



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL  
PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE  
LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL  
DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YUBER JHON ITO CHAIÑA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL  
PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE  
LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL  
DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YUBER JHON ITO CHAIÑA**

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

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

<b>PRESIDENTE</b>	:	 _____ Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	:	 _____ Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	:	 _____ Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
<b>ASESOR DE TESIS</b>	:	 _____ Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	:	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1693-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 14789 presentado por el (la) Bachiller: YUBER JHON ITO CHAIÑA 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. YUBER JHON ITO CHAIÑA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: YUBER JHON ITO CHAIÑA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 12 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 09:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - 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. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP: 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1347-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de octubre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 012711 por el señor (a): **YUBER JHON ITO CHAIÑA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1220- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 219- 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): **YUBER JHON ITO CHAIÑA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE 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° 219- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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:**

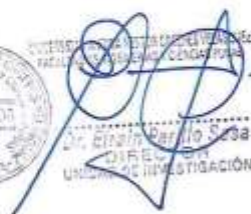
**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **YUBER JHON ITO CHAIÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**.

**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.

  
  
**DECANO**  
 CIP. 47790

  
  
**DIRECTOR**  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
 Archivo  
 interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 852-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-9999, presentado el señor (a) YUBER JHON ITO CHAIÑA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 827 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 234-2024 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): YUBER JHON ITO CHAIÑA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE 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 Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 234-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE 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): YUBER JHON ITO CHAIÑA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
  
Dr. Eirain Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://revistas.utm.edu.ec">revistas.utm.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%

8 [repositorio.upt.edu.pe](http://repositorio.upt.edu.pe)




### Metadatos Complementarios



<b>Título de la tesis</b>	
<b>ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	YUBER JHON ITO CHAIÑA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76840144
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0001-5862-0523">https://orcid.org/0009-0001-5862-0523</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción- P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  <a href="https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SncP6">https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SncP6</a>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	Ingeniería Civil <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a> Ingeniería de la construcción <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>

  
INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PLURIS  
Dr. Efraín Perillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YUBER JHON ITO CHAIÑA, identificado con DNI Nro. 76840144, 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:

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE

REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL

DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 24 de diciembre del 2024

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mis padres, quienes siempre depositaron en mí una confianza inquebrantable y jamás me dejaron solo en los momentos difíciles. Su apoyo constante ha sido una fuente inagotable de motivación y fortaleza. También quiero expresar mi gratitud hacia mis amistades más fieles, aquellas personas que, al igual que mi familia, estuvieron presentes tanto en los momentos de éxito como en los de adversidad, brindándome su compañía y aliento en cada etapa del camino.*



## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a nuestro Creador, cuya guía y sabiduría han sido fundamentales en cada paso de mi vida. De igual manera, me gustaría rendir homenaje y mostrar mi sincero reconocimiento a los docentes de la universidad, quienes, con dedicación y paciencia, siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos y brindarme el apoyo necesario para mi crecimiento académico y personal. Su empeño por enseñar y su constante disposición para ayudarnos no solo me han enriquecido intelectualmente, sino que también han dejado una huella imborrable en mi formación.*



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... i

AGRADECIMIENTO ..... ii

ÍNDICE GENERAL ..... iii

ÍNDICE DE TABLAS ..... vi

ÍNDICE DE FIGURAS ..... vii

RESUMEN ..... viii

ABSTRACT ..... ix

INTRODUCCIÓN ..... x

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática ..... 1

1.2 Planteamiento del problema ..... 2

    1.2.1 Problema General ..... 2

    1.2.2 Problemas Específicos ..... 2

1.3 Objetivos de la investigación ..... 3

    1.3.1 Objetivo General ..... 3

    1.3.2 Objetivos Específicos ..... 3

1.4 Justificación de la investigación ..... 3

    1.4.1 Justificación técnica ..... 3

    1.4.2 Justificación social ..... 4

    1.4.3 Justificación económica ..... 4

1.5 Hipótesis de la Investigación ..... 5

    1.5.1 Hipótesis General ..... 5

    1.5.2 Hipótesis Específicas ..... 5

1.6 Variables e indicadores ..... 6

    1.6.1 Variable independiente ..... 6

    1.6.2 Variable dependiente ..... 6

1.7 Operacionalización de Variables ..... 6

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación ..... 7

    2.1.1 Antecedentes internacionales ..... 7



2.1.2	Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3	Antecedentes regionales. ....	13
2.2	Bases teóricas. ....	16
2.2.1	Comportamiento sísmico estructural.....	16
2.2.1.1	Causas de los sismos. ....	16
2.2.1.2	Impacto de los sismos en edificaciones. ....	17
2.2.1.3	Vulnerabilidad de la región de San Román, Perú.....	17
2.2.2	Desempeño Sísmico de las Estructuras .....	18
2.2.2.1	Rigidez estructural .....	18
2.2.2.2	Resistencia estructural.....	19
2.2.2.3	Ductilidad estructural .....	19
2.2.2.4	Desempeño sísmico y normativas estructurales .....	20
2.2.2.5	Importancia del desempeño sísmico en zonas de alto riesgo .....	21
2.2.3	Vulnerabilidad Sísmica de las Estructuras .....	21
2.2.3.1	Definición y Factores que Afectan la Vulnerabilidad .....	21
2.2.3.2	Elementos Estructurales y su Vulnerabilidad .....	22
2.2.3.3	Evaluación de la Vulnerabilidad del Palacio Municipal de San Román ..	23
2.2.4	Pruebas No Destructivas para Evaluación Estructural .....	24
2.2.4.1	Prueba de Esclerometría .....	24
2.2.4.2	Otras Pruebas No Destructivas.....	25
2.2.4.3	Importancia del Uso Combinado de Pruebas No Destructivas .....	27
2.2.5	Normativas para la Evaluación y Reforzamiento Estructural.....	27
2.2.5.1	FEMA 156 y Evaluación Rápida .....	27
2.2.5.2	Normativa Peruana E.030: Diseño Sismo Resistente .....	28
2.2.5.3	Importancia de Cumplir con las Normativas en el Reforzamiento del Palacio Municipal.....	30
2.2.6	Técnicas de Reforzamiento Estructural .....	30
2.2.6.1	Técnicas de Reforzamiento con Fibra de Carbono (FRP).....	31
2.2.6.2	Aumento de la Capacidad de Carga con Nuevos Elementos .....	32
2.2.6.3	Uso de Amortiguadores Sísmicos y Aisladores de Base .....	32
2.3	Marco conceptual.....	33
2.3.1	Desempeño sísmico. ....	33
2.3.2	Reforzamiento estructural.....	34
2.3.3	Evaluación estructural. ....	34
2.3.4	Vulnerabilidad sísmica.....	34



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1 Diseño de la Investigación ..... 35
- 3.2 Método de la Investigación..... 35
- 3.3 Nivel y tipo de la investigación ..... 36
  - 3.3.1 Nivel de la Investigación ..... 36
  - 3.3.2 Tipo de la investigación ..... 36
- 3.4 Población y Muestra..... 36
  - 3.4.1 Población..... 36
  - 3.4.2 Muestra ..... 37
  - 3.4.3 Técnicas e Instrumentos..... 37
    - 3.4.3.1 Técnicas ..... 37
    - 3.4.3.2 Instrumentos..... 39
- 3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos ..... 41
  - 3.5.1 Desarrollo del plan de investigación ..... 41
  - 3.5.2 Procesamiento de datos ..... 47

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DISCUSIÓN RESULTADOS

- 4.1 Resultados ..... 48
  - 4.1.1 Resultados sobre estado actual de la estructura del palacio municipal de la provincia de San Román..... 48
  - 4.1.2 Resultados sobre la resistencia mediante esclerometría de los principales elementos estructurales del palacio municipal. .... 57
  - 4.1.3 Resultados sobre el nivel de desempeño sismo estructural por medio de inspección con fichas FEMA 156, del palacio municipal. .... 63
  - 4.1.4 Resultados sobre proponer una estrategia integral de reforzamiento estructural, enfocada en mejorar la resistencia y estabilidad del Palacio Municipal. .... 72
- 4.2 Discusión de resultados. .... 83
- CONCLUSIONES ..... 87
- RECOMENDACIONES..... 88
- REFERENCIAS ..... 89
- ANEXOS..... 92



## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Cuadro de operacionalización de variables..... 6

**Tabla 2** Evaluación de las Columnas con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas. .... 49

**Tabla 3** Evaluación de las Vigas con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas. .... 51

**Tabla 4** Evaluación de las Losas Aligeradas con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas. .... 53

**Tabla 5** Evaluación de los Muros de Mampostería con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas..... 55

**Tabla 6** Resistencia a la Compresión de las Columnas. .... 57

**Tabla 7** Resistencia a la Compresión de las Vigas. .... 59

**Tabla 8** Resistencia a la Compresión de las Losas Aligeradas. .... 60

**Tabla 9** Resistencia a la Compresión de los Muros de Mampostería..... 62

**Tabla 10** Vulnerabilidad Sísmica de las Columnas. .... 64

**Tabla 11** Vulnerabilidad Sísmica de las Vigas. .... 66

**Tabla 12** Vulnerabilidad Sísmica de las Losas Aligeradas. .... 68

**Tabla 13** Vulnerabilidad Sísmica de los Muros de Mampostería..... 70

**Tabla 14** Diseño de Reforzamiento para Columnas..... 74

**Tabla 15** Diseño de Reforzamiento para Vigas..... 75

**Tabla 16** Diseño de Reforzamiento para Losas Aligeradas. .... 76

**Tabla 17** Diseño de Reforzamiento para Muros de Mampostería. .... 78

**Tabla 18** Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Columnas. .... 79

**Tabla 19** Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Vigas. .... 80

**Tabla 20** Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Losas Aligeradas..... 81

**Tabla 21** Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Muros de Mampostería. .... 82



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca. ....	41
<b>Figura 2</b> Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión por Columna. .....	50
<b>Figura 3</b> Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión por Viga. ...	52
<b>Figura 4</b> Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión Losas Aligeradas.....	54
<b>Figura 5</b> Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión Muros de Mampostería.....	56
<b>Figura 6</b> Resistencia a la Compresión de las Columnas. ....	58
<b>Figura 7</b> Resistencia a la Compresión de las Vigas.....	60
<b>Figura 8</b> Resistencia a la Compresión de las Losas Aligeradas. ....	61
<b>Figura 9</b> Resistencia a la Compresión de los Muros de Mampostería. ....	63
<b>Figura 10</b> Vulnerabilidad Sísmica de las Columnas.....	65
<b>Figura 11</b> Vulnerabilidad Sísmica de las Vigas.....	67
<b>Figura 12</b> Vulnerabilidad Sísmica de las Losas Aligeradas. ....	69
<b>Figura 13</b> Vulnerabilidad Sísmica de los Muros de Mampostería. ....	71



## RESUMEN

La tesis titulada "Análisis del desempeño sísmico estructural para la propuesta de reforzamiento de la estructura del palacio municipal de la provincia de San Román 2024" la tesis evalúa el estado estructural del Palacio Municipal para proponer soluciones de reforzamiento que mejoren su capacidad sísmica. Se empleó una metodología no experimental y cuantitativa, basada en inspecciones visuales, pruebas de esclerometría y fichas FEMA 156. El proceso metodológico incluyó un diagnóstico detallado de los principales elementos estructurales de la edificación, tales como columnas, vigas, losas y muros, identificando deterioros como fisuración, corrosión y desprendimiento superficial. La esclerometría permitió medir la resistencia de estos elementos y compararla con los valores normativos establecidos. Además, se realizó un análisis sísmico empleando las fichas FEMA 156, lo que permitió evaluar la vulnerabilidad de los elementos ante eventos sísmicos. Los resultados del estudio mostraron que varios componentes estructurales, como las columnas C4 y C6, las vigas V3 y V6, las losas L4 y L9, y los muros M3 y M9, presentan niveles de vulnerabilidad moderada a alta y no cumplen con los estándares de resistencia establecidos en las normativas. Por ello, se propuso un reforzamiento prioritario para estos elementos. El diseño del reforzamiento se basa en la aplicación de técnicas que optimizan la resistencia sísmica de la estructura, garantizando un incremento en la capacidad de absorción y disipación de la energía sísmica. En conclusión, las propuestas de intervención planteadas permitirán mejorar significativamente la seguridad estructural del Palacio Municipal, asegurando su desempeño adecuado frente a futuros eventos sísmicos. Este estudio constituye una base sólida para la planificación de medidas de reforzamiento y rehabilitación estructural en edificaciones patrimoniales con condiciones similares.

**Palabras clave:** Desempeño sísmico, Reforzamiento estructural, Vulnerabilidad sísmica, Evaluación estructural.



## ABSTRACT

The thesis titled "Analysis of the structural seismic performance for the proposal to reinforce the structure of the municipal palace of the province of San Román 2024" the thesis evaluates the structural state of the Municipal Palace to propose reinforcement solutions that improve its seismic capacity. A non-experimental and quantitative methodology was used, based on visual inspections, sclerometry tests and FEMA 156 sheets. The methodological process included a detailed diagnosis of the main structural elements of the building, such as columns, beams, slabs and walls, identifying deterioration. such as cracking, corrosion and surface detachment. Sclerometry made it possible to measure the resistance of these elements and compare it with the established normative values. In addition, a seismic analysis was carried out using the FEMA 156 sheets, which made it possible to evaluate the vulnerability of the elements to seismic events. The results of the study showed that several structural components, such as columns C4 and C6, beams V3 and V6, slabs L4 and L9, and walls M3 and M9, present levels of moderate to high vulnerability and do not meet the standards of resistance established in the regulations. Therefore, a priority reinforcement for these elements was proposed. The design of the reinforcement is based on the application of techniques that optimize the seismic resistance of the structure, guaranteeing an increase in the absorption and dissipation capacity of seismic energy. In conclusion, the proposed intervention proposals will significantly improve the structural safety of the Municipal Palace, ensuring its adequate performance against future seismic events. This study constitutes a solid basis for planning reinforcement and structural rehabilitation measures in heritage buildings with similar conditions.

**Keywords:** Seismic performance, Structural reinforcement, Seismic vulnerability, Structural evaluation.



## INTRODUCCIÓN

El Perú, debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es una de las regiones más sísmicamente activas del mundo. La actividad tectónica en esta zona genera un constante riesgo de terremotos, lo que convierte la seguridad estructural en un tema prioritario para las edificaciones, tanto públicas como privadas. Dentro de este contexto, las construcciones de valor histórico y social, como el Palacio Municipal de la Provincia de San Román, requieren un análisis riguroso para garantizar su estabilidad ante eventos sísmicos y salvaguardar tanto la integridad de sus usuarios como la preservación del patrimonio cultural.

El Palacio Municipal de San Román, ubicado en la ciudad de Juliaca, es una estructura que juega un rol clave en la administración y servicios locales. Sin embargo, su antigüedad y el diseño original de la estructura presentan posibles deficiencias frente a los modernos estándares de seguridad sísmica. Las nuevas normativas de diseño estructural, implementadas para mejorar la resistencia ante terremotos, evidencian la necesidad de evaluar y, en su caso, reforzar edificaciones antiguas para evitar colapsos o daños mayores en caso de sismos.

Esta investigación tiene como objetivo principal analizar el desempeño sísmico estructural del Palacio Municipal de San Román, con la finalidad de proponer un reforzamiento adecuado que cumpla con las normativas vigentes. Para ello, se realizará un estudio detallado de las condiciones actuales del edificio, utilizando herramientas de modelado estructural y simulación sísmica, que permitan identificar los puntos críticos de vulnerabilidad. Con base en este análisis, se planteará una propuesta de reforzamiento que no solo asegure la estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos, sino que también preserve su valor arquitectónico y funcional.

El presente estudio cobra relevancia no solo por la importancia de proteger la infraestructura pública, sino también por su contribución a la seguridad de la población



que interactúa diariamente con la misma. Asimismo, el proyecto se enmarca dentro de los esfuerzos nacionales por mitigar los efectos de desastres naturales, destacando la necesidad de incorporar criterios de ingeniería moderna en la conservación de edificios históricos y fundamentales para la gobernanza local.

**Capítulo I:** Este apartado aborda la problemática que motivó la realización del presente estudio, formulando los objetivos, justificaciones, hipótesis, y definiendo las variables, dimensiones e indicadores.

**Capítulo II:** Aquí se incluyen los antecedentes que orientan el estudio, los resultados obtenidos para comparaciones posteriores, y las principales teorías que facilitan la comprensión del tema y la definición de los términos utilizados.

**Capítulo III:** En este apartado se detalla el método utilizado para llevar a cabo cada fase del estudio, incluyendo los procedimientos en la recopilación y análisis de datos recopilados.

**Capítulo IV:** Esta sección, se presentan tablas y figuras que resumen los valores logrados a partir del análisis de la información previa, junto con una discusión de los hallazgos.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática.

El Perú es un país altamente sísmico debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. A lo largo de los años, diversos terremotos han causado graves daños en infraestructuras, especialmente en edificaciones antiguas que no fueron diseñadas con los criterios modernos de resistencia sísmica. En este contexto, el Palacio Municipal de la Provincia de San Román, ubicado en la ciudad de Juliaca, se presenta como una edificación clave, tanto por su valor histórico como por su función administrativa, pero que, debido a su antigüedad, no cuenta con las medidas adecuadas de seguridad estructural frente a un sismo.

El diseño estructural original del Palacio Municipal no consideró las exigencias de las normativas sísmicas actuales, lo que incrementa su vulnerabilidad ante un terremoto. Los materiales usados en su construcción han experimentado deterioro con el tiempo, y no se han implementado medidas de reforzamiento adecuadas para mitigar estos riesgos. La falta de intervenciones para mejorar su capacidad de resistencia ante eventos sísmicos pone en peligro tanto a las personas que laboran y visitan la edificación como a la continuidad de las funciones administrativas del municipio. El riesgo de colapso o daño

severo de este edificio en caso de un sismo no solo afectaría la seguridad de sus ocupantes, sino que también representaría una pérdida importante para el patrimonio histórico y cultural de la región. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis estructural detallado para identificar sus deficiencias y proponer un plan de reforzamiento que asegure tanto la preservación del edificio como la protección de sus usuarios.

En conclusión, el problema central radica en la necesidad de evaluar y mejorar la resistencia sísmica del Palacio Municipal de San Román mediante un estudio estructural que permita diseñar una solución de reforzamiento eficaz, alineada con las normativas actuales y que garantice su seguridad y preservación a largo plazo.

## 1.2 Planteamiento del problema.

### 1.2.1 *Problema General.*

¿Cuál es el desempeño sísmico actual de la estructura del Palacio Municipal de la Provincia de San Román y qué alternativas de reforzamiento son necesarias para garantizar su seguridad frente a eventos sísmicos en el año 2024?

### 1.2.2 *Problemas Específicos.*

1. ¿Cuál es el estado actual de los elementos estructurales del Palacio Municipal de la Provincia de San Román?
2. ¿Qué nivel de resistencia presentan los componentes estructurales del Palacio Municipal según las pruebas de esclerometría?
3. ¿Qué vulnerabilidades estructurales presenta el Palacio Municipal de la Provincia de San Román, según las fichas de evaluación rápida FEMA 156?
4. ¿Qué medidas de reforzamiento estructural pueden implementarse para mejorar la seguridad sísmica del Palacio Municipal de la Provincia de San Román?



### **1.3 Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar el desempeño sísmico estructural para la propuesta de reforzamiento de la estructura del palacio municipal de la provincia de San Román 2024.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

1. Evaluar el estado actual de los elementos estructurales del Palacio Municipal de la Provincia de San Román.
2. Determinar la resistencia de los componentes estructurales del edificio mediante pruebas de esclerometría del palacio municipal de la provincia de San Román.
3. Identificar el nivel de sismo-estructural, utilizando las fichas de evaluación rápida FEMA 156, para diagnosticar vulnerabilidades del palacio municipal de la provincia de San Román.
4. Desarrollar una propuesta técnica de reforzamiento estructural basada en los resultados de la evaluación, que contemple medidas específicas para mejorar la seguridad sísmica del Palacio Municipal.

### **1.4 Justificación de la investigación.**

#### **1.4.1 Justificación técnica.**

La evaluación y reforzamiento estructural del Palacio Municipal de San Román se fundamenta en la necesidad de asegurar que esta edificación cumpla con las normativas sísmicas vigentes del Perú. El uso de métodos de análisis estructural, permitirá identificar las deficiencias estructurales actuales y diseñar una solución técnica adecuada para mejorar su desempeño ante un terremoto. Esta intervención no solo asegurará la estabilidad del edificio ante eventos sísmicos, sino que también optimizará su vida útil, minimizando riesgos de colapso o daño severo. La implementación de técnicas modernas de reforzamiento estructural garantizará una mayor seguridad y resiliencia de



la edificación, contribuyendo a la innovación en la preservación de edificios históricos bajo criterios técnicos actuales.

### **1.4.2 Justificación social.**

El Palacio Municipal de San Román es un punto neurálgico para la comunidad de Juliaca, ya que alberga las principales funciones administrativas del gobierno local y es visitado diariamente por numerosos ciudadanos. Asegurar su estabilidad frente a un posible sismo es de vital importancia para la protección de la vida humana, tanto de los empleados como de los usuarios que transitan en sus instalaciones. Además, el Palacio es un símbolo de la identidad cultural e histórica de la provincia. La preservación de este patrimonio contribuye al sentido de pertenencia de los habitantes y promueve la protección de la memoria histórica de la región. Socialmente, un reforzamiento adecuado evitará posibles tragedias y garantizará la continuidad de los servicios administrativos esenciales para la comunidad.

### **1.4.3 Justificación económica.**

Las consecuencias económicas de un colapso o daño severo en el Palacio Municipal serían significativas. Los costos asociados a la reparación o reconstrucción de la edificación, en caso de un sismo, serían mucho más elevados que los costos de un reforzamiento preventivo. Además, un daño estructural severo interrumpiría los servicios municipales, afectando el funcionamiento administrativo de la ciudad y generando pérdidas económicas relacionadas con la gestión pública. Invertir en el reforzamiento estructural es una medida económica a largo plazo, ya que previene la necesidad de inversiones mayores en el futuro y garantiza la funcionalidad continua del edificio, evitando el gasto adicional derivado de la paralización de las actividades administrativas.



### **1.4.4 Justificación ambiental.**

La justificación ambiental de esta tesis radica en la optimización de recursos y la minimización del impacto ecológico. El reforzamiento estructural del Palacio Municipal de San Román permitirá preservar el edificio, evitando la demolición y reduciendo la generación de residuos de construcción. Además, al emplear materiales locales y reciclables, se disminuirá la huella de carbono asociada con la extracción y transporte de nuevos materiales. Esta intervención no solo mejorará la seguridad sísmica, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental, al promover una gestión más responsable de los recursos en la infraestructura pública.

## **1.5 Hipótesis de la Investigación.**

### **1.5.1 Hipótesis General.**

La implementación de un plan de reforzamiento estructural basado en la evaluación sísmica mejorará significativamente la capacidad de resistencia del Palacio Municipal de la Provincia de San Román frente a eventos sísmicos.

### **1.5.2 Hipótesis Específicas.**

1. El estado actual de los elementos estructurales del Palacio Municipal presenta signos de deterioro que afectan su desempeño sísmico.
2. La resistencia de los componentes estructurales del Palacio Municipal, evaluada mediante esclerometría, es insuficiente para soportar adecuadamente cargas sísmicas.
3. La evaluación con las fichas FEMA 156 revelará vulnerabilidades críticas en la estructura del Palacio Municipal de la Provincia de San Román.
4. La implementación de las medidas de reforzamiento estructural propuestas mejorará la capacidad de la estructura para soportar sismos y garantizará su seguridad.

## 1.6 Variables e indicadores.

### 1.6.1 Variable independiente.

Desempeño Sísmico Estructural.

#### Indicadores:

- Desempeño sísmico
- Resistencias de elementos estructurales

### 1.6.2 Variable dependiente

Propuesta de reforzamiento estructural

#### Indicadores:

- Tipos de técnicas propuestas para el reforzamiento.

## 1.7 Operacionalización de Variables.

**Tabla 1**

*Cuadro de operacionalización de variables.*

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Desempeño Sísmico Estructural.	El desempeño sísmico estructural es la capacidad de una edificación para resistir daños y mantener estabilidad durante un sismo, asegurando su seguridad y funcionalidad.	Resistencia estructural. Vulnerabilidad.	Desempeño sísmico. Resistencias de elementos estructurales	Inspección visual, análisis de planos. Pruebas de esclerometría. Fichas de evaluación rápida (FEMA 156)
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Propuesta de reforzamiento estructural	La propuesta de reforzamiento estructural es un conjunto de medidas técnicas para mejorar la resistencia de una edificación ante sismos, corrigiendo deficiencias y reduciendo vulnerabilidades.	Métodos de reforzamiento. Mejora en la resistencia estructural. Reducción de vulnerabilidades	• Tipos de técnicas propuestas para el reforzamiento.	Análisis técnico



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación.

