



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



**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE
BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL
EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA
EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE
BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL
EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA
EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1456-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 11126 presentado por el (la) Bachiller: **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ** 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. **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**, 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 mérito 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 13 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **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 CS. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
Interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1716-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 17370 por el señor (a): **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1453 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 310 - 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): **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**, 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° 310 - 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**, 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): **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO** 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. ARNALDO YANA TORRES**.

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 Cs. PURASDr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1202-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 11449, presentado el señor (a) **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 894 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 310 -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): **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 310 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO**.

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): **FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO** 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. ARNALDO YANA TORRES**.

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 Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. Efraín Parillo Rosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	15%	4%	14%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

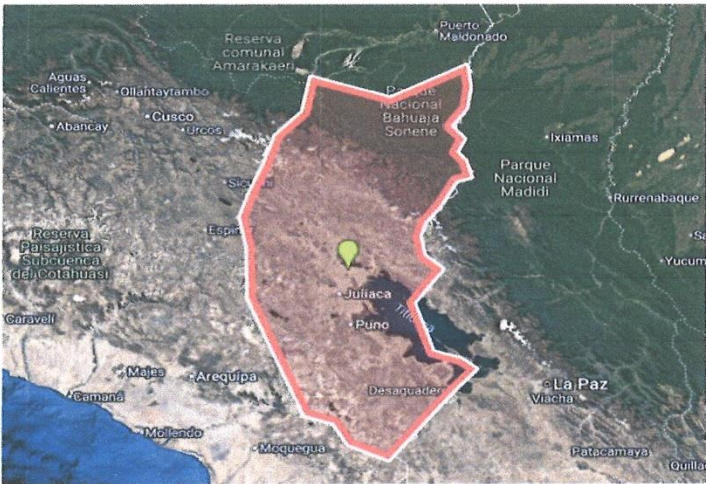
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
10	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%

11 Submitted to Prairie View A&M University



Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72474494
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-9979-3062
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno - Latitud: S 15° 12' 08" - Longitud: O 69° 45' 41"  https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1SMsNj22qpWVgoOISQFmdWgjb9aPq89s&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería del la Construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ, identificado con DNI
Nro. 72474494, 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:

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO

NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

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 28 de NOVIEMBRE del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A nuestro Dios por la vida y las bendiciones que nos brinda, mis queridos padres Rubén y Ana por la perseverancia y los consejos continuos, mi amada esposa luz delia y mis dos preciosos hijos Liam y Amy por estar en cada momento de mis logros.



AGRADECIMIENTO

En un principio agradezco a mis formadores, personas quienes me enseñaron con dedicación y esmero para la culminación de mi proyecto de tesis, así mismo agradecer a mis amigos y familiares por confiar en mi y darme su respaldo incondicional, me enseñaron a no rendirme y seguir luchando cada día



CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
CONTENIDO GENERAL.....	iii
CONTENIDO DE TABLAS.....	vii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática	18
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Justificación de la investigación.....	20
1.3.1. Justificación técnica	20
1.3.2. Justificación económica	21
1.3.3. Justificación social	21
1.4. Alcances de la investigación.....	22
1.5. Limitaciones y restricciones	22



1.6. Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
1.7. Variables.....	23
1.7.1. Variable de caracterización	23
1.7.2. Variable de interés	24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación	25
2.1.1. Antecedentes internacionales	25
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes locales	29
2.2. Marco teórico	30
2.2.1. Aislamiento sísmico	30
2.2.2. Los fundamentos teóricos y científicos de la investigación	31
2.2.3. Normas Técnicas para el análisis y diseño	34
2.2.4. Aisladores Sísmicos.....	37
2.2.5. Aisladores Elastoméricos	39
2.2.6. Aisladores de Péndulo Friccional	43
2.2.7. Consideraciones generales para el diseño	46
2.2.8. Selección del procedimiento de Análisis para estructuras aisladas	49
2.3. Conceptos fundamentales	52



CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación	54
3.2. Tipo de investigación	54
3.3. Nivel de investigación	55
3.4. Diseño de investigación	55
3.5. Población y muestra	55
3.5.1. Población	55
3.5.2. Muestra	55
3.6. Pasos para el diseño estructural.....	56
3.6.1. Parámetros para el modelamiento de la estructura.....	56
3.6.2. Para Elementos De Concreto.....	56
3.6.3. Para Materiales De Acero	56
3.6.4. Dimensionamiento de Pesos.....	56
3.6.5. Requisitos para el comportamiento sísmico de las simulaciones de edificios.....	60
3.6.6. Elaboración y estudio del plan estático con SPT	69
3.6.7. Modelamiento estructural según la regularidad del elemento	71
3.6.8. Desarrollo del análisis dinámico con sistema SPT	75
3.6.9. Resumen de parámetros para el análisis dinámico del sistema.....	76
3.6.10. Estudio y modelado del sistema con base aislada	82
3.6.11. Físicos rasgos de los aisladores	87



3.6.12. Características físicas del dispositivo de aislamiento	91
3.6.13. Características mecánicas del elemento a aplicar	92
3.6.14. Condiciones mecánicas del aislador	92

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Periodos y participativa masa	98
4.1.1. Participativa masa plan con SPT. seguro.	98
4.1.2. Participativa masa plan con SPT. suelto	100
4.1.3. Tiempo Vibratorio	101
4.1.4. Cortantes fuerzas	102
4.1.5. Resultados de desplazamientos del modelo estructural	107
4.1.6. Resultados de las derivas de entre piso	111
4.1.7. Actuación de los aisladores de base en derivas	113
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS	122



CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Pesos de uso conforme a su ocupación	57
Tabla 2 Techos con graduación hasta de 3° en función a la horizontal	58
Tabla 3 Cargas permanentes de pesos por unidad y específicos	59
Tabla 4 Factores de zona	61
Tabla 5 Valores típicos para los distintos tipos de perfiles	62
Tabla 6 Factor zona-suelo	63
Tabla 7 Periodos para TP y TL	63
Tabla 8 Periodo fundamental de vibración	64
Tabla 9 Categorías de la edificaciones y factor de uso	65
Tabla 10 Categoría de las edificaciones	66
Tabla 11 Coeficiente básico de reducción	67
Tabla 12 Categoría de la edificación e irregularidad	68
Tabla 13 Valores obtenidos de los tres modos iniciales	74
Tabla 14 Fuerza de corte en el SPT. en los dos ejes	75
Tabla 15 Especificación de los parámetros para la dinámica exploración del plan	76
Tabla 16 Condiciones del espectro de pseudo aceleración	77
Tabla 17 Actuación de la fuerza de corte en el análisis estático	79
Tabla 18 Actuación De La Cortante De Energía - Estudio Primario Dinámico	80
Tabla 19 Actuación sísmica - estudio dinámico último – OK	80
Tabla 20 Fuerzas cortantes en pórticos	81
Tabla 21 Fuerzas cortantes en placas	81
Tabla 22 Sistema estructural definido	81



Tabla 23	Parámetros considerados para la exploración dinámica del plan	83
Tabla 24	Condiciones para el espectro de pseudo aceleración	83
Tabla 25	Peso para el sistema sin interfaz de aislamiento sísmico	85
Tabla 26	Disposición de Peso del sistema con interfaz de aislamiento sísmico	86
Tabla 27	Especificaciones del dispositivo de aislamiento implementado	87
Tabla 28	Asignación del % Amortiguación	88
Tabla 29	Físicos Rasgos Del Agente De Aislación	90
Tabla 30	Resumen De Las Características Físicas Del Aislador Sísmico	91
Tabla 31	Especificaciones mecánicas del elemento de aislación	92
Tabla 32	Características nominales de los dispositivos de aislamiento clase - HDRB	94
Tabla 33	Vibratorios Mods Y % de masa participativa	98
Tabla 34	Vibratorios Mods Y % de participativa masa	100
Tabla 35	Modos de vibración SPT. seguro vs separado	101
Tabla 36	SPT. separado y seguro - nominales rasgos X-X Vx para un SD- R=8	103
Tabla 37	SPT. separado y seguro - nominales rasgos Y-Y Vy para un SD- R=8	106
Tabla 38	Límite desliz-SD R=8 SPT. seguro V S S M C R de 1 SPT. suelto X- X	108
Tabla 39	Límite desliz-SD R=8 SPT. seguro VS S M C R de 1 SPT. separado Y-Y	109
Tabla 40	Modelo "R" de 7 derivas SPT. seguro "X"	111
Tabla 41	Sismo de modelo R de 6 (Derivas) SPT. seguro "Y"	112



Tabla 42 SPT. separado X-X Sismo De Modelo $R=1$ (Derivas).....	112
Tabla 43 Sismo De Modelo R de 1 (Derivas) spt. seguro Y-Y	113
Tabla 44 Diferencia de derivas con y sin implementación de aisladores en el sentido "X"	114
Tabla 45 Diferencia de las derivas en el sentido "Y"	115



CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Categorización de las medidas actuales de seguridad sísmica	31
Figura 2 Problema con el mecanismo de funcionamiento de los sistemas pasivos.....	32
Figura 3 Fracciones del Sistema de Aislación.....	33
Figura 4 Distribución de Aisladores Sísmicos	34
Figura 5 Distinción entre el comportamiento de una estructura no aislada y una aislada.....	37
Figura 6 Funciones del Aislamiento Sísmico.....	38
Figura 7 Aisladores Elastoméricos de Bajo Amortiguamiento (LDR)	40
Figura 8 Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento	41
Figura 9 Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo.....	42
Figura 10 Partes del Aislador Péndulo Simple de Fricción.....	44
Figura 11 Corte y Elevación de Péndulo de Fricción Doble	45
Figura 12 Corte y Elevación de Péndulo Triple Fricción.....	46
Figura 13 Representación de Estructura con Aislación en la Base	47
Figura 14 Disposición de las cargas de servicio para el modelo estructural ...	57
Figura 15 Carga viva up con pendiente de 3° como máximo.	58
Figura 16 Disposición de las carga muerta y carga viva	59
Figura 17 Zonas sísmicas del Perú	60
Figura 18 Coeficiente de amplificación sísmica.....	64
Figura 19 Modelo sísmico estático equivalente.....	69
Figura 20 Posición del centro de masa	70
Figura 21 Vista en tres dimensiones del plan con cimiento seguro.....	71



Figura 22 Imagen del sistema estructural	73
Figura 23 Disposición del espectro de aceleración Pseudo	78
Figura 24 Escalado sismo en el sentido XX	78
Figura 25 Fuerzas de sismo en cada nivel en el sentido YY	79
Figura 26 Espectro de aceleración pseudo R de 1.....	84
Figura 27	85
Figura 28 Actuación del sismo en el sentido Y-Y	85
Figura 29 Sistema con dispositivo de interfaz de aislamiento	86
Figura 30 Suma de rasgos de los elementos de aislación	94
Figura 31 Comportamiento lineal y no lineal con agentes de aislamiento	95
Figura 32 Propiedades de la condición vertical de rigidez	95
Figura 33 Condiciones No Lineales Rasgos (U2, U3)	95
Figura 34 Estructura sumada con el dispositivo de interfaz de aislamiento	96
Figura 35 Verificación de movimiento de Desliz del modo 1	96
Figura 36 Verificación de movimiento de Desliz del modo 2	97
Figura 37 Periodo de vibración SPT. separado vs seguro	102
Figura 38 SPT. separado y seguro - nominales rasgos X-X Vx para un SD- R=8	103
Figura 39 SPT. separado y seguro - nominales rasgos X-X Vx para un SD- R=8	104
Figura 40 SPT. separado y seguro - nominales rasgos Y-Y Vy para un SD- R=8	105
Figura 41 SPT. separado y seguro - Nominales rasgos Y-Y Vy para un SD- R=8	106



Figura 42 Límite desliz S D R de 8 SPT. seguro Vs S M C R = 1 SPT.

separado - Y-Y 109

Figura 43 Derivas S D R=8 SPT. seguro Vs S M C R de 1 SPT. suelto - X-X

..... 114

Figura 44 Derivas SD R=7 SPT. seguro Vs S M C R de 1 SPT. separado – “Y”

..... 115



RESUMEN

Para cumplir con la E.030, este estudio realizará primero un estudio estático sísmico utilizando equivalentes fuerzas y un estudio dinámico empleando un espectro R de 8 para el sistema de SPT seguro.

La E.031 exige que el sistema en cuestión incluya un nivel aislativo de interfaz y elementos de aislamiento SPT HDRB para un SMC de $R = 1$.

El estructural comportamiento de un sistema se define como su reacción a deslices y derivas. Los terremotos la dañan dependiendo de la resistencia del hormigón, la configuración estructural y los factores involucrados.

En los países industrializados, este método se ha utilizado durante años, rompiendo la conexión entre la superestructura y los cimientos de un edificio mediante la incorporación de una capa aislante para aumentar la flexibilidad horizontal y la resistencia sísmica. Esta configuración suele estar pensada para hospitales y otros espacios sanitarios comerciales que albergan pacientes, gestionan el trabajo médico y dan espacio a equipos administrativos y grupos de apoyo esenciales.

Este enfoque es algo inestable, lo que significa que los sistemas deben seguir funcionando tanto durante como después de un terremoto. Los daños a los hospitales y a sus equipos, que son de gran valor, son tan preocupantes como cualquier daño a la estructura del edificio o a otras secciones.

Palabras claves: Dinámico análisis espectral, periodo interfaz de aislamiento, efectivo amortiguamiento, sísmico análisis.



ABSTRACT

To comply with E.030, this study will first conduct a static seismic assessment using equivalent energies and a dynamic study using an R-model spectrum of 8 for the secure SPT system.

E.031 requires that the system in question include an interface isolating level and HDRB SPT isolating elements for an SMC of $R = 1$.

In industrialized countries, this method has been used for years, breaking the connection between a building's superstructure and foundation by incorporating an insulating layer to increase horizontal flexibility and seismic resistance. This configuration is typically intended for hospitals and other commercial healthcare spaces that house patients, manage medical work, and provide space for administrative teams and essential support groups.

This approach is kind of shaky, which means the systems need to keep working both during and after an earthquake. Damage to hospitals and their gear, which hold real worth, is basically as worrying as any harm to the building's structure or other sections.

Keywords: Dynamic spectral analysis, seismic analysis effective damping, isolation interface period, etc.

INTRODUCCIÓN

Según los ingenieros, el concepto de incorporar un sistema dinámico en los edificios para mitigar los daños causados por los terremotos existe desde finales del siglo XIX. Científicos como James M. Kelly y John Milne utilizaron caucho de alta amortiguación con excelentes resultados en sus numerosas pruebas con dispositivos de absorción de energía y sistemas de aislamiento. Durante muchos años, se han mejorado continuamente los diferentes métodos y diseños arquitectónicos para minimizar los efectos sísmicos en los edificios. El aislamiento sísmico es una tecnología clave. Este sistema protege el edificio de los terremotos mediante la separación del terreno y la absorción de vibraciones del suelo circundante. El sistema de aisladores se coloca entre la parte inferior y la superior del edificio, proporcionando el aislamiento sísmico necesario.

El estudio, aplicado, no experimental, transversal y cuantitativo, analizó el rendimiento estructural de un sistema con aislamiento sísmico SPT. En este caso, el modelo recibió diseños iniciales de las partes estructurales y se realizaron análisis espectrales dinámicos y estáticos, considerando posteriormente la incorporación de aisladores HDRB y dispositivos de alto amortiguamiento Norma E-030.

El sistema de aislamiento implementado, constituido por HDRB distribuidos en siete niveles, permitió examinar la respuesta de una estructura mixta de concreto y acero. En el modelo sin aisladores, el periodo fundamental (modo 1) fue de 0.646 s; con la inclusión de los aisladores, este periodo aumentó a 1.53 s, equivalente a un crecimiento del 63 %, atribuible a la mayor flexibilidad horizontal de los dispositivos SPT.



Este incremento del periodo produjo una notable reducción de las demandas sísmicas. La fuerza cortante basal disminuyó en 63 % en la dirección X-X y entre 63 % y 64 % en Y-Y respecto al sistema fijo. Los desplazamientos del sistema fijo fueron de aproximadamente 1.87 cm, mientras que con aisladores alcanzaron 32.33 cm en X-X y 31.24 cm en Y-Y, comportamiento esperado en sistemas aislados, donde los desplazamientos se concentran en la base y no en la superestructura.

En cuanto a las derivas, los aisladores HDRB lograron una reducción de 38 % en X-X y 41 % en Y-Y, los resultados muestran que se logra permanecer por debajo de los valores límites de la Norma E-031 con un 3,5 por mil. Esta evidencia de alguna manera verifica que al utilizar un aislamiento SPT, el período de vibración se hace más largo, las fuerzas sísmicas se hacen menores y el desempeño total de la estructura durante eventos sísmicos intensos es mejor.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática

Perú se encuentra en una de las regiones sísmicas más activas del planeta, donde se concentra casi el 80 % de la actividad sísmica total. Esto evidencia la gran necesidad de soluciones de construcción modernas que reduzcan el riesgo de desastres sísmicos en caso de terremotos graves. En este contexto, los aisladores HDRB se han convertido en una opción sólida para mejorar y evaluar la resistencia sísmica en edificios de hormigón armado con muros estructurales, ya que ayudan a ralentizar las aceleraciones que llegan a la estructura superior. Es importante destacar que el control de la aceleración de estos dispositivos es un factor clave para su eficacia.

Los hospitales, clínicas y oficinas gubernamentales se consideran estructuras esenciales y deben seguir funcionando tras un desastre catastrófico, según la legislación peruana. Por ello, deben instalarse mecanismos de aislamiento sísmico para garantizar su funcionamiento continuo. Dado que mejora el rendimiento estructural sin necesidad de

sobredimensionar los materiales resistentes y reduce considerablemente las cargas sísmicas, el empleo de dispositivos de disipación de energía y aislamiento se ha convertido en una técnica eficaz a escala internacional. Como resultado, las estructuras sometidas a severas exigencias sísmicas pueden mitigar eficazmente los daños mediante el aislamiento sísmico.

Un ejemplo de aislador es el cojinete de plomo-caucho (LRB), introducido por primera vez en 1977 por W.H. Robinson. Este tipo de cojinete proporciona una mejor disipación de energía gracias a su núcleo central de plomo y a sus capas de caucho vulcanizado y acero. En 2012, Huaranga Huamaní, Arias Ricse y Volkswagen Eguren publicaron... Entre los más importantes se encuentra el hecho de que recupera, recristaliza y hace crecer los granos a la vez, disipando energía. (Los trabajos de Wulff et al., 1956; Birchenall, 1959; Van Vlack, 1985).

Dos edificios separados en Japón resistieron muy bien durante y después del devastador terremoto de Kobe de 1995, solo un ejemplo de las muchas iniciativas globales que han demostrado la utilidad de las estructuras separadas. Como resultado, el aislamiento sísmico se hizo más común en Japón. Varios proveedores del sistema surgieron como resultado de esta tendencia, que fue adoptada por varias potencias internacionales.

Esta práctica también ha ganado terreno en Perú; sin embargo, debido a la falta de instalaciones de ensayo locales, todos los aislantes utilizados en los edificios peruanos deben importarse.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se manifestará el comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de concreto con dispositivos de caucho normal de aislamiento en la base?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo influenciará en el comportamiento sísmico la implementación de dispositivos de aislación de caucho normal en la base de una estructura de concreto?
2. ¿Cumplirá con los parámetros de la norma E.031 la estructura de concreto implementada con dispositivos de aislación de caucho normal en la base?

1.3. Justificación de la investigación

Con el fin de lograr una baja rigidez lateral, esta tesis se centra en los aislantes elastoméricos. Estos aislantes combinan un material similar al caucho con placas de acero para aumentar la rigidez vertical, al tiempo que aprovechan la flexibilidad del material. Podemos confirmar que ciertos edificios son más adecuados para el aislamiento que otros estudiándolos y creándolos con diversos aislantes y observando cómo se comportan.

1.3.1. Justificación técnica

La Norma E-031 ha contribuido significativamente a mejorar la respuesta de las estructuras frente a los terremotos a nivel mundial, incrementando tanto la seguridad de las personas como la integridad de los elementos estructurales.

Las regulaciones obligatorias ahora hacen que sea vital que los edificios de uso crucial agreguen dispositivos de aislamiento sísmico y planes para mejorar seriamente la resistencia de estas estructuras ante terremotos brutales.

1.3.2. Justificación económica

Tras un evento sísmico, la implementación de dispositivos de aislamiento permite reducir los costos de mantenimiento, reparación estructural y reconstrucción, generando beneficios económicos a largo plazo. Al conservar el estado de los elementos estructurales, se minimizan los gastos asociados a reforzamientos o reparaciones, que en muchos casos pueden ser elevados debido al uso de materiales y técnicas especiales requeridas para restaurar la integridad de la estructura.

1.3.3. Justificación social

El uso de aisladores sísmicos bajo los cimientos de los edificios ayuda a mejorar la protección y el funcionamiento de la infraestructura en diversos tipos de edificios, especialmente en los de categoría "A", como hospitales, centros de salud, estaciones de bomberos y otros lugares importantes. Estos edificios deben funcionar sin interrupciones en caso de un terremoto fuerte. El uso de sistemas de aislamiento mejora directamente la seguridad, la fiabilidad y la calidad de vida de las personas. Esto realmente mejora la comodidad de quienes viven o trabajan en estos edificios. La fiabilidad de la infraestructura de una ciudad aumenta considerablemente con estos métodos, por lo que muchos expertos los recomiendan, asegurando la continuidad de los servicios esenciales en las comunidades que dependen de estas instalaciones.

1.4. Alcances de la investigación

El primer objetivo es recopilar datos sobre técnicas para mejorar el rendimiento sísmico de las estructuras; el segundo objetivo es describir en detalle los factores que deben tenerse en cuenta al construir una estructura con aisladores; y, por último, el tercer objetivo es centrarse en los aisladores, sus tipos, características, aplicaciones y ventajas.

El estudio se centrará en un tipo concreto de aislador. A continuación, determinaremos los métodos más eficaces para modelarlos utilizando ETABS, una herramienta de análisis no lineal.

1.5. Limitaciones y restricciones

Una de las desventajas es que no existe una norma peruana que establezca el uso y diseño de aisladores sísmicos en estructuras de hormigón armado, por lo que su uso está limitado a lugares como escuelas y hospitales. Esta norma servirá como punto de referencia. Actualmente, Perú ha aprobado una nueva norma dentro de la sección E.030 "Diseño Sísmico" del código nacional de edificación, que especifica que los aisladores están destinados a edificios de Categoría A, que son esenciales. La norma solo menciona el aislamiento sísmico básico para las zonas 4 y 3, pero omite el proceso de diseño de estos aisladores, lo que restringe su uso en edificios peruanos. Aun así, el diseño y el análisis pueden realizarse siguiendo otras normas.

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo general*

Analizar el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado mediante la implementación de dispositivos de aislamiento en la base, fabricados con propiedades de caucho natural.

1.6.2. *Objetivos específicos*

1. Determinar en cuanto influye los aisladores de base con propiedades de caucho normal en el desempeño sísmico de la estructura de una edificación de concreto.
2. Comprobar si la edificación de concreto con aislamiento en la base con propiedades de caucho normal cumple con los parámetros de la norma E031.

1.7. Variables

1.7.1. *Variable de caracterización*

- Aisladores de SPT y un sísmico estudio, estático/dinámico.

Definición conceptual:

Localización del área de estudio y caracterización del espectro de diseño, así como la representación en plano y elevación arquitectónicos del modelo estructural.



1.7.2. Variable de interés

Desempeño sísmico de una edificación de concreto armado de siete niveles equipada con aisladores SPT, considerando sus umbrales de respuesta estructural.

Definición conceptual:

Umbrales de respuesta sísmica; tipología de los sistemas estructurales; anomalías.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Genatios y Lafuente (2016) Una introducción sobre cómo los edificios utilizan disipadores y aislantes. CAF Estas siglas representan al Banco de Desarrollo de América Latina. Muchos edificios, ya sean nuevos o ya construidos, pueden mejorarse considerablemente con dispositivos de control como aisladores sísmicos y disipadores de energía; investigaciones sólidas lo demuestran, con el objetivo de mantener las estructuras en funcionamiento después de grandes terremotos. Dado que estas soluciones son fiables, reduciendo los daños y protegiendo a las personas y los bienes, se han incorporado a numerosos proyectos de construcción. Todo esto depende de la potencia que realmente ofrecen. Por lo tanto, esto implica considerar aspectos como qué equipos de control de respuesta son adecuados, su funcionamiento, los métodos de diseño y el aspecto económico de su uso (p. 7).

Cango, A. (2018) Esta tesis de la Universidad de Cuenca analiza en profundidad el diseño y análisis de los aisladores de base FPT para edificios. A partir de su investigación, el autor explica el proceso de aplicación de la norma ASCE7-16 para analizar y diseñar un sistema de aislamiento para una estructura de seis pisos, utilizando aisladores de péndulo de triple fricción. Para su diseño, realizó un estudio paramétrico con OpenSees, buscando conectar las características de los aisladores con sus factores de respuesta; este enfoque guió todo el plan. También sometió la estructura a una prueba de vibración con análisis estático y dinámico no lineal, utilizando el software ETABS para obtener los resultados. Esto permite la construcción de estructuras elásticas que no necesitan entrar en la región inelástica, lo que protege tanto a la estructura como a sus habitantes (p. 7).

