

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov,
Norma Rusa y la Norma FEMA 440 en los componentes estructurales del bloque A
del Centro de Salud Tamburco- Abancay-Apurímac-2024**

Asesor:

Mag. Alarcón Camacho, Erick

Autores:

Castillo Munares, Jhon Yomar

Uscamayta Mariño, Kenedy Cleider

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil

Abancay-Apurímac-Perú

2025

Acta de Sustentación



Universidad
Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 065

En la ciudad de Abancay, a los diecinueve días del mes de agosto del 2025, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0691-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 14 de agosto del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidenta :	MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ph. D. Vasquez Ramirez, Abbon Alex
Replicante :	Mag. Saavedra Ore, Danilo

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan – Savinov, Norma Rusa y la Norma FEMA 440 en los componentes estructurales del bloque A del Centro de Salud Tamburco – Abancay – Apurímac - 2024

Desarrollado por las (los) Bachilleres (es):

Br: Uscamayta Mariño, Kenedy Cleider

Br: Castillo Munares, Jhon Yomar

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Uscamayta Mariño, Kenedy Cleider	Aprobado
Castillo Munares, Jhon Yomar	Aprobado

Siendo las 12:30m horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidenta: MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ph. D. Vasquez Ramirez, Abbon Alex

Replicante: Mag. Saavedra Ore, Danilo

Abancay 28 de agosto del 2025

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Treles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de

(*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Art. 18 RCUA.
(**) 0 a 10; Desaprobado, 11 a 15; Aprobado, 16 a 18; aprobado Notable, 19 a

Reporte de Similitud






21% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 16%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y Nombre	:	Castillo Munares, Jhon Yomar Uscamayta Mariño, Kenedy Cleider
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	73515000 71380204
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0002-0052-6005 https://orcid.org/0009-0008-5990-6284
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres	:	Mag. Alarcón Camacho, Erick
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	31039703
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0003-4294-7481
Datos de Tesis		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería civil
Línea de tesis	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la tesis	:	2024-2025
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	21%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Fredy Castillo Cruz y Isabel Munares Ccorahua, por su amor y su apoyo incondicional durante mi formación profesional y dar gracias por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ellos de igual manera a mis hermanos por su apoyo y motivación.

Jhon Yomar Castillo Munares

A mi hija Dafne Itzel Uscamayta Segura por ser el motor y motivo de seguir adelante, a mis padres Hermogenes Uscamayta Chacon, Segundina Mariño Velazque por ser el soporte en todo momento, a mis hermanos Ruthmaranura, Roxana, Jhon, Yeny, Sumaya, E. Nahum y E. Nehemias quienes me impulsan a conseguir mis objetivos.

Kenedy Cleider Uscamayta Mariño

Agradecimientos

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme seguir mejorando día a día como profesional, así como también a mi círculo de amistades de igual manera agradecer al Mag. Ing. Erick Alarcón Camacho por la motivación y apoyo en la elaboración de la presente tesis.

Jhon Yomar Castillo Munares

Primero a Dios por ser el divino creador, por brindarme salud, sabiduría y fuerza para superar los obstáculos y seguir adelante. Así mismo agradezco a mis tíos, amigos quienes me apoyaron moralmente en conseguir este objetivo. Finalmente, al Mag. Ing. Erick Alarcón Camacho por guiarme en la ejecución de esta tesis.

Kenedy Cleider Uscamayta Mariño

Resumen

La presente tesis titulada “Efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, Norma Rusa y la Norma FEMA 440 en los componentes estructurales del bloque A del centro de salud Tamburco- Abancay-Apurimac-2024” se realizó con el propósito de verificar el comportamiento estructural y la sección transversal de la viga denominada VP de sección 0.3x0.55m que se encuentra ubicada en el eje B-B entre 3 y 4 del tercer nivel debido a que transfiere mayores cargas solicitadas. Para lo cual se utilizaron los modelos dinámicos de base empotrada, Barkan Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440. El análisis comparativo para los modelos dinámicos descritos líneas arriba se realizó para los periodos de vibración en direcciones traslacionales y rotacionales, desplazamientos máximos en “X-Y”, derivas de entrepiso en los seis niveles, cortante basal en “X-Y” y verificación de la sección transversal de vigas, así como el área de la sección y área de acero requerida. Para el análisis pertinente se empleó el software ETABS donde se requirieron datos de parámetros sísmicos, datos geotécnicos y coeficientes de rigidez. De los resultados obtenidos aplicando la interacción suelo estructura se tiene periodos, derivas y desplazamientos mayores con respecto al modelo dinámico de base empotrada. Asimismo, las fuerzas cortantes en la base de la estructura, área de sección y área de acero en vigas disminuyen con respecto al modelo dinámico de base empotrada.

Palabras claves: interacción, suelo, estructura, periodo, desplazamientos.

Abstract

This thesis titled “Effects of the Barkan-Savinov, Russian Standard and FEMA Standard 440 soil-structure interaction models on the structural components of block A of the Tamburco-Abancay-Apurimac-2024 health center” was carried out with the purpose of verifying the structural behavior and the cross section of the beam called VP of section 0.3x0.55m that is located on the B-B axis between 3 and 4 of the third level due because it transfers greater requested loads. For which the embedded base dynamic models, Barkan Savinov, Russian Standard and FEMA Standard 440 were used.

The comparative analysis for the dynamic models described above was carried out for the vibration periods in translational and rotational directions, maximum displacements in “X-Y”, mezzanine drifts in the six levels, basal shear in “X-Y” and verification of the cross sections. of beams as well as the section area and steel area required.

For the relevant analysis, the ETABS software was used where data on seismic parameters, geotechnical data and stiffness coefficients were required.

From the results obtained by applying the soil-structure interaction, we have greater periods, drifts and displacements with respect to the embedded base dynamic model. Likewise, the shear forces at the base of the structure, section area and steel area in beams decrease with respect to the dynamic embedded base model.

Keywords: interaction, soil, structure, period, displacements.

Índice

Portada.....	i
Acta de sustentacion	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Indice de tablas	xi
Indice de figuras	xiv
Índice de anexos.....	xvii
I. Introducción	18
II. Planteamiento del Problema	19
2.1. Descripción y formulación del problema.....	19
2.1.1. Problema general	21
2.1.2. Problemas específicos.....	21
2.2. Objetivos.....	22
2.2.1. Objetivo general	22
2.2.2. Objetivos específicos.....	22
2.3. Justificación e importancia.....	22
2.4. Hipótesis.....	24
2.5. Variables	25
III. Marco teórico.....	28

3.1.	Antecedentes de investigación.....	28
3.2.	Bases teóricas.....	39
3.3.	Definición de términos.....	91
IV.	Metodología	95
4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	95
4.2.	Ámbito temporal y espacial.....	97
4.3.	Población y muestra.....	97
4.4.	Instrumentos.....	97
4.5.	Procedimientos.....	99
4.6.	Análisis de datos.....	99
4.7.	Consideraciones éticas.....	99
V.	Resultados y discusión	101
VI.	Conclusiones	219
VII.	Recomendaciones	222
VIII.	Referencias.....	224
IX.	Anexos.....	230

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables	26
Tabla 2. Características de C_0 Según el tipo de perfil de suelo.....	53
Tabla 3. Tabla de Determinación de Modulo de Corte Efectivo	58
Tabla 4. Factores que dependen de la Ubicación de Columna	65
Tabla 5. Estimación de Peraltes Mínimos para Losas	68
Tabla 6. Factores de zona sísmica.....	72
Tabla 7. Clasificación de los Perfiles de Suelo	73
Tabla 8. Factor de suelo S	74
Tabla 9. Periodos TP Y TL.....	74
Tabla 10. Coeficiente Básico de Reducción R_0	76
Tabla 11. Factores de Irregularidad de las Edificaciones.....	77
Tabla 12. Límites de Distorsión de Entrepiso.....	81
Tabla 13. Niveles de Piso Terminado del Proyecto	102
Tabla 14. Tipos de Zapata del Bloque A del Proyecto	103
Tabla 15. Estimación de Peso de la Estructura	110
Tabla 16. Periodo de Vibración Análisis Estático.....	112
Tabla 17. Resumen de Periodos de Vibración X, Y y Z	117
Tabla 18. Fuerza Cortante Estático en la Base Dirección X-X.....	118
Tabla 19. Fuerza Cortante Estático en la Base Dirección Y-Y	119
Tabla 20. Verificación de C/R en dirección X-X.....	120
Tabla 21. Verificación de C/R en dirección Y-Y.....	120
Tabla 22. Espectro Inelástico de Pseudoaceleracion Traslacional.....	121
Tabla 23. Verificación de Cortante Mínima.....	124
Tabla 24. Límites de Distorsión del Entrepiso.....	125
Tabla 25. Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección X Base Empotrado.....	125
Tabla 26. Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección Y Base Empotrado	128
Tabla 27. Cortante Basal en Dirección X-X y Y-Y Base Empotrado	130
Tabla 28. Cálculo de presión estática del Suelo.....	136
Tabla 29. Cálculo de Coeficientes de Desplazamiento y Rotación	137
Tabla 30. Cálculo de los Coeficientes de Rigidez Modelo Barkan-Savinov	138
Tabla 31. Coeficientes de Compresión elástica	141
Tabla 32. Cálculo de Coeficientes de Rigidez Norma Rusa	142

Tabla 33.	Coeficientes de Rigidez Norma FEMA 440	146
Tabla 34.	Factor de Corrección por Embebido	147
Tabla 35.	Determinación de Coeficientes de Rigidez Modificado Norma FEMA 440 ..	148
Tabla 36.	Periodos de Vibración de Base Empotrado.....	150
Tabla 37.	Periodos de Vibración Modelo Barkan Savinov	151
Tabla 38.	Periodos de Vibración Norma Rusa	152
Tabla 39.	Periodos de Vibración Norma FEMA.....	153
Tabla 40.	Desplazamiento de Base Empotrado en Dirección X	154
Tabla 41.	Desplazamiento de Base Empotrado en Dirección Y	155
Tabla 42.	Desplazamientos Máximos en el sentido X Base Empotrado	155
Tabla 43.	Desplazamientos Máximos en el eje Y Base Empotrado.....	156
Tabla 44.	Desplazamientos Modelo Barkan- Savinov en Dirección X	158
Tabla 45.	Desplazamientos Modelo Barkan-Savinov en Dirección Y	158
Tabla 46.	Desplazamientos Máximos en Dirección X Modelo Barkan-Savinov	159
Tabla 47.	Desplazamientos Máximos en Dirección Y Modelo Barkan-Savinov.....	160
Tabla 48.	Desplazamientos Norma Rusa Dirección X	162
Tabla 49.	Desplazamientos Norma Rusa Dirección Y.....	162
Tabla 50.	Desplazamientos Máximos en Dirección X Norma Rusa.....	163
Tabla 52.	Desplazamientos Norma FEMA Dirección X.....	165
Tabla 54.	Desplazamientos Máximos en Dirección X Norma FEMA	166
Tabla 55.	Desplazamientos Máximos en Dirección Y Norma FEMA.....	167
Tabla 56.	Verificación de Derivas de Entrepiso Dirección X Base Empotrado.....	170
Tabla 57.	Verificación de Derivas de Entrepiso Dirección Y Base Empotrado.....	172
Tabla 58.	Verificación de Deriva de Entrepiso en sentido X-X Barkan-Savinov.....	175
Tabla 59.	Verificación de Deriva de Entrepiso en Dirección Y-Y Barkan-Savinov	177
Tabla 60.	Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección X-X Nora Rusa	180
Tabla 61.	Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección Y-Y Nora Rusa.....	182
Tabla 62.	Verificación de Deriva de Entrepiso en Dirección X-X Norma FEMA 440....	185
Tabla 64.	Cortante Basal en Dirección X-Y Base Empotrado.....	191
Tabla 65.	Cortante Basal en Dirección X-Y Barkan Savinov.....	193
Tabla 66.	Valores de Cortante Basal en Sentido X-Y Norma Rusa	196
Tabla 67.	Cortante Basal en Dirección X-Y Norma FEMA 440	198
Tabla 68.	Área de Sección y Acero en Vigas Base Empotrado	198
Tabla 69.	Área de Sección y Acero en Vigas Barkan-Saviniv	199

Tabla 70. Área de Sección y Acero en Vigas Norma Rusa.....	199
Tabla 71. Área de Sección y Acero en Vigas Norma FEMA 440.....	199
Tabla 72. Cuadro Comparativo de Periodos de Vibración.....	200
Tabla 73. Cuadro Comparativo de Fuerza Cortante en Dirección X.....	213
Tabla 74. Cuadro Comparativo de Fuerza Cortante en Dirección Y.....	214
Tabla 75. Cuadro Comparativo de Área de Sección.....	215
Tabla 76. Cuadro Comparativo de Área de Acero.....	216

Índice de figuras

Figura 1. Coeficientes de Rigideces de la Interacción Suelo Estructura.....	40
Figura 2. Representación de la Interacción Suelo Estructura.....	42
Figura 3. Imagen de Corrección por Factor de Empotramiento.....	60
Figura 4. Mapa de Zonificación Sísmica.....	72
Figura 5. Interfaz del Software Etabs.....	84
Figura 6. Herramientas para Modelado de Secciones de Vigas, Columnas, Losas, etc. ...	85
Figura 7. Dimensionamiento de Secciones en Planta y 3D.....	86
Figura 8. Dimensionamiento de Secciones tipo Wall Sections.....	87
Figura 9. Detalle de Secciones de Elementos Estructurales.....	88
Figura 10. Vistas en Planta, Elevación y 3D.....	89
Figura 11. Visualización en Planta del Proyecto.....	106
Figura 12. Elevación del Proyecto.....	107
Figura 13. Vista Tridimensional del Proyecto.....	108
Figura 14. Estimación de Peso de la Estructura.....	109
Figura 15. Peso de la Estructura por Niveles.....	110
Figura 16. Periodo de Vibración Traslacional X.....	115
Figura 17. Periodo de Vibración Traslacional en dirección Y.....	116
Figura 18. Periodo de Vibración rotacional.....	116
Figura 19. Espectro de diseño eje X.....	122
Figura 20. Espectro de Diseño en el eje Y.....	123
Figura 21. Resultado de Deriva de Entrepiso eje X.....	127
Figura 22. Deriva de Entrepiso de eje Y.....	129
Figura 23. Fuerza cortante eje X.....	131
Figura 24. Fuerza Cortante en el eje Y.....	132
Figura 25. Sección de Viga en análisis.....	133
Figura 26. Momento Ultimo de Diseño.....	134
Figura 27. Asignación de Coeficientes de Rigidez.....	139
Figura 28. Espectro de Diseño en dirección X.....	144
Figura 29. Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos de Base Empotrado	157
Figura 30. Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos del Modelo Barkan Savinov.....	161
Figura 31. Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos Modelo Dinámico	

Norma Rusa	164
Figura 32. Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos Modelo Norma FEMA440	168
Figura 33. Resultado de Derivas de Entrepiso eje X-X Modelo Dinámico Base Empotrado	169
Figura 34. Resultado de Derivas de Entrepiso eje Y-Y Modelo Dinámico Base Empotrado	170
Figura 35. Representación Gráfica de Derivas de Entrepiso en Dirección X-Y Modelo Dinámico Base Empotrado	173
Figura 36. Resultado de Deriva de Entrepiso en Dirección X Modelo Dinámico Barkan-Savinov	174
Figura 37. Resultado de Deriva de Entrepiso en Dirección Y Modelo Dinámico Barkan-Savinov	176
Figura 38. Representación gráfica de derivas de Entrepiso en sentido X- Y Modelo Dinámico Barkan-Savinov	178
Figura 39. Resultado de Derivas de Entrepiso en sentido X Norma Rusa	179
Figura 40. Resultado de Derivas de Entrepiso Dirección Y Norma Rusa.....	181
Figura 41. Representación Gráfica de Derivas de Entrepiso e dirección X-Y Norma Rusa	183
Figura 42. Resultado de Deriva de Entrepiso en dirección X-X Norma FEMA 440	184
Figura 43. Resultado de Deriva de Entrepiso en dirección y-y Norma FEMA 440.....	186
Figura 44. Representación Gráfica de Derivas De Entrepiso en Dirección X-Y Norma FEMA 440	188
Figura 45. Resultado de Cortante Basal en Dirección X-X Base Empotrado.....	189
Figura 46. Resultado de Cortante Basal en Sentido Y-Y Base Empotrado	190
Figura 47. Resultado de Cortante Basal en sentido X-X Modelo Barkan-Savinov	191
Figura 48. Resultado de Cortante Basal en Dirección Y-Y Modelo Barkan-Savinov.....	192
Figura 49. Resultado de Cortante Basal en Dirección X-X Norma Rusa	194
Figura 50. Valores de Cortante Basal en Sentido Y-Y Norma Rusa.....	195
Figura 51. Resultado de Cortante Basal en el sentido X-X Norma FEMA 440.....	196
Figura 52. Valores de Cortante Basal en Sentido Y-Y Norma FEMA 440.....	197
Figura 53. Cuadro Comparativo de Periodos de Vibración.....	201
Figura 54. Tabla Comparativa de Desplazamientos Máximos en Dirección X-X	203
Figura 55. Representación Gráfica de Desplazamiento en dirección X-X.....	204

Figura 56. Cuadro de Análisis Comparativo de Desplazamiento Máximo en Dirección Y-Y	205
Figura 57. Representación Gráfica de Desplazamiento en Dirección Y-Y	205
Figura 58. Cuadro Comparativo de Derivas de Entrepiso en el sentido X-X.	208
Figura 59. Representación Gráfica de Derivas de Entrepiso en el sentido X-X	209
Figura 60. Cuadro de Análisis Comparativo de Deriva de Entrepiso en el sentido Y-Y..	211
Figura 61. Representación Gráfica de Deriva de Entrepiso en dirección Y-Y	212
Figura 62. Representación Gráfica de Cortantes Basales en Sentido X-Y	214
Figura 63. Representación Gráfica de área de sección en viga	217
Figura 64. Representación Gráfica de área de acero en viga	218

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	231
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables	234
Anexo 3. Planos de ejecución	236
Anexo 4. Cálculo de coeficientes de rigidez para los modelos dinámicos.....	242
Anexo 5. Análisis de secciones transversales	267

I. Introducción

En la actualidad la construcción de edificaciones con base empotrada se ha estandarizado, es decir que los cálculos estructurales que realizan están basados al reglamento nacional de edificaciones. Sin embargo, existen estudios a nivel internacional y nacional en donde se toma como referencia una estructura con base flexible, cuyos parámetros de diseño se ajustan a los requerimientos mínimos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones. En este contexto, la presente tesis analiza los efectos de la interacción suelo-estructura mediante la aplicación de modelos dinámicos como Barkan-Savinov, la normativa rusa y la norma FEMA 440, comparándolos con un modelo dinámico de base empotrada que no considera dicha interacción. El estudio se desarrolla en función de los siguientes ítems:

ITEM I: Contempla la introducción general de la presente tesis.

ITEM II: Describe la realidad problemática del estudio y se establecen los objetivos de la tesis, así como la delimitación y limitaciones.

ITEM III: Contextualiza los antecedentes del estudio a nivel internacional, nacional y local, define las bases teóricas y amplía el marco conceptual.

ITEM IV: Establece la metodología de la tesis, así como: la definición del tipo de tesis, nivel de tesis, población, muestra y procesamiento de datos.

ITEM V: Muestra los resultados y discusiones obtenidos para los diferentes modelos dinámicos de acuerdo a los objetivos planteados.

ITEM VI: Finalmente se describe la conclusiones y recomendaciones alcanzadas.

II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción y formulación del problema

Alvies & Pérez (2004) Afirma que a nivel mundial a lo largo de muchos años se han venido ejecutando edificaciones robustas que han adoptado en sus modelos estructurales la condición de apoyo empotrado, sin tomar en cuenta la flexibilidad del terreno en el que se cimientan. Esta práctica ha pasado por alto el hecho de que dicha flexibilidad depende directamente de las propiedades dinámicas del suelo. En consecuencia, al aplicar esta condición de apoyo durante el análisis estructural, se asume que el terreno sobre el que se construye es completamente rígido, es decir, no tiende a deformarse. Bajo este contexto, el apoyo empotrado se considera de rigidez infinita, lo cual implica que no permite desplazamientos ni en sentido vertical ni lateral. (pág. 4)

Esta supuesta condición de apoyo empotrado carece de autenticidad debido a que las estructuras en la base están sujetas a la presencia de movimientos de traslación, rotación y asentamientos. Además, en numerosos casos se ignoran los fundamentos de la Ingeniería Geotécnica Sísmica, disciplina que se centra en abordar la interacción entre el terreno y las edificaciones desde una perspectiva dinámica. Su propósito principal es asegurar el diseño y la construcción de estructuras capaces de soportar adecuadamente los efectos de los sismos o terremotos, teniendo en cuenta el comportamiento dinámico del suelo sobre el cual se cimientan y consecuencia de ello en muchos países los edificios o condominios ejecutados por el hombre ante acciones sísmicas tienden a colapsar de manera parcial o total.

Meza et al. (2020) En el Perú las construcciones crecen día a día de manera vertical debido al gran crecimiento demográfico por lo tanto están propensos a sufrir fallas estructurales debido a que las edificaciones mayormente son construidas considerando una base rígida omitiendo las propiedades dinámicas de los suelos. Por ello, la integridad estructural de las construcciones en el ámbito de la ingeniería civil tiene un valor

significativo en el crecimiento del territorio nacional. Si bien es cierto la reducción de costos y la seguridad estructural representan el principal desafío de la construcción en nuestro país, la razón fundamental para abordar este problema radica en desarrollar metodologías de cálculo sísmico que incorporen de manera precisa los efectos reales de la interacción entre el suelo y la estructura. La flexibilidad de los suelos sobre las cuales se construyen las edificaciones se evidencia en las frecuencias, periodos y modos de vibración de toda la estructura, que al mismo tiempo inciden en la magnitud de las fuerzas sísmicas. En términos generales, esta problemática ha recibido una atención limitada por parte de la comunidad investigadora, lo que la convierte en un área propicia para el desarrollo de estudios futuros. (pág. 15)

En Abancay se vienen construyendo edificaciones de base rígida, sin considerar la flexibilidad del terreno los cuales a nivel mundial han demostrado beneficios y debilidades dependiendo del sistema estructural, que en su mayoría son estructuras con secciones sobredimensionadas que demandan mayor costo y tiempo de ejecución. Además, se sabe que Abancay geográficamente se encuentra en una zona sísmica 2 en ese sentido los diseños, la modelación estructural y los efectos que genera una acción sísmica deben estar sujeto a la realidad.

Según señala Fernández & Avilez,(2008) que:

La interacción entre el suelo y la estructura modifica el comportamiento dinámico de la estructura, generando un incremento en su período fundamental y en el nivel de amortiguamiento del sistema. Estos efectos no se contemplan en el modelo de base empotrada, el cual asume una cimentación rígida sin considerar el comportamiento dinámico del suelo. (pág. 4)

El crecimiento de la población en nuestra ciudad se está dando aceleradamente día tras día se aprecia las construcciones de viviendas, centros comerciales, campos de

recreación, centros educativos y otros espacios cuya finalidad es albergar a personas. En su mayoría dichas construcciones se realizan de manera empírica sin tener en consideración los efectos que existen en la interacción entre el suelo y la estructura. Por ello es una preocupación latente que se siga realizando construcciones de esta naturaleza ya que a largo plazo ante un evento sísmico dichas construcciones pueden estar sujetas a colapsos parciales o en su totalidad trayendo como consecuencia la pérdida de vidas humana y pérdidas económicas. A causa de la problemática descrita, esta tesis propone realizar el análisis de los efectos de la interacción suelo estructura en el bloque A del centro de salud de Tamburco.

2.1.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 en los componentes estructurales del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay-Apurimac-2024?

2.1.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y norma FEMA 440 en los periodos de vibración del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay-Apurimac-2024?
- b. ¿Cuáles son los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y norma FEMA 440 en los desplazamientos y derivas de entre piso del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay-Apurimac-2024?
- c. ¿Cuáles son los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa, y la norma FEMA 440 en las fuerzas cortantes del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay-Apurimac-2024?
- d. ¿Cuáles son los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 en las secciones transversales del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay-Apurimac-2024?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Comparar los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 en los componentes estructurales del bloque A del centro de salud de Tamburco- Abancay-Apurimac-2024

2.2.2. Objetivos específicos

- a. Analizar los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y norma FEMA 440 en los periodos de vibración del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay-Apurimac-2024
- b. Analizar los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 en los desplazamientos y derivas de entre piso del bloque A del centro de salud Tamburco Abancay-Apurimac-2024
- c. Analizar los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 en las fuerzas cortantes del bloque A del centro de salud Tamburco Abancay-Apurimac-2024
- d. Analizar los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 en las secciones transversales del bloque A del centro de salud Tamburco Abancay-Apurimac-2024.

2.3. Justificación e importancia

justificación

Hoy en día la sociedad en la que vivimos demanda la construcción de edificaciones de gran magnitud, según las necesidades de la población como es en el sector educación y salud, así como la construcción de viviendas familiares, viviendas multifamiliares, campos recreacionales y otros, Esto hace evidente la necesidad de comprender de manera más profunda la interacción entre la subestructura y el terreno sobre el cual se apoya. Sin

embargo, resulta complicado encontrar bibliografía o normativas que ofrezcan una guía clara y aplicable para implementar de forma práctica los principios de la Interacción Suelo-Estructura (ISE). Por todo lo mencionado, resulta fundamental para el avance de la ingeniería sísmo resistente el desarrollo de esta tesis que aborde este fenómeno. Cuyo propósito es esclarecer los conceptos involucrados, unificar metodologías y establecer una nomenclatura coherente, con el fin de disminuir la incertidumbre respecto a la precisión de los modelos empleados tanto en análisis dinámicos como estáticos de las estructuras. Este trabajo se orienta, en particular, a analizar la influencia que ejerce la interacción entre el suelo y la estructura. Por ello la presente tesis tiene como finalidad realizar el análisis de los efectos de la interacción entre la estructura y el suelo en el bloque A del centro de salud de Tamburco, a fin de verificar el comportamiento estructural y esclarecer las teorías de los modelos dinámicos.

Además, esta tesis es de gran ayuda para los profesionales que laboran en las áreas de estudios y proyectos así como para las empresas consultoras que elaboran expedientes técnicos de obras civiles y otros en la ciudad de Abancay, ya que en la tesis según los resultados encontrados se optimiza en la utilización de insumos debido a que la secciones transversales disminuyen sus secciones al considerar los modelos dinámicos de la interacción entre el suelo y la estructura todo ello en la aplicación de proyectos de gran envergadura disminuiría los costos.

Esta tesis es importante debido a que ayuda establecer un marco conceptual que se centra en entender con claridad los efectos de la interacción entre el suelo y la estructura, empleando teorías, conceptos que están consignadas en los modelos dinámicos Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440.

Asimismo, es importante señalar que esta tesis constituirá un aporte valioso como fuente de consulta para futuras investigaciones relacionadas con la interacción suelo-estructura en el ámbito de la construcción de obras civiles y áreas afines.

Para el desarrollo de esta tesis, se empleó el software ETABS vs 20.3.0, también se consideran los conceptos establecidos en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, teorías de los modelos dinámicos Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440, así como las guías, videos y cursos proporcionados por los fabricantes del software. También se emplearon conceptos adquiridos durante la formación académica.

2.4. Hipótesis

Hipótesis general

Los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, Norma Rusa y la Norma FEMA 440 influyen en los componentes estructurales del bloque A del centro de salud de Tamburco- Abancay-Apurimac-2024

Hipótesis específicas

- a. Los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 influyen en los periodos de vibración del bloque A del centro de salud Tamburco-Abancay-Apurimac-2024
- b. Los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 influyen en los desplazamientos y derivas de entre piso del bloque A del centro de salud Tamburco-Abancay-Apurimac-2024
- c. Los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 influyen en las fuerzas cortantes del bloque A del centro de salud Tamburco-Abancay-Apurimac-2024

- d. Los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, norma Rusa y la norma FEMA 440 influyen en los elementos estructurales del bloque A del centro de salud Tamburco-Abancay-Apurimac-2024

2.5. Variables

VARIABLE DEPENDIENTE

VD: componentes estructurales

VARIABLE INDEPENDIENTE

VI: Modelos de Interacción Suelo Estructura Barkan-Savinov, Norma Rusa y la Norma FEMA 440

Tabla 1.*Operacionalización de Variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Medición	Instrumento
Variable I: Modelo de la interacción suelo estructura Barkan – Savinov, Norma Rusa y norma FEMA 440	Es la respuesta de un edificio ante las solicitaciones que le impone un sismo dependerá de la interacción entre la estructura, cimentación, y el medio que la rodea (FEMA, 2009)	El modelo de Barkan – Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440 son métodos que permiten determinar la interacción suelo estructura mediante la aplicación de fórmulas en las cuales se emplean las características del suelo y la subestructura.	Coefficientes de Rigidez	Coefficiente de rigidez de compresión elástica uniforme Coefficiente de rigidez de compresión y desplazamiento uniforme	La medición es en tn/m, tn.m, kg/cm y kg.cm	Interpretación y observación de memoria de cálculo Hoja de cálculo ANEXO III, IV Y V
Variable D: Componentes estructurales.	Los componentes estructurales son las partes de una construcción cuya finalidad es aportar la resistencia y rigidez, cuya función principal es	Los efectos de los componentes estructurales se evaluarán mediante la aplicación de la interacción suelo estructura. Dichos resultados se	Periodos	Modos de vibración	Medición en seg.	Interpretación y observación de memoria de cálculo Hojas de Cálculo, software Etabs

soportar el peso de la estructura misma y fuerzas como de sismos, vientos, etc. (Ministerio de Vivienda y Saneamiento)	apreciarán en las derivas de entrepisos, fuerzas cortantes y secciones transversales.	Derivas de entre pisos y desplazamientos,	Torsión y desplazamientos laterales por niveles	Medición en mm u cm.	Interpretación y observación de memoria de cálculo Hojas de Cálculo, software Etabs
		Fuerzas cortantes	Fuerzas cortantes en la base.	Medición en Kg u Tn	Interpretación y observación de memoria de cálculo Hojas de Cálculo, software ETABS.
		Secciones transversales	Medición de área de sección y área de acero en vigas.	La medición es en m^2 u cm^2	Hojas de Cálculo, software ETABS.

Nota: Elaboración Propia

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

A nivel internacional

Morocho (2022), en su tesis cuyo título es “Estudio comparativo del comportamiento estructural y del nivel de desempeño de una edificación de concreto armado, considerando dos escenarios: base rígida e interacción suelo-estructura.” que tiene como objetivo principal analizar el comportamiento de la estructura y el nivel de desempeño de una estructura de concreto armado, tanto bajo la suposición de una base rígida como considerando la interacción entre el suelo y estructura. Asimismo, busca evaluar la respuesta estructural de dicha edificación incorporando dicha interacción entre el suelo y la estructura, utilizando para ello los modelos dinámicos propuestos por Barkan y Sargsyan mediante un análisis modal lineal. Finalmente, comparo los datos obtenidos en cada una de estas condiciones ya mencionadas en los análisis que se plantearon en su tesis, es de enfoque cuantitativo, cuya población de estudio corresponde a una edificación de hormigón armado de tres niveles, construida en el año 2019, localizada en el sector San Bartolomé de Pinllo, correspondiente al cantón de Ambato, en la provincia de Tungurahua.

De dicho estudio afirma que el comportamiento estructural de la edificación analizada se ve alterada al incorporar la interacción suelo-estructura, especialmente al aplicar los modelos propuestos por Barkan y Sarsgian, en comparación con el comportamiento observado bajo el enfoque convencional de base rígida. A partir de lo anterior se determina que la inclusión de la interacción suelo-estructura puede provocar un incremento de hasta un 30.3% en el periodo del primer modo de vibración. Del mismo modo, la fuerza cortante en la base puede aumentar hasta en un 14.5%, y los desplazamientos en el nivel superior de la edificación llegan a incrementarse hasta en un 57.7%. Por su parte, la deriva de entrepiso inelástica máxima por cada nivel se aumenta hasta un 39%, en comparación con el modelo

que asume una base rígida. En cuanto a las aceleraciones de piso, se observa un aumento de hasta un 35% en los primeros dos niveles al considerar dicha interacción; sin embargo, en el tercer nivel permanecen sin variación significativa, y en el último nivel se registra una disminución del 21% respecto al modelo de base rígida.