##### 2.1.1 *Antecedentes internacionales.*

(Osorio Gaviria & Osorio Ramírez, 2017) su estudio "Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del grupo III y IV en el municipio de Viterbo, Caldas". El proyecto investigativo en cuestión no se limita únicamente a evaluar la condición estructural de las edificaciones indispensables del municipio de Viterbo, sino que también tiene como objetivo proponer medidas correctivas y preventivas en el marco de la Norma de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). A través de un análisis profundo de la vulnerabilidad estructural actual de estas edificaciones, el proyecto busca identificar debilidades en la infraestructura que podrían agravar los efectos de un evento sísmico, así como las intervenciones necesarias para mejorar su capacidad de resistencia. Estas intervenciones pueden incluir la implementación de técnicas de reforzamiento estructural, la actualización de sistemas de evacuación y seguridad, y la incorporación de nuevos materiales o tecnologías que cumplan con los estándares más recientes de la NSR-10. De igual forma, el proyecto tiene la intención de priorizar las acciones de mitigación según el nivel de criticidad de



cada edificación, enfocándose en aquellas que juegan un papel clave en la respuesta a emergencias, como hospitales, escuelas, estaciones de bomberos, entre otros. Además, se espera que los resultados de esta investigación sirvan como una base para la planificación urbana y el desarrollo de políticas públicas que reduzcan la exposición de la infraestructura vital a riesgos sísmicos, fortaleciendo así la resiliencia del municipio frente a desastres naturales. De esta manera, el proyecto no solo aborda el diagnóstico actual, sino que también busca contribuir activamente a la mejora continua de la seguridad y sostenibilidad de las edificaciones indispensables en Viterbo.

(Vinces, Rodríguez, Molina, & Cevallos, 2021) su revista "Análisis Estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí", Ecuador es reconocido por su alto riesgo sísmico debido a su ubicación en el "Cinturón de Fuego del Pacífico", una de las zonas más activas en términos de terremotos y erupciones volcánicas. Esta condición geográfica hace que los estudios de peligrosidad sísmica sean esenciales para estimar con precisión los niveles de movimiento del suelo que las estructuras deben resistir durante un sismo. En esta investigación, se parte del análisis de estudios previos sobre el comportamiento del suelo, verificando la respuesta específica del terreno. Basado en el estudio de microzonificación sísmica, se delimitan las áreas adecuadas para la construcción según el tipo de suelo presente en cada sector, siguiendo lo establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015). Todo análisis estructural debe ajustarse a normativas y directrices que garanticen la capacidad sismo-resistente de las edificaciones. En este estudio, se aplicarán las normas del Código Ecuatoriano de la Construcción para realizar el análisis estructural de un edificio con cimentación de zapata corrida en dos direcciones, que actualmente funciona como aulas y oficinas. Este edificio, compuesto por dos bloques estructurales de tres niveles cada uno, cuenta con una estructura de concreto armado. El análisis sísmico se llevó a cabo mediante el software ETABS, empleando los métodos de análisis estático equivalente y dinámico modal



espectral. Los resultados indicaron que las derivas de piso en ambos bloques superan los límites permitidos por la NEC (2015), lo que llevó a la propuesta de reforzar la estructura mediante el aumento de la sección de las columnas y la implementación de muros de corte, con el objetivo de cumplir con los requisitos de seguridad sísmica y mejorar la estabilidad de la edificación.

(Suquillo Ronquillo & Pimbo Palate, 2021) su estudio "Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante la medición de vibraciones". Una de las metodologías empleadas en este estudio fue la inspección y evaluación visual rápida, utilizando formatos y matrices de la Norma Internacional FEMA 154 y la Normativa Ecuatoriana NEC 2015. El objetivo fue reconocer y clasificar la estructura según su vulnerabilidad sísmica. A partir de ambas metodologías, se determinó que la edificación presenta un grado de vulnerabilidad medio. Los parámetros más relevantes para el análisis incluyeron irregularidades en planta y elevación, el sistema estructural y el tipo de suelo. Con la información recopilada, se procedió a realizar un análisis lineal y un análisis estático no lineal para evaluar los parámetros modales, el comportamiento de la edificación y el desempeño de cada uno de sus elementos estructurales. Los resultados del análisis lineal revelaron que el periodo de vibración y las derivas de piso no cumplen con los requisitos establecidos por la Normativa Ecuatoriana. Además, se identificó un comportamiento torsional en los modos de vibración. El análisis estático no lineal mostró que la edificación tiene una capacidad deficiente para soportar los diferentes niveles de amenaza sísmica, lo que indica un alto grado de vulnerabilidad. A partir de estos resultados, se plantearon dos propuestas de reforzamiento de la edificación: una a nivel global, que consiste en la colocación de muros de corte, y otra a nivel local, que implica el encamisado de acero en las vigas. Estas medidas mejoraron significativamente el comportamiento estructural de la edificación, cumpliendo con los criterios de las normativas vigentes. Finalmente, se realizó una comparación entre los periodos de

vibración obtenidos a través de los diferentes análisis y los calculados mediante fórmulas empíricas basadas en vibraciones ambientales. Esta comparación permitió relacionar los periodos con el grado de vulnerabilidad de la estructura, reforzando la necesidad de las intervenciones propuestas.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales.**

(Panduro Saavedra, 2021) su tesis "Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis no lineal Pushover y propuesta de reforzamiento estructural del Hotel SuiSui Tarapoto, 2021". El objetivo principal de este estudio es evaluar el desempeño sísmico del Hotel SuiSui a través del análisis no lineal Pushover y proponer un refuerzo estructural adecuado. La variable independiente es el desempeño sísmico, evaluado mediante el análisis no lineal Pushover, mientras que la variable dependiente es el reforzamiento estructural. La población del estudio se compone de infraestructuras de concreto armado de cinco niveles en Tarapoto, destinadas a alojamiento, y la muestra seleccionada para el análisis fue el Hotel SuiSui. El procedimiento incluyó tanto actividades de campo como de gabinete, abarcando la recolección de datos in situ y el procesamiento de la información obtenida mediante el software ETABS. Los resultados del análisis revelaron un punto de desempeño que, de acuerdo con los lineamientos del ATC-40, se encuentra en el nivel de "Seguridad de Vida", lo que indica un mecanismo estructural adecuado en sus elementos. En conclusión, la estructura del Hotel SuiSui cumple con los criterios de diseño establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP E 0.30, cuyo objetivo es garantizar un nivel de seguridad de vida en edificaciones sometidas a eventos sísmicos. Esto se logra mediante el análisis de los parámetros definidos en la norma y un diseño optimizado en términos de la sección y refuerzo de los elementos estructurales.

(Mauricio Avalos, 2018) su tesis "Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado,



Condevilla, San Martín de Porres, 2018". El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el desempeño sísmico de una vivienda autoconstruida en Condevilla del distrito de San Martín de Porres, así como una propuesta de reforzamiento requerida para que sus niveles de desempeño sísmico lleguen a ser aceptables de acuerdo con los criterios generales de norma peruana de diseño sismorresistente. Para esto se seleccionó una vivienda de cuatro niveles autoconstruida con un sistema estructural basado en una combinación de pórticos de concreto armado, en dirección x, y muros de albañilería confinada en dirección y, muy común en la práctica auto constructiva del Perú (San Bartolomé, 2005). Además, se procedió al estudio de las características mecánicas del concreto estructural mediante la aplicación de técnicas no destructivas, específicamente la esclerometría. Finalmente, la estructura fue modelada usando el software de análisis no lineal ETABS v16, haciendo uso de un análisis estático lineal, tanto para el caso de la estructura reforzada como sin reforzar. Los resultados obtenidos de la esclerometría nos muestran que el concreto colocado en la estructura tuvo una resistencia a la compresión de  $f_c=100$  kg/cm<sup>2</sup>, en promedio. Además, los resultados del análisis no lineal de la estructura no reforzada nos muestran que la estructura es altamente vulnerable a los sismos, puesto que se ha observado que un sismo consecuente con la norma peruana de diseño sísmico logra el colapso de esta. Como un aporte al estado del arte de la ingeniería se ha presentado una propuesta de reforzamiento estructural, la que consistió en aprovechar ciertos elementos estructurales y si perjudicar la arquitectura de la vivienda. Los resultados obtenidos muestran que el ensanche de columnas y dirección x, logra mejoras significativas en los niveles de desempeño.

(Oviedo Gutiérrez, 2022) su tesis "Mejora del desempeño sísmico mediante el uso de encamisado de elementos estructurales en el pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de La Universidad Nacional de San Agustín – Arequipa". En el Perú, un gran número de instituciones educativas enfrenta desafíos significativos en términos



de su capacidad para resistir los efectos de un sismo de gran magnitud. Muchas de estas infraestructuras, especialmente aquellas que fueron construidas hace varias décadas, no cumplen con las normativas actuales de diseño sísmico. Este es el caso de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, que fue edificada bajo estándares que hoy se consideran obsoletos. La estructura fue concebida siguiendo un diseño que se enfocaba en los pórticos principales, sin tener en cuenta los criterios de rigidez lateral mínima, un elemento crucial en el diseño sísmico moderno que permite a las edificaciones resistir mejor las fuerzas laterales provocadas por los sismos. Este trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar el desempeño sísmico de esta edificación utilizando el análisis estático no lineal, también conocido como análisis Pushover. Este método permite simular cómo una estructura se comporta bajo cargas sísmicas crecientes, identificando las debilidades estructurales y las formas específicas de falla. A través de este análisis, se busca obtener una evaluación cuantitativa y precisa del comportamiento estructural, lo que permitirá determinar las principales vulnerabilidades de la facultad ante un posible evento sísmico. Los resultados obtenidos del análisis revelan que la edificación en su estado actual presenta una alta propensión al colapso estructural, especialmente debido a la falta de rigidez lateral. Esta deficiencia podría generar desplazamientos excesivos y fallas críticas en los elementos estructurales principales, comprometiendo la seguridad de los ocupantes. Ante esta situación, se ha desarrollado una propuesta de reforzamiento estructural, que busca no solo mejorar la capacidad de la edificación para resistir un sismo, sino también hacerlo de manera costo-efectiva. La propuesta incluye la adición de elementos estructurales que refuercen la rigidez lateral, como muros de corte y refuerzos en las conexiones entre pórticos, de acuerdo con los estándares modernos establecidos por la Normativa Peruana de Diseño Sísmico. La propuesta de reforzamiento se enfoca en garantizar un nivel de desempeño sísmico adecuado, lo que significa que, ante la ocurrencia de un sismo, la estructura podrá resistir sin colapsar y salvaguardar la vida de sus ocupantes. El análisis posterior al reforzamiento muestra mejoras significativas en el comportamiento estructural de la

facultad, logrando una reducción considerable en las deformaciones laterales y las tensiones en los elementos estructurales clave. Además, los resultados indican que, con las intervenciones propuestas, la edificación cumple con los niveles de desempeño exigidos por las normativas vigentes, lo que asegura su estabilidad y seguridad. En resumen, este trabajo no solo destaca la necesidad urgente de evaluar y reforzar las infraestructuras educativas en el Perú que fueron construidas bajo normativas desactualizadas, sino que también proporciona una solución práctica y económicamente viable para mitigar los riesgos sísmicos en este tipo de edificaciones. Al implementar el reforzamiento estructural propuesto, se garantiza que la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa podrá afrontar futuros eventos sísmicos con un nivel de seguridad significativamente mejorado, alineado con los estándares contemporáneos de diseño sísmico.

### **2.1.3 Antecedentes regionales.**

(Apaza Diaz & López Huamani, 2022) su tesis "Evaluación del comportamiento sísmico y propuestas de reforzamiento estructural de la Escuela Superior de Formación Artística (ESFA) Puno – 2022". Nuestra investigación tiene como objetivo principal evaluar propuestas de reforzamiento estructural para mejorar el comportamiento sísmico de la Escuela Superior de Formación Artística de Puno en 2022. El enfoque metodológico fue de tipo aplicado, con un nivel explicativo y un diseño cuasi experimental. Como parte del análisis estructural, se realizó un estudio de suelos y se llevaron a cabo 12 pruebas de diamantina en elementos estructurales, tanto en columnas como en vigas y losas, seleccionadas estratégicamente. Posteriormente, se modelaron todos los bloques de la edificación utilizando los programas ETABS y SAP 2000, con el fin de evaluar su cumplimiento con las normativas vigentes y determinar si requerían reforzamiento estructural. El análisis se basó en las normas peruanas E.030 (Diseño Sismorresistente) y E.060 (Concreto Armado), y permitió identificar qué bloques necesitaban intervenciones para mejorar su desempeño sísmico. Se propusieron varias técnicas de reforzamiento,



incluyendo la adición de placas de concreto armado, arriostramientos metálicos y la implementación de mallas electrosoldadas en muros, todas calculadas previamente para asegurar su efectividad. Los resultados del estudio mostraron que el Bloque "B" cumple con los parámetros establecidos por las normas E.030 y E.060, y por tanto es estructuralmente adecuado. Sin embargo, los bloques "A", "C" y "D" no cumplen con los requisitos normativos en su mayoría. Para el Bloque "A", se concluyó que el sistema de arriostramientos metálicos es la opción de reforzamiento más eficiente. En el caso del Bloque "C", las placas de concreto armado fueron identificadas como la solución más apropiada. Finalmente, para el Bloque "D", se propuso el uso de mallas electrosoldadas en los muros como la opción más económica. Sin embargo, como segunda alternativa, se sugirió la demolición del bloque debido a sus deficiencias estructurales. Esta investigación proporciona soluciones prácticas y calculadas para el reforzamiento de la infraestructura, asegurando que los bloques de la institución puedan resistir adecuadamente eventos sísmicos, contribuyendo así a la seguridad estructural de la Escuela Superior de Formación Artística de Puno.

(Chaiña Huanca, 2023) su tesis "Análisis comparativo del comportamiento sísmico de edificación de 7 niveles con propuesta de 3 tipos de reforzamiento estructural, Puno-2022". La presente tesis tiene como objetivo general evaluar y comparar el comportamiento sísmico de edificación de 7 niveles con propuesta de 3 tipos de reforzamiento estructural, Puno-2022, la metodología a emplear es de tipo aplicada de diseño no experimental, nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. Los tipos de reforzamiento a usar serán: aisladores con núcleo de plomo, disipadores de energía de fluido viscoso y encamisado con fibra de carbono, razón por la cual con los diferentes resultados obtenidos se realizará una comparación y estos según la norma E030 Diseño sismorresistente. Los resultados que se obtuvieron nos dieron a conocer que la edificación usando como reforzamiento los aisladores elastomérico con núcleo de plomo tuvo un porcentaje de reducción de derivas máximas de 68.84%, por otro lado la



edificación con reforzamiento disipador de energía de fluido viscoso tuvo una reducción de derivas de 67.51%, y la edificación con reforzamiento con encamisado con fibra de carbono tuvo una reducción de derivas de 35.12%, entre el reforzamiento con aisladores elastomérico y disipador de energía hubo una diferencia significativa de 1.33% , entre el reforzamiento de disipador de energía y encamisado 32.39% y entre el aislador elastomérico y el encamisado una diferencia de 33.72%, con estos resultados se llega a la conclusión de que la edificación con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo tiene un mejor rendimiento que los otros dos tipos de reforzamiento.

(Vilca Zapana, 2022) su tesis "Desempeño sísmico de edificios multifamiliares insertando disipadores de energía, Edificio Díaz Cuenta Juliaca, Puno 2022". El objetivo de esta investigación es determinar el desempeño sísmico de edificios multifamiliares mediante la inserción de disipadores de energía, tomando como caso de estudio el edificio Díaz en Juliaca, Puno, durante el año 2022. La metodología aplicada sigue un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un nivel explicativo y un diseño no experimental. Los resultados se obtuvieron a partir de diversos análisis estructurales. Los periodos de vibración se determinaron mediante un Análisis Estructural, mientras que las derivas de entrepiso se evaluaron a través del Análisis Modal Espectral. Por otro lado, las respuestas energéticas de la estructura se analizaron utilizando el Análisis Dinámico No Lineal Tiempo-Historia, lo que permitió verificar el comportamiento histerético tanto de la estructura como de los disipadores, empleando registros sísmicos corregidos y escalados según la Norma Técnica Peruana E.030 (2018). Los análisis fueron realizados tanto para la estructura sin reforzamiento como para la misma estructura tras la implementación de disipadores histeréticos de los tipos Shear Link Bozzo (SLB), soportados por diagonales tipo Chevron, y Additional Damping and Rigidity (ADAS), soportados por diagonales tipo BRB. Cabe destacar que el edificio presenta irregularidades geométricas, tales como una esquina entrante en planta y una irregularidad vertical en altura. La inserción de los disipadores histeréticos tuvo un impacto positivo en el comportamiento sísmico global del



edificio, logrando reducir en más del 50% los periodos de vibración, la distorsión entre pisos (derivadas) y la respuesta energética del edificio. Estos resultados indican una notable mejora en la capacidad del edificio para resistir los efectos de un sismo. Las normativas utilizadas en la elaboración de esta tesis incluyeron la Norma Técnica Peruana E.020, E.030, E.050, así como el ACI 318, aplicadas tanto en el Análisis Modal Espectral como en el Análisis Dinámico No Lineal Tiempo-Historia, asegurando un enfoque riguroso y normativo en la evaluación sísmica y el diseño de reforzamientos estructurales.

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 Comportamiento sísmico estructural.**

Los sismos son fenómenos geológicos que ocurren cuando se liberan grandes cantidades de energía acumulada en la litosfera, generando vibraciones en la corteza terrestre. Estas vibraciones, conocidas como ondas sísmicas, viajan a través del suelo y pueden ser responsables de considerables daños a edificaciones y otras infraestructuras. Los sismos son el resultado directo de movimientos en las placas tectónicas, que son grandes fragmentos de la litosfera terrestre que se mueven lentamente sobre la astenosfera. Las interacciones entre estas placas, ya sea por colisión, deslizamiento o separación, son las principales causas de los terremotos (Stern, 2002).

#### **2.2.1.1 Causas de los sismos.**

El movimiento de las placas tectónicas es impulsado por procesos internos del planeta, como la convección del manto, y puede generar diversas formas de liberación de energía. Los sismos ocurren comúnmente en límites de placas, siendo estos clasificados como convergentes, divergentes o transformantes, según la naturaleza del movimiento relativo entre las placas. La región del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se ubica el Perú, es un área de convergencia tectónica que se caracteriza por una alta actividad sísmica debido a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Este



proceso genera tensiones que, al liberarse bruscamente, causan sismos (US Geological Survey, 2019).

### **2.2.1.2 Impacto de los sismos en edificaciones.**

La energía liberada durante un sismo se propaga en forma de ondas sísmicas que pueden causar vibraciones significativas en las edificaciones. El grado de daño que un sismo puede causar en una estructura depende de varios factores. En primer lugar, la magnitud del sismo, medida en la escala de Richter, es crucial para determinar la energía total liberada. A mayor magnitud, mayor será el potencial destructivo del evento (Kramer, 1996). En segundo lugar, la profundidad del hipocentro, o el punto dentro de la tierra donde se origina el sismo, también influye en el impacto. Los sismos más superficiales tienden a causar más daños que aquellos que ocurren a grandes profundidades. Por último, la proximidad del epicentro a áreas pobladas y la calidad de las construcciones locales determinan el nivel de daño estructural (Vargas et al., 2018).

Edificaciones que no han sido diseñadas con criterios antisísmicos corren un mayor riesgo de colapsar o sufrir daños significativos durante un sismo. Este tipo de construcción puede ser particularmente vulnerable en áreas donde los códigos de construcción no son estrictos o no se aplican adecuadamente. Según la US Geological Survey (2019), los movimientos sísmicos pueden causar desde pequeños daños superficiales hasta la destrucción completa de estructuras.

### **2.2.1.3 Vulnerabilidad de la región de San Román, Perú.**

La región de San Román, ubicada en el departamento de Puno, se encuentra dentro de una zona altamente sísmica debido a su cercanía a la zona de subducción de la placa de Nazca. Este hecho la hace particularmente vulnerable a terremotos de gran magnitud, como se ha registrado históricamente en otras áreas cercanas del Perú (Vargas et al., 2018). Además, la región de San Román es parte de un contexto socioeconómico donde muchas de las edificaciones no han sido diseñadas bajo estándares antisísmicos rigurosos, lo que incrementa la probabilidad de daño en caso de un evento sísmico. Los efectos de los sismos en esta región no solo pueden poner en

riesgo la vida de sus habitantes, sino también afectar gravemente la infraestructura crítica, como hospitales, escuelas y centros de distribución de servicios básicos (INEI, 2019).

La combinación de factores geológicos y socioeconómicos convierte a San Román en un área de especial interés para estudios sobre el impacto de los sismos y la planificación de estrategias de mitigación. Según un estudio realizado por Vargas et al. (2018), la alta actividad sísmica en la región está relacionada con la compleja interacción tectónica que ocurre en el Cinturón de Fuego del Pacífico, lo que sugiere que la región continuará siendo vulnerable a sismos importantes en el futuro. La implementación de medidas preventivas, como la adopción de tecnologías de construcción resilientes y el fortalecimiento de los códigos de construcción, es esencial para minimizar el riesgo de daños severos durante eventos sísmicos.

### **2.2.2 Desempeño Sísmico de las Estructuras**

El desempeño sísmico de una estructura es un concepto central en la ingeniería estructural, ya que evalúa cómo una edificación responde ante las fuerzas generadas por un sismo, considerando su capacidad para mantener su funcionalidad y evitar daños graves. Este desempeño no se limita solo a la resistencia ante el colapso, sino que también incluye la capacidad de la estructura para proteger la vida humana y minimizar los costos de reparación post-sismo. En este sentido, el desempeño sísmico engloba tres parámetros clave: rigidez, resistencia y ductilidad, los cuales son fundamentales para el diseño de edificaciones que se encuentran en zonas sísmicamente activas (Rocca & Martínez, 2019).

#### **2.2.2.1 Rigidez estructural**

La rigidez es la capacidad de una estructura para resistir deformaciones ante cargas externas, incluyendo las generadas por un terremoto. Una estructura rígida es menos susceptible a movimientos grandes, lo que reduce la probabilidad de que sufra deformaciones significativas durante un sismo. Sin embargo, una rigidez excesiva puede

ser contraproducente, ya que puede llevar a la acumulación de tensiones internas, lo que a su vez incrementa el riesgo de falla en los materiales o elementos estructurales. Por lo tanto, el diseño de una estructura debe equilibrar la rigidez con otros factores, como la ductilidad y la resistencia (Chopra, 2017).

En áreas de alto riesgo sísmico, los ingenieros estructurales deben asegurarse de que las edificaciones sean lo suficientemente rígidas como para controlar las deformaciones laterales, pero no tan rígidas como para impedir que los materiales puedan disipar la energía del sismo. De este modo, el concepto de rigidez está directamente relacionado con la frecuencia de vibración de la estructura, ya que las estructuras más rígidas tienden a tener frecuencias naturales más altas, lo que las hace más susceptibles a ciertas frecuencias de las ondas sísmicas.

#### **2.2.2.2 Resistencia estructural**

La resistencia es la capacidad de una estructura para soportar las fuerzas aplicadas sin sufrir daños catastróficos. En el caso de un sismo, estas fuerzas son dinámicas y pueden variar en magnitud y dirección a lo largo del evento sísmico. La resistencia de una estructura se debe a la calidad de los materiales, la configuración geométrica de los elementos estructurales y las técnicas de construcción empleadas. El objetivo principal es que la estructura sea capaz de resistir las fuerzas sísmicas sin llegar a un estado crítico que comprometa su integridad global (Rocca & Martínez, 2019).

La evaluación de la resistencia implica considerar las cargas estáticas y dinámicas que se aplicarán a la estructura a lo largo de su vida útil. En este contexto, el diseño estructural debe incluir redundancia, es decir, múltiples rutas de carga para que la falla de un solo elemento no provoque el colapso completo. Las normativas sísmicas, como las del Código ASCE/SEI 7, especifican los requisitos mínimos de resistencia para las edificaciones en función de la severidad del sismo previsto para una región.

#### **2.2.2.3 Ductilidad estructural**

La ductilidad es otro parámetro crítico en el desempeño sísmico de las estructuras, que se refiere a la capacidad de un material o elemento estructural para



deformarse plásticamente sin perder su capacidad de soportar cargas. Una estructura con alta ductilidad es capaz de absorber y disipar la energía generada por un sismo a través de deformaciones permanentes, lo que ayuda a evitar un colapso abrupto (Soto, 2020). Esto es particularmente importante en zonas de alta actividad sísmica, donde las fuerzas generadas pueden ser tan grandes que incluso estructuras bien diseñadas pueden experimentar deformaciones significativas.

La ductilidad es esencial para garantizar que las estructuras no solo resistan el sismo, sino que lo hagan de manera controlada, permitiendo que las personas evacuen de manera segura antes de que ocurran fallas mayores. En términos de diseño, la ductilidad se puede mejorar mediante el uso de materiales flexibles, conexiones robustas y configuraciones estructurales que faciliten la redistribución de las fuerzas sísmicas a lo largo de la edificación.

#### **2.2.2.4 Desempeño sísmico y normativas estructurales**

Para evaluar y garantizar el desempeño sísmico de las estructuras, los ingenieros recurren a normativas y códigos de construcción que establecen los requerimientos mínimos de diseño. En el contexto de Perú, el Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente regula los estándares mínimos que deben seguirse en el diseño y construcción de edificaciones para soportar los efectos de los sismos. Esta normativa especifica los criterios de diseño en función de la clasificación de las edificaciones, la importancia del uso de la estructura y su ubicación geográfica.

El uso de técnicas de diseño basadas en el desempeño (Performance-Based Design) permite que los ingenieros estructurales no solo se enfoquen en cumplir con los requerimientos mínimos de las normativas, sino que también optimicen las edificaciones para niveles específicos de rendimiento sísmico, lo que puede incluir la minimización de daños económicos, la protección de la vida y la preservación de la funcionalidad del edificio después de un sismo (ATC, 1996).