Pérez Z. y Vásquez O. (2016) El equipo elaboró planos para un edificio de oficinas de diez pisos utilizando marcos rígidos de hormigón armado e instaló aisladores sísmicos en la base. Este trabajo se presentó en la Universidad Centroamericana. El estudio analiza dos tipos de aisladores sísmicos para una torre de oficinas en Managua y explica su comportamiento dinámico, incluyendo el período, la forma en que la aceleración afecta la distorsión experimentada y el esfuerzo cortante basal. Se centra principalmente en el diseño de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo y un tipo de péndulo de fricción.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En 2015, Villagómez publicó la capital peruana, Lima, sede de la Pontificia Universidad Católica. No existían leyes reconocidas en nuestro país, por lo que el objetivo del estudio es ayudar a establecer normas que regulen la

construcción de edificios con aislantes. Por eso, tres normas globales (ASCE7, FEMA 356 y NCh2745) ayudaron a definir una guía que muestra las mejores prácticas para el análisis y diseño de sistemas de aislamiento. También se incluye un ejemplo del uso de dichas normas (p. 7).

El sistema de aislamiento sísmico para un hospital con dispositivos de alto rango dinámico (HDR) (Janampa, B.B., 2018) es muy potente. Estoy preparando mi tesis. La Pontificia Universidad Católica del Perú se encuentra en Lima, Perú. Algunos afirman que las normas internacionales establecen los criterios de diseño clave, y esta investigación presenta un proceso sencillo para crear un hospital modelo. El trabajo comienza con una configuración de un solo grado de libertad para dimensionar aproximadamente el sistema de aislamiento. Parece que el siguiente paso es el diseño inicial, que consiste en ajustar continuamente el edificio y su sistema de aislamiento mediante análisis espectral lineal. Y así, el diseño alcanza su objetivo. Aun así, dado que estos dispositivos pueden presentar fallas inesperadas, el diseño estructural definitivo surge de un nuevo ciclo de iteraciones mediante análisis no lineal de la historia del tiempo. Existen espectros que, en cierto modo, explican cómo los efectos armónicos afectan a los componentes no estructurales en su base, lo que ayuda a guiar su construcción (p. 7).

Diseño Estructural de una Sala de Hospital con Aisladores Sísmicos (2018, Zanelli y Paredes). Esta tesis proviene de estudiantes de la Pontificia Universidad Católica de Lima, Perú. La investigación partió de tres objetivos específicos. Primero, aclarar los detalles de los dispositivos de aislamiento. Segundo, comprobar la capacidad de resistencia del edificio ante un terremoto de gran magnitud. El último objetivo es examinar los planos de hormigón



armado de un bloque hospitalario de cuatro plantas donde se prevé instalar aisladores sísmicos. A continuación, el equipo comenzó con los planos del edificio que utilizaba aislamiento de base. El grupo recurrió al análisis espectral lineal para definir las especificaciones del sistema de aislamiento. Los detalles finales de hormigón armado para la estructura se obtuvieron tras realizar un análisis dinámico no lineal del historial temporal para definir las características de los dispositivos. Por lo tanto, si se produce un sismo fuerte, la estructura del hospital y las partes no estructurales probablemente solo sufrirían daños moderados (p. 2).

En 2017, Y. Cáceres y C. Aquino Un hospital de cuatro pisos en la zona de Arequipa fue aislado sísmicamente, según una tesis de la Universidad Nacional de San Agustín. Como resultado de la investigación, se preparó un estudio sísmico y un diseño para un centro hospitalario de cuatro pisos con planta irregular en la región de La Joya, en el departamento de Arequipa. Por último, Cango determinó que los edificios con aisladores sísmicos de péndulo de triple fricción tenían una menor demanda sísmica, lo que permitía la construcción de estructuras elásticas sin entrar en el rango inelástico y salvaguardaba el edificio y a sus habitantes. Además, se siguió la norma UBC97 para realizar un análisis modal espectral dinámico. Por último, el estudio compara las estructuras con base fija con las que tienen base aislada, y concluye que las primeras presentan un mejor comportamiento estructural durante los eventos sísmicos (p. 3).

2.1.3. Antecedentes locales

Lupaca 2018 Según la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, «el proyecto de crear un megalaboratorio clínico universitario para la salud humana en altitud con fines de formación profesional e investigación». Además de oficinas y una biblioteca con recursos especializados, el proyecto contará con aulas audiovisuales y un laboratorio multifuncional. Esta tesis se propuso evaluar la eficacia de los aisladores sísmicos analizando sus desviaciones, el desplazamiento del suelo y el período efectivo. Se utilizaron los siguientes aisladores para comparar el modelo convencional con la base aislada. El edificio examinado pertenecía a la categoría A, que significa «estructura esencial», y se subdividió en secciones A-F, F, G y H. Según esta investigación, la aplicación de aisladores HDRB reduce la deriva en un 58,6 % en el sector A, un 68,6 % en el sector D y un 61,1 % en el sector F. En los sectores B, E y G, se reduce en un 69,6 %, un 16,67,7 % y un 47,9 %, respectivamente, cuando se combinan los aisladores HDRB y LRB. En los sectores C, E-F y H, se reduce en un 67,3 %, un 78,6 % y un 79,1 %, respectivamente, cuando se utilizan aisladores FPS.

En 2017, en la actualidad muchos diseños estructurales en hormigón armado se realizan utilizando un método de análisis elástico lineal, aunque esta forma es bastante común en los códigos de construcción nacionales, este enfoque proporciona resultados poco realistas, ya que ignora varios factores que afectan al comportamiento de la estructura. La ingeniería ha ampliado sus enfoques analíticos no lineales para comprender mejor la actividad sísmica en la naturaleza y su comportamiento, tal y como ocurre bajo cargas dinámicas. Esto ha permitido mejorar las respuestas. Un hotel de tres estrellas de siete plantas y 376 m² situado en el Jirón Primero de Mayo 429, en la región y

provincia de Puno, en Perú, fue el objeto del análisis y el diseño de este proyecto de estudio. Se crearon dos técnicas analíticas no lineales para la interpretación y la reacción ante los fenómenos sísmicos; estas metodologías ampliaron el análisis y el diseño elástico lineal establecido en la Normativa Nacional de Construcción. Este análisis y diseño tuvo en cuenta los desplazamientos de los pisos, el diseño de las secciones y el acero. El primero fue un evento estático conocido como Análisis Estático No Lineal (Push-Over), que incluyó la aplicación de cargas monotónicas a una estructura para medir su rendimiento. Para obtener una mejor imagen del comportamiento del edificio y cómo cambiaba con el tiempo, recurrimos al Análisis Dinámico No Lineal, una técnica basada en eventos dinámicos. Ambos enfoques no lineales requirieron una cantidad considerable de trabajo computacional y una base física sólida. En el análisis dinámico no lineal, se observó una deformación de 0,001 dentro del nivel IO, lo que indicaba un enfoque de diseño muy conservador. Del mismo modo, un análisis estático no lineal sugirió reducir las dimensiones de la estructura, lo que dio lugar a un punto de rendimiento con un desplazamiento de 5,27 cm y que se situaba dentro del nivel de ocupación inmediata, lo que supuso un cambio del 18 % con respecto a la construcción original.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aislamiento sísmico

Desacoplar la superestructura de un edificio del movimiento del suelo durante un terremoto se conoce como aislamiento sísmico y es un método para la resistencia sísmica en ingeniería civil. Los aisladores sísmicos, una capa de

componentes especializados insertados en los cimientos de la estructura, se encargan de ello.

2.2.2. Los fundamentos teóricos y científicos de la investigación

2.2.2.1. Sistema de protección sísmica

La Figura 1 señala principalmente cuatro tipos de sistemas de protección sísmica: pasivos, activos, híbridos y semiactivos. Estos sistemas ofrecen una sólida defensa para las estructuras y su interior, evitando daños.

Figura 1

Categorización de las medidas actuales de seguridad sísmica



Nota: Taboada (2012).

A. Sistemas Pasivos

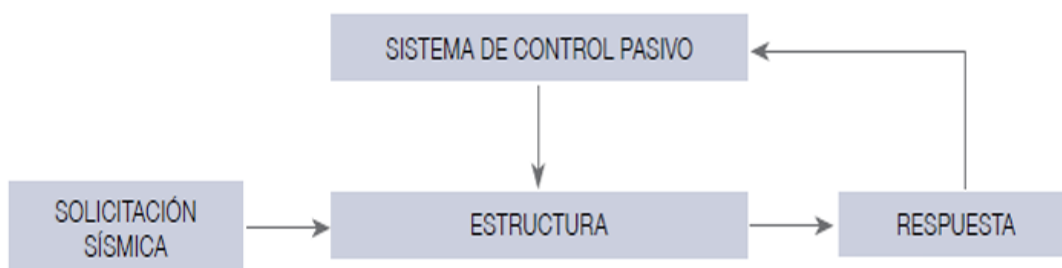
Los Sistemas Pasivos son una categoría de dispositivos de control estructural utilizados en la ingeniería civil, especialmente en el diseño sismorresistente, para mitigar los efectos de las fuerzas externas (principalmente el viento y los sismos).

Se llaman "pasivos" porque no requieren una fuente de energía externa para operar y no necesitan control en tiempo real (como sensores o procesadores) para funcionar. Su acción depende únicamente de las propiedades mecánicas intrínsecas de los dispositivos instalados.

Actualmente, la gente está adquiriendo sistemas pasivos como protección sísmica. Las configuraciones de aislamiento sísmico, los amortiguadores sísmicos y los dispositivos resonantes TMD se incluyen en este grupo. Si observa la Figura 2, encontrará un esquema de una configuración mecánica diseñada para disipar energía en forma de calor, que se utiliza en sistemas pasivos para controlar la respuesta de los sistemas a las fuerzas sísmicas.

Figura 2

Problema con el mecanismo de funcionamiento de los sistemas pasivos



Nota: Cámara Chilena de la Construcción (2010).

B. Sistema de aislamiento Sísmico

Los edificios están protegidos contra daños por terremotos mediante el uso de aislamiento sísmico, también conocido como aislamiento de base. Este método es pasivo para la regulación de vibraciones. El principio básico es que

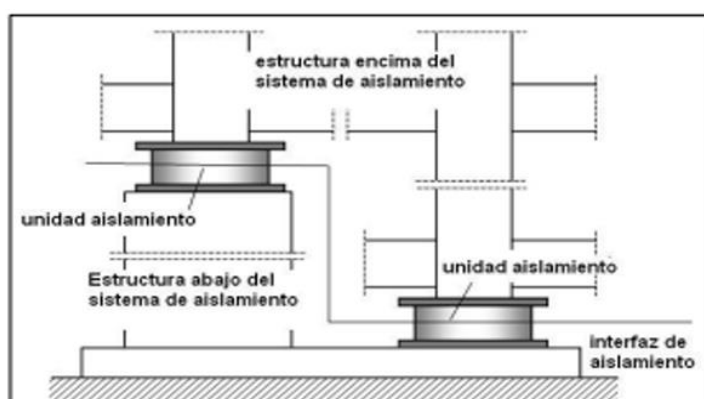
el edificio se separa del terreno en movimiento y las fuerzas sísmicas lo acompañan.

Para ello, se instalan aisladores sísmicos, que son flexibles y tienen una gran capacidad de amortiguación, entre los cimientos y la superestructura.

La Figura 3 define los dos tipos de unidades de aislamiento que verá en el sistema de aislamiento sísmico más popular de Perú: elastómeros y unidades de fricción.

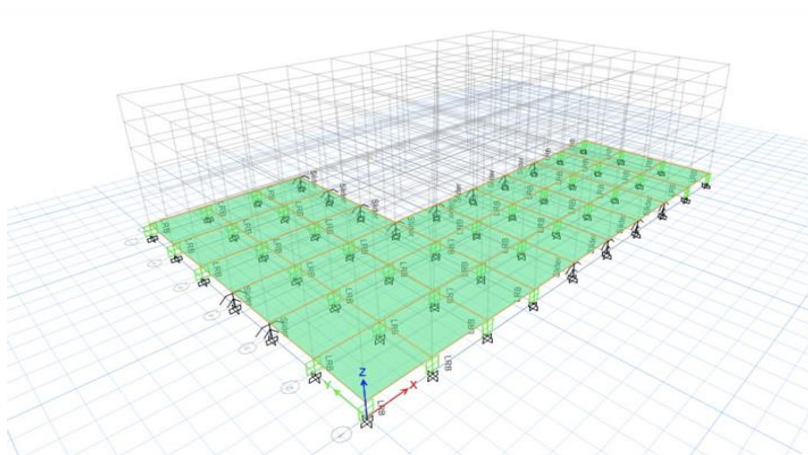
Figura 3

Fracciones del Sistema de Aislación



Nota: FEMA451(2003).

Para aumentar la resistencia de un edificio a los eventos sísmicos, el sistema aislado distribuye unidades aislantes sísmicas en la conexión entre la subestructura y la superestructura, tal y como se muestra en la figura 4. Este diseño separa eficazmente la superestructura del suelo.

Figura 4*Distribución de Aisladores Sísmicos*

Nota: Programa ETABS V.2016.2.1.

2.2.3. Normas Técnicas para el análisis y diseño

2.2.3.1. Norma Técnica E.020 Cargas

La solidez de un edificio es vital para su capacidad de soportar las cargas para las que está diseñado. Es evidente que cualquier tensión o deformación que se aplique a los materiales no puede superar los límites máximos establecidos en el código de diseño de cada material, y además, deben presentarse en las mezclas adecuadas para garantizar la seguridad.

Las cargas de diseño no deben ser inferiores a los valores mínimos especificados en la norma vigente. Para establecer las cargas mínimas permitidas por la norma, se utilizan condiciones de servicio.

Existen diferentes normas, como la NTE E.030 Diseño Sísmico, así como las relacionadas con materiales específicos que se complementan con esta.

Fuente: (Norma Técnica E.020 Cargas, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, p. 1).

2.2.3.2. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente

Los edificios deben cumplir con la resistencia sísmica básica establecida en la norma. Esta norma se aplica tanto a la construcción de nuevos edificios como a la robustez de los existentes, además de la reparación de los dañados por terremotos. Mantener los servicios vitales en funcionamiento y prevenir la pérdida de vidas son los pilares fundamentales de los principios de diseño sísmico.

- Reducir al mínimo los daños materiales.

Se reconoce que la mayoría de las estructuras no pueden protegerse adecuadamente contra todos los terremotos, tanto en términos tecnológicos como financieros. Las siguientes directrices se establecen en esta norma de acuerdo con esta filosofía:

A pesar de la posibilidad de daños sustanciales por movimientos sísmicos considerados graves para el emplazamiento del proyecto.

Suponiendo que cualquier daño sea manejable y se mantenga dentro de parámetros aceptables, el edificio debe ser capaz de soportar movimientos leves del terreno en el emplazamiento del proyecto.

Con el fin de mantener los edificios críticos en condiciones operativas tras un terremoto devastador, deben aplicarse medidas específicas, tal y como se describe en la tabla n.º 5. Según la Norma Técnica E.030 Diseño

sismorresistente, publicada en 2019 por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, página 4.

2.2.3.3. Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico

Todos los edificios con sistemas de aislamiento sísmico deben cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en una norma técnica. Esta norma también incluye pruebas para comprobar si estos sistemas son eficaces según los requisitos establecidos.

El objetivo de la norma es hacer que los edificios sean más resistentes a los terremotos, de modo que puedan mantener la seguridad de sus ocupantes y bienes y seguir funcionando según lo previsto.

Cualquier edificio en el país con un sistema de aislamiento sísmico, tal como se describe en la Norma Técnica E.030, Diseño Sísmico del Código Nacional de la Edificación, debe cumplir plenamente con los requisitos de dicho código. Si algo no contradice lo estipulado en la Norma Técnica E.030, Diseño Sísmico del Código Nacional de la Edificación, también debe regirse por las normas que la rigen. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento publicó la Norma Técnica E.031, Aislamiento Sísmico, en la segunda página en 2019.

2.2.3.4. Norma Técnica E.050 Suelos y cimentaciones

Los estudios de mecánica del suelo (EMS) son necesarios para la construcción de cimientos, edificios y otros proyectos incluidos en esta norma. Los requisitos para realizar un EMS se establecen en esta norma. La razón para implementar el SGA es fomentar el uso racional de los recursos, a la vez que se garantiza la solidez y durabilidad de la obra. Ministerio de Vivienda,

Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2006, pág. 1.

2.2.3.5. Norma Técnica E.060 Diseño en concreto armado

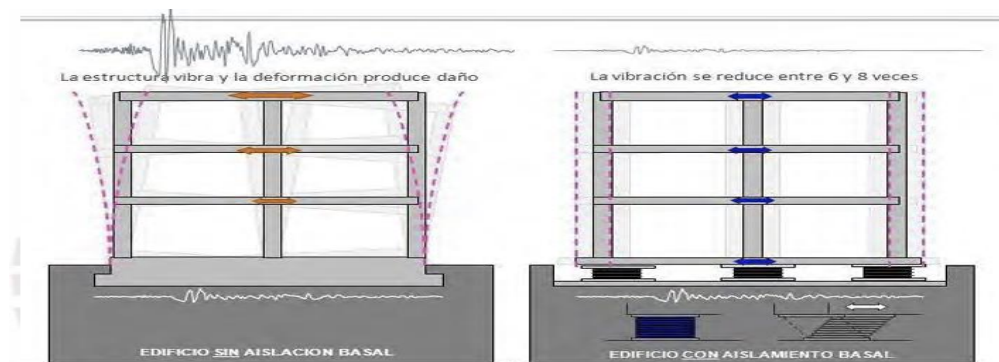
Todo tipo de edificación de hormigón, ya sea armado, pretensado o convencional, debe cumplir con las normas especificadas en el reglamento. Estas normas explican el método de materiales, análisis, diseño, proceso de construcción, control de calidad y supervisión. (Diseño de hormigón armado según la Norma Técnica E.060, 2009, primera página, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento).

2.2.4. Aisladores Sísmicos

Véase la figura 5 para ver una ilustración de cómo esta tecnología de aislamiento sísmico intenta que la superestructura actúe como un bloque sólido. Esto se consigue cambiando el período natural del edificio a un período largo. Debido a ello, la demanda de desplazamientos y aceleraciones entre los pisos disminuirá con el aumento del período, lo que a su vez reduce la probabilidad de daños.

Figura 5

Distinción entre el comportamiento de una estructura no aislada y una aislada

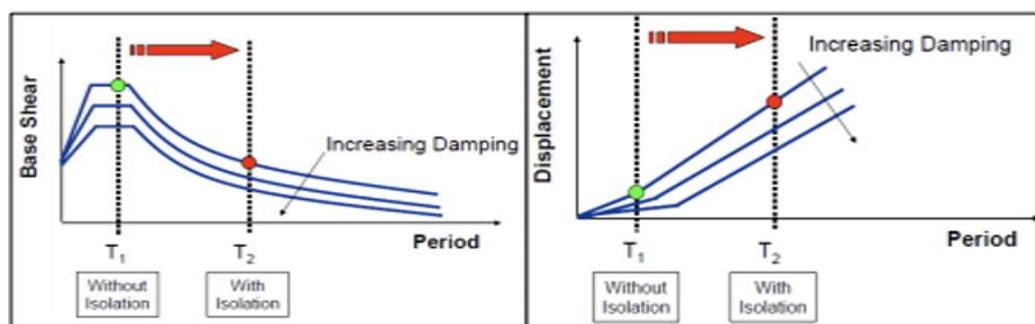


Nota: Carlos Méndez Galindo (2013)

Véase la figura 6 para ver una ilustración de cómo los aislantes pueden cambiar el período natural de un edificio y cómo pueden aumentar la amortiguación. Aunque la deriva de los pisos intermedios del edificio disminuya a medida que aumenta el período, el desplazamiento aumenta. En pocas palabras, se consigue una disminución de la fuerza sísmica entrante y del desplazamiento aumentando la amortiguación, lo que a su vez reduce la amplitud del espectro sísmico.

Figura 6

Funciones del Aislamiento Sísmico



Nota: FEMA 541(2003).

Se utiliza un sistema de aislamiento de base para proteger los edificios ante terremotos. Al aislar la superestructura de la base, los aisladores sísmicos reducen la rigidez de la estructura, prolongando así el período natural y mejorando la protección del edificio.

En la actualidad, los tipos de aislantes más populares son: caucho de baja amortiguación (LRD), caucho con núcleo de plomo (LRB), caucho de alta amortiguación (HDR) y aislantes pendulares con una, dos o tres capas de fricción. A continuación se proporcionan detalles específicos sobre cada uno de ellos.

2.2.5. Aisladores Elastoméricos

Se vulcanizan varias capas de caucho y placas de acero para formar un aislador elastomérico. Debido a su limitada capacidad para dispersar energía tras un evento sísmico, estos aisladores presentan ciclos de histéresis estrechos causados por sus placas de acero rígidas verticalmente. Al mismo tiempo, el grosor de las placas de acero determina su rigidez horizontal, lo que les permite una mayor flexibilidad horizontal. Dado que esto alarga la duración de la estructura y disminuye su ritmo durante un terremoto, resulta muy ventajoso para la estructura.

Los aislantes elastoméricos hacen que la estructura de un edificio sea más flexible, lo que a su vez reduce las aceleraciones entre los pisos. Es necesario que los aisladores elastoméricos puedan gestionar el movimiento lateral que se produce en el edificio. Por ello, la planificación y aplicación de los aisladores elastoméricos en las estructuras debe encontrar un equilibrio adecuado. Estas piezas aportan flexibilidad y amortiguación, necesarias para la seguridad sísmica, pero equilibrarlas también es clave para obtener buenos resultados.

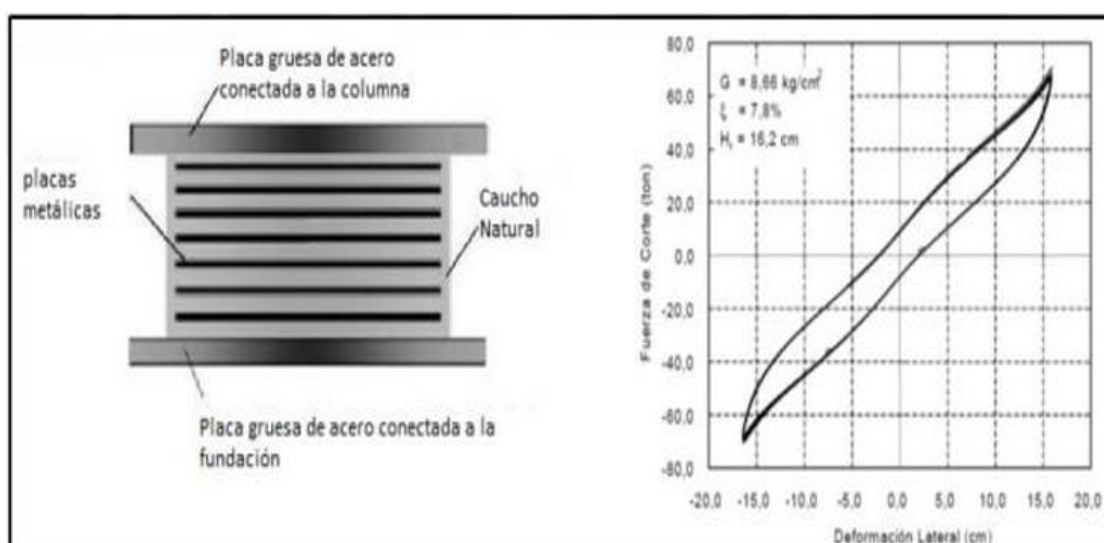
2.2.5.1. Aisladores Elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDR)

Entre los aislantes elastoméricos, estos dispositivos son los más básicos. Como se ve en la figura 7, los aislantes LDR suelen funcionar en combinación con disipadores de energía para aumentar la amortiguación del sistema, debido a su escasa capacidad de amortiguación (máximo del 2-5 %). La facilidad de fabricación de estos dispositivos es una gran ventaja. Página 24 del informe de 2011 de la Corporación de Desarrollo Tecnológico a la Cámara Chilena de la Construcción.

Las láminas de elastómero (caucho vulcanizado) y las placas de acero entrelazadas proporcionan aisladores de baja amortiguación (LRD), conocidos por sus características elásticas. El procedimiento de intercalar caucho entre dos placas de acero requiere un método para resistir las tensiones laterales, así como las cargas gravitatorias.

Figura 7

Aisladores Elastoméricos de Bajo Amortiguamiento (LDR)



Nota: En FEMA 451, 2003, hay un gráfico de la fuerza de cizallamiento frente al desplazamiento lateral que ilustra la deformación máxima que puede producirse durante un evento sísmico, y en la figura se muestra el material que compone el aislador elastomérico.

