreto armado de diez pisos, Abancay, Apurímac-2021. *Repositorio Institucional - UCV*.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69292>

Martinez Villegas, P. R., & Sanchez Gutierrez, E. A. (2023). Optimización del diseño estructural de losas convencionales a losas prefabricadas en concreto armado para el proyecto San Felipe Tower de 22 pisos con sótano ubicado en Jesús María en Lima Metropolitana. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671968>



- Merino Campoverde, J. E., & Meza Bure, L. A. (2022). Evaluación del Comportamiento Sismorresistente de un Edificio de Concreto Armado de 04 Niveles Empleando la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente Ubicado en la Urbanización Las Flores, Jaén – 2021. *Universidad Nacional de Jaén*.
<http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/453>
- Morante Soria, D. J., & Ninanya Ramos, B. R. (2020). Fibra Metálica para Perfeccionar el Comportamiento Sísmico en Losas Macizas de Concreto Armado en el Centro Comercial Real Plaza Huánuco, 2020. *Universidad Privada Telesup - UTELESUP*.
<https://repositorio.utelesup.edu.pe/handle/UTELESUP/1992>
- Pancca Rojo, M. E. (2021). Diseño estructural sismorresistente de una edificación multifamiliar de ocho niveles aplicando la metodología BIM Juliaca-Puno, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68117>
- Reto Espinoza, K. Y. (2023). Evaluación del comportamiento sísmico de un edificio existente de concreto armado en relación a la NTP E.030 Diseño Sismorresistente, Piura 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/152711>
- Rimac Alania, B. R., & Arones Muñoz, Y. C. (2021). Fibra Metálica para la Mejora del Comportamiento Sísmico en Losas Macizas de Concreto Armado en los Diversos Centros Comerciales del Departamento de Lima, 2021. *Universidad Privada Telesup - UTELESUP*.
<https://repositorio.utelesup.edu.pe/handle/UTELESUP/2166>
- Rodriguez Diaz, C. M. (2022). Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno—2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94308>
- Rodriguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.



Sanchez Chavez, J. (2024). Comportamiento sísmico de un sistema estructural de concreto armado aporticado con diferentes tipos de losas, Ate, Lima 2023.

Repositorio Institucional - UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/154261>

Tacas Sulca, A., & Hernandez Vargas, E. W. (2022). Análisis de la influencia de losas de entrepisos en respuesta sísmica de los edificios multifamiliares aplicando la norma peruana. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).*

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667577>

Vásquez Juárez, A. V. (2022). *Vigueta tipo Ti prefabricada y pretensada, para sistemas de losas en una dirección* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala].

<https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Vera, W. A. W., & Benítez, D. L. D. (2024). Análisis técnico y económico de la losa maciza y la losa aligerada semiprefabricada. *Revista de Ingeniería, Ciencias y Sociedad*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.70990/rics.v6i1.45>

Villanueva, F. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik.