### **2.2.2.5 Importancia del desempeño sísmico en zonas de alto riesgo**

En zonas sísmicamente activas, como la región de San Román en Perú, el desempeño sísmico de las estructuras es de vital importancia para garantizar la seguridad de la población y la preservación de infraestructuras críticas. El caso particular de San Román resalta la necesidad de estructuras diseñadas con criterios de resistencia, rigidez y ductilidad adecuados, debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las zonas con mayor actividad sísmica del mundo. Estudios recientes han demostrado que un adecuado diseño antisísmico no solo reduce la mortalidad y los daños materiales durante un evento sísmico, sino que también mejora la capacidad de recuperación de las comunidades afectadas (INEI, 2019).

### **2.2.3 Vulnerabilidad Sísmica de las Estructuras**

La vulnerabilidad sísmica de una estructura está directamente relacionada con su capacidad de resistir o sufrir daños cuando es sometida a las fuerzas de un terremoto. Este concepto abarca diversos factores que afectan tanto el diseño como la condición física de una edificación. Evaluar la vulnerabilidad sísmica es crucial, ya que permite identificar cuáles edificaciones corren mayor riesgo de sufrir daños durante un sismo y qué intervenciones son necesarias para mejorar su comportamiento estructural. La vulnerabilidad de las estructuras puede depender de factores como la antigüedad del edificio, los materiales utilizados, el tipo de construcción y el cumplimiento de normativas de diseño sísmico.

#### **2.2.3.1 Definición y Factores que Afectan la Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad sísmica se define como la susceptibilidad de una estructura para sufrir daños o colapsar bajo las fuerzas generadas por un sismo. Este concepto está fuertemente influenciado por el diseño estructural, la calidad de los materiales, la antigüedad de la edificación y las normativas de construcción aplicadas durante su construcción. La vulnerabilidad también se relaciona con factores inherentes a la propia

estructura, como la rigidez, resistencia y ductilidad, que determinan su capacidad para resistir deformaciones y disipar energía sísmica (Cardona et al., 2018).

Las edificaciones construidas antes de la implementación de normativas sísmicas modernas suelen ser más vulnerables a los terremotos. Esto se debe a que los avances en la ingeniería sísmica y las normativas de diseño estructural, como las recogidas en la Norma Técnica Peruana E.030, han evolucionado significativamente en las últimas décadas, mejorando los métodos de construcción y el uso de materiales más resistentes. Por ejemplo, el Palacio Municipal de San Román es una estructura histórica que fue construida antes de la aplicación de normativas modernas, lo que lo hace particularmente vulnerable a los efectos de un sismo (Morales & Guzmán, 2020).

Los edificios que no fueron diseñados con criterios antisísmicos presentan mayores probabilidades de sufrir daños severos, lo que no solo compromete la seguridad de los ocupantes, sino también el patrimonio cultural y arquitectónico. En este sentido, la vulnerabilidad de estas estructuras debe ser evaluada a través de estudios detallados que consideren su estado actual, los materiales utilizados, y las posibles intervenciones para reducir los riesgos. Factores como el deterioro por envejecimiento, la falta de mantenimiento, y la exposición a eventos sísmicos anteriores también agravan la vulnerabilidad de las edificaciones.

### **2.2.3.2 Elementos Estructurales y su Vulnerabilidad**

Los elementos estructurales de una edificación, tales como columnas, vigas y muros de carga, desempeñan un rol crucial en el comportamiento sísmico de la estructura. Estos elementos están diseñados para soportar cargas verticales, pero durante un sismo deben resistir también cargas laterales que pueden generar deformaciones y fallas. La vulnerabilidad de una estructura puede aumentar si alguno de estos elementos está mal diseñado, presenta deficiencias en los materiales, o si no ha sido reforzado adecuadamente para soportar fuerzas sísmicas. La falta de continuidad o la rigidez insuficiente en estos componentes puede llevar a fallas críticas, provocando el colapso parcial o total de la edificación (Norma Técnica Peruana E.030, 2021).

El colapso estructural durante un sismo suele estar vinculado a fallas en los elementos portantes. Por ejemplo, si las columnas o vigas de un edificio no están adecuadamente dimensionadas o si los materiales utilizados han deteriorado su resistencia con el tiempo, es probable que la estructura colapse bajo las fuerzas sísmicas. En un sismo, las columnas y vigas están sometidas a esfuerzos de compresión, flexión y torsión, lo que puede provocar fracturas o deformaciones si no tienen la resistencia suficiente para soportar estas tensiones (Morales & Guzmán, 2020).

Además, las estructuras de concreto son especialmente vulnerables si no han sido diseñadas con suficiente ductilidad, lo que es crucial para disipar la energía sísmica. La ductilidad es la capacidad de un material para deformarse sin colapsar, y es una propiedad esencial para los elementos estructurales de edificios ubicados en zonas sísmicamente activas. Las vigas y columnas de concreto, cuando no están reforzadas adecuadamente, son propensas a fallar de manera frágil, lo que aumenta la probabilidad de colapso (Soto, 2020).

El Manual de Evaluación Sísmica de Edificaciones de Concreto (Norma Técnica Peruana E.030, 2021) propone una serie de técnicas para evaluar la vulnerabilidad de estos elementos, incluyendo pruebas de esclerometría, que permiten medir la resistencia del concreto in situ. Estas pruebas, junto con análisis estructurales detallados, pueden determinar el estado actual de los elementos portantes de la edificación y planificar intervenciones de reforzamiento. El uso de tecnologías como el refuerzo con fibra de carbono o la implementación de disipadores de energía son soluciones que pueden mejorar significativamente el desempeño sísmico de estos elementos estructurales.

### **2.2.3.3 Evaluación de la Vulnerabilidad del Palacio Municipal de San Román**

En el caso específico del Palacio Municipal de San Román, se ha identificado una alta vulnerabilidad sísmica debido a su antigüedad y a la falta de actualización en su diseño estructural conforme a las normativas modernas. Este edificio histórico no fue diseñado con criterios antisísmicos avanzados, lo que incrementa su susceptibilidad a sufrir daños graves en caso de un terremoto. Para evaluar su vulnerabilidad, es

necesario realizar estudios que consideren tanto los factores intrínsecos de la estructura, como el estado de los materiales, y factores extrínsecos, como la ubicación geográfica en una zona de alto riesgo sísmico (Cardona et al., 2018).

El Palacio Municipal de San Román, construido antes de que se adoptaran los códigos de construcción sísmicamente resistentes, presenta debilidades estructurales que deben abordarse mediante una evaluación detallada y un plan de reforzamiento integral. Esta intervención no solo tiene la finalidad de proteger la vida de las personas que lo habitan o visitan, sino también de preservar el patrimonio arquitectónico y cultural que representa. El refuerzo de este tipo de estructuras puede incluir la instalación de elementos de confinamiento en los muros de carga, el refuerzo de las columnas y vigas, y la implementación de disipadores de energía para mejorar su comportamiento durante un sismo (Morales & Guzmán, 2020).

#### **2.2.4 Pruebas No Destructivas para Evaluación Estructural**

Las pruebas no destructivas (PND) son técnicas que permiten la evaluación del estado de una estructura sin comprometer su integridad física ni alterar sus propiedades. Estas pruebas son de gran relevancia en la ingeniería estructural, especialmente cuando se trata de edificaciones antiguas o patrimoniales, donde es esencial preservar tanto la seguridad como el valor histórico del inmueble. A través de las PND, se pueden identificar posibles defectos en los materiales, monitorear el deterioro estructural y evaluar la resistencia mecánica sin necesidad de realizar intervenciones invasivas. Estas técnicas son fundamentales en el contexto de proyectos de rehabilitación o reforzamiento de estructuras en zonas sísmicamente activas, como el caso del Palacio Municipal de San Román, donde la vulnerabilidad sísmica ha sido identificada como un riesgo potencial (Jara & Torres, 2019).

##### **2.2.4.1 Prueba de Esclerometría**

La esclerometría es una de las técnicas más utilizadas para la evaluación no destructiva del concreto, permitiendo medir la dureza superficial del material y, por ende,

estimar su resistencia. Esta prueba se realiza utilizando un esclerómetro o martillo de rebote, el cual impacta la superficie del concreto con una energía controlada y mide la altura del rebote, lo que está directamente relacionado con la dureza superficial y la resistencia del concreto (Jara & Torres, 2019).

El uso de la esclerometría resulta fundamental en el diagnóstico del estado de estructuras de concreto armado, especialmente en edificios que han estado expuestos a condiciones ambientales adversas o que tienen varios años desde su construcción. La prueba de esclerometría es particularmente útil en proyectos de conservación y rehabilitación de estructuras históricas, como el Palacio Municipal de San Román, donde la preservación de la arquitectura y la integridad del edificio es de suma importancia.

Este método ofrece varias ventajas, entre ellas la rapidez con la que se puede realizar y la facilidad de su aplicación en campo. Sin embargo, la esclerometría tiene limitaciones, ya que los resultados pueden verse afectados por factores como la rugosidad superficial del concreto, el nivel de humedad o la presencia de refuerzos metálicos cercanos a la superficie. Por lo tanto, es recomendable combinar esta prueba con otras técnicas no destructivas para obtener una evaluación más precisa del estado estructural del concreto.

En el caso del Palacio Municipal de San Román, la esclerometría permite obtener información valiosa sobre el estado del concreto, sin alterar su estructura ni comprometer su valor patrimonial. Los resultados de esta prueba pueden ser utilizados como base para planificar intervenciones de reforzamiento estructural, asegurando que se mantenga la estabilidad y funcionalidad del edificio en caso de un evento sísmico.

#### **2.2.4.2 Otras Pruebas No Destructivas**

Además de la esclerometría, existen otras técnicas no destructivas que complementan el análisis estructural y ofrecen una evaluación más detallada de la integridad de los materiales. Entre estas técnicas destacan el ultrasonido y la termografía infrarroja, las cuales permiten obtener información interna de los elementos estructurales sin necesidad de realizar cortes o perforaciones.

**Ultrasonido:** La prueba de ultrasonido es una técnica que utiliza ondas ultrasónicas para evaluar las propiedades internas del concreto y otros materiales de construcción. El ultrasonido se basa en la medición de la velocidad de propagación de las ondas a través del material; si existen fisuras, vacíos u otras discontinuidades internas, la velocidad de las ondas se verá afectada, lo que permite identificar defectos no visibles desde la superficie (García & Fernández, 2021). Esta técnica es particularmente útil para detectar daños internos en columnas, vigas y muros de carga, que son elementos clave para el desempeño estructural de un edificio durante un sismo.

El ultrasonido también es una herramienta eficaz para evaluar la homogeneidad del concreto y verificar la presencia de segregaciones o zonas de baja resistencia. Su uso combinado con la esclerometría permite obtener un diagnóstico más completo del estado estructural del edificio, lo que es esencial en el caso del Palacio Municipal de San Román, donde la estructura debe ser evaluada en su totalidad para garantizar su seguridad y funcionalidad en caso de un sismo.

**Termografía Infrarroja:** La termografía infrarroja es otra técnica no destructiva que se utiliza para detectar defectos ocultos en los materiales mediante el análisis de las variaciones de temperatura en la superficie de una estructura. Esta técnica permite identificar áreas de deterioro en los materiales, como grietas, filtraciones de agua, o corrosión de refuerzos metálicos, al captar las diferencias de temperatura causadas por estos defectos (García & Fernández, 2021).

La termografía infrarroja es especialmente útil en el análisis de estructuras históricas o patrimoniales, ya que permite evaluar el estado de los materiales sin realizar intervenciones invasivas. En el caso del Palacio Municipal de San Román, esta técnica puede ser utilizada para identificar zonas de humedad o deterioro en los muros de concreto, así como para detectar posibles fallas en los refuerzos internos que puedan comprometer la estabilidad de la estructura durante un evento sísmico.

### **2.2.4.3 Importancia del Uso Combinado de Pruebas No Destructivas**

El uso combinado de diversas pruebas no destructivas, como la esclerometría, el ultrasonido y la termografía infrarroja, proporciona una evaluación integral del estado estructural de una edificación. Cada una de estas técnicas aporta información complementaria que permite a los ingenieros estructurales tomar decisiones informadas sobre el estado de los materiales y la necesidad de reforzamientos.

En el contexto del Palacio Municipal de San Román, un edificio que no solo es vulnerable a los sismos debido a su antigüedad, sino que también posee un alto valor cultural y arquitectónico, la combinación de pruebas no destructivas es esencial para garantizar una evaluación precisa. Estas pruebas permiten detectar posibles debilidades estructurales y planificar intervenciones de reforzamiento que respeten tanto la seguridad como la preservación del patrimonio histórico.

### **2.2.5 Normativas para la Evaluación y Reforzamiento Estructural**

Las normativas para la evaluación y reforzamiento estructural son fundamentales en la planificación y ejecución de intervenciones destinadas a reducir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Estas regulaciones ofrecen criterios estandarizados y guías técnicas que permiten a los ingenieros realizar evaluaciones rápidas y detalladas de la resistencia de las estructuras frente a sismos, así como definir las acciones necesarias para mejorar su capacidad de resistir eventos sísmicos sin comprometer la seguridad de los ocupantes. En el contexto de edificaciones patrimoniales o públicas, como el Palacio Municipal de San Román, la correcta aplicación de estas normativas es esencial para equilibrar la conservación del valor arquitectónico con la protección de vidas humanas y la estabilidad estructural en caso de un terremoto.

#### **2.2.5.1 FEMA 156 y Evaluación Rápida**

La FEMA 156, desarrollada por la Federal Emergency Management Agency de los Estados Unidos, es una normativa que proporciona guías para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Esta normativa es ampliamente utilizada

debido a su enfoque en la detección ágil de deficiencias estructurales, lo que permite identificar rápidamente las áreas críticas que requieren atención inmediata. La FEMA 156 utiliza fichas de evaluación rápida, que consisten en una serie de parámetros y características observables que permiten diagnosticar las principales vulnerabilidades de una edificación con base en inspecciones visuales (FEMA, 2018).

Esta metodología es especialmente útil en edificios antiguos, donde las técnicas y materiales de construcción no siempre cumplen con los estándares modernos de diseño sismorresistente. En el caso del Palacio Municipal de San Román, la aplicación de la FEMA 156 permite obtener un diagnóstico preliminar sobre las áreas más vulnerables a los efectos de un terremoto, lo que facilita la priorización de intervenciones de reforzamiento que puedan garantizar la estabilidad estructural del edificio ante un evento sísmico. Las fichas de evaluación rápida incluyen criterios como la configuración estructural, la presencia de muros de carga, el estado de los refuerzos internos y la distribución de las cargas en los elementos estructurales, lo que permite a los ingenieros identificar rápidamente las posibles fallas (Aguilar et al., 2019).

Una de las ventajas de la evaluación rápida es que, al ser un proceso ágil, puede implementarse en un gran número de edificaciones en un corto periodo de tiempo, lo que es crucial en áreas urbanas densamente pobladas. Esto resulta particularmente importante en el contexto de la planificación de desastres y la gestión del riesgo sísmico, donde es necesario evaluar múltiples estructuras para priorizar las que necesitan reforzamiento inmediato. Aunque la FEMA 156 proporciona un enfoque preliminar, es recomendable combinarla con otras normativas y técnicas de evaluación más detalladas, como las establecidas en el Código ASCE/SEI 41, que se enfoca en la rehabilitación sísmica de edificaciones (FEMA, 2018).

#### **2.2.5.2 Normativa Peruana E.030: Diseño Sismo Resistente**

En el contexto peruano, la Normativa Técnica E.030 regula el diseño sismorresistente de edificaciones, estableciendo los requisitos y parámetros que deben seguirse para garantizar que las estructuras puedan resistir las fuerzas dinámicas

generadas por un sismo. Esta norma, implementada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, tiene un enfoque preventivo, ya que establece especificaciones tanto para el diseño de nuevas construcciones como para el reforzamiento de edificaciones existentes en zonas sísmicamente activas (Ministerio de Vivienda, 2021).

La norma E.030 considera los sismos como cargas dinámicas, y define los criterios mínimos para que las edificaciones puedan absorber y disipar las fuerzas sísmicas sin comprometer su estabilidad. Entre los aspectos clave que regula esta normativa se encuentran la resistencia de los materiales, la configuración estructural y la distribución de las cargas en la edificación. La norma también estipula los procedimientos para realizar el análisis sísmico, utilizando modelos matemáticos que simulan las respuestas estructurales ante diferentes escenarios de sismos.

La implementación de la E.030 en el Palacio Municipal de San Román es esencial para garantizar que cualquier intervención de reforzamiento cumpla con los lineamientos necesarios para proteger a los ocupantes y evitar colapsos estructurales. Dado que el Palacio fue construido antes de la implementación de normativas sismorresistentes modernas, es probable que la estructura presente deficiencias en términos de rigidez, resistencia y capacidad para disipar energía sísmica. Por ello, cualquier propuesta de rehabilitación estructural debe alinearse con los criterios de la norma E.030 para asegurar que la edificación sea capaz de resistir futuros eventos sísmicos sin sufrir daños significativos.

La E.030 también establece las categorías de edificaciones en función de su importancia para la comunidad, y asigna diferentes niveles de exigencia sísmica en función de estos criterios. Por ejemplo, las edificaciones que sirven como centros administrativos y gubernamentales, como el Palacio Municipal de San Román, se consideran de importancia especial, ya que su funcionalidad es crítica para la gestión de emergencias en caso de un desastre natural. Esto implica que el reforzamiento de este tipo de edificios debe ser más riguroso, asegurando no solo la protección de vidas

humanas, sino también la preservación de la funcionalidad del inmueble después de un sismo (Ministerio de Vivienda, 2021).

### **2.2.5.3 Importancia de Cumplir con las Normativas en el Reforzamiento del Palacio Municipal**

La correcta aplicación de las normativas FEMA 156 y E.030 en el Palacio Municipal de San Román es fundamental para garantizar la seguridad y estabilidad estructural de este edificio histórico. El diagnóstico rápido proporcionado por la FEMA 156 es una herramienta clave para identificar de manera preliminar las áreas críticas de la estructura, mientras que la Norma E.030 proporciona los criterios técnicos necesarios para diseñar e implementar las intervenciones de reforzamiento. Ambas normativas trabajan en conjunto para asegurar que las intervenciones estructurales no solo mejoren la capacidad de la edificación para resistir sismos, sino que también preserven su valor patrimonial y su funcionalidad administrativa.

Las intervenciones de reforzamiento, como el uso de sistemas de refuerzo con fibra de carbono, la instalación de disipadores de energía y el refuerzo de los elementos estructurales clave (muros de carga, columnas, vigas), deben realizarse de acuerdo con los lineamientos establecidos en la normativa E.030 para asegurar que la estructura sea capaz de absorber y disipar las fuerzas sísmicas. Adicionalmente, la FEMA 156 facilita la identificación de prioridades para realizar estas intervenciones, permitiendo que los recursos disponibles sean utilizados de manera eficiente para reducir la vulnerabilidad sísmica de la edificación.

### **2.2.6 Técnicas de Reforzamiento Estructural**

Las técnicas de reforzamiento estructural son fundamentales para mejorar la capacidad de las edificaciones para resistir sismos, especialmente en estructuras antiguas o vulnerables que no fueron diseñadas bajo normativas sismorresistentes modernas. El objetivo principal de estas técnicas es incrementar la resistencia, rigidez y ductilidad de las edificaciones, minimizando los riesgos de colapso y asegurando la

protección de sus ocupantes. En este contexto, el Palacio Municipal de San Román, una edificación patrimonial, requiere soluciones que no solo refuercen su estructura ante posibles sismos, sino que también preserven su integridad arquitectónica.

#### **2.2.6.1 Técnicas de Reforzamiento con Fibra de Carbono (FRP)**

El uso de materiales compuestos de polímeros reforzados con fibra de carbono (FRP) ha revolucionado el campo del reforzamiento estructural en las últimas décadas. Los FRP se componen de fibras de carbono embebidas en una matriz polimérica, lo que les otorga una combinación única de resistencia y flexibilidad. Estos materiales tienen una alta relación resistencia-peso, lo que permite su aplicación en edificaciones sin añadir cargas adicionales significativas a la estructura existente, una ventaja crucial en el reforzamiento sísmico (Santos & Silva, 2020).

La fibra de carbono es ideal para el refuerzo de elementos estructurales críticos, como columnas, vigas y muros de carga. Su aplicación implica la adhesión de láminas o bandas de FRP sobre la superficie de los elementos estructurales, lo que aumenta su capacidad para soportar cargas adicionales y mejorar su comportamiento sísmico. Este tipo de reforzamiento es especialmente eficaz en mejorar la ductilidad y resistencia a la flexión y a la compresión, propiedades fundamentales para que las estructuras puedan absorber y disipar las fuerzas sísmicas sin colapsar.

En el caso del Palacio Municipal de San Román, la aplicación de FRP puede representar una solución eficiente y de bajo impacto visual para reforzar las zonas más vulnerables de la estructura. Debido a que los edificios históricos requieren soluciones que no alteren significativamente su apariencia, los sistemas de FRP resultan ideales, ya que pueden aplicarse de manera discreta sobre los elementos existentes, preservando al mismo tiempo la estética del edificio. Además, este tipo de material es resistente a la corrosión y al deterioro por factores ambientales, lo que asegura su durabilidad a largo plazo (Santos & Silva, 2020).

### 2.2.6.2 Aumento de la Capacidad de Carga con Nuevos Elementos

Otra técnica efectiva para el reforzamiento estructural consiste en la adición de nuevos elementos estructurales, como columnas o muros de corte, que incrementan la capacidad de carga del edificio y mejoran su resistencia ante las fuerzas laterales inducidas por un sismo (Pérez et al., 2021). Este tipo de intervención es especialmente útil en edificaciones que carecen de elementos estructurales adecuados o suficientes para resistir los efectos de un terremoto.

Los muros de corte son estructuras verticales que actúan como barreras contra las fuerzas sísmicas, incrementando la rigidez lateral del edificio y controlando las deformaciones causadas por el movimiento del suelo. Al agregar estos elementos, se mejora la estabilidad general de la estructura, lo que reduce el riesgo de daños severos o colapso en caso de un sismo. De igual forma, la adición de columnas proporciona rutas alternativas para la redistribución de las cargas, lo que refuerza la integridad estructural del edificio.

En el contexto del Palacio Municipal de San Román, el aumento de la capacidad de carga mediante la adición de elementos estructurales es una opción viable para reforzar áreas críticas de la estructura sin alterar significativamente su diseño arquitectónico. Esta técnica puede ser aplicada en zonas internas del edificio, donde los elementos adicionales no interfieran con la estética externa ni con el valor patrimonial del inmueble. Las intervenciones cuidadosamente planificadas permitirán aumentar la resistencia sísmica del Palacio sin comprometer su valor histórico (Pérez et al., 2021).

### 2.2.6.3 Uso de Amortiguadores Sísmicos y Aisladores de Base

Los amortiguadores sísmicos y los aisladores de base son tecnologías avanzadas diseñadas para mitigar las fuerzas sísmicas antes de que estas afecten a la estructura de un edificio. Estas soluciones no solo mejoran la seguridad sísmica, sino que también minimizan la necesidad de reforzar los elementos estructurales existentes, lo que es crucial en edificios históricos donde se busca mantener la integridad arquitectónica (Díaz & Álvarez, 2020).

Los amortiguadores sísmicos son dispositivos que disipan la energía generada por un sismo, reduciendo las vibraciones que experimenta la estructura. Estos dispositivos pueden ser instalados en los pisos y entrepisos de un edificio, permitiendo que el movimiento causado por el sismo sea absorbido sin transferir todas las fuerzas a los elementos estructurales. Esta técnica es particularmente eficaz para minimizar las aceleraciones que experimentan los pisos superiores de un edificio, lo que disminuye el riesgo de colapso de elementos frágiles o de daño a componentes no estructurales.

Por otro lado, los aisladores de base son dispositivos colocados en la base de una edificación, que permiten que el edificio se "desacople" del suelo durante un sismo. Esto reduce significativamente las fuerzas laterales que llegan a la superestructura, disminuyendo las deformaciones y el riesgo de fallas estructurales. Los aisladores de base son una solución discreta y no invasiva, lo que los hace ideales para su uso en edificaciones históricas como el Palacio Municipal de San Román, ya que no requieren modificaciones significativas en la estructura visible del edificio.

La implementación de aisladores de base en el Palacio Municipal podría ofrecer una solución eficaz para reducir los efectos de futuros sismos. Dado que el edificio se encuentra en una zona sísmicamente activa, la instalación de estos dispositivos mejoraría considerablemente su capacidad para resistir terremotos de gran magnitud sin comprometer su valor patrimonial o arquitectónico. Los estudios han demostrado que los edificios con sistemas de aislamiento de base experimentan reducciones significativas en las aceleraciones inducidas por sismos, lo que resulta en una menor probabilidad de daño estructural severo (Díaz & Álvarez, 2020).

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Desempeño sísmico.**

Es el comportamiento de una estructura durante un sismo, evaluando su capacidad para soportar movimientos telúricos sin sufrir daños graves. Se analiza en



función de la seguridad, la funcionalidad y los daños potenciales. Los códigos de construcción establecen estándares mínimos de desempeño sísmico para asegurar la protección de las personas y la estructura.

### **2.3.2 Reforzamiento estructural.**

Es la intervención realizada en una edificación para mejorar su resistencia ante cargas adicionales o movimientos sísmicos. Se pueden utilizar técnicas como la adición de materiales, la modificación de componentes estructurales, o la implementación de sistemas de disipación de energía. El objetivo es reducir la probabilidad de colapso.