2.2.5.2. Aisladores Elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR)

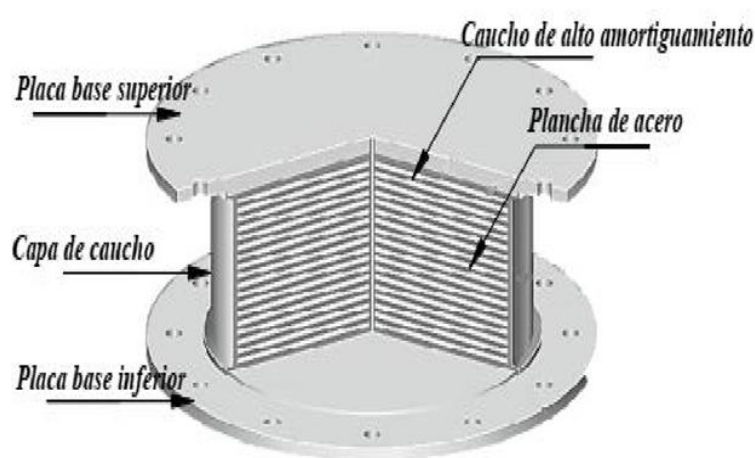
Los aislantes elastoméricos conocidos como selladores de alto rango dinámico (HDR) se fabrican añadiendo carbono, aceites y resinas a las láminas de elastómero durante su fabricación. Esto aumenta la amortiguación del caucho hasta valores cercanos al 10-15 % (véase la figura 8). Los aislantes de

tipo HDR son más sensibles a la frecuencia y la temperatura que sus homólogos LDR y LRB. Por otro lado, los aislantes HDR tienden a estabilizarse después de tres ciclos de carga, a pesar de tener inicialmente una mayor rigidez. Al igual que los dispositivos LRB, estos dispositivos son fáciles de fabricar y tienen la cualidad única de combinar flexibilidad y disipación de energía en una sola unidad. Página 25 del informe de la Cámara Chilena de la Construcción en nombre de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (2011, p.).

Es necesario ajustar las cualidades mecánicas, como el alargamiento a la rotura, añadiendo aditivos al caucho para este tipo de aislador sísmico.

Figura 8

Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento



Nota: Bridgestone (2018).

2.2.5.3. Aisladores Elastoméricos con núcleo de plomo (LRB)

Los aislantes con núcleo de plomo (LRB) están fabricados con láminas de acero entretejidas con caucho vulcanizado de baja amortiguación. El núcleo de plomo se fabrica insertando plomo en un orificio central del material y

presionándolo hasta que quede fijado en su sitio. Se puede aumentar el nivel de amortiguación del sistema hasta niveles cercanos al 25-30 % (véase la figura 09) utilizando este tipo de aislante, que se configura y fabrica de forma similar a los LRB.

Cuando ocurre un terremoto, el núcleo de plomo se dobla y se calienta, desplazándose lateralmente y provocando el movimiento del aislador. Una vez que cesa la actividad sísmica, el aislador de caucho ayuda a empujar la estructura de vuelta a su punto inicial, mientras que el núcleo de plomo se reestructura. Por lo tanto, todo el sistema resiste prácticamente sin problemas futuros terremotos. Página 25 del informe de la Cámara Chilena de la Construcción en nombre de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (2011, p.).

Tras la recristalización del núcleo de plomo a temperatura ambiente, siempre que fluya bajo una tensión de 10 MPa, puede experimentar numerosos ciclos histeréticos estables.

Figura 9

Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo



Nota: Dynamic Isolation Systems, 2007.

2.2.6. Aisladores de Péndulo Friccional

La estructura de un aislador deslizante, a menudo denominado deslizador de fricción, está soportada por una placa de acero recubierta de politetrafluoroetileno (PTFE) que se desliza sobre una superficie deslizante de acero inoxidable. Este edificio puede flotar horizontalmente por sí solo gracias a la superficie deslizante. Las fuerzas de fricción producidas por un terremoto se utilizan para disipar energía mediante este dispositivo de aislamiento sísmico. Muchos factores influyen en la fricción que soporta un aislador: la temperatura, la fuerza que lo presiona, la velocidad, la forma o limpieza de la superficie y su antigüedad. Para que un edificio vuelva a su estado anterior a un terremoto, es necesario un dispositivo o sistema de restauración, lo que suele implicar trabajar con un aislador elastomérico, con o sin plomo en su interior, especialmente con un aislador deslizante plano. Sin embargo, si las superficies deslizantes se modifican, el coeficiente de fricción podría desviarse del previsto, por lo que estas configuraciones requieren un mantenimiento continuo y exhaustivo, página 27.

2.2.6.1. Péndulo de Fricción Simple (PFS)

Cuando ocurre un terremoto, la característica más destacada es el movimiento real del péndulo, determinado por el coeficiente de fricción del aislador y la carga de servicio.

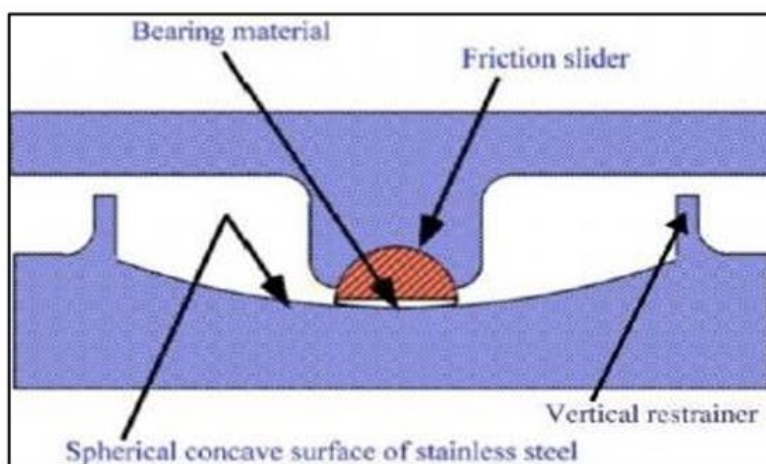
Parece que la forma cóncava de un aislador de péndulo de fricción le permite moverse a lo largo de la superficie. El politetrafluoroetileno (PTFE) es el material elegido para los deslizadores, mientras que el acero inoxidable conforma la superficie cóncava (véase la figura 10 como referencia).

Los aislantes pierden energía por fricción porque sus formas cóncavas crean una fuerza de restauración que los devuelve a su posición inicial.

Debido a su forma cóncava, este sistema de aislamiento está diseñado para centrarse en caso de un evento sísmico gracias a la fuerza tangencial.

Figura 10

Partes del Aislador Péndulo Simple de Fricción



Nota: Okumuru, Fujita, 2007.

2.2.6.2. Doble Péndulo de Fricción (DPF)

Las características mecánicas definen a los aislantes DPF, que son comparables a los aislantes de péndulo de fricción simple.

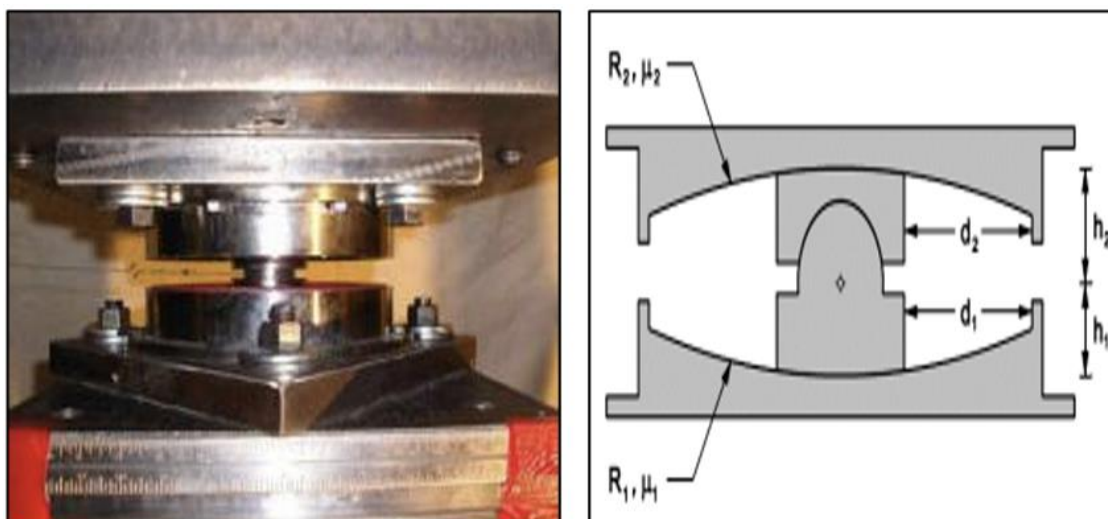
Las dos superficies en la parte superior e inferior de un aislante de péndulo doble, que se muestra en la Figura 11, son la única característica que los distingue. Los materiales utilizados son muy similares a los del aislante de péndulo simple.

El coeficiente de fricción es mayor en los aislantes de fricción con superficie seca que en los que tienen superficie lubricada; esta es una de las

dos características de la superficie que comparten la mayoría de los aislantes de fricción.

Figura 11

Corte y Elevación de Péndulo de Fricción Doble



Nota: FEMA 451(2003).

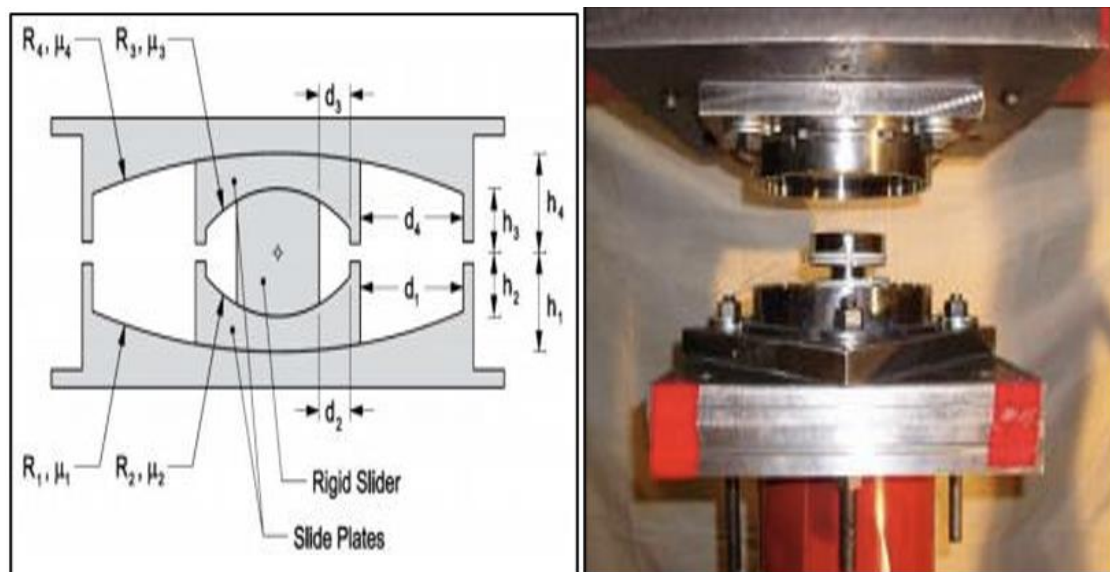
2.2.6.3. Triple Péndulo de Fricción (TPF)

La figura 12 muestra que este aislador difiere significativamente de sus predecesores en la categoría de aisladores por fricción debido a sus cuatro superficies de contacto, que aumentan su capacidad para alcanzar largos periodos y desplazamientos.

Varias investigaciones han revelado que las cinco etapas distintas del movimiento del aislador de péndulo de triple fricción (TFP) se deben al deslizamiento a través de superficies cóncavas distintas. Es importante destacar que solo hay tres superficies en lugar de cuatro, ya que las superficies internas son similares, aunque sus coeficientes de fricción sean diferentes. Se denomina péndulo triple debido a estas características.

Figura 12

Corte y Elevación de Péndulo Triple Fricción



Nota: FEMA 451, (2003).

2.2.7. Consideraciones generales para el diseño

«Korswagen, Arias y Huaringa (2012) están en plena investigación. Los aisladores actúan como piezas estructurales diseñadas para ayudar a reducir el impacto sísmico en los edificios. Generalmente, consisten en una capa flexible intercalada entre la tierra y la estructura principal. El objetivo es que el edificio se mantenga utilizable durante y después de un terremoto; se trata de aumentar la seguridad y reducir drásticamente los daños.

Por el contrario, la resistencia estructural aumenta porque los aisladores elastoméricos aprovechan la elasticidad del caucho vulcanizado para reducir la rigidez lateral, mientras que las placas de acero proporcionan una mejor rigidez vertical. Para facilitar la revisión y el mantenimiento, es recomendable instalar aisladores sísmicos en puntos clave.

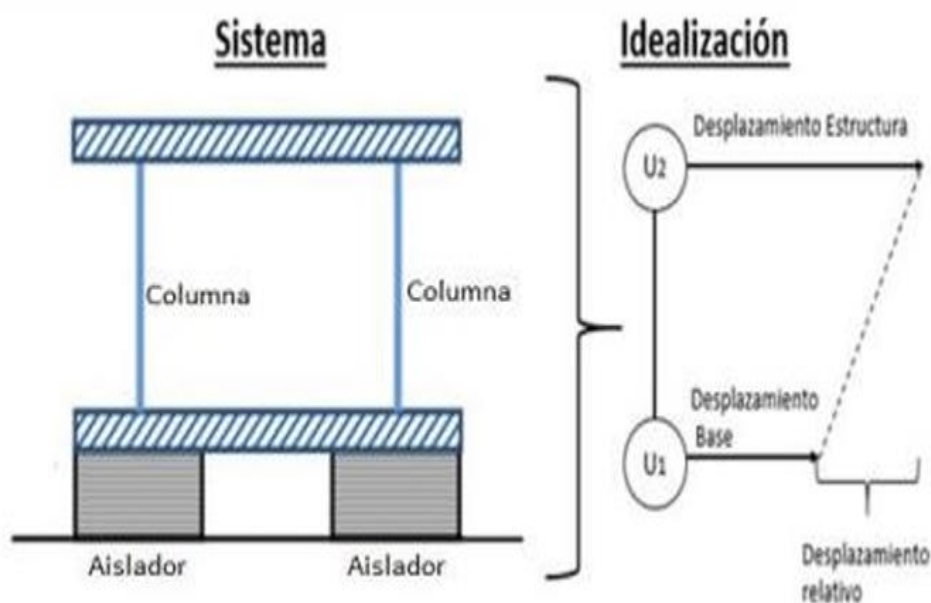
Para mitigar sus efectos, se debe considerar la instalación de aisladores sísmicos desde el inicio del proyecto (p. 22).

2.2.7.1. Sistema de aislamiento

Cuando ocurre un sismo, la energía total generada no cambia. Esta energía que entra en un edificio comienza a convertirse en movimiento o energía cinética, lo que ayuda a mantener el equilibrio. La Figura 13 muestra que, cuando se produce un sismo, una parte de esta energía se convierte en energía elástica que retrocede mientras la estructura se flexiona. El resto de la energía simplemente se desvanece, debido a la amortiguación causada por factores como la histéresis o la deformación permanente. Además, se instalan sistemas de aislamiento sísmico para ayudar al edificio a resistir los daños del terremoto.

Figura 13

Representación de Estructura con Aislación en la Base



Nota: Marsico, 2008.

2.2.7.2. Consideraciones en el análisis con aisladores sísmicos

La evaluación y planificación correctas de un proyecto que incorpore un sistema de aislamiento sísmico requiere actualmente tener en cuenta numerosos factores. Según Korswagen, Arias y Huaranga (2012):

A) A nivel del sistema de aislamiento.

- Cuando se colocan diafragmas rígidos directamente en la conexión del sistema de aislamiento, resulta ser la manera más eficaz de aumentar la capacidad de flexión de una estructura. Esto se debe principalmente a que estos movimientos independientes se pueden lograr en ambos sentidos, justo en la zona de aislamiento.
- Los aisladores están espaciados de manera uniforme para evitar que cualquiera de ellos se vea sobrecargado por la capacidad de carga máxima de la instalación.
- La gestión de los aislantes se realiza en una dirección perpendicular al análisis, ya que el objetivo es limitar el movimiento en ambas direcciones, con el fin de evitar impactos torsionales a nivel de la base aislante.
- Los aislantes deben mantener su resistencia a la tracción dentro del rango del 10-15 % de compresión. Es necesario realizar una evaluación, ya que podrían dañarse si este rango cambia.

- Dado que pueden provocar diferentes tipos de deformaciones entre los componentes de la superestructura, deben tenerse en cuenta las deformaciones verticales.

B) A nivel de la Estructura.

- Al diseñar la estructura, es fundamental tener en cuenta los momentos adicionales generados por los desplazamientos en la interfaz de aislamiento, ya que estos pueden descentrar la carga.
- Además, hay que tener en cuenta que las juntas de separación a veces pueden superar los 50 cm al diseñar el sistema de aislamiento.
- Dado que los aislantes sísmicos solo han sido una opción durante un breve periodo de tiempo, su colocación debe ser lo suficientemente flexible como para permitir su sustitución en caso de fallo.
- Para el diseño y la selección adecuados de los aislantes, es esencial conocer el comportamiento del suelo. Capítulos 23 y 24.

2.2.8. Selección del procedimiento de Análisis para estructuras aisladas

La norma técnica E.031 Aislamiento sísmico especifica lo siguiente como nuestra técnica de análisis (p. 11):

2.2.8.1. Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

Cuando se satisfacen las condiciones siguientes, considerando los límites superior e inferior de los atributos del sistema de aislamiento sísmico y utilizando el más estricto de estos, el enfoque de fuerza estática que es comparable se vuelve adecuado para ser aplicado en la construcción de una construcción con aislamiento sísmico:

- a) La ubicación ideal para la estructura es en las zonas sísmicas 1 o 2, 3 sobre suelos de tipo S1 o S2, o 4 sobre suelos de tipo S1.
- b) La estructura aislada debe tener un periodo efectivo de 5,0 s según el desplazamiento translacional, T_M .
- c) La estructura no debe tener una superficie superior a 4 pisos ni una altura superior a 20 metros sobre la interfaz de aislamiento.
- d) No más del 30% del amortiguamiento crucial debe alcanzar o superar el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico, es decir, el desplazamiento traslacional, βM .
- e) La duración que funciona para una estructura aislada, correspondiente al movimiento temporal T_M , debe ser mayor en un factor de más de tres en comparación a lo que es el período elástico para la estructura instalada sobre un sistema de aislamiento sísmico cuando su base está fija.
- f) No se pueden presentar en la estructura, a nivel de aislamiento sísmico, ninguna de las peculiaridades mencionadas en la sección 8.1 del artículo 8 de la Norma Técnica E.031.

g) En resumen, el sistema de aislamiento sísmico debe cumplir los siguientes criterios.

La seguridad sísmica que debe alcanzar el sistema de aislamiento sísmico debe ser mucho mayor que un tercio de su rigidez efectiva, que equivale al 20 % del desplazamiento máximo.

Algunos argumentan que el párrafo 9.4 del Artículo 9 de la Norma Técnica E.031 exige que el sistema de aislamiento sísmico se incline hacia atrás con una fuerza de rebote lateral.

Parece que el mayor movimiento que puede soportar el sistema de aislamiento sísmico debería ser, como mínimo, igual al desplazamiento máximo total (DTM).

2.2.8.2. Análisis Dinámico Modal Espectral

Suponiendo que se cumplen los criterios a, b, c, d y f del análisis de fuerzas estáticas o equivalentes, se puede emplear en la construcción de estructuras aisladas sísmicamente.

2.2.8.3. Análisis Tiempo – Historia.

Todos los edificios con aislamiento sísmico que no cumplan con los requisitos de la sección 18.1 del artículo 18 de la Norma Técnica E.031 deben someterse a un análisis de series temporales en su procedimiento de diseño.

Los resultados del análisis dinámico espectral modal deben priorizarse en todos los casos para el diseño de componentes estructurales. Considero que esto es fundamental.

2.2.8.4. Límites de deriva.

- El máximo desplazamiento entre pisos de la superestructura durante el terremoto más potente (SMC), después de multiplicarlo por R_a , no puede superar 0,0035 si se utiliza análisis modal estático o espectral.
- Si se observa cómo se flexiona y se empuja la capa de aislamiento en condiciones reales, la deriva interpiso máxima posible que muestra la superestructura en un análisis de historia temporal no debería ser superior a 0,005.

2.3. Conceptos fundamentales

- 1. Norma Técnica Peruana E.020 - Cargas:** Las estructuras y partes de ellas tienen que soportar pesos que provienen del uso que se les dará según las combinaciones establecidas pero esto no puede ir más allá de los límites ya establecidos en el código de diseño para los diferentes materiales de construcción.
- 2. La Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sísmico** establece los requisitos mínimos que deben cumplirse al diseñar edificios para que resistan la actividad sísmica. Esta norma se aplica tanto a los edificios de nueva construcción como a los que han sido reforzados o dañados por un terremoto. Los objetivos principales son garantizar la seguridad de las personas, mantener en funcionamiento los servicios vitales y limitar al mínimo los daños materiales.

3. En tercer lugar, existe la Norma Técnica Peruana E.031

Aislamiento Sísmico, que establece las reglas fundamentales para los sistemas de aislamiento sísmico en el diseño y la construcción de edificios. El objetivo es hacer que las estructuras sean más resistentes a los terremotos, más seguras y capaces de seguir funcionando.

4. Suelos y cimentaciones, Norma Técnica Peruana E.050: La

norma establece requisitos para realizar estudios de mecánica de suelos (EMS) en construcciones y cimientos de edificios para que los edificios puedan mantenerse estables durante un largo período y no se caigan. El estándar es para asegurarse de que la resistencia de las estructuras se mantenga bien.

5. Diseño de hormigón armado — Norma Técnica Peruana

E.060: Esta norma detalla las necesidades y requisitos fundamentales para investigar, planificar, utilizar, construir, controlar y supervisar edificios de hormigón armado.

6. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA): un

método modal dinámico que incorpora un análisis de espectro, tal y como se sugiere en el manual de la FEMA sobre construcción resistente a terremotos. Los edificios con tres o más niveles reales escalados a valores particulares deben emplear el análisis de historia temporal en lugar del método estático para los diseños finales.



CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se exponen los fundamentos metodológicos que permitieron el desarrollo de este proyecto de investigación, desde las etapas iniciales del trabajo de campo hasta las últimas etapas de la investigación documental, y que permitieron alcanzar los objetivos fijados:

3.1. Enfoque de investigación

En el trabajo de investigación se ha desarrollado modelos matemáticos donde se ha tenido la medición numérica de una serie de datos tabulados y finalmente procesados, con los que se pudo obtener los resultados a los objetivos planteados, bajo estas consideraciones se ha definido como una investigación con un enfoque cuantitativo.

3.2. Tipo de investigación

La investigación básica, aplicada y técnica son las tres categorías principales en las que se clasifica la investigación según Borja, M. (2016). Los métodos de investigación, incluidos los estudios experimentales y no experimentales, se utilizaron para examinar el concepto. En esta investigación

aplicada no experimental, se estudian los aislantes de elastómero y los sistemas con puertos utilizando la misma muestra y se relacionan mediante análisis técnicos y económicos.

3.3. Nivel de investigación

En ETABS V.2016.2.1, el sistema de pórtico y el sistema con aislantes elastoméricos con núcleo de plomo se analizaron por separado, lo cual es una afirmación descriptiva.

3.4. Diseño de investigación

Este estudio no empleó un diseño experimental porque para comprobar las hipótesis habría sido necesario modificar la variable independiente de tal manera que nos permitiera examinar las variables dependientes. La investigación puede caracterizarse como transversal, ya que examina ambos sistemas.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, serán las edificaciones de clase A1, que cuentan con la implementación de aisladores de caucho estándar y láminas de acero.

3.5.2. Muestra

La muestra representativa será una edificación de armado hormigón de 7 pisos para un edificio con aisladores de caucho estándar, que corresponde para una categoría A1, según la norma sísmica.

3.6. Pasos para el diseño estructural

Para el estudio sísmico, se empleará ETABS 2020 versión 1.1 para modelar el comportamiento del sistema. El estudio lo considerará como uno de sus componentes. Se espera que la transferencia de datos históricos sea parte integral de la futura aplicación de esta tecnología. Para asegurar el éxito del proyecto, se evaluarán diversas variables, incluyendo las dimensiones iniciales, la precisión del peso del material y la distribución de la carga, entre otras.

3.6.1. Parámetros para el modelamiento de la estructura

Tras definir los requisitos de entrada, el sistema se modelará utilizando cargas de SPT suelto y también seguro, con las siguientes características para elementos convencionales de concreto.

3.6.2. Para Elementos De Concreto

Para las especificaciones del concreto se tomarán los siguientes; F'_c ; 280 kg/cm², Módulo de elasticidad: $15000 \times \text{SQR}(280) \times 10 = E_s$ 2509980 Ton/m², Peso de volumen unitario: 2400 Kg/m³.

3.6.3. Para Materiales De Acero

Para las características de los elementos de acero se han considerado los siguientes; F_y : 4200 Kg/cm². Módulo elástico = 2×10^6 Kg/Cm² ó 2000000 Kg/Cm², Peso de volumen unitario: 7.849 Tn/m³.

3.6.4. Dimensionamiento de Pesos

Las dimensiones de la carga deben cumplir con la norma E-0.20 y considerar las cargas permanentes y las sobre cargas según sea el caso, para lo cual se establece las cargas CM y CV.

B) Disposición De La Sobre Carga – “CV” Up Live

Se tendrá los siguientes valores para ser considerados en el presente análisis, con los que se realizará el desarrollo

Tabla 2

Techos con graduación hasta de 3° en función a la horizontal

Disposición de pesos por unidad	Kg/m ²
Graduación de hasta 3°	100

Nota: Código - E.020, Norma Técnica.

Figura 15

Carga viva up con pendiente de 3° como máximo.



Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

C) Disposición De Las Cargas Permanentes – “CM”

La disposición de las cargas permanentes para elementos no estructurales, se deberá considerar los siguientes a acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 3

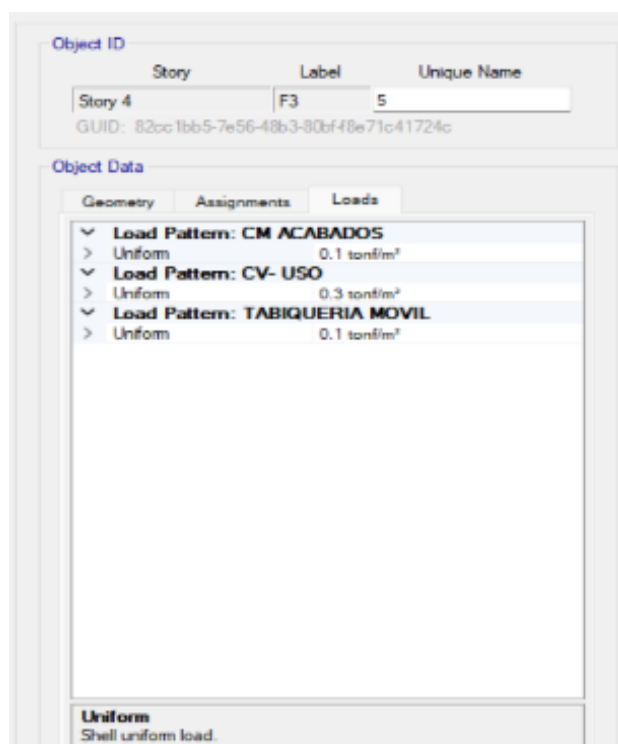
Cargas permanentes de pesos por unidad y específicos

Disposición de “CM”	Kg/m ²
Para Acabados	100
Para Tabiquería	100

Nota: Código - E.020, Norma Técnica.

Figura 16

Disposición de las carga muerta y carga viva



Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

La figura 16 muestra la distribución de la carga muerta (CM) y la carga viva (CV) dentro del programa ETABS aplicado a un modelo estructural.

3.6.5. Requisitos para el comportamiento sísmico de las simulaciones de edificios

A la hora de determinar los parámetros, es necesario tener en cuenta el sistema estructural del edificio, así como la ubicación o la región del proyecto en cuestión.

A. Factor De Zona (Z)

Para facilitar la zonificación, todo el país se divide en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 17. Llegaron a este diseño teniendo en cuenta los detalles neotectónicos, cómo se espacian los terremotos y los rasgos normales de los eventos sísmicos, todo lo cual a menudo se desvanece a medida que uno se aleja del epicentro.

Figura 17

Zonas sísmicas del Perú



Nota: ICG, 2016

Cada zona tiene su propio factor Z , especificado en la Tabla 4. Se suele interpretar la aceleración horizontal máxima en tierra firme como este factor Z , con una probabilidad considerable del 10 % de superarse en cinco décadas. Algunos podrían argumentar que una forma de representar el factor Z es como un porcentaje de la aceleración de la gravedad.

Tabla 4*Factores de zona*

Factores de zona "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: ICG, 2016

Según el sísmico mapa peruano, Juliaca se encuentra en la 3ra zona y su aceleración horizontal máxima en esta zona que puede ocurrir es $Z = 0,35$, valor con el que se trabajara para realizar el modelamiento estructural.

B. Perfil de suelo (S)

Debido a las siguientes características de la norma E.030, la categorización del perfil del suelo es fundamental para el diseño sismorresistente:

- Perfil tipo $S0$: Roca dura
- Perfil tipo $S1$: Roca o suelos muy rígidos
- Perfil tipo $S2$: Suelos intermedios

- Perfil tipo S3: Suelos blandos
- Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales

Tabla 5

Valores típicos para los distintos tipos de perfiles

Perfil	Clasificación de los perfiles de suelo		
	V_s	N_{60}	S_u
S_0	$> 1500 \text{ m/s}$	-	-
S_1	$500 \text{ m/s a } 1500 \text{ m/s}$	> 50	$> 100 \text{ kPa}$
S_2	$180 \text{ m/s a } 500 \text{ m/s}$	$15 \text{ a } 50$	$50 \text{ kPa a } 100 \text{ kPa}$
S_3	$< 180 \text{ m/s}$	< 15	$25 \text{ kPa a } 50 \text{ kPa}$
S_4	<i>Clasificación basada en el EMS</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>

Nota: ICG, 2016

La Tabla 5 que ha compartido presenta la Clasificación de los Perfiles de Suelo utilizados en el diseño sismorresistente, calculando en la rigidez y las propiedades del suelo.

Esta clasificación es fundamental porque el tipo de perfil de suelo (S_0 a S_4) define la respuesta sísmica del sitio y determina los factores de amplificación que se aplican a las fuerzas de diseño estructural.

El perfil del suelo se evalúa para determinar el factor (S) de acuerdo con lo dispuesto en la E-030, para análisis sísmico. Se debe aplicar el factor de suelo S_2 con un valor S de 1,15.

C. Estandartes para la ubicación de sitio

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las tablas 6 y 7.

Tabla 6*Factor zona-suelo*

Factor de suelo "S"				
ZONA/SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Nota: ICG, 2016**Tabla 7***Periodos para TP y TL*

Períodos "Tp" y "TL"				
Perfil del suelo				
	S_0	S_1	S_2	S_3
TP (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Nota: ICG, 2016

La información obtenida de la norma E-030 asume que el perfil superficial con S2 representa una edad muy reciente. Los datos a largo plazo se presentan en las tablas de los párrafos siguientes.

Donde:

TP(s) = 0,6 a corto plazo.

TL(s) = 2,0 a largo plazo.

D. Periodo fundamental del sistema

Se utilizará la siguiente expresión para estimar el período de vibración fundamental para cada dirección:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Tabla 8

Periodo fundamental de vibración

	Estructuras cuyos resistentes agentes en el eje considerado sean solo:
CT = 35	a) Pórticos de armado hormigón sin muros de corte.
	b) Pórticos de acero dúctil con conexiones a flexión, sin arriostramiento.

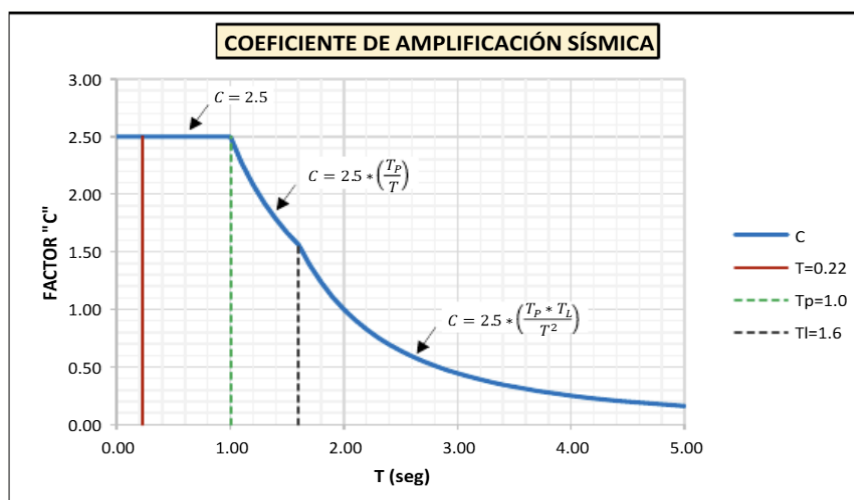
Nota: Código - E.030, Norma Técnica.

E. Coeficiente de amplificación sísmica (c)

Para determinar (C), se deben utilizar las sentencias de la norma E-030-2018. Para más información sobre estas sentencias, véase el párrafo 14. El tiempo predeterminado T proporcionado por la obra debe utilizarse para el cálculo realizado al evaluar el comportamiento de la obra.

Figura 18

Coeficiente de amplificación sísmica



Nota: Medina M. G. M. & Choque, C. J. T. (2017)

Para tal caso consideramos el Coeficiente De Amplificación Sísmica, cumpliendo la condición, con el cual se podrá tener dicho valor.

$$T < T_p; \text{ donde se tendrá: } C = 2.5$$

F. Categoría de las edificaciones y factor de uso (u)

Es obligatorio clasificar cada edificio en uno de los nueve grupos que se muestran en la tabla n.º 9. La categorización determinará la aplicación del factor de utilización o importancia (U), tal y como se describe en la tabla n.º 9. Se puede tener en cuenta $U = 1$ para estructuras que cuentan con aislamiento sísmico en sus cimientos.

Tabla 9

Categorías de la edificaciones y factor de uso

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Si se construye una estructura nueva A1 en zonas sísmicas 4 o 3, es imprescindible instalar aislamiento sísmico en los cimientos. En el caso de las zonas sísmicas 1 y 2, supongo que la decisión sobre la necesidad de aislamiento sísmico recae en el responsable. Se requiere un valor U de 1,5 en las zonas sísmicas 1 y 2 en ausencia de aislamiento sísmico.

Nota 2: el diseñador es libre de decidir cuánta rigidez y resistencia necesitan estas estructuras para las acciones laterales.

G. Categoría y sistemas estructurales

El sistema estructural que se muestra en la tabla n.º 10 debe seguirse durante el proceso de diseño de todos los edificios, independientemente de su categoría o ubicación.

Tabla 10

Categoría de las edificaciones

CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Nota: Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

H. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0)

Según la tabla n.º 11, debe clasificar los sistemas estructurales según los materiales y el tipo de configuración sismorresistente con la que trabaja, para cada dirección que analice. Si se trata de un edificio con más de un sistema estructural, deberá elegir el coeficiente R_0 con el valor más bajo.

Tabla 11

Coeficiente básico de reducción

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Nota: Las únicas construcciones que pueden utilizar estos coeficientes son aquellas cuyos componentes verticales y horizontales disipan energía sin comprometer la estabilidad. Las construcciones de péndulo invertido están exentas de estas normas.

I. Restricciones a la Irregularidad

El tipo y la ubicación de un edificio determinan los requisitos de diseño para las irregularidades, tal y como se muestra en la tabla n.º 12.

Tabla 12

Categoría de la edificación e irregularidad

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

De la definición del sistema estructural, se podrá establecer la regularidad según la categoría de la edificación, donde se limitará algunas restricciones para ejecutar el análisis bajo cargas dinámicas.

J. Fuerza cortante en la base

El análisis dinámico de edificios sometidos a fuerzas horizontales se basa en las cifras sísmicas establecidas en el código sísmico, que las establece en función de la ubicación y la configuración estructural elegida. Posteriormente, se pueden utilizar fórmulas matemáticas para determinar la fuerza cortante justo donde la estructura toca el suelo.

En función a la E.030, se dispone de la siguiente expresión matemática que recomienda la norma para dicho cálculo.

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

3.6.6. Elaboración y estudio del plan estático con SPT

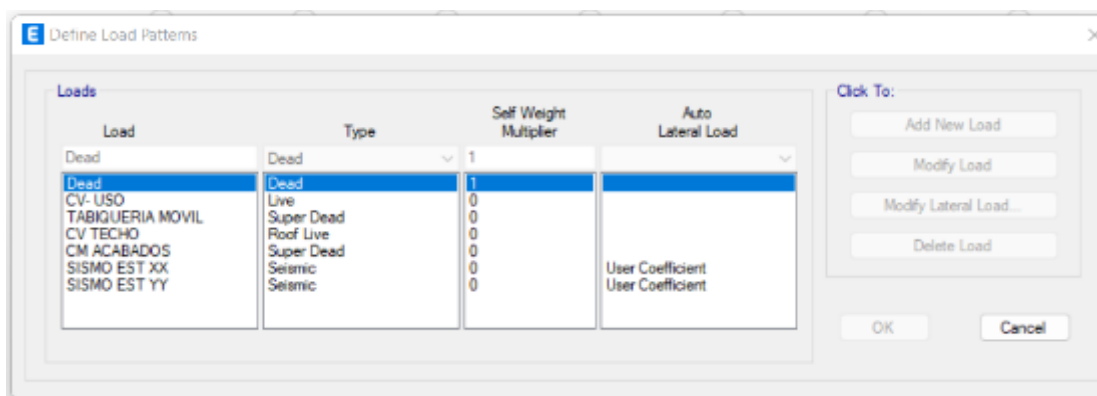
De lo planteado se desarrollará el análisis estático del sistema estructural de la edificación con las características y especificaciones definidas según las recomendaciones de los códigos sísmicos del reglamento.

3.6.6.1. Descripción y modelamiento de la estructura

- Se propone un edificio sanitario privado con una superficie cubierta de 284,90 m² (todos los niveles).
- Las columnas y vigas actúan como las piezas principales del marco para el modelado estructural, mientras que los muros de carga utilizan piezas especiales. Además, se diseña un elemento nervado para la losa, lo que le permite actuar como elemento portante.
- Se definieron modelos de sísmica carga para los dos ejes en el software Etabs, con el coeficiente de cortante básico calculado previamente.

Figura 19

Modelo sísmico estático equivalente



Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

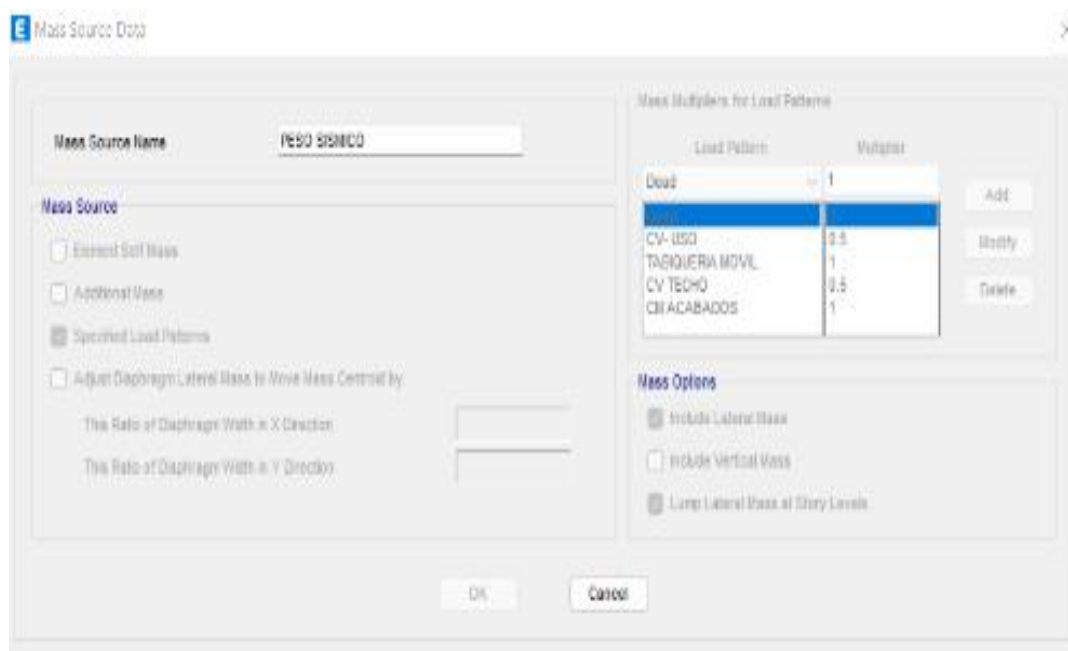
Se asignaron parámetros de rigidez, discretización de losas y centros de masa a las posiciones de losa y diafragma en cada nivel. Estas operaciones se realizaron simultáneamente:

$$100\%CM + 50\%CV + 50\%CT$$

De acuerdo con la E.030, estos valores facilitan el análisis de sísmica carga. Cumple con este criterio. El software emplea finitos elementos; por lo tanto, esta información es esencial para los cálculos y para obtener resultados más exactos.

Figura 20

Posición del centro de masa

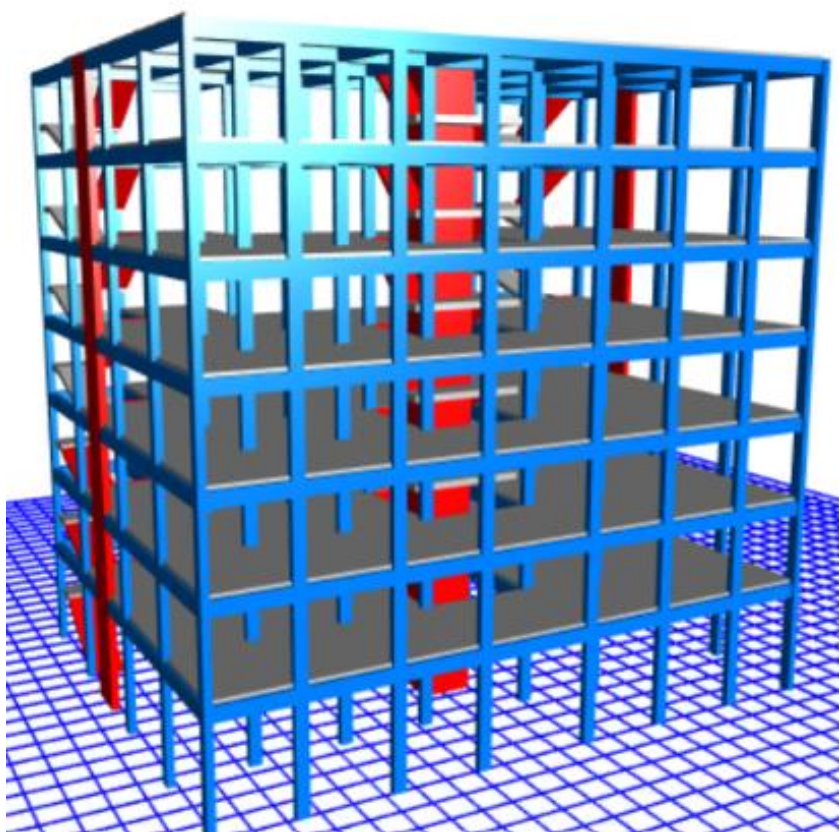


Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

$F = \text{masa} \cdot a$ es la fórmula para la masa sísmica, que es la masa efectiva que se mueve horizontalmente y produce fuerzas inerciales durante un terremoto. El ajuste (PESO SÍSMICO), que es el predeterminado en ETABS.

Figura 21

Vista en tres dimensiones del plan con cimiento seguro



Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

Para ejecutar el modelo sísmico en ETABS, se deben cumplir las normas (Norma Peruana E.030) describiendo con precisión los patrones de carga, configurando la masa sísmica y aplicando las cargas sísmicas laterales correspondientes.

3.6.7. Modelamiento estructural según la regularidad del elemento

La regularidad de los elementos estructurales está en función a su regularidad en planta como también en altura, para ello se realizará un análisis de estos aspectos fundamentales, para el modelamiento del sistema estructural de la edificación planteada.

3.6.7.1. Inconsistencia de rigidez – piso blando

La norma E.030 menciona que se producen irregularidades en X e Y cuando la rigidez lateral de un piso es inferior al 70 % del nivel superior o si cae por debajo del 80 % del valor medio de los tres pisos anteriores. Si dicha rigidez no es constante, entonces se convierte en 0,75. Esto se calcula utilizando la energía cortante del piso contra su deslizamiento en ese piso.

$$K = \frac{F}{\Delta}$$

3.6.7.2. Inconformidad de resistencia – piso débil

Una no conformidad de resistencia ocurre cuando, en dirección analítica, la resistencia al corte para un nivel no alcanza más del ochenta por ciento que la que se encuentra en el nivel inmediatamente superior según los requisitos E-030.

3.6.7.3. Inconformidad de rigidez extrema – piso blando

La E-030 define inconformidad de severa rigidez como una lateral rigidez inferior al 60 % de la resistencia de un piso en todo sentido. El nivel superior opera con menos del setenta por ciento de la rigidez lateral habitual, en comparación con los tres niveles superiores más cercanos. Además, cuando las condiciones de carga son similares, la rigidez lateral se ajusta perfectamente a la conexión entre la fuerza cortante de la losa y el movimiento de la fuente de masa.

3.6.7.4. Inconsistencia de resistencia extrema

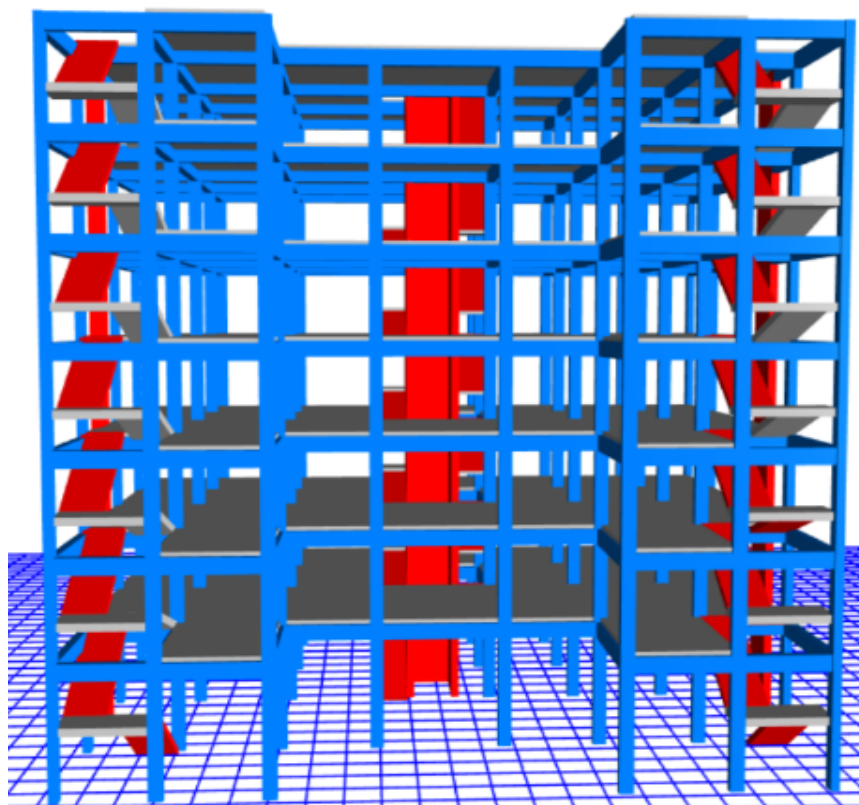
El E-030 verifica la resistencia extrema desigual al igual que verifica la resistencia desigual, pero si la resistencia al corte de una losa cae por debajo del sesenta y cinco por ciento en comparación con la losa inmediatamente superior, eso es una advertencia.

3.6.7.5. Inconformidad por discontinuidad en los agentes resistentes

Cualquier componente que aguante más del diez por ciento de la cortante energía tiene vertical desalineación. Este proyecto de investigación presenta un sistema de muros estructurales.

Figura 22

Imagen del sistema estructural



Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

3.6.7.6. Inconsistencia por extrema discontinuidad en los sistemas resistentes

Se producen imperfecciones cuando las piezas sin continuidad afectan aproximadamente un 25 % de la energía de corte final, como explica E-030. En planos tenaces que no tienen piezas discontinuas que resistan demasiado al corte, no se produce discontinuidad.

3.6.7.7. Extrema inconformidad torsional en planta

Conforme a la E-030, la Tabla n.º 9 si el deslizamiento relativo de un piso en un lado supera 1,5 veces el desplazamiento promedio entre los extremos cuando se carga de la misma manera, indica un límite de irregularidad torsional en cualquier dirección. ($\Delta Prom$).

3.6.7.8. Disposición de los modos de vibración del sistema

El sistema estructural sometido a una serie de fuerzas actuantes, tendrán movimientos donde se podrá definir los modos de vibración en bases fijas.

Tabla 13

Valores obtenidos de los tres modos iniciales

Modo	Base Fija
01	0.646
02	0.608
03	0.498

Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

Aunque es un análisis estático, la fuerza cortante basal (V) y su distribución depende indirectamente del período fundamental de vibración (T) de la estructura. La Tabla 13 muestra que para una estructura de Base Fija

típica, los períodos de vibración son cortos (ej. 0.646 s para el Modo 01).

Estos períodos cortos ubican a la estructura en la zona de máxima aceleración de la curva del espectro (donde $d_o=2.5$).

3.6.7.9. Basal cortante (V) obtenido con el software

Debajo de la tabla se muestran el coeficiente de amplificación sísmica, la resistencia al corte basal, el peso estructural y el importante exponente del período de vibración.

Tabla 14

Fuerza de corte en el SPT. en los dos ejes

Descripción	Ecc Ratio	Historia Principal	Historia inicial	C	K	Peso Ton-f	Corte en la Base Ton-f
X-X	.05	4	Base	.15	1.073	1762.54	221.6939
Y-Y	//	//	//	//	//	//	//

Nota: Desarrollada por el autor (Etabs 2020 v1.1)

3.6.8. Desarrollo del análisis dinámico con sistema SPT

Los elementos dispuestos de acuerdo a su configuración estructural serán analizados bajo condiciones dinámicas, donde se describen algunos elementos que serán muy importantes en el desarrollo del modelamiento.

3.6.8.1. Condición espectral de la aceleración

De acuerdo con la ecuación, se empleará un espectro de pseudoaceleración inelástica. Nuestro proyecto de investigación aplicará el análisis modal espectral dinámico a la dirección Y-Y. El espectro planificado tendrá una densidad espectral de 8.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

3.6.8.2. Dinámico análisis espectral modal

Un sistema puede utilizar combinaciones modales espectrales para el análisis dinámico, según lo permita la norma de diseño sísmico. En casos donde las masas generan movimiento y la deformación lateral está limitada por la rigidez, se requiere una inspección adicional del sistema.

Para el estudio vertical, es mejor aplicar un rango donde los valores de C sean aproximadamente dos de cada tres valores del rango horizontal. Si se observan lugares con períodos de tiempo muy cortos (T inferior a $0,2 T_p$), el coeficiente sísmico se puede calcular con esta fórmula.

$$\begin{aligned} T > T_L & \quad C = 2.5 \times \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2} \right) \\ T < T_p & \quad C = 2.5 \end{aligned}$$

3.6.9. Resumen de parámetros para el análisis dinámico del sistema

A continuación, se detalla para desarrollar el análisis dinámico los parámetros definidos bajo condiciones de carga del sistema estructural, en una edificación de categoría esencial.