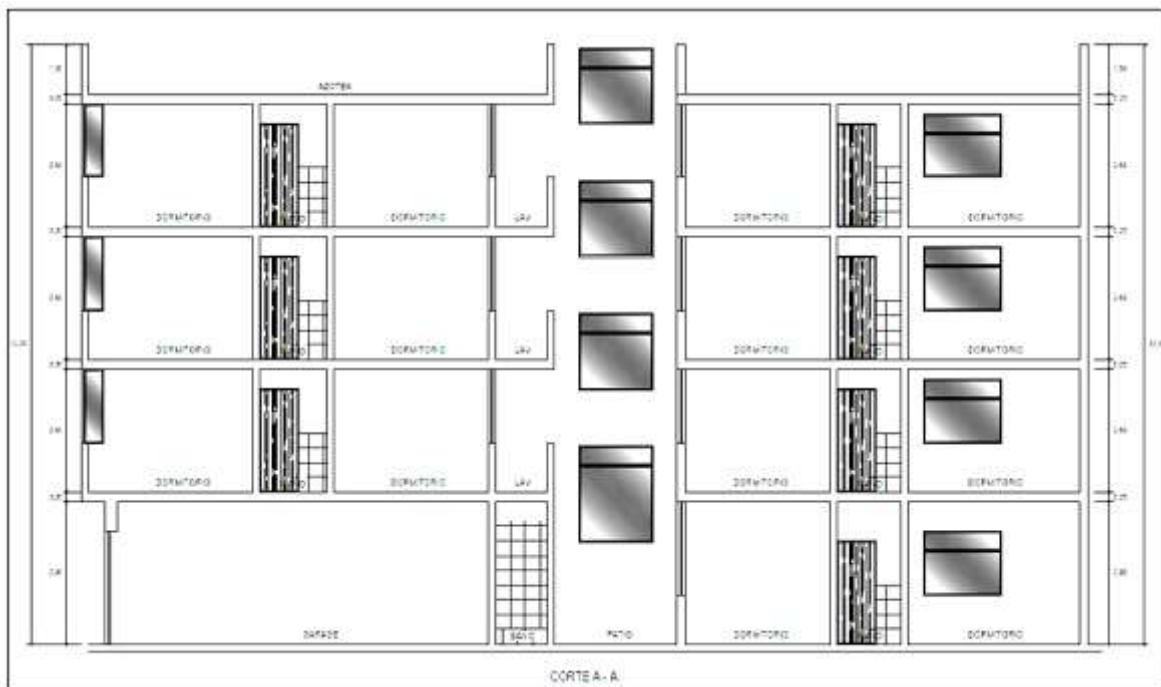
ANEXOS

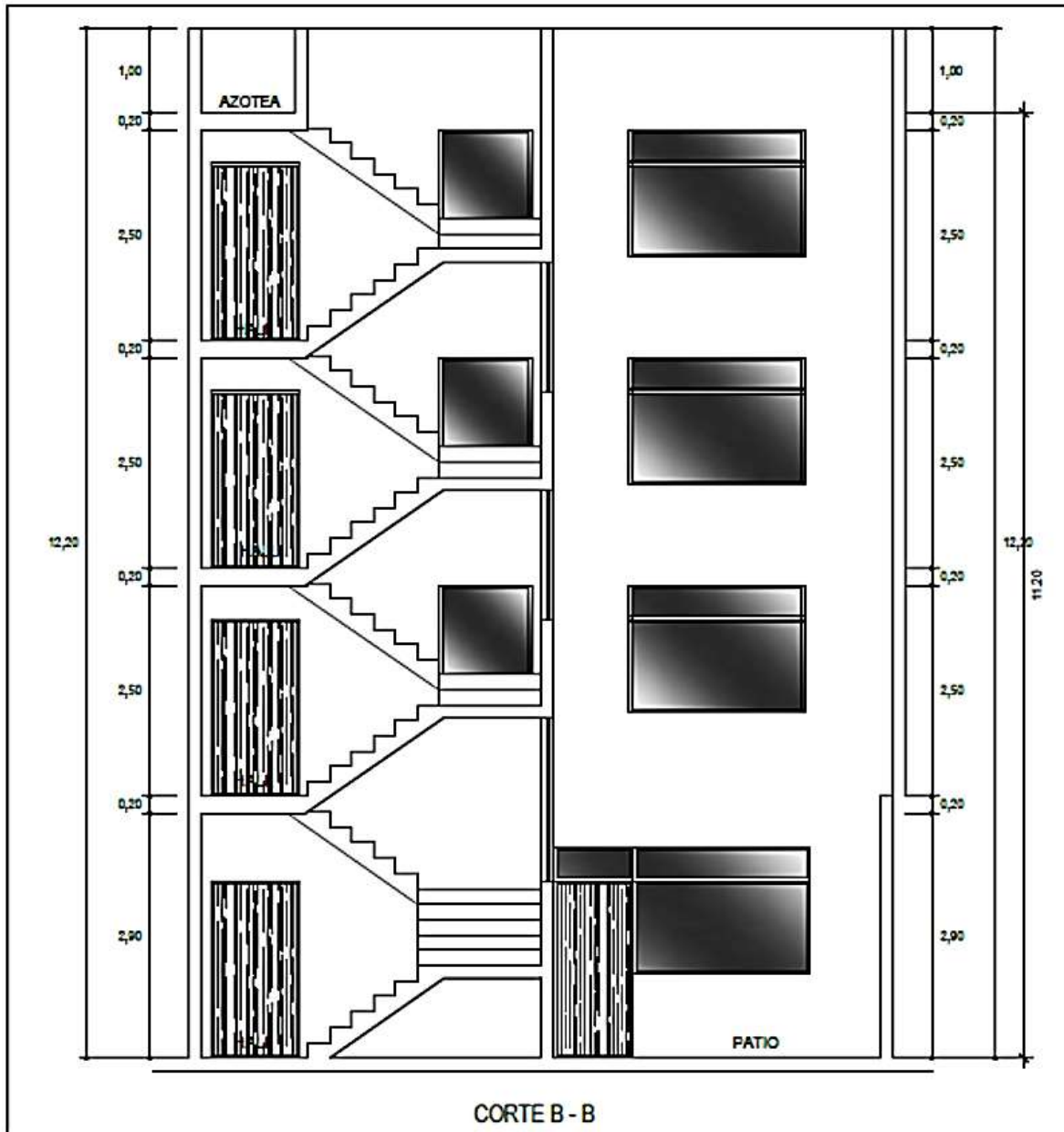


EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas en la provincia de San Román 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar el comportamiento sísmico de sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas convencionales y pretensadas en la provincia de San Román 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Los sistemas estructurales aporticados de concreto armado con losas pretensadas presentan un mejor comportamiento sísmico en comparación con los sistemas que utilizan losas convencionales en la provincia de San Román 2024.</p>	<p>Variable de caracterización Losa convencional y pretensada</p> <p>Dimensiones: <i>Armado tradicional de losa convencional</i> <i>Pretensados con aceros de losa pretensada</i></p> <p>Variable de interés Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales aporticados</p> <p>Dimensiones: <i>Desplazamiento máximo</i> <i>Esfuerzo cortante</i> <i>Derivas</i></p>	<p>- Planos estructurales</p> <p>- Especificaciones técnicas.</p> <p>- Simulaciones sísmicas (software de modelado)</p> <p>- Ensayos estructurales.</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>		
<p>¿Qué influencia tiene una losa aligerada convencional y una losa pretensada en la cortante basal de un sistema aporticado de concreto armado?</p> <p>¿Qué impacto genera una losa aligerada convencional y una losa pretensada en los desplazamientos máximos de un sistema aporticado de concreto armado?</p> <p>¿Qué influencia tiene una losa aligerada convencional y una losa pretensada en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado?</p>	<p>Analizar la influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en la cortante basal de un sistema aporticado de concreto armado.