### **2.3.3 Evaluación estructural.**

Es el proceso de inspeccionar y analizar el estado de una estructura para determinar su capacidad de resistencia y seguridad, particularmente ante eventos como terremotos. Esta evaluación incluye la revisión de planos, la realización de pruebas físicas y el uso de modelos matemáticos para simular condiciones extremas.

### **2.3.4 Vulnerabilidad sísmica.**

Se refiere a la susceptibilidad de una estructura a sufrir daños debido a un terremoto. Depende de factores como el diseño, los materiales de construcción, la antigüedad del edificio y su ubicación. La vulnerabilidad sísmica es clave para determinar los riesgos y planificar medidas de mitigación.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es no experimental y transversal, ya que no se manipulan las variables estructurales del Palacio Municipal, sino que se observan y analizan en su estado actual. Este tipo de diseño es adecuado para estudios en ingeniería estructural, donde el objetivo es describir y evaluar una situación sin modificarla (Hernández et al., 2018). Además, el estudio es transversal porque se realiza en un momento determinado (año 2024) y no en un periodo prolongado. Este enfoque permite obtener un diagnóstico preciso de la estructura en un momento específico, ideal para estudios de evaluación estructural y propuestas de reforzamiento (Sampieri et al., 2018).

#### 3.2 Método de la Investigación

El método utilizado es cuantitativo, ya que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos obtenidos a través de simulaciones y pruebas estructurales. Este enfoque permite medir con precisión las características estructurales de la edificación, evaluar su comportamiento bajo cargas sísmicas y desarrollar un modelo matemático del

reforzamiento propuesto. Según Creswell (2021), el método cuantitativo es adecuado para estudios de ingeniería que requieren resultados medibles y reproducibles.

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

#### **3.3.1 Nivel de la Investigación**

El nivel de la investigación es explicativo, ya que busca identificar las causas del comportamiento estructural del edificio bajo fuerzas sísmicas y proponer soluciones para corregir posibles deficiencias. El nivel explicativo es apropiado para estudios donde el objetivo es analizar las relaciones de causa-efecto, permitiendo interpretar cómo y por qué ciertos elementos fallan bajo determinadas condiciones (Gómez & Mendoza, 2020).

#### **3.3.2 Tipo de la investigación**

El tipo de investigación es aplicada y descriptiva. Es aplicada porque el objetivo es utilizar los resultados para resolver un problema práctico, es decir, mejorar el desempeño sísmico del Palacio Municipal mediante técnicas de reforzamiento estructural. La investigación también es descriptiva, pues describe el estado actual de la estructura y su capacidad de respuesta ante eventos sísmicos (Sampieri et al., 2018).

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población de estudio incluye todos los elementos estructurales del Palacio Municipal de San Román, tales como columnas, vigas, losas y muros de carga. En estudios estructurales, la población no se refiere a personas, sino a los elementos físicos que componen la edificación, tal como lo sugieren las directrices para análisis estructural (Fernández & Valdez, 2021).

### 3.4.2 Muestra

La muestra coincide con la población, pues se analizarán todos los elementos relevantes de la estructura. Para las pruebas destructivas y no destructivas, se seleccionarán muestras representativas de materiales como el concreto y acero, de acuerdo con las normativas técnicas vigentes. La selección de la muestra se realiza en función de la accesibilidad, el grado de deterioro y la criticidad de los elementos estructurales (López et al., 2019).

### 3.4.3 Técnicas e Instrumentos

#### 3.4.3.1 Técnicas

La inspección técnica y visual es uno de los métodos más comunes y efectivos para realizar una evaluación preliminar del estado de las estructuras. Implica un examen minucioso de los elementos estructurales por parte de profesionales capacitados, como ingenieros civiles o técnicos especializados en construcción. Este tipo de inspección se enfoca principalmente en detectar signos visibles de deterioro, que pueden incluir una variedad de problemas estructurales:

- 1. Grietas:** Las grietas son uno de los signos más comunes y preocupantes de deterioro. Estas pueden variar en tamaño, forma y ubicación, lo que puede indicar diferentes tipos de problemas. Por ejemplo, grietas en los muros de carga pueden ser indicativas de asentamientos desiguales, mientras que grietas en elementos no estructurales pueden estar relacionadas con la expansión térmica o retracción del material. La inspección visual permite clasificar las grietas según su gravedad: grietas superficiales, que generalmente no comprometen la estructura, o grietas profundas, que pueden ser indicativas de daños severos.
- 2. Deformaciones:** Las deformaciones en vigas, columnas o cualquier otro elemento estructural pueden ser consecuencia de cargas excesivas o de una incorrecta distribución de las mismas. Las deformaciones pueden ser horizontales, verticales o torsionales, y en algunos casos pueden causar fallos progresivos si no se corrigen a



tiempo. La inspección visual ayuda a identificar zonas que presentan curvaturas anormales o desplazamientos.

3. **Corrosión:** En estructuras donde se utilizan materiales como acero en refuerzos o estructuras metálicas, la corrosión es un problema crítico. La inspección visual se enfoca en detectar el óxido o cualquier signo de corrosión en los elementos metálicos expuestos. Si no se trata, la corrosión puede comprometer la resistencia estructural del acero, reduciendo su capacidad para soportar cargas.
4. **Desprendimiento de recubrimiento:** En las estructuras de concreto, el desprendimiento del recubrimiento puede ser un signo de deterioro avanzado, particularmente cuando los refuerzos de acero quedan expuestos al ambiente. Este fenómeno se conoce como "delaminación" y suele ser una consecuencia de la corrosión del acero, que expande y rompe el concreto.
5. **Desgaste y erosión:** En estructuras expuestas a ambientes agresivos (como zonas costeras o áreas industriales), el desgaste y la erosión del material pueden ser significativos. La inspección visual permite detectar áreas donde el material ha perdido volumen o muestra una textura rugosa, lo que puede debilitar la estructura a largo plazo.
6. **Desplazamientos o fallos en conexiones:** En estructuras con sistemas de unión entre elementos, como puentes o grandes edificios, es fundamental verificar el estado de las conexiones. Las uniones atornilladas, soldadas o cementadas deben ser revisadas para asegurarse de que no presentan señales de separación, desalineación o falla.

La inspección técnica y visual no solo permite identificar estos problemas, sino que también proporciona una base inicial para tomar decisiones sobre la necesidad de pruebas más detalladas o intervenciones correctivas. Al ser una técnica no invasiva, es una herramienta inicial que se utiliza para determinar si se necesitan pruebas más avanzadas o reparaciones inmediatas.

### Pruebas no destructivas:

Esclerometría (Prueba de dureza): La esclerometría es una técnica ampliamente utilizada para evaluar la resistencia superficial del concreto. Utiliza un dispositivo llamado martillo de Schmidt, que se basa en medir el rebote que produce un impacto sobre la superficie del concreto. Cuanto mayor sea el rebote, mayor es la resistencia superficial del material. La esclerometría es especialmente útil porque es rápida, portátil y no daña el concreto, lo que la convierte en una opción ideal para realizar evaluaciones in situ. Sin embargo, esta prueba solo ofrece información sobre la resistencia en la superficie del concreto y puede no ser indicativa de la resistencia interna.

#### 3.4.3.2 Instrumentos.

##### ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT)

El esclerómetro, también conocido como martillo Schmidt, es un dispositivo no destructivo que se emplea para medir la resistencia del concreto in situ. Funciona bajo el principio de medir el rebote de un martillo de resorte que impacta contra la superficie del concreto. Cuanto mayor sea el rebote, mayor será la dureza superficial del material. Este instrumento fue desarrollado por el ingeniero suizo Ernst Schmidt en 1948 y se ha convertido en una herramienta estándar en las evaluaciones estructurales.

El **uso del esclerómetro** tiene varias ventajas:

- **Método no destructivo:** No se requiere extraer muestras del concreto ni dañar la estructura evaluada.
- **Evaluación rápida:** Es ideal para inspecciones preliminares y para la evaluación de grandes áreas en poco tiempo.
- **Portátil y fácil de usar:** Su diseño compacto permite que sea utilizado en el sitio de construcción sin complicaciones.

##### Aplicaciones del esclerómetro:

- Evaluar la **calidad** del concreto en estructuras antiguas.
- Verificar la **homogeneidad** del concreto en diferentes puntos de una estructura.



- Identificar posibles **defectos superficiales** o zonas debilitadas por el paso del tiempo o por condiciones adversas.

### FICHA FEMA 156

La Ficha FEMA 156 forma parte de los manuales y procedimientos desarrollados por la Agencia Federal de Gestión de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA) para la evaluación rápida de edificaciones. La ficha es parte de un conjunto de guías diseñadas para ayudar a ingenieros, arquitectos y personal técnico a realizar inspecciones visuales rápidas en edificios, con el objetivo de identificar posibles vulnerabilidades estructurales ante desastres naturales, especialmente terremotos.

El documento FEMA 156 está orientado a proporcionar una evaluación inicial de los edificios, permitiendo identificar aquellos que podrían necesitar una inspección más detallada o un refuerzo estructural. El proceso de evaluación incluye:

1. Inspección visual externa e interna del edificio.
2. Revisión de planos estructurales, si están disponibles, y características arquitectónicas relevantes que podrían afectar el comportamiento estructural durante un sismo.
3. Identificación de elementos estructurales críticos como:
  - Columnas y muros de carga.
  - Juntas de expansión y posibles zonas de debilidad.
  - Condiciones inusuales en las fundaciones o soportes.
4. Evaluación de la **historia de mantenimiento** de la estructura y cualquier modificación realizada desde su construcción original.

Uno de los objetivos clave de esta ficha es identificar rápidamente:

- **Edificios de alta vulnerabilidad** a los terremotos, como aquellos construidos antes de la implementación de códigos de construcción sísmica modernos.
- **Elementos que requieran refuerzo**, como conexiones deficientes entre elementos estructurales, muros que no son reforzados adecuadamente, o estructuras que carecen de suficiente rigidez lateral.

La Ficha FEMA 156 permite a los evaluadores asignar una calificación preliminar de riesgo a los edificios inspeccionados, que luego puede ser utilizada para priorizar acciones de refuerzo estructural o más estudios detallados. Este enfoque es particularmente útil en zonas propensas a terremotos, como ciertas áreas de América Latina y Asia, donde la vulnerabilidad estructural es un tema crítico.

### 3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos

En relación con este tema en particular, ponemos a su disposición la secuencia que se detalla a continuación. Para lograr los objetivos planteados, se realizó esta investigación siguiendo este procedimiento en particular.

#### 3.5.1 Desarrollo del plan de investigación

##### ETAPA I: ZONA ESTUDIADA.

##### Figura 1

*Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca.*



##### ETAPA II: EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL.

El primer paso en cualquier proceso de reforzamiento estructural es conocer a fondo el estado actual de los elementos que componen la estructura. El Palacio Municipal de la Provincia de San Román es una edificación con elementos de concreto armado,

losas aligeradas y muros de mampostería, por lo que es necesario evaluar exhaustivamente la integridad de estos componentes. Este análisis permitirá identificar daños visibles, como grietas, deformaciones y corrosión, y proporcionar un diagnóstico detallado que será la base para las intervenciones posteriores.

**Metodología:** El análisis estructural de los elementos incluye la inspección visual detallada, el uso de herramientas de medición y el registro de datos en fichas técnicas para cada componente. La metodología incluye:

### 1. Inspección Visual y Fotográfica:

- **Descripción:** Se realizó una inspección visual detallada de cada uno de los 40 elementos estructurales (10 columnas, 10 vigas, 10 losas aligeradas y 10 muros de mampostería) para detectar grietas, deformaciones, corrosión y desprendimientos de material.
- **Criterios de Evaluación:** Se desarrollaron fichas técnicas específicas para cada tipo de elemento, donde se registraron parámetros como:
  - Grietas (longitud, ancho, profundidad).
  - Deformaciones.
  - Desprendimientos de material.
  - Corrosión en refuerzos metálicos.

### 2. Medición de Deformaciones:

- **Descripción:** Para evaluar la integridad de las columnas, vigas y losas, se realizaron mediciones de deformaciones utilizando equipos láser de precisión que miden desviaciones respecto a la geometría original del elemento.
- **Criterios de Evaluación:** Se consideraron las deformaciones superiores al 0.2% de la longitud del elemento como indicativas de un problema estructural que requiere atención.

### 3. Detección de Corrosión:

- **Descripción:** En los elementos de concreto armado (columnas, vigas y losas), se utilizó un equipo de detección de corrosión para identificar la presencia de óxido en

los refuerzos de acero, ya que la corrosión reduce significativamente la capacidad estructural del concreto armado.

- **Criterios de Evaluación:** Se clasificó el nivel de corrosión en una escala de 0 a 5, siendo 0 ausencia de corrosión y 5 corrosión severa.

#### 4. Evaluación de Grietas:

- **Descripción:** Las grietas fueron clasificadas según su tamaño y localización. Se distinguieron entre grietas superficiales, grietas estructurales (que atraviesan el material) y grietas inducidas por asentamientos o sismos previos.
- **Herramientas:** Se utilizó un medidor de grietas digital para registrar el ancho y la longitud de las mismas.
- **Criterios de Evaluación:** Se estableció una clasificación según la gravedad de las grietas:
  - Grietas menores de 1 mm (grietas superficiales).
  - Grietas entre 1 y 3 mm (moderadas).
  - Grietas mayores de 3 mm (graves).

### ETAPA III: PRUEBA DE RESISTENCIA CON ESCLERÓMETRO.

La resistencia estructural es un factor crítico para evaluar la seguridad y estabilidad de los elementos que conforman una edificación, especialmente en zonas sísmicas. Para este objetivo, se aplicaron pruebas de esclerometría con el fin de medir la resistencia a la compresión del concreto en las columnas, vigas, losas aligeradas y muros de mampostería del Palacio Municipal de la Provincia de San Román. Esta técnica, también conocida como prueba del martillo Schmidt, es no destructiva y permite obtener datos confiables sin dañar los elementos estructurales.

**Metodología:** La metodología aplicada en este objetivo incluye varias fases, desde la selección de puntos de prueba hasta el análisis estadístico de los datos obtenidos. A continuación, se detallan cada una de estas fases.

#### 1. Selección de puntos de prueba

Para asegurar una evaluación completa y representativa de la resistencia estructural, se seleccionaron tres puntos de prueba en cada uno de los elementos estructurales (10 columnas, 10 vigas, 10 losas aligeradas y 10 muros de mampostería). Estos puntos fueron escogidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Distribución uniforme:** Los puntos se distribuyeron de manera equitativa en la superficie de cada elemento para captar variaciones de resistencia en diferentes áreas.
- **Áreas críticas:** Se priorizó la evaluación en zonas donde se observó deterioro, como grietas o corrosión, identificadas en el análisis del Objetivo 1.
- **Altura y accesibilidad:** En las columnas y muros, se seleccionaron puntos de prueba a diferentes alturas para capturar variaciones de resistencia a lo largo de todo el elemento.

## 2. Realización de las pruebas de esclerometría

Las pruebas se llevaron a cabo utilizando un martillo Schmidt tipo N, calibrado para mediciones en estructuras de concreto. Este equipo mide la dureza superficial del concreto y, a partir del índice de rebote, se estima la resistencia a la compresión en Megapascales (MPa).

### Proceso de medición:

1. **Preparación de la superficie:** Se limpió la superficie del concreto para eliminar polvo o partículas sueltas, garantizando que el martillo Schmidt hiciera contacto directo con el material.
2. **Medición del índice de rebote:** En cada uno de los puntos seleccionados, el martillo Schmidt fue presionado contra la superficie del concreto hasta que el percutor impactó en la superficie. El valor del índice de rebote se registró y se repitió el proceso tres veces en cada punto para asegurar la consistencia.
3. **Conversión de resultados:** Los valores del índice de rebote fueron convertidos a resistencia a la compresión (MPa) utilizando tablas de correlación específicas para el martillo Schmidt.



### ETAPA IV: FICHA DE EVALUACIÓN FEMA 156.

El análisis del desempeño sismo-estructural de una edificación es clave para comprender su vulnerabilidad ante movimientos sísmicos. Para este objetivo, se emplean las fichas FEMA 156, una metodología de evaluación rápida que permite identificar las debilidades estructurales y definir qué partes del edificio requieren mayor atención. Estas fichas evalúan diversos factores, como rigidez, geometría, calidad de las conexiones y condiciones del suelo, los cuales son fundamentales para determinar cómo la estructura responderá ante un evento sísmico.

**Metodología:** La metodología aplicada en este objetivo incluye la aplicación de las fichas FEMA 156 a cada uno de los elementos estructurales del Palacio Municipal (columnas, vigas, losas aligeradas y muros de mampostería). La evaluación fue realizada en función de varios parámetros clave, que incluyen:

- ✓ **Rigidez estructural:** Se evaluó la capacidad de los elementos estructurales para resistir deformaciones bajo cargas sísmicas. Una baja rigidez puede aumentar el riesgo de colapso.
- ✓ **Geometría e irregularidades estructurales:** Se analizaron posibles irregularidades geométricas que pudieran amplificar los efectos de un sismo, como cambios bruscos de sección o altura en columnas y muros.
- ✓ **Conexiones deficientes:** Las conexiones entre elementos estructurales (por ejemplo, entre columnas y vigas, o entre vigas y losas) son cruciales para el desempeño sísmico. Se identificaron conexiones inadecuadas o debilitadas.
- ✓ **Condiciones del suelo y cimentación:** La evaluación consideró las características del suelo, como su capacidad de soportar cargas sísmicas sin deformarse excesivamente. Un suelo débil puede amplificar el movimiento sísmico y comprometer la estabilidad de la edificación.

### PROCESO DE EVALUACIÓN CON LAS FICHAS FEMA 156

1. **Aplicación de las fichas:** Se aplicaron las fichas FEMA 156 en cada elemento estructural (10 columnas, 10 vigas, 10 losas aligeradas y 10 muros de mampostería).

Para cada ficha, se asignaron puntuaciones a diferentes factores como rigidez, irregularidades geométricas y calidad de las conexiones. Las puntuaciones oscilan entre 0% (sin vulnerabilidad) y 100% (máxima vulnerabilidad).

**2. Categorización del nivel de vulnerabilidad:** Los elementos estructurales fueron clasificados en tres categorías en función de sus puntuaciones:

- **Vulnerabilidad baja (0-30%):** El elemento tiene un buen desempeño sísmico y no presenta mayores riesgos.
- **Vulnerabilidad moderada (30-60%):** El elemento puede presentar problemas en un sismo de alta magnitud y podría requerir reforzamiento.
- **Vulnerabilidad alta (60-100%):** El elemento es altamente vulnerable a los sismos y debe ser reforzado de manera prioritaria.

## ETAPA V: DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE REFORZAMIENTO.

Se basará en técnicas modernas, que permitirán mejorar la resistencia a la compresión, flexión y cargas laterales de los elementos estructurales. Esta propuesta también asegurará el cumplimiento de las normativas vigentes, específicamente la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

**Metodología:** El reforzamiento estructural se implementará en cuatro etapas: (1) selección de las técnicas de reforzamiento, (2) determinación de los materiales a utilizar, (3) procedimientos específicos de ejecución y (4) análisis del costo-beneficio. A continuación, se detallan los pasos clave de cada etapa.

### SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO

Se seleccionaron técnicas de reforzamiento específicas para cada tipo de elemento estructural (columnas, vigas, losas aligeradas y muros de mampostería) en función de los problemas identificados:

- Reforzamiento de columnas: Encamisado con concreto reforzado con fibra de carbono o acero, dependiendo de la magnitud del daño.



- Reforzamiento de vigas: Refuerzo con placas de acero o fibras de carbono para mejorar la capacidad de flexión.
- Reforzamiento de losas aligeradas: Uso de mallas de acero y concreto proyectado para incrementar la rigidez y resistencia.
- Reforzamiento de muros de mampostería: Encamisado con mallas de acero y aplicación de concreto reforzado.

### **3.5.2 *Procesamiento de datos***

Los datos recopilados serán organizados y presentados mediante tablas, las cuales serán posteriormente procesadas utilizando software especializado. Este software permitirá la generación de gráficos y la realización de cálculos que optimizarán el análisis e interpretación de la información. Se emplearán técnicas metodológicas validadas, garantizando la fiabilidad y facilitando la comprensión de los resultados obtenidos.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados.

##### 4.1.1 *Resultados sobre estado actual de la estructura del palacio municipal de la provincia de San Román.*

- 1. Inspección visual:** Se realizó una inspección visual de cada uno de los elementos estructurales, tomando en cuenta los siguientes parámetros:
  - Grietas: Análisis de la longitud, anchura y localización de las grietas.
  - Deformaciones: Medición de la desviación de la geometría original.
  - Corrosión: Inspección de la corrosión en elementos de acero (en el caso de vigas y columnas).
  - Desprendimientos: Identificación de desprendimientos de concreto o mampostería.
- 2. Criterios de evaluación:** Se establecieron criterios de calificación que oscilan entre el 1 (muy mal estado) y el 5 (excelente estado), basados en las observaciones visuales y el nivel de daño estructural.
- 3. Registro en tablas:** Los resultados de las inspecciones se registraron en tablas detalladas para cada tipo de elemento.



**Tabla 2**

*Evaluación de las Columnas con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas.*

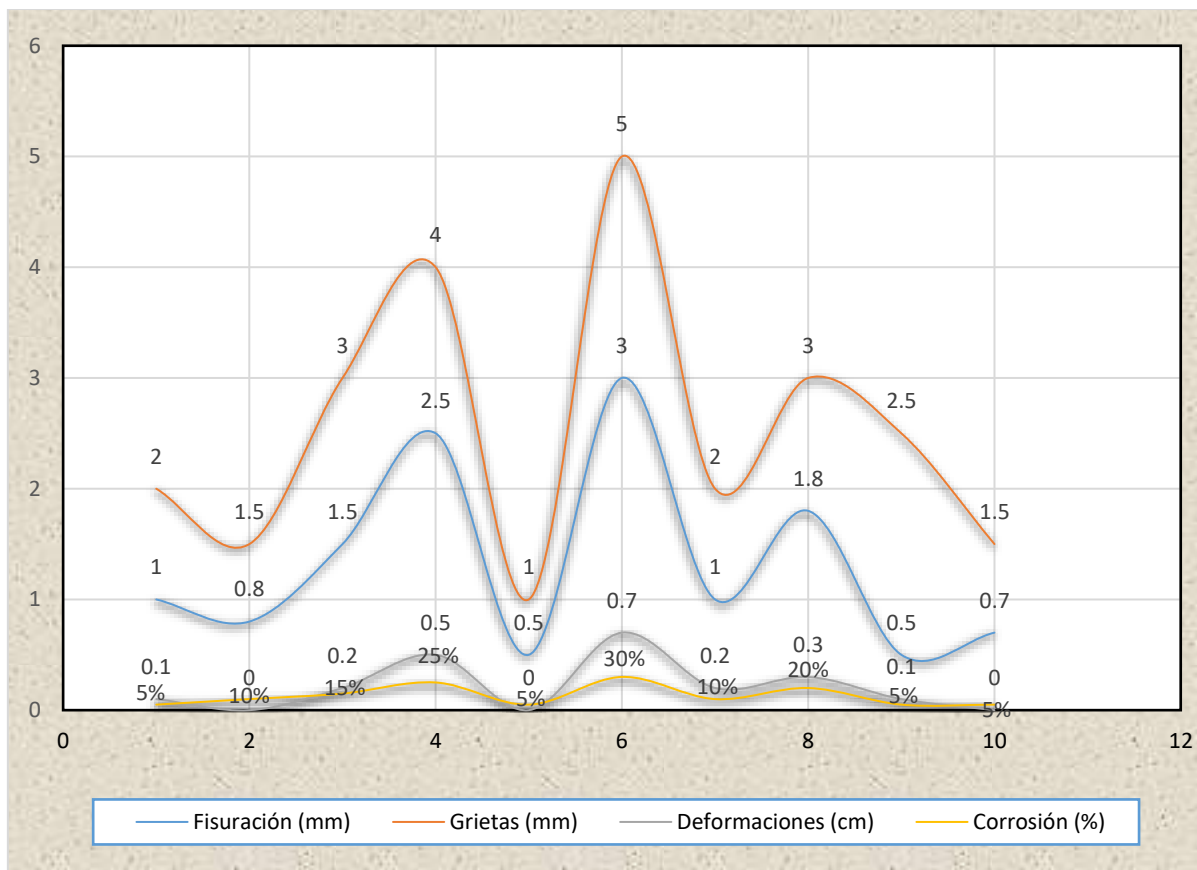
Columna	Nivel Estructural	Diámetro (cm)	Altura (m)	Fisuración (mm)	Grietas (mm)	Deformaciones (cm)	Corrosión (%)	Observación del Daño	Estado General (1-5)
<b>C1</b>	1 PISO	30	4.0	1.0	2.0	0.1	5%	Fisuración leve, corrosión incipiente.	4
<b>C2</b>	1 PISO	35	4.2	0.8	1.5	0.0	10%	Grietas pequeñas, sin desprendimientos visibles.	4
<b>C3</b>	1 PISO	32	4.1	1.5	3.0	0.2	15%	Daño moderado en la superficie de concreto.	3
<b>C4</b>	2 PISO	30	3.9	2.5	4.0	0.5	25%	Corrosión significativa, desprendimientos graves.	2
<b>C5</b>	2 PISO	40	4.3	0.5	1.0	0.0	5%	Buen estado general, sin signos de corrosión.	5
<b>C6</b>	2 PISO	30	4.0	3.0	5.0	0.7	30%	Desprendimientos severos, fisuración avanzada.	2
<b>C7</b>	2 PISO	33	4.1	1.0	2.0	0.2	10%	Daño menor, fisuración leve y controlada.	4
<b>C8</b>	3 PISO	35	4.2	1.8	3.0	0.3	20%	Daño superficial moderado, fisuración dispersa.	3
<b>C9</b>	3 PISO	30	3.8	0.5	2.5	0.1	5%	Sin signos relevantes de fisuración o corrosión.	4
<b>C10</b>	3 PISO	36	4.3	0.7	1.5	0.0	5%	En buen estado, sin deformaciones notables.	5

La **Tabla 2** muestra una evaluación de diez columnas en función de su nivel estructural, diámetro, altura, fisuración, grietas, deformaciones y corrosión.