Tabla 15

Especificación de los parámetros para la dinámica exploración del plan

Especificaciones	
$C =$	2.5
$Z =$	0.35
$U =$	1
$S =$	1.15
$g =$	9.81
$TL =$	2.0
$R =$	8

Nota: Código - E.030, Norma Técnica.



Tabla 16

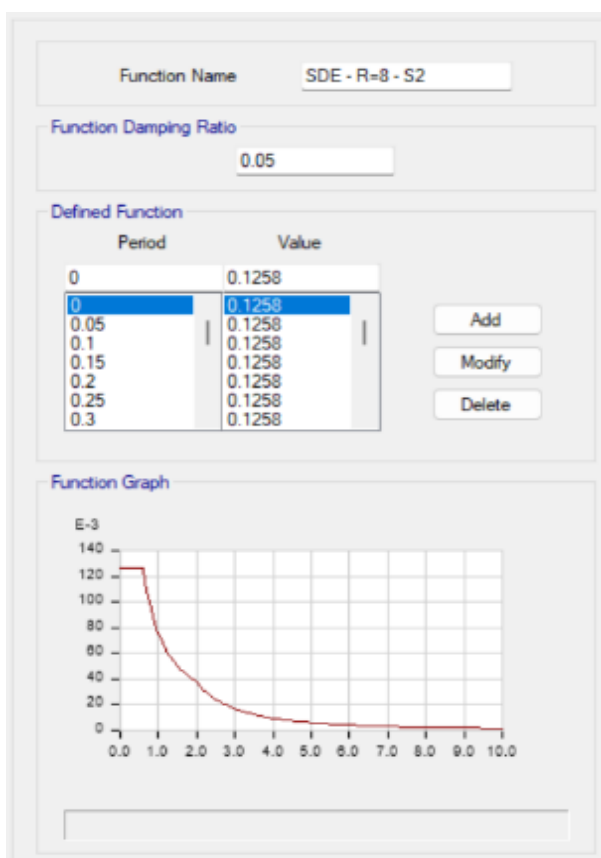
Condiciones del espectro de pseudo aceleración

Espectro de aceleración Pseudo R=8		
Tiempo	Coed. de sísmica amplificación	Sa=(ZUCS/R)
T (SEG)	"C"	Sa
0.00	2.500	.1257813
0.05	2.500	.1257813
0.10	2.500	.1257813
0.15	2.500	.1257813
0.20	2.500	.1257813
0.25	2.500	.1257813
0.30	2.500	.1257813
0.35	2.500	.1257813
0.40	2.500	.1257813
0.45	2.500	.1257813
0.50	2.500	.1257813
0.55	2.500	.1257813
0.60	2.500	.1257813
0.65	2.308	.1161058
0.70	2.143	.1078125
0.75	2.000	.1006250
0.80	1.875	.0943359
0.85	1.765	.0887868
0.90	1.667	.0838542
0.95	1.579	.0794408
1.00	1.500	.0754688

Nota: Código - E.030, Norma Técnica.

Figura 23

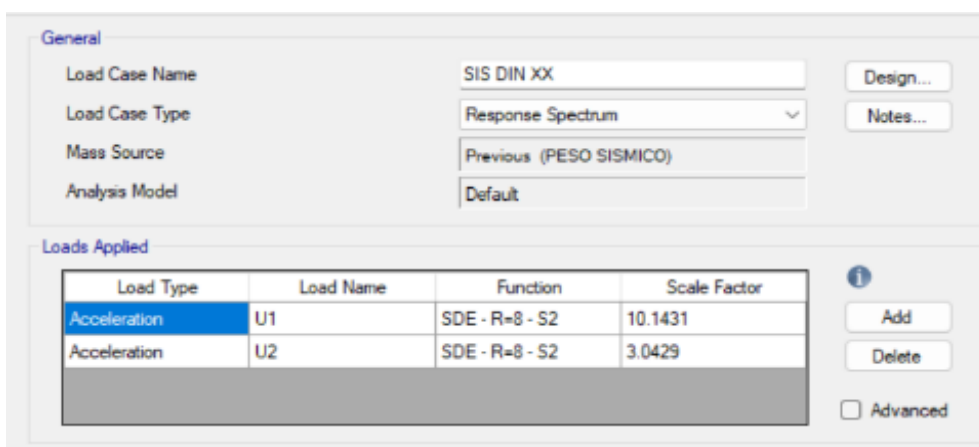
Disposición del espectro de aceleración Pseudo



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Figura 24

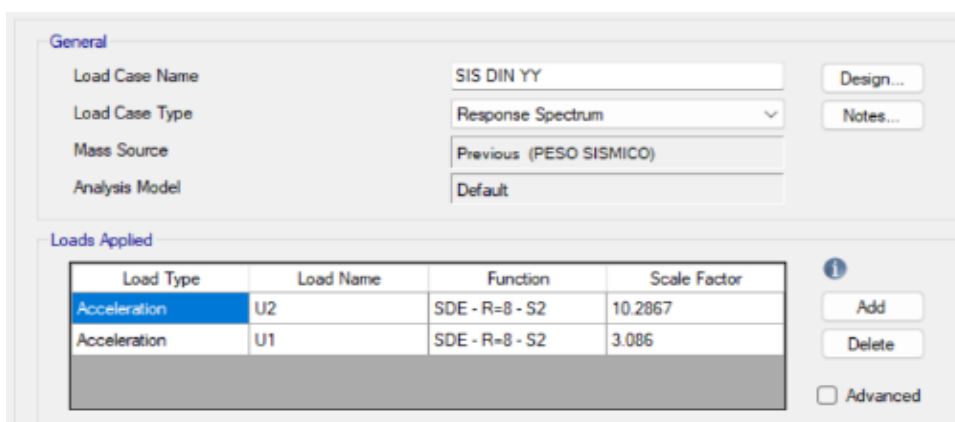
Escalado sismo en el sentido XX



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Figura 25

Fuerzas de sismo en cada nivel en el sentido YY



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

3.6.9.1. Cortante energía baja

La fuerza cortante del análisis estático, bajo las condiciones de carga establecidas de detallan a continuación en la siguiente tabla, del modelo estructural considerado:

Tabla 17

Actuación de la fuerza de corte en el análisis estático

Estático - sísmico análisis				
Historia	Caso de salida	Ubicación	V-X Ton-f	V-Y Ton-f
Historia1	S. E. XX	Abajo	-221.6939	-
//	YY	Abajo	-	-221.6939

Nota: Desarrollada por el autor

Tabla 18*Actuación De La Cortante De Energía - Estudio Primario Dinámico*

Primario dinámico - sísmico análisis				
Historia	Caso de salida	Ubicación	VX	VY
			Ton-f	Ton-f
Historia1	X-X	Abajo	171.5312	61.5295
//	Y-Y	//	62.1233	169.1364

Nota: Desarrollada por el autor**3.6.9.2. Verificación de cortante mínima**

$$V.Din \geq 80\% V.Est$$

La razón debe modificarse por un factor relacionado con su relación si no se cumple el criterio anterior. Si la estructura en evaluación es regular, pero no cumple con los criterios de mínimo cortante, se modificará por 1,03395254 para el eje X-X y 1,04859226 para el eje Y-Y.

Tabla 19*Actuación sísmica - estudio dinámico último – OK*

Actuación sísmica - estudio final dinámico				
Historia	Caso de salida	Ubicación	VX	VY
			Ton-f	Ton-f
Historia1	S. D. "XX"	Abajo	177.3551	63.6186
//	"YY"	//	65.142	177.3553

Nota: Desarrollada por el autor**3.6.9.3. Tipo de estructura de la edificación**

Para la definición del tipo de sistema estructural con el que se analizara, está en función a pórticos estructurales con materiales convencionales de concreto.

Tabla 20

Fuerzas cortantes en pórticos

Fuerzas cortantes en porticos				
Caso de Salida	Tipo de Caso	Step Type	FX Ton-f	FY Ton-f
S.D. "XX"	Lin Resp Spec	Máximo	177.3551	63.6186
"YY"	Lin Resp Spec	//	65.142	177.3553

Nota: Desarrollada por el autor

Tabla 21

Fuerzas cortantes en placas

Fuerzas cortantes en muros				
Historia	Pier	Caso de salida	V-2 Ton-f	V-3 Ton-f
Historia1	PX	SIS DIN XX	160.3198	
Historia1	PY	SIS DIN XX		12.1485

Nota: Desarrollada por el autor

Tabla 22

Sistema estructural definido

% De absorcion de cortante fuerza por las placas			
Dirección x	90%	Muros estructurales	
Dirección y	7%	Aporticada	

Nota: Desarrollada por el autor

3.6.9.4. Control de desplazamientos admisibles - derivas

El artículo 32 del Reglamento de Edificación (RNE) español establece que, para edificios convencionales, se multiplican los resultados del análisis

elástico lineal con fuerzas sísmicas reducidas por 0,75 R al medir el movimiento lateral. No se deben superar los valores límite de deriva, también conocidos como distorsión de losa, para sistemas de muros estructurales, como en el estudio de tesis. Existe una tabla que enumera los valores máximos de deriva para estructuras de hormigón armado.

$$\Delta \text{ Inelastico} = 0.75 * R * \Delta \text{ elastico}$$

$$\Delta \text{ elástico} = \text{Elástica Deriva} = \frac{Dr}{h}$$

$$Dr. = \text{relativo } \Delta = \frac{\text{superior lateral } \Delta}{\text{inferior lateral } \Delta}$$

Tras comprobar las derivas del sistema de spt. seguro, se instalan la aislativa interfaz y los dispositivos.

3.6.10. Estudio y modelado del sistema con base aislada

- Para fabricar SPT de seguridad y otras piezas similares, se determinará la interfaz de aislamiento necesaria según un estándar de diseño. Tras realizar comprobaciones de diseño estáticas y dinámicas, se observa que la reacción dinámica del sistema se encuentra dentro de los límites de E-0.31. Supongo que el SMC también debe estar dentro del espectro de diseño superior para el modelado, según lo establecido por la norma E-0.31, que apunta a un aumento del factor de zona del 150 %.
- Los capiteles de 80 cm de altura, 100 cm de longitud de ancho y 100 cm de longitud de largo fueron evaluados según las reglas de diferentes autores, en sus trabajos de investigación ejecutadas

estos hacen referencia a la aplicación de estas dimensiones en sus secciones de análisis.

3.6.10.1. Especificaciones para la actuación dinámica

exploración del plan con $R=1$

Para el análisis dinámico, se han considerado los siguientes parámetros sísmicos, para actuaciones de carga considerando el espectro de la norma para su evaluación estructural.

Tabla 23

Parámetros considerados para la exploración dinámica del plan

Especificaciones a considerar	
Z=	0.35
C =	2.5
S=	1.15
U =	1
R =	1
TL =	2.0
g=	9.81

Nota: Código - E.030, Norma Técnica.

Tabla 24

Condiciones para el espectro de pseudo aceleración

Espectro De Pseudo Aceleración Sísmica		
Lapso	Coef. de Sísmica Amplificación	Sa=(ZUCS/R)
T (seg)	"C"	Sa
.00	1.625	.9810938
.05	1.625	.9810938
.10	1.625	.9810938
.15	2.500	1.5093750
.20	2.500	1.5093750

.25	2.500	1.5093750
.30	2.500	1.5093750
.35	2.500	1.5093750
.40	2.500	1.5093750
.45	2.500	1.5093750
.50	2.500	1.5093750
.55	2.500	1.5093750
.60	2.500	1.5093750
.65	2.308	1.3932692
.70	2.143	1.2937500
.75	2.000	1.2075000
.80	1.875	1.1320313
.85	1.765	1.0654412
.90	1.667	1.0062500
.95	1.579	0.9532895
1.00	1.500	0.9056250

Nota: Código - E.030, Norma Técnica.

Figura 26

Espectro de aceleración pseudo R de 1



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Figura 27

Actuación del sismo en el sentido X-X

Loads Applied			
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SMC R=1	9.81
Acceleration	U2	SMC R=1	2.943

Nota: Desarrollada Por El Autor –

Figura 28

Actuación del sismo en el sentido Y-Y

Loads Applied			
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SMC R=1	9.81
Acceleration	U1	SMC R=1	2.943

Nota: Desarrollada Por El Autor

3.6.10.2. Condiciones de peso para la disposición aislativa interfaz

Dado que la condición del grado de aislamiento o interfaz cuenta con capiteles, etc. Más su elevación incrementa el peso estructural de la edificación planteada para dicho análisis.

Tabla 25

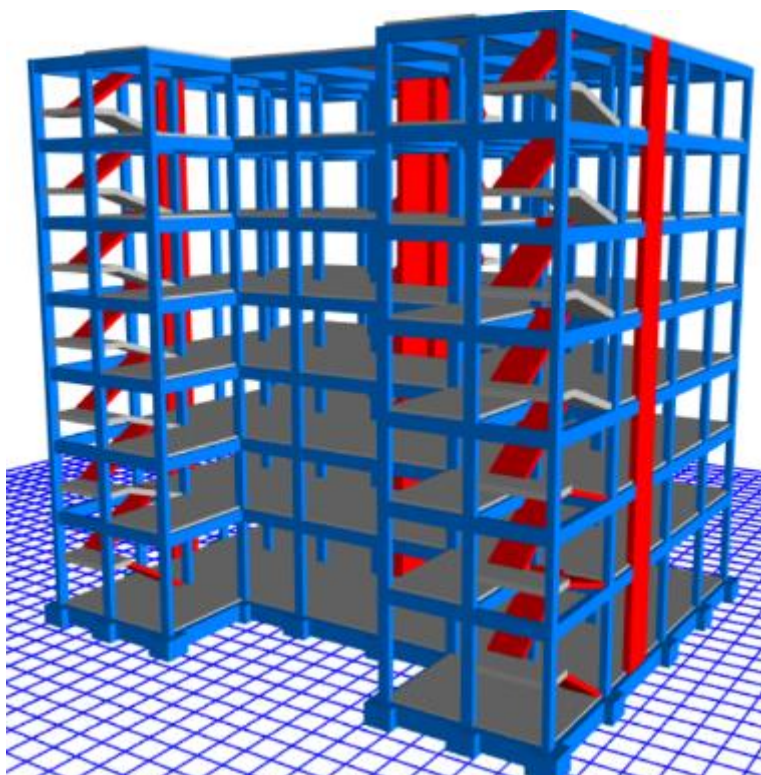
Peso para el sistema sin interfaz de aislamiento sísmico

Condiciones de peso	Peso Ton*f
PS	1802.7809
CM	1499.704
CV	606.1538

Nota: Desarrollada por el autor

Figura 29

Sistema con dispositivo de interfaz de aislamiento



Nota: Desarrollada – Programa - Etabs 2020 v1.1

Tabla 26

Disposición de Peso del sistema con interfaz de aislamiento sísmico

Casos de peso	Peso tonf
P. S.	2236.2366
C. V.	1887.1254
C. M.	698.2223

Nota: Desarrollada por el autor

3.6.10.3. Combinación de cargas

Dado que el aislador experimentará tensiones estructurales laterales, los que no y sísmicas, la norma NTP E-031, exige combinaciones de carga.

a) Peso promedio vertical:

$$0,5 \text{ CV} + 1,0 \text{ CM}$$

b) Peso máximo vertical:

$$1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) + 0,2 \text{ CN} + 1,25 (\text{CM} + \text{CV})$$

3.6.11. Físicos rasgos de los aisladores

Este trabajo utilizará un HDRB con capacidad de carga habitual. En las siguientes secciones se estimarán las cualidades regulares aproximadas en estas áreas, tanto para el ajuste del modelo como para la investigación sobre este tema.

3.6.11.1. Especificaciones del dispositivo de aislación

A continuación, se muestra las características del dispositivo de aislamiento sísmico para su implementación.

Tabla 27*Especificaciones del dispositivo de aislamiento implementado*

Parámetros De Diseño		
Descripción	Siglas	Valor
Coeficiente. Z	Z	0.35
Coeficiente U	U	1
Coeficiente S	S	1.15
Perfil de suelo	S2	Intermedio
Corto Tiempo	T _P	1.0
Largo Tiempo	T _L	0.6
Coeficiente. de Sísmica Reducción	C	2.0
Tiempo SPT. seguro en x (1)	T _x	0.646
Tiempo SPT. seguro en y (2)	T _y	0.608

Tiempo SPT. seguro en z (3)	T_z	0.498
SPT. seguro	R	8
SPT. separado	R	1

Nota: Desarrollada por el autor

3.6.11.2. Consideraciones para el amortiguamiento efectivo (BM)

En el código E.031, encontrará que la tabla n.º 5 define el factor de amortiguamiento, con el escenario BM actuando como la coincidencia entre la ordenada espectral en un amortiguamiento crítico crucial del 5 % y el amortiguamiento efectivo β_M para el movimiento deslizante DM.

Tabla 28

Asignación del % Amortiguación

Coeficiente de Amortiguamiento B_M	
Efectivo Amortiguamiento, β_M (En % del severo amortiguamiento) a,b	Factor B_M
≥ 40	1,9
30	1,7
20	1,5
10	1,2
5	1,0
≤ 2	0,8

Nota: Código - E.030, Norma Técnica.

3.6.11.3. Objetivo Periodo

Se considera el siguiente valor, con el cual la frecuencia del periodo de vibración será:

$$3.5 \text{ s} = T$$

3.6.11.4. Sismo Máximo Considerado

$$S_{am} = 1.5 \text{ ZUCS } g$$

La E.030 especifica, las siguientes especificaciones de acuerdo al planteamiento de su sistema estructural, la ubicación y la disposición del uso de la infraestructura de la edificación: Z, U y S.

La E.030 para sistemas estructurales aisladas exige un coef. U de uno en todos los casos para su ejecución.

3.6.11.5. Traslacional Desliz

Sin embargo E.031, se debe preparar y también poner en acción un plan de aislamiento sísmico para resistir el DM, que es un deslizamiento máximo y se evalúa aplicando la fórmula 6. Se deben utilizar tanto los límites mínimos como los superiores de las características en el eje principal responsables del movimiento horizontal.

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M}$$

3.6.11.6. Final desliz límite

El DTM se calcula utilizando el siguiente cálculo según la E.031, donde se establece las expresiones matemáticas para su determinación. El total desplazamiento, DTM, debe ser de al menos 1,15 DM.

$$r_a = \frac{1}{12} (b^2 + d^2)^{1/2}$$

$$P_T = \frac{T \bmod 1}{T \bmod 3}$$

3.6.11.7. Físicas propiedades del agente aislativo

En función de la forma en que cada empresa gestiona la fabricación, utilizaremos una deformación cortante de 1,5 y elegiremos un módulo de corte de 0,8 MPa, que coincide con lo que se encuentra en la mayoría de los tipos de caucho estándar, como se indica en E-031.

Tabla 29

Físicos Rasgos Del Agente De Aislación

Físicos rasgos del agente					
Detalles	Valor	Unidad	Valor	Unidad	
DTM=	340.49	mm	0.34	m	
DM=	339.39	mm	0.34	m	
TM=	3.50	Sg	3.50	Sg	
MODULO DE CORTE CAUCHO NORMAL	0.80	Mpa	0.80	Mpa	
PESO EN ELEMENTO A (fuente)	117.44	Tn	0.12	Mpa.m	
DEFORMACION POR CORTE	1.5	----	1.5	---	

Nota: Código - E.030, Norma Técnica.

3.6.11.8. Condición horizontal rigidez del dispositivo Keff

Se toma en cuenta la siguiente condición matemática, de la literatura sobre implementación de aisladores sísmicos.

$$k_h = P_{U_{m\acute{a}x}} x \left(\frac{2\pi}{T_M} \right)^2$$

3.6.11.9. Altura del caucho del dispositivo (Hr)

El desplazamiento de modelo y de la altura de elevación de la goma del agente, que corresponde a la deformación por directo corte, determinan esto. En esta tesis, se utilizará y igual a ciento cincuenta por ciento.

Considerado de esta manera:

$$H_r = \frac{D_M}{\gamma}$$

3.6.11.10. Característica Diametral del agente (A)

1er acercamiento del diámetro del aislador (D1)

$$d = 2 \left(\sqrt{\frac{0.23}{\pi}} \right)$$

3.6.12. Características físicas del dispositivo de aislamiento

La siguiente tabla resume las características físicas que se tuvieron en cuenta para el diseño del dispositivo aislante durante su selección.

Tabla 30

Resumen De Las Características Físicas Del Aislador Sísmico

Características físicas del dispositivo de aislación		
DETALLE	TIPO - HDRB	UND
% DE AMORTIGUAMIENTO	117.44	-----
MODULO DE CORTE	0.80	Mpa
ELEVACIÓN DEL CAUCHO	0.15	m
HORIZONTAL RIGIDEZ DEL DISPOSITIVO	0.38	Mpa.m (Kn/mm)
CARGA EN DISPOSITIVO A (centro)	0.34	Tn
DIAMETRO DEL AISLADOR	0.34	m
DESPLAZAMIENTO MAXIMO	0.28	m
ÁREA DEL AGENTE	0.11	m ²
CANTIDAD DE AISLADORES HDRB	38	Unidades
DESLIZ FINAL LÍM.	0.37	m

Nota: Desarrollada Por El Autor

Una vez que hayamos revisado cómo está construido el dispositivo, echaremos un vistazo a diferentes catálogos de piezas de aislamiento sísmico para elegir uno que coincida con lo que creemos que necesitamos.

3.6.13. Características mecánicas del elemento a aplicar

El resumen de las características mecánicas del dispositivo de aislamiento que se tendrá que aplicar al sistema estructural de la edificación, el cual será modelado en el programa para su simulación sísmica.

Tabla 31

Especificaciones mecánicas del elemento de aislación

Especificaciones mecánicas de los aisladores		
Catalogo tensa	UND	TDRI-550-NM-175
Dimensión de Chapas	mm.	600*600
Elevación final sumando chapas	mm.	337
Horizontal Rigidez Eficaz Keff	Kn/mm	1.09
Espesor final de goma	mm	175
Vertical Rigidez Kv	Kn/mm	1320
Sísmico Peso Vertical Lím.	Kn	2000
Desliz diseño	mm.	292
Peso de Modelo Horizontal	mm.	300
Estático Peso Vertical Máx.	Kn	5700
Coef. de Forma S	--	27

Nota: Desarrollada Por El Autor

3.6.14. Condiciones mecánicas del aislador

Para definir las condiciones de los artificios matemáticos que brinda la literatura de la norma se podrán considerar la siguientes que a continuación son detalladas para su aplicación.

- Rigidez para su conformada del Modelo:

$$K_H = (n)K_h^A$$

- Distintiva carga Q, para determinar el desplazamiento de fluencia:

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

- 1er. acercamiento de números de K2 rigidez luego de la fluencia:

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

- Primer acercamiento de los valores de la primera Rigidez K1:

$$K_1^A = 10K_2^A$$

- Rigidez luego "K2" Fluencia:

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

- Primaria rigidez del dispositivo K1:

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

- Angular Frecuencia Del Dispositivo:

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}}$$

Visita los enlaces que se muestran a continuación y encontrarás instantáneas que muestran cómo se introducen los valores característicos estándar para los aisladores HDRB y cómo se estandarizan los aisladores básicos en el programa. Si quieres ver exactamente cómo se hace, estas fotos te muestran todos los detalles.

Tabla 32

Características nominales de los dispositivos de aislamiento clase - HDRB

Propiedades de los dispositivos de aislamiento HDRB			
Tipo de aislador	Nom.	Unidades	Dispositivo Tipo HDRB
Peso de modelo		Tn	117.44
Tensa catalogo			TDRI-550-NM-175
Vertical			
Rigidez Vertical	KV	KN/mm	1320
PROPIEDADES LINEALES			
Rigidez Efectiva Lineal	KEEF	KN/mm	1.09
Amortiguamiento Efectivo	C	kn.seg/mm	0.07
PROPIEDADES NO LINEALES			
Inicial Rigidez	K1	KN/mm	8.59

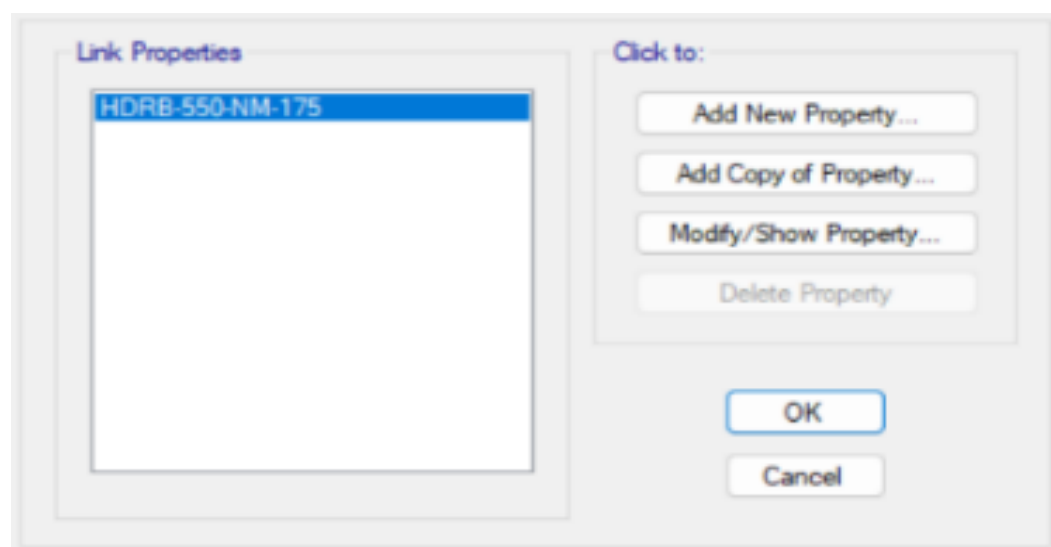
Nota: Desarrollada Por El Autor

Se considera q los sentidos son:

U3 para Y-Y, U2 para X-X y U1 para Z-Z.