Díaz (2019), en su tesis cuyo título de tesis es “Propuesta metodológica para el estudio de la interacción dinámica suelo-estructura en edificaciones de altura media” cuyo objetivo es Diseñar una metodología para analizar la interacción dinámica entre el suelo, la cimentación y la estructura, definiendo adecuadamente las condiciones y propiedades de los apoyos, así como identificando los valores de rigidez y amortiguamiento que correspondan al tipo de suelo característico. Esta metodología estará orientada a edificaciones de mediana altura que utilicen zapatas corridas y cajones de cimentación, dentro del contexto geotécnico de la Ciudad de Puebla, cuya tesis es de enfoque cuantitativo y tiene como población de estudio una edificación de 13 niveles más dos sótanos teniendo una altura total de 43.90 m ubicada en la ciudad universitaria en el sur de la localidad de Puebla. De las cuales afirma que al construir los espectros de diseño en la cual se considera la interacción dinámica entre el suelo y la estructura utilizando la analogía de un oscilador con un único grado de libertad y considerando un suelo correspondiente al tipo III, con un periodo equivalente a 0.86 segundos, se apreció un aumento aproximado del 10 % en los periodos estructurales. Asimismo, al emplear modelos más complejos que corresponden al suelo de cimentación mediante amortiguadores en sus 6 grados de libertad, se observó un incremento en los periodos del orden del 20 % según el modelo de A. E. Sargsian y del 11 % en el caso del modelo de Gazetas, manteniendo la condición de empotramiento de la estructura.

Finalmente concluye que las distorsiones estructurales considerando los efectos de la interacción suelo-estructura resultan más significativas en las direcciones “X y Y” aplicando la normativa de la CFE (2015), en comparación con los métodos que modelan el

comportamiento del suelo. Los modelos de Gazetas A. E. y Sargsian presentan un comportamiento similar en la dirección Y, aunque el primero refleja 116 distorsiones más pronunciadas. En cuanto a la dirección X, en ambos modelos, Gazetas alcanza mayores niveles de distorsión a partir de dicho punto.

Abarca (2020), en su tesis cuyo título es “Estudio del efecto de la interacción suelo-estructura en edificios bajos de albañilería” que tiene como objetivo optimizar la capacidad de predecir el comportamiento de estructuras de albañilería ante acciones sísmicas, mediante la elaboración de modelos de elementos finitos que simulen la interacción entre el suelo y la estructura, incorporando tanto las características del comportamiento del terreno como los efectos de la interfaz del suelo de fundación en el espectro de respuesta, de tal modo se consigan resultados que se acerquen a la realidad, es de enfoque cuantitativo, cuya población de estudio son las edificaciones de baja altura construidas en albañilería ubicadas en las zonas urbanizadas de la ciudad de Santiago de Chile, de dicha tesis afirma lo siguiente; La inclusión de los efectos de la interacción entre el suelo y la estructura en los análisis dinámicos genera variaciones en los resultados obtenidos del comportamiento en relación a los métodos utilizados comúnmente para estudios de la respuesta ante eventos sísmicos, lo cual asemeja que la respuesta obtenida se aproxime con mayor fidelidad al comportamiento real de la estructura durante un sismo. De todo lo anterior concluye que los efectos de la interacción suelo-estructura influyen significativamente en la respuesta sísmica de edificaciones con periodos inferiores a los 2 segundos, rango en el que se concentra la mayoría de las edificaciones. Asimismo, el tipo de suelo y el conocimiento preciso de su periodo son factores clave para anticipar el impacto de los fenómenos sísmicos, especialmente cuando se produce resonancia en estructuras con periodos cortos.

También afirma, que al realizar la comparación de información obtenida a partir de los espectros de diseño empleados, se evidencia la existencia de discrepancias notables entre la respuesta real de una edificación y la respuesta estimada durante el proceso de diseño.

Bermejo (2017), en su tesis cuyo título es “Interacción dinámica suelo-estructura” que tiene como finalidad realizar el procedimiento detallado para el análisis sísmico orientado a la construcción de curvas espectrales utilizadas para el diseño sísmico, aplicando el IDSE (Informe de Determinación del Suelo Específico), junto con la obtención de los parámetros dinámicos fundamentales requeridos para el diseño sísmico utilizando en la teoría de las NTCDS-200, cuya población de estudio es una estructura de hormigón armado de 6 niveles con altura de entrepiso de 3.5 m con una altura total de 21 m de lados $l=30.6$ m, $a=20$ m y nivel de fundación de zapatas $h=3.00$ m, dicha tesis corresponde a enfoque cuantitativo. De la cual afirma lo siguiente; Que al construir espectros de diseño con aceleraciones de $a=0.16g$, correspondiente a un periodo de la estructura, $T_e=0.8$ segundos la ductilidad disminuye el efecto de la aceleración. Por ende, aplicando los resultados de los espectros de la IDSE en ambas direcciones X-Y los resultados de aceleración obtenidos en la estructura muestran valores relativamente similares tales como: sentido corto $T''_2=1.21$ s y $a=0.141g$, sentido largo $T''_e=1.35$ s y $a=0.154g$. De todo ello se llega a la conclusión que las características del suelo son importantes para determinar el criterio IDSE y estas pueden ser obtenidas mediante pruebas in situ y pruebas de laboratorio tales como; corte simple cíclico, péndulo de torsión libre, propagación de ondas, triaxial cíclica, entre otros. Finalmente llega a la conclusión, que la interacción dinámica entre el suelo y la estructura se compone tanto de la interacción inercial como de la cinemática

A nivel nacional

Giraldo (2019), en su tesis cuyo título es “Evaluación del comportamiento sismorresistente y de la interacción suelo-estructura en una edificación de concreto armado

ubicada en Pativilca, año 2019”, Tuvo como propósito identificar los resultados del análisis estructural de una edificación de concreto armado, considerando tanto la interacción suelo-estructura como el comportamiento sismorresistente, tomando como población de referencia un conjunto de edificaciones de concreto armado con sistema estructural aporticado y características similares. los cuales son edificación de 4,6,8 y 10 pisos que presentan perfiles de suelos de tipo S1 y edificaciones de 4, 6,8 y 10 pisos que presentan perfiles de suelos de tipo S2, corresponde al tipo de tesis aplicativo, de enfoque cuantitativo y diseño de tesis no experimental. De lo anterior se concluye que, al comparar los resultados del análisis sismorresistente (análisis dinámico) con aquellos obtenidos mediante modelos dinámicos que consideran la interacción suelo-estructura (Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa), se observa un incremento en el periodo fundamental, una reducción tanto en la fuerza cortante en la base como en el escalonamiento de esfuerzos por nivel, un aumento en los desplazamientos laterales inelásticos, y un incremento en las derivas de entrepiso en los niveles inferiores y superiores. En otras palabras, el porcentaje de variación de los parámetros analizados entre ambos enfoques no es igual a cero, lo que evidencia una diferencia significativa en la respuesta estructural.

Asimismo, se sostiene que, con base en los resultados del análisis sismorresistente (análisis dinámico) y considerando el límite de distorsión máxima permitido para edificaciones de concreto armado ($\Delta = 0.007$), establecido en la Norma E.030 (2018), las edificaciones de 4, 6, 8 y 10 niveles asentadas sobre un perfil de suelo S1 presentan un comportamiento moderado. De igual forma ocurre con las edificaciones de 4 y 6 niveles construidas sobre un perfil de suelo S2. No obstante, para las edificaciones de 8 y 10 niveles sobre el mismo perfil S2, la respuesta estructural se considera consistente. Esto implica que la aplicación del diseño sismorresistente en edificaciones fundadas sobre suelos tipo S1

tiende a generar efectos moderados, mientras que en suelos tipo S2, la altura de la edificación se convierte en un factor determinante en su desempeño estructural.

Franco Mallma & Gálvez Pinedo (2021) en su tesis que tiene como título “Evaluación de la interacción suelo–estructura en cimentaciones superficiales de viviendas de dos niveles construidas sobre relleno antrópico, en Cieneguilla – Lima, año 2021” Cuyo objetivo es Analizar es analizar el comportamiento de la interacción suelo–estructura en cimentaciones superficiales de una vivienda de 02 niveles, con un área de 160 m², situada sobre un terreno conformado por relleno antrópico en la Asociación de Vivienda Estrellitas, distrito de Cieneguilla, en el departamento de Lima. La presente tesis, de carácter aplicado, con un enfoque cuantitativo y un nivel descriptivo, tiene como objetivo analizar el comportamiento estructural de una edificación utilizando los modelos dinámicos propuestos por Barkan-Savinov y la Norma Rusa. El estudio realiza una comparación entre dos condiciones de cimentación: una que asume una base rígida y otra que contempla una base flexible, a fin de evaluar las diferencias en la respuesta estructural bajo cada escenario. con la finalidad de determinar y contrastar las respuestas dinámicas de la edificación ante eventos sísmicos considerando los modelos dinámicos de Norma Rusa y D.D. Barkan- O.A. Savinov . Para lo cual la investigación fue desarrollado conforme a lo establecido en el reglamento nacional de Edificaciones específicamente en las normas E 030 “Diseño sismorresistente “y E 050 “Suelos y cimentaciones”. La modelación estructural se llevó acabo en el software SAP 2000. A partir del análisis realizado, se obtuvieron las respuestas sísmicas correspondientes, observándose un incremento tanto en los periodos de vibración como en el desplazamiento entre pisos. Asimismo, se evidenció una reducción en las fuerzas internas que actúan sobre los elementos estructurales, tales como la fuerza axial, la fuerza cortante y el momento flector. Sin embargo, las derivas de piso solo se mantuvieron dentro de los límites permisibles en el primer nivel, lo cual está relacionado con el hecho de que la

edificación se encuentra construida sobre un relleno antrópico. De este modo, en el análisis global se evidenció una mayor influencia al considerar la interacción suelo–estructura en comparación al modelo de base fija (empotrado).

Finalmente concluye que, en la zona con relleno antrópico, la respuesta sísmica presenta un aumento significativo en los desplazamientos de entrepisos, alcanzando hasta un 54.77% más. Asimismo, los periodos de vibración muestra un aumento en 0.7774 segundos, pasando de 0.00636 s a 0.99860 s, con una diferencia de 0.21937 s. En cuanto a las distorsiones máximas de entrepisos, solo el primer nivel cumple con el límite establecido para estructuras de albañilería confinada, mientras que en el segundo nivel se superan dichos valores de (0.005). Por otro lado, las fuerzas axiales reducen en un 54.27%, las fuerzas cortantes se reducen en un 51.78%, y el momento flector experimenta una disminución del 46.36%.

Eche & Pérez (2018) en su tesis cuyo título es “Evaluación del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales considerando la interacción suelo–estructura (Condominio Los Girasoles – Comas, Lima)” que tiene como objetivo realizar el análisis de cómo influye la interacción suelo estructura en los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones, fuerzas cortantes y momentos flectores de un edificio con sistema de muros estructurales. Se trata de una investigación de nivel descriptivo, tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, y diseño metodológico no experimental. Cuya población de estudio corresponde al condominio Los Girasoles, específicamente la torre 2 de la primera etapa, ubicada en la provincia de Lima del distrito de Comas.

Los resultados que se verifican se evidencian en los efectos de la interacción suelo-estructura, particularmente en cuanto a los desplazamientos, los cuales presentan un incremento en comparación con el modelo de empotramiento perfecto. El mayor desplazamiento se registró con el modelo Shariya, con un aumento del 16.87% en la

dirección 'X' y del 68.69% en la dirección 'Y'. Por otro lado, el menor incremento evidenció mediante la aplicación del modelo definido por la Norma Rusa, donde el desplazamiento se incrementó en un 2.99% en la dirección 'X' y en un 27.20% en la dirección 'Y'. En este sentido, se destaca que el modelo dinámico de la Norma Rusa es considerado el más adecuado, debido a que sus resultados se aproximan más a los del modelo de base rígida, en el cual no se contempla la interacción suelo-estructura.

También hace mención que los modelos dinámicos de Sargsian y Barkan-Savinov arrojan resultados muy similares entre sí. Finalmente, concluye que el modelo dinámico de Shariya resulta ser demasiado riguroso, ya que produce incrementos excesivos en las derivas y esfuerzos, lo cual lo hace poco adecuado representar el comportamiento estructural real.

Muñoz & Requejo (2022) en su tesis que tiene como título “comparación de los efectos de la interacción suelo-estructura (ISE) considerando el modelo de Barkan y la normativa rusa en un edificio de 10 pisos con sótano” el cual ha tenido como finalidad realizar la comparación de los efectos de la interacción suelo estructura en una edificio de 10 pisos más un sótano, utilizando como base los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y de la Norma Rusa, cuya tesis es de enfoque cuantitativo de tipo aplicada, diseño de tesis descriptiva y metodología de estudio es deductivo ya que en dicha tesis emplea teorías y principios de los modelos ya mencionados para tomar conclusiones generales para dar explicaciones a soluciones o hechos particulares, La población analizada en la presente tesis está conformada por edificaciones de diez pisos localizadas en el departamento de La Libertad, específicamente en la provincia de Trujillo. Tomando en consideración los resultados obtenidos concluye que al aplicar la Norma Rusa se evidencian efectos aproximadamente un 8.95% superiores en comparación con el modelo de Barkan-Savinov. Este incremento se refleja en los desplazamientos, las derivas de entrepiso y los periodos de vibraciones que fueron generaron en la edificación. Esta diferencia se atribuye al hecho de

que la Norma Rusa incorpora la flexibilidad de la cimentación considerando los seis grados de libertad, mientras que el modelo de Barkan-Savinov contempla únicamente cinco grados de libertad.

Asimismo, se concluye que al incorporar las rigideces establecidas por el modelo dinámico de la Norma Rusa en la cimentación, se evidencian incrementos del 34.42 % en los desplazamientos, del 12.27 % en las derivas entrepiso y del 24.70 % en los periodos de vibración, en comparación con un modelo de base rígida que no considera interacción suelo-estructura. De igual forma, al aplicar los coeficientes de rigidez propuestos por el modelo dinámico de Barkan-Savinov respecto al modelo con cimentación empotrada, se observa un aumento del 24.08 % en los desplazamientos, del 16.92 % en las derivas entrepiso y del 17.87 % en los periodos naturales de vibración.

En conclusión, al realizar la comparación entre los modelos dinámicos que incorporan la interacción suelo-estructura, se observa que el modelo formulado según la Norma Rusa genera un aumento más significativo en las fuerzas internas, en contraste con el modelo desarrollado por Barkan-Savinov. Específicamente, los desplazamientos laterales experimentan un incremento del 14.76% en la dirección X y del 12.60% en la dirección Y. Del mismo modo, las derivas entre pisos se incrementan en un 1.75% y un 7.82% en las direcciones X e Y, respectivamente. Además, se evidencia un aumento del 7.81% en los periodos naturales de vibración de la estructura, reflejando una mayor flexibilidad global del sistema al considerar dicha interacción.

ESTELA (2019) en su tesis cuyo título es “Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular cimentada con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y sin considerar los efectos de la interacción sísmica suelo-estructura” que tiene como objetivo analizar cómo varía el comportamiento estructural al modelar una edificación regular con zapatas aisladas en el departamento de Cajamarca, considerando

simultáneamente los efectos de la interacción suelo-estructura, pero sin incorporar explícitamente la ISE, se trata de una tesis de tipo aplicada de enfoque cuantitativo, centrada en el análisis de un edificio multifamiliar regular de seis pisos cimentado sobre zapatas aisladas ubicadas en la ciudad de Cajamarca, el estudio realizado en la correspondiente tesis pertenece a una tesis aplicada. De la cual tomando en consideración los datos obtenidos se afirma lo siguiente; que el desplazamiento en el análisis dinámico realizado en la dirección X, se observó que el sistema empotrado en la base presenta un desplazamiento máximo de 1.6324. Comparativamente, el modelo de Barkan alcanza un desplazamiento de 2.2371, el de Ilichev llega a 3.8932, el de Sargsian registra 4.8330, y el modelo dinámico basado en la Norma Rusa muestra un valor de 2.7928. En relación con el sistema empotrado, estos resultados representan incrementos del 60.47% para el modelo de Barkan, 226.08% para Ilichev, 320.06% para Sargsian y 116.04% para la Norma Rusa.

Cabe destacar que los mayores desplazamientos se localiza en el piso seis de la estructura regular, siendo los modelos dinámicos de Sargsian y Ilichev los que evidencian las deformaciones más significativas. Del mismo modo se afirma que en el análisis dinámico espectral realizado conforme a la Norma E.030 del año 2018, al incorporar los efectos de las rigideces en el suelo sobre el cual se cimentan, se aprecia un aumento significativo en las sollicitaciones de las columnas en el primer nivel: las fuerzas axiales aumentan en un 30.3% y 99.2%, la fuerza cortante se incrementa en un 58.9% y 102.6%, %, los momentos flectores se elevan en un 84.0% y 146.8%, en el segundo nivel se registra una disminución en los momentos flectores de 3.2% y 7.5%. Para el quinto piso, la fuerza axial se reduce en un 12.7% al aplicar el modelo de Barkan, mientras que se incrementa de forma considerable, en un 270.9%, empleando el modelo dinámico de la Norma Rusa. Finalmente, en el sexto nivel, la fuerza axial muestra una disminución de 52.1% y 9.1% para el modelo dinámico

basado en la Norma Rusa y Barkan, respectivamente, en comparación con el sistema con empotramiento en la base.

En consecuencia, la respuesta estructural del modelo se ve significativamente influenciada al considerar la interacción entre el suelo y la estructura, en comparación con el enfoque tradicional. Esta interacción genera incrementos significativos en distintos parámetros: Los resultados obtenidos muestran que, al incorporar la interacción suelo-estructura, se producen incrementos notables en varios parámetros estructurales: los desplazamientos aumentan en un 77.78%, las derivas entrepiso en un 104.75%, los periodos de vibración en un 55.19% y las fuerzas internas en un 49.75%. Por el contrario, se evidencia una disminución del 4.61% en la fuerza cortante de piso y una reducción del 25.22% en las frecuencias estructurales. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de considerar la interacción dinámica entre el terreno y la estructura para lograr una caracterización más realista y precisa del comportamiento sísmico de las edificaciones.

Julcarima Poma & Soto Rojas (2023) en su tesis cuyo título es “Evaluación del Impacto del Modelo de Interacción Suelo-Estructura en la Respuesta Sísmica de una Edificación de Concreto Armado con Disipadores de Fluido Viscoso: Caso de Estudio en Lima, 2021”, cuyo propósito central de este estudio es analizar cómo diferentes enfoques de modelado de la interacción suelo-estructura afectan la respuesta sísmica de un edificio prototipo de concreto armado que incorpora disipadores de energía de fluido viscoso. Asimismo, se busca determinar si la inclusión de dicha interacción tiene un impacto significativo en el aumento de las reacciones en la base de la estructura, así como en los niveles de demanda de deformación a nivel de entrepiso. Esta investigación corresponde a una tesis de tipo aplicada, desarrollada bajo un enfoque cuantitativo y con un diseño de carácter experimental. La población de estudio está representada por una edificación de concreto armado situada en el área urbana del distrito de Villa El Salvador, en la ciudad de

Lima. Como conclusión principal, se determina que la inclusión de modelos dinámicos que consideran la interacción suelo-estructura no genera una variación significativa en el comportamiento sísmico del prototipo estructural evaluado. Según las ecuaciones correspondientes a Barkan–Savinov, la Norma Rusa, el modelo dinámico de Sargsian y modelo dinámico de Shariya, los periodos del primer modo de vibración aumentaron a 0.560 s, 0.539 s, 0.804 s y 0.792 s, respectivamente, partiendo de un valor base de 0.498 s. Asimismo, las aceleraciones en los diafragmas de los cuatro niveles del edificio mostraron una reducción: la aceleración máxima en el cuarto nivel disminuyó de 10.91 s a 10.25 s, 10.56 s, 6.38 s y 6.96 s, respectivamente, según los modelos señalados. Por otro lado, en cuanto a las fuerzas internas, los esfuerzos axiales máximos en las columnas aumentaron aproximadamente un 10.1% y un 5.4% al aplicar los modelos dinámicos de Barkan–Savinov y modelos dinámicos de la Norma Rusa, mientras que con las ecuaciones para los modelos dinámicos de Sargsian y Shariya se evidenció una disminución promedio del 18.6% y 37.9%, respectivamente.

En lo que respecta a los desplazamientos, se observó un incremento en todos los niveles del prototipo al aplicar los distintos modelos dinámicos de la interacción suelo estructura. El desplazamiento máximo aumentó de 0.0548 m a 0.0703 m con el modelo de Barkan–Savinov, a 0.0638 m con la Norma Rusa, a 0.0640 m con el modelo de Sargsian y a 0.0672 m con el modelo de Shariya.

3.2. Bases teóricas

A continuación, se exponen las bases teóricas que respaldan el desarrollo de esta investigación en torno a los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura. Estas teorías y conceptos fundamentales constituyen el sustento científico que permite abordar y alcanzar los objetivos planteados en la presente tesis, proporcionando el marco necesario para comprender la influencia del comportamiento dinámico conjunto del terreno y la

Nota: La imagen muestra los seis grados de libertad para los modelos dinámicos empleados en la presente tesis; Norma Rusa, Norma FEMA 440 Y Barkan Savinov, por Genner Villareal, 2006.

En los estudios de interacción dinámica suelo-estructura, es común modelar la cimentación como una masa concentrada ubicada en el centro de gravedad de la zapata individual. Asimismo, se asume que la base de la cimentación posee un comportamiento flexible, lo que requiere la determinación de los coeficientes de rigidez asociados, los cuales describen su respuesta ante sollicitaciones dinámica.

K_z : Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme.

K_x, K_y : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme.

$K_{\phi x}, K_{\phi y}$: Coeficiente de rigidez de compresión no uniforme.

$K_{\phi z}$: Coeficiente de rigidez de desplazamiento no uniforme.

Olivera Delgado (2021) menciona en su tesis que: Anteriormente al analizar estructuras, se asumía que se encontraban sobre un terreno completamente rígido, por lo que se modelaban como si estuvieran empotradas en su base. Esta simplificación omitía las características elásticas del suelo, cuando en realidad, este no es absolutamente rígido, sino que posee cierta capacidad de deformación y amortiguamiento. Esta propiedad le permite absorber parte de la energía sísmica, lo que implica que una fracción menor de esa energía es transmitida a la superestructura. Por ende, los elementos estructurales estarán sometidos a fuerzas internas inferiores a las que se obtendrían mediante un análisis convencional que no contempla la Interacción Suelo-Estructura (pág. 9).

En la actualidad, el estudio de la interacción suelo-estructura mantiene una notable relevancia, dado que incluso los modelos dinámicos más tempranos han demostrado influir significativamente en el estado de esfuerzos y deformaciones de las edificaciones. En una etapa intermedia de desarrollo, esta temática fue considerada en la revisión de la normativa

rusa SNIP II-7-81, lo que evidencia su importancia en la evolución del análisis estructural.*
(Villarreal Castro, 2006, pág. 9)

La interacción suelo-estructura se entiende como la combinación en 2 componentes: la interacción cinemática y la interacción inercial. Para demostrar este principio, la ecuación general del movimiento puede descomponerse en 2 expresiones equivalentes, en las que U_c representa el efecto de la interacción cinemática y U_i corresponde a la interacción inercial (Aviles, 1999, pág. 25)

Figura 2.

Representación de la Interacción Suelo Estructura



Nota: En la ilustración se evidencia el modelo de interacción suelo estructura en el cual se considera la interacción cinemática y la interacción inercial, por revista de ingeniería sísmica.

➤ **Interacción Cinemática**

Aviles (1999) indica lo siguiente “La interacción cinemática alude al procedimiento mediante el cual se estima la excitación efectiva que incide sobre la cimentación. Esta se determina combinando el movimiento sísmico del terreno en campo libre con el efecto del campo difractado generado por una cimentación idealmente rígida y carente de masa” (pág. 28)

Permite estimar el desplazamiento de una cimentación rígida, despreciando los efectos de su masa, bajo la acción de una excitación sísmica. Generalmente, el movimiento resultante incluye tanto componentes de traslación como de rotación, incluso si la cimentación no está enterrada. Solo en el caso de cimentaciones superficiales sometidas a ondas sísmicas planas con incidencia vertical, el comportamiento de la cimentación tiende a asemejarse al movimiento del terreno en campo libre. (Cruz et al., 2007, pág. 2)

➤ ***Interacción Inercial.***

La interacción inercial se refiere al estudio de la respuesta dinámica de una estructura real asentada sobre un modelo base que incorpora resortes y amortiguadores.

Este tipo de interacción se manifiesta mediante desplazamientos y giros en la cimentación, generados por fuerzas inerciales tales como cortantes basales y momentos flectores. Para su análisis, se emplea un modelo equivalente que simula un sistema oscilante de un solo grado de libertad, apoyado sobre una base idealmente rígida mediante resortes y amortiguadores que representan la respuesta dinámica del suelo, los cuales simulan el comportamiento del suelo. En este esquema, la configuración deformada de la estructura está influida tanto por el movimiento del terreno como por las deformaciones estructurales asociadas a los efectos de traslación y rotación. Garro Manayay et al.(2020)

La interacción inercial se refiere al fenómeno mediante el cual las fuerzas sísmicas que actúan sobre una estructura pueden aumentar o disminuir en comparación con los valores obtenidos bajo la suposición de un suelo rígido. Esta variación depende principalmente del periodo natural del sistema estructural, del amortiguamiento efectivo introducido por la interacción con el suelo y de la forma específica del espectro de respuesta sísmica empleado en el análisis.

Cuando se considera la flexibilidad del terreno, el sistema suelo-estructura adquiere un comportamiento dinámico conjunto, lo cual puede desplazar el periodo fundamental de

la estructura hacia valores mayores o menores, modificando así su ubicación relativa en el espectro. Si este nuevo periodo coincide con una zona del espectro donde las aceleraciones espectrales son menores, la demanda sísmica disminuye; en cambio, si coincide con una región de mayor respuesta espectral, las fuerzas de diseño se incrementan. En consecuencia, la interacción inercial puede tener efectos positivos o negativos sobre el diseño estructural, dependiendo del contexto específico.

Del mismo modo Garro Manayay manifiesta que la (ISE) hace referencia a la dinámica recíproca entre una estructura y el terreno sobre el que se asienta. En términos generales, implica cómo las cargas que transmite la estructura modifican el comportamiento del suelo y, simultáneamente, cómo las características del terreno influyen en la respuesta estructural. Esta relación cobra especial relevancia en contextos sísmicos, ya que puede alterar de manera notable tanto la estabilidad como el desempeño de la edificación frente a movimientos del terreno.

Además de ello, indica tener en cuenta los siguientes conceptos para entender mejor la (ISE)

- Deformación del suelo: Cuando una estructura transmite cargas al terreno, este experimenta deformaciones como resultado de la presión ejercida.
- Respuesta del terreno de fundación: Frente a las cargas impuestas por la estructura, el suelo responde generando desplazamientos y fuerzas de reacción que modifican el comportamiento estructural.
- Flexibilidad del terreno: La rigidez del terreno influye directamente en la forma en que las cargas se distribuyen. Un suelo con mayor flexibilidad tiende a absorber más deformaciones, alterando la manera en que los esfuerzos se transmiten a la estructura.
- Análisis dinámico: En situaciones sísmicas, la interacción dinámica entre la estructura y el terreno puede intensificar o atenuar los efectos del movimiento

telúrico sobre la edificación, dependiendo de las propiedades del suelo y del sistema estructural.

También, afirma que la (ISE) desempeña un papel fundamental en el diseño sísmico, ya que permite evaluar cómo el terreno puede contribuir a disipar la energía de un sismo o, en ciertos casos, intensificarla, afectando directamente el desempeño estructural. Siendo esta interacción clave para asegurar un comportamiento estructural estable, minimizando riesgos de asentamientos diferenciales o colapsos localizados.

Además, al analizar la respuesta del suelo frente a las cargas estructurales, se pueden proyectar cimentaciones más adecuadas, optimizando tanto la seguridad como la eficiencia del diseño

También, dentro de los factores que influyen en la interacción suelo estructura hace mención a lo siguiente:

- Tipo de suelo: Las características físicas y mecánicas del terreno como su composición (arena, limo, arcilla, entre otros), densidad, humedad y capacidad portante— determinan en gran medida cómo responderá ante las cargas impuestas por una estructura.
- Rigidez de la estructura: El grado de rigidez o flexibilidad de una edificación condiciona la forma en que se acopla con el suelo. Una estructura rígida tiende a concentrar esfuerzos, mientras que una más flexible permite un mayor acoplamiento dinámico con el terreno.
- Profundidad de la cimentación: La interacción suelo-estructura también depende de la profundidad a la que se sitúe la cimentación. Cimentaciones profundas, como pilotes o pilas, pueden transmitir cargas a estratos más competentes, alterando significativamente la forma en que se distribuyen los esfuerzos.

- Naturaleza de las cargas: Las cargas estáticas (peso propio, mobiliario, etc.) generan una respuesta del suelo distinta a la de las cargas dinámicas, como las inducidas por sismos o vibraciones, las cuales provocan efectos transitorios que pueden amplificar la interacción y modificar el comportamiento conjunto del sistema.

Considerar el efecto de la interacción suelo-estructura implica reconocer que el terreno posee propiedades elásticas y no puede asumirse como un medio completamente rígido, como suele hacerse en los análisis convencionales. Según Avilés (1999), el suelo tiene la capacidad de disipar parte de la energía sísmica gracias a su amortiguamiento, lo que reduce la cantidad de energía que se transmite a la superestructura. Como consecuencia, los elementos estructurales estarán sometidos a menores fuerzas internas en comparación con los resultados obtenidos bajo suposiciones tradicionales que omiten dicho efecto. La respuesta sísmica de una edificación está estrechamente condicionada por la manera en que los movimientos del terreno se propagan hasta la estructura a través de su cimentación. Este comportamiento se ve influido por una serie de factores interrelacionados, entre ellos: las propiedades dinámicas del suelo, la configuración y rigidez de la cimentación, así como el tipo de sistema estructural empleado. Todos estos elementos actúan en conjunto para definir la intensidad y naturaleza de la respuesta estructural frente a un sismo.

En función de las particularidades del terreno, la cimentación y la estructura, la respuesta de la edificación ante cargas verticales estáticas o sollicitaciones dinámicas puede diferir significativamente respecto al análisis convencional que no toma en cuenta el efecto de la ISE. Estas diferencias pueden manifestarse en diversos aspectos, como: Amortiguamiento adicional debido al suelo, que reduce la demanda sísmica sobre la estructura, desplazamientos y deformaciones diferenciadas que no se prevén en un análisis rígido convencional, modificación de los periodos naturales de vibración de la estructura por

la interacción con el suelo y la redistribución de esfuerzos internos, que puede afectar el diseño y la seguridad de ciertos elementos estructurales.

Fundamentos físicos de la interacción suelo-estructura (ISE)

La ISE se refiere al acoplamiento dinámico que surge entre el movimiento sísmico, el terreno de fundación y la estructura durante un sismo. Este acoplamiento hace que la cimentación sufra traslaciones y rotaciones, modificando así propiedades clave del sistema combinado, como su rigidez global, sus periodos fundamentales y su capacidad de disipar energía. Dos mecanismos son dominantes en la respuesta del sistema:

- La interacción cinemática (k-SSI) surge cuando la cimentación altera la propagación de las ondas sísmicas incidentes, generando un movimiento en la base, distinto al registrado en campo libre.
- La interacción inercial (i-SSI) se produce por las fuerzas inerciales de la estructura, las cuales inducen deformaciones suplementarias en el suelo de soporte. Ambas interacciones producen un mayor amortiguamiento equivalente y períodos fundamentales más largos, lo cual conlleva una disminución de las aceleraciones y un aumento de los desplazamientos y derivas.

Modelos dinámicos para estimar la rigidez del suelo

En este modelo, el terreno se representa mediante un subsistema de resortes y amortiguadores acoplados a la cimentación rígida. La determinación de los coeficientes dinámicos depende de tres factores clave: la geometría de la zapata, el módulo de corte efectivo (G_{ef}) y la relación de Poisson (ν).