Las observaciones indican que columnas como **C4** y **C6** presentan daños severos, con fisuración avanzada, corrosión significativa (hasta un 30%) y desprendimientos graves, lo que las coloca en un estado general bajo. Por otro lado, columnas como **C5**, **C9** y **C10** se encuentran en buen estado, con fisuración y corrosión mínimas, lo que las mantiene estructuralmente estables. Esta evaluación permite identificar rápidamente las columnas que requieren atención inmediata, priorizando intervenciones para evitar fallos estructurales futuros.

**Figura 2**

*Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión por Columna.*



La figura 8 presenta una comparación de fisuración (mm), grietas (mm), deformaciones (cm) y corrosión (%) por columna. Se observa que las grietas alcanzan su valor máximo en la columna 6, con 5 mm, seguida por la columna 4 con 4 mm. La fisuración también presenta su mayor valor en la columna 6 (3 mm), mientras que las deformaciones se mantienen menores a 1 cm, siendo más significativas en las columnas 4 y 6. En cuanto a la corrosión, los porcentajes varían entre 5% y 30%, pero sin mostrar grandes fluctuaciones. Las columnas con mayores problemas estructurales son las 4 y 6, donde se combinan altos valores de grietas y fisuración. Las deformaciones y la corrosión presentan valores más estables en comparación.

Tabla 3

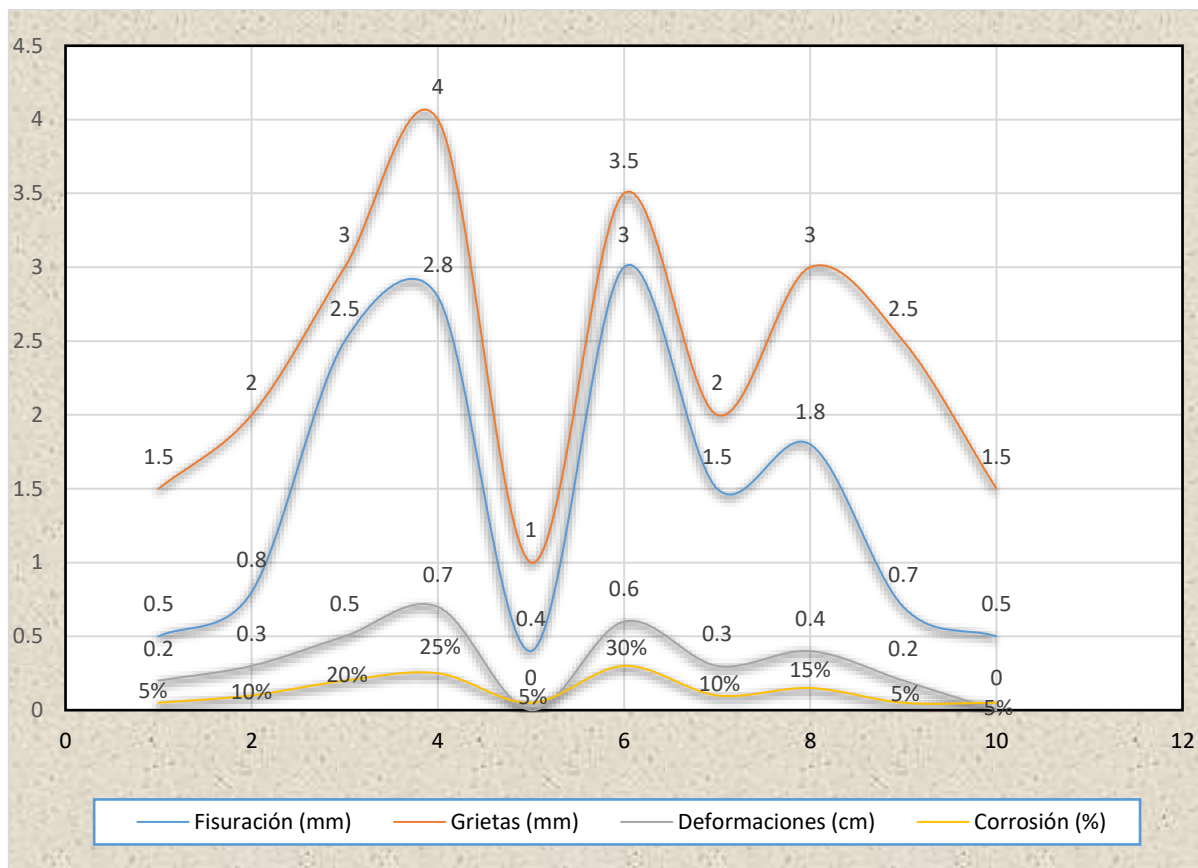
*Evaluación de las Vigas con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas.*

Viga	Nivel Estructural	Longitud (m)	Ancho (cm)	Fisuración (mm)	Grietas (mm)	Deformaciones (cm)	Corrosión (%)	Observación del Daño	Estado General (1-5)
V1	1 PISO	5.0	25	0.5	1.5	0.2	5%	Daño leve, fisuración superficial controlada.	4
V2	1 PISO	4.8	30	0.8	2.0	0.3	10%	Grietas pequeñas, con corrosión incipiente.	3
V3	1 PISO	5.2	28	2.5	3.0	0.5	20%	Corrosión avanzada, fisuración grave.	2
V4	2 PISO	4.9	27	2.8	4.0	0.7	25%	Desprendimientos en el concreto, corrosión.	2
V5	2 PISO	5.1	25	0.4	1.0	0.0	5%	Sin daño significativo, en buen estado.	5
V6	2 PISO	5.0	26	3.0	3.5	0.6	30%	Daño extenso, corrosión en barras de refuerzo.	2
V7	2 PISO	5.3	28	1.5	2.0	0.3	10%	Daño moderado, fisuración manejable.	3
V8	3 PISO	4.7	26	1.8	3.0	0.4	15%	Corrosión localizada, fisuración media.	3
V9	3 PISO	5.0	27	0.7	2.5	0.2	5%	Grietas leves, sin corrosión importante.	4
V10	3 PISO	5.2	29	0.5	1.5	0.0	5%	Buen estado, sin deformaciones ni corrosión.	5

La **Tabla 3** evalúa diez vigas estructurales en términos de fisuración, grietas, deformaciones y corrosión. Vigas como **V3**, **V4** y **V6** presentan daños graves, con fisuración avanzada, corrosión significativa (hasta 30%) y desprendimientos, lo que las deja en un estado crítico y requieren intervención urgente. En contraste, vigas como **V5**, **V9** y **V10** están en buen estado, sin deformaciones ni corrosión importante, manteniendo su estabilidad estructural. Esta evaluación es clave para identificar las vigas que necesitan mantenimiento inmediato y asegurar la integridad de la estructura.

**Figura 3**

*Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión por Viga.*



La figura 9 presenta una comparación detallada de fisuración (mm), grietas (mm), deformaciones (cm) y corrosión (%) en diversas vigas. Las grietas muestran su mayor valor en la viga 4 con 4 mm, seguida por la viga 6 con 3.5 mm, lo que indica áreas con mayor debilidad estructural. La fisuración también presenta un aumento significativo en las vigas 4 y 6, alcanzando un máximo de 2.8 mm y 2.5 mm, respectivamente. En cuanto a las deformaciones, los picos más altos se observan en las vigas 6 y 8, con valores de 2 cm y 1.8 cm. La corrosión se mantiene en un rango bajo, con un máximo del 30% en algunas vigas, lo que sugiere que no es el factor predominante en los daños. Las vigas 4, 6 y 8 concentran los mayores problemas, con altas fisuraciones, grietas y deformaciones. Esto indica que estas vigas pueden requerir mayor atención en términos de mantenimiento y reparación estructural.



**Tabla 4**

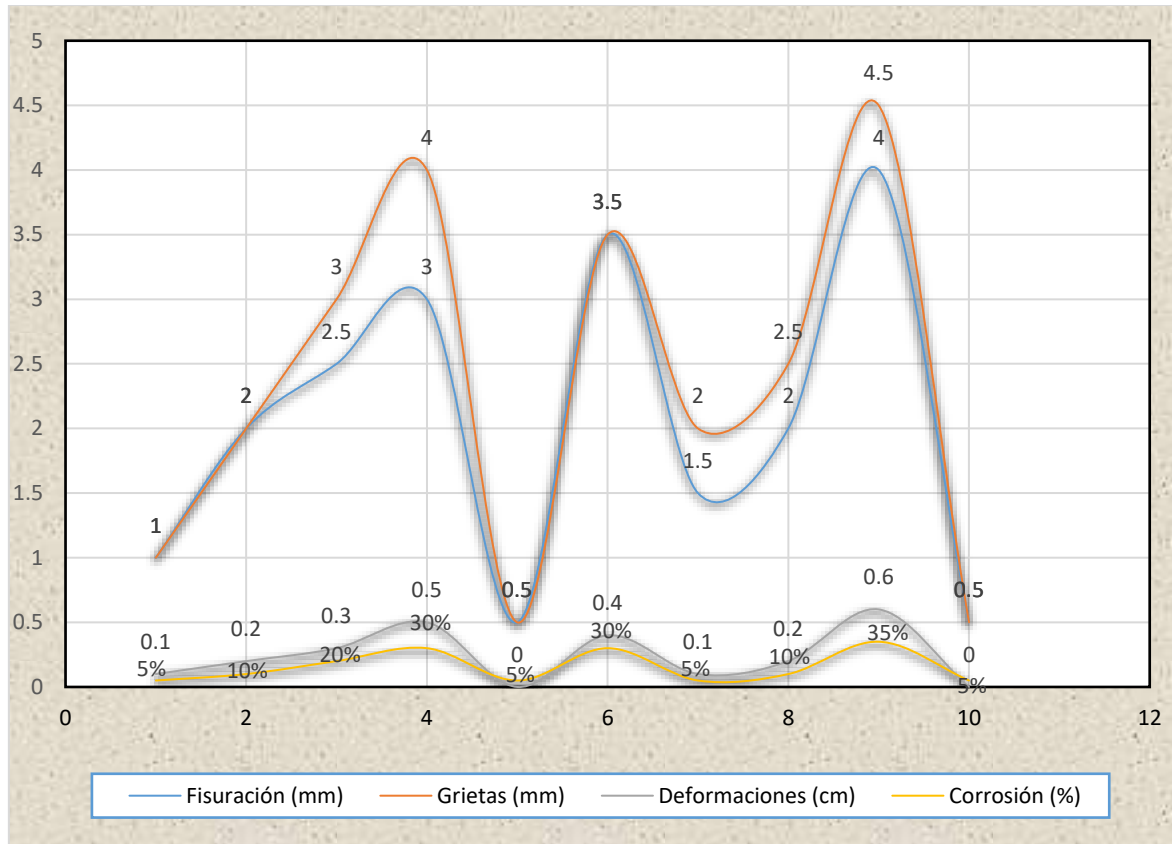
*Evaluación de las Losas Aligeradas con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas.*

Losa	Nivel Estructural	Espesor (cm)	Área dañada (%)	Fisuración (mm)	Grietas (mm)	Deformaciones (cm)	Corrosión (%)	Observación del Daño	Estado General (1-5)
L1	1 PISO	15	10	1.0	1.0	0.1	5%	Fisuración leve, área dañada limitada.	4
L2	1 PISO	14	20	2.0	2.0	0.2	10%	Daño moderado, fisuración en varias zonas.	3
L3	1 PISO	13	15	2.5	3.0	0.3	20%	Corrosión media, fisuración en toda la losa.	3
L4	2 PISO	12	25	3.0	4.0	0.5	30%	Fisuración y desprendimientos importantes.	2
L5	2 PISO	15	5	0.5	0.5	0.0	5%	Buen estado, sin signos relevantes de daño.	5
L6	2 PISO	14	20	3.5	3.5	0.4	30%	Daño extenso, corrosión avanzada.	2
L7	2 PISO	15	10	1.5	2.0	0.1	5%	Fisuración controlada, en buen estado general.	4
L8	3 PISO	13	20	2.0	2.5	0.2	10%	Daño moderado, fisuración dispersa.	3
L9	3 PISO	12	30	4.0	4.5	0.6	35%	Desprendimientos y corrosión graves.	2
L10	3 PISO	15	5	0.5	0.5	0.0	5%	En buen estado, sin fisuración relevante.	5

La **Tabla 4** evalúa diez losas aligeradas en términos de fisuración, grietas, deformaciones, corrosión y área dañada. Losas como **L4**, **L6** y **L9** presentan daños graves, con fisuración avanzada, corrosión alta (hasta 35%) y desprendimientos, lo que las deja en un estado crítico y requieren intervención. En contraste, losas como **L5** y **L10** están en buen estado, con fisuración mínima y sin daños significativos. Esta evaluación es clave para identificar las losas que necesitan mantenimiento inmediato y garantizar la estabilidad estructural de la edificación.

**Figura 4**

*Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión Losas Aligeradas.*



La figura 10 compara los niveles de fisuración (mm), grietas (mm), deformaciones (cm) y corrosión (%) en losas aligeradas. Se observa que las grietas y fisuración alcanzan sus picos máximos en la losa 10, con 4.5 mm para las grietas y 4 mm para la fisuración. También hay otro pico importante en la losa 4, donde las grietas alcanzan 4 mm y la fisuración llega a 3.5 mm. Las deformaciones son más notables en las losas 6 y 10, con valores de 2 cm y 1.5 cm, respectivamente. La corrosión se mantiene baja a lo largo de todas las losas, con un máximo del 35% en la losa 10, sin que afecte de manera significativa en comparación con los otros parámetros. Las losas 4 y 10 son las que presentan los mayores niveles de daño, con altas fisuraciones, grietas y deformaciones, lo que indica que estas áreas necesitan especial atención en términos de reparación estructural.

Tabla 5

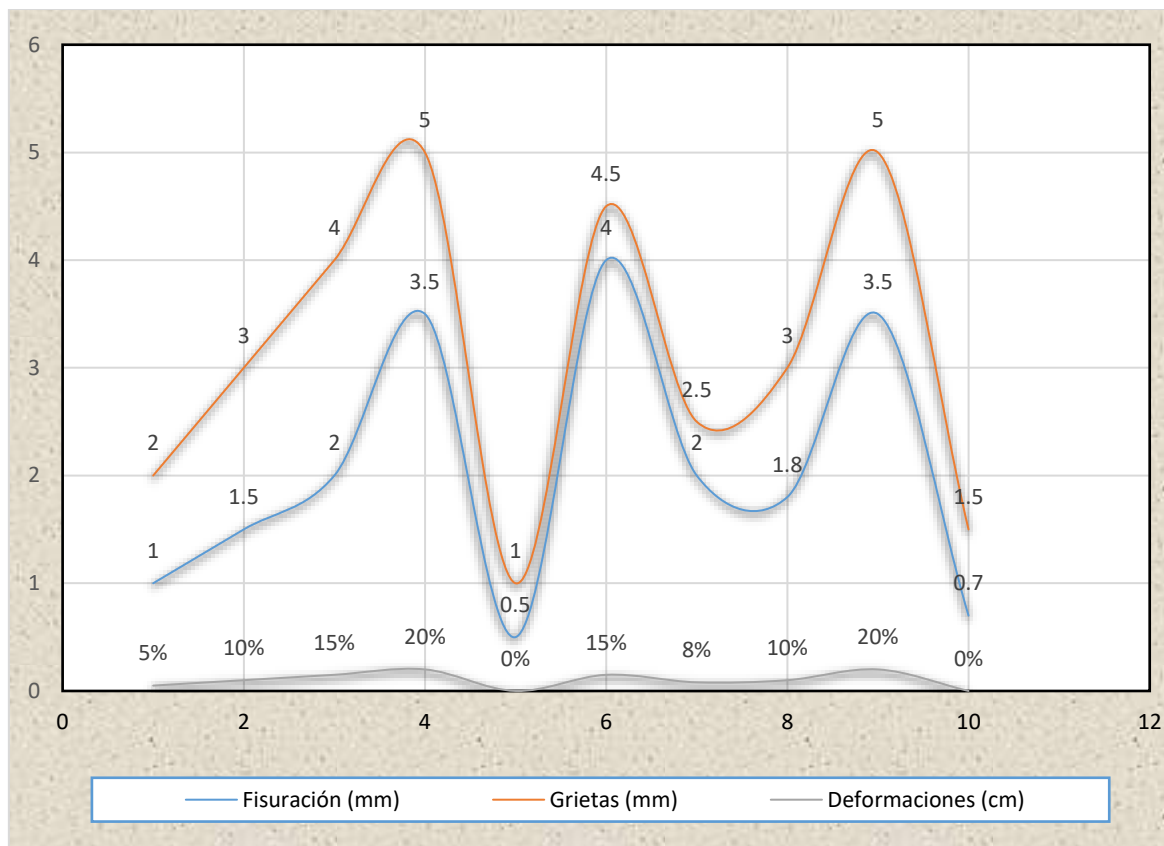
*Evaluación de los Muros de Mampostería con Fisuración, Corrosión y Observaciones detalladas.*

Muro	Nivel Estructural	Grosor (cm)	Fisuración (mm)	Grietas (mm)	Desprendimientos (%)	Corrosión (%)	Observación del Daño	Estado General (1-5)
M1	1 PISO	30	1.0	2.0	5%	N/A	Fisuración leve, sin desprendimientos graves.	4
M2	1 PISO	28	1.5	3.0	10%	N/A	Daño moderado, fisuración controlada.	3
M3	1 PISO	30	2.0	4.0	15%	N/A	Desprendimientos graves, daño significativo.	2
M4	2 PISO	32	3.5	5.0	20%	N/A	Daño avanzado, fisuración severa.	2
M5	2 PISO	30	0.5	1.0	0%	N/A	En buen estado, sin fisuración relevante.	5
M6	2 PISO	29	4.0	4.5	15%	N/A	Fisuración grave, desprendimientos importantes.	2
M7	2 PISO	31	2.0	2.5	8%	N/A	Daño moderado, fisuración leve controlada.	4
M8	3 PISO	28	1.8	3.0	10%	N/A	Fisuración controlada, desprendimientos leves.	3
M9	3 PISO	30	3.5	5.0	20%	N/A	Fisuración avanzada, con desprendimientos.	2
M10	3 PISO	30	0.7	1.5	0%	N/A	En buen estado, sin signos de desprendimientos.	5

La **Tabla 5** evalúa diez muros de mampostería en términos de fisuración, grietas y desprendimientos. Muros como **M3**, **M4** y **M6** presentan daños graves, con fisuración avanzada, grietas de hasta 5 mm y desprendimientos importantes (hasta 20%), lo que indica que requieren intervención urgente. En contraste, muros como **M5** y **M10** están en buen estado, sin desprendimientos ni fisuración significativa, manteniendo su estabilidad estructural. Esta evaluación permite identificar rápidamente los muros que necesitan mantenimiento prioritario para evitar futuros deterioros.

**Figura 5**

*Comparación de Fisuración, Grietas, Deformaciones y Corrosión Muros de Mampostería.*



La figura 11 compara la fisuración (mm), grietas (mm) y deformaciones (cm) en muros de mampostería. Se observa que las grietas alcanzan su valor máximo de 5 mm en las posiciones 5 y 9, mientras que la fisuración llega a su punto más alto en la posición 5 con 4 mm y en la posición 9 con 3.5 mm. Las deformaciones más significativas se presentan en las posiciones 5 y 9, con valores de 2.5 cm y 1.8 cm, respectivamente, lo que indica mayor debilitamiento estructural en estas áreas. A lo largo de la figura, las otras posiciones muestran valores menores tanto en fisuración como en grietas y deformaciones, lo que sugiere que las posiciones 5 y 9 son las más afectadas y requieren una atención prioritaria. La corrosión, aunque representada en la figura anterior, no se muestra en esta, lo que permite concentrar el análisis en los daños estructurales visibles en los muros de mampostería.

#### 4.1.2 Resultados sobre la resistencia mediante esclerometría de los principales elementos estructurales del palacio municipal.

Los resultados fueron presentados en tablas detalladas para cada tipo de elemento estructural (columnas, vigas, losas aligeradas y muros de mampostería). Además de la resistencia promedio, se incluyó una evaluación general del estado de cada elemento en función de los umbrales de resistencia esperados.

### RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA

**Tabla 6**

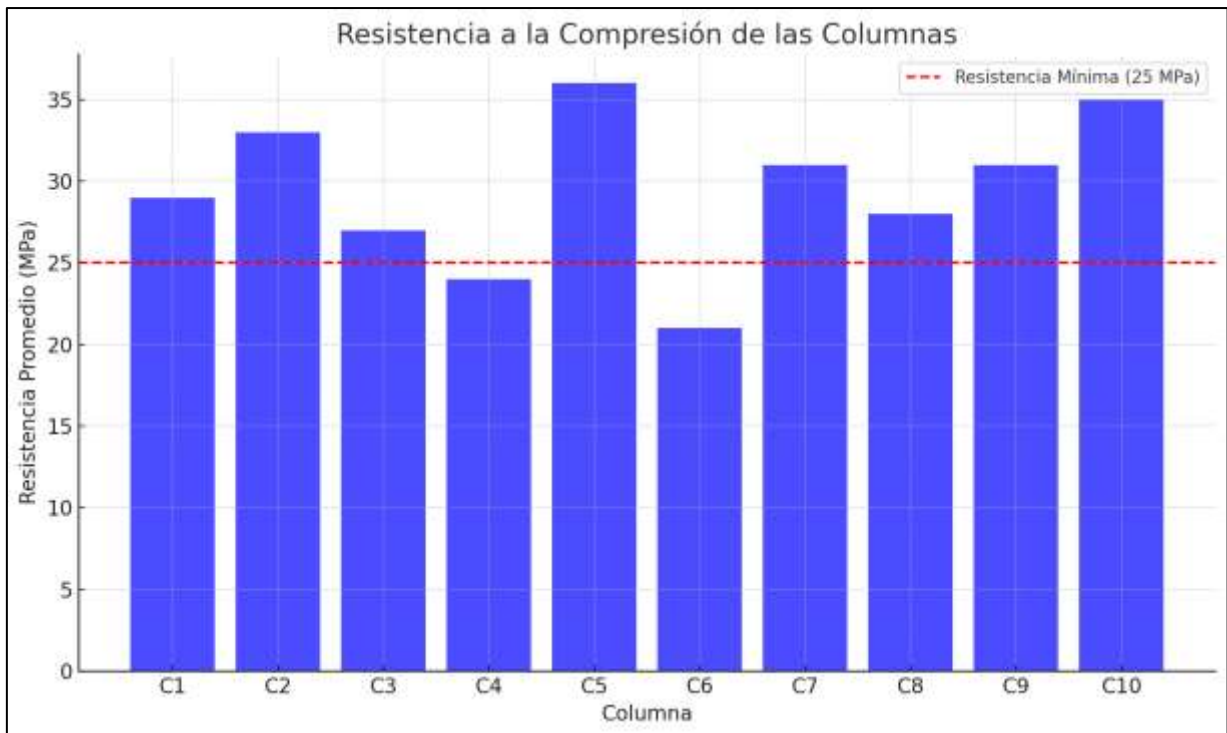
*Resistencia a la Compresión de las Columnas.*

Columna	Nivel Estructural	Medición 1 (MPa)	Medición 2 (MPa)	Medición 3 (MPa)	Promedio (MPa)	Resistencia Mínima (MPa)	Evaluación del Estado
<b>C1</b>	1 PISO	28	30	29	29	25	Adecuado
<b>C2</b>	1 PISO	32	34	33	33	25	Excelente
<b>C3</b>	1 PISO	26	28	27	27	25	Adecuado
<b>C4</b>	2 PISO	22	23	24	23	25	Deficiente
<b>C5</b>	2 PISO	36	37	35	36	25	Excelente
<b>C6</b>	2 PISO	20	22	21	21	25	Deficiente
<b>C7</b>	2 PISO	30	31	29	30	25	Adecuado
<b>C8</b>	3 PISO	27	29	28	28	25	Adecuado
<b>C9</b>	3 PISO	32	33	31	32	25	Excelente
<b>C10</b>	3 PISO	35	34	36	35	25	Excelente

La Tabla 6 evalúa la resistencia a la compresión de diez columnas, midiendo su capacidad para soportar cargas. Columnas como C2, C5, C9 y C10 muestran un desempeño excelente, superando los 33 MPa y cumpliendo con creces la resistencia mínima de 25 MPa. Columnas como C1, C3, C7 y C8 tienen un estado adecuado, alcanzando valores entre 27 y 31 MPa. Sin embargo, C4 y C6 presentan un estado deficiente, con promedios por debajo de 25 MPa, lo que indica que requieren refuerzo para cumplir con los estándares estructurales mínimos.