Figura 30

Suma de rasgos de los elementos de aislación



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Figura 31

Comportamiento lineal y no lineal con agentes de aislamiento

General

Link Property Name: HDRB-550-NM-175

Link Type: Rubber Isolator

Link Property Notes: Modify/Show Notes...

Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Condición Vertical (U1)

Figura 32

Propiedades de la condición vertical de rigidez

Identification

Property Name: HDRB-550-NM-175

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 1320 kN/mm

Effective Damping: 0 kN-s/mm

OK Cancel

Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Condiciones Lineales y No Lineales (U2, U3)

Figura 33

Condiciones No Lineales Rasgos (U2, U3)

Identification

Property Name: HDRB-550-NM-175

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 1.09 kN/mm

Effective Damping: 0.07 kN-s/mm

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 mm

Nonlinear Properties

Stiffness: 8.59 kN/mm

Yield Strength: 99.83 kN

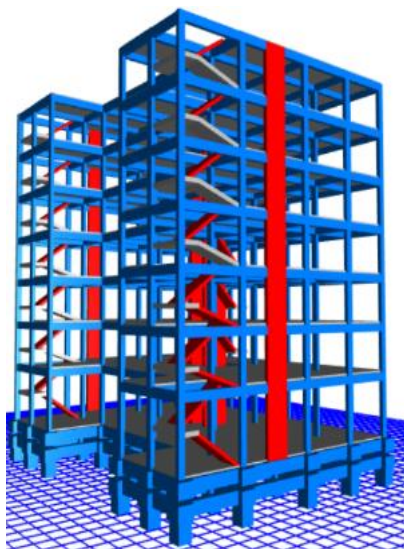
Post Yield Stiffness Ratio: 0.096

Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

El sistema, la interfaz de aislamiento y los dispositivos de aislamiento HDRB aparecen en tres dimensiones. Supongo que es una estructura determinada mecánicamente.

Figura 34

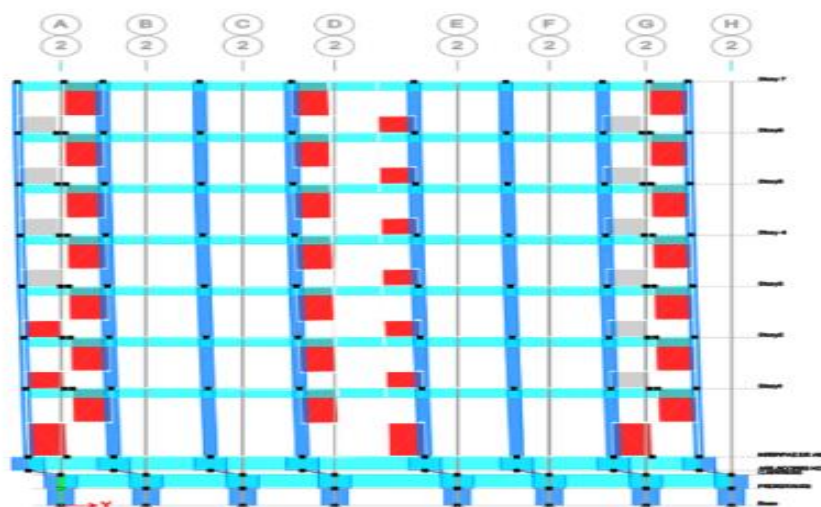
Estructura sumada con el dispositivo de interfaz de aislamiento



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Figura 35

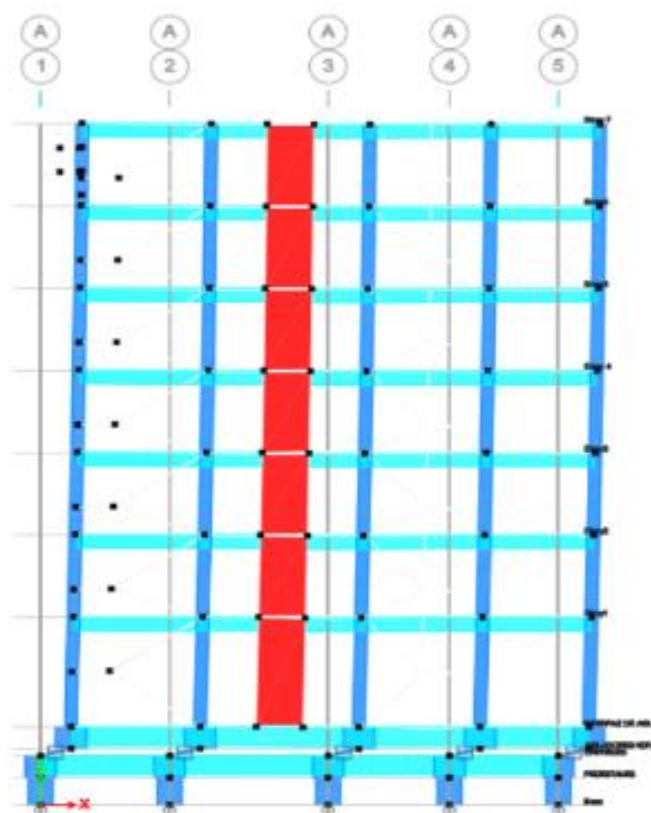
Verificación de movimiento de Desliz del modo 1



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Figura 36

Verificación de movimiento de Desliz del modo 2



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Periodos y participativa masa

Las siguientes tablas muestran los resultados establecidos en los objetivos, que se obtuvieron mediante el modelado

4.1.1. Participativa masa plan con SPT. seguro.

Tabla 33

Vibratorios Mods Y % de masa participativa

Masa participativa sujeto sistema					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
Modal	1	0.646	0.0657	0.7537	0.0006
	2	0.608	0.7216	0.0647	0.0024
	3	0.498	0.0017	0.002	0.8296
	4	0.2	0.0049	0.1288	4.30E-05
	5	0.176	0.1286	0.0058	0.0003
	6	0.158	0.0002	0.0001	0.1064
	7	0.114	2.97E-06	0.0321	0.0001
	8	0.088	0.0314	0.0005	0.004
	9	0.086	0.0062	1.42E-05	0.0264
	10	0.083	0.0069	0.0081	0.0006
	11	0.069	0.0001	0.0024	2.57E-05

12	0.061	1.34E-05	0.0007	0.0001
13	0.057	0.0001	1.35E-06	0.0131
14	0.056	7.10E-06	0.0001	0.001
15	0.054	0.0186	1.23E-05	0.0001
16	0.04	0.0001	0	0.008
17	0.038	0.0083	3.57E-06	0.0001
18	0.03	0.0003	0	0.0047
19	0.029	0.0039	2.47E-06	0.0003
20	0.027	4.19E-06	1.41E-05	0
21	0.024	0.0015	2.71E-06	0.0001
TOTAL		100.00%	99.91%	99.80%

Nota: Programa - Etabs 2020 v1.1

Importancia del producto: E-030 establece que, para un sistema SPT seguro, los valores de lapso vibratorio y participación de masa fueron del 100 % en X-X, del 99,91 % en Y-Y y del 99,80 % en Z-Z.

El siguiente paso en el análisis sismorresistente bajo la Norma E.030, después de verificar los periodos y la masa participativa, es:

Verificar la Cortante Basal Mínima: Comprobar que la cortante basal dinámica (obtenida del análisis modal espectral) sea igual o mayor al 80% de la cortante basal estática, o al 90% si la estructura es irregular.

Verificar Derivas (Desplazamientos Laterales Relativos): Asegurar que las derivas de piso no excedan los límites permisibles según el material estructural (0.007 para Concreto Armado, 0.010 para Acero y Madera, etc.).

4.1.2. Participativa masa plan con SPT. suelto

Tabla 34

Vibratorios Mods Y % de participativa masa

Participativa masa Sistema separado HDRB					
(Caso)	Modo	Periodo Seg.	"UX"	"UY"	"RZ"
Modo	1	1.588	0.1355	0.7698	0.0004
	2	1.584	0.7703	0.1356	5.34E-07
	3	1.373	4.89E-05	0.0003	0.8952
	4	0.398	0.0029	0.0065	2.53E-05
	5	0.393	0.0063	0.0027	0.0001
	6	0.301	4.34E-06	5.07E-06	0.0047
	7	0.174	1.13E-05	0.0003	0
	8	0.164	0.0002	9.15E-06	5.73E-07
	9	0.14	0	0	0.0002
	10	0.109	0	1.73E-05	0
	11	0.089	6.56E-06	0	0
	12	0.086	0	0	8.67E-06
	13	0.082	0	1.85E-06	0
	14	0.069	0	0	0
	15	0.061	0	0	0
	16	0.058	0	0	8.65E-07
	17	0.056	0	0	0
	18	0.055	0	0	0
	19	0.042	0	0	0
	20	0.039	0	0	0
	21	0.031	0	0	0
TOTAL			91.53%	91.52%	90.06%

Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Definición del Producto: Según lo indicado en E-030, para una planificación segura del SPT se necesitan valores del tramo vibratorio y de la masa del participante en 91,53 por ciento para un X-X, 91,52 por ciento si se habla de Y-Y y en el Z-Z es 90,06 por ciento.

Direcciones Traslacionales (UX y UY): La tabla muestra que se ha alcanzado el 100.00% de la masa participativa en la dirección X (UX) y el

99.91% en la dirección Y (UY). Dado que ambas superan el mínimo del 90%, se concluye que la cantidad de 21 modos de vibración considerados es suficiente para obtener una respuesta sísmica representativa de la estructura en las direcciones horizontales.

Dirección Rotacional (RZ): La masa participativa rotacional alrededor del eje Z (RZ) también es alta (99.80%), lo que indica que se han capturado adecuadamente los efectos de torsión. Aunque el requisito principal de la norma se centra en las direcciones traslacionales, un alto porcentaje en RZ es una buena práctica de diseño sismorresistente.

4.1.3. Tiempo Vibratorio

A continuación, se puede apreciar los modos de vibración a los que se llegaron, del análisis dinámico ejecutado bajo las condiciones de cargas, estas estructuras implementadas con dispositivos de aislamiento.

Tabla 35

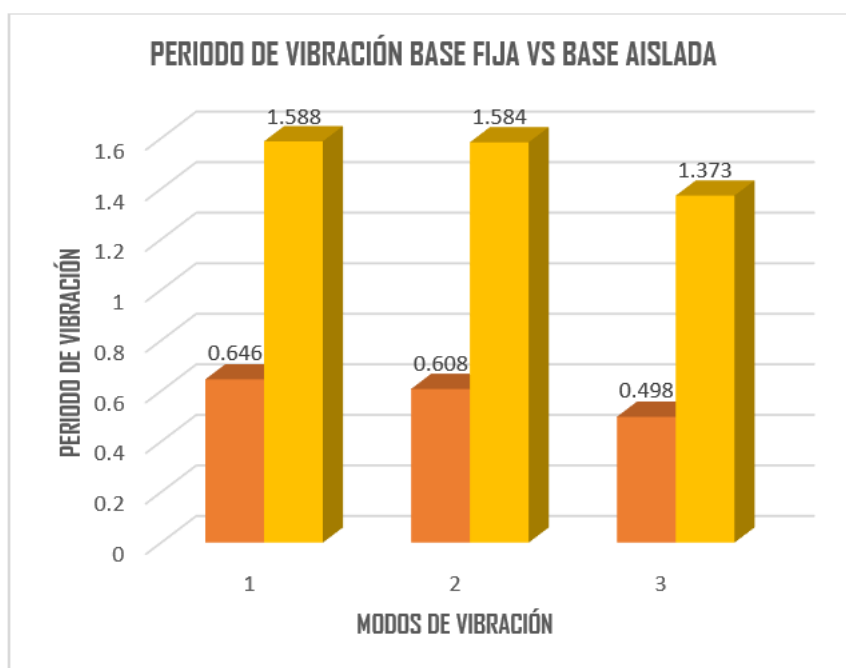
Modos de vibración SPT. seguro vs separado

Lapsos vibratorios SPT. separado vs seguro HDRB Y				
Case	Mode	S. seguro	S. separado HDRB	Eecto % B. Fija VS B. HDRB
Modal	1	.646	1.588	59%
	2	.608	1.584	62%
	3	.498	1.373	64%

Nota: Desarrollada Por El Autor

Figura 37

Periodo de vibración SPT. separado vs seguro



Significado del producto: en comparación con los sistemas SPT, los tiempos de ejecución pueden ser hasta tres veces más largos. Este enfoque da como resultado formas de construcción discretas.

Este patrón es la prueba de que el aislamiento es altamente efectivo. La gran mayoría de la masa de la estructura se está moviendo en los modos de período largo (los modos del aislador), mientras que los modos de período corto (los modos de vibración de la propia superestructura) han sido desacoplados y tienen una participación mínima, lo que implica que las fuerzas y aceleraciones en la superestructura serán muy bajas.

4.1.4. Cortantes fuerzas

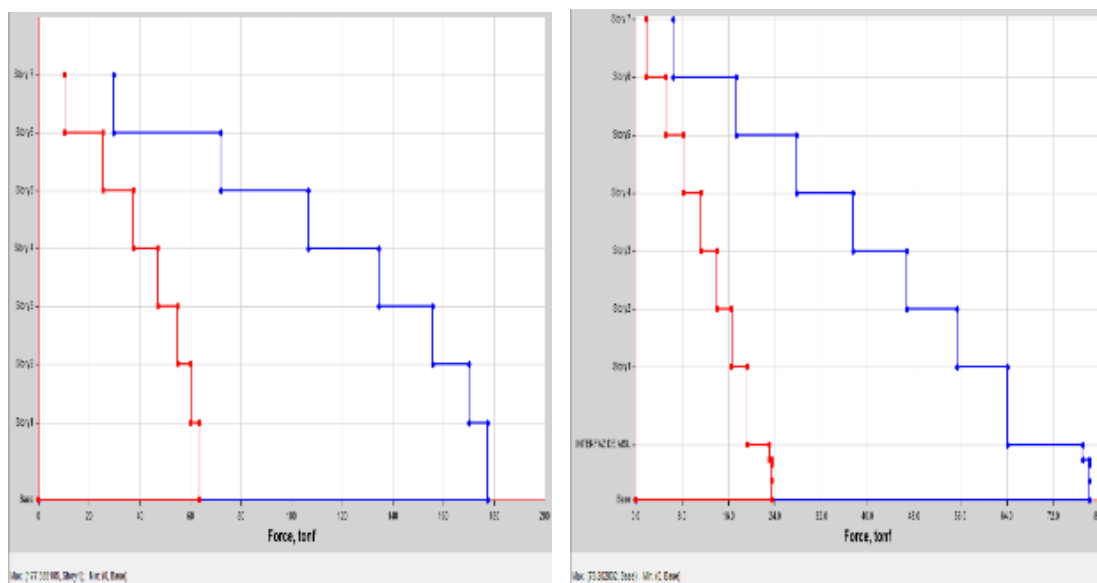
Los resultados de las fuerzas de corte en la base de la estructura mostraron los siguientes resultados que a continuación se muestran.

4.1.4.1. SPT. separado y seguro SMC R=1 X-X–cortantes fuerzas SD

R=8

Figura 38

SPT. separado y seguro - nominales rasgos X-X Vx para un SD- R=8



Nota: Desarrollada Por El Autor – Programa - Etabs 2020 v1.1

Tabla 36

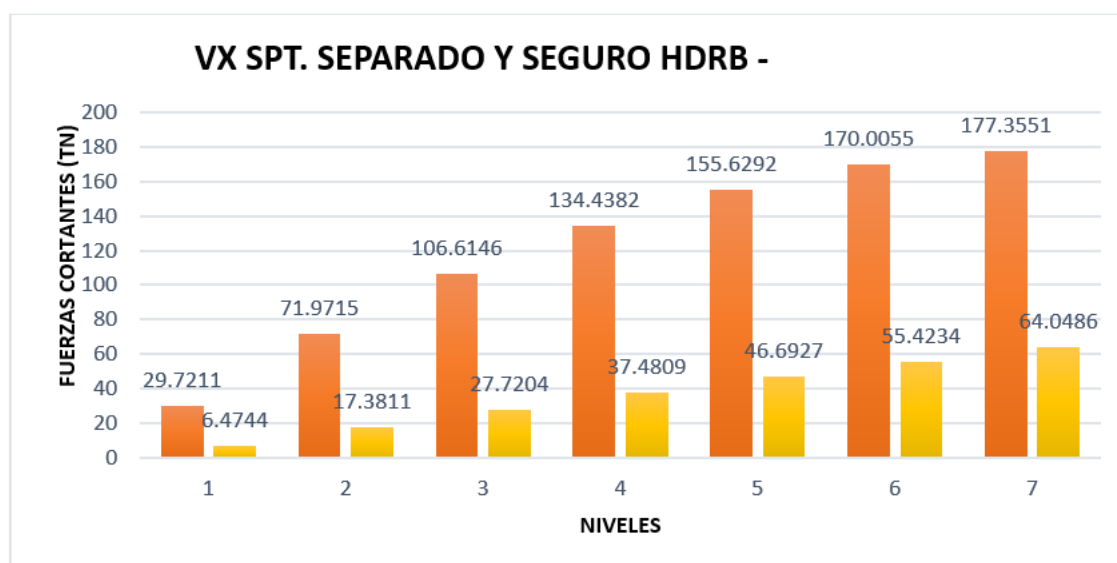
SPT. separado y seguro - nominales rasgos X-X Vx para un SD- R=8

Fuerza cortante (Vx) - SPT. Separado y seguro HDRB			
Nivel	B. Sujeta	B. Suelta (HDRB)	EFFECTO B. Sujeta VS B. HDRB
	"X" (Tn)	"X" (Tn)	%
7	29.7211	6.4744	78%
6	71.9715	17.3811	76%
5	106.6146	27.7204	74%
4	134.4382	37.4809	72%
3	155.6292	46.6927	70%
2	170.0055	55.4234	67%
1	177.3551	64.0486	64%

Nota: Desarrollada Por El Autor

Figura 39

SPT. separado y seguro - nominales rasgos X-X Vx para un SD- R=8



Utilizando $SD-R = 8$, la fuerza de corte máxima en la construcción de SPT. secure fue de 177 355 TN, pero en la estructura SPT. separada con SCM $R = 1$, $V_x = 64\,0486$ TN, se logró una reducción del 64 % en SPT (significado del producto).

La Figura 39 presenta un gráfico de barras que ilustra las características nominales de diseño XX y Vx para un sistema $SD-R=8$, centrándose específicamente en condiciones de "SPT. separadas y seguras". El eje vertical representa las Fuerzas Cortantes en Toneladas (TN), y el eje horizontal representa los Niveles, numerados del 1 al 7.

El gráfico utiliza dos colores para distinguir entre los dos valores clave en cada nivel:

- Barras naranjas (valor más grande): es probable que representen la fuerza cortante nominal total (**Vincognita**).

- Barras amarillas (valor más pequeño): probablemente representan la fuerza cortante aportada por el elemento SPT (Tecnología de protección sísmica) "separado y seguro", o el componente V_x asociado con la característica SPT.

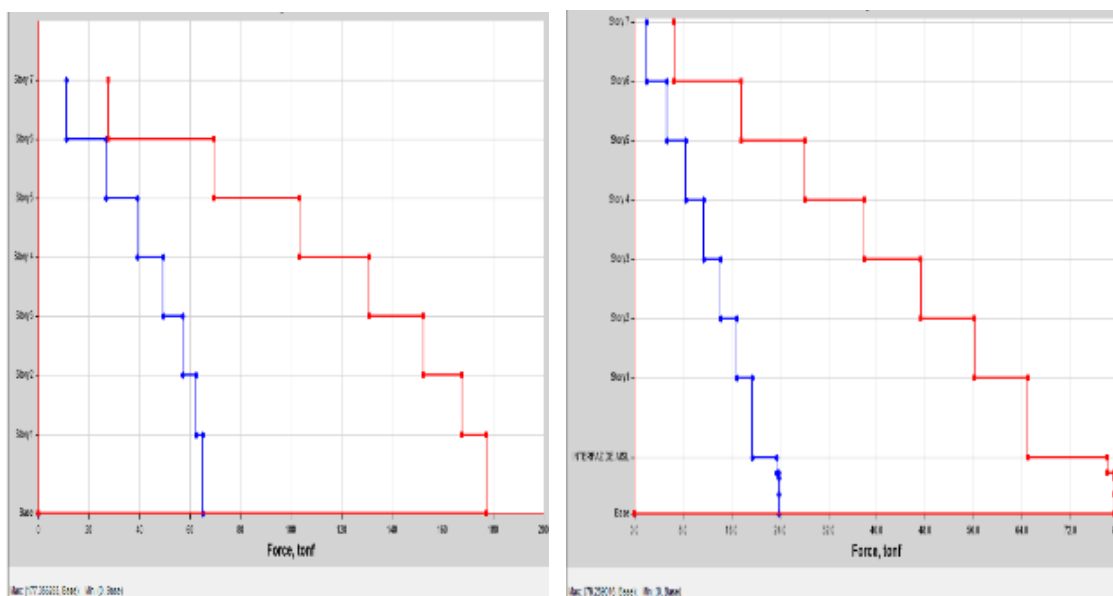
Sin más contexto sobre el sistema estructural específico (HDRB es probablemente un cojinete de caucho de alta amortiguación) o la metodología de diseño, la interpretación más importante es la distribución de las fuerzas de corte (totales y específicas de SPT) en los siete niveles definidos.

4.1.4.2. Cortantes fuerzas SD R=8 SPT. separado y seguro Y-Y

El cortante que se produjo en el sistema estructural bajo un coeficiente de reducción de 8, se puede apreciar en le siguiente esquema mostrado en la figura.

Figura 40

SPT. separado y seguro - nominales rasgos Y-Y V_y para un SD- R=8



Nota: Desarrollada – Programa - Etabs 2020 v1.1

Tabla 37

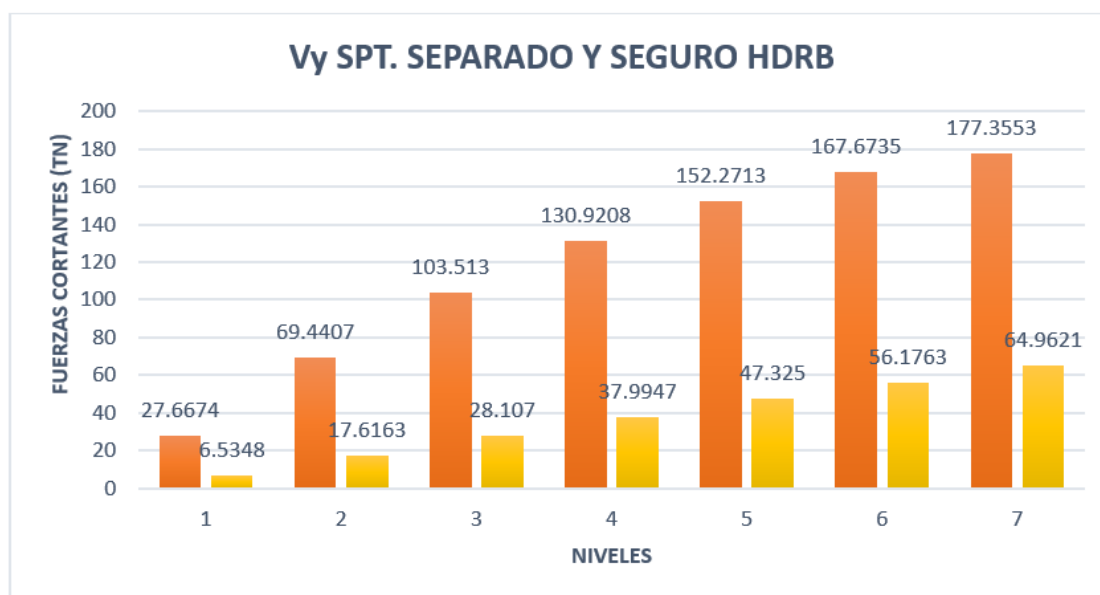
SPT. separado y seguro - nominales rasgos Y-Y Vy para un SD- R=8

Fuerza cortante (Vy) - SPT. Separado y seguro HDRB			
Nivel	B. Sujeta	B. Separada HDRB	Influencia B. Fija VS B. HDRB
	VX (Tn)	VY (Tn)	%
7	27.6674	6.5348	76%
6	69.4407	17.6163	75%
5	103.513	28.107	73%
4	130.9208	37.9947	71%
3	152.2713	47.325	69%
2	167.6735	56.1763	66%
1	177.3553	64.9621	63%

Nota: Autoría propia

Figura 41

SPT. separado y seguro - Nominales rasgos Y-Y Vy para un SD- R=8



Significado del producto: La tensión spt. se reduce al máximo en un 63 por ciento en la estructura spt. que se separa utilizando un SCM R igual a 1, y

esto sucede desde su resistencia V_x que pasa a 64,9621 TN; en cambio, el diseño spt. seguro con el SD-R 8 utiliza 177,3553 TN.