Dentro de los modelos más citados se encuentra el de Tassoulas y Kausel (1983), cuya investigación aborda la derivación de coeficientes viscoelásticos en suelos estratificados, destacando que se ha desarrollado soluciones semianalíticas y métodos numéricos para calcular la rigidez dinámica y los coeficientes de amortiguamiento en

cimentaciones circulares y pilotes. Estos métodos incorporan el amortiguamiento interno del suelo y diversas condiciones de borde. Asimismo, se estudia el efecto del embebido de la cimentación, demostrando que tanto la rigidez estático-dinámica como el amortiguamiento dependen significativamente de la profundidad y la geometría de la zapata o pilote. Además, aunque los trabajos no citan explícitamente el factor β , enfatizan la necesidad de factores de corrección para modelar adecuadamente la influencia del embebido y las condiciones laterales en la rigidez y el amortiguamiento.

Módulo de corte efectivo y degradación cíclica

El módulo de corte efectivo (G_{ef}) es esencial para modelar la respuesta dinámica del suelo ante cargas sísmicas, ya que el módulo inicial (G_0) se reduce progresivamente con la amplitud de deformación cíclica, fenómeno conocido como degradación cíclica. Esta reducción es significativa: en suelos naturales, tras 15 ciclos de carga, G puede alcanzar solo el 30–40% de su valor inicial. Para estimar G_{ef} en diferentes tipos de suelo y niveles de deformación, se emplean curvas $G/G_0 - \gamma$ (como las estandarizadas en FEMA 356), ajustando el valor mediante un factor r_G que oscila típicamente entre 0.7 y 0.95 según la aceleración espectral y el tipo de suelo. Este ajuste es crítico, pues la rigidez dinámica de la cimentación y la respuesta sísmica de la estructura dependen directamente de G_{ef} actualizado. En conclusión, el uso de estas curvas y el factor de ajuste permite modelar con realismo el comportamiento del suelo y garantizar un diseño sísmico adecuado (Pan et al., 2022).

Influencia de la ISE en la demanda sísmica

La consideración de la interacción suelo-estructura (ISE) influye notablemente en la respuesta sísmica de los edificios, reduciendo la fuerza cortante basal hasta en un 25-30%, especialmente en suelos blandos con rigidez inferior a 100 MN/m^3 , según estudios numéricos y paramétricos. Sin embargo, esta ventaja en reducción de fuerzas suele conllevar

un incremento en los desplazamientos laterales y las derivas interpiso, además de un alargamiento del periodo natural del sistema. Estos efectos, más pronunciados en suelos flexibles, obligan a una verificación rigurosa de los límites de servicio, la separación entre juntas sísmicas y la integridad de elementos no estructurales, tal como señalan normativas (ASCE 7, FEMA). Por lo tanto, aunque la ISE puede ser beneficiosa al disminuir la demanda de fuerza, su implementación en el diseño sísmico requiere equilibrar cuidadosamente esta reducción con el aumento de desplazamientos, garantizando tanto la resistencia como el adecuado comportamiento en servicio de la estructura.

Estrategias de modelado numérico

El método de elementos finitos (FEM) ofrece flexibilidad para modelar numéricamente la interacción suelo-estructura (ISE). La primera representa la cimentación como un cuerpo rígido apoyado en resortes y amortiguadores de impedancia, capturando de forma simplificada y eficiente la rigidez y amortiguamiento dinámico del suelo cuando la deformación de la cimentación es despreciable. La segunda modela explícitamente el suelo con elementos finitos continuos, aplicando condiciones de frontera absorbentes o elementos especiales en los límites para simular la propagación de ondas en un dominio semiinfinito y evitar reflexiones artificiales, permitiendo así un acoplamiento eficiente entre el dominio finito cercano a la estructura y el suelo lejano infinito. (Genes y Kocak, 2002).

Modelos dinámicos de interacción suelo estructura

Los modelos dinámicos representan el acoplamiento entre el comportamiento del terreno y la respuesta estructural durante la acción de cargas estáticas o dinámicas, especialmente las sísmicas.

Tradicionalmente, en los análisis estructurales se suponía que la base de la estructura se encontraba rígidamente empotrada al terreno. Sin embargo, esta simplificación puede

generar errores significativos, ya que el suelo posee cierta flexibilidad que influye en la rigidez global, los periodos naturales y la respuesta dinámica de la edificación.

Por ello, los modelos de ISE permiten considerar la deformabilidad del terreno y su interacción con la estructura, logrando una representación más realista del sistema suelo–fundación–estructura. (Proaño et al., 2022, pág. 18)

Se mostro que la evaluación tradicional empleada en el análisis estructural la cual se asumen un empotramiento perfecto de las columnas en las cimentaciones hace necesaria una descripción más detallada y precisa de las condiciones de apoyo de la estructura. En otras palabras, resulta indispensable una correcta formulación de las condiciones de frontera, especialmente al abordar el problema estructural desde el enfoque de la mecánica del sólido. (Proaño et al., 2022, pág. 12)

➤ ***Modelo dinámico Barkan – Savinov***

El modelo propuesto por Barkan y Savinov representa uno de los primeros enfoques teóricos utilizados para estudiar la respuesta dinámica del sistema suelo–estructura frente a cargas vibratorias o acciones sísmicas. Su planteamiento considera que la cimentación y el terreno pueden modelarse de manera equivalente mediante un sistema compuesto por resortes y amortiguadores, que simula la rigidez y la disipación de energía del suelo durante la vibración.

De acuerdo con este modelo, el suelo actúa como un medio elástico que permite tres tipos principales de movimiento en la cimentación: el desplazamiento vertical (asentamiento), el desplazamiento horizontal (deslizamiento) y la rotación (inclinación o volteo). Cada uno de estos movimientos está caracterizado por una rigidez dinámica y un coeficiente de amortiguamiento, determinados por las propiedades elásticas del terreno y la geometría de la base estructural. (Arquiñego Laulate & Velásquez Barrios, pág. 35)

Este modelo resulta especialmente útil en la evaluación del comportamiento de cimentaciones superficiales o en el análisis de vibraciones producidas por máquinas y movimientos sísmicos. Su simplicidad facilita su aplicación práctica en programas de análisis estructural como ETABS o SAP2000, donde los efectos del suelo pueden representarse mediante resortes y amortiguadores equivalentes.

Los coeficientes de rigidez se establecen tomando en cuenta las propiedades geométricas de la zapata, como su área y espesor, así como los hallazgos de diversos estudios experimentales enfocados en definir dichos coeficientes para cimentaciones. En este contexto, el científico ruso D.D. Barkan fue uno de los que propuso una metodología relevante en 1948 una serie de expresiones que permiten calcularlos de manera más precisa. (Arquiñego Laulate & Velásquez Barrios, pág. 27)

$$K_z = C_z * A \quad \dots (1)$$

$$K_x = K_y = C_x * A \quad \dots (2)$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} * I_x \quad \dots (3)$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} * I_y \quad \dots (4)$$

Cuyos valores de C_z , C_x , $C_{\varphi x}$ y $C_{\varphi y}$ se calculan tomando en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$C_x = D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad \dots (5)$$

$$C_z = C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad \dots (6)$$

$$C_{\varphi x} = C_0 \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad \dots (7)$$

$$C_{\phi y} = D_0 \left[1 + \frac{2(b + 3a)}{\Delta A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \dots (8)$$

Cabe mencionar que; Se adopta un valor de $\rho_0=0.2 \text{ kg/cm}^2$, mientras que los parámetros ρ y D_0 pueden determinarse mediante las siguientes expresiones.

$$\rho = \frac{P_{Edificio} + P_{Zapata}}{A_{Zapata}} \dots (9)$$

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0 \dots (10)$$

Donde:

C_0, D_0 : Coeficientes obtenidos a partir de ensayos experimentales para $\rho = \rho_0$

a, b: secciones de las zapatas (dimensiones).

Δ : coeficiente de naturaleza empírica, que se asumen para cálculos prácticos $\Delta = 1m^{-1}$

μ : coeficiente de Poisson

I: El momento de inercia de la base de la cimentación con relación al eje principal orientado perpendicularmente al plano de vibración.

A: área de la base de cimentación.

C_x : coeficiente de desplazamiento uniforme.

$C_z, C_{\phi x}$: coeficiente de compresión elástica uniforme y no uniforme.

Finalmente, el valor C_0 se obtiene a partir de la siguiente tabla, la cual relaciona este coeficiente con las propiedades del terreno identificadas mediante un estudio geotécnico.

Determinación del coeficiente C_0 según tipo de suelo.

Tabla 2.*Características de C_0 Según el tipo de perfil de suelo*

Tipo de perfil	Características de la base de fundación	Suelo	C_0 (kg/cm ³)
S0	Roca dura	Roca sana con velocidad de ondas de corte $v_s > 1500$ m/s	4.0
		Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3.0
S1	Roca o suelos muy rígidos	Arena compacta ($I_L < 0$)	2.2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena densa	2.6
		Arcilla y arena arcillosa plástica ($0.25 < I_L \leq 0.5$)	2.0
		Arena plástica ($0 < I_L \leq 0.5$)	1.6
		Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0.80$)	1.4
S2	Suelos intermedios	Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad.	1.8
		Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0.5 < I_L \leq 0.75$)	0.8
		Arena plástica ($0.5 < I_L \leq 1$)	1.0
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	Arenas polvorosas, saturada, porosa ($e > 0.80$)	1.2
		Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0.75$)	0.6
S4	Condiciones Excepcionales	Arena movediza ($I_L > 1$)	0.6

Nota: Se evidencia los valores de C_0 según el perfil de suelo a partir de ensayos experimentales, por Arquíñego Laulate & Velásquez.

➤ **Modelo de la Norma Rusa**

A diferencia de los modelos tradicionales que asumen un empotramiento completamente rígido, la norma rusa considera que la estructura y el suelo forman un sistema acoplado, en el cual las deformaciones del terreno modifican la rigidez global, los periodos naturales y la respuesta dinámica del conjunto. Esto permite representar de manera más precisa la interacción real entre ambos medios durante la acción sísmica.

El modelo ruso integra el efecto del suelo mediante la introducción de coeficientes de corrección espectral, que ajustan la respuesta sísmica de diseño de acuerdo con las características geotécnicas del terreno y la masa estructural.

De esta manera, el modelo reduce la aceleración de diseño efectiva, considerando la amortiguación y la disipación de energía generada por la deformabilidad del terreno, lo que se traduce en una respuesta más realista frente a eventos sísmicos.

Los coeficientes de rigidez se obtienen a partir de las propiedades geométricas de la zapata, como su área de apoyo y espesor, y se expresan mediante distintos parámetros de rigidez: la rigidez a compresión K_z , kN/m (T/m); el desplazamiento elástico uniforme K_x , kN/m (T/m); la rigidez a compresión elástica no uniforme K_ϕ , kN/m (T/m) y el desplazamiento elástico no uniforme K_ψ , kN/m (T/m) (Rodríguez, 2019, pág. 8)

se calculan por las fórmulas:

$$K_z = C_z * A \quad \dots (11)$$

$$K_x = K_y = C_x * A \quad \dots (12)$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} * I_x \quad \dots (13)$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} * I_y \quad \dots (14)$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} * I_z \quad \dots (15)$$

$$C_z = b_0 * E * \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) \quad \dots (16)$$

$$C_x = 0.7C_z \quad \dots (17)$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2C_z \quad \dots (18)$$

$$C_{\psi z} = C_z \quad \dots (19)$$

Donde:

$A = \text{Area de cimentacion (m}^2\text{)}$

$I_z = \text{Inercia respecto al eje z}$

$b_0 = \text{coeficiente de correccion (m}^{-1}\text{)}$

$E = \text{Modulo de Elasticidad en la base de la cimentacion } \left(\frac{kg}{m^2}\right)$

$A_{10} = 10 \text{ m}^2$

➤ **Norma FEMA 440**

La norma FEMA 440 constituye una guía técnica desarrollada por la Federal Emergency Management Agency (FEMA) con el propósito de mejorar y actualizar los procedimientos de evaluación sísmica y de desempeño estructural establecidos en documentos anteriores como la FEMA 356 y la ATC-40.

Su objetivo principal es proporcionar métodos más precisos para estimar la respuesta inelástica de las estructuras sometidas a movimientos sísmicos, considerando de manera más realista los efectos no lineales que se producen durante un evento sísmico intenso.

En este modelo, la respuesta estructural se evalúa mediante espectros de capacidad y demanda, los cuales permiten determinar el punto de desempeño o nivel de deformación esperado ante un sismo determinado. La FEMA 440 introduce correcciones empíricas para ajustar los resultados del método estático no lineal (pushover), reduciendo las discrepancias observadas entre este tipo de análisis y los

análisis dinámicos no lineales, que representan con mayor exactitud la realidad sísmica. (Juarez, 2015, pág. 32)

Entre sus principales aportes, la norma propone una reformulación del espectro de demanda inelástica, considerando los efectos de amortiguamiento efectivo, reducción de rigidez, y degradación de resistencia en estructuras con comportamiento plástico.

De esta manera, se obtiene una curva de capacidad modificada, que permite identificar con mayor precisión los desplazamientos y aceleraciones esperados para cada nivel de daño estructural.

La norma del FEMA 440, es una metodología que para considerar la interacción que ocurre entre el suelo y la estructura es necesario conocer los valores como la velocidad de onda y módulo de corte efectivo que se determina a partir de un porcentaje del valor de corte dinámico inicial. (Juarez, 2015, pág. 18)

Este valor varía según las propiedades geotécnicas del terreno y establece el grado en que el suelo se deteriora cuando se ve sometido a cargas dinámicas. Por ello es necesario mencionar que para determinar la rigidez de los suelos mediante metodología del FEMA, primero se realiza la clasificación del suelo de fundación en el cual se apoyara la estructura según los criterios que indica dicha norma. La norma FEMA clasifica los suelos, así como se muestra a continuación.

Suelo clase A: Es considerada como roca dura.

Suelo clase B: Es considerada como roca.

Suelo clase C: Son suelos densos con rocas suaves,

Suelo clase D: Son suelos rígidos.

Suelo clase E: Son los suelos que pertenecen a la familia de las arcillas blandas.

Suelo clase F: Son los suelos especiales, así como suelos licuables, suelos altamente colapsables, arcillas sensibles, suelos orgánicos y arcillas cuyo índice de plasticidad son altos.

Para determinar los coeficientes de rigidez seguiremos la metodología planteada por el FEMA 440 y está dada por las ecuaciones de País y Kausel (1998). Para ello antes se determina el módulo de corte inicial y se determina haciendo uso de la siguiente expresión.

$$G_o = \frac{\gamma * v_s^2}{g} \quad \dots (20)$$

Donde:

γ = Peso específico del suelo.

v_s = Velocidad de propagación onda de corte en condiciones de pequeñas deformaciones.

g = Aceleración de la gravedad.

Seguidamente, se calcula el módulo de corte efectivo del suelo de fundación a partir de su relación con el módulo de corte inicial, conforme a lo indicado en la Tabla 4-7 del documento FEMA 356. En este procedimiento, el valor de SXS se utiliza como la aceleración asociada al primer modo de vibración.

El módulo de corte efectivo del suelo (G) es un parámetro fundamental que expresa la rigidez del terreno frente a deformaciones por esfuerzos cortantes. Matemáticamente, se define como la relación entre el esfuerzo cortante aplicado y la deformación cortante inducida, lo que permite cuantificar cuánto se deforma un suelo ante una determinada carga tangencial.

Este módulo es esencial en el análisis del comportamiento mecánico del suelo, especialmente en condiciones donde las cargas inducen desplazamientos laterales o torsionales, como ocurre en estructuras sometidas a sismos o en el diseño de cimentaciones profundas. Su valor influye directamente en la propagación de ondas sísmicas, el cálculo de

asentamientos y la evaluación de la estabilidad de taludes, entre otros aspectos críticos en geotecnia. Además, el módulo de corte varía con la amplitud de deformación, la densidad, la humedad y el tipo de suelo, por lo que su determinación precisa es clave en estudios de interacción suelo-estructura y análisis dinámico.

El módulo de corte efectivo cuantifica la rigidez del suelo frente a la deformación por esfuerzos cortantes, es decir, mide qué tan resistente es el terreno a ser distorsionado lateralmente cuando se le aplica una fuerza paralela a su superficie.

Un valor alto de este módulo indica que el suelo ofrece mayor oposición a la deformación, comportándose de forma más rígida. Por el contrario, un valor bajo revela que el terreno es más susceptible a deformarse, mostrando un comportamiento más flexible o blando. Esta propiedad resulta clave para evaluar cómo responderá el suelo ante cargas dinámicas, como las generadas por un sismo, o durante el diseño de cimentaciones que transmiten esfuerzos cortantes al terreno

Tabla 3.

Tabla de Determinación de Modulo de Corte Efectivo

clase de suelo	aceleración máxima efectiva $S_{xs}/2.5$			
	$S_{sx}/2.5 = 0$	$S_{sx}/2.5 = 0.1$	$S_{sx}/2.5 = 0.4$	$S_{sx}/2.5 = 0.8$
A	1	1	1	1
B	1	1	0.95	0.9
C	1	0.95	0.75	0.6
D	1	0.9	0.5	0.1
E	1	0.6	0.05	*
F	*	*	*	*

Nota: En la presente tabla se aprecia la relación del módulo de corte efectivo y módulo de corte inicial según el tipo de suelo, por Norma FEMA 440.

Los coeficientes de rigideces de la norma FEMA 440 se determinan según las siguientes ecuaciones.

$$K_{x,Sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.1 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.6 \right] \quad \dots (21)$$

$$K_{y,Sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[6.8 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.8 \left(\frac{L}{B} \right) + 1.6 \right] \quad \dots (22)$$

$$K_{z,Sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[3.1 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 1.6 \right] \quad \dots (23)$$

$$K_{xx,Sur} = \frac{G B^3}{1-\nu} \left[3.2 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.8 \right] \quad \dots (23)$$

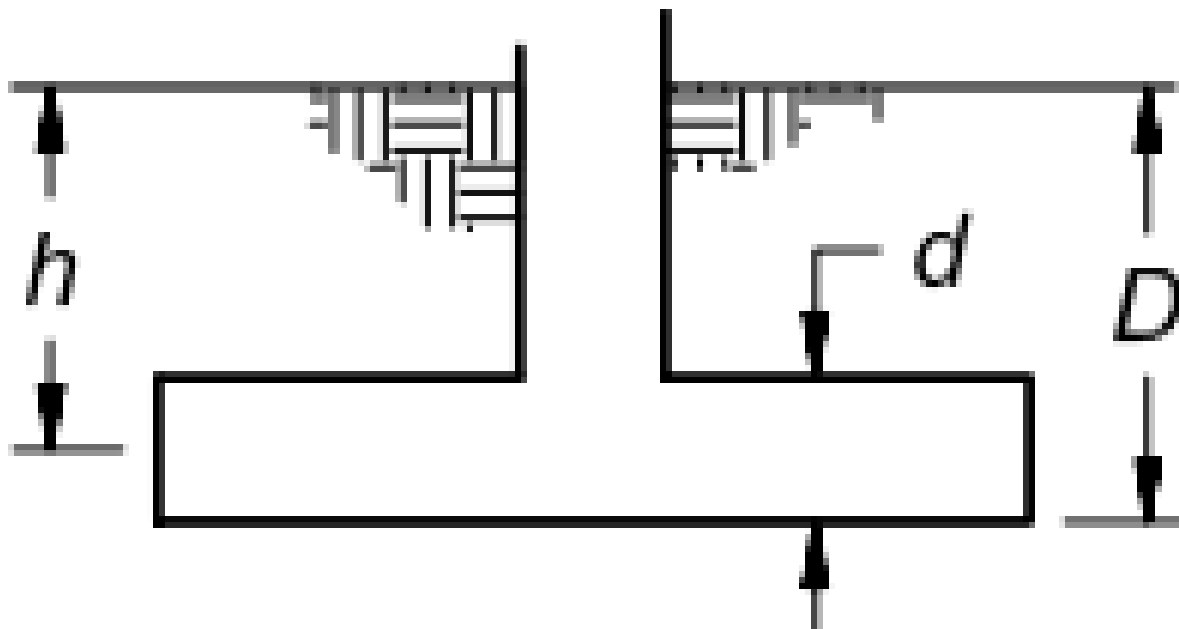
$$K_{yy,Sur} = \frac{G B^3}{1-\nu} \left[3.73 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.27 \right] \quad \dots (24)$$

$$K_{zz,Sur} = G B^3 \left[4.25 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 4.06 \right] \quad \dots (25)$$

Finalmente se realiza la correccion por emportamiento de la zapata tomando en consideracion la siguiente ilustracion..

Figura 3.

Imagen de Corrección por Factor de Empotramiento



Nota: En la figura se muestra las condiciones para la corrección por factor de empotramiento, considerando el peralte de la zapata y la profundidad de desplante, por Norma FEMA 440

Donde:

D: Profundidad de desplante de la zapata.

d: espesor efectivo de la zapata.

h: altura al centroide del peralte efectivo de la zapata.

Factor de Corrección por Empotramiento

$$\beta_x = \left[1.0 + \left(0.33 + \frac{1.34}{1 + \frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right] \quad \dots (26)$$

$$\beta_y = \beta_x \quad \dots (27)$$

$$\beta_z = \left[1.0 + \left(0.25 + \frac{0.25}{\frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.8} \right] \quad \dots (28)$$

$$\beta_{xx} = \left[1.0 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right] \quad \dots (29)$$

$$\beta_{yy} = \left[1.0 + \frac{D}{B} + \left(\frac{1.6}{0.35 + \left(\frac{L}{B} \right)^4} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^2 \right] \quad \dots (30)$$

$$\beta_{zz} = \left[1 + \left(1.3 + \frac{1.32}{\frac{L}{B}} \right) \left(\frac{D}{B} \right)^{0.9} \right] \quad \dots (31)$$

Donde:

$K_{x,Sur}, \beta_x$: Traslación entorno al eje X

$K_{y,Sur}, \beta_y$: Traslación entorno al eje Z

$K_{z,Sur}, \beta_z$: Traslación entorno al eje Z

$K_{xx,Sur}, \beta_{xx}$: Rotación entorno al eje X

$K_{yy,Sur}, \beta_{yy}$: Rotación entorno al eje Y

$K_{zz,Sur}, \beta_{zz}$: Rotación entorno al eje Z

Componentes estructurales

Los componentes estructurales son los elementos fundamentales de una edificación encargados de resistir y transmitir las cargas que actúan sobre ella, tanto las permanentes (como el peso propio) como las variables (viento, sismos, uso, nieve, entre otras). Su función es proporcionar resistencia, rigidez y estabilidad al conjunto de la estructura. Entre los principales componentes estructurales se encuentran las columnas, vigas, losas, muros portantes y cimentaciones, cada uno con un papel específico dentro del sistema. Estos elementos no actúan de forma aislada, sino que trabajan de manera conjunta e interdependiente para absorber los esfuerzos, controlar deformaciones y evitar fallas estructurales.

Un diseño adecuado y bien integrado de estos componentes es esencial para garantizar la seguridad y el buen desempeño de cualquier obra civil frente a las condiciones de carga a las que estará expuesta a lo largo de su vida útil. Principalmente son aquellas que integran el sistema estructura de la edificación las cuales son diseñadas y calculadas de acuerdo a los criterios y principios establecidos que a continuación se definirán.

➤ **Zapatas**

Las zapatas representan la solución de cimentación superficial más común, gracias a su bajo costo y a la sencillez que ofrece su proceso constructivo. (Harmesen, 2002, pág. 322)

Las zapatas son elementos de cimentación superficial diseñados para transferir las cargas de una estructura hacia el suelo de manera uniforme. Funcionan como base de apoyo para columnas, muros o pilas, extendiendo el área de contacto con el terreno con el fin de reducir la presión transmitida y mantenerla dentro de la capacidad portante del suelo.

Su principal función es distribuir las tensiones estructurales, minimizando el riesgo de asentamientos diferenciales que podrían comprometer la estabilidad de la edificación. Existen distintos tipos de zapatas aisladas, corridas, combinadas o en losas de cimentación cuya elección depende de factores como la magnitud y distribución de las cargas, las condiciones del suelo y el tipo de estructura a soportar. Las zapatas desempeñan un papel esencial en la estabilidad y seguridad estructural de cualquier edificación, ya que permiten distribuir adecuadamente las cargas al terreno y evitar concentraciones excesivas de esfuerzo. Al hacerlo, contribuyen a prevenir hundimientos, asentamientos irregulares y otras deformaciones que, con el tiempo, podrían derivar en grietas, inclinaciones o fallas estructurales graves. Su correcta dimensión y diseño no solo garantizan un apoyo firme y uniforme, sino que también aseguran la durabilidad de la estructura a largo plazo, especialmente en su interacción con diferentes tipos de suelo y bajo condiciones variables de carga

$$A_z = \frac{P}{\sigma_s} \quad \dots (32)$$

Donde:

A_z : Área de la cimentación

P: Peso de la zapata

σ_s : Capacidad portante del terreno de fundación

- Zapata aislada

“Es aquella zapata que no cuentan con viga de enlace, es decir, están desconectadas del diafragma de cimentación. Este tipo de cimentación no se admite en edificaciones con sistema a porticado, y su uso se limita a columnas aisladas en estructuras menores, como porterías, etc”. (Harmesen, 2002, pág. 322)

Las zapatas aisladas son elementos de cimentación superficial individual diseñados para recibir cargas concentradas, principalmente provenientes de columnas, y transferirlas al suelo de forma segura. Su función principal es aumentar el área de apoyo, lo que permite reducir la presión ejercida sobre el terreno y evitar que este se exceda en su capacidad portante. Este tipo de zapata es especialmente adecuado para suelos con propiedades homogéneas y buena capacidad de carga, donde no se prevén asentamientos diferenciales relevantes entre distintos puntos de la estructura. Se emplean comúnmente en edificaciones de baja a media altura y cuando las columnas están suficientemente separadas, permitiendo una cimentación independiente para cada una.

- Zapata combinada

Se trata de un bloque rectangular de concreto, reforzado con acero en ambas direcciones: acero longitudinal dispuesto a lo largo del eje más extenso y acero transversal colocado en el sentido de la menor longitud. (Parra, 2021, pág. 4)

Las zapatas combinadas son un tipo de cimentación superficial que se diseña para soportar dos o más columnas que se encuentran próximas entre sí, en situaciones donde el

uso de zapatas aisladas resultaría inviable o ineficiente. Esto ocurre, por ejemplo, cuando las columnas están demasiado cercanas, lo que provocaría el traslape de zapatas individuales, o cuando alguna columna está próxima a un lindero y no es posible centrar su zapata sin invadir terrenos colindantes. Este tipo de zapata permite redistribuir las cargas estructurales de manera equilibrada, mejorando el comportamiento de la cimentación en suelos de capacidad portante limitada. Su diseño puede adoptar formas rectangulares o trapezoidales, dependiendo de la ubicación y magnitud de las cargas que deben resistir. Además, ofrecen una solución efectiva para minimizar asentamientos diferenciales y optimizar el uso del terreno disponible.

➤ **Columnas**

“Son los elementos estructurales que se usa primordialmente para soportar cargas axiales de compresión. También puede resistir flexión, cortante y torsión” (Parra, 2021, pág. 2)

Las columnas son elementos estructurales verticales cuya función principal es soportar y transferir cargas desde los niveles superiores de una edificación hasta la cimentación. Actúan como conductos de transmisión de esfuerzos, resistiendo principalmente fuerzas axiales de compresión, aunque en ciertos casos también pueden estar sometidas a momentos flectores o fuerzas laterales. Estas pueden fabricarse con diversos materiales según el tipo de construcción y los requerimientos estructurales: concreto armado, acero estructural, madera, entre otros. Su forma y dimensiones varían en función de la magnitud de las cargas a soportar, la distribución arquitectónica, las condiciones sísmicas del lugar y el tipo de sistema estructural adoptado. El diseño adecuado de las columnas es clave para garantizar la resistencia, estabilidad y seguridad global de la estructura.

Para el predimensionamiento de las secciones de las columnas se optan en la aplicar los principios de fórmulas y tablas del libro Diseño sismo resistente de edificaciones de concreto armado del autor Oviedo Sarmiento Ricardo y está dado por la siguiente expresión.

$$A_{col} = \frac{\lambda * P_s}{n * f'_c} \quad \dots (33)$$

Donde:

A_{col} = Área de la columna

P_s = Cargas gravitacionales de servicio

λ, n = valores que varían según la ubicación de la columna

Tabla 4.

Factores que dependen de la Ubicación de Columna

Tipo de Columna	λ	n
Central	1.1	0.3
Perimetral	1.25	0.25
Esquinera	1.5	0.2

Nota: En el cuadro se muestra los valores λ, n : de acuerdo a la ubicación de columnas céntricas, perimetrales y esquineras, Dr. (C) Ricardo Oviedo Sarmiento

➤ **Vigas**

“Son componentes estructurales que captan las cargas provenientes de la losa y las transfieren hacia otros elementos estructurales o directamente a columnas y muros”. (García, 2014, pág. 117)

Según lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones, las vigas que integran pórticos sismorresistentes deben tener un ancho mínimo de 25 cm, sin sobrepasar el ancho de la columna sobre la que se apoyan. Asimismo, el peralte efectivo no debe superar

un cuarto de la luz libre de la viga, y la relación entre el ancho (base) y el peralte debe ser mayor a 30 cm y, preferentemente, menor a 0.5, ya que en el comportamiento estructural de las vigas predomina el peralte en la resistencia a cargas. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021)

Por ende, en esta tesis se emplea la siguiente ecuación.

$$h = \frac{L}{12} \quad \dots (34)$$

$$b = \frac{h}{2} \quad \dots (35)$$

Donde:

L= luz mayor en el eje

H= altura de viga

➤ Cuantía balanceada

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * \frac{F'_c}{F_y} \left(\frac{6000}{6000 + F_y} \right) \quad \dots 36$$

➤ Cuantía máxima

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b \quad \dots 37$$

➤ Cuantía mínima

$$\rho_{min} = 0.7 * \frac{\sqrt{F'_c}}{F_y} \quad \dots 38$$

➤ Área de acero

$$A_s = \rho b d \quad \dots 39$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} \quad \dots 40$$

➤ Momento último

$$M_u = \phi \rho b d^2 F_y \left[1 - \left(\frac{\rho F_y}{1.7 F'_c} \right) \right] \quad \dots 41$$

➤ **Losas**

Las losas son elementos estructurales anchos, horizontales o con cierta inclinación, apoyadas generalmente sobre muros de cargas través o columnas cuya función principal es soportar cargas verticales (como personas, mobiliario, equipos o revestimientos) y dividir los distintos niveles de un edificio, ya sea entre pisos o como cubierta. Las losas trabajan distribuyendo las cargas hacia vigas, muros o columnas, y su diseño se ajusta según varios factores: el tamaño del claro a cubrir, el tipo y magnitud de las cargas que debe soportar, las condiciones constructivas, el presupuesto disponible y las exigencias arquitectónicas o funcionales del proyecto. Más allá de su función estructural, las losas también cumplen un papel importante en otros aspectos del diseño: permiten la instalación de sistemas eléctricos, hidráulicos o de climatización; influyen en la acústica y aislamiento térmico del espacio; y contribuyen a la seguridad y confort del edificio. Por ello, su elección y diseño deben considerar no solo criterios estructurales, sino también de habitabilidad y eficiencia (Pérez Alamá, 2008, pág. 115)

➤ Losas aligeradas

La losa aligerada es un componente estructural diseñado para disminuir tanto la carga muerta como la carga viva, y para transferir dichas cargas hacia las vigas. Su función también es contribuir a la integración estructural, actuando en conjunto con otros elementos como vigas, columnas y muros, conformando así una unidad estructural sólida. Las losas aligeradas son un tipo de losa estructural que, como indica su nombre, están diseñadas para reducir el peso propio en comparación con las losas macizas de concreto. Esto se logra mediante la incorporación de materiales aligerantes (como bloques de poliestireno, casetones de plástico o arcilla aligerada)

en las zonas donde el concreto no es estructuralmente necesario. Esta técnica permite disminuir la carga sobre vigas, columnas y cimentación, lo que puede traducirse en estructuras más eficientes y económicas, especialmente en edificaciones de varios niveles. Las losas aligeradas son ideales para cubrir claros medianos a grandes, manteniendo una buena capacidad de carga y reduciendo el consumo de concreto y acero. (Pérez Alamá, 2008, pág. 157)

Por lo tanto, conforme a lo estipulado en la Norma E.060, se debe aplicar lo siguiente:

Tabla 5.