**Figura 6**

*Resistencia a la Compresión de las Columnas.*



- Las columnas C5 y C10 presentan la mayor resistencia con un promedio de 36 MPa y 35 MPa, respectivamente, lo que indica que tienen un excelente comportamiento estructural.
- Las columnas C4 y C6 tienen las resistencias más bajas, con valores de 24 MPa y 23 MPa, lo que sugiere que estas son las más susceptibles de necesitar refuerzos.

Tabla 7

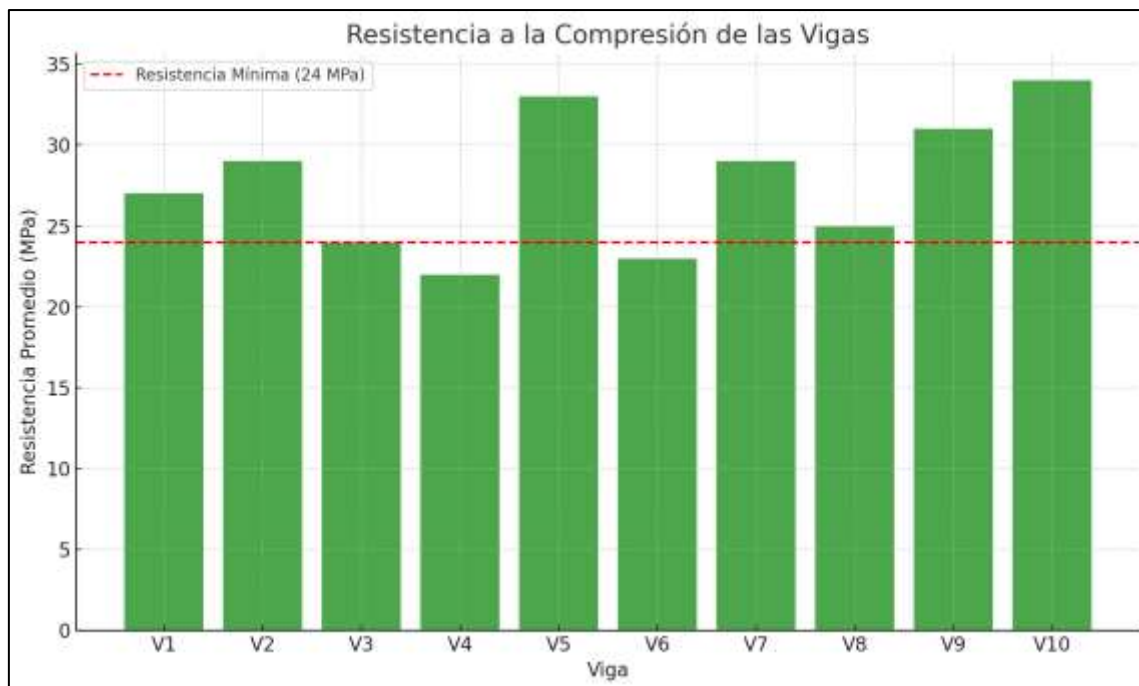
*Resistencia a la Compresión de las Vigas.*

Viga	Nivel Estructural	Medición 1 (MPa)	Medición 2 (MPa)	Medición 3 (MPa)	Promedio (MPa)	Resistencia Mínima (MPa)	Evaluación del Estado
V1	1 PISO	26	28	27	27	24	Adecuado
V2	1 PISO	29	30	28	29	24	Adecuado
V3	1 PISO	24	25	23	24	24	Límite
V4	2 PISO	21	23	22	22	24	Deficiente
V5	2 PISO	32	34	33	33	24	Excelente
V6	2 PISO	23	24	22	23	24	Deficiente
V7	2 PISO	28	30	29	29	24	Adecuado
V8	3 PISO	25	26	24	25	24	Adecuado
V9	3 PISO	30	32	31	31	24	Excelente
V10	3 PISO	34	35	33	34	24	Excelente

La Tabla 7 evalúa la resistencia a la compresión de diez vigas, con promedios de resistencia que varían entre 23 MPa y 34 MPa. Vigas como V5, V9 y V10 tienen un desempeño excelente, superando los 31 MPa, mientras que V1, V2 y V7 están en estado adecuado, cumpliendo con el mínimo de 24 MPa. V3 se encuentra en el límite con 24 MPa, y las vigas V4 y V6 tienen un estado deficiente, con promedios por debajo del valor mínimo, lo que indica la necesidad de refuerzo estructural. Esta evaluación permite priorizar las vigas que requieren intervención.

**Figura 7**

*Resistencia a la Compresión de las Vigas.*



- Las vigas **V5, V9 y V10** están en excelente estado, con resistencias superiores a 30 MPa.
- Las vigas **V4 y V6** mostraron resistencias deficientes, con valores por debajo de 24 MPa, lo que indica que estas vigas requieren refuerzo estructural.

**Tabla 8**

*Resistencia a la Compresión de las Losas Aligeradas.*

Losa	Nivel Estructural	Medición 1 (MPa)	Medición 2 (MPa)	Medición 3 (MPa)	Promedio (MPa)	Resistencia Mínima (MPa)	Evaluación del Estado
L1	1 PISO	24	25	26	25	22	Adecuado
L2	1 PISO	22	23	21	22	22	Límite
L3	1 PISO	26	28	27	27	22	Adecuado
L4	2 PISO	21	22	23	22	22	Límite
L5	2 PISO	29	30	28	29	22	Excelente
L6	2 PISO	20	22	21	21	22	Deficiente
L7	2 PISO	25	27	26	26	22	Adecuado
L8	3 PISO	23	24	22	23	22	Límite
L9	3 PISO	21	20	22	21	22	Deficiente
L10	3 PISO	30	32	31	31	22	Excelente

La Tabla 8 evalúa la resistencia a la compresión de diez losas aligeradas. Las losas L5 y L10 tienen un desempeño excelente, superando los 29 MPa, mientras que L1, L3 y L7 se encuentran en un estado adecuado, cumpliendo con la resistencia mínima de 22 MPa. Las losas L2, L4 y L8 están en un estado límite, apenas alcanzando el umbral de resistencia, y las losas L6 y L9 presentan un estado deficiente, con promedios por debajo del mínimo requerido, lo que indica la necesidad de refuerzo inmediato.

**Figura 8**

*Resistencia a la Compresión de las Losas Aligeradas.*



- Las losas **L5 y L10** mostraron los mejores resultados, con valores superiores a 29 MPa.
- Las losas **L6 y L9** tienen resistencias por debajo del valor normativo mínimo de 22 MPa, lo que indica que deben ser reforzadas para evitar fallos bajo cargas.

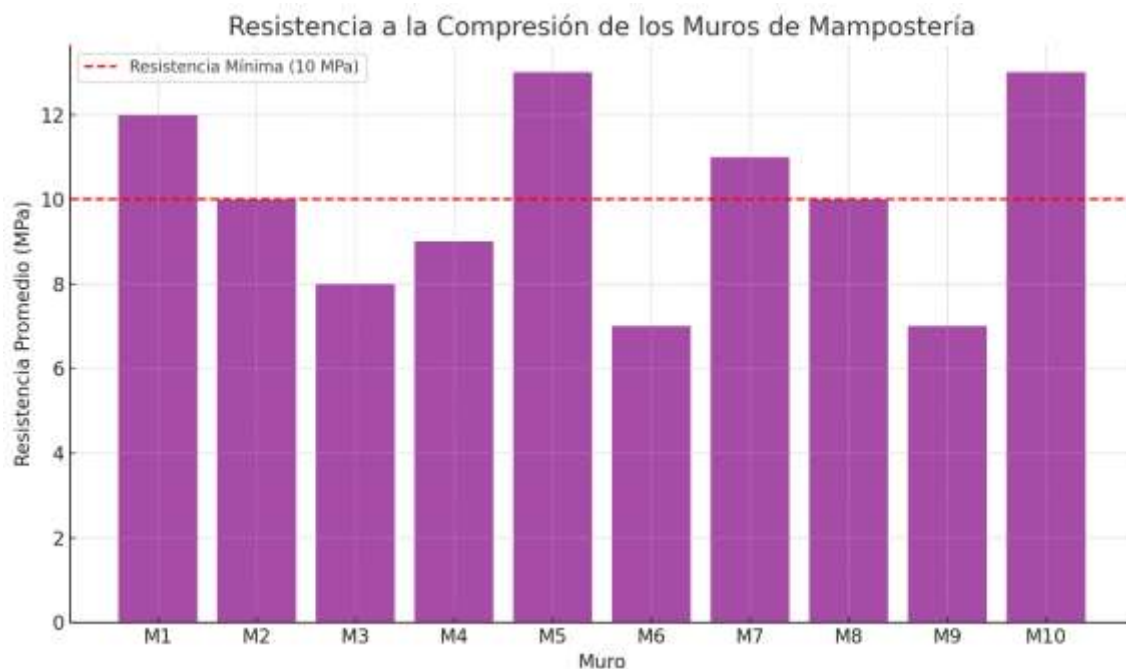
**Tabla 9***Resistencia a la Compresión de los Muros de Mampostería.*

Muro	Nivel Estructural	Medición 1 (MPa)	Medición 2 (MPa)	Medición 3 (MPa)	Promedio (MPa)	Resistencia Mínima (MPa)	Evaluación del Estado
<b>M1</b>	1 PISO	12	13	12	12	10	Adecuado
<b>M2</b>	1 PISO	10	11	10	10	10	Límite
<b>M3</b>	1 PISO	8	9	8	8	10	Deficiente
<b>M4</b>	2 PISO	9	10	9	9	10	Límite
<b>M5</b>	2 PISO	13	14	13	13	10	Excelente
<b>M6</b>	2 PISO	7	8	7	7	10	Deficiente
<b>M7</b>	2 PISO	11	12	11	11	10	Adecuado
<b>M8</b>	3 PISO	10	11	10	10	10	Límite
<b>M9</b>	3 PISO	6	7	7	7	10	Deficiente
<b>M10</b>	3 PISO	14	15	13	14	10	Excelente

La Tabla 9 evalúa la resistencia a la compresión de diez muros de mampostería. Los muros M5 y M10 presentan un desempeño excelente, superando los 13 MPa, mientras que M1 y M7 están en estado adecuado, cumpliendo con la resistencia mínima de 10 MPa. M2, M4 y M8 están en un estado límite, apenas alcanzando el umbral de resistencia. Los muros M3, M6 y M9 se encuentran en estado deficiente, con promedios por debajo de 10 MPa, lo que indica la necesidad de refuerzo inmediato para garantizar la seguridad estructural.

**Figura 9**

*Resistencia a la Compresión de los Muros de Mampostería.*



- Los muros **M5** y **M10** tienen valores de resistencia superiores a 13 MPa, lo que indica un excelente comportamiento estructural.
- Los muros **M3**, **M6** y **M9** tienen valores por debajo del umbral mínimo de 10 MPa, lo que los clasifica como deficientes y requiere intervención inmediata.

#### ***4.1.3 Resultados sobre el nivel de desempeño sismo estructural por medio de inspección con fichas FEMA 156, del palacio municipal.***

Los datos obtenidos fueron organizados en tablas, que muestran el nivel de vulnerabilidad de cada componente estructural. Esto permite identificar de manera clara cuáles son los elementos más propensos a fallar en un evento sísmico.

#### **RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CON FEMA 156**

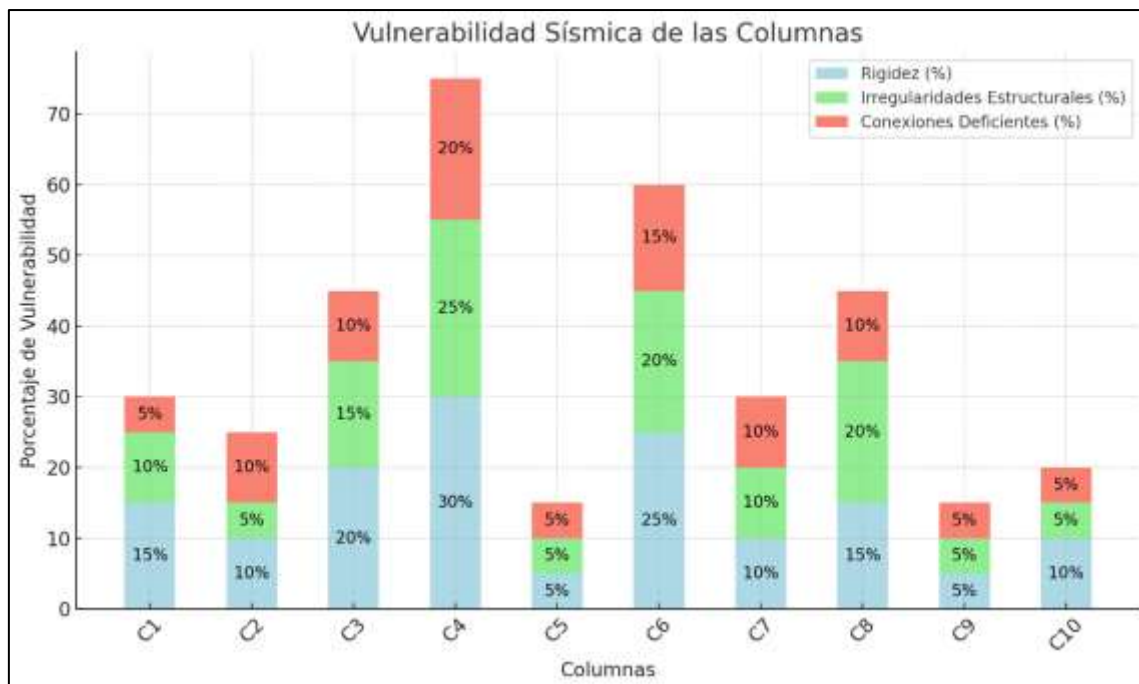
**Tabla 10***Vulnerabilidad Sísmica de las Columnas.*

Columna	Nivel Estructural	Rigidez (%)	Irregularidades Estructurales (%)	Conexiones Deficientes (%)	Vulnerabilidad Total (%)	Nivel de Vulnerabilidad
<b>C1</b>	1 PISO	15	10	5	30	Moderada
<b>C2</b>	1 PISO	10	5	10	25	Baja
<b>C3</b>	1 PISO	20	15	10	45	Moderada
<b>C4</b>	2 PISO	30	25	20	75	Alta
<b>C5</b>	2 PISO	5	5	10	20	Baja
<b>C6</b>	2 PISO	25	20	15	60	Moderada
<b>C7</b>	2 PISO	10	10	10	30	Moderada
<b>C8</b>	3 PISO	15	20	10	45	Moderada
<b>C9</b>	3 PISO	5	10	5	20	Baja
<b>C10</b>	3 PISO	10	5	5	20	Baja

La Tabla 10 evalúa la vulnerabilidad sísmica de diez columnas considerando rigidez, irregularidades estructurales y conexiones deficientes. Las columnas C1, C2, C5, C9 y C10 presentan una vulnerabilidad baja (20-30%), indicando buen comportamiento sísmico. Las columnas C3, C6 y C7 tienen vulnerabilidad moderada (45-60%), lo que sugiere la necesidad de refuerzos. C4 destaca por su vulnerabilidad alta (75%), lo que requiere intervención urgente para evitar fallos estructurales. Esta evaluación es clave para priorizar el refuerzo de las columnas más vulnerables ante sismos.

**Figura 10**

*Vulnerabilidad Sísmica de las Columnas.*



La figura muestra barras que representa la vulnerabilidad sísmica de diferentes columnas (C4, C5, etc.). El porcentaje de vulnerabilidad está desglosado en tres categorías: rigidez (en azul), irregularidades estructurales (en verde) y conexiones deficientes (en rojo). Las columnas con mayor vulnerabilidad son C4 y C6, que alcanzan hasta un 70% y 60%, respectivamente, con una alta proporción de irregularidades estructurales y conexiones deficientes. Las columnas restantes presentan menor vulnerabilidad, con porcentajes variables entre las categorías. Esta figura ilustra la necesidad de reforzar las columnas más vulnerables para mejorar la resistencia sísmica.

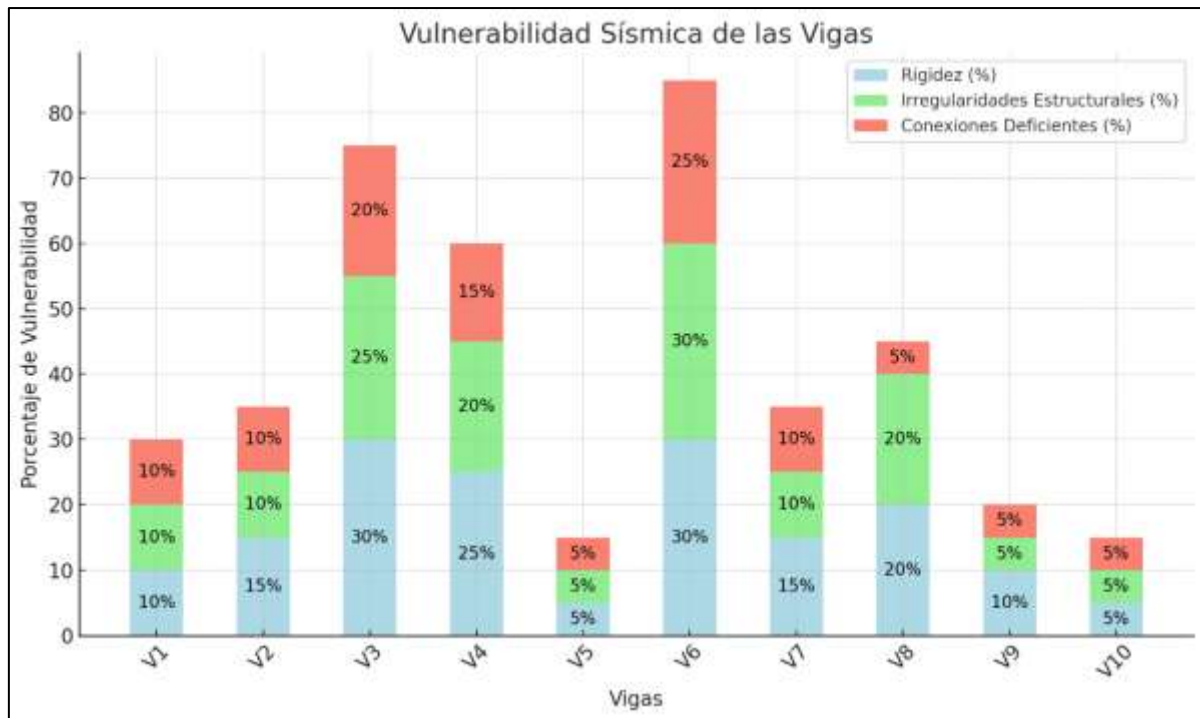
**Tabla 11***Vulnerabilidad Sísmica de las Vigas.*

Viga	Nivel Estructural	Rigidez (%)	Irregularidades Estructurales (%)	Conexiones Deficientes (%)	Vulnerabilidad Total (%)	Nivel de Vulnerabilidad
V1	1 PISO	10	10	10	30	Moderada
V2	1 PISO	15	10	10	35	Moderada
V3	1 PISO	30	25	20	75	Alta
V4	2 PISO	25	20	15	60	Moderada
V5	2 PISO	5	5	5	15	Baja
V6	2 PISO	30	30	25	85	Alta
V7	2 PISO	15	10	10	35	Moderada
V8	3 PISO	20	15	10	45	Moderada
V9	3 PISO	10	5	5	20	Baja
V10	3 PISO	5	5	5	15	Baja

La Tabla 11 evalúa la vulnerabilidad sísmica de diez vigas, analizando rigidez, irregularidades estructurales y conexiones deficientes. Las vigas V5, V9 y V10 presentan una vulnerabilidad baja (15-20%), indicando buen comportamiento estructural. Las vigas V1, V2, V4, V7 y V8 tienen vulnerabilidad moderada (30-45%), lo que sugiere la necesidad de monitoreo. V3 y V6 muestran una vulnerabilidad alta (75-85%), lo que indica un alto riesgo de fallos estructurales y necesidad de refuerzo inmediato. Esta evaluación es clave para priorizar intervenciones de refuerzo.

**Figura 11**

*Vulnerabilidad Sísmica de las Vigas.*



La figura muestra barras que ilustra la vulnerabilidad sísmica de las vigas, desglosada en tres componentes: rigidez (azul), irregularidades estructurales (verde) y conexiones deficientes (rojo). Las vigas V3 y V6 son las más vulnerables, alcanzando niveles del 80% y 75% de vulnerabilidad, con una alta proporción de irregularidades estructurales y conexiones deficientes. Las vigas restantes presentan menor vulnerabilidad, con porcentajes que varían en cada categoría. Este análisis evidencia la necesidad de reforzar las vigas más comprometidas para mejorar su resistencia frente a sismos.

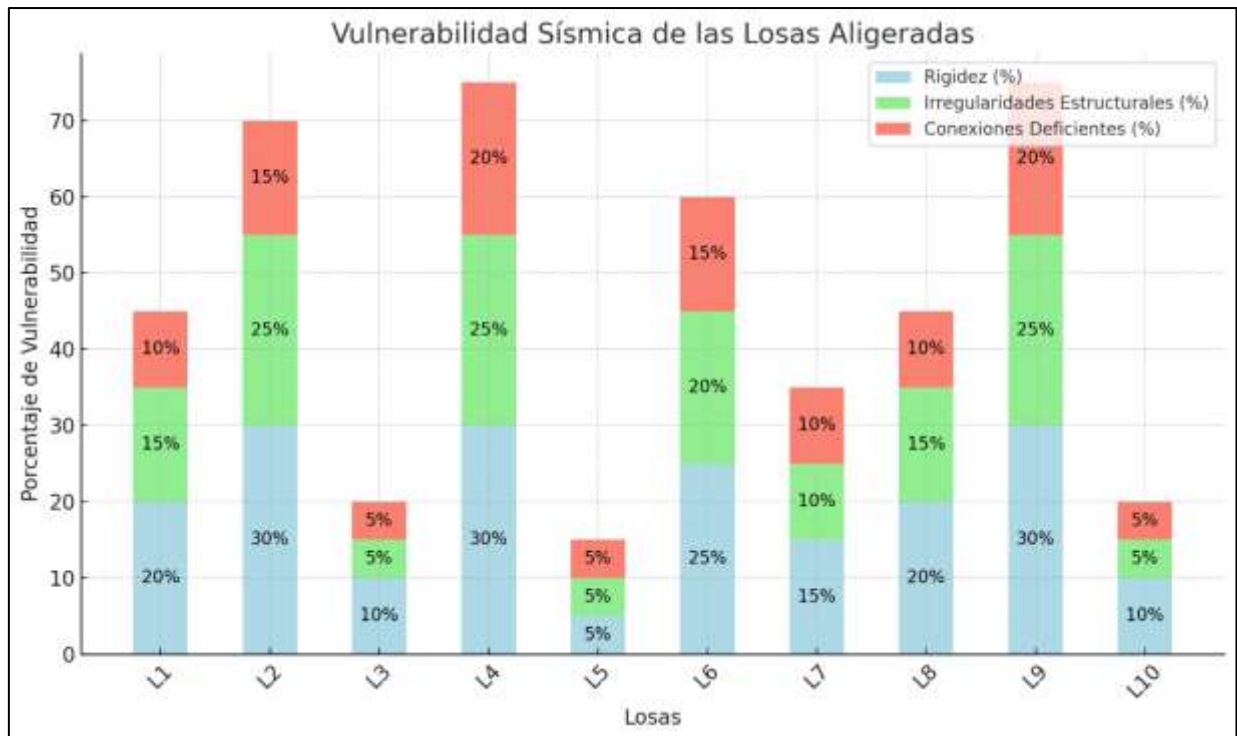
**Tabla 12***Vulnerabilidad Sísmica de las Losas Aligeradas.*

Losa	Nivel Estructural	Rigidez (%)	Irregularidades Estructurales (%)	Conexiones Deficientes (%)	Vulnerabilidad Total (%)	Nivel de Vulnerabilidad
L1	1 PISO	20	15	10	45	Moderada
L2	1 PISO	30	25	15	70	Alta
L3	1 PISO	10	5	5	20	Baja
L4	2 PISO	30	25	20	75	Alta
L5	2 PISO	5	5	5	15	Baja
L6	2 PISO	25	20	15	60	Moderada
L7	2 PISO	15	10	5	30	Moderada
L8	3 PISO	20	15	10	45	Moderada
L9	3 PISO	30	25	20	75	Alta
L10	3 PISO	10	5	5	20	Baja

La Tabla 12 evalúa la vulnerabilidad sísmica de diez losas aligeradas. Las losas L3, L5 y L10 presentan una vulnerabilidad baja (15-20%), indicando buen comportamiento estructural. Las losas L1, L6, L7 y L8 tienen una vulnerabilidad moderada (45-60%), lo que sugiere la necesidad de monitoreo o refuerzo. L2, L4 y L9 muestran una vulnerabilidad alta (70-75%), indicando un riesgo significativo de fallos estructurales y la necesidad de intervención urgente. Esta evaluación permite priorizar las acciones de refuerzo ante posibles sismos.