Valores de la barra naranja: Estos valores muestran un aumento constante de la fuerza cortante a medida que aumenta el nivel. El valor máximo es de 177,3553 Tn en el nivel 7 y el mínimo es de 27,6674 Tn en el nivel 1.

Valores de la barra amarilla: Estos valores también muestran un aumento constante, aunque menos pronunciado, de la fuerza cortante a medida que aumenta el nivel. El valor máximo es de 64,9621 Tn en el nivel 7 y el mínimo es de 6,5348 Tn en el nivel 1.

Relación: En cada nivel, la fuerza cortante representada por la barra naranja es significativamente mayor que la fuerza cortante representada por la barra amarilla.

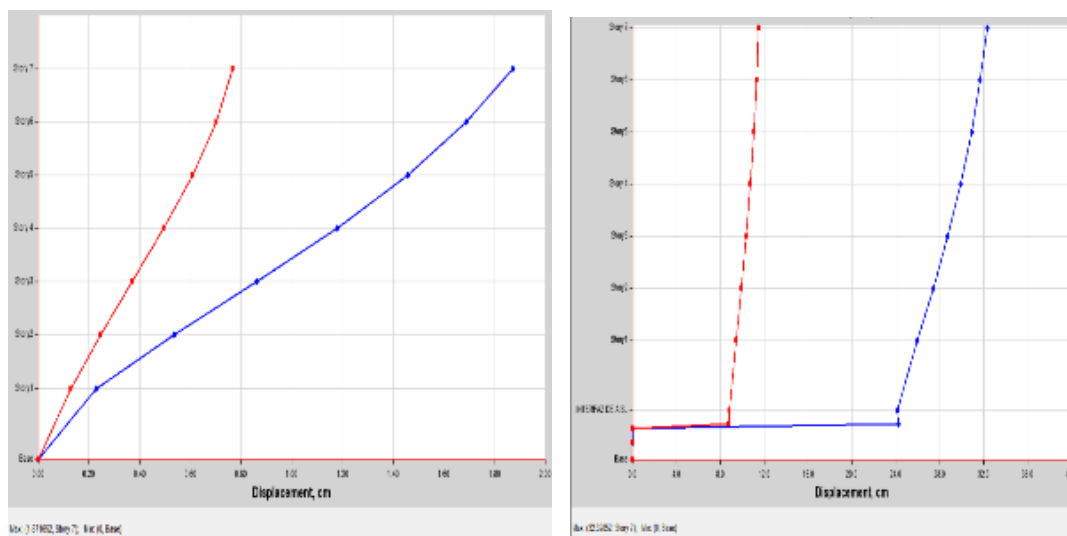
Este gráfico parece estar relacionado con la ingeniería estructural o el análisis sísmico para una estructura con 7 niveles (Niveles 1-7), donde "SPT. separado y seguro" podría referirse a una configuración de diseño o análisis específica (como la Técnica de Desempeño Sísmico o similar), y V_y es la fuerza cortante en la dirección Y.

4.1.5. Resultados de desplazamientos del modelo estructural

Del análisis dinámico sometido a cargas de sismo, con una estructura con la implementación de dispositivos de aislamiento se obtuvieron los siguientes rangos límites de derivas.

4.1.5.1. Límite desliz SD R=8 Spt. seguro Vs SMC R de 1 SPT.

suelto – X



Nota. Desarrollada – Programa - Etabs 2020 v1.1

Tabla 38

Límite desliz-SD R=8 SPT. seguro V S S M C R de 1 SPT. suelto X-X

Desplazamientos - base fija VS Base aislada HDRB			
Descripcion	Desliz lím. SPT. seguro	Desliz lím. SPT. separado HDRB	Efecto
Story	X-Dir cm	X-Dir cm	%
7	1.8717	32.3285	94%
6	1.6873	31.6743	95%
5	1.4568	30.8704	95%
4	1.1777	29.8835	96%
3	0.8622	28.7118	97%
2	0.5369	27.3963	98%
1	0.229	25.9437	99%

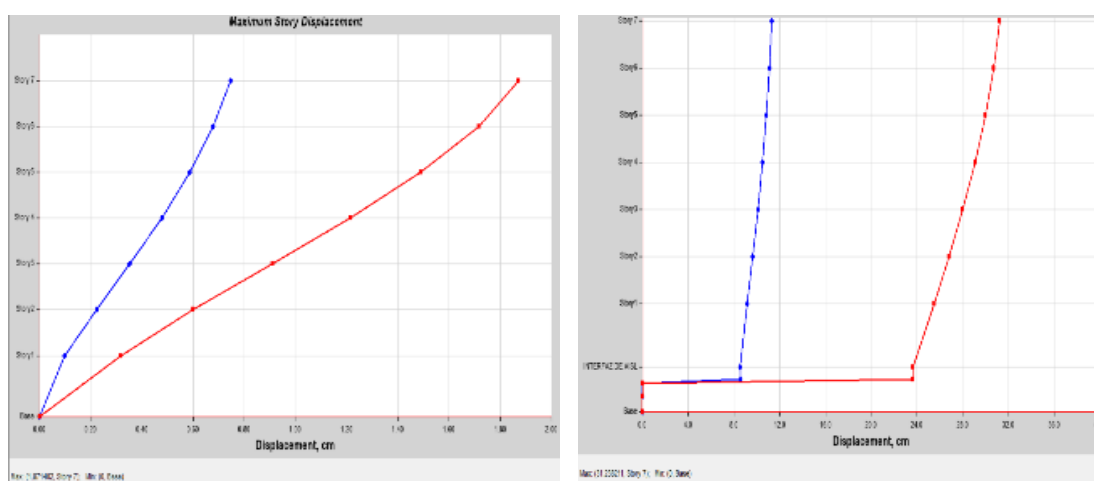
Nota. Desarrollada por el autor

Significado del producto: La construcción segura SPT. tiene 1,8717 cm en el séptimo nivel, mientras que la estructura SPT. separada tiene 32,3285 cm en X-X, de acuerdo con los principios de diseño de los aisladores de soporte.

La tabla compara los desplazamientos horizontales (X-Dir en cm) para estructuras con base fija (base fija) versus una estructura con base aislada (base aislada HDRB). HDRB probablemente significa Cojinetes de Caucho de Alta Amortiguación (High Damping Rubber Bearings), un tipo común de aislador sísmico.

Figura 42

Límite desliz S D R de 8 SPT. seguro Vs S M C R = 1 SPT. separado - Y-Y



Nota. Desarrollada – Programa - Etabs 2020 v1.1

Tabla 39

Límite desliz-SD R=8 SPT. seguro VS S M C R de 1 SPT. separado Y-Y

Desplazamientos - Base fija vs Base aislada HDRB			
Descripcion	Límite desliz SPT. seguro	Límite desliz SPT. separado HDRB	Efecto
Story	Y-Dir cm	Y-Dir cm	%
7	1.8714	31.2382	94%
6	1.7165	30.7254	94%
5	1.4888	29.9887	95%
4	1.2146	29.0778	96%
3	0.9111	28.0061	97%
2	0.6002	26.8031	98%
1	0.3169	25.5151	99%

Nota. Desarrollada Por El Autor

Importancia del producto: Los aisladores SPT se emplean debido a que la estructura SPT posee un límite de deslizamiento de 1,8714 cm en el grado 7, en contraste con el límite de deslizamiento del sistema SPT individual de 31,2382 cm en Y.

El sistema de aislamiento de base HDRB afectó significativamente al desplazamiento de la estructura, como se puede ver en la tabla:

- Base Fija (Límite desliz SPT. seguro): Los desplazamientos son relativamente pequeños, oscilando entre 0,3169 cm en el Piso 1 a 1,8714 cm en el Piso 7.
- Base Aislada (Límite desliz SPT. separado HDRB): Los desplazamientos son mucho mayores, oscilando entre 25,5151 cm en el Piso 1 a 31,2382 cm en el Piso 7. Este gran desplazamiento ocurre principalmente en el nivel del aislador de la base, permitiendo que la superestructura (pisos 1-7) se mueva como un cuerpo rígido.
- Efecto (%): La columna "Efecto", que generalmente representa la reducción del esfuerzo cortante, la aceleración y la deriva en la superestructura, muestra consistentemente un porcentaje de reducción muy alto (entre el 94 % y el 99 %) en todos los niveles. Esto confirma la eficacia del aislamiento de la base para desacoplar el movimiento de la superestructura del movimiento del terreno.

Este tipo de datos es común en los análisis de ingeniería estructural, específicamente en el diseño sísmico, para justificar el uso de tecnología de aislamiento de base.

4.1.6. Resultados de las derivas de entre piso

En análisis es fundamental ejecutar el control de las derivas de entre piso que presenta la estructura, a continuación, se presentan los resultados hallados del modelo analizado.

4.1.6.1. Verificación del control de derivas con SD R=8 SPT. seguro

X

Tabla 40

Modelo "R" de 7 derivas SPT. seguro "X"

(X)									
Grado	Diafragma	Caso	U-X (m)	Elevación (m)	D. RELAT.	D. ELAST.	D. INELAST.	E.030	GESTIÓN E.030
7	7	SIS_DIN_X Max	.016245	3	0.0016	0.0005	0.0033	0.007	OK
6	6	//	.014611	3	0.0020	0.0007	0.0040	0.007	//
5	5	//	.012591	3	0.0024	0.0008	0.0048	0.007	//
4	4	//	.010167	3	0.0027	0.0009	0.0055	0.007	//
3	3	//	.007433	3	0.0028	0.0009	0.0056	0.007	//
2	2	//	.004613	3	0.0026	0.0009	0.0053	0.007	//
1	1	//	.001964	4					

Nota. Autoría propia

Tabla 41

Sismo de modelo R de 6 (Derivas) SPT. seguro "Y"

DERIVAS (Dirección "Y")									
Nivel	Diafrag	Caso	U-Y (m)	Altura (m)	D. RELAT	D. ELAST	D. INELAST	E.030	GESTIÓN E.030
7	7	SIS_ DIN_Y Max	.017167	3	.0014	0.0005	0.0028	0.007	OK
6	6	//	.015768	3	.0021	0.0007	0.0041	0.007	//
5	5	//	.013713	3	.0025	0.0008	0.0050	0.007	//
4	4	//	.011234	3	.0028	0.0009	0.0055	0.007	//
3	3	//	.008474	3	.0028	0.0009	0.0057	0.007	//
2	2	//	.005629	3	.0026	0.0009	0.0053	0.007	//
1	1	//	.002983	4					

Nota. Autoría propia

Este producto cumple con los estándares máximos de deriva en ambas direcciones y se mantiene por debajo de la barrera de 0,007 de E-030 en todos los ejes.

4.1.6.2. Control de derivas con SD R de 1 SPT. suelto X

Tabla 42

SPT. separado X-X Sismo De Modelo R=1 (Derivas)

DERIVAS (X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELAT.	D. ELAST	D. INELAS T	E-031	CONTR OL E-031
7	7	SMC EN X-X R=1	0.289815	3	0.0060	0.0020	0.00150	0.0035	OK!
6	6	//	0.283816	3	0.0073	0.0024	0.00183	0.0035	OK!
5	5	//	0.276497	3	0.0089	0.0030	0.00223	0.0035	OK!
4	4	//	0.267584	3	0.0106	0.0035	0.00264	0.0035	OK!
3	3	//	0.257034	3	0.0119	0.0040	0.00296	0.0035	OK!
2	2	//	0.245181	3	0.0132	0.0044	0.00331	0.0035	OK!
1	1	//	0.231956	4	0.0163	0.0041	0.00305	0.0035	OK!
TÉCNICO GRADO	D.AISL	//	0.21567						

Nota. Autoría propia

Como se establece en la norma E-031, construir con seguridad significa mantener la deriva por debajo de 0,0035 en todas las direcciones del eje X. Al alcanzar ese valor, la construcción se mantiene sólida. Básicamente, ese es el objetivo de la norma: menos de 0,0035 en todo el eje X.

Tabla 43

Sismo De Modelo R de 1 (Derivas) spt. seguro Y-Y

DERIVAS "Y"									
Nivel	Diafragma	Caso	U-Y (m)	Altura (m)	D. RELAT	D. ELAST	D. INELAS T	E-031	CONTROL E-031
07	D7	SMC EN Y-Y R de 1	0.290265	3	0.0053	0.0018	0.00131	0.0035	OK
06	D6		0.285011	3	0.0074	0.0025	0.00184	0.0035	//
05	D5		0.277638	3	0.0090	0.0030	0.00226	0.0035	//
04	D4		0.268591	3	0.0106	0.0035	0.00264	0.0035	//
03	D3		0.258034	3	0.0118	0.0039	0.00294	0.0035	//
02	D2		0.246259	3	0.0125	0.0042	0.00313	0.0035	//
01	D1		0.233747	4	0.0180	0.0045	0.00337	0.0035	//
NIVEL TECNICO	D.AISL		0.215788						

Nota. Desarrollada Por El Autor

Este producto cumple la condición límite de deriva para todas las interpretaciones del suelo inferiores a 0,0035 en todos los niveles del eje Y-Y, según E-031.

4.1.7. Actuación de los aisladores de base en derivas

Los efectos resultantes de la implementación de los aisladores mostraron una significativa reducción de los desplazamientos, estos se pueden apreciar en las siguientes tablas de los resultados.

Tabla 44

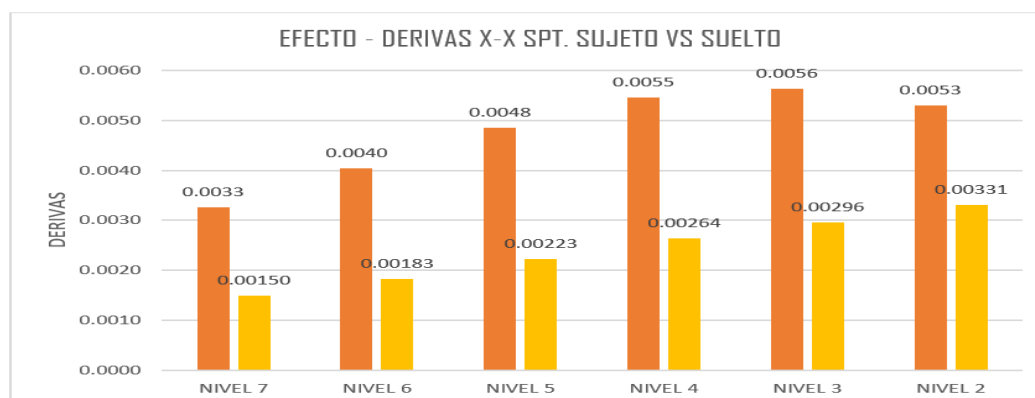
Diferencia de derivas con y sin implementación de aisladores en el sentido "X"

Sentido "X"									
Grado	Diafragma	Caso	D. INELAST.	E.030	Diafragma	Caso	D. INELAST.	E.031	EFFECTO %
07	7	S, D. "X" Máximo	.0033	.007	D5	SMC X-X R=1	0.00150	0.0035	54%
06	6		.0040	.007	D5	//	0.00183	0.0035	55%
05	5		.0048	.007	D5	//	0.00223	0.0035	54%
04	4		.0055	.007	D4	//	0.00264	0.0035	52%
03	3		.0056	.007	D3	//	0.00296	0.0035	47%
02	2		.0053	.007	D2	//	0.00331	0.0035	38%
01	1				D1	//	0.00305	0.0035	

Nota. Desarrollada Por El Autor

Figura 43

Derivas S D R=8 SPT. seguro Vs S M C R de 1 SPT. suelto - X-X



Significado del producto: La deriva X-X se reduce en un 38 % al máximo nivel utilizando aislantes HDRB de alta amortiguación en lugar de SPT. Seguro.

- Para SPT Sujeto (Naranja), la deriva tiende a aumentar desde el Nivel 7 hasta el Nivel 3 y luego disminuye ligeramente en el Nivel 2.
- Para SPT Suelto (Amarillo), la deriva muestra una tendencia general de aumento de los niveles superiores a los inferiores.

El gráfico indica que la condición de "SPT Sujeto" (naranja) resulta en una mayor respuesta sísmica en términos de derivaciones interpisos que la condición de "SPT Suelto" (amarillo) en la dirección XX. Esto podría ser contrario a una intuición inicial que esperaría que un "SPT suelto" (suelo más débil) produzca mayores desplazamientos, pero los valores DR=8 y SMCR de 1 Deben entenderse en el contexto específico de la metodología de diseño o modelado utilizado.

Tabla 45

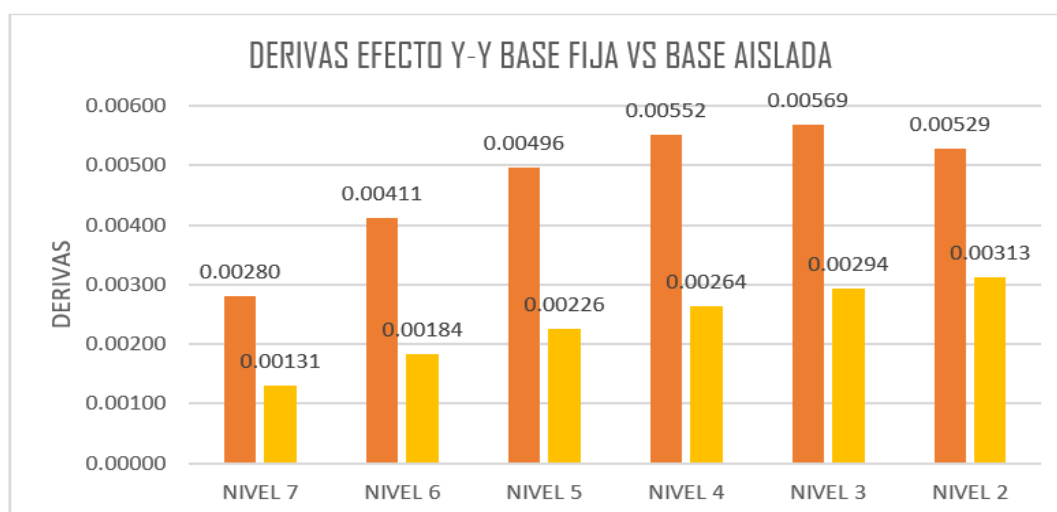
Diferencia de las derivas en el sentido "Y"

Grado	Diafragma	Caso	Dirección "Y"						
			D. INELAST.	E.030	Diafrag	Caso	D. INELAST.	E.031	EFEECTO %
07	7	S. D. Y Máximo	.00280	.007	D5	SMC "Y" Rde1	0.00131	0.0035	53%
06	6	//	.00411	.007	D5	//	0.00184	0.0035	55%
05	5	//	.00496	.007	D5	//	0.00226	0.0035	54%
04	4	//	.00552	.007	D4	//	0.00264	0.0035	52%
03	3	//	.00569	.007	D3	//	0.00294	0.0035	48%
02	2	//	.00529	.007	D2	//	0.00313	0.0035	41%
01	1	//			D1	//	0.00337	0.0035	

Nota. Desarrollada Por El Autor

Figura 44

Derivas SD R=7 SPT. seguro Vs S M C R de 1 SPT. separado – "Y"



Descripción del producto: En comparación con la estructura SPT, el sistema con amortiguadores de aislamiento HDRB y radios de choque X-X normales es un 41 % más eficaz. Seguro.

Cada nivel tiene dos barras, que representan dos condiciones diferentes:

- Barra naranja: representa el valor de deriva más grande (probablemente la base fija o el escenario SD R=7 SPT, seguro según el título).
- Barra amarilla: representa el valor de deriva más pequeño (probablemente la base aislada).

Los datos sugieren que el uso de un sistema de aislamiento de base (Base Aislada, barras amarillas) es altamente eficaz para reducir las derivas entre pisos en la estructura, especialmente en los niveles superiores (Niveles 4-7), en comparación con una base fija (Base Fija, barras naranjas).

CONCLUSIONES

Conclusión general

(En relación al Objetivo General: Analizar el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado mediante la implementación de dispositivos de aislamiento en la base, fabricados con propiedades de caucho natural)

El uso de dispositivos de aislamiento de base con tipos de caucho habituales, como los aisladores HDRB y SPT, mejora notablemente el comportamiento sísmico en construcciones de hormigón armado. Se logra el objetivo de proteger el edificio de las fuertes acciones sísmicas. Gracias al aislamiento, se reduce considerablemente la resistencia sísmica, ya que la superestructura se separa de la base.

Conclusiones específicas

Conclusión sobre la Influencia de los Aisladores (En relación al Objetivo Específico 1: Determinar en cuanto influye los aisladores de base con propiedades de caucho normal en el desempeño sísmico de la estructura de una edificación de concreto)

- La influencia de los aisladores HDRB en el desempeño sísmico es altamente significativa, evidenciada en los siguientes parámetros:
- Período de Vibración: El periodo fundamental (Modo 1) de la estructura se incrementó en un 63%, pasando de 0.646 s (sistema fijo) a 1.53 s (sistema aislado), lo que se atribuye a la mayor flexibilidad horizontal del sistema SPT.

- La fuerza cortante basal experimentó una drástica reducción, reduciéndose un 63 % en la dirección XX y entre un 63 % y un 64 % en la dirección YY, en comparación con la configuración de base fija.
- La disminución de la deriva entre pisos fue notable: un 38 % menos en la dirección XX y un 41 % menos en la dirección YY.
- Supongo que los desplazamientos estructurales se concentraron principalmente en la zona de aislamiento, alcanzando los 32,33 cm en la dirección XX y aproximadamente 31,24 cm en la dirección YY, lo que parece ser el patrón esperado para mantener la seguridad de la superestructura.

Conclusión sobre el Cumplimiento de la Norma E.031 (En relación al Objetivo Específico 2: Comprobar si la edificación de concreto con aislamiento en la base con propiedades de caucho normal cumple con los parámetros de la norma E031).

- La edificación de concreto con aislamiento de base mediante dispositivos HDRB SPT sí cumple con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana E.031 "Aislamiento Sísmico". La reducción lograda en las derivaciones de entrepiso (38% en XX y 41% en YY) las mantuvo por debajo del valor límite aceptable de 3.5 por mil estipulado por la Norma.

RECOMENDACIONES

Para obtener el mejor rendimiento durante un evento sísmico, se recomienda analizar el uso de aislantes tanto en estructuras esenciales como no esenciales. Esto se debe a que los diferentes tipos de aislantes tienen una fiabilidad diferente en función de su uso y de la zona en la que se instalan.

Con el fin de proteger vidas y evitar daños económicos, se recomienda instalar dispositivos adicionales además de los aislantes sísmicos para mitigar el impacto de un evento sísmico.

Aunque los aisladores sísmicos son más caros que un sistema de base fija, a largo plazo merecen la pena el gasto adicional debido a la mayor fiabilidad que proporcionan en cuanto al comportamiento sísmico.

En las zonas 3 y 4, se recomienda encarecidamente que las estructuras importantes y de uso frecuente, incluidos los coliseos y las residencias que podrían utilizarse como refugios en caso de un terremoto de gran magnitud, cuenten con medidas de aislamiento sísmico.

Todas las instalaciones sanitarias, independientemente de su altitud, deben diseñarse para ser resistentes a los terremotos. A escala mundial, los hospitales de países con alta sismicidad, como Japón y Estados Unidos, ya adoptan diseños basados en la resiliencia.

BIBLIOGRAFÍA

Cango, A. (2018) Diseño y análisis de edificaciones con aisladores de base tipo FPT [Tesis de Titulación, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30283>

FEMA (2012) NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures.

FEMA E-74(2012) NEHRP Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide.

Janampa, B. B. (2018) Diseño del sistema de aislamiento sísmico de un edificio hospitalario usando dispositivos HDR [Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP.

Kelly, T (2001) Base Isolation os Structures. Holmes Consulting Group/ Mechanics of Rubber Bearings for Seismic and Vibration Isolation. John Wiley & Sons.

Meza, R. y Sanchez, E. (2010) Guía de diseño sísmico de aisladores elastoméricos y de fricción para la República de Nicaragua. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009) Norma Técnica E.020 Cargas. Sencico. Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009) Norma Técnica E.060 Concreto Armado. Sencico. Lima, Perú.



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Sencico. Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) Norma Técnica E.050 Suelos y cimentaciones. Sencico. Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019) Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico. Sencico. Lima, Perú.

N.T.P E.020 2006 "Cargas" Del Reglamento Nacional De Edificaciones

N.T.P E.030 2018 "Diseño Sismorresistente" Del Reglamento Nacional De Edificaciones

N.T.P E.031 2019 "Aislamiento Sísmico" Del Reglamento Nacional De Edificaciones

N.T.P E.060 2009 "Concreto Armado" Del Reglamento Nacional De Edificaciones Genatios, C., Lafuente, M. (2016) Introducción al uso de aisladores y disipadores en Estructuras. CAF – Banco de Desarrollo de América Latina.

Zanelli, C. T. y Paredes, P. M. (2019) Diseño estructural de un pabellón de hospital con aisladores sísmicos [Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP.