Estimación de Peraltes Mínimos para Losas

	Peralte mínimo “h”			
	Simplemente apoyados	Con un extremo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas				
macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas en una dirección	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Nota: En la tabla se visualiza la expresión para la estimación del peralte mínimo en losas macizas y aligeradas de acuerdo a la luz libre y el tipo de apoyo, por RNE – Norma E.060

En el cual:

h= peralte de losa

L= luz libre entre columnas

➤ **Placas**

“Se trata de muros de hormigón armado que, debido a su notable longitud en una dirección en comparación con su espesor, ofrecen una elevada rigidez lateral y una considerable capacidad resistente en ese mismo sentido” (Blanco Blasco, pág. 32)

Las placas son consideradas como elementos estructurales bidimensionales planos, es decir, su espesor es pequeño en comparación a sus otras dos dimensiones (largo, alto). Para los espesores de placas según los criterios de Blanco Blasco (1994), quien establece que en edificaciones de hasta cinco niveles es posible utilizar muros de hormigón armado con espesores de 0.10, 0.15 o 0.20 metros, mientras que para construcciones de mayor altura se recomienda emplear espesores de 25 o 30 centímetros, en función del incremento en el número de pisos.

Análisis sísmico

Implica considerar la acción de una fuerza externa proveniente de un suelo de fundación con cierta flexibilidad. En consecuencia, el análisis estructural debe realizarse bajo condiciones dinámicas. La Norma Técnica E.030 establece que deben emplearse parámetros mínimos relacionados con los esfuerzos cortantes, los cuales guardan una relación directa con los análisis estático y dinámico. En esta investigación, con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, se determina tanto la cortante estática como la dinámica. Para ello, se consideran parámetros sísmicos como el factor de zona, los coeficientes de uso, de reducción y el tipo de sistema estructural.

Análisis Estático

Consiste en un procedimiento simplificado de evaluación sísmica en el cual se reemplazan las acciones dinámicas del sismo por un conjunto de fuerzas laterales estáticas equivalentes distribuidos a lo largo de la altura de la estructura.

Este método, establecido en la Norma E.030 (MVCS, 2022), resulta apropiado para edificaciones regulares, tanto en planta como en elevación, donde se puede asumir un comportamiento predominantemente lineal.

El análisis inicia con el cálculo del corte basal sísmico, obtenido mediante la combinación de parámetros normativos que reflejan la peligrosidad sísmica, las características del suelo, la importancia de la edificación y la ductilidad del sistema estructural.

Posteriormente, dicho cortante se distribuye entre los diferentes niveles del edificio en función de la masa y la altura de cada piso, lo que permite determinar las fuerzas horizontales de diseño que actúan sobre los diafragmas estructurales.

Este tipo de análisis es ampliamente utilizado en la ingeniería estructural por su sencillez y efectividad, especialmente en edificaciones de baja y mediana altura, y constituye la base para validar los resultados obtenidos mediante procedimientos más avanzados, como el análisis modal espectral.

La totalidad de la fuerza cortante en la base de la estructura se calcula mediante la fórmula establecida en el numeral 28.2 de la Norma E.030.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad \dots (42)$$

Consideraciones para el valor de la amplificación sísmica. $C \leq 2.5$

$$T < T_p, C = 2.5 \quad \dots (43)$$

$$T_p < T < t_l, C = 2.5 * \frac{T_p}{T} \quad \dots (44)$$

$$T > T_l, C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T_l^2} \right) \quad \dots (45)$$

Para ello es necesario conocer los parámetros sísmicos, la Norma E.030 establece lo siguiente.

Parámetros Sísmicos

Los parámetros sísmicos son aquellos valores normativos que permiten definir la intensidad y las características del movimiento sísmico de diseño, siendo esenciales para el dimensionamiento y la evaluación del comportamiento estructural de una edificación frente a sismos.

La combinación de los parámetros permite establecer el espectro inelástico de diseño, el cual se utiliza para el cálculo de las fuerzas sísmicas equivalentes o en el análisis modal espectral dentro de programas como ETABS o SAP2000.

De esta forma, los parámetros sísmicos aseguran que el diseño cumpla con los niveles de seguridad y desempeño estructural exigidos por la normativa peruana vigente.

De acuerdo con la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2022), los principales parámetros a considerar en el análisis estructural son los siguientes:

Los parámetros que se muestran han sido determinados conforme a lo establecido en la normativa vigente E.030.

➤ **Zonificación**

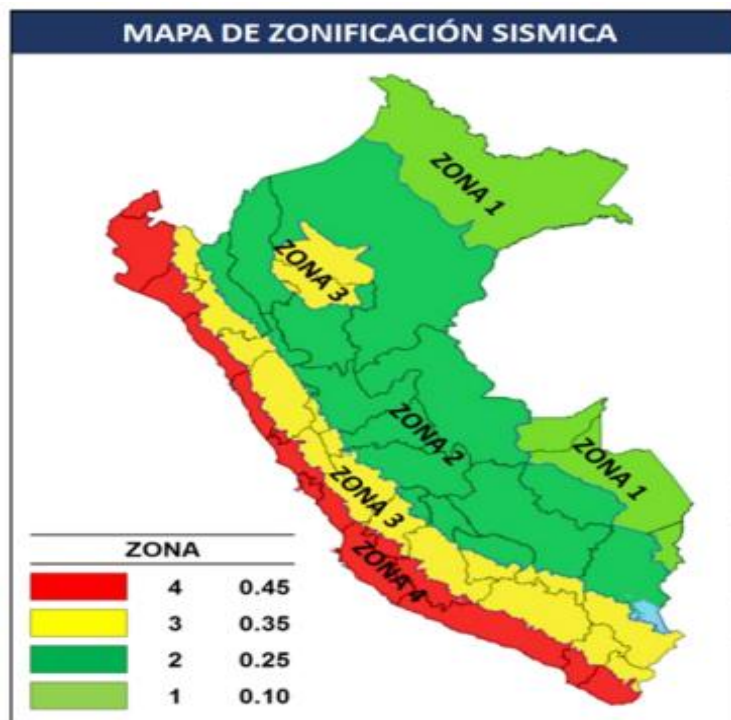
Zonificación sísmica es el proceso mediante el cual se clasifica el territorio en diferentes zonas según el nivel de peligrosidad sísmica asociado a cada región. Esta clasificación se basa en estudios geológicos, tectónicos y sísmicos que permiten estimar la intensidad probable del movimiento sísmico en un área determinada. A través de esta zonificación se determinan parámetros clave como la aceleración sísmica máxima esperada, la frecuencia de ocurrencia de sismos y la energía sísmica potencial, los cuales se utilizan como base para definir las fuerzas sísmicas de diseño que deben considerarse en las estructuras ubicadas en cada zona.

Su aplicación es fundamental en normativas de diseño estructural, ya que permite ajustar las exigencias técnicas y niveles de seguridad en función del riesgo sísmico local,

contribuyendo así a la protección de vidas humanas, la reducción de daños materiales y una mejor resiliencia urbana frente a eventos telúricos.

Figura 4.

Mapa de Zonificación Sísmica



Nota: En la figura se muestra el mapa de zonificación en las tres regiones del Perú así como las zonas geográficas de acuerdo a la velocidad de propagación de ondas, por Norma E.030.

Parámetros de zona

Tabla 4.

Factores de zona sísmica

FACTORES DE ZONA "Z"	
Zona-4	0.45
Zona-3	0.35
Zona-2	0.25
Zona-1	0.1

Nota: Se muestra los valores para Z según mapa de zonificación de las tres regiones del país, por Norma E.030.

Condición Geotécnica

La condición geotécnica abarca el conjunto de propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del terreno que influyen en su comportamiento ante cargas y excavaciones, siendo determinantes en el diseño y ejecución de obras civiles.

Para obtener el factor de suelo se deberá tener en cuenta los criterios que están consignados en la imagen siguiente.

Tabla 5.

Clasificación de los Perfiles de Suelo

clasificación del suelo según perfil			
perfil	Vs	N60	Su
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100kpa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100kPa
S ₃	<180 m/s	<15	25 kPa 50 kPa
S ₄	clasificación basada en el EMS		

Nota: Se presenta la clasificación de los estratos del suelo conforme al Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) en la que se considera la velocidad de propagación de ondas de corte, según lo dispuesto en la Norma E.030.

Según se desprende de la figura anterior, la velocidad media de propagación de las ondas de corte \bar{V}_S se sitúa entre 180 m/s - 500 m/s, e En cuanto al valor promedio ponderado del ensayo de penetración estándar \bar{N}_{60} este oscila entre 15 - 50 golpes. Por su parte, la resistencia media no drenada al corte \bar{S}_U se encuentra dentro del rango de 50 Kpa -100Kpa.

Parámetros de Sitio

El factor de amplificación del suelo se determina según la Tabla N° 3 de la Norma E.030 el cual está condicionado por la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo. Por su parte,

los períodos característicos TP y TL obtienen de la Tabla N.º 4 de la misma norma, en función del perfil de suelo considerado.

Los parámetros de sitio son un conjunto de características geotécnicas, geológicas y topográficas propias de un terreno que influyen directamente en su respuesta ante la acción de un sismo. Estos datos son esenciales para evaluar de forma precisa la peligrosidad sísmica local y definir las acciones sísmicas de diseño que debe considerar una estructura. Considerar estos parámetros permite ajustar el análisis estructural a las condiciones reales del entorno, contribuyendo a un diseño más seguro, eficiente y adaptado al comportamiento sísmico esperado en el lugar donde se implantará la edificación.

Tabla 6.

Factor de suelo S

Factor de suelo "S"				
Zona	suelo 0	suelo 1	suelo 2	suelo 3
Zona 4	0.80	1.00	1.05	1.10
Zona 3	0.80	1.00	1.15	1.20
Zona 2	0.80	1.00	1.20	1.40
Zona 1	0.80	1.00	1.60	2.00

Nota: Se muestra los datos del factor de suelo según mapa de zonificación teniendo en consideración el tipo de suelo y la zona geográfica sísmica, por Norma E.030.

Tabla 7.

Periodos TP Y TL

Periodo "Tp " Y "Tl "				
	suelo 0	suelo 1	suelo 2	suelo 3
Tp	0.30	0.40	0.60	1.00

T_L	3.00	2.50	2.00	1.60
-------	------	------	------	------

Nota: Se visualiza valores de los periodos de tiempo fundamentales utilizados en el cálculo en el factor de amplificación según perfil de suelo, por norma E.030.

Categoría de la edificación y el factor de uso (U)

En el diseño sismorresistente, la categoría de la edificación y el factor de uso (U) son criterios fundamentales para establecer el nivel de seguridad estructural exigido en función del uso, ocupación y consecuencias asociadas a la falla de la construcción.

- La categoría de la edificación clasifica las estructuras según su función y la cantidad de personas que las ocupan, así como el impacto que tendría su colapso. Por ejemplo, hospitales, escuelas, centros de emergencia o edificios estratégicos pertenecen a categorías superiores debido a su relevancia social y operativa durante y después de un sismo.
- El factor de uso (U) es un coeficiente multiplicador que se aplica a las fuerzas sísmicas de diseño para aumentar el nivel de seguridad en edificaciones con mayores exigencias funcionales. Un valor de $U > 1$ implica que se incrementan las acciones sísmicas para reforzar la capacidad estructural, mientras que $U = 1$ se aplica en construcciones comunes sin requerimientos especiales.

En conjunto, estos conceptos aseguran que las estructuras más críticas permanezcan operativas o al menos funcionales tras un evento sísmico, y que el nivel de seguridad esté adecuadamente ajustado al riesgo asociado al uso de cada edificación.

La categoría de la edificación y el factor de uso (U) se obtienen de la Tabla N° 5 que muestra la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (Ro)

El valor del coeficiente se obtiene de la Tabla N.º 7 de la Norma E.030, y se encuentra determinado exclusivamente por el tipo de sistema estructural.

Tabla 10.

Coeficiente Básico de Reducción R_0

sistemas estructurales	
sistemas estructurales	coeficiente de reducción R_0
concreto armado	
pórticos	8
dual	7
de muros estructurales	6
muros de ductilidad limitada	4
albañilería armada o confinada	3
madera	7

Nota: Se visualiza los valores de coeficiente de reducción de acuerdo a los sistemas estructurales existentes por la norma (E.030).

Factor de irregularidad en altura (Ia) y en Planta (Ip)

Son indicadores que permiten cuantificar el grado de desviación geométrica o estructural de un edificio respecto a una configuración regular, la cual es más favorable para un desempeño sísmico predecible y eficiente.

El factor de irregularidad en altura (Ia) evalúa variaciones en la rigidez, masa o configuración del sistema estructural a lo largo de los niveles del edificio. Cambios abruptos, como pisos blandos o retranqueos, generan concentraciones de esfuerzos que reducen la capacidad de disipación de energía y pueden provocar mecanismos de colapso prematuros. Sin embargo, el factor de irregularidad en planta (Ip) considera asimetrías en la distribución de masas y rigideces horizontales. Estas irregularidades pueden inducir torsiones no deseadas durante un sismo, afectando la estabilidad y provocando desplazamientos diferenciales entre diferentes zonas de la estructura.

En conjunto, estos factores permiten identificar estructuras que presentan una respuesta sísmica compleja o potencialmente peligrosa, lo cual exige mayores exigencias de diseño y análisis, como métodos dinámicos más detallados o refuerzos específicos. Su consideración en normas sísmicas responde a la necesidad de garantizar un comportamiento estructural más confiable y seguro frente a movimientos telúricos severos.

Se establece conforme a lo indicado en la Tabla N.º 10 de la Norma de Diseño Sismorresistente (E.030), tomando en cuenta las restricciones asociadas a las irregularidades estructurales, según la categoría y la zona en la que se ubique la edificación.

Tabla 11.

Factores de Irregularidad de las Edificaciones

categoría e irregularidades de construcciones		
Categoría de la edificación	Zona	Restricciones
A1 Y A2	4, 3 y 2	no se permiten irregularidades
	1	no se permiten irregularidades extremas
	4, 3 y 2	no se permiten irregularidades extremas
B	1	sin restricciones
	4 y 3	no se permiten irregularidades extremas
	2	no se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8m de altura
C	1	Sin restricciones

Nota: Se muestra las categorías e irregularidades de las edificaciones según categoría de construcciones teniendo en consideración el mapa de zonificación, por norma Diseño Sismorresistente (E.030).

Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica, comúnmente representado como “R”, es un parámetro fundamental en el diseño sismorresistente que permite ajustar las fuerzas sísmicas de diseño considerando la capacidad de la estructura para disipar energía mediante deformaciones inelásticas. Este coeficiente refleja el comportamiento no lineal de

la estructura bajo eventos sísmicos severos, reconociendo que, en la práctica, los edificios no permanecen completamente elásticos durante un sismo, sino que pueden soportar deformaciones permanentes sin colapsar. Por ello, el valor de R permite reducir las fuerzas sísmicas teóricas, que en un análisis puramente elástico serían mucho mayores, y así optimizar el diseño sin comprometer la seguridad.

El coeficiente de reducción se calcula según la siguiente expresión, conforme a lo indicado en la Norma E.030.

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad \dots 44$$

➤ **Análisis dinámico modal Espectral**

El análisis utiliza espectros de amenaza sísmica para analizar la respuesta estructural de la edificación a lo largo de sus distintos períodos de vibración.

El espectro de pseudo-aceleraciones es una herramienta gráfica que representa las respuestas máximas de aceleración que puede experimentar un sistema estructural capaz de deformarse más allá de su límite elástico, frente a un determinado movimiento sísmico. A diferencia del espectro elástico, este considera que la estructura puede desarrollar comportamiento plástico, es decir, que conlleva a respuestas dinámicas de menor intensidad.

Este espectro se expresa en términos de pseudo-aceleración, una medida útil para el diseño estructural porque está directamente relacionada con las fuerzas internas que actúan en una edificación. Su forma y amplitud están influenciadas por varios factores, entre ellos:

Las características del movimiento sísmico (contenido frecuencial, duración, intensidad), el tipo de suelo, que puede amplificar o atenuar ciertas frecuencias, la ductilidad y el amortiguamiento de la estructura, es decir, su capacidad para absorber y disipar energía sin colapsar. El uso del espectro inelástico permite realizar un análisis más realista del comportamiento estructural ante sismos intensos, particularmente en estructuras diseñadas para resistir con daños controlados en lugar de evitar cualquier daño.

Espectro inelástico de pseudo aceleraciones

El espectro inelástico de pseudoaceleraciones es una herramienta fundamental en el diseño sismorresistente de edificaciones, ya que permite representar de forma simplificada la respuesta dinámica real de una estructura ante la acción de un movimiento sísmico.

Según la Norma E.030, el espectro de diseño se obtiene a partir del espectro elástico de respuesta, aplicando un factor de reducción sísmica (R) que toma en cuenta la ductilidad y la capacidad de disipar energía del sistema estructural.

Para llevar a cabo el análisis modal espectral, se utilizan espectros de respuesta de pseudoaceleración, los cuales se determinan mediante la siguiente ecuación.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g \quad \dots 45$$

El espectro elástico representa la respuesta máxima de un sistema ideal lineal ante un sismo, mientras que el espectro inelástico muestra una respuesta reducida, que refleja la capacidad de la estructura para absorber y disipar energía a través de deformaciones plásticas sin perder estabilidad.

La pseudoaceleración (S_a) es una magnitud equivalente a la aceleración que tendría un sistema en función del desplazamiento máximo (S_d) alcanzado durante la vibración.

En las aplicaciones del análisis como ETABS este espectro se emplea en el análisis modal espectral, integrando la respuesta dinámica del sistema con los parámetros sísmicos establecidos por la norma para obtener las fuerzas de diseño reducidas.

El espectro inelástico evidencia que las edificaciones con mayor ductilidad (mayor R) estarán sometidas a menores aceleraciones sísmicas de diseño, ya que pueden disipar una parte significativa de la energía sísmica mediante deformaciones plásticas.

Esto permite que el diseño estructural sea más eficiente, asegurando un nivel de desempeño adecuado y reduciendo la probabilidad de falla frágil durante un evento sísmico.

En conclusión, el espectro inelástico de pseudoaceleraciones es el modelo normativo que describe la respuesta reducida de una estructura real bajo excitación sísmica, incorporando los efectos de ductilidad y disipación de energía.

Su aplicación en herramientas computacionales como ETABS garantiza que el análisis estructural cumpla con los criterios de seguridad y desempeño establecidos en la Norma E.030 del RNE (MVCS, 2022), reflejando de manera realista el comportamiento sísmico de la edificación.

Cortante Mínima

La cortante mínima es el valor más bajo del esfuerzo o fuerza cortante que actúa en una sección determinada de un elemento estructural, generalmente en los extremos o puntos donde las cargas externas son nulas o reducidas. Este valor se considera para verificar que el diseño cumpla con las condiciones de seguridad y continuidad estructural.

En todas las direcciones analizadas durante el estudio, la fuerza cortante correspondiente al primer nivel del edificio debe alcanzar al menos el 80 % del valor determinado para edificaciones regulares. En el caso de estructuras con irregularidades, este valor no debe ser inferior al 90 %, tal como lo estipula el artículo 29.4 de la Norma Técnica E.030.

Verificación de límites de distorsión

La verificación de los límites de distorsión en el contexto estructural se refiere a controlar que las deformaciones laterales (o desplazamientos relativos entre pisos) de una edificación no superen los valores máximos permitidos por las normas de diseño. Estas deformaciones, conocidas como derivas, se generan principalmente durante eventos sísmicos o bajo cargas laterales como el viento. El objetivo de esta verificación es garantizar el buen desempeño funcional y estructural del edificio, evitando daños excesivos en elementos no estructurales (muros divisorios, fachadas, instalaciones) y asegurando la

estabilidad general de la estructura. Cuando la distorsión excede ciertos límites, pueden presentarse grietas, desprendimientos o incluso colapsos parciales, comprometiendo la seguridad de los ocupantes.

Para la verificación de los límites de distorsión debe realizarse considerando los valores indicados en la Tabla N.º 11 de la Norma E.030.

Tabla 12.

Límites de Distorsión de Entrepiso

límites de distorsión en entrepiso	
Material predominante	Δ_i/h_{ei}
concreto armado	0.0070
Acero	0.0100
Albañilería	0.0500
Madera	0.0100
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.0050

Nota: Se presenta los valores máximos de distorsión permitidos para los diferentes materiales predominantes empleados en las construcciones, por Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

➤ ***Programa sistemático de diseño estructural***

Los análisis de diseño estructural, anteriormente, se realizaban mediante procedimientos engorrosos y extensos, en el cual existía las posibilidades de errores operacionales, trayendo como consecuencia en algunos casos la obtención de resultados alterados. Actualmente el avance de la ciencia y tecnología, han permitido que el diseño estructural se integre estrechamente con herramientas informáticas, las cuales no solo simplifican los cálculos, sino que también facilitan el modelado en planta y la visualización tridimensional de las estructuras, en muchos softwares se obtiene información mediante tablas y gráficos, las datos más comunes que se pueden obtener de aquellos programas que nos facilitan el diseño estructural son los periodos, desplazamientos, derivas, fuerzas

cortantes, momentos, cantidades de acero que requiere un elemento estructural y otros, actualmente existe una variedad de programas que se encuentran al alcance de la sociedad, entre ellos uno de los programas de interés para la ejecución de la tesis tenemos el software ETABS.

ETABS

ETABS es un software avanzado y altamente especializado para el análisis estructural y el dimensionamiento de edificaciones. Esta herramienta proporciona potentes funcionalidades de modelado y visualización en tres dimensiones, capacidades de análisis tanto lineal como no lineal, así como opciones de diseño sofisticadas que abarcan una amplia variedad de materiales. Además, ofrece gráficos ilustrativos, reportes detallados y esquemas de diseño que facilitan la interpretación del análisis estructural y la evaluación de sus resultados. (CSI SPAIN, 2024)

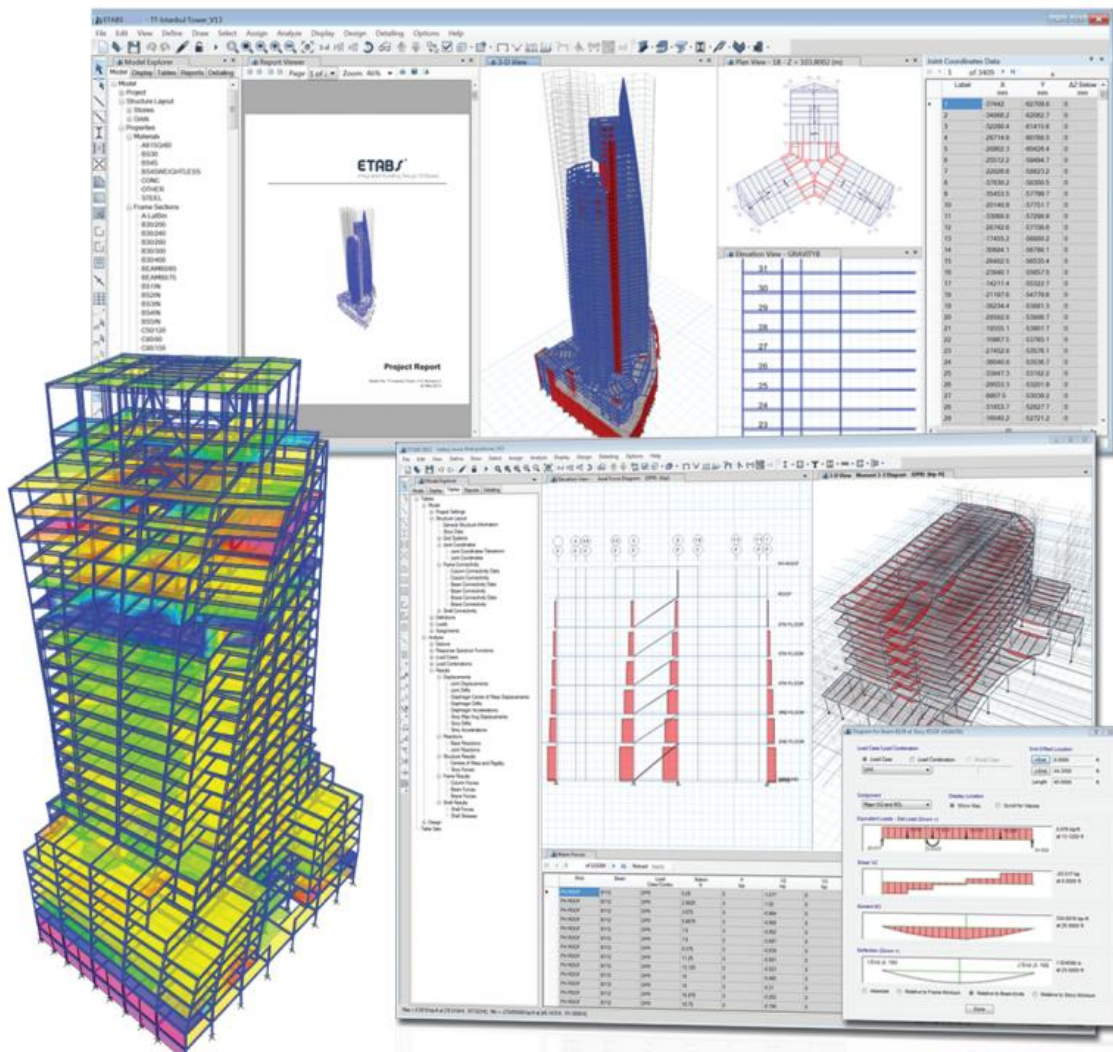
Desde el inicio del modelado de la edificación hasta la elaboración de los diseños y detalles constructivos, ETABS integra todas las etapas necesarias para el dimensionamiento estructural. A pesar de la complejidad habitual en la creación de modelos, esta plataforma ofrece comandos de diseño intuitivos que agilizan la generación de plantas y elevaciones estructurales de forma eficiente y precisa. Con las últimas actualizaciones y versiones los diseños CAD se convierten directamente en modelos ETABS también estas pueden utilizarse como plantillas para posterior a ello se pueda realizar el modelado. El programa ETABS permite realizar el dimensionamiento de estructuras de concreto armado y metálicas, así como de elementos mixtos como vigas y columnas compuestas, además de muros de concreto y mampostería. El modelado puede efectuarse de manera realista, y los resultados obtenidos se representan directamente sobre la estructura, facilitando su interpretación y análisis. Este software permite generar informes claros y fácilmente interpretables para cualquier análisis realizado sobre el modelo estructural. Para estructuras de acero y concreto

armado, se pueden generar esquemas del diseño, cuadros resumen de las armaduras, tablas con información precisa sobre los perfiles y conexiones dimensionadas, además de detalles constructivos de los elementos estructurales y sus respectivos cortes.

ETABS en el mundo de la ingeniería civil proporciona un conjunto de herramientas que permiten modelar y dimensionar estructuras, Desde edificaciones de un solo nivel hasta torres de gran altura, este software ha mantenido, desde su primera versión, sus características esenciales, ofreciendo a los usuarios una herramienta tecnológicamente avanzada y altamente eficiente en términos de productividad.

Figura 8.

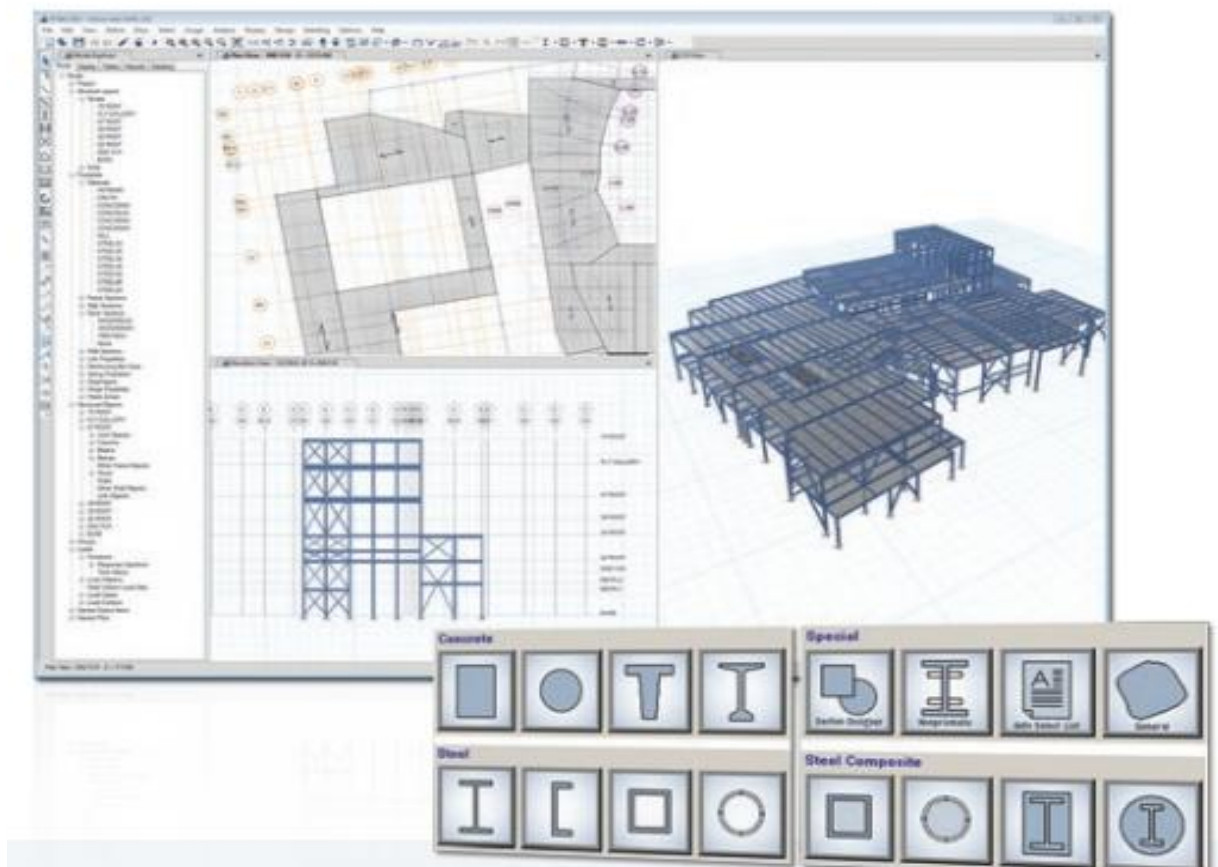
Interfaz del Software Etabs



Nota: En la imagen se aprecia la interfaz del software Etabs para la interacción pertinente con el usuario, para realizar el modelamiento de diferentes modelos estructurales, por (CSI Sapin,2024)

Figura 9.