</p> <p>Evaluar el impacto de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en los desplazamientos máximos de un sistema aporticado de concreto armado.</p> <p>Determinar la influencia de una losa aligerada convencional y una losa pretensada en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado.</p>	<p>Las losas pretensadas influirán de manera significativa en la reducción de la cortante basal en un sistema aporticado de concreto armado en comparación con las losas aligeradas convencionales.</p> <p>El uso de losas pretensadas generara menores desplazamientos máximos en un sistema aporticado de concreto armado en comparación con las losas aligeradas convencionales.</p> <p>Las losas pretensadas contribuirán a una menor incidencia en las derivas de un sistema aporticado de concreto armado en comparación con las losas aligeradas convencionales</p>		

Planos:







ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 05-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MAGUET MILAGROS LUQUE VALENCIA

Dirección: ASOC. VISTA HERMOSA Mz. E Lt. 28

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72172825

Teléfono: 953 804 545 email: maguetluque5@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: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES

APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO CON LOSAS CONVENCIONALES

Y PRETENSADAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ANÁLISIS SÍSMICO, SISTEMA APORTICADO, LOSA CONVENCIONAL Y PRETENSADA

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ 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.

² 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 Titulo 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 MATERIALES - P17

Firma de Autor



huella digital

05 - 12 - 2025

Fecha