ANEXOS



ANEXO 01

Matriz de consistencia



TÍTULO: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO

RESPONSABLE: Bach. FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZ

<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVOS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</u>
<u>Problema general.</u> ¿Cómo se manifestará el comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de concreto con dispositivos de caucho normal de aislamiento en la base? <u>Problemas específicos</u> ¿Cómo influenciara en el comportamiento sísmico la implementación de dispositivos de aislación de caucho normal en la base de una estructura de concreto? ¿Cumplirá con los parámetros de la norma E.031 la estructura de concreto implementada con dispositivos de aislación de caucho normal en la base?	<u>Objetivo general</u> Analizar el comportamiento sísmico de una edificación de concreto con la implementación de dispositivos de aislación en la base con propiedades de caucho normal. <u>Objetivos específicos</u> Determinar en cuanto influye los aisladores de base con propiedades de caucho normal en el desempeño sísmico de la estructura de una edificación de concreto. Comprobar si la edificación de concreto con aislamiento en la base con propiedades de caucho normal cumple con los parámetros de la norma E031.	<u>Variables de caracterización</u> — Aisladores SPT — Análisis Sísmico Estático — Análisis Sísmico Espectral <u>Variables de interés</u> — Comportamiento de la Estructura de Concreto Armado. — Parámetros de respuesta de la estructura con aisladores SPT	- Estructuración y configuración en planta y elevación - Ubicación geográfica de la zona de estudio - Espectros de diseño. - Tipología de la estructura - Irregularidades - Modos de vibración - Periodos de vibración - Fuerzas cortantes - Desplazamientos - Derivas - % de influencia	<u>Diseño de la investigación</u> No experimental transversal <u>Tipo y nivel de investigación</u> Aplicada descriptiva <u>Enfoque de la investigación</u> Cuantitativo <u>Instrumentos</u> · Antecedentes B. · Normas vigentes · Modelamiento asistido por computadora · Análisis estructural <u>Población</u> Edificaciones de la ciudad de Juliaca de categoría A1 <u>Muestra</u> Edificación de concreto armado de 7 pisos para un edificio con aisladores de caucho estándar, que corresponde para una categoría A1, según la norma sísmica.



ANEXO 02 MEMORIA DE CALCULO



Ing.

PARAMETROS

ZONA		0.35
USO		1
COEFICIENTE SISMICO		2.5
SUELO		1.15
COEFICIENTE DE REDUCCION SISMICA		7
GRAVEDAD		9810

IR AL FINAL

DEFORMACION POR CORTE

Y= 1.5

MODULO DE CORTE

Proveedores --> ☒ CATALOGO TENSA ☐ CATALOGO BRIDGESTONE ☐ CATALOGO FIP

G= 0.800 Mpa

PESO SISMICO SOBRE EL INTERFAZ DE AISLAMIENTO

P= 6729.0018 Tn 6729001.8 Kg
P= 65989.30195 Kn

PESO EFECTIVO SIN NIVEL DE BASE

Ps= 5422.0 Tn
Ps= 53172.3 Kn

SISMO MAXIMO CONSIDERADO

Sam 1.509 mm/s2

AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO BM EN PORCENTAJE DEL AMORTIGUAMIENTO CRITICO

BM = 1.38 0.15

1 DESPLAZAMIENTO MAXIMO (DM)

DM= 339.4 mm 33.94 cm
SaM= 1.509 mm/s2
TM= 3.50 sg
BM= 1.38 --

Periodo efectivo para desplazamiento maximo TM

TM= 2.16 sg TM= 3.5
P= 65989.30 Kn
KM= 56.76 Kn/mm
g= 9810 mm/s2

DESPLAZAMIENTO MAXIMO

DM= 339.4 mm 26250 0.3473

2 DESPLAZAMIENTO TOTAL MAXIMO (DTM)

y= 8238.7 mm
b= 49000 mm
d= 30000 mm
e= 460 mm
DM= 339.4 mm
Pt= 1 PERIODO MODO 1/MODO3 = 1.270742358 Pt formula 0.909281899

DESPLAZAMIENTO TOTAL MAXIMO

DTM= 344.1 mm 34.41 cm 0.344062087



PROPIEDADES DEL SISTEMA DE AISLACION

DATOS PARA EL CALCULO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL DISPOSITIVO

DM=	339.39	mm	0.34	m
DTM=	344.06	mm	0.34	m
TM=	3.50	Sg	3.50	Sg
CARGA EN DISPOSITIVO A (centro)	258.81	Tn	0.26	Mpa.m
CARGA EN DISPOSITIVO B (excentrico)	129.40	Tn	0.13	Mpa.m
DEFORMACION POR CORTE	1.5	----	1.5	---
MODULO DE CORTE	0.80	Mpa	0.80	Mpa

129403.8808 Kg

PROPIEDADES FISICAS

1 RIGIDIZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO

$$K_h = P_{Umax} * \left(\frac{2\pi}{T_M} \right)^2 \quad \text{COMPROBACION ---->} \quad K_h = \frac{G * A}{H_r}$$

Dispositivo Tipo A

Kh=	0.83	Mpa.m (Kn/mm)
Pu max=	0.26	Mpa.m
TM=	3.50	Sg

Dispositivo Tipo A

Kh=	0.83	Mpa.m
G=	0.80	Mpa
Hr=	0.23	m
A=	0.24	m2

Dispositivo Tipo B

Kh=	0.42	Mpa.m (Kn/mm)
Pu max=	0.13	Mpa.m
TM=	3.50	Sg

Dispositivo Tipo B

Kh=	0.42	Mpa.m
G=	0.80	Mpa
Hr=	0.23	m
A=	0.12	m2

2 ALTURA DE CAUCHO

Dispositivo Tipo A y Tipo B

$$H_r = \frac{D_M}{Y}$$

Hr=	0.23	m
DM=	0.34	m
Y=	1.5	

3 AREA DEL DISPOSITIVO

Dispositivo Tipo A

$$A = \frac{K_h * H_r}{G}$$

A=	0.24	m2
Kh=	0.83	Mpa.m
Hr=	0.23	m
G=	0.80	Mpa

Dispositivo Tipo B

A=	0.12	m2
Kh=	0.42	Mpa.m (Kn/mm)
Hr=	0.23	m
G=	0.80	Mpa

4 DIAMETRO DEL AISLADOR

Dispositivo Tipo A

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{A}{\pi}} \right\}$$

d=	0.55	m
A=	0.24	m2

0.81

0.58

Dispositivo Tipo B

d=	0.39	m
A=	0.12	m2



PROPIEDADES FISICAS DEL AISLADOR			
Propiedades	Tipo A		Unidades
RIGIDIZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO	0.83		Mpa.m (Kn/mm)
ALTURA DE CAUCHO	0.23		m
AREA DEL DISPOSITIVO	0.24		m2
DIAMETRO DEL AISLADOR	0.55		m
DESPLAZAMIENTO MAXIMO	0.34		m
DESPLAZAMIENTO TOTAL MAXIMO	0.34		m
MODULO DE CORTE	0.80		Mpa
PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO	0.15		----
CANTIDAD DE AISLADORES HDRB	44		Unidades
CARGA EN DISPOSITIVO A (centro)	258.81		Tn
CARGA EN DISPOSITIVO B (excentrico)			Tn

FINAL

548

8.16 Kg/cm2

PROPIEDADES FISICAS	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B	LRB
TDRI - UDPR	258.81		
CAPA	TDRI-600-NM-175		
Diámetro	600		
Altura	337		
Tamaño de Chapas	650*650		
Espesor	175		
Factor	29.5		
Rigidez	1687		
Rigidez	1.29		
Desplazamiento diseño (EN 1998)	292		
Carga de Diseño Horizontal	350		
Carga Estática	6800		
Carga Sísmica Vertical Máxima	2750		

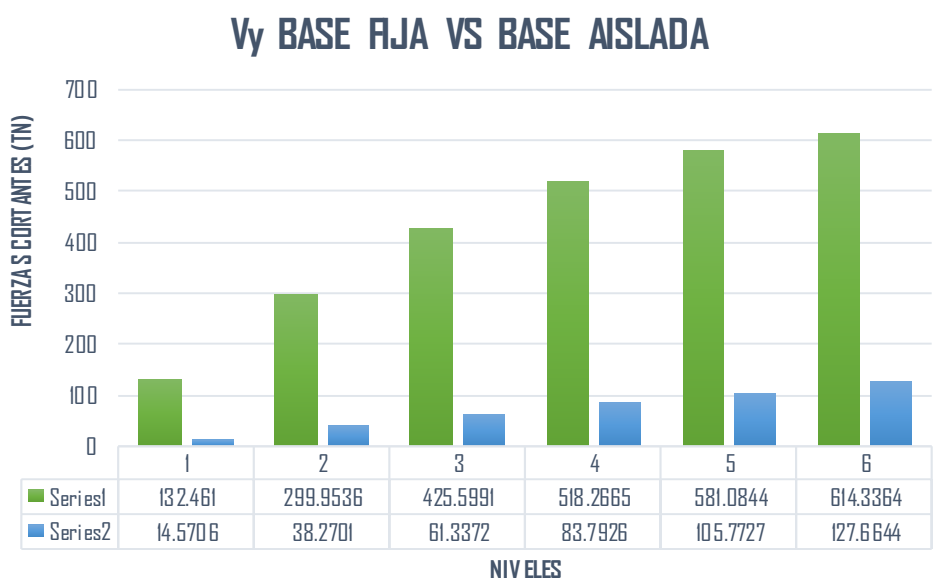
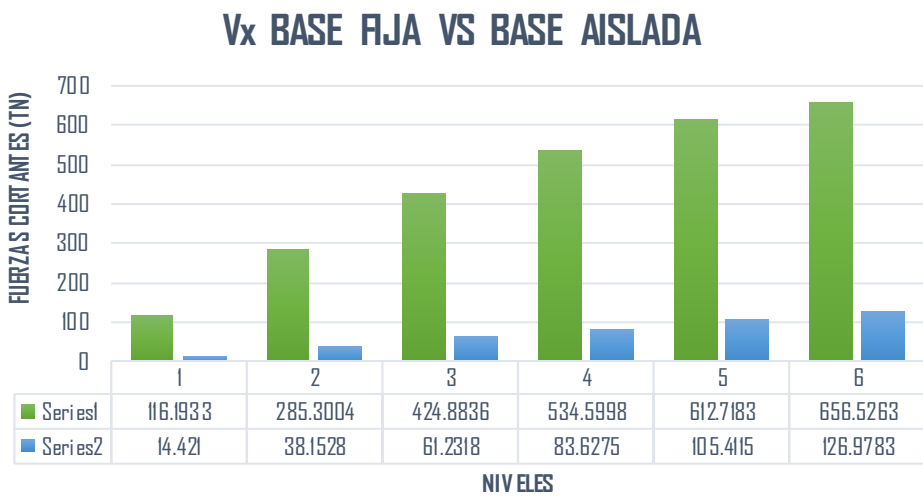
ADES NO	CARGA	Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B	Dispositivo LRB
		258.81		
	UNID	TDRI-600-NM-175		
VERTICAL (U1)				
Rigidez Vertical (Efectiva)	Kn/mm	1687		
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)				
Rigidez Efectiva Lineal	Kn/mm	1.29		
Amortiguamiento Efectivo		0.13		
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)				
Rigidez Inicial (Efectiva)	Kn/mm	10.16		
Fuerza de Fluencia (yie)		118.15		
Relación	ratio	0.096		
Energía	Kn.m	140.04		
Rigidez Positiva	Kn/mm	0.98		



MASA PARTICIPATIVA ESTRUCTURA EMPOTRADA							MASA PARTICIPATIVA ESTRUCTURA AISLADA HDRB					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ		Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec							sec			
Modal	1	0.582	0.8449	0.0011	0.0014		Modal	1	2.239	0.944	1.25E-05	0.0022
Modal	2	0.462	0.001	0.7643	0.0021		Modal	2	2.221	1.27E-05	0.9466	0
Modal	3	0.458	0.0016	0.0019	0.7778		Modal	3	2.015	0.0022	0	0.9377
Modal	4	0.187	0.1095	4.02E-05	0.0001		Modal	4	0.357	0.0014	8.54E-07	5.89E-06
Modal	5	0.13	0.0001	0.0001	0.1607		Modal	5	0.337	8.80E-07	0.001	0.00E+00
Modal	6	0.126	2.65E-05	0.169	0.0001		Modal	6	0.318	4.14E-06	0	0.0012
Modal	7	0.107	0.0294	0.0001	3.58E-05		Modal	7	0.164	4.82E-05	0	0.00E+00
Modal	8	0.076	0.0097	5.51E-06	0		Modal	8	0.114	0	0	1.81E-05
Modal	9	0.066	4.85E-06	9.80E-07	0.0411		Modal	9	0.113	0	1.16E-05	0.00E+00
Modal	10	0.063	6.34E-07	0.0445	9.69E-07		Modal	10	0.104	4.13E-06	0	0
Modal	11	0.06	0.003	0.0001	0		Modal	11	0.075	5.88E-07	0	0
Modal	12	0.052	0.0006	0	0		Modal	12	0.061	0	6.20E-07	0.00E+00
Modal	13	0.044	9.24E-07	0	0.0124		Modal	13	0.051	0	0	0
Modal	14	0.042	0	0.0139	0		Modal	14	0.022	0.0001	0.0181	0
Modal	15	0.037	0	0.0001	2.33E-05		Modal	15	0.022	0.0453	0.0001	4.37E-06
Modal	16	0.034	0	0	3.60E-03		Modal	16	0.021	2.08E-05	0.0305	0
Modal	17	0.033	0	0.004	0		Modal	17	0.018	0.0045	1.08E-05	0
Modal	18	0.03	0	0	0.0008		Modal	18	0.014	2.15E-06	0.0013	0
TOTAL			99.98%	99.91%	100.02%		TOTAL			99.76%	99.76%	94.11%
	PERIODO DE VIBRACION BASE CONVENCIONAL VS BASE AISLADA							PERIODO DE VIBRACION BASE CONVENCIONAL VS BASE AISLADA				
	Case	Mode	B. FIJA	B. AISLADA HDRB	INFLUENCIA % B.FIJA VS B.HDRB							
	Modal	1	0.582	2.239	74%							
	Modal	2	0.462	2.221	79%							
	Modal	3	0.458	2.015	77%							



FUERZA CORTANTE (Vx) - BASE FIJA VS BASE AISLADA			
NIVEL	B. FIJA	B. ASILADA HDRB	INFLUENCIA B.FIJA VS B.HDRB
	VX (Tn)	VX (Tn)	%
Story 6	116.1933	14.421	88%
Story 5	285.3004	38.1528	87%
Story 4	424.8836	61.2318	86%
Story 3	534.5998	83.6275	84%
Story 2	612.7183	105.4115	83%
Story 1	656.5263	126.9783	81%
FUERZA CORTANTE (Vy) - BASE FIJA VS BASE AISLADA			
NIVEL	B. FIJA	B. ASILADA HDRB	INFLUENCIA B.FIJA VS B.HDRB
	VX (Tn)	VY (Tn)	%
Story 6	132.461	14.5706	89%
Story 5	299.9536	38.2701	87%
Story 4	425.5991	61.3372	86%
Story 3	518.2665	83.7926	84%
Story 2	581.0844	105.7727	82%
Story 1	614.3364	127.6644	79%





DESPLAZAMIENTOS - BASE FIJA VS BASE AISLADA

DESCRIPCION	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO	INFLUENCIA
	MAX. BASE FIJA	MAX. BASE AISLADA	B.FIJA VS
		HDRB	B.HDRB
	X-Dir	X-Dir	%
Story	cm	cm	
Story 6	1.7361	34.1348	95%
Story 5	1.6039	33.9136	95%
Story 4	1.3787	33.5437	96%
Story 3	1.0795	33.0359	97%
Story 2	0.7293	32.3941	98%
Story 1	0.3637	31.6329	99%

DESPLAZAMIENTOS - BASE FIJA VS BASE AISLADA

DESCRIPCION	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO	INFLUENCIA
	MAX. BASE FIJA	MAX. BASE AISLADA	B.FIJA VS
		HDRB	B.HDRB
	Y-Dir	Y-Dir	%
Story	cm	cm	
Story 6	1.3287	37.0629	96%



Story 5	1.1278	36.6413	97%
Story 4	0.893	36.1495	98%
Story 3	0.6388	35.5916	98%
Story 2	0.3852	34.9775	99%
Story 1	0.1629	34.3357	100%



BASE EMPOTRADA

DERIVAS CON R = 7

DERIVAS (Sentido X)

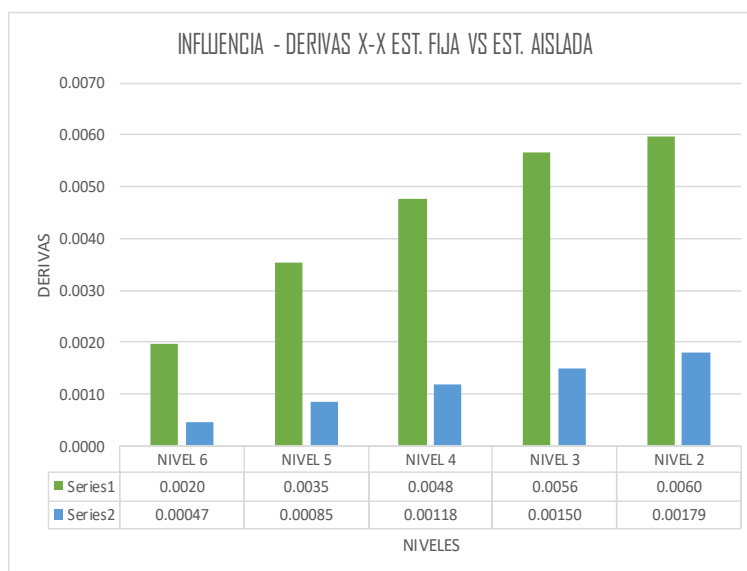
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	CONTROL E-030
NIVEL 6	D6	SIS_DIN_X Max	0.015936	3	0.0011	0.0004	0.0020	0.007	OK
NIVEL 5	D5	SIS_DIN_X Max	0.014811	3	0.0020	0.0007	0.0035	0.007	OK
NIVEL 4	D4	SIS_DIN_X Max	0.012794	3	0.0027	0.0009	0.0048	0.007	OK
NIVEL 3	D3	SIS_DIN_X Max	0.010068	3	0.0032	0.0011	0.0056	0.007	OK
NIVEL 2	D2	SIS_DIN_X Max	0.006841	3	0.0034	0.0011	0.0060	0.007	OK
NIVEL 1	D1	SIS_DIN_X Max	0.003439	3.6					

DERIVAS (Sentido Y)

Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	CONTROL E-030
NIVEL 6	D6	SIS_DIN_Y Max	0.011104	3	0.0017	0.0006	0.0030	0.007	OK
NIVEL 5	D5	SIS_DIN_Y Max	0.009407	3	0.0020	0.0007	0.0035	0.007	OK
NIVEL 4	D4	SIS_DIN_Y Max	0.007435	3	0.0021	0.0007	0.0037	0.007	OK
NIVEL 3	D3	SIS_DIN_Y Max	0.005306	3	0.0021	0.0007	0.0037	0.007	OK
NIVEL 2	D2	SIS_DIN_Y Max	0.003188	3	0.0018	0.0006	0.0032	0.007	OK
NIVEL 1	D1	SIS_DIN_Y Max	0.001339	3.6					

Sentido X-X

Nivel	Diafragma	Caso	D. INELASTICO	E-030	Diafragma	Caso	D. INELASTICO	E-031	INFLUENCIA %
NIVEL 6	D6	SIS_DIN_X Max	0.0020	0.007	D5	SMC EN X-X R=1	0.00047	0.0035	76%
NIVEL 5	D5	SIS_DIN_X Max	0.0035	0.007	D5	SMC EN X-X R=1	0.00085	0.0035	76%
NIVEL 4	D4	SIS_DIN_X Max	0.0048	0.007	D4	SMC EN X-X R=1	0.00118	0.0035	75%
NIVEL 3	D3	SIS_DIN_X Max	0.0056	0.007	D3	SMC EN X-X R=1	0.00150	0.0035	73%
NIVEL 2	D2	SIS_DIN_X Max	0.0060	0.007	D2	SMC EN X-X R=1	0.00179	0.0035	70%
NIVEL 1	D1	SIS_DIN_X Max			D1	SMC EN X-X R=1	0.00215	0.0035	





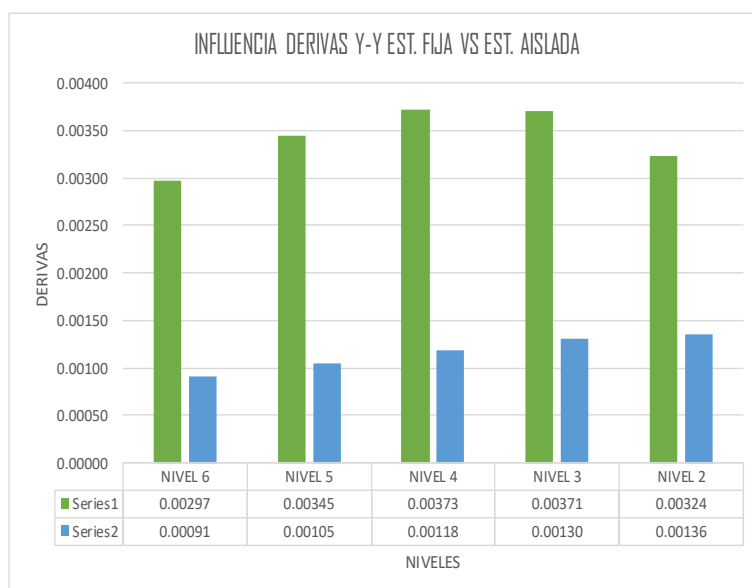
BASE ASILADA HDRB

DERIVAS CON R = 1

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 6	D6	SMC EN X-X R=1	0.320308	3	0.0019	0.0006	0.00047	0.0035	OK
NIVEL 5	D5	SMC EN X-X R=1	0.318435	3	0.0034	0.0011	0.00085	0.0035	OK
NIVEL 4	D4	SMC EN X-X R=1	0.315051	3	0.0047	0.0016	0.00118	0.0035	OK
NIVEL 3	D3	SMC EN X-X R=1	0.310346	3	0.0060	0.0020	0.00150	0.0035	OK
NIVEL 2	D2	SMC EN X-X R=1	0.304353	3	0.0072	0.0024	0.00179	0.0035	OK
NIVEL 1	D1	SMC EN X-X R=1	0.297192	3.6	0.0103	0.0029	0.00215	0.0035	OK
NIVEL TI	D.AISL	SMC EN X-X R=1	0.28685						

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 6	D6	SMC EN Y-Y R=1	0.318777	3	0.0037	0.0012	0.00091	0.0035	OK
NIVEL 5	D5	SMC EN Y-Y R=1	0.315123	3	0.0042	0.0014	0.00105	0.0035	OK
NIVEL 4	D4	SMC EN Y-Y R=1	0.310928	3	0.0047	0.0016	0.00118	0.0035	OK
NIVEL 3	D3	SMC EN Y-Y R=1	0.30619	3	0.0052	0.0017	0.00130	0.0035	OK
NIVEL 2	D2	SMC EN Y-Y R=1	0.300988	3	0.0054	0.0018	0.00136	0.0035	OK
NIVEL 1	D1	SMC EN Y-Y R=1	0.295561	3.6	0.0062	0.0017	0.00129	0.0035	OK
NIVEL TI	D.AISL	SMC EN Y-Y R=1	0.289385						

Sentido Y-Y									
Nivel	Diafragma	Caso	D. INELASTICO	E-030	Diafragma	Caso	D. INELASTICO	E-031	INFLUENCIA %
NIVEL 6	D6	SIS_DIN_Y Max	0.00297	0.007	D5	SMC EN Y-Y R=1	0.00091	0.0035	69%
NIVEL 5	D5	SIS_DIN_Y Max	0.00345	0.007	D5	SMC EN Y-Y R=1	0.00105	0.0035	70%
NIVEL 4	D4	SIS_DIN_Y Max	0.00373	0.007	D4	SMC EN Y-Y R=1	0.00118	0.0035	68%
NIVEL 3	D3	SIS_DIN_Y Max	0.00371	0.007	D3	SMC EN Y-Y R=1	0.00130	0.0035	65%
NIVEL 2	D2	SIS_DIN_Y Max	0.00324	0.007	D2	SMC EN Y-Y R=1	0.00136	0.0035	58%
NIVEL 1	D1	SIS_DIN_Y Max			D1	SMC EN Y-Y R=1	0.00129	0.0035	





ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

Story	Output Case	Location	VX	VY
			tonf	tonf
Story1	SISMO EST XX	Bottom	-767.8875	0
Story1	SISMO EST YY	Bottom	0	-767.8875

ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO INICIAL

Story	Output Case	Location	VX	VY
			tonf	tonf
Story1	SIS DIN XX	Bottom	656.5263	184.0577
Story1	SIS DIN YY	Bottom	199.2206	605.3541

ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO FINAL

Story	Output Case	Location	VX	VY
			tonf	tonf
Story1	SIS DIN XX	Bottom	656.5263	184.0645
Story1	SIS DIN YY	Bottom	202.1663	614.3364

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN**AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV**Formato digital ☒Fecha de entrega: 19/01/2026**1. Datos del autor (es):**Nombres y Apellidos: FRANZ CHRISTIAN FLORES GUTIERREZDirección: Jr. Lamas # 164DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72474494Teléfono: 959354354 email: franzadriel.fg@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASEscuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVILTítulo o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVILAsesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐Título: INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AISLADORES DE BASE CON PROPIEDADES DE CAUCHO NORMAL EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADOPalabras claves, (3 a 5 términos): Dinámico análisis espectral, periodo interfaz de aislamiento, efectivo amortiguamiento, sísmico análisis**¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?**1, 2¹ 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.² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ 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

19 - ENERO - 2026

Fecha