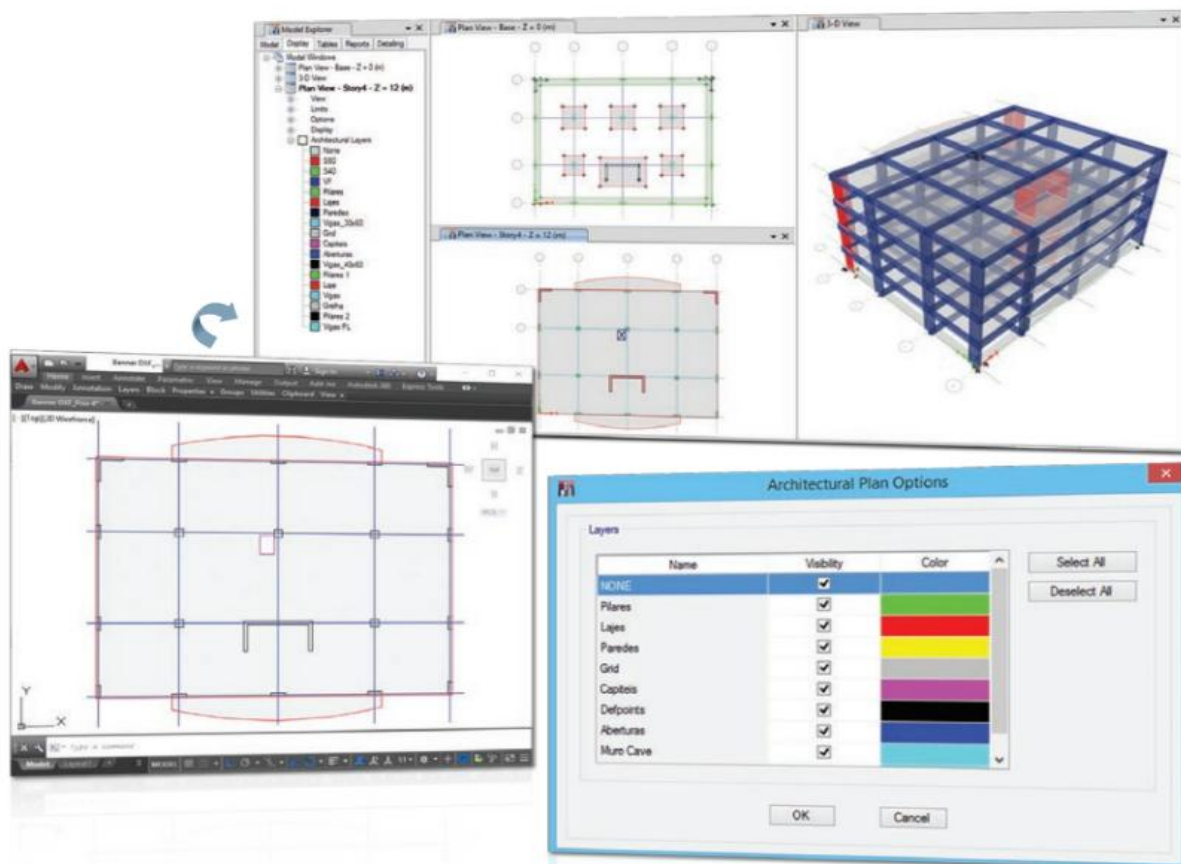
Herramientas para Modelado de Secciones de Vigas, Columnas, Losas, etc.



Nota: En la imagen se visualiza la importación de plano en planta de AutoCAD al software Etabs con la finalidad de optimizar el modelado de estructuras , por Sapin,2024

Figura 10.

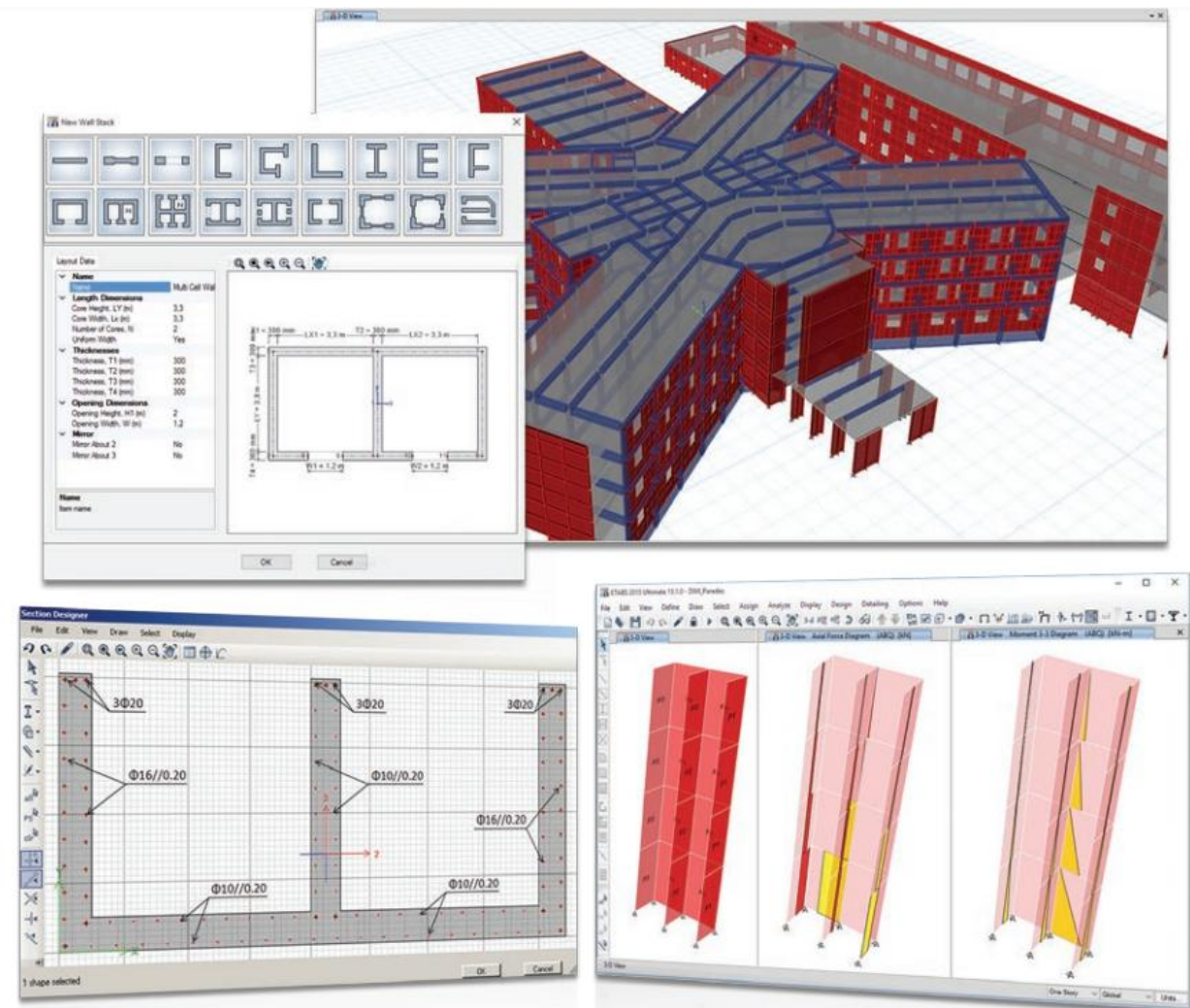
Dimensionamiento de Secciones en Planta y 3D



Nota: En la presente imagen se muestra el interfaz de modelamiento de secciones, que componen las estructuras ya sea en planta y elevación en 3d por software Etabs

Figura 11.

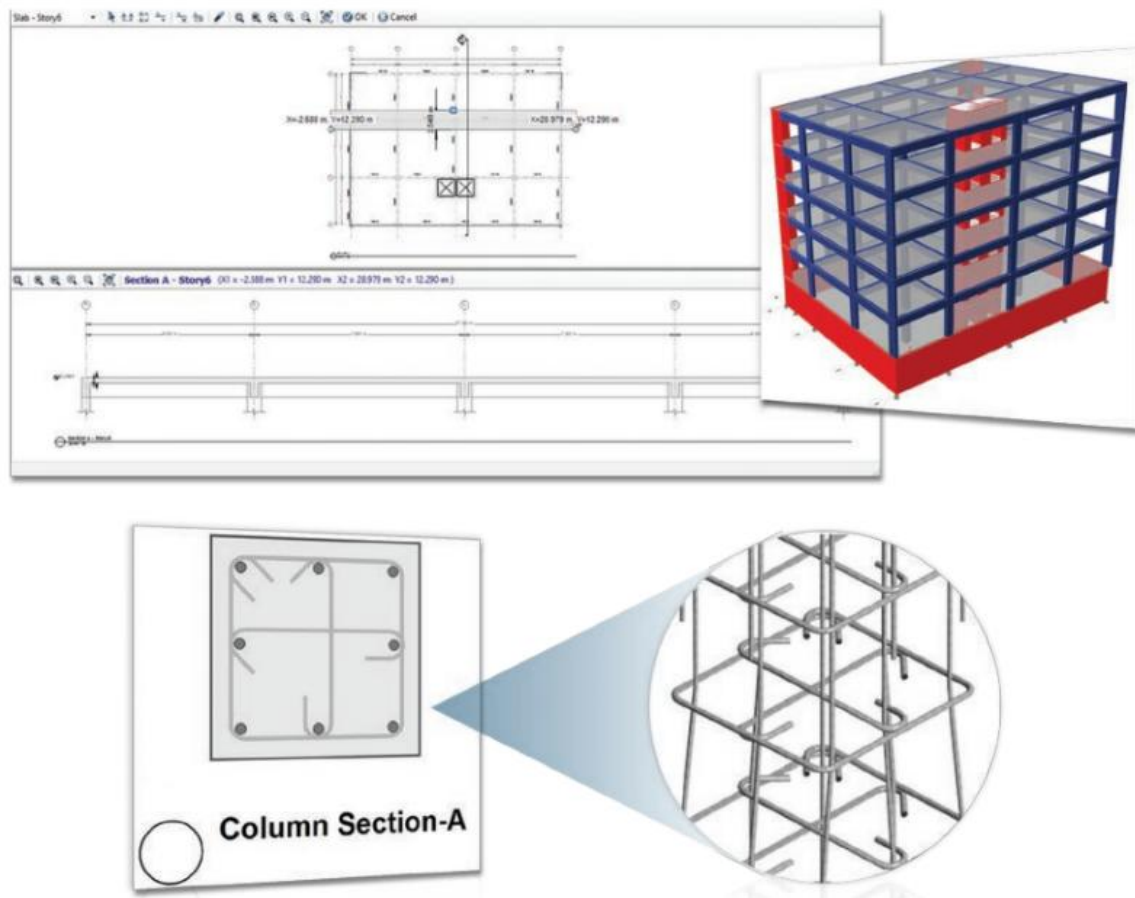
Dimensionamiento de Secciones tipo Wall Sections



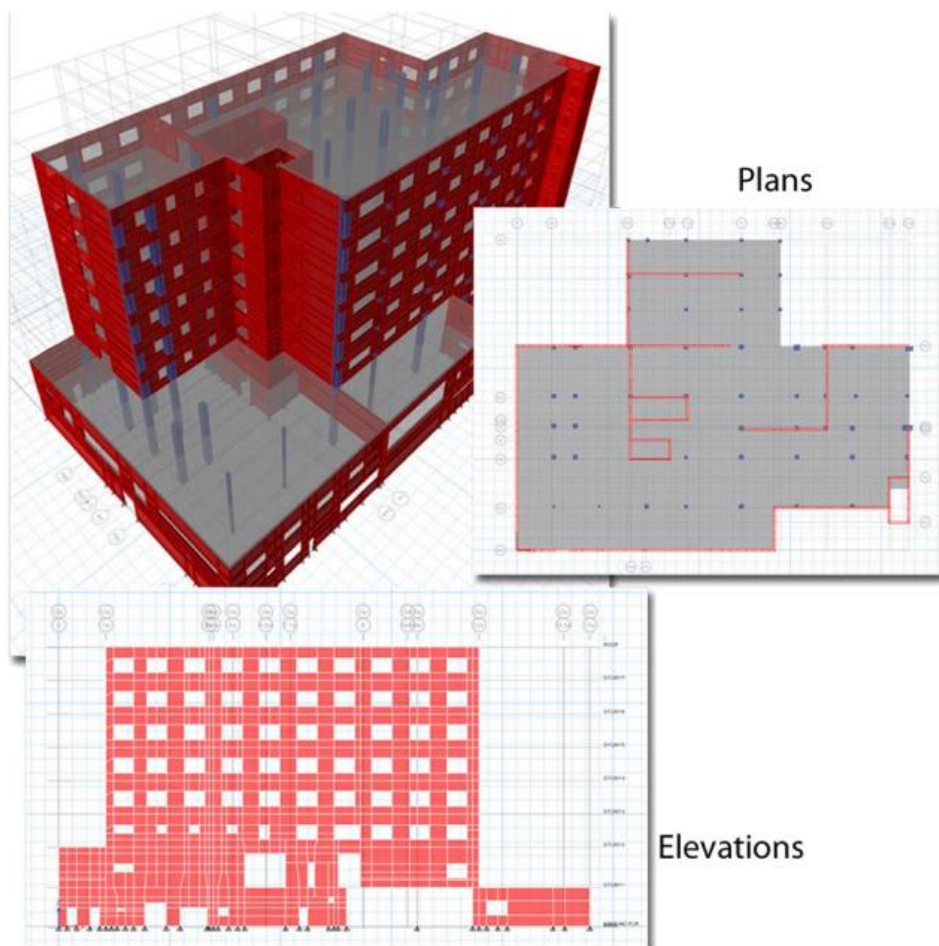
Nota: En la gráfica se muestra la interfaz de dimensionamiento de muros o placas de elementos estructurales que se requieran analizar o evaluar así como la vista tridimensional de software Etabs, por (CSI,2020)

Figura 12.

Detalle de Secciones de Elementos Estructurales



Nota: La ilustración muestra la vista tridimensional de la distribución de acero en los elementos estructurales como: vigas, columnas, etc. software Etabs, por (CSI,2020)

Figura 13.*Vistas en Planta, Elevación y 3D*

Nota: La ilustración muestra vista en planta y elevación de un modelo estructural el cual se pretende analizar según la necesidades de estudio, por (CSI,2020)

➤ **Aporte de ETABS en la ISE**

El software mencionado líneas arriba constituye una herramienta de gran relevancia en el análisis estructural moderno, al posibilitar la evaluación aproximada de la (ISE) mediante la incorporación de la flexibilidad del terreno en los apoyos de cimentación. Este enfoque contrasta con los modelos tradicionales de base rígida, ofreciendo una representación más fiel del

comportamiento real de las edificaciones frente a cargas estáticas y dinámicas (Computers and Structures, Inc. [CSI], 2023).

A través de la implementación de resortes elásticos o del uso del módulo de balasto (subgrade modulus), ETABS permite representar el carácter deformable del suelo ante las cargas transmitidas por la estructura. Tal modelación, basada en la teoría del medio elástico lineal tipo Winkler, posibilita obtener una respuesta estructural más realista, en la cual se considera la interacción entre la rigidez de la cimentación y las propiedades mecánicas del terreno (Bowles, 2015).

➤ **Representación de la rigidez del suelo**

El programa permite definir constantes de rigidez vertical, horizontal y rotacional que reflejan la capacidad portante y la deformabilidad del terreno. Este procedimiento facilita el análisis de asentamientos diferenciales, distribución de presiones de contacto y reacciones reales en los apoyos, aspectos que son esenciales para evaluar las estructuras (Das & Sobhan, 2018).

➤ **Análisis de los efectos dinámicos**

La incorporación de la flexibilidad del suelo en el modelo estructural modifica de manera significativa la respuesta dinámica global. En particular, influye en los periodos naturales de vibración, las formas modales y la demanda sísmica de la edificación. Considerar estos efectos permite estimar de forma más precisa las fuerzas internas y las deformaciones que se desarrollan durante la acción sísmica (Kramer, 1996).

➤ **Modelación de losas o zapatas mediante muelles distribuidos**

Mediante la herramienta Area Springs, ETABS posibilita modelar losas de cimentación apoyadas sobre un medio elástico continuo. Este método reproduce el

comportamiento del terreno ante cargas verticales y horizontales, permitiendo una aproximación más detallada en el estudio de cimentaciones superficiales sometidas a esfuerzos variables (CSI, 2023).

➤ **Integración con el análisis estructural global**

Una ventaja adicional de ETABS es la posibilidad de integrar los efectos del suelo dentro del análisis estructural completo, lo cual facilita observar cómo la deformabilidad del terreno altera los esfuerzos en columnas, muros y vigas, y cómo influye en el comportamiento general del sistema resistente. Esta integración permite realizar evaluaciones más precisas del desempeño estructural y optimizar los diseños en función de las condiciones reales del subsuelo.

➤ **Consideraciones finales**

En síntesis, el aporte principal de ETABS en el estudio de la ISE radica en su capacidad para incorporar la flexibilidad del terreno dentro del modelo estructural, mejorando así la representación del comportamiento real de la edificación y posibilitando una evaluación más rigurosa de los esfuerzos, asentamientos y condiciones de estabilidad.

No obstante, dado que el modelo se basa en el método de Winkler y asume un comportamiento elástico y lineal del medio, sus resultados deben interpretarse con cautela. En casos donde el suelo presenta características no lineales, anisotrópicas o heterogéneas, se recomienda complementar el análisis con estudios geotécnicos especializados que permitan una descripción más precisa del subsuelo (Das & Sobhan, 2018; Kramer, 1996).

3.3. Definición de términos

➤ **Bloque A del centro de salud Tamburco:**

Representa una parte del proyecto donde se realizará el presente estudio de tesis.

➤ **interacción suelo estructura:**

Implica considerar el comportamiento elástico del suelo, partiendo del supuesto de que este no es completamente rígido como comúnmente se asume en muchos análisis estructurales, sino que posee cierta capacidad de amortiguamiento y puede disipar parte de la energía transmitida por un sismo (Avilés, 1999)

➤ **Análisis estático:**

Este método representa la acción sísmica mediante un sistema de fuerzas horizontales aplicadas en los centros de masa de cada nivel, orientadas en direcciones perpendiculares. Dichas fuerzas se calculan distribuyendo la cortante total en la base de la estructura, la cual ha sido determinada previamente según los parámetros definidos con anterioridad. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021)

➤ **Análisis dinámico:**

En este tipo de evaluación, las normativas permiten emplear tanto el Análisis Modal Espectral como el Análisis Tiempo-Historia, considerando que ambos son apropiados para diferentes tipos de edificaciones. El Análisis Modal Espectral, que suele ser el más comúnmente aplicado, se basa en la utilización de fuerzas sísmicas obtenidas a partir de un espectro de aceleraciones. (Gallegos Vicente, 2018, pág. 17).

➤ **Sismo:**

Es un fenómeno natural que consiste en un movimiento brusco y breve de la superficie terrestre, provocado por la liberación de energía interna acumulada en las capas de la corteza, la cual se dispersa a través de ondas sísmicas que se propagan en distintas direcciones. (Masias Vazquez, 2015)

➤ **Riesgo Sísmico:**

“Corresponde al nivel de pérdidas anticipadas ante la ocurrencia de un sismo, el cual depende tanto del grado de amenaza sísmica como de la vulnerabilidad de la edificación o sistema expuesto”. (Masias Vazquez, 2015)

➤ **Coeficientes de rigidez:**

“El coeficiente de rigidez representa la fuerza inducida al aplicar desplazamientos unitarios a los grados de libertad de un sistema estructural.” (Garro et al, 2020, pág. 15)

➤ **Rigidez traslacional:**

“La rigidez traslacional está vinculada a cada grado de libertad del sistema. En el caso de zapatas aisladas, dicha rigidez se representa mediante resortes concentrados situados en la interfaz entre la columna y la cimentación (Garro et al, 2020, pág. 15)

➤ **Rigidez rotacional:**

“Se entiende como el momento requerido para generar una rotación unitaria en una conexión o unión” (EN1993 1-8, 2005).

➤ **Derivas de entrepiso:**

“La deriva o distorsión de entrepiso se refiere a la diferencia entre el desplazamiento horizontal relativo que se produce entre dos pisos adyacentes de una estructura y la altura del entrepiso que los separa.”. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021)

➤ **Fuerza cortante:**

La fuerza cortante es la suma algebraica de todas las cargas externas perpendiculares al eje longitudinal de una viga (u otro elemento estructural), aplicadas en uno de los lados de la sección en estudio. Se considera positiva cuando el segmento a la izquierda de la

sección tiende a desplazarse hacia arriba en relación con el segmento a la derecha. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021)

➤ **Momento de inercia:**

El momento de inercia representa cómo está distribuida la masa de un cuerpo o sistema de partículas respecto a un eje de rotación. Este parámetro cumple una función similar a la de la masa en el movimiento lineal, ya que define la oposición del objeto a variaciones en su movimiento rotacional. (Villarreal Castro, 2006)

➤ **Masa:**

Corresponden a las distintas configuraciones de distribución de masa en la estructura, originadas por la presencia de cargas permanentes y temporales. En los análisis dinámicos, es fundamental considerar tanto las masas traslacionales en los sentidos “X”, “Y” y “Z” como las masas rotacionales en esos mismos sentidos. Estos valores suelen estar condicionados por la geometría del sistema de cimentación, ya sea mediante plateas o zapatas aisladas. (Villarreal Castro, 2006).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

➤ Método

El método deductivo se basa en partir de principios generales para llegar a conclusiones específicas. En este enfoque, la norma comienza con el análisis de teoremas, leyes, postulados y principios de validez universal y comprobada, los cuales se aplican posteriormente a la resolución de casos o situaciones particulares. (Bernal, 2010). En esta parte podemos afirmar que la norma de nuestra tesis es de tipo deductivo, ya que la presente tesis inicia de datos generales como la aplicación de teoremas para llegar a una conclusión en particular, en este caso el análisis de los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov y norma Rusa en los componentes estructurales.

Por otra parte, la presente tesis adopta un enfoque cuantitativo., Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), nos indican que “El enfoque cuantitativo se orienta a la obtención de datos medibles con el fin de poner a prueba hipótesis previamente formuladas. Para ello, recurre a técnicas de medición numérica y procedimientos estadísticos que permiten detectar regularidades, establecer relaciones entre variables y confirmar o refutar teorías con base en evidencia objetiva.” (p. 7). Debido a todo ello nuestra tesis pertenece al tipo cuantitativo, ya que el estudio inicia con una idea respaldada por cuestionamientos y objetivos, basándose en teorías y metodologías que permiten solucionar problemas de la interacción existe entre el suelo y la estructura.

➤ Tipo de tesis

Aplicada, “La tesis aplicada tiene como objetivo principal dar solución a un problema o planteamiento concreto, centrándose en la búsqueda, sistematización y aplicación del conocimiento, contribuyendo así al fortalecimiento del desarrollo científico y cultural. (Castro et al., 2023, pág. 15)

- Por esta razón, la presente tesis adopta una orientación aplicada, ya que tiene como propósito utilizar los conocimientos concebidos para abordar y dar solución a los problemas definidos a lo largo del desarrollo del estudio.

- **Nivel o alcance de la tesis**

Explicativo, “Se trata de una investigación con enfoque explicativo, la cual no solo busca describir o aproximarse al problema de estudio, sino también identificar sus causas. Para ello, primero se caracterizan las particularidades del fenómeno analizado y, posteriormente, se establece la relación causal entre las variables involucradas.” (Prieto, 2017). Por tanto, el nivel de esta tesis es explicativo, ya que se enfocará en analizar los efectos que generan los modelos de interacción suelo-estructura Barkan-Savinov, la normativa rusa y la norma FEMA 440 sobre los componentes estructurales.

- **Diseño de la tesis**

El diseño se entiende como la estrategia o plan metodológico formulado con el fin de recopilar la información necesaria para abordar el problema de investigación. Este puede clasificarse, en términos generales, en dos grandes categorías: El diseño experimental abarca distintos enfoques, entre ellos el preexperimental, el cuasiexperimental y el experimental puro, cada uno con distintos niveles de control sobre las variables y la manipulación de los factores involucrados. Por otro lado, el diseño no experimental comprende métodos como el transversal descriptivo, el explicativo longitudinal y el diseño bibliográfico, entre otros, los cuales se caracterizan por observar y analizar los fenómenos sin intervenir directamente en ellos, permitiendo así estudiar relaciones y comportamientos en su contexto natural. (Cutipa, Velazquez, 2023)

En consecuencia, la presente tesis adopta un diseño cuasiexperimental, dado que se propone manipular la variable independiente con el propósito de analizar su efecto y la relación que mantiene con la variable dependiente.

4.2. **Ámbito temporal y espacial**

➤ *Temporal*

La elaboración de esta tesis se desarrolló durante los periodos comprendidos entre los años 2024-2025.

➤ *Espacial*

La presente tesis propuesta se desarrolló en la AV. Tupac Amaru del distrito de Tamburco provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

4.3. **Población y muestra**

➤ *Población*

“Una población se refiere a un grupo de individuos y elementos que comparten una serie de características y especificaciones específicas.” (Hernández et al.,2014, pág. 174), “En consecuencia, las poblaciones deben definirse con precisión entorno a sus características específicas de contenido, ubicación geográfica y periodo temporal.” (Cantoni Rabolini, 2009)

La población de la presente tesis está referida al bloque A del centro de salud Tamburco Abancay Apurímac

➤ *Muestra*

Ñaupas et al., (2014) describe a la muestra como un segmento seleccionado de manera intencional dentro de una población, el cual conserva las características esenciales que representan al conjunto total. Esta elección deliberada posibilita extrapolar los resultados obtenidos y formular conclusiones generales con un alto grado de fiabilidad” (pág. 247)

Por ende, en la presente tesis la muestra está dada por los componentes estructurales del bloque A del centro de salud Tamburco-Abancay Apurímac.

4.4. **Instrumentos**

➤ **Instrumentos**

Instrumento “Se puede entender como una herramienta clave que usa el investigador para apuntar datos e información sobre los distintos aspectos que está estudiando. (Hernández et al.2014, pág. 200 n esta tesis, se pone en práctica una guía para el análisis de documentación técnica. Esta herramienta se usa sobre todo para juntar documentos técnicos. Los datos se sacan de sitios web de confianza o que están indexados en bases de datos como Scopus, Scielo y Alicia. y otras investigaciones de pregrado, postgrado, bibliografías como las norma E.30 y E060 entre otras investigaciones referente a la tesis desarrollada. Así mismo para los registros de datos se utilizan formatos las cuales son anexadas en los capítulos siguientes.

También, es necesario mencionar que se hace uso del Software ETABS. Este instrumento se utilizó principalmente para llevar a cabo el modelado estructural, aplicando la técnica de los elementos finitos como herramienta central en el análisis estructural requerido para conseguir los objetivos definidos en la tesis. Además, posibilita la integración de las fórmulas correspondientes a la interacción suelo-estructura, para posteriormente calcular cada una de ellas. Finalmente se hace uso del Excel como instrumento principal.

➤ **Técnicas**

Según Callejo Gallego (2002) La técnica de observación directa constituye un método de recolección de datos basado fundamentalmente en la observación del objeto de estudio en su contexto natural y específico. Esta modalidad requiere que el entorno no sea modificado ni intervenido, ya que cualquier alteración podría comprometer la validez de la información obtenida, afectando la veracidad de los resultados. (pág. 3)

Este método se usa en casos en los que otros medios, como son las encuestas, los cuestionarios, y otros, no sean factibles de aplicar en nuestra tesis. De lo mencionado, se podría decir que la técnica para en la presente tesis para la recopilación de información es la observación directa, debido a que esto inicia con la recopilación de información de normas,

investigaciones entre otros, para posterior a ello observar y verificar el comportamiento del componente estructural mediante la aplicación de la Interacción Suelo Estructura con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov. Norma Rusa y la norma FEMA 440.

4.5. Procedimientos

El investigador hace uso de recursos materiales con el propósito de registrar de manera precisa la información vinculada a las variables que se estudian. El cual permite ejercer un control de calidad sobre todo los datos recolectados, garantizando de que dichos datos sean confiables y asegurando que los resultados obtenidos reflejen con exactitud la realidad investigada. (Silvestre Miraya & Huaman Nahula, 2019)

El procesamiento de la información se realizó de acuerdo las teorías que consignan los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, así como las teorías de normativas del reglamento nacional de edificaciones, posteriormente la evaluación del modelo se analizó haciendo uso del software Microsoft Excel y Etabs. Presentando de esta manera tablas y gráficos estadísticos para observar y determinar los objetivos plasmados los cuales serán comprobados mediante las hipótesis propuestas.

4.6. Análisis de datos

Para el procesamiento de la información conforme a los requerimientos de la tesis, se utilizaron los softwares detallados en el apartado 4.5, integrando en ellos los datos recolectados durante la investigación del expediente técnico de obra para cumplir los objetivos que se consignan en la presente tesis, obteniendo así los parámetros de coeficientes de rigidez, modos de vibración, derivas de piso y desplazamientos, fuerza cortante y verificación de área de sección y acero en vigas.

4.7. Consideraciones éticas

➤ **Honestidad:**

La presente tesis fue concebida a partir del problema detectado en el área de estudio. La recolección y tratamiento de los datos se llevarán a cabo en función del análisis de los materiales presentes en dicho entorno, lo que respalda la originalidad del trabajo y su vinculación directa con las condiciones reales del objeto de investigación.

➤ **Responsabilidad:**

La presente tesis se desarrollará acorde al cronograma que se plantee, los instrumentos, teorías y normas para realizar la interacción suelo estructura en el edificio a estudiar se cumplirán fielmente para obtener los datos.

➤ **Ética normativa:**

“La redacción de esta tesis se sustenta en los lineamientos definidos por el reglamento del Comité de Ética de Tesis de la Universidad Tecnológica de los Andes, asegurando el cumplimiento de los principios éticos relacionados con la integridad académica, la responsabilidad investigativa y el respeto por los participantes y las fuentes utilizadas a lo largo del estudio.” (Universidad Tecnológica de los Andes, 2019).

➤ **Ética profesional:**

“La ética profesional constituye un componente esencial de la cultura profesional, entendida como el sistema integrado de conocimientos, convicciones, valores y patrones de conducta que guían y regulan el ejercicio de las actividades dentro del ámbito profesional.” (Yuren, 2013, pág. 1). En la presente tesis se empleó conocimientos, teorías que se adquirieron durante la formación profesional y los resultados que se obtengan así influya negativamente o positivamente en la tesis serán mostrados tal cual se obtenga.

V. Resultados y discusión

Resultados

Se realizó el procedimiento para determinar los efectos de los modelos dinámicos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, Norma Rusa y la Norma FEMA 440 en los componentes estructurales del bloque A del centro de salud de Tamburco.

Procedimiento de análisis

Descripción del objeto de estudio

Arquitectura:

El bloque A en estudio corresponde al tipo de edificación, edificaciones esenciales de categoría A establecimientos del sector salud, el cual ocupa un área construida de 434.40 m² en el eje x con una longitud de 36.20 m y eje y con una longitud de 12.00 m, así mismo cuenta con 6 pisos, el primer piso está diseñado para la transitabilidad peatonal y moverse a los diferentes pisos, sshh, cocina, almacenes, comedores y cuartos de limpieza, el segundo nivel está destinado a circulación de accesos, UPSS consulta externa, UPS sala de uso múltiples y residencia de personal, el tercer nivel está destinado a circulación de accesos, AADS urgencias y emergencias, UPSS patología clínica y AADS patología y radiología, el cuarto nivel está destinado a circulación de accesos, AADS gestante en periodo de parto y AADS desinfección y esterilización, el quinto nivel está destinado a circulación de accesos, AADS internamiento y UPSS farmacia, finalmente el sexto nivel está destinado a circulación de espacios, AADS salud familiar y comunitaria, AADS vigilancia epidemiológica, UPS administración y UPS gestión de la información.

Los niveles de piso terminado están dados según la siguiente tabla.

Tabla 13.*Niveles de Piso Terminado del Proyecto*

Niveles	NPT
Primer piso	N.P.T + 4.00
Segundo piso	N.P.T +8.00
Tercer piso	N.P.T +12.00
Cuarto piso	N.P.T +16.00
Quinto piso	N.P.T +20.00
Sexto piso	N.P.T +22.60

Nota: La tabla muestra los niveles de piso terminado del bloque A del centro de salud Tamburco, Abancay Apurímac, el cual es el objeto de estudio de la presente tesis, elaboración Propia

Estructuras:

La edificación se compone de elementos estructurales que pertenecen a un sistema basado en muros de concreto armado, los cuales cumplen la función principal de resistir y distribuir las cargas a lo largo de toda la estructura.

Los componentes estructurales del objeto de estudio están conformados por; zapatas vigas de cimentación, placas, columnas y losa.

Se tienen 8 tipos de zapatas de siguientes dimensiones.

Tabla 14.*Tipos de Zapata del Bloque A del Proyecto*

ZAPATA	A(m)	B(m)
Z-1	3.60	4.20
Z-2	3.20	3.20
Z-3	2.90	3.60
Z-4	3.00	3.80
Z-5	3.00	8.60
Z-6	4.65	10.10
Z-7	3.40	6.40
Z-8	2.80	5.20

Nota: la tabla muestra las dimensiones de los tipos de zapatas planteadas en el objeto de estudio, Elaboración Propia

- Se tienen columnas C1 de 60x60cm, C2 de 30x100cm y C3 de 40 x120 cm.
- Se tiene losa maciza cuyo espesor $e=20$ cm.
- Se tienen vigas de cimentación de 0.45x0.70 en todos sus ejes.