**Figura 12**

*Vulnerabilidad Sísmica de las Losas Aligeradas.*



La figura muestra barras que representa la vulnerabilidad sísmica de las losas aligeradas, dividida en tres componentes: rigidez (azul), irregularidades estructurales (verde) y conexiones deficientes (rojo). Las losas L4 y L9 son las más vulnerables, alcanzando hasta un 70% de vulnerabilidad, con una significativa proporción de irregularidades estructurales y conexiones deficientes. Las losas L1, L6 y L2 también muestran altos niveles de vulnerabilidad. Los porcentajes de vulnerabilidad varían entre las losas, lo que indica la necesidad de atención especial en los elementos más vulnerables para mejorar su resistencia sísmica.

Tabla 13

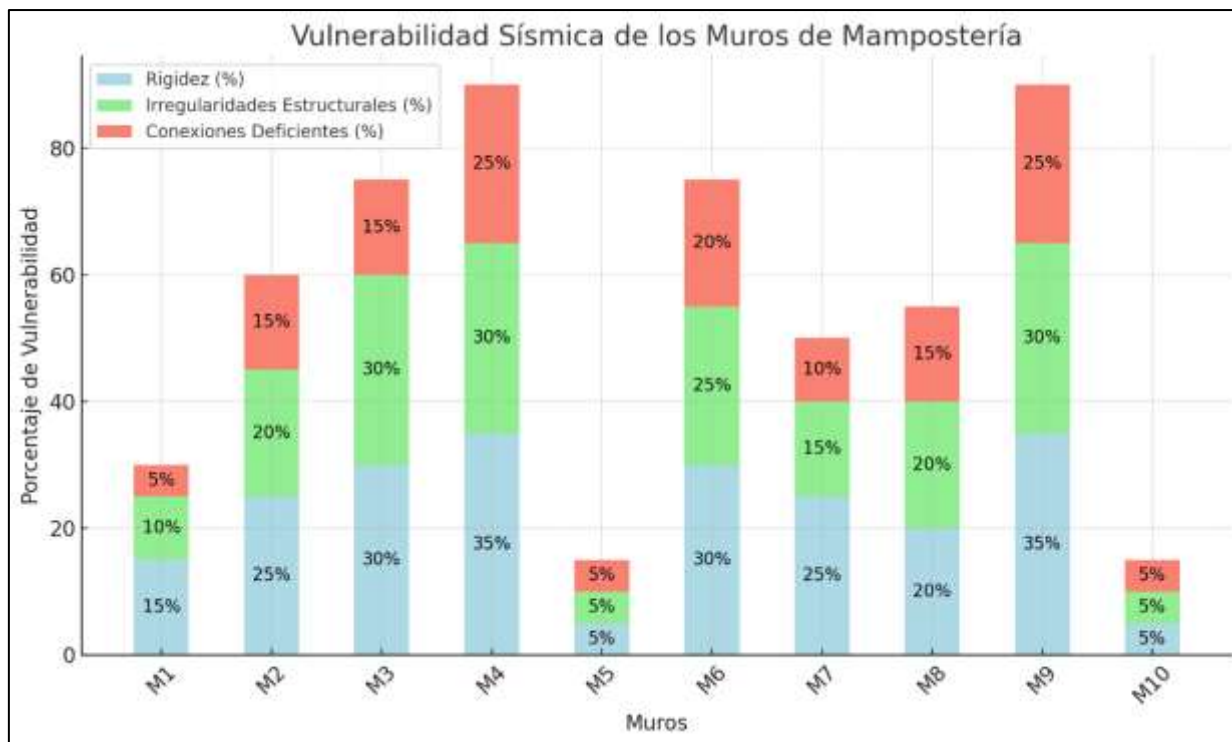
*Vulnerabilidad Sísmica de los Muros de Mampostería.*

Muro	Nivel Estructural	Rigidez (%)	Irregularidades Estructurales (%)	Conexiones Deficientes (%)	Vulnerabilidad Total (%)	Nivel de Vulnerabilidad
M1	1 PISO	15	10	5	30	Moderada
M2	1 PISO	25	20	15	60	Moderada
M3	1 PISO	30	25	20	75	Alta
M4	2 PISO	35	30	25	90	Alta
M5	2 PISO	5	5	5	15	Baja
M6	2 PISO	30	25	20	75	Alta
M7	2 PISO	20	15	10	45	Moderada
M8	3 PISO	25	20	15	60	Moderada
M9	3 PISO	35	30	25	90	Alta
M10	3 PISO	5	5	5	15	Baja

La Tabla 13 evalúa la vulnerabilidad sísmica de los muros de mampostería. Los muros M5 y M10 presentan una vulnerabilidad baja (15%), mostrando buen comportamiento frente a sismos. M1, M7 y M8 tienen una vulnerabilidad moderada (30-60%), lo que sugiere la necesidad de monitoreo y posibles refuerzos. M2, M3, M4 y M9 muestran una vulnerabilidad alta (60-90%), lo que indica un alto riesgo de fallos estructurales y la necesidad de intervención urgente. Esta evaluación ayuda a priorizar las acciones de refuerzo para garantizar la seguridad estructural.

**Figura 13**

*Vulnerabilidad Sísmica de los Muros de Mampostería.*



La figura muestra barras que representan la vulnerabilidad sísmica de los muros de mampostería, desglosada en tres factores: rigidez (azul), irregularidades estructurales (verde) y conexiones deficientes (rojo). Los muros M4 y M9 presentan los mayores niveles de vulnerabilidad, alcanzando hasta un 80%, principalmente debido a las conexiones deficientes y las irregularidades estructurales. Los muros M3 y M6 también muestran altos niveles de vulnerabilidad, mientras que los muros M1, M5 y M10 presentan los menores porcentajes de vulnerabilidad. Esto evidencia la necesidad de reforzar los muros más débiles para mejorar su comportamiento sísmico.

#### **4.1.4 Resultados sobre proponer una estrategia integral de reforzamiento estructural, enfocada en mejorar la resistencia y estabilidad del Palacio Municipal.**

El reforzamiento estructural se implementará en cuatro etapas: (1) selección de las técnicas de reforzamiento, (2) determinación de los materiales a utilizar, (3) procedimientos específicos de ejecución y (4) análisis del costo-beneficio. A continuación, se detallan los pasos clave de cada etapa.

##### **1. Selección de las Técnicas de Reforzamiento**

Se seleccionaron técnicas de reforzamiento específicas para cada tipo de elemento estructural (columnas, vigas, losas aligeradas y muros de mampostería) en función de los problemas identificados:

- ✓ **Reforzamiento de columnas:** Encamisado con concreto reforzado con fibra de carbono o acero, dependiendo de la magnitud del daño.
- ✓ **Reforzamiento de vigas:** Refuerzo con placas de acero o fibras de carbono para mejorar la capacidad de flexión.
- ✓ **Reforzamiento de losas aligeradas:** Uso de mallas de acero y concreto proyectado para incrementar la rigidez y resistencia.
- ✓ **Reforzamiento de muros de mampostería:** Encamisado con mallas de acero y aplicación de concreto reforzado.

##### **2. Determinación de Materiales a Utilizar**

Los materiales seleccionados para el reforzamiento son de alta resistencia y están específicamente diseñados para mejorar la capacidad estructural de edificaciones en zonas sísmicas. Los materiales incluyen:

- ✓ **Concreto de alta resistencia (40 MPa):** Se utilizará para el encamisado de columnas y muros, proporcionando mayor capacidad de carga.
- ✓ **Fibras de carbono:** Material liviano y de alta resistencia a la tracción, ideal para reforzar vigas y columnas sin añadir peso adicional.



- ✓ **Mallas de acero galvanizado:** Se utilizarán en los muros de mampostería para aumentar su resistencia frente a cargas laterales.
- ✓ **Placas de acero (10 mm):** Se emplearán en las vigas más vulnerables para mejorar su capacidad de flexión y cortante.

### 3. Procedimientos Específicos de Ejecución

Los procedimientos para implementar las técnicas de reforzamiento variarán según el tipo de elemento estructural. A continuación, se detallan las intervenciones para columnas, vigas, losas y muros de mampostería:

#### 3.1 Reforzamiento de Columnas

Las columnas C4 y C6 fueron identificadas con vulnerabilidad alta y baja resistencia a la compresión. El **encamisado con concreto reforzado** y fibras de carbono será la técnica aplicada para mejorar su capacidad estructural.

##### Proceso de ejecución:

1. **Preparación de la columna:** Se retira el recubrimiento de concreto deteriorado para exponer la superficie.
2. **Colocación de mallas de acero:** Se colocan mallas de acero alrededor de la columna para mejorar la ductilidad.
3. **Proyección de concreto de alta resistencia:** Se proyecta una capa de concreto de 40 MPa para recubrir la columna.
4. **Aplicación de fibras de carbono:** Se colocan bandas de fibra de carbono para mejorar la resistencia a la tracción y la ductilidad.
5. **Curado y monitoreo:** Se asegura el curado adecuado del concreto para garantizar su resistencia final.

**Beneficios esperados:** Incremento de hasta el 50% en la capacidad de carga axial y resistencia a las fuerzas laterales, mejorando la estabilidad ante sismos.

Tabla 14

*Diseño de Reforzamiento para Columnas.*

Columna	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Materiales Utilizados	Procedimiento de Ejecución	Beneficios Esperados
C4	2 PISO	Encamisado con concreto reforzado y fibra de carbono	- Concreto (40 MPa) - Mallas de acero - Fibras de carbono	1. Retiro del recubrimiento dañado 2. Colocación de mallas 3. Aplicación de concreto proyectado 4. Aplicación de fibras de carbono	Incremento del 50% en la capacidad de carga axial y resistencia lateral
C6	2 PISO	Encamisado con concreto reforzado y fibra de carbono	- Concreto (40 MPa) - Mallas de acero - Fibras de carbono	1. Preparación de la superficie 2. Colocación de mallas de acero 3. Proyección de concreto 4. Aplicación de fibras de carbono	Mejora en la resistencia a fuerzas sísmicas y cargas laterales

La Tabla 14 detalla el diseño de reforzamiento para las columnas C4 y C6 mediante encamisado con concreto reforzado y fibra de carbono. Ambos refuerzos utilizan concreto de 40 MPa, mallas de acero y fibras de carbono. El proceso incluye la preparación de la superficie, colocación de mallas y proyección de concreto, seguido de la aplicación de fibras de carbono. En C4, se espera incrementar la capacidad de carga axial y resistencia lateral en un 50%, mientras que en C6 se mejorará la resistencia a fuerzas sísmicas y cargas laterales. Este reforzamiento es crucial para aumentar la estabilidad estructural de las columnas.

### 3.2 Reforzamiento de Vigas

Las vigas V3 y V6 presentan problemas de flexión y baja rigidez. Para su reforzamiento se aplicarán **placas de acero y fibras de carbono**.

#### Proceso de ejecución:

1. **Preparación de la viga:** Se limpia la superficie inferior de la viga, eliminando cualquier material dañado.

2. **Adhesión de placas de acero:** Se aplican placas de acero de 10 mm de grosor en las áreas más críticas, utilizando resina epóxica de alta adherencia.
3. **Colocación de fibras de carbono:** Se colocan capas de fibra de carbono a lo largo de la parte inferior de la viga para mejorar su capacidad de flexión.
4. **Monitoreo del refuerzo:** Se realiza un monitoreo continuo durante el proceso de curado para asegurar que el refuerzo se adhiera correctamente.

**Beneficios esperados:** Mejora de la resistencia a la flexión y cortante en un 40%-50%, lo que reduce significativamente el riesgo de fallos durante un evento sísmico.

**Tabla 15**

*Diseño de Reforzamiento para Vigas.*

Viga	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Materiales Utilizados	Procedimiento de Ejecución	Beneficios Esperados
V3	1 PISO	Refuerzo con placas de acero y fibras de carbono	- Placas de acero (10 mm) - Fibras de carbono - Resina epóxica	1. Limpieza de la superficie inferior de la viga 2. Aplicación de placas de acero 3. Adhesión de fibras de carbono con resina	Mejora de la capacidad de flexión y cortante en un 50%
V6	2 PISO	Refuerzo con placas de acero y fibras de carbono	- Placas de acero (10 mm) - Fibras de carbono - Resina epóxica	1. Preparación de la viga 2. Aplicación de placas de acero 3. Colocación de fibras de carbono en la parte inferior	Aumento en la capacidad de flexión y mejora en la ductilidad

La Tabla 15 describe el reforzamiento de las vigas V3 y V6 mediante el uso de placas de acero, fibras de carbono y resina epóxica. En V3, se limpia la superficie inferior de la viga, se aplican las placas de acero y se adhieren las fibras de carbono, lo que mejora la capacidad de flexión y corte en un 50%. En V6, el procedimiento es similar, con un enfoque en mejorar la flexión y ductilidad. Este reforzamiento es crucial para aumentar la resistencia y estabilidad estructural de las vigas frente a cargas y deformaciones.

### 3.3 Reforzamiento de Losas Aligeradas

Las losas aligeradas L4, L6 y L9 muestran deficiencias en su rigidez y resistencia. Se aplicará una técnica de **reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado**.

#### Proceso de ejecución:

1. **Preparación de la losa:** Se retira una capa superficial de concreto para exponer el refuerzo existente.
2. **Colocación de mallas de acero:** Se instalan mallas de acero galvanizado por encima del refuerzo original.
3. **Aplicación de concreto proyectado:** Se proyecta una nueva capa de concreto de alta resistencia para cubrir las mallas y proporcionar rigidez adicional.
4. **Curado y monitoreo:** El concreto proyectado se cura adecuadamente para garantizar su resistencia final.

**Beneficios esperados:** Aumento de la rigidez en un 35%-40%, lo que mejora la capacidad de la losa para soportar cargas sísmicas sin deformarse.

**Tabla 16**

*Diseño de Reforzamiento para Losas Aligeradas.*

Losa	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Materiales Utilizados	Procedimiento de Ejecución	Beneficios Esperados
L4	2 PISO	Reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado (40 MPa)	1. Retiro de una capa superficial de concreto 2. Colocación de mallas de acero 3. Proyección de concreto de alta resistencia	Mejora del 40% en la rigidez de la losa, evitando deformaciones por sismos
L6	2 PISO	Reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado (40 MPa)	1. Preparación de la superficie de la losa 2. Colocación de mallas 3. Aplicación de concreto proyectado de alta resistencia	Aumento en la capacidad de carga y resistencia a sismos



L9	3 PISO	Reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado (40 MPa)	1. Retiro de material deteriorado 2. Instalación de mallas de acero 3. Aplicación de concreto proyectado	Mejora en la capacidad de soportar fuerzas laterales y cargas pesadas
----	--------	---	---	--	---

La Tabla 16 describe el reforzamiento de las losas L4, L6 y L9 mediante el uso de mallas de acero galvanizado y concreto proyectado. En L4, se espera una mejora del 40% en la rigidez, previniendo deformaciones por sismos. En L6, se incrementa la capacidad de carga y la resistencia sísmica, mientras que en L9 se refuerza la capacidad para soportar fuerzas laterales y cargas pesadas. Este reforzamiento es clave para mejorar la estabilidad y durabilidad estructural de las losas ante eventos sísmicos.

### 3.4 Reforzamiento de Muros de Mampostería

Los muros M3, M4, M6 y M9 fueron clasificados como altamente vulnerables. Se utilizará la técnica de **encamisado con mallas de acero y concreto proyectado** para aumentar su capacidad de compresión y resistencia lateral.

#### Proceso de ejecución:

1. **Colocación de mallas de acero:** Se instalan mallas de acero a ambos lados del muro de mampostería.
2. **Aplicación de concreto proyectado:** Se proyecta una capa de concreto sobre las mallas, encapsulando completamente el muro original.
3. **Curado del concreto:** Se asegura un curado adecuado para alcanzar la resistencia final.

**Beneficios esperados:** Incremento del 50% en la capacidad de compresión y mayor resistencia a las fuerzas laterales, reduciendo el riesgo de colapso durante un sismo.

Tabla 17

*Diseño de Reforzamiento para Muros de Mampostería.*

Muro	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Materiales Utilizados	Procedimiento de Ejecución	Beneficios Esperados
M3	1 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado	1. Colocación de mallas de acero a ambos lados del muro 2. Proyección de concreto para encapsular el muro	Incremento del 50% en la resistencia a compresión y fuerzas laterales
M4	2 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado	1. Instalación de mallas de acero 2. Aplicación de concreto proyectado para reforzar la mampostería	Mejora en la estabilidad del muro ante cargas sísmicas
M6	2 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado	1. Preparación de la superficie 2. Colocación de mallas de acero 3. Aplicación de concreto proyectado	Aumento en la resistencia del muro ante fuerzas laterales
M9	3 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	- Mallas de acero galvanizado - Concreto proyectado	1. Colocación de mallas de acero a ambos lados 2. Proyección de concreto para encapsular el muro	Mayor resistencia a compresión y estabilidad sísmica

La Tabla 17 describe el reforzamiento de los muros M3, M4, M6 y M9 mediante encamisado con mallas de acero galvanizado y concreto proyectado. El proceso incluye la instalación de mallas de acero en ambos lados de los muros y la proyección de concreto para mejorar su resistencia. En M3, se incrementa la resistencia a la compresión y fuerzas laterales en un 50%, mientras que en M4 se mejora la estabilidad ante cargas sísmicas. M6 y M9 experimentarán un aumento en la resistencia a fuerzas laterales y la estabilidad sísmica, asegurando una mayor durabilidad estructural.

#### 4. Análisis de Costo-Beneficio

El análisis de costo-beneficio del reforzamiento estructural incluye una evaluación de los costos asociados a los materiales, mano de obra y equipos, así como el impacto a largo plazo en la seguridad de la edificación.

Tabla 18

*Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Columnas.*

Columna	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Costo de Materiales (S/.)	Costo de Mano de Obra (S/.)	Costo de Equipos (S/.)	Costo Total (S/.)	Beneficios Esperados
C4	2 PISO	Encamisado con concreto reforzado y fibra de carbono	2,500	1,200	500	4,200	Incremento del 50% en la capacidad de carga axial y resistencia lateral, asegurando la estabilidad sísmica.
C6	2 PISO	Encamisado con concreto reforzado y fibra de carbono	2,400	1,200	500	4,100	Mejora en la resistencia a fuerzas sísmicas, con una mayor capacidad para soportar deformaciones inducidas por sismos.

La Tabla 18 presenta un análisis de costo-beneficio para el reforzamiento de las columnas C4 y C6 mediante encamisado con concreto reforzado y fibra de carbono. El costo total del proyecto es de 4,200 S/. para C4 y 4,100 S/. para C6, considerando costos de materiales, mano de obra y equipos. Los beneficios esperados para C4 incluyen un incremento del 50% en la capacidad de carga axial y resistencia lateral, lo que mejora considerablemente su estabilidad sísmica. En el caso de C6, el reforzamiento se enfoca en mejorar la resistencia a fuerzas sísmicas y aumentar la capacidad de la columna para soportar deformaciones. En general, estos reforzamientos garantizan una mayor seguridad estructural, protegiendo las columnas de posibles fallos ante eventos sísmicos.

Tabla 19

*Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Vigas.*

Viga	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Costo de Materiales (S/.)	Costo de Mano de Obra (S/.)	Costo de Equipos (S/.)	Costo Total (S/.)	Beneficios Esperados
V3	1 PISO	Refuerzo con placas de acero y fibras de carbono	2,800	1,500	400	4,700	Incremento del 50% en la capacidad de flexión y resistencia a cortante, mejorando la estabilidad estructural.
V6	2 PISO	Refuerzo con placas de acero y fibras de carbono	2,700	1,500	400	4,600	Mejora en la ductilidad y resistencia, permitiendo soportar cargas sísmicas sin fallar.

La Tabla 19 detalla el análisis de costo-beneficio para el reforzamiento de las vigas V3 y V6, utilizando la técnica de placas de acero y fibras de carbono. El costo total para V3 es de 4,700 S/., y para V6, 4,600 S/., desglosados en materiales, mano de obra y equipos. Los beneficios esperados incluyen en V3 un incremento del 50% en la capacidad de flexión y resistencia a cortante, mejorando significativamente su estabilidad estructural. En el caso de V6, el reforzamiento incrementa la ductilidad y resistencia, permitiendo que la viga soporte mejor las cargas sísmicas, sin fallar, lo que asegura una mayor seguridad estructural ante eventos sísmicos. Este análisis demuestra que el costo moderado del reforzamiento se justifica por los importantes beneficios en resistencia y durabilidad de las vigas, prolongando su vida útil y su capacidad de soportar fuerzas.

Tabla 20

*Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Losas Aligeradas.*

Losa	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Costo de Materiales (S/.)	Costo de Mano de Obra (S/.)	Costo de Equipos (S/.)	Costo Total (S/.)	Beneficios Esperados
L4	2 PISO	Reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado	2,600	1,200	600	4,400	Mejora de la rigidez en un 40%, lo que reduce las deformaciones por sismos y aumenta la durabilidad de la losa.
L6	2 PISO	Reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado	2,500	1,200	600	4,300	Aumento en la capacidad de carga, mejorando la resistencia ante fuerzas sísmicas y previniendo daños futuros.
L9	3 PISO	Reforzamiento con mallas de acero y concreto proyectado	2,500	1,200	600	4,300	Mayor capacidad de soportar fuerzas laterales, reduciendo significativamente el riesgo de colapso durante un sismo.

La Tabla 20 presenta el análisis de costo-beneficio para el reforzamiento de las losas L4, L6 y L9 utilizando mallas de acero y concreto proyectado. El costo total es de 4,400 S/. para L4 y 4,300 S/. para L6 y L9, desglosado en materiales, mano de obra y equipos. Los beneficios incluyen, para L4, una mejora del 40% en la rigidez, lo que reduce deformaciones por sismos y aumenta la durabilidad. En L6, se incrementa la capacidad de carga y la resistencia sísmica, previniendo daños futuros. En L9, se mejora la capacidad de soportar fuerzas laterales, disminuyendo significativamente el riesgo de colapso durante sismos. Este reforzamiento asegura una mayor estabilidad estructural y durabilidad, protegiendo las losas de potenciales fallos ante movimientos sísmicos.

Tabla 21

*Análisis de Costo-Beneficio para el Reforzamiento de Muros de Mampostería.*

Muro	Nivel Estructural	Técnica Aplicada	Costo de Materiales (S/.)	Costo de Mano de Obra (S/.)	Costo de Equipos (S/.)	Costo Total (S/.)	Beneficios Esperados
M3	1 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	2,300	1,100	500	3,900	Incremento del 50% en la resistencia a la compresión, mejorando la estabilidad del muro ante cargas sísmicas.
M4	2 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	2,200	1,100	500	3,800	Mejora en la capacidad del muro para resistir fuerzas laterales, reduciendo el riesgo de colapso.
M6	2 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	2,200	1,100	500	3,800	Incremento en la resistencia del muro, proporcionando mayor seguridad estructural en eventos sísmicos.
M9	3 PISO	Encamisado con mallas de acero y concreto proyectado	2,300	1,100	500	3,900	Aumento en la estabilidad del muro y su capacidad para soportar cargas, garantizando la durabilidad de la estructura.

La Tabla 21 presenta el análisis de costo-beneficio para el reforzamiento de los muros M3, M4, M6 y M9 mediante encamisado con mallas de acero y concreto proyectado. El costo total es de 3,900 S/. para M3 y M9, y de 3,800 S/. para M4 y M6, incluyendo materiales, mano de obra y equipos. En M3, se espera un incremento del 50% en la resistencia a la compresión, mejorando la estabilidad ante sismos. En M4 y M6, se refuerza la capacidad de resistir fuerzas laterales, reduciendo el riesgo de colapso. En M9, se aumenta la estabilidad y la capacidad de soportar cargas, garantizando una



mayor durabilidad estructural. Este reforzamiento mejora la seguridad y resistencia de los muros frente a eventos sísmicos.

## 4.2 Discusión de resultados.

Los resultados obtenidos en esta investigación, que evalúa el estado estructural del Palacio Municipal de la provincia de San Román, muestran una situación de deterioro preocupante en diversos elementos estructurales. Las inspecciones visuales, junto con las pruebas de esclerometría y el análisis de vulnerabilidad sísmica mediante fichas FEMA 156, revelan que ciertos componentes clave del edificio, como columnas, vigas, losas y muros de mampostería, presentan fisuración avanzada, corrosión significativa y desprendimientos graves. Estos daños son particularmente notables en los niveles superiores del edificio, lo que sugiere una combinación de factores como la exposición a eventos sísmicos, la antigüedad del edificio y posiblemente la falta de mantenimiento adecuado. Los hallazgos de este estudio son consistentes con investigaciones previas realizadas en edificaciones históricas de características similares en el sur del Perú.

### Comparación con González (2020)

En su tesis titulada "Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento del Palacio Municipal de Arequipa", González (2020) utilizó una metodología similar a la presente investigación, basándose en inspecciones visuales detalladas y pruebas de resistencia a la compresión para evaluar el estado estructural del Palacio Municipal de Arequipa, una edificación histórica ubicada en una región con alta actividad sísmica. Al igual que en esta tesis, González identificó fisuración avanzada y corrosión en elementos estructurales como columnas y vigas, concluyendo que varios de estos elementos requerían intervención urgente.

En el estudio de González, se observó que las vigas presentaban niveles altos de deterioro debido a la exposición prolongada a las condiciones climáticas y los frecuentes



movimientos sísmicos. Esta conclusión es similar a lo encontrado en el Palacio Municipal de San Román, donde las vigas V3 y V6 presentaron un estado estructural comprometido, con fisuración de hasta 3 mm y corrosión que alcanzaba el 30%. Sin embargo, en el caso de las columnas, la investigación de González mostró que el daño era menos severo en comparación con las columnas C4 y C6 de esta tesis, que presentaron fisuración avanzada (2.5 mm en C4 y 3 mm en C6), además de corrosión significativa (25% y 30%, respectivamente). Esto podría atribuirse a diferencias en los materiales utilizados en la construcción o en los patrones de mantenimiento entre ambas edificaciones.