Parámetros Sísmicos

➤ **Zonificación**

Los parámetros sísmicos que se muestran fueron obtenidos de acuerdo a la figura N°6 de esta tesis el cual pertenece a la Norma E.030.

$$Z = 0.25$$

➤ **Condición geotécnica**

Según los datos obtenidos del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), contenidos en el expediente técnico del proyecto, se identifica un perfil de tipo S2, correspondiente a suelos

intermedios. Los valores asociados a este perfil se detallan en la Figura N.º 7 de la presente tesis.

➤ **Parámetros de sitio**

Se determina a partir de la Figura N.º 8 de esta tesis, el cual corresponde a lo establecido en la Norma E.030. Este factor varía en función de la zona sísmica y del tipo de estrato del suelo identificado. Por su parte, los períodos característicos T_p y T_l se extraen de la Figura N.º 9, también basada en la Norma E.030, y su valor está condicionado por las propiedades del perfil de suelo presente en el área de estudio.

$$T_p(s) = 0.6$$

$$T_l(s) = 2.0$$

➤ **Categoría de la edificación y el factor de uso (U)**

Los valores de categoría de edificación, así como el factor de (U), se determinan a partir de la Figura N.º 10 de la presente tesis, en conformidad con lo dispuesto por la Normativa E.030. Estos parámetros permiten clasificar la estructura según su importancia y función, influenciando directamente en el nivel de seguridad sísmica requerido para su diseño.

- Tipo de edificación: Edificaciones esenciales
- Categoría: A

$$U = 1.5$$

➤ **Sistema estructural**

El sistema estructural fue definido conforme a lo indicado en la Figura N.º 12 de la presente tesis, la cual presenta los lineamientos establecidos por la Normativa (E.030) de Diseño Sismorresistente

En la dirección X - X de la estructura:

- Material: Concreto armado

- Sistema estructural: Muros estructurales
- Coeficiente básico de reducción (R_0): 6.00

En la dirección Y - Y de la estructura:

- Material: Concreto armado
- Sistema estructural: Muros estructurales
- Coeficiente básico de reducción (R_0): 6.00

$$R_x = R_y = 6$$

➤ **Factor de irregularidad en altura (I_a) y en Planta (I_p)**

El objeto de estudio no presenta irregularidades ni en planta ni en altura, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Norma E.030. Tal como se muestra en la Figura N.º 11 de esta tesis, dicha normativa establece restricciones específicas sobre las irregularidades estructurales permitidas, considerando tanto la categoría de la edificación como la zona sísmica en la que se localiza. Esto asegura que la estructura analizada tenga un comportamiento adecuado frente a sollicitaciones sísmicas, favoreciendo su estabilidad y seguridad.

(I_a): 1

(I_p): 1

➤ **Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)**

se determinó según lo consignado en la Normativa E.030 de Diseño Sismorresistente, aplicando la fórmula correspondiente que considera factores como el tipo de sistema estructural, el nivel de ductilidad y la configuración de la edificación. $R = R_0 * I_a * I_p$

$$R = 6$$

Modelo estructural

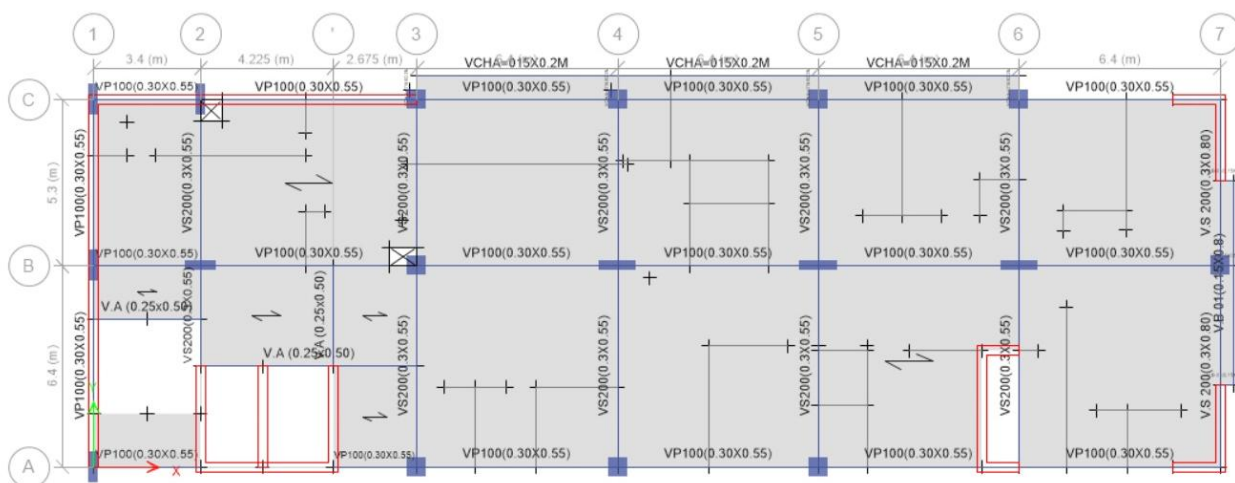
Se desarrolló el modelado matemático de la estructura de concreto armado del Bloque A del centro de Salud de Tamburco, para ello se hace uso del Software ETABS vs

20.3.0, el modelado se realizó acorde las propiedades de las secciones según consignan los planos de arquitectura y estructura del expediente técnico de obra.

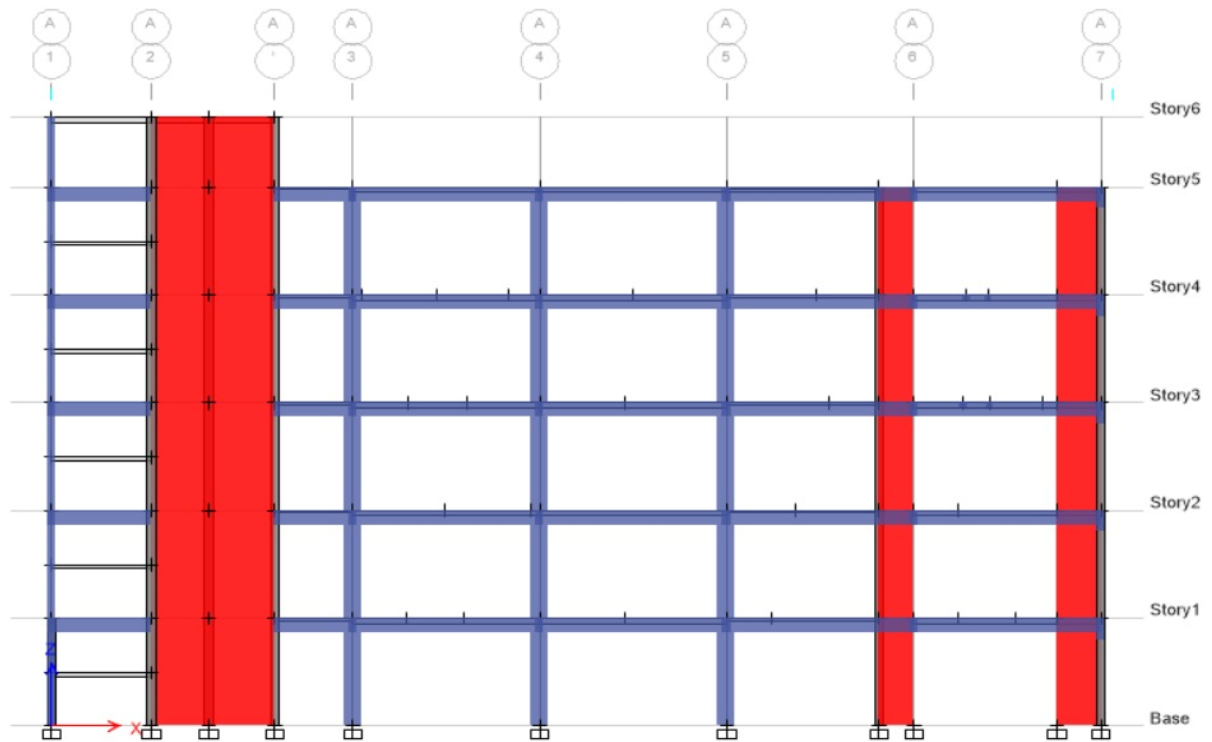
A continuación, se presentan las vistas del modelo estructural correspondiente al Bloque A del centro de salud, el cual fue desarrollado utilizando el software ETABS versión 20.3.0. Estas imágenes permiten visualizar la configuración general de la estructura, así como la distribución y disposición de sus elementos estructurales principales.

Figura 11.

Visualización en Planta del Proyecto



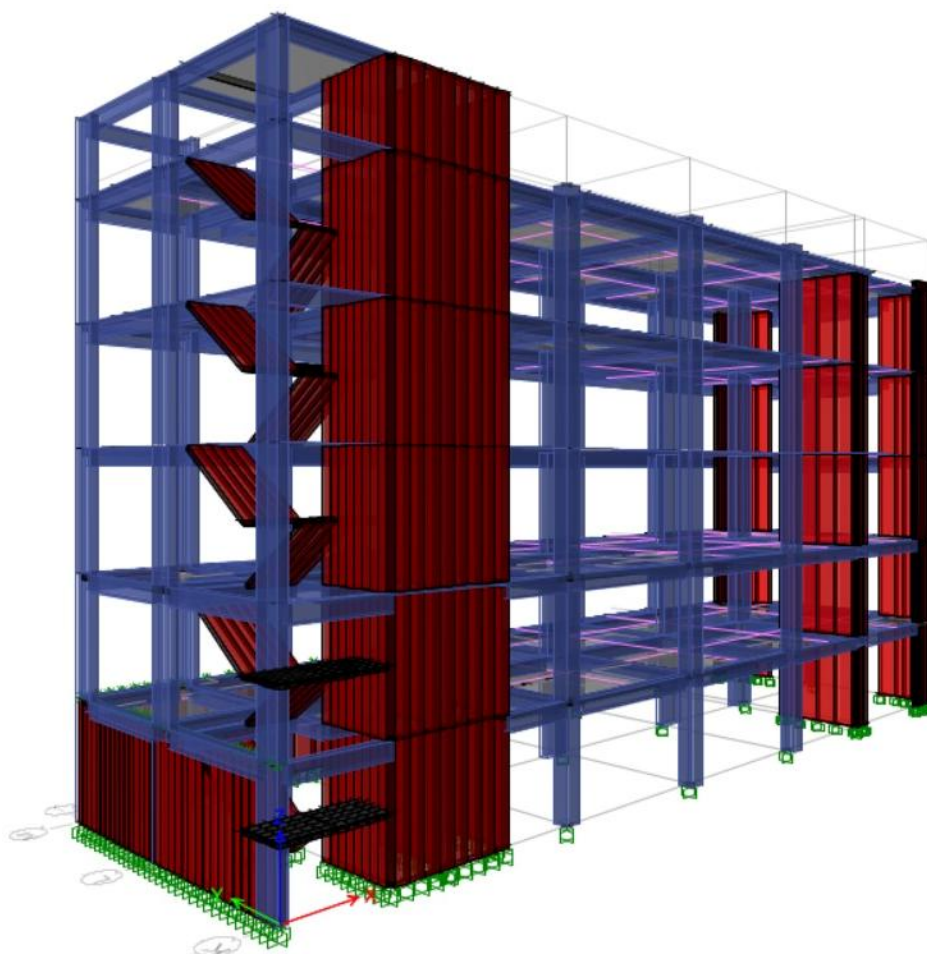
Nota: En la imagen se muestra el modelado en planta del bloque A del centro de salud de Tamburco-Abancay-Apurímac, Obtenido del Software Etabs Elaboración propia

Figura 12.*Elevación del Proyecto*

Nota: En la imagen se muestra el modelado en elevación del bloque A del centro de salud de Tamburco-Abancay-Apurímac, Obtenido del Software Etabs Elaboración propia

Figura 13.

Vista Tridimensional del Proyecto



Nota: En la imagen se muestra el modelado en vista tridimensional del bloque A del centro de salud de Tamburco-Abancay-Apurímac, Obtenido del Software Etabs Elaboración propia

Determinación del peso de la estructura

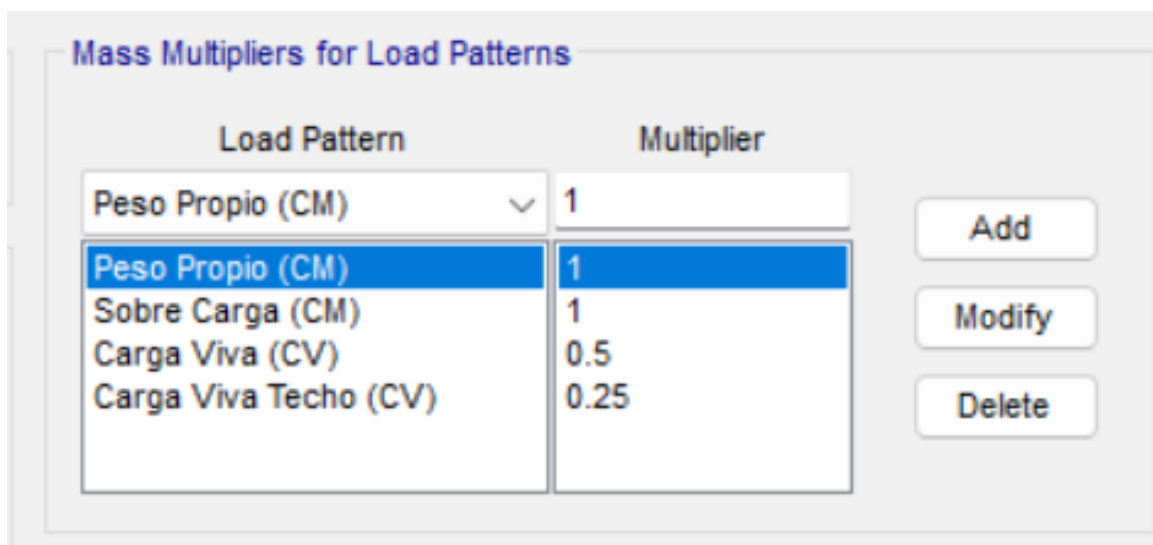
El peso (P) de la estructura se determinó con base en la suma de la carga permanente total más un porcentaje de la carga viva, siguiendo lo dispuesto en el artículo 26 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente. Este valor es fundamental para el cálculo de la fuerza sísmica, ya que permite estimar con mayor precisión la demanda sísmica que la edificación debe resistir, garantizando así un diseño estructural seguro y conforme a la normativa vigente. (E.030 Diseño sismorresistente).

Para obtener el peso de la estructura se tomó todas estas consideraciones y se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Peso de la edificación} = 100\%(\text{CM}) + 100\%(\text{SC}) + 50\%(\text{CV}) + 25\%(\text{CV techo})$$

Figura 14.

Estimación de Peso de la Estructura



Nota: la ilustración muestra las diferentes combinaciones de carga para la estimación del peso del objeto de estudio evaluado, obtenido del Software Etabs elaboración Propia

Mediante el programa ETABS vs 20.3.0 se determinó el peso sísmico de la edificación del Bloque A del centro de salud de Tamburco, teniendo en consideración que, para determinar el peso de la estructura, se multiplico la masa de entrepiso por la gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

Figura 15.*Peso de la Estructura por Niveles*

E Mass Summary by Story

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

	Story	UX tonf-s ² /m	UY tonf-s ² /m	UZ tonf-s ² /m
	Story6	4.04472	4.04472	0
	Story5	64.38369	64.38369	0
	Story4	67.02347	67.02347	0
	Story3	68.471	68.471	0
	Story2	66.81856	66.81856	0
	Story1	73.40222	73.40222	0

Nota: En la imagen se aprecia los resultados de estimación de peso para los seis niveles de acuerdo a lo indicado en la norma E030 teniendo en cuenta la categoría de edificación, obtenido del software Etabs, elaboración propia

Tabla 15.*Estimación de Peso de la Estructura*

(peso de edificio (masa de entre piso por niveles))				
N° piso	h	Masa tonf-s ² /m	Gravedad m/s ²	Peso (Tn)
6	2.6	4.04472	9.81	39.68
5	4	64.38369	9.81	631.60

(peso de edificio (masa de entre piso por niveles))				
N° piso	h	Masa tonf-s ² /m	Gravedad m/s ²	Peso (Tn)
4	4	67.02347	9.81	657.50
2	4	68.471	9.81	671.70
2	4	66.81856	9.81	655.49
1	4	73.40222	9.81	720.08
Σ Peso =				3376.05

Nota: el cuadro muestra el peso total estimado del bloque A del centro de salud Tamburco-Abancay-Apurímac, el cual será empleado en el análisis de los diferentes modelos dinámicos, Elaboración Propia

Análisis estático de la edificación

➤ Periodo Fundamental de la Edificación

El periodo natural de vibración de la estructura se obtiene del Software ETABS vs 20.3.0, para lo cual se definió 30 modos de vibración, de los cuales se consideran a aquellos periodos cuyas masas participativas traslacionales son mayores en el eje “x” así como en el eje “y”, Así mismo se considera el periodo cuya masa participativa rotacional sea mayor en el eje “z”.

Tabla 16.

Periodo de Vibración Análisis Estático

Caso	Modo	Periodo Seg.	Masa Participativa Traslacional y Rotacional			Sumatoria de Masa Participativa		
			UX	UY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
M. Estático	1	0.076	0.00004184	0.0003	0.0000201	0.0001	0.00001587	0.0000201
M. Estático	2	0.077	0.0003	0.00004184	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
M. Estático	3	0.485	0.4471	0.1628	0.0442	0.101	0.2598	0.0444
M. Estático	4	0.437	0.1646	0.515	0.0127	0.3766	0.3502	0.0571
M. Estático	5	0.319	0.0716	0.007	0.6105	0.3771	0.3767	0.6676
M. Estático	6	0.122	0.1487	0.0022	0.0112	0.3785	0.6494	0.6788
M. Estático	7	0.102	0.0019	0.1813	0.0001	0.7021	0.6518	0.6789
M. Estático	8	0.079	0.0192	0.0001	0.1512	0.7068	0.6938	0.8301
M. Estático	9	0.072	0.00002778	0	0.0001	0.7069	0.6938	0.8302
M. Estático	10	0.068	0.0006	0.000003243	0.0007	0.7069	0.6946	0.8309
M. Estático	11	0.06	0.0565	0.0001	0.0106	0.7069	0.7933	0.8415
M. Estático	12	0.045	0.0019	0.0695	0.0001	0.8519	0.797	0.8416

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Caso	Modo	Periodo	Masa Participativa Traslacional y Rotacional			Sumatoria de Masa Participativa		
			Seg.	UX	UY	RZ	SumRX	SumRY
M. Estatico	13	0.041	0.0269	0.0026	0.001	0.8586	0.858	0.8426
M. Estatico	14	0.038	0.0213	0.0003	0.0001	0.8592	0.9072	0.8427
M. Estatico	15	0.035	0.00002454	0.0002	0.0642	0.8593	0.9072	0.9068
M. Estatico	16	0.03	0.0368	0.0014	0.0017	0.8634	0.9944	0.9086
M. Estatico	17	0.028	0.0021	0.0326	0.0063	0.943	0.9996	0.9149
M. Estatico	18	0.025	0.00003159	0.0004	0.0029	0.9444	0.9997	0.9177
M. Estatico	19	0.025	0.000001514	0.000001764	0.0001	0.9444	0.9997	0.9179
M. Estatico	20	0.023	0.0001	0.0007	0.0169	0.9479	0.9997	0.9348
M. Estatico	21	0.021	0.0001	0.0105	0.0121	0.9723	0.9998	0.9469
M. Estatico	22	0.021	0.000001593	0.0057	0.0104	0.985	0.9999	0.9573
M. Estatico	23	0.021	0.00001566	0.0021	0.0039	0.9897	0.9999	0.9612
M. Estatico	24	0.021	0.0000103	0.0008	0.0011	0.9916	0.9999	0.9623
M. Estatico	25	0.02	0	0.0004	0.0012	0.9926	0.9999	0.9635
M. Estatico	26	0.02	6.781E-07	0.000001725	0.0009	0.9926	0.9999	0.9644

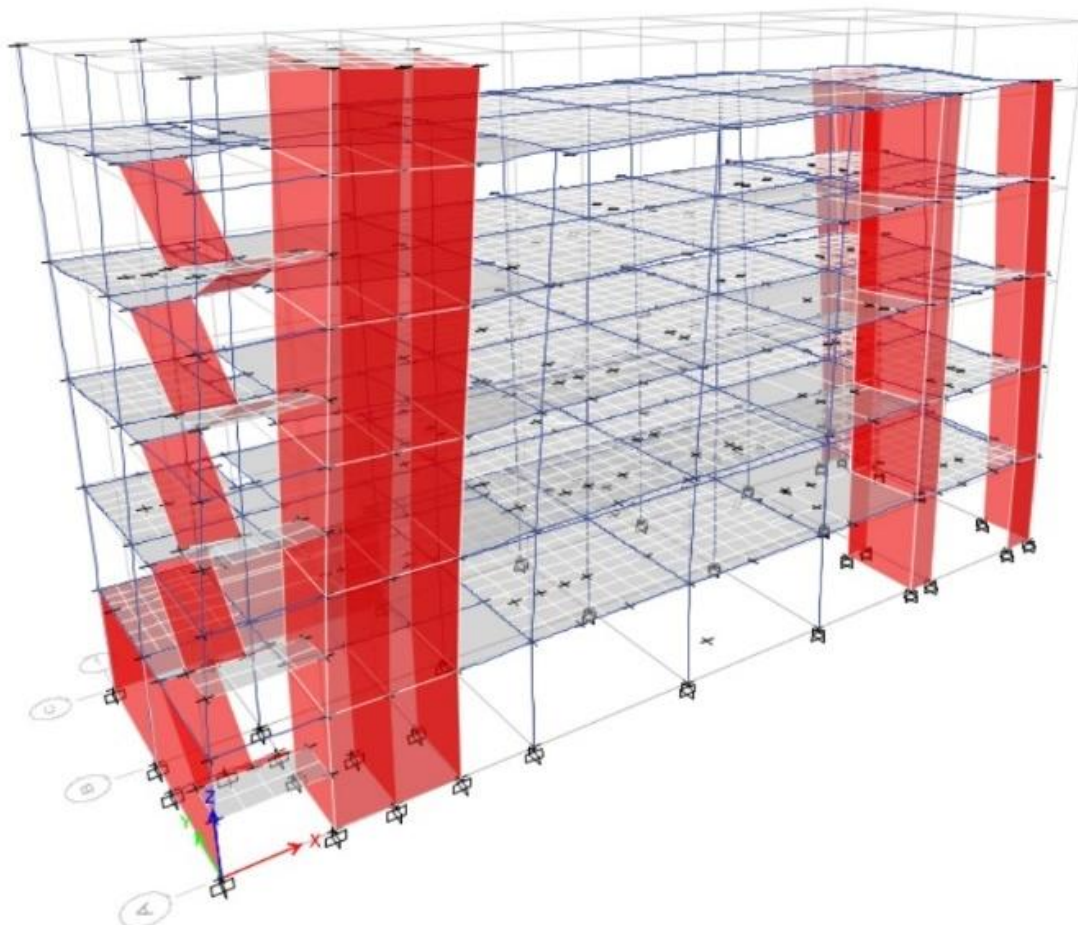
TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Caso	Modo	Periodo Seg.	Masa Participativa Traslacional y Rotacional			Sumatoria de Masa Participativa		
			UX	UY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
M. Estatico	27	0.019	0	0.00000714	0.0002	0.9926	0.9999	0.9646
M. Estatico	28	0.019	0.000003127	0.0023	0.0195	0.9969	0.9999	0.9841
M. Estatico	29	0.017	0	0	0	0.9969	0.9999	0.9841
M. Estatico	30	0.017	0	0	0	0.9969	0.9999	0.9841
%Masa Participativa						99.69%	99.99%	98.41%

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de los periodos de vibración en los ejes X-Y-Z para el análisis estático que se evaluó en el bloque A de centro de salud Tamburco-Abancay-Apurímac, en el que no se considera las propiedades dinámicas del suelo, elaboración propia

Figura 16.

Periodo de Vibración Traslacional X

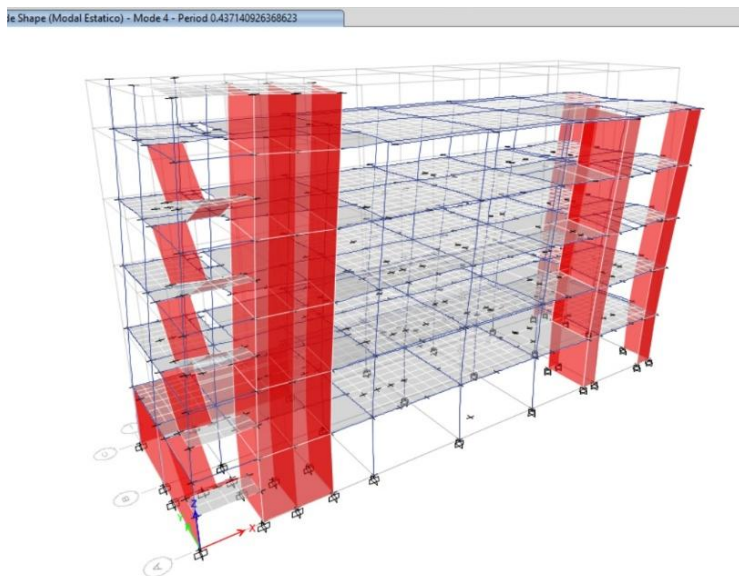
hape (Modal Estático) - Mode 5 - Period 0.318986598522765



Nota: Vista en 3d en dirección X, del periodo de vibración traslacional en el bloquea A del centro de salud Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

Figura 17.

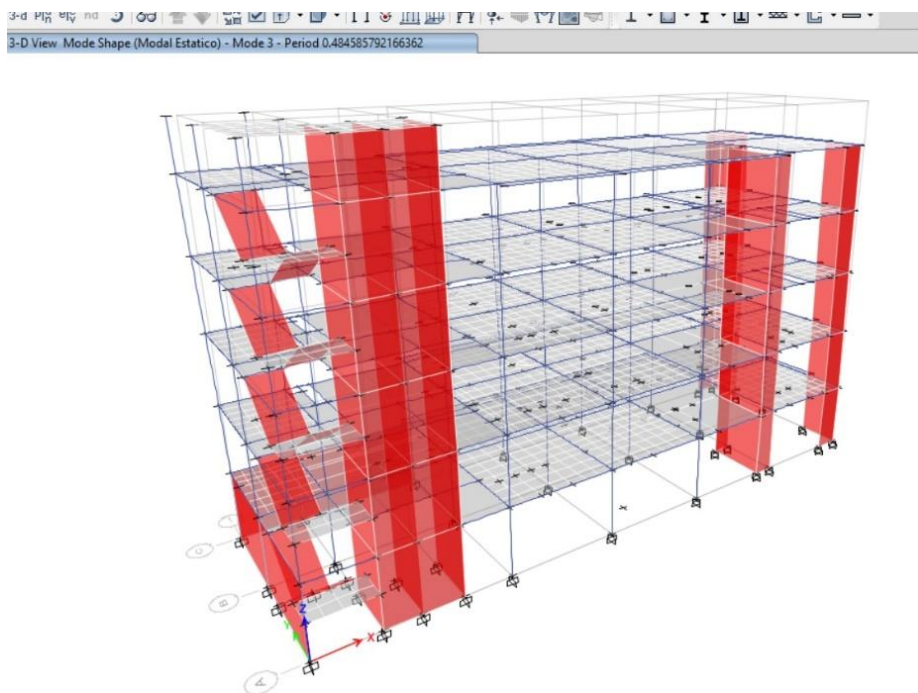
Periodo de Vibración Traslacional en dirección Y



Nota: vista en 3d en dirección Y, del periodo de vibración traslacional en el bloquea A del centro de salud Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

Figura 18.

Periodo de Vibración rotacional



Nota: vista en 3d en dirección Z, del periodo de vibración rotacional en el bloquea A del centro de salud Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

De los modos de vibración de la edificación se tiene los siguientes periodos:

Tabla 17.

Resumen de Periodos de Vibración X, Y y Z

Periodos de vibración de la Estructura			
Modo	X (Seg)	Y(seg)	Z (seg)
1	0.485	0	0
2	0	0.437	0
3	0	0	0.319

Nota: Resultado de periodos de vibración en los sentidos X, Y y Z, para el análisis estático sin consideración de la interacción suelo estructura, elaboración propia

De la tabla anterior se puede interpretar lo siguiente:

- ❖ En el sentido X – X, la estructura tiene un periodo de 0.485 segundos.
- ❖ En el sentido Y – Y, la estructura tiene un periodo de 0.437 segundos.
- ❖ En el sentido Z – Z, la estructura tiene un periodo de 0.319 segundos

➤ **Cortante basal estático**

La fuerza cortante total en la base de la edificación se determinará haciendo uso del número de ecuación 42,43,44 y 45.

Teniendo en cuenta todas esas consideraciones se calcula la fuerza cortante en la base de la estructura como se muestra a continuación:

Tabla 18.*Fuerza Cortante Estático en la Base Dirección X-X*

Fuerza Cortante Estático en la Base en la dirección X-X		
Categoría	A2	
Factor de uso (U):	1.5	
Zona Sísmica:	Zona 2	
Factor de Zona (Z):	0.25	g
Perfil de Suelo:	S2	
Factor de Suelo (S):	1.2	
Periodo T_p :	0.6	seg
Periodo T_l :	2	seg
Coefficiente básico de reducción R_o :	6	
Irregularidad en altura I_a :	1	
Irregularidad en planta I_p :	1	
Coefficiente de reducción R_x :	6	
Periodo de Vibración T_x :	0.485	seg
Coefficiente de Amplificación Sísmica C_x :	2.5	
Peso de la edificación P	3376.05	tn
Fuerza Cortante en la base X-X	633.01	tn

Nota: Resultado de la fuerza cortante estática en la base en sentido X-X, sin consideración de la interacción suelo estructura, elaboración propia

Tabla 19.*Fuerza Cortante Estático en la Base Dirección Y-Y*

Fuerza Cortante Estático en la Base en la dirección Y-Y	
Categoría	A2
Factor de uso (U):	1.5
Zona Sísmica:	Zona 2
Factor de Zona (Z):	0.25 g
Perfil de Suelo:	S2
Factor de Suelo (S):	1.2
Periodo Tp:	0.6 seg
Periodo Tl:	2 seg
Coefficiente básico de reducción Ro=	6
Irregularidad en altura Ia:	1
Irregularidad en planta Ip:	1
Coefficiente de reducción Ry:	6
Periodo de Vibración Ty:	0.437 seg
Coefficiente de Amplificación Sísmica Cy:	2.5
Peso de la edificación P	3376.05 tn
Fuerza Cortante en la base Y-Y	633.01 tn

Nota: Resultado de la fuerza cortante estática en la base en sentido Y-Y, sin consideración de la interacción suelo estructura, elaboración propia

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Tabla 20.*Verificación de C/R en dirección X-X*

Verificación Dir X-X	
Cx:	2.5
Rx:	6
Cx/Rx	0.42
Cumple C/R ≥ 0.11	

Nota: resultado de verificación de relación del factor de amplificación y reducción en sentido X-X del análisis estático sin consideración de la interacción suelo estructura, elaboración propia

Tabla 21.*Verificación de C/R en dirección Y-Y*

Verificación Dir Y-Y	
Cy:	2.5
Ry:	6
Cy/Ry	0.42
Cumple C/R ≥ 0.11	

Nota: resultado de verificación de relación del factor de amplificación y reducción en sentido Y-Y del análisis estático sin consideración de la interacción suelo estructura, elaboración propia

Análisis Dinámico de la Estructura – Análisis Modal Espectral

- **Espectro inelástico de pseudo aceleraciones**

Para desarrollar el análisis modal espectral se empleó un espectro de respuesta de Pseudo aceleración el cual se elaboró de acuerdo a las recomendaciones indicadas en el numeral 4.6.2 de la Norma E.030 Diseño sismorresistente.

Tabla 22.