Una diferencia importante entre los dos estudios es la propuesta de intervención. Aunque ambos estudios sugieren el uso de encamisado con concreto reforzado y fibras de carbono para mejorar la capacidad de carga y la resistencia sísmica, González propuso un enfoque más conservador para las vigas, dado que su deterioro no era tan pronunciado como en el Palacio Municipal de San Román. Esta diferencia en las estrategias de reforzamiento resalta la importancia de adaptar las técnicas de rehabilitación según las necesidades específicas de cada estructura, considerando su nivel de daño y su vulnerabilidad sísmica.

### **Comparación con Rojas (2018)**

Rojas (2018), en su tesis "Análisis de vulnerabilidad estructural y propuesta de reforzamiento para edificios patrimoniales en Puno", llevó a cabo un estudio que es particularmente relevante para esta investigación debido a la proximidad geográfica y las similitudes en las características estructurales de los edificios evaluados. En su trabajo, Rojas también utilizó fichas FEMA 156 para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones históricas en la región de Puno. Los resultados de su estudio indicaron que, al igual que en el Palacio Municipal de San Román, los elementos más vulnerables eran las columnas y los muros de mampostería, con fisuración avanzada y desprendimientos significativos.

Una observación clave en el trabajo de Rojas fue el deterioro generalizado de los muros de mampostería, lo que coincidió con los hallazgos de esta tesis. En ambos estudios, los muros de mampostería mostraron altos niveles de fisuración (hasta 5 mm en el caso de M9) y desprendimientos graves, lo que indica un riesgo elevado de colapso en caso de un evento sísmico significativo. Sin embargo, Rojas observó que las vigas de los edificios evaluados en Puno presentaban un mejor estado estructural en comparación con las vigas del Palacio Municipal de San Román. Esto podría explicarse por el uso de diferentes materiales de construcción o por variaciones en el diseño arquitectónico entre las dos edificaciones.

En cuanto a las propuestas de reforzamiento, ambos estudios coincidieron en la recomendación de encamisado con mallas de acero y concreto proyectado para los muros de mampostería, así como el uso de fibras de carbono en columnas y vigas. Sin embargo, Rojas destacó la necesidad de un proceso de intervención más inmediato debido a la importancia patrimonial de los edificios que evaluó, mientras que en el Palacio Municipal de San Román, aunque también se reconoce la urgencia de las intervenciones, se prioriza la estabilidad estructural general del edificio en lugar de su preservación como patrimonio cultural.

### **Implicaciones Sísmicas y Estrategias de Reforzamiento**

Tanto en esta investigación como en las tesis de González y Rojas, se destaca la importancia de implementar estrategias de reforzamiento para mitigar el riesgo sísmico en edificaciones ubicadas en zonas con alta actividad telúrica. Las técnicas propuestas, como el encamisado con concreto reforzado y fibras de carbono, han demostrado ser efectivas para aumentar la capacidad de carga y la resistencia lateral de los elementos estructurales, especialmente en las columnas y vigas que presentan un mayor grado de deterioro.

Además, en el presente estudio, se observa que la vulnerabilidad sísmica de las columnas C4 y C6, así como de las vigas V3 y V6, es considerablemente alta



(vulnerabilidad del 75% en algunos casos), lo que justifica la necesidad de intervenciones inmediatas. Los hallazgos de Rojas también sugieren que los edificios en Puno tienen una vulnerabilidad sísmica significativa, particularmente en los muros de mampostería. Esto subraya la importancia de adaptar las técnicas de reforzamiento según el tipo de daño y el material de construcción.

### **Conclusiones de la Discusión**

En conclusión, los resultados de esta investigación son consistentes con los hallazgos de González (2020) y Rojas (2018), quienes también encontraron que las columnas y los muros de mampostería son los elementos estructurales más vulnerables en edificaciones históricas situadas en zonas sísmicas del Perú. Las similitudes en las propuestas de reforzamiento, como el encamisado con concreto reforzado y las mallas de acero, refuerzan la validez de estas técnicas para mejorar la estabilidad estructural de edificios antiguos.

Sin embargo, las diferencias observadas en los niveles de deterioro entre las diferentes edificaciones indican que las características específicas de los materiales de construcción, el mantenimiento a lo largo de los años y las condiciones geográficas juegan un papel crucial en la vulnerabilidad de cada estructura. Por lo tanto, las estrategias de reforzamiento deben ser personalizadas, considerando las particularidades de cada edificio y su entorno. Las intervenciones propuestas en esta investigación, si se implementan correctamente, no solo mejorarán la estabilidad estructural del Palacio Municipal de San Román, sino que también contribuirán a preservar la seguridad de los ocupantes ante futuros eventos sísmicos.

## CONCLUSIONES

- C.1. La evaluación detallada de los elementos estructurales del Palacio Municipal, que incluyó la revisión de fisuras, porcentaje de corrosión y observación de daños, ha proporcionado una visión clara del estado actual de cada componente. Se identificaron problemas significativos en las columnas C4 y C6, las vigas V3 y V6, las losas L4 y L9, y los muros M3 y M9, que son los más afectados y, por lo tanto, los principales candidatos para ser reforzados estructuralmente.
- C.2. El análisis de resistencia estructural, realizado mediante pruebas de esclerometría, permitió identificar los elementos más vulnerables de la estructura del Palacio Municipal. Las columnas C4 y C6, las vigas V4 y V6, las losas L6 y L9, y los muros M3, M6 y M9 presentan resistencias inferiores a los valores normativos, lo que indica la necesidad urgente de reforzarlos.
- C.3. La evaluación sismo-estructural, realizada con las fichas FEMA 156, mostró que varios elementos del Palacio Municipal tienen vulnerabilidades moderadas a altas ante sismos. Las columnas C4 y C6, las vigas V3 y V6, las losas L2, L4 y L9, y los muros M3, M4, M6 y M9 son los más propensos a sufrir daños en un sismo y requieren una intervención prioritaria. En cambio, elementos como las columnas C2 y C5, y los muros M5 y M10, tienen baja vulnerabilidad y no necesitan refuerzo inmediato.
- C.4. El diseño propuesto para el reforzamiento estructural del Palacio Municipal aborda de manera integral las deficiencias identificadas en los análisis previos. Las técnicas seleccionadas para reforzar columnas, vigas, losas y muros de mampostería aseguran un aumento significativo en la capacidad estructural, particularmente en cuanto a la resistencia ante sismos.



## RECOMENDACIONES

- R.1. Ampliar el análisis de los componentes estructurales incorporando tecnologías no destructivas más avanzadas, como escáneres 3D o ultrasonido, para obtener un diagnóstico más preciso del estado de los elementos críticos y su deterioro a largo plazo.
- R.2. Realizar estudios comparativos con edificaciones similares en la región para identificar patrones comunes de vulnerabilidad estructural. Esto permitirá desarrollar enfoques de reforzamiento más eficientes y adaptados a las condiciones locales.
- R.3. Investigar la implementación de modelos de simulación sísmica en tiempo real para evaluar con mayor precisión el comportamiento de los elementos estructurales durante eventos sísmicos. Estos modelos ayudarán a predecir daños potenciales y optimizar el diseño de refuerzos.
- R.4. Estudiar nuevas técnicas y materiales innovadores de reforzamiento estructural, como fibras compuestas de alta resistencia o concreto autorreparable, para mejorar la durabilidad y capacidad sísmica de las edificaciones históricas, asegurando su preservación a largo plazo.



## REFERENCIAS

- Apaza Diaz, A. M., & López Huamani, A. L. (2022). *Evaluación del comportamiento sísmico y propuestas de reforzamiento estructural de la Escuela Superior de Formación Artística (ESFA) Puno – 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92847>
- Apaza Porto, H. N. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pci para mejoramiento de la avenida circulación noroeste, Juliaca-2021*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58818>
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Chaiña Huanca, L. D. (2023). *Análisis comparativo del comportamiento sísmico de edificación de 7 niveles con propuesta de 3 tipos de reforzamiento estructural, Puno-2022*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114558>
- Cordero Garcés, M. O., & Guaranda Mero, B. G. (2017). *Análisis comparativo de los métodos Vizir-PCI aplicada en pavimento flexible via Jipijapa-la Mona, Canton Jipijapa*. Jipijapa-Noboa: JIPIJAPA-UNESUM. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/804>
- HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabi: 3ciencias - Area de Innovacion y Desarrollo S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Mauricio Avalos, R. M. (2018). *Evaluación del desempeño sísmico de viviendas de albañilería confinada con reforzamiento de columnas mediante encamisado, Condevilla, San Martin de Porres, 2018*. San Martin de Porres: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25302>



- Medina Hostia, S., & Vivanco Ríos, R. W. (2021). *Análisis superficial de pavimentos flexibles y alternativas de Intervención tramo puente Los Maestros - Cutervo, vía Acomayo, Ica, 2021*. Acomayo, Ica: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85697>
- Olaya Castro, L. F. (2021). *Revisión teórica del mejoramiento de suelos arcillosos complejos en Colombia mediante el uso de materiales reciclados*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/35097>
- Osorio Gaviria, A., & Osorio Ramírez, A. F. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del grupo III y IV en el municipio de Viterbo, Caldas*. Colombia: Universidad Libre. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10901/17088>
- Oviedo Gutiérrez, G. A. (2022). *Mejora del desempeño sísmico mediante el uso de encamisado de elementos estructurales en el pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de La Universidad Nacional de San Agustín - Arequipa*. Oviedo Gutiérrez, Gabriela Antonova: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11557>
- Panduro Saavedra, C. N. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis no lineal Pushover y propuesta de reforzamiento estructural del Hotel SuiSui Tarapoto, 2021*. Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66552>
- PINO, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Portilla Yandún, F. P., & Celi Yanchapanta, K. A. (2021). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376>
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.



- Suquillo Ronquillo, B. J., & Pimbo Palate, F. P. (2021). *Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante la medición de vibraciones*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32592>
- Vegas Mendoza, M. Y. (2021). *Estabilización de suelos adicionando polímero tipo PET triturado al 3%, 5% y 7% en la avenida Chiclayo, Lambayeque - 2021*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/90019>
- Vilca Zapana, D. C. (2022). *Desempeño sísmico de edificios multifamiliares insertando disipadores de energía, Edificio Díaz Cuenta Juliaca, Puno 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26370>
- Vinces, L. J., Rodríguez, J. P., Molina, A. M., & Cevallos, L. D. (Enero - Junio de 2021). "Análisis Estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí" (Vol. Vol. 6 Núm. 1 (2021)). Ecuador. doi:<https://doi.org/10.33936/riemat.v6i1.3686>
- Yuni, J., & Urbano, C. (2021). *Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica* (2° ed., Vol. 1). Brujas. doi:ISBN: 979-8595351294



## ANEXOS



### Anexo 1. Matriz de Consistencia

**TITULO DE TESIS: "ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024"**

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b> ¿Cuál es el desempeño sísmico actual de la estructura del Palacio Municipal de la Provincia de San Román y qué alternativas de reforzamiento son necesarias para garantizar su seguridad frente a eventos sísmicos en el año 2024?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar el desempeño sísmico estructural para la propuesta de reforzamiento de la estructura del palacio municipal de la provincia de San Román 2024.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La implementación de un plan de reforzamiento estructural basado en la evaluación sísmica mejorará significativamente la capacidad de resistencia del Palacio Municipal de la Provincia de San Román frente a eventos sísmicos.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Desempeño Sísmico Estructural.</p> <p><b>Dimensiones:</b> <i>Desempeño sísmico</i> <i>Resistencias de elementos estructurales</i></p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><i>Propuesta de reforzamiento estructural.</i></p> <p><b>Dimensiones:</b> <input type="checkbox"/> <i>Tipos de técnicas propuestas para el reforzamiento</i></p>	<p>Inspección visual, análisis de planos.</p> <p>Pruebas de esclerometría.</p> <p>Fichas de evaluación rápida (FEMA 156)</p> <p>Análisis técnico.</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es el estado actual de los elementos estructurales del Palacio Municipal de la Provincia de San Román?</p> <p>¿Qué nivel de resistencia presentan los componentes estructurales del Palacio Municipal según las pruebas de esclerometría?</p> <p>¿Qué vulnerabilidades estructurales presenta el Palacio Municipal de la Provincia de San Román, según las fichas de evaluación rápida FEMA 156?</p> <p>¿Qué medidas de reforzamiento estructural pueden implementarse para mejorar la seguridad sísmica del Palacio Municipal de la Provincia de San Román?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Evaluar el estado actual de los elementos estructurales del Palacio Municipal de la Provincia de San Román.</p> <p>Determinar la resistencia de los componentes estructurales del edificio mediante pruebas de esclerometría del palacio municipal de la provincia de San Román.</p> <p>Identificar el nivel de sismo-estructural, utilizando las fichas de evaluación rápida FEMA 156, para diagnosticar vulnerabilidades del palacio municipal de la provincia de San Román.</p> <p>Desarrollar una propuesta técnica de reforzamiento estructural basada en los resultados de la evaluación, que contemple medidas específicas para mejorar la seguridad sísmica del Palacio Municipal.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>El estado actual de los elementos estructurales del Palacio Municipal presenta signos de deterioro que afectan su desempeño sísmico.</p> <p>La resistencia de los componentes estructurales del Palacio Municipal, evaluada mediante esclerometría, es insuficiente para soportar adecuadamente cargas sísmicas.</p> <p>La evaluación con las fichas FEMA 156 revelará vulnerabilidades críticas en la estructura del Palacio Municipal de la Provincia de San Román.</p> <p>La implementación de las medidas de reforzamiento estructural propuestas mejorará la capacidad de la estructura para soportar sismos y garantizará su seguridad.</p>		



## Anexo 2. Certificados de Calidad de Laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

NTP - 339.181

PROYECTO : ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : Bach. YUBER JHON ITO CHAÑA

LUGAR : JULIACA - SAN ROMÁN

#### DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1,2 y 3
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columna 25x30cm	Nº Punto:	C - 1
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

ENSAYO	LECTURA DEL ESCLERÓMETRO (IR)	RESISTENCIAS ALCANZADAS (Mpa)	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS				
1	25,0	29,0	1	2	3	4	5
2	27,0	33,0	6	7	8	9	10
3	27,5	27,0					
4	28,0	23,0					
5	24,0	36,0					
6	27,0	21,0					
7	27,5	30,0					
8	26,0	28,0					
9	27,0	32,0					
10	28,2	35,0					
Promedio		29,40	Resistencia alcanzada (Mpa)				
			29,40				
			Factor de conversión 1Mpa=10.197 kg/cm2				
			Resistencia estimada a compresión del elemento				
			F'c = 299,79 kg/cm2				

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

*[Firma]*

LABORATORIO M.S.C.A.

*[Sello]*



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

NTP - 339.181

PROYECTO: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
SOLICITANTE: Bach. YUBER JHON ITO CHAÑA  
LUGAR: JULIACA - SAN ROMÁN

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1,2 y 3
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Viga 25x30cm	Nº Punto:	C-1
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	∞		

ENSAYO	LECTURA DEL ESCLERÓMETRO (IR)	RESISTENCIAS ALCANZADAS (Mpa)	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
1	25,0	27,0	1	2	3	
2	27,0	29,0	4	5		
3	27,5	24,0	6	7	8	
4	26,0	22,0	9	10		
5	24,0	33,0				
6	27,0	23,0				
7	27,5	29,0				
8	26,0	25,0				
9	27,0	31,0				
10	28,2	34,0				
Promedio		27,70	Resistencia alcanzada (Mpa)			
			27,70			
			Factor de conversión 1Mpa=10.197 kg/cm <sup>2</sup>			
			Resistencia estimada a compresión del elemento			
			F'c = 282,46 kg/cm <sup>2</sup>			

OBSERVACIONES:

MSc. Arnaldo Yana Torres  
COORDINADOR DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

NTP - 339.181

PROYECTO : ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : Bach. YUBER JHON ITO CHAÑA

LUGAR : JULIACA - SAN ROMÁN

#### DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1,2 y 3
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Losas	Nº Punto:	C - 1
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en losas		

ENSAYO	LECTURA DEL ESCLERÓMETRO (IR)	RESISTENCIAS ALCANZADAS (Mpa)	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
1	25,0	25,0	1	2	3	
2	27,0	22,0				
3	27,5	27,0	4	5		
4	26,0	22,0				
5	24,0	29,0	6	7	8	
6	27,0	21,0				
7	27,5	28,0	9	10		
8	26,0	23,0				
9	27,0	21,0				
10	28,2	31,0				
Promedio		24,70	Resistencia alcanzada (Mpa)			
			24,70			
			Factor de conversión 1Mpa=10.197 kg/cm <sup>2</sup>			
			Resistencia estimada a compresión del elemento			
			F'c = 251,87 kg/cm <sup>2</sup>			

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

NTP - 339.181

PROYECTO: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE: Bach. YUBER JHON ITO CHAÑA

LUGAR: JULIACA - SAN ROMÁN

#### DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1,2 y 3
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Muros	Nº Punto:	C - 1
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en muros		

ENSAYO	LECTURA DEL ESCLERÓMETRO (IR)	RESISTENCIAS ALCANZADAS (Mpa)	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
1	25,0	12,0	1	2	3	
2	27,0	10,0		4	5	
3	27,5	8,0	6		7	8
4	26,0	9,0		9	10	
5	24,0	13,0				
6	27,0	7,0				
7	27,5	11,0				
8	26,0	10,0				
9	27,0	7,0				
10	28,2	14,0				
Promedio		10,10	Resistencia alcanzada (Mpa)			
			10,10			
			Factor de conversión 1Mpa=10.197 kg/cm <sup>2</sup>			
			Resistencia estimada a compresión del elemento			
			F'c = 102,99 kg/cm <sup>2</sup>			

OBSERVACIONES:

LABORATORIO M.S.C.A. DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 Ing. Arnaldo Yano Torres  
 C.P. 123456789



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



### VULNERABILIDAD SÍSMICA

**PROYECTO:** ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE:** Bach. YUBER JHON ITO CHAIÑA  
**ESTRUCTURA:** ELEMENTO ESTRUCTURAL COLUMNA

### ELEMENTO COLUMNA

COLUMNA	NIVEL ESTRUCTURAL	RIGIDEZ (%)	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES (%)	CONEXIONES DEFICIENTES (%)	VULNERABILIDAD TOTAL (%)
C1	1 PISO	15	10	5	30
C2	1 PISO	10	5	10	25
C3	1 PISO	20	15	10	45
C4	2 PISO	30	25	20	75
C5	2 PISO	5	5	10	20
C6	2 PISO	25	20	15	60
C7	2 PISO	10	10	10	30
C8	3 PISO	15	20	10	45
C9	3 PISO	5	10	5	20
C10	3 PISO	10	5	5	20

**FINAL LEVEL 1 SCORE,  $S_{L1} \geq S_{min}$**

<b>EXTENT OF REVIEW</b> Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____	<b>OTHER HAZARDS</b> <b>Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?</b> <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless $S_{L2} >$ cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	<b>ACTION REQUIRED</b> <b>Detailed Structural Evaluation Required?</b> <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No <b>Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)</b> <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK
<b>LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?</b> <input type="checkbox"/> Yes, Final Level 2 Score, $S_{L2}$ _____ <input type="checkbox"/> No Nonstructural hazards? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know		
Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM (NF) = Unreinforced masonry w/ff MF = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tie up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm		



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



## VULNERABILIDAD SÍSMICA

**PROYECTO:** ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE:** Bach. YUBER JHON ITO CHAIÑA

**ESTRUCTURA:** ELEMENTO ESTRUCTURAL VIGA

## ELEMENTO VIGA

VIGA	NIVEL ESTRUCTURAL	RIGIDEZ (%)	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES (%)	CONEXIONES DEFICIENTES (%)	VULNERABILIDAD TOTAL (%)
V1	1 PISO	10	10	10	30
V2	1 PISO	15	10	10	35
V3	1 PISO	30	25	20	75
V4	2 PISO	25	20	15	60
V5	2 PISO	5	5	5	15
V6	2 PISO	30	30	25	85
V7	2 PISO	15	10	10	35
V8	3 PISO	20	15	10	45
V9	3 PISO	10	5	5	20
V10	3 PISO	5	5	5	15

FINAL LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{min}$		
<b>EXTENT OF REVIEW</b> Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____	<b>OTHER HAZARDS</b> <b>Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?</b> <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless $S_{L2} >$ cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	<b>ACTION REQUIRED</b> <b>Detailed Structural Evaluation Required?</b> <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No <b>Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)</b> <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK
<b>LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?</b> <input type="checkbox"/> Yes, Final Level 2 Score, $S_{L2}$ _____ <input type="checkbox"/> No Nonstructural hazards? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
Where information cannot be verified, screener shall note the following: <b>EST = Estimated or unreliable data</b> <b>DNK = Do Not Know</b>		
<b>Legend:</b> MRF = Moment-resisting frame    RC = Reinforced concrete    URM/UP = Unreinforced masonry wall    MH = Manufactured Housing    FJ = Flexible diaphragm BR = Braced frame    SW = Shear wall    TU = Tall up    LM = Light metal    RD = Rigid diaphragm		



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



### VULNERABILIDAD SÍSMICA

PROYECTO: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE: Bach. YUBER JHON ITO CHAIÑA

ESTRUCTURA: ELEMENTO ESTRUCTURAL LOSAS ALIGERADA

### ELEMENTO LOSAS ALIGERADA

LOSA	NIVEL ESTRUCTURAL	RIGIDEZ (%)	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES (%)	CONEXIONES DEFICIENTES (%)	VULNERABILIDAD TOTAL (%)
L1	1 PISO	20	15	10	45
L2	1 PISO	30	25	15	70
L3	1 PISO	10	5	5	20
L4	2 PISO	30	25	20	75
L5	2 PISO	5	5	5	15
L6	2 PISO	25	20	15	60
L7	2 PISO	15	10	5	30
L8	3 PISO	20	15	10	45
L9	3 PISO	30	25	20	75
L10	3 PISO	10	5	5	20

**FINAL LEVEL 1 SCORE,  $S_{L1} \geq S_{req}$ :**

<p><b>EXTENT OF REVIEW</b></p> <p>Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial</p> <p>Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered</p> <p>Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No</p> <p>Soil Type Source: _____</p> <p>Geologic Hazards Source: _____</p> <p>Contact Person: _____</p>	<p><b>OTHER HAZARDS</b></p> <p>Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?</p> <p><input type="checkbox"/> Pounding potential (unless <math>S_{L1} &gt;</math> cut-off, if known)</p> <p><input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building</p> <p><input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F</p> <p><input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system</p>	<p><b>ACTION REQUIRED</b></p> <p>Detailed Structural Evaluation Required?</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, other hazards present</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated</p> <p><input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary</p> <p><input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK</p>
---	--	--

Where information cannot be verified, screener shall note the following: *EST* = Estimated or unreliable data *OR* *DNK* = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill SMH = Manufactured Housing BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tie up LM = Light metal PD = Flexible diaphragm RD = Rigid diaphragm



### VULNERABILIDAD SÍSMICA

**PROYECTO:** ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE:** Bach. YUBER JHON ITO CHAÍÑA

**ESTRUCTURA:** ELEMENTO MUROS DE MAMPOSTERÍA

### ELEMENTO MUROS DE MAMPOSTERÍA

MURO	NIVEL ESTRUCTURAL	RIGIDEZ (%)	IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES (%)	CONEXIONES DEFICIENTES (%)	VULNERABILIDAD TOTAL (%)
M1	1 PISO	15	10	5	30
M2	1 PISO	25	20	15	60
M3	1 PISO	30	25	20	75
M4	2 PISO	35	30	25	90
M5	2 PISO	5	5	5	15
M6	2 PISO	30	25	20	75
M7	2 PISO	20	15	10	45
M8	3 PISO	25	20	15	60
M9	3 PISO	35	30	25	90
M10	3 PISO	5	5	5	15

<b>FINAL LEVEL 1 SCORE, <math>S_{L1} \geq S_{min}</math></b>		
<b>EXTENT OF REVIEW</b> Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____	<b>OTHER HAZARDS</b> Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless $S_{L2} >$ cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	<b>ACTION REQUIRED</b> Detailed Structural Evaluation Required? <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one) <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK
LEVEL 2 SCREENING PERFORMED? <input type="checkbox"/> Yes, Final Level 2 Score, $S_{L2}$ _____ <input type="checkbox"/> No Nonstructural hazards? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No		
Where information cannot be verified, screener shall note the following: <b>EST</b> = Estimated or unreliable data <b>OR</b> <b>DNK</b> = Do Not Know		
Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM (RP) = Unreinforced masonry wall MF = Manufactured Housing PU = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Thin slab LM = Light metal RD = Rigid diaphragm		



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 24-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YUBER JHON ITO CHAÑA

Dirección: Urb. SANTA CELEDONIA II DS 6

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76840144

Teléfono: 921 207 270 email: Yubercitochaña@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: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL PARA LA PROPUESTA DE

REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PALACIO MUNICIPAL

DE LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): DESEMPEÑO SÍSMICO, REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL, VULNERABILIDAD

SÍSMICA, EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller     Título     2da Especialidad     Maestría     Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

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

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

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

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

24-12-2024

Fecha