Espectro Inelástico de Pseudoaceleracion Traslacional

espectro inelástico de pseudoaceleracion			
T	Ch	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
0.01	2.5	0.1875	0.1875
0.05	2.5	0.1875	0.1875
0.1	2.5	0.1875	0.1875
0.15	2.5	0.1875	0.1875
0.2	2.5	0.1875	0.1875
0.25	2.5	0.1875	0.1875
0.3	2.5	0.1875	0.1875
0.35	2.5	0.1875	0.1875
0.4	2.5	0.1875	0.1875
0.45	2.5	0.1875	0.1875
0.5	2.5	0.1875	0.1875
1	1.5	0.1125	0.1125
1.5	1	0.0750	0.0750
2	0.75	0.0563	0.0563
2.5	0.48	0.0360	0.0360
3	0.3333	0.0250	0.0250
3.5	0.2449	0.0184	0.0184
4	0.1875	0.0141	0.0141
4.5	0.1481	0.0111	0.0111
5	0.12	0.0090	0.0090
5.5	0.0992	0.0074	0.0074
6	0.0833	0.0063	0.0063
6.5	0.071	0.0053	0.0053
7	0.0612	0.0046	0.0046
7.5	0.0533	0.0040	0.0040
8	0.0469	0.0035	0.0035
8.5	0.0415	0.0031	0.0031
9	0.037	0.0028	0.0028
9.5	0.0332	0.0025	0.0025

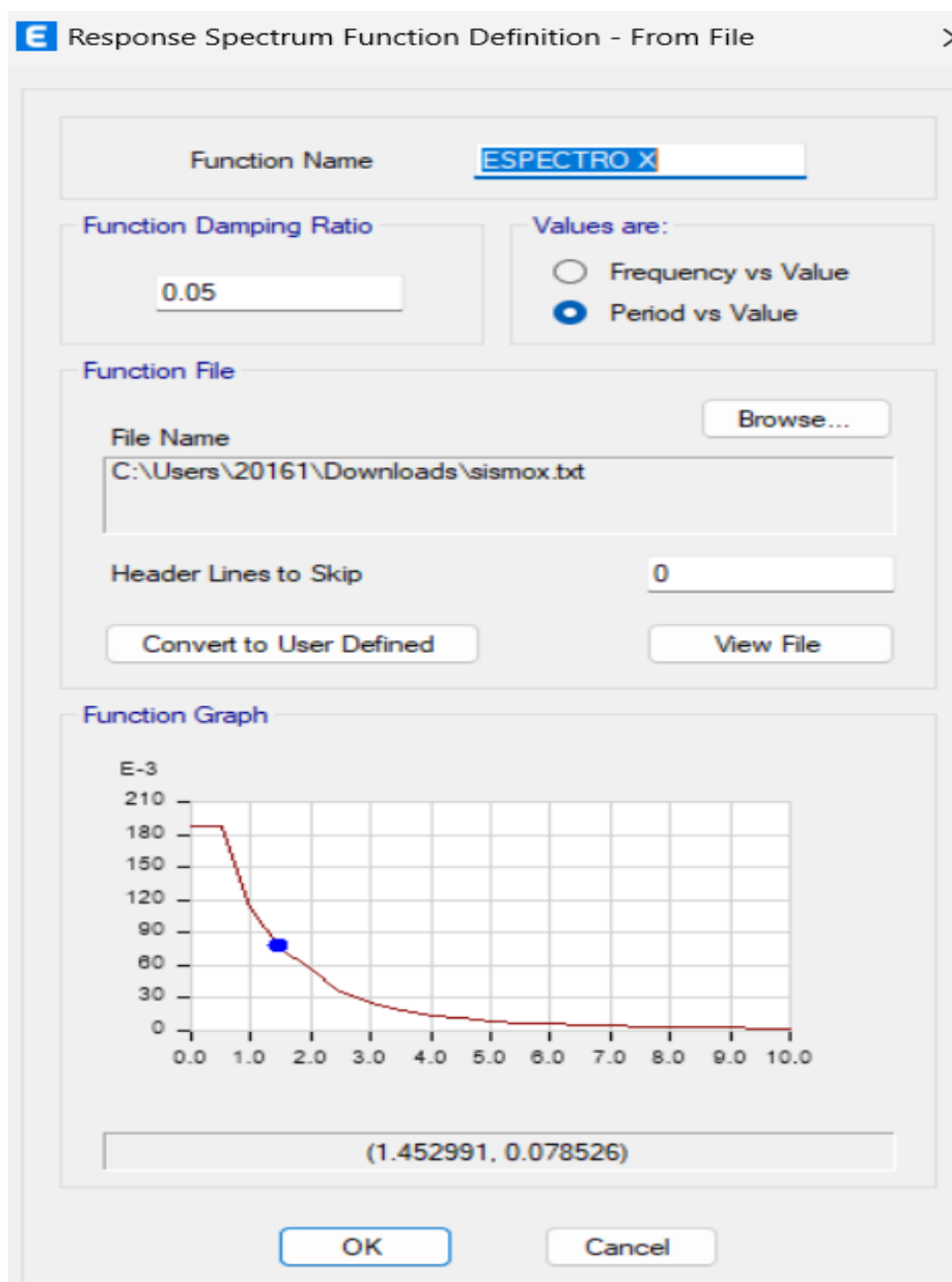
10	0.03	0.0023	0.0023
----	------	--------	--------

Nota: En la tabla se muestra el resultado de espectro inelástico de Pseudo aceleración del análisis estático sin consideración de la interacción suelo estructura, elaboración propia

Espectro inelástico de Pseudo Aceleración en el eje x-x

Figura 19.

Espectro de diseño eje X

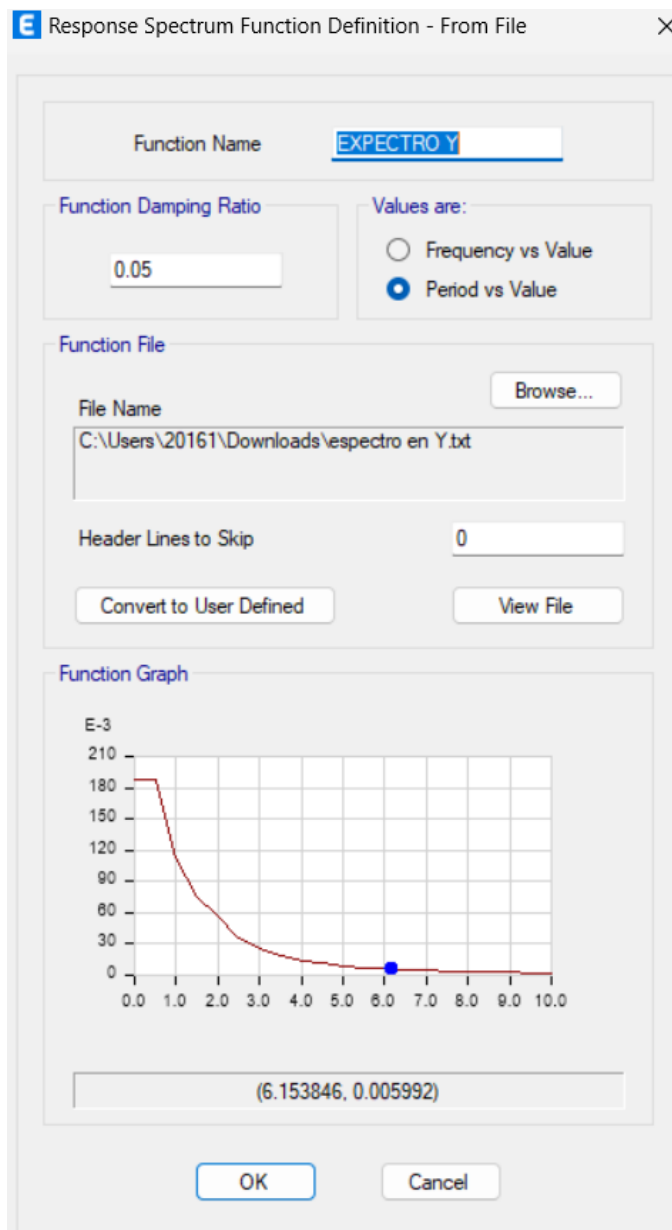


Nota: La ilustración muestra el espectro de diseño en el sentido X-X, del análisis estático sin consideración de los coeficientes de rigidez del suelo, obtenido del Software Etabs elaboración propia.

Espectro inelástico de Pseudo Aceleración en el eje y-y

Figura 20.

Espectro de Diseño en el eje Y



Nota: La ilustración muestra el espectro de diseño en el sentido Y-Y, del análisis estático sin consideración de los coeficientes de rigidez del suelo, obtenido del Software Etabs elaboración propia.

Cortante Mínima

En cada una de las direcciones evaluadas, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio fue verificada conforme a los límites exigidos en el artículo 4.6.4 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente. Según esta normativa, dicho valor no debe ser inferior al 80 % de la fuerza determinada para edificaciones regulares, ni menor al 90 % en estructuras que presentan irregularidades. Con base en estos lineamientos, se llevaron a cabo tanto el análisis Estático como el Dinámico, obteniéndose los valores de cortante correspondientes para cada caso, los cuales se presentan a continuación de manera detallada

Tabla 23.

Verificación de Cortante Mínima.

verificación de cortante mínima			
DATOS	SENTIDO X-X	SENTIDO Y-Y	Observación
Configuración de la Estructura	Regular	Regular	Norma E0.30
Fact. De Reducción de V est.	80%	80%	Norma E0.30
Cortante Estática V Est.	633.01	633.01	Calculado en el ítem 4.10.4
Cortante mínima V Min.	506.408	506.408	
Cortante dinámica V Din.	358.11	406.61	Se obtiene de Etabs
Verificación V Din > V Min	Escalar	Escalar	
Factor Escalar	1.414	1.245	

Nota: Resultados de verificación de cortante mínima en sentido X-X y Y-Y del análisis estático en el bloque A del centro de salud de Tamburco elaboración propia.

➤ **Derivas análisis dinámico base empotrado**

Según lo dispuesto en la Tabla N.º 11 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, la distorsión máxima admisible para elementos de concreto armado es de 0.007. Este límite tiene como finalidad asegurar un desempeño estructural óptimo durante sismos, evitando deformaciones excesivas que puedan comprometer la estabilidad y funcionalidad de la edificación. En el siguiente gráfico se ilustra cómo los resultados obtenidos en el análisis se mantienen dentro de este umbral, evidenciando el cumplimiento de la normativa.

Tabla 24.

Límites de Distorsión del Entrepiso

LIMITES DE DISTORCION EN ENTREPISO	
Material predominante	Δ_i/h_{ei}
concreto armado	0.0070
Acero	0.0100
Albañilería	0.0500
Madera	0.0100
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.0050

Nota: En la presente tabla se aprecia el valor máximo del límite de distorsión máxima de entrepiso para concreto armado, por norma E 030.

Tabla 25.

Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección X Base Empotrado.

Nivel	Verificación de Derivas Análisis Dinámico Dirección X-X				lim 0.007
	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	
Story6	DER. SD-X	Máximo	X	0.004825	¡OK!
Story6	DER. SD-X	Máximo	Y	0.005299	¡OK!
Story6	DER. SD-X	Mínimo	X	0.004825	¡OK!
Story6	DER. SD-X	Mínimo	Y	0.005299	¡OK!
Story5	DER. SD-X	Máximo	X	0.006167	¡OK!
Story5	DER. SD-X	Máximo	Y	0.005627	¡OK!
Story5	DER. SD-X	Mínimo	X	0.006167	¡OK!
Story5	DER. SD-X	Mínimo	Y	0.005627	¡OK!
Story4	DER. SD-X	Máximo	X	0.006607	¡OK!

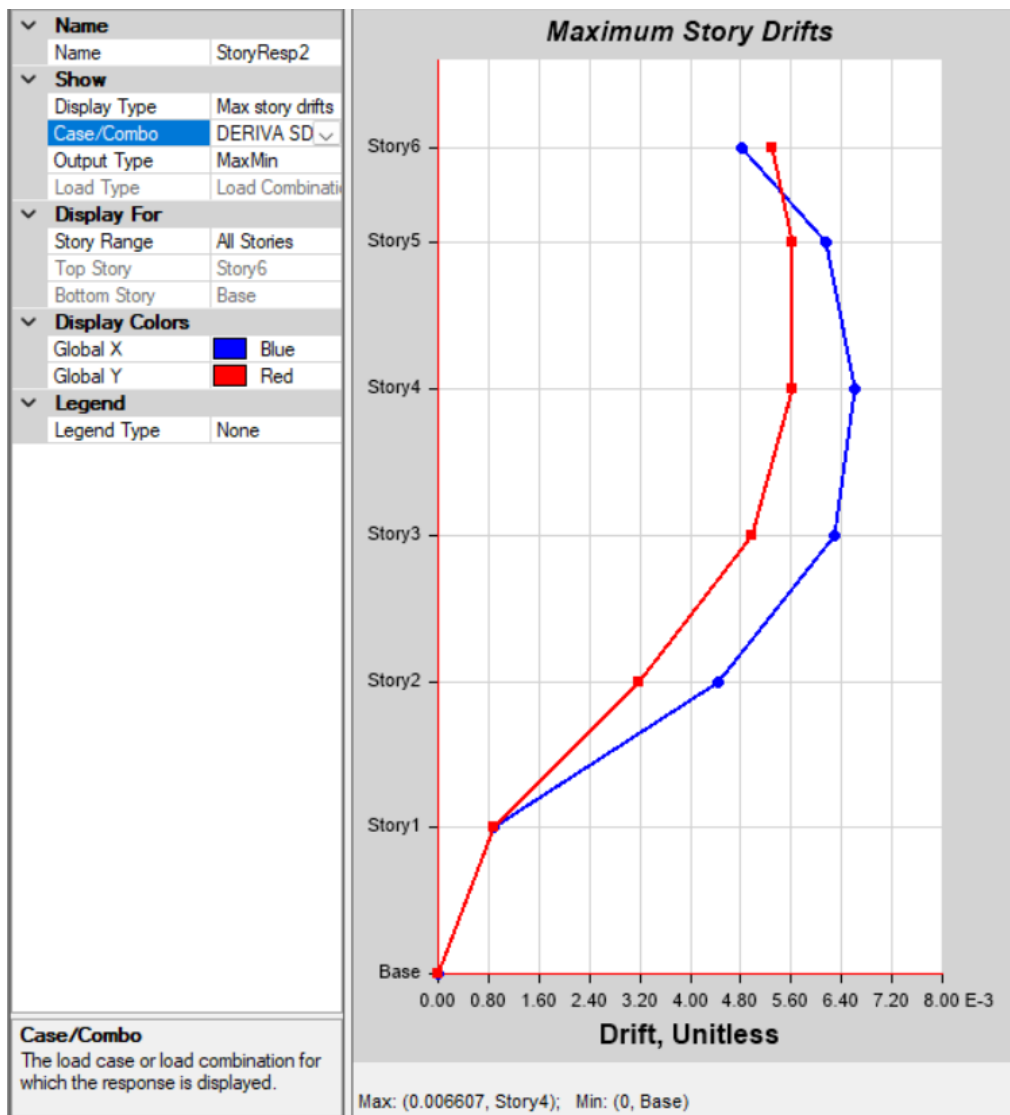
Verificación de Derivas Análisis Dinámico Dirección X-X					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story4	DER. SD-X	Máximo	Y	0.00562	¡OK!
Story4	DER. SD-X	Mínimo	X	0.006607	¡OK!
Story4	DER. SD-X	Mínimo	Y	0.00562	¡OK!
Story3	DER. SD-X	Máximo	X	0.006296	¡OK!
Story3	DER. SD-X	Máximo	Y	0.004981	¡OK!
Story3	DER. SD-X	Mínimo	X	0.006296	¡OK!
Story3	DER. SD-X	Mínimo	Y	0.004981	¡OK!
Story2	DER. SD-X	Máximo	X	0.004441	¡OK!
Story2	DER. SD-X	Máximo	Y	0.003176	¡OK!
Story2	DER. SD-X	Mínimo	X	0.004441	¡OK!
Story2	DER. SD-X	Mínimo	Y	0.003176	¡OK!
Story1	DER. SD-X	Máximo	X	0.000881	¡OK!
Story1	DER. SD-X	Máximo	Y	0.000881	¡OK!
Story1	DER. SD-X	Mínimo	X	0.000881	¡OK!
Story1	DER. SD-X	Mínimo	Y	0.000881	¡OK!

Nota: Resultados de verificación de derivas de entrepiso en el sentido X-

X base empotrado sin consideración de los coeficientes de rigidez de los suelos, elaboración propia.

Figura 14.

Resultado de Deriva de Entrepiso eje X



Nota: representación gráfica de la deriva de entrepiso en el sentido X-X en condiciones de apoyo empotrado, sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, elaboración propia.

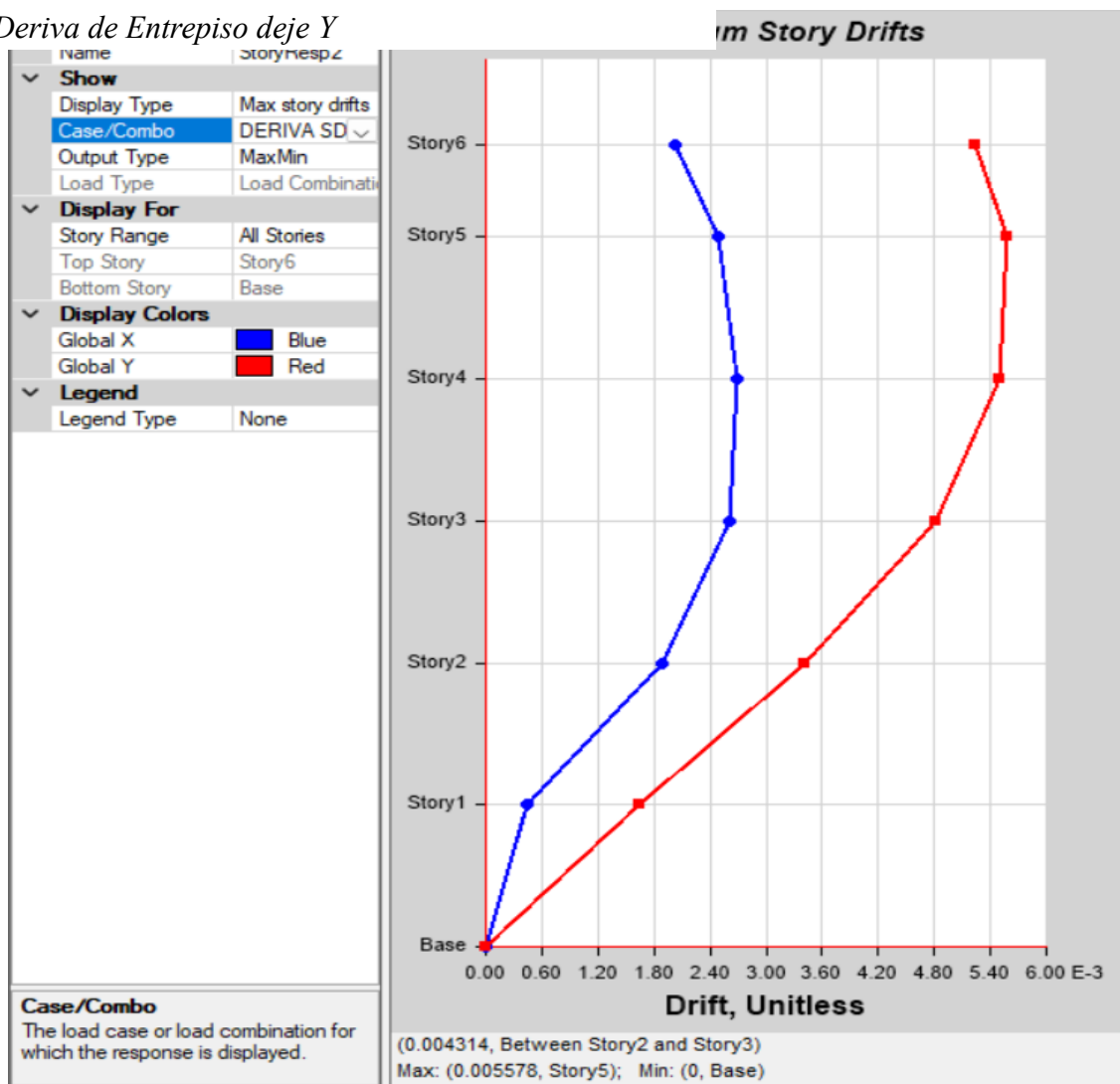
Tabla 26.*Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección Y Base Empotrado*

Verificación de Derivas Análisis Dinámico Dirección Y-Y					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER. SD-Y	Máximo	X	0.002031	¡OK!
Story6	DER. SD-Y	Máximo	Y	0.005233	¡OK!
Story6	DER. SD-Y	Mínimo	X	0.002031	¡OK!
Story6	DER. SD-Y	Mínimo	Y	0.005233	¡OK!
Story5	DER. SD-Y	Máximo	X	0.002481	¡OK!
Story5	DER. SD-Y	Máximo	Y	0.005578	¡OK!
Story5	DER. SD-Y	Mínimo	X	0.002481	¡OK!
Story5	DER. SD-Y	Mínimo	Y	0.005578	¡OK!
Story4	DER. SD-Y	Máximo	X	0.002691	¡OK!
Story4	DER. SD-Y	Máximo	Y	0.005493	¡OK!
Story4	DER. SD-Y	Mínimo	X	0.002691	¡OK!
Story4	DER. SD-Y	Mínimo	Y	0.005493	¡OK!
Story3	DER. SD-Y	Máximo	X	0.002608	¡OK!
Story3	DER. SD-Y	Máximo	Y	0.004821	¡OK!
Story3	DER. SD-Y	Mínimo	X	0.002608	¡OK!
Story3	DER. SD-Y	Mínimo	Y	0.004821	¡OK!
Story2	DER. SD-Y	Máximo	X	0.001893	¡OK!
Story2	DER. SD-Y	Máximo	Y	0.003407	¡OK!
Story2	DER. SD-Y	Mínimo	X	0.001893	¡OK!
Story2	DER. SD-Y	Mínimo	Y	0.003407	¡OK!
Story1	DER. SD-Y	Máximo	X	0.000449	¡OK!
Story1	DER. SD-Y	Máximo	Y	0.00164	¡OK!
Story1	DER. SD-Y	Mínimo	X	0.000449	¡OK!
Story1	DER. SD-Y	Mínimo	Y	0.00164	¡OK!

Nota: Resultados de verificación de derivas de entrepiso en el sentido Y-Y para el modelo de base empotrado sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, elaboración propia.

Figura 22.

Deriva de Entrepiso de eje Y



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso en el sentido Y-Y para el modelo de base empotrado, sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, elaboración propia.

➤ Cortante en la Base

Conforme a lo señalado en el artículo 4.6.4 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, para edificaciones con configuración estructural regular, es indispensable

verificar que la cortante basal obtenida a partir del análisis dinámico no sea inferior al 80 % del valor calculado mediante el análisis estático equivalente. Esta disposición busca garantizar que los resultados del análisis dinámico reflejen una demanda sísmica mínima aceptable, evitando subestimaciones que puedan comprometer el comportamiento estructural del edificio frente a un evento sísmico. Si este criterio no se cumple, las fuerzas dinámicas deberán escalarse hasta alcanzar dicho porcentaje, quedando exceptuados de esta escala los desplazamientos, los cuales deben conservarse tal como fueron obtenidos en el análisis original. Por ende, en la tabla N° 15 de esta tesis se obtiene el factor a escalar para la dirección “X” y para la dirección “Y”, una vez escalado con los valores obtenidos se evalúa el modelo y se tiene los siguientes resultados.

Tabla 27.

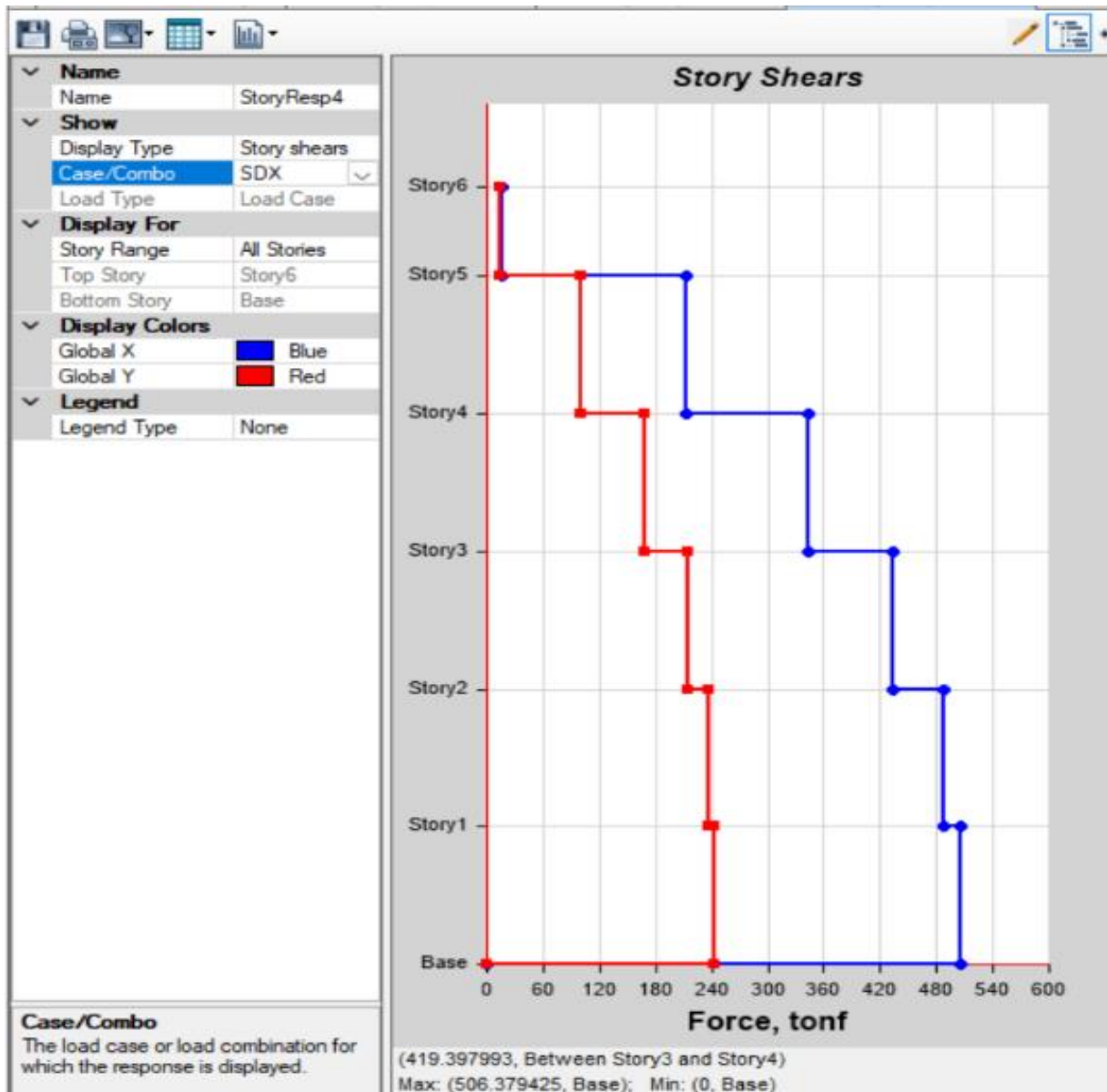
Cortante Basal en Dirección X-X y Y-Y Base Empotrado

<i>Cortante Basal Dinámico</i>		
<i>Dirección</i>	<i>Fuerza Cortante</i>	<i>Und</i>
<i>Dirección X-X</i>	<i>506.38</i>	<i>Tn</i>
<i>Dirección Y-Y</i>	<i>506.24</i>	<i>Tn</i>

Nota: resultado de cortante basal en sentido X-X y Y-Y para el modelo de base empotrado, sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, elaboración propia.

Figura 23.

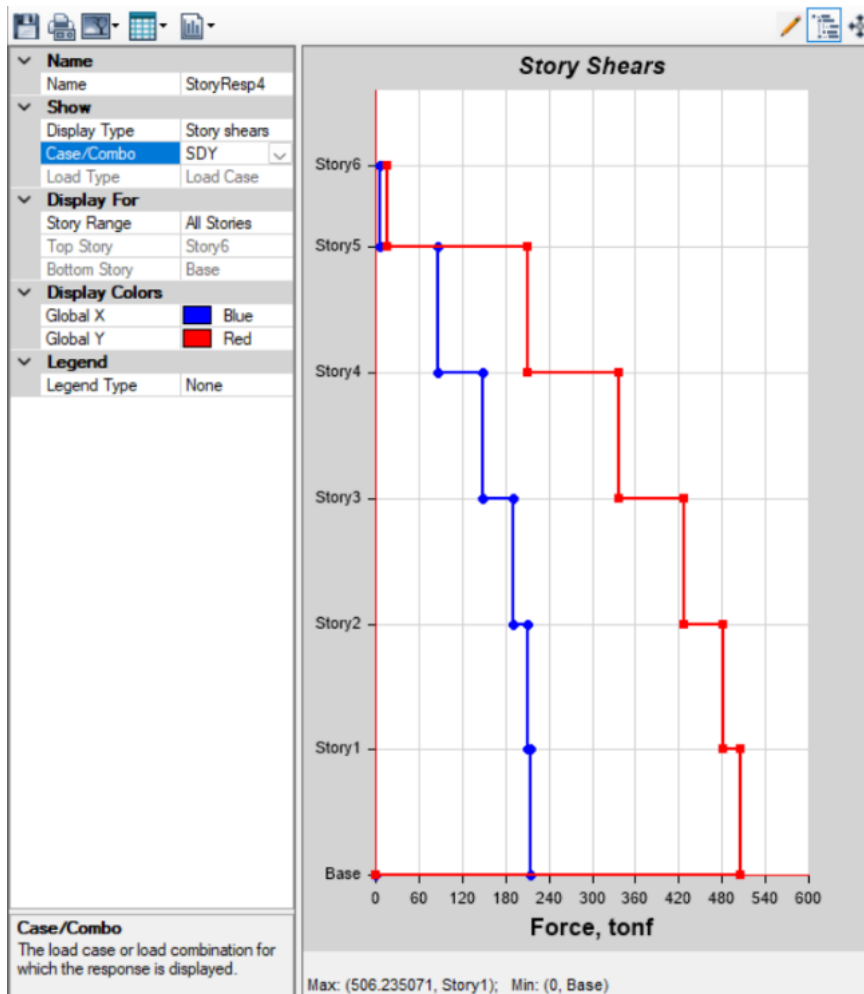
Fuerza cortante eje X



Nota: Representación de la fuerza cortante en el sentido X-X para el modelo de base empotrado sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, obtenido del software Etabs elaboración propia.

Figura 24.

Fuerza Cortante en el eje Y



Nota: Representación de la fuerza cortante en el sentido Y-Y para el modelo de base empotrado sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, obtenido del software Etabs elaboración propia.

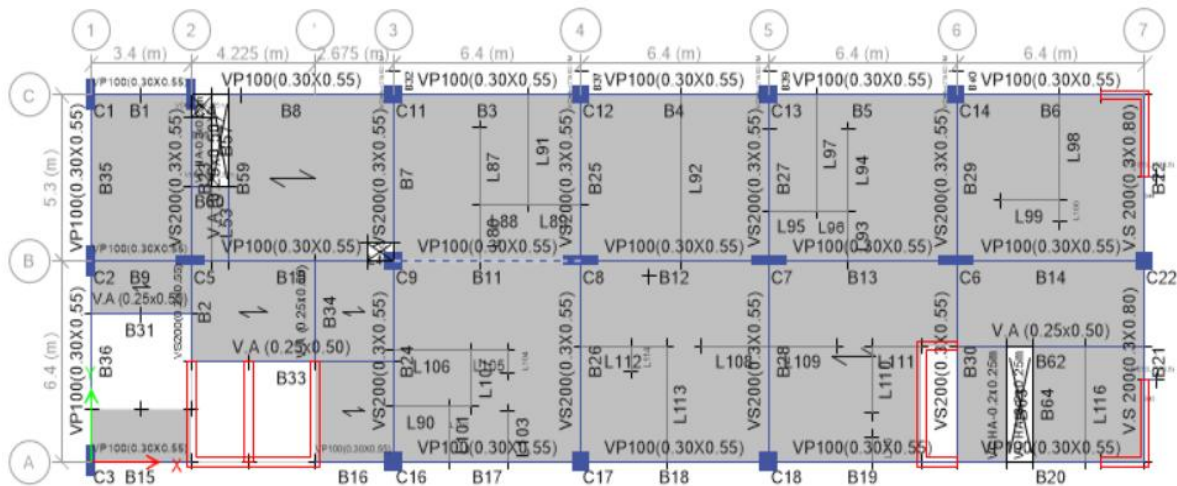
➤ Sección Transversal

Para la verificación de vigas se empleó la norma E.060 y el código ACI 318-14, de igual manera se utilizaron las ecuaciones 36, 37, 38, 39, 40 y 41 descritas en las bases teóricas con la finalidad de determinar las secciones transversales y área de acero requerida para la sección.

Por lo tanto, se escoge una sección de viga que transfiere mayor cantidad de carga la cual se denominada VP=03x0.55m que se ubica en el tercer nivel del eje B-B entre 3 4.

Figura 25.

Sección de Viga en análisis



Nota: Representación gráfica de la viga estudiada, donde se aprecia las cargas distribuidas asignadas a todos los elementos estructurales, obtenido del software Etabs elaboración propia.

Figura 26.*Momento Ultimo de Diseño*

Nota: La ilustración muestra el momento ultimo de diseño para el modelo de base empotrado sin consideración de las propiedades dinámicas del suelo, obtenido del software Etabs elaboración propia

Análisis Dinámico Interacción Suelo Estructura Barkan-Savinov

Para llevar a cabo los cálculos correspondientes a los modelos dinámicos, es fundamental considerar una serie de características tanto de la edificación como del terreno de fundación.

➤ Cálculo de Coeficiente de Rigidez

Los cálculos de los coeficientes de rigideces se realizan mediante la aplicación de la teoría y ecuaciones planteados en las bases teóricas.

A continuación, se muestra el resumen de cálculos de la presión estática del suelo calculada mediante las ecuaciones 9 y 10 para ello es necesario calcular peso de la zapata, peso de la estructura y área de la cimentación y posteriormente continuar determinando las ecuaciones para cada una de las zapatas.

$$\rho = \frac{P_{Edificio} + P_{Zapata}}{A_{Zapata}} = \frac{3376.05 + 461.34}{274.605} = 13.97 \frac{tn}{m^2} = 1.397 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo del D0

Donde:

$\mu = 0.35$; coeficiente de poisson, valor obtenido de estudio de suelos del ET.

$C_0 = 1.6 \frac{kg}{cm^3}$; valor obtenido de la tabla, suelo intermedio.

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0 = \frac{1 - 0.35}{1 - 0.5 * 0.35} * 1.6 = 1.261 \frac{kg}{cm^3}$$

Tabla 28.*Cálculo de presión estática del Suelo*

ZAPATA	a(m)	b(m)	c(m)	N° Zapatas	Yc (tn/m ³)	P zapata (tn)	P edificio (tn)	Á zap (m ²)	ρ (tn/m ²)	ρ (kg/cm ²)
Z-1	3.60	4.20	0.70	2	2.4	50.80		30.24		
Z-2	3.20	3.20	0.70	7	2.4	120.42		71.68		
Z-3	2.90	3.60	0.70	5	2.4	87.70		52.2		
Z-4	3.00	3.80	0.70	1	2.4	19.15	3376.05	11.4	13.974	1.397
Z-5	3.00	8.60	0.70	1	2.4	43.34		25.8		
Z-6	4.65	10.10	0.70	1	2.4	78.90		46.965		
Z-7	3.40	6.40	0.70	1	2.4	36.56		21.76		
Z-8	2.80	5.20	0.70	1	2.4	24.46		14.56		
\sum Peso =						461.34	\sum Área =	274.605		

Nota: Resultados de presión estática del suelo considerando las propiedades geométricas de las distintas zapatas planteadas en el bloque A del centro de salud de Tamburco, Elaboración Propia

Cálculo de coeficiente de desplazamiento y Rotación mediante la aplicación de las ecuaciones 5, 6, 7 y 8

Tabla 29.*Cálculo de Coeficientes de Desplazamiento y Rotación*

coeficientes de desplazamiento y rotación												
ZAPATA	a(m)	b (m)	Azapata (m ²)	ρ (kg/cm ²)	ρ_0 (kg/cm ²)	D0 (kg/cm ³)	C0 (kg/cm ³)	Δ (m ⁻¹)	C _x = C _y (kg/cm ³)	C _z (kg/cm ³)	C ϕ_x (kg/cm ³)	C ϕ_y (kg/cm ³)
Z-1	3.60	4.20	15.12	1.397	0.2	1.261	1.6	1	6.771	8.592	13.29	12.62
Z-2	3.20	3.20	10.24	1.397	0.2	1.261	1.6	1	7.499	9.514	14.80	14.80
Z-3	2.90	3.60	10.44	1.397	0.2	1.261	1.6	1	7.483	9.494	15.33	14.19
Z-4	3.00	3.80	11.4	1.397	0.2	1.261	1.6	1	7.309	9.273	14.91	13.72
Z-5	3.00	8.60	25.8	1.397	0.2	1.261	1.6	1	6.33	8.031	13.67	10.00
Z-6	4.65	10.10	46.965	1.397	0.2	1.261	1.6	1	5.426	6.885	10.52	8.56
Z-7	3.40	6.40	21.76	1.397	0.2	1.261	1.6	1	6.335	8.038	13.01	10.68
Z-8	2.80	5.20	14.56	1.397	0.2	1.261	1.6	1	6.995	8.876	14.92	12.13

Nota: Resultados de coeficientes de desplazamientos y rotación considerando los diferentes tipos de zapatas planteados, en el bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia

Finalmente se calcula los coeficientes de rigidez mediante las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 descritas en las bases teóricas

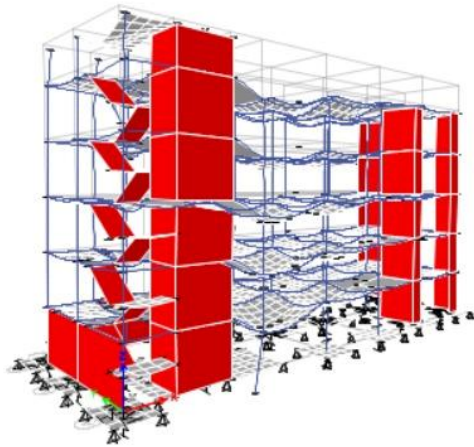
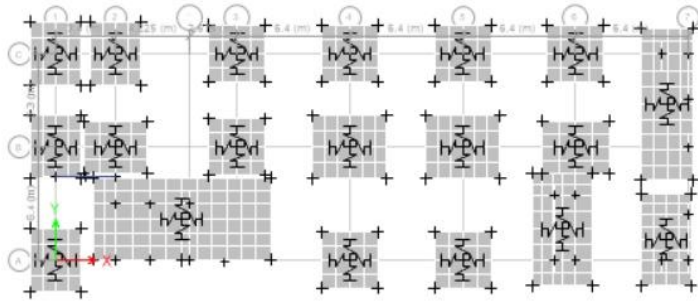
Tabla 30.*Cálculo de los Coeficientes de Rigidez Modelo Barkan-Savinov*

rigidez de suelo (modelo de barkan)					
ZAPATA	$K_x = C_x * A$ (tn/m)	$K_y = C_y * A$ (tn/m)	$K_z = C_z * A$ (tn/m)	$K_{\phi x} = C_{\Psi} * I_x$ (tn.m)	$K_{\phi y} = C_{\Psi} * I_y$ (tn.m)
Z-1	102377.52	102377.52	129911.04	295390.79	206061.11
Z-2	76789.76	76789.76	97423.36	129327.21	129327.21
Z-3	78122.52	78122.52	99117.36	172813.66	103844.15
Z-4	83322.60	83322.60	105712.20	204557.40	117345.43
<Z-5	163314.00	163314.00	207199.80	2173626.37	193461.38
Z-6	254832.09	254832.09	323354.03	4200965.87	724350.06
Z-7	137849.60	137849.60	174906.88	966489.93	223885.77
Z-8	101847.20	101847.20	129234.56	489388.37	115371.49

Nota: Resultado de coeficiente de rigidez para el modelo Barkan-Savinov considerando las propiedades dinámicas del suelo tomando en cuenta las propiedades geométricas de las zapatas del bloque A del centro de salud de Tamburco, Elaboración Propia

Figura 27.

Asignación de Coeficientes de Rigidez



Nota: Representación gráfica en planta y elevación de la asignación de coeficientes de rigidez a las diferentes zapatas planteadas en la construcción del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

Análisis Dinámico Interacción Suelo Estructura Norma Rusa

Para llevar a cabo los cálculos correspondientes a los modelos dinámicos, es fundamental considerar una serie de características tanto de la edificación como del suelo de fundación.

➤ **Cálculo de Coeficiente de rigidez**

El primer paso para realizar los cálculos de rigideces es determinar los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme para lo cual se requiere de los siguientes datos

$$b_0 = 1.5 ; \text{suelo grava limosa con arena}$$

$$E = 500 \frac{tn}{m^2}; \text{valor obtenido del estudio de suelo adjuntado en ET.}$$

$$A_{10} = 10 m^2$$

A= área de cimentación de Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8

Los datos mencionados se obtienen del estudio de suelos de expediente técnico.

Haciendo uso de las ecuaciones 16, 17, 18 y 19 se determinan los coeficientes mencionados.

Tabla 31.*Coefficientes de Compresión elástica*

coeficientes de compresión elástica													
ZAPATA	a(m)	b(m)	c(m)	Área	b0	E(tn/m2)	A10 (m2)	Cz	Cx	Cy	Cφx	Cφy	CΨz
Z-1	3.60	4.20	0.7	15.12	1.5	5000	10	13599.38	9519.563	9519.563	27198.751	27198.751	13599.375
Z-2	3.20	3.20	0.7	10.24	1.5	5000	10	14911.59	10438.112	10438.112	29823.177	29823.177	14911.588
Z-3	2.90	3.60	0.7	10.44	1.5	5000	10	14840.25	10388.177	10388.177	29680.505	29680.505	14840.253
Z-4	3.00	3.80	0.7	11.4	1.5	5000	10	14524.39	10167.076	10167.076	29048.787	29048.787	14524.394
Z-5	3.00	8.60	0.7	25.8	1.5	5000	10	12169.30	8518.507	8518.507	24338.592	24338.592	12169.296
Z-6	4.65	10.10	0.7	46.965	1.5	5000	10	10960.78	7672.547	7672.547	21921.562	21921.562	10960.781
Z-7	3.40	6.40	0.7	21.76	1.5	5000	10	12584.31	8809.015	8809.015	25168.615	25168.615	12584.308
Z-8	2.80	5.20	0.7	14.56	1.5	5000	10	13715.56	9600.895	9600.895	27431.129	27431.129	13715.564

Nota: Resultados de compresión elástica norma Rusa considerando las propiedades dinámicas del suelo, así como las propiedades geométricas de las distintas zapatas planteadas en el bloque A, Elaboración Propia

Ya contando con los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme se determina los coeficientes de rigideces para la norma Rusa mediante la aplicación de las ecuaciones 11, 12,13, 14 y 15 mencionadas en las bases teóricas, dicho calculo se realiza por cada zapata.

Tabla 32.

Cálculo de Coeficientes de Rigidez Norma Rusa

rigidez de suelo (norma rusa)						
ZAPATA	$K_z = C_z * A$ (tn/m)	$K_y = C_y * A$ (tn/m)	$K_x = C_x * A$ (tn/m)	$K_{\phi x} = C_{\phi x} * I_x$ (tn.m)	$K_{\phi y} = C_{\phi y} * I_y$ (tn.m)	$K_{\Psi z} = C_{\Psi z} * I_z$ (tn.m)
Z-1	205622.56	143935.79	143935.79	604530.32	444144.72	524337.520
Z-2	152694.66	106886.27	106886.27	260598.90	260598.90	260598.893
Z-3	154932.24	108452.57	108452.57	334653.63	217163.35	275908.495
Z-4	165578.09	115904.67	115904.67	398491.26	248367.13	323429.196
Z-5	313967.84	219777.48	219777.48	3870176.87	470951.76	2170564.320
Z-6	514773.07	360341.17	360341.17	8752000.31	1855113.49	5303556.829
Z-7	273834.53	191684.17	191684.17	1869377.07	527587.86	1198482.475
Z-8	199698.62	139789.03	139789.03	899975.11	260939.53	580457.319

Nota: Resultados de coeficientes de rigidez para el modelo dinámico norma Rusa considerando las propiedades dinámicas del suelo, así como las propiedades geométricas de las distintas zapatas planteadas en el bloque A, Elaboración Propia

Análisis Dinámico Modelo Interacción Suelo Estructura Norma FEMA 440

➤ Cálculo de coeficientes de rigidez

Los cálculos de los coeficientes de rigideces para la norma FEMA 440 se realiza acorde las teorías y ecuaciones 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 enumeradas en las bases teóricas de la presente tesis.

Datos:

$$\gamma = 1.74 \frac{tn}{m^3} \quad \text{Peso específico del suelo.}$$

$$v_s = 209.21 \frac{m}{s} \quad \text{Velocidad de la onda de corte en bajas deformaciones.}$$

$$\nu = 0.35 \quad \text{Módulo de Poisson.}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad \text{Aceleración de la gravedad.}$$

Los datos mencionados para el presente modelo se tomaron del estudio de suelo que contempla el expediente técnico de obra.

Cálculo del módulo de corte inicial.

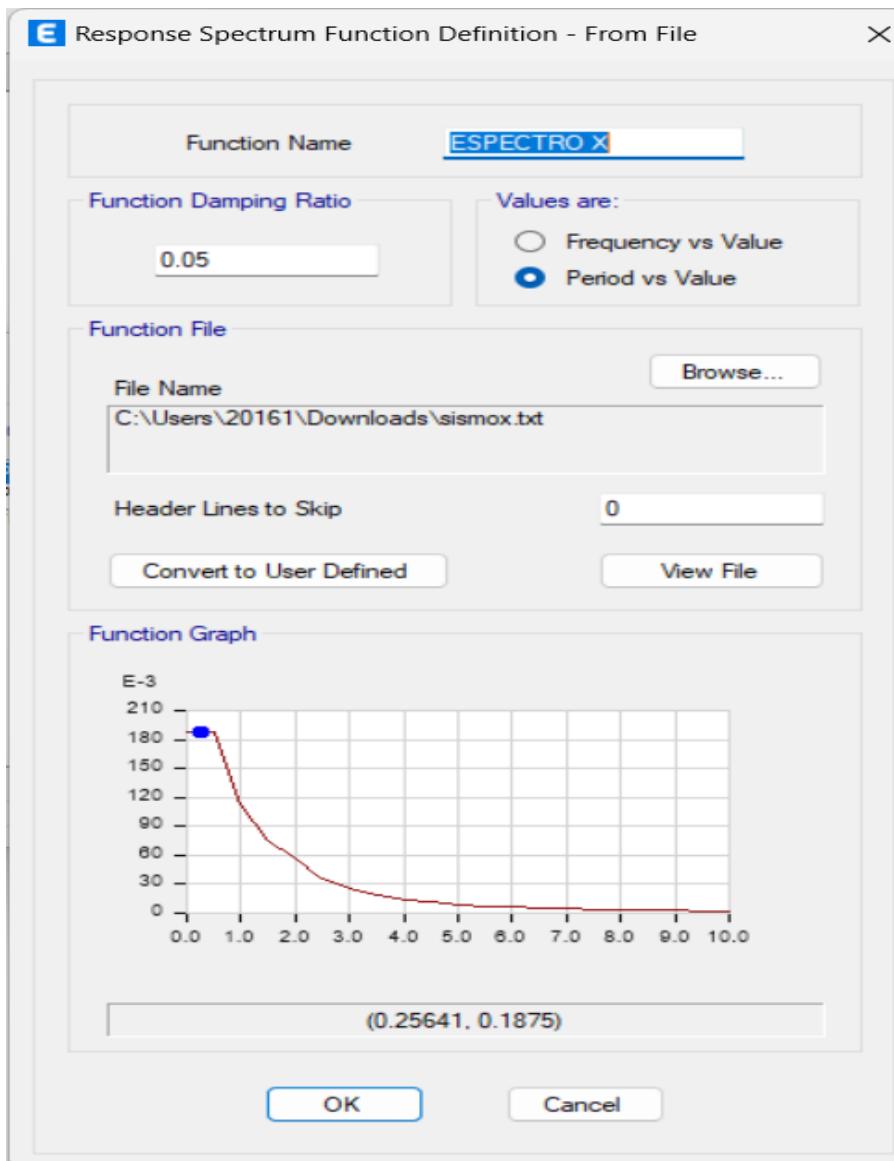
$$G_o = \frac{\gamma \cdot v_s^2}{g} = \frac{1.74 \cdot 209.21^2}{9.81} = 7763.28 \frac{tn}{m^2}$$

Cálculo de módulo de Corte Efectivo

Para el cálculo de corte efectivo se toma en consideración el espectro de diseño.

Figura 28.

Espectro de Diseño en dirección X



Nota: Representación gráfica de espectro de diseño norma FEMA 440 EN la dirección x-x considerando las propiedades dinámicas del suelo sobre el cual se apoya la estructura, elaboración propia

De la ilustración anterior se puede apreciar que para una $S_a = 0.25641$ se tiene un $T = 0.1875$ de donde $S_a/2.5 = 0.075$, del cual haciendo uso de la figura N° 3, para el tipo de suelo D (grava con limo y arena) interpolando datos se tiene el valor de 0.92 el cual se multiplica al módulo de corte inicial y obtener como producto final el módulo de corte efectivo.

$$G = 7763.28 * 0.92 = 7142.22 \frac{tn}{m^2}$$

Tabla 33.*Coefficientes de Rigidez Norma FEMA 440*

coeficiente de rigideces norma fema 440									
ZAPATA	B(m)	L(m)	c(m)	$K_{x,sur}$	$K_{y,sur}$	$K_{z,sur}$	$K_{xx,sur}$	$K_{yy,sur}$	$K_{zz,sur}$
Z-1	3.60	4.20	0.7	78331.27	156609.05	200946.61	2324046.14	2906686.01	3418991.40
Z-2	3.20	3.20	0.7	65102.38	127434.44	165259.88	1440222.25	1440222.25	1944840.12
Z-3	2.90	3.60	0.7	64871.22	130792.43	167158.09	1278944.43	1751907.57	1964641.92
Z-4	3.00	3.80	0.7	67719.45	136906.10	174753.60	1439870.64	2031662.24	2245471.77
Z-5	3.00	8.60	0.7	100600.19	225653.47	277873.58	2958855.04	13938003.81	11601248.40
Z-6	4.65	10.10	0.7	135511.51	293788.17	365141.57	8562691.13	26812062.82	23328604.17
Z-7	3.40	6.40	0.7	92372.52	196680.83	245891.83	2946900.07	7467627.58	6758935.96
Z-8	2.80	5.20	0.7	75576.91	160643.13	200956.99	1626438.49	4040072.76	3673006.77

Nota: Resultados de coeficientes de rigidez Norma FEMA 440 considerando las propiedades dinámicas del suelo y las propiedades geométricas de las distintas zapatas planteadas en el bloque A, elaboración propia

Posterior a ello según indica la base teórica se realiza el factor de corrección por empotramiento

Tabla 34.

Factor de Corrección por Embebido

factor de corrección por embebido									
ZAPATA	B(m)	L(m)	D(m)	β_x	β_y	β_z	β_{xx}	β_{yy}	β_{zz}
Z-1	3.60	4.20	2	1.59	1.59	1.38	1.88	1.78	2.43
Z-2	3.20	3.20	2	1.69	1.69	1.42	2.09	2.09	2.72
Z-3	2.90	3.60	2	1.69	1.69	1.40	2.17	1.97	2.69
Z-4	3.00	3.80	2	1.67	1.67	1.39	2.11	1.91	2.63
Z-5	3.00	8.60	2	1.49	1.49	1.31	1.89	1.68	2.22
Z-6	4.65	10.10	2	1.38	1.38	1.31	1.55	1.44	1.89
Z-7	3.40	6.40	2	1.52	1.52	1.34	1.84	1.63	2.24
Z-8	2.80	5.20	2	1.61	1.61	1.35	2.08	1.78	2.49

Nota: Resultados de factores de corrección por embebido teniendo en consideración la profundidad de desplante y las propiedades geométricas de los distintos tipos de zapatas, elaboración propia.

Finalmente se determina los coeficientes de rigidez.

Tabla 35.*Determinación de Coeficientes de Rigidez Modificado Norma FEMA 440*

ZAPATA	coeficiente de rigidez modificado					
	$K_{x,sur}$ Tn/m	$K_{y,sur}$ Tn/m	$K_{z,sur}$ Tn/m	$K_{xx,sur}$ Tn.m	$K_{yy,sur}$ Tn.m	$K_{zz,sur}$ Tn.m
Z-1	124754.6639	249424.1301	278089.688	4371893.07	5173189.231	8316940.511
Z-2	109801.6895	214930.9667	234941.719	3007130.722	3007130.722	5282770.03
Z-3	109584.2084	220942.1063	233955.006	2772567.293	3449412.017	5288000.355
Z-4	112820.1462	228084.644	243378.231	3033129.552	3880159.151	5896640.267
Z-5	149807.1733	336028.2938	364862.101	5585541.558	23376016.9	25780392.51
Z-6	187428.5718	406344.0486	477826.013	13250489.89	38695171.08	44155443.01
Z-7	140400.5826	298942.8245	328725.9	5411214.712	12180724.91	15149200.37
Z-8	121712.2274	258706.4277	271864.092	3389729.408	7195164.828	9128935.986

Nota: Resultados corregidos de coeficientes de rigidez norma FEMA 440 para realizar el análisis de los efectos de la interacción suelo estructura por factor de empotramiento, elaboración propia.

Análisis de datos

En este capítulo se presentan los datos obtenidos en relación con los objetivos establecidos en la tesis. A continuación, se realiza una comparación minuciosa de los resultados derivados de los análisis dinámicos, en los cuales se considera el efecto de la interacción suelo-estructura. Dicha comparación incluye los periodos de vibración, desplazamientos, derivas, cortante basal y la demanda de acero estructural en los elementos tipo viga. Este proceso analítico permitió interpretar con sustento técnico la influencia que tiene la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico y en el diseño estructural del Bloque A del centro de salud de Tamburco

➤ ***Periodos de Vibración***

se presentan los periodos de vibración correspondientes a los modelos dinámicos evaluados bajo diferentes condiciones de apoyo: base empotrada, modelo Barkan-Savinov, modelo basado en la Norma Rusa y el modelo definido según la Norma FEMA 440.

a) Base empotrada

Periodos de vibración

Tabla 36.*Periodos de Vibración de Base Empotrado*

Caso	Modo	masa participativa traslacional y rotacional base empotrado			
		Periodo Seg.	(UX)	(UY)	(RZ)
Mod	1	0.519	0.4535	0.1395	0.053
Mod	2	0.466	0.1394	0.5332	0.0141
Mod	3	0.34	0.0836	0.006	0.5932
Mod	4	0.27	0.022	0.057	0.012
Mod	5	0.2	0.09	0.034	0.016
Mod	6	0.126	0.1514	0.0017	0.0125
Mod	7	0.105	0.0013	0.1863	0.0004
Mod	8	0.081	0.0212	0	0.1544
Mod	9	0.075	0.00001704	0	0.0002
Mod	10	0.07	0.0005	0.000001883	0.0006
Mod	11	0.061	0.0558	0.0001	0.0112
Mod	12	0.045	0.0025	0.0689	0.0001
Mod	13	0.042	0.0256	0.004	0.0007
Mod	14	0.039	0.0202	0.0003	0.0001
Mod	15	0.037	0.0004	0.0001	0.0096
Mod	16	0.036	0	0	0
Mod	17	0.036	0	0	0
Mod	18	0.036	0	0	0

Nota: Resultados de los 18 periodos de vibración para el modelo de base empotrado en las direcciones X-Y-Z correspondientes a los movimientos traslacionales y rotacionales, elaboración propia

- Según se aprecia en la tabla precedente, el primer modo de vibración corresponde a un movimiento traslacional en el sentido “X” y tiene un período de 0.519 seg.
- El segundo modo de vibración corresponde a un movimiento de traslación en el sentido “Y” y presenta un periodo de 0.466 seg.

- Finalmente, el tercer modo de vibración se caracteriza por un movimiento de rotación en torno al eje “Z”, y presenta un periodo de 0.34 seg.

b) Barkan Savinov

Perdidos de vibración

Tabla 37.

Periodos de Vibración Modelo Barkan Savinov

masa participativa traslacional y rotacional Barkan-Savinov					
Caso	Modo	Periodo	(UX)	(UY)	(RZ)
		seg			
Mod	1	0.655	0.7364	0.007	0.0001
Mod	2	0.569	0.0083	0.7112	0.0011
Mod	3	0.145	0.1717	0.0001	0.009
Mod	4	0.135	0.0002	0.0001	0.0009
Mod	5	0.13	0.0001	0.0002	0.0007
Mod	6	0.125	0.0001	0.2035	0.0006
Mod	7	0.095	9.562E-07	0.0004	0.0017
Mod	8	0.09	0.0007	0.00003403	0.0006
Mod	9	0.075	0.0007	0.000003526	0.0001
Mod	10	0.072	0.0378	0.0001	0.0012
Mod	11	0.069	0.0086	0.00002693	0.0002
Mod	12	0.057	0	0.0557	0.0125
Mod	13	0.046	0.0152	0.0002	0.0003
Mod	14	0.034	0.0042	0.000001	0.00002712
Mod	15	0.034	0.00001438	0.0093	0.0007
Mod	16	0.028	0	0.0001	0.0045
Mod	17	0.028	0	0.000002428	6.53E-07
Mod	18	0.025	1.019E-06	0.00002553	0.0039

Nota: Resultados de periodos de vibración en dirección X-Y-Z para el modelo dinámico Barkan-Savinov donde se aprecia los 18 modos de vibración rotacionales y traslacionales, elaboración propia.

- Según se aprecia en la tabla precedente, el primer modo de vibración corresponde a un movimiento traslacional en el sentido “X” y tiene un período de 0.655 seg.

- El segundo modo de vibración corresponde a un movimiento de traslación en el sentido “Y” y presenta un periodo de 0.569 seg.
- Finalmente, el tercer modo de vibración se caracteriza por un movimiento de rotación en torno al eje “Z”, y presenta un periodo de 0.145 seg.

c) Norma Rusa

Perdidos de vibración

Tabla 38.

Periodos de Vibración Norma Rusa

masa participativa traslacional y rotacional Norma Rusa					
Caso	Modo	Periodo	(UX)	(UY)	(RZ)
		seg			
Mod	1	0.601	0.7156	0.0096	0.0002
Mod	2	0.531	0.011	0.6905	0.0011
Mod	3	0.139	0.1753	0.000001136	0.067
Mod	4	0.13	0.0002	0.0001	0.0009
Mod	5	0.125	0.0001	0.0002	0.0013
Mod	6	0.119	2.486E-06	0.207	0.001
Mod	7	0.095	7.22E-07	0.0004	0.0017
Mod	8	0.09	0.0007	0.00003173	0.0006
Mod	9	0.075	0.0003	0.00000109	0.0001
Mod	10	0.07	0.0193	0.00003875	0.0014
Mod	11	0.068	0.0345	0.0001	8.628E-06
Mod	12	0.055	1.956E-06	0.0654	0.0118
Mod	13	0.045	0.02	0.0002	0.0004
Mod	14	0.033	0.006	0.000008983	0.0001
Mod	15	0.033	0.00004043	0.0124	0.0008
Mod	16	0.028	0	0.0002	0.0044
Mod	17	0.028	0	0.000004153	0
Mod	18	0.025	5.491E-07	0.00003074	0.004

Nota: Resultado de periodos de vibración en dirección X-Y-Z para el modelo dinámico Norma Rusa donde se aprecia los 18 modos de vibración rotacionales y traslacionales, elaboración propia

- Según se aprecia en la tabla precedente, el primer modo de vibración corresponde a un movimiento traslacional en el sentido “X” y tiene un período de 0.601 seg.
- El segundo modo de vibración corresponde a un movimiento de traslación en el sentido “Y” y presenta un periodo de 0.531 seg.
- Finalmente, el tercer modo de vibración se caracteriza por un movimiento de rotación en torno al eje “Z”, y presenta un periodo de 0.139 seg.

d) Norma FEMA 440

Perdidos de vibración

Tabla 39.

Periodos de Vibración Norma FEMA

masa participativa traslacional y rotacional FEMA 440					
Caso	Modo	Periodo	(UX)	(UY)	(RZ)
		sec			
Mod	1	0.524	0.6479	0.049	0.0003
Mod	2	0.501	0.052	0.6298	0.001
Mod	3	0.136	0.1958	0.0001	0.004
Mod	4	0.132	0.052	0.3254	0.0011
Mod	5	0.127	0.1958	0.00018	0.00014
Mod	6	0.112	0.0001	0.2063	0.0017
Mod	7	0.095	0	0.0006	0.0016
Mod	8	0.09	0.0008	0.00003266	0.0006
Mod	9	0.075	0.0003	6.867E-07	0.0001
Mod	10	0.07	0.0166	0.00001934	0.0013
Mod	11	0.068	0.0445	0.0001	0.00002484
Mod	12	0.052	0.00002305	0.078	0.0105
Mod	13	0.045	0.0218	0.0002	0.0003
Mod	14	0.033	0.0068	0	0.00001796
Mod	15	0.032	7.297E-06	0.0179	0.0009
Mod	16	0.028	0	0.0004	0.0043
Mod	17	0.028	0	0.000008977	0
Mod	18	0.025	0	0.00004136	0.0041

Nota: Resultados de periodos de vibración en dirección X-Y-Z para el modelo dinámico Norma FEMA 440 donde se aprecia los 18 modos de vibración rotacionales y traslacionales, elaboración propia

- Según se aprecia en la tabla precedente, el primer modo de vibración corresponde a un movimiento traslacional en el sentido “X” y tiene un período de 0.524 seg.
- El segundo modo de vibración corresponde a un movimiento de traslación en el sentido “Y” y presenta un periodo de 0.501 seg.
- Finalmente, el tercer modo de vibración se caracteriza por un movimiento de rotación en torno al eje “Z”, y presenta un periodo de 0.136 seg

➤ **Desplazamientos**

A continuación, se muestran los desplazamientos para los modelos dinámicos con Base empotrada, Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440.

a) Base Empotrado

Tabla 40.

Desplazamiento de Base Empotrado en Dirección X

desplazamiento en el eje x-x			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	24.82
Nivel 6	SD-X	Y	20.564
Nivel 5	SD-X	X	21.577
Nivel 5	SD-X	Y	17.518
Nivel 4	SD-X	X	16.138
Nivel 4	SD-X	Y	12.526
Nivel 3	SD-X	X	10.302
Nivel 3	SD-X	Y	7.547
Nivel 2	SD-X	X	4.723
Nivel 2	SD-X	Y	3.169
Nivel 1	SD-X	X	0.783
Nivel 1	SD-X	Y	0.783

Nota: Resultados de desplazamiento en dirección X-X del modelo de base empotrado para los seis niveles que presenta el bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

Tabla 41.

Desplazamiento de Base Empotrado en Dirección Y

desplazamiento en el eje y-y			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	X	8.927
Nivel 6	SD-Y	Y	20.256
Nivel 5	SD-Y	X	8.916
Nivel 5	SD-Y	Y	17.254
Nivel 4	SD-Y	X	6.732
Nivel 4	SD-Y	Y	12.31
Nivel 3	SD-Y	X	4.361
Nivel 3	SD-Y	Y	8.21
Nivel 2	SD-Y	X	2.061
Nivel 2	SD-Y	Y	4.475
Nivel 1	SD-Y	X	0.399
Nivel 1	SD-Y	Y	1.457

Nota: Resultados de desplazamiento en dirección Y-Y del modelo de base empotrado para los seis niveles del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia

Para la representación gráfica de desplazamientos se consideran los máximos desplazamientos en ambos sentidos X y Y.

Tabla 42.

Desplazamientos Máximos en el sentido X Base Empotrado

desplazamiento maximo en el eje x-x			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	24.82

desplazamiento maximo en el eje x-x			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 5	SD-X	X	21.577
Nivel 4	SD-X	X	16.138
Nivel 3	SD-X	X	10.302
Nivel 2	SD-X	X	4.723
Nivel 1	SD-X	X	0.783

Nota: Resultado de desplazamiento máximo en dirección X-X por niveles para el modelo de base empotrado de la estructura del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Tabla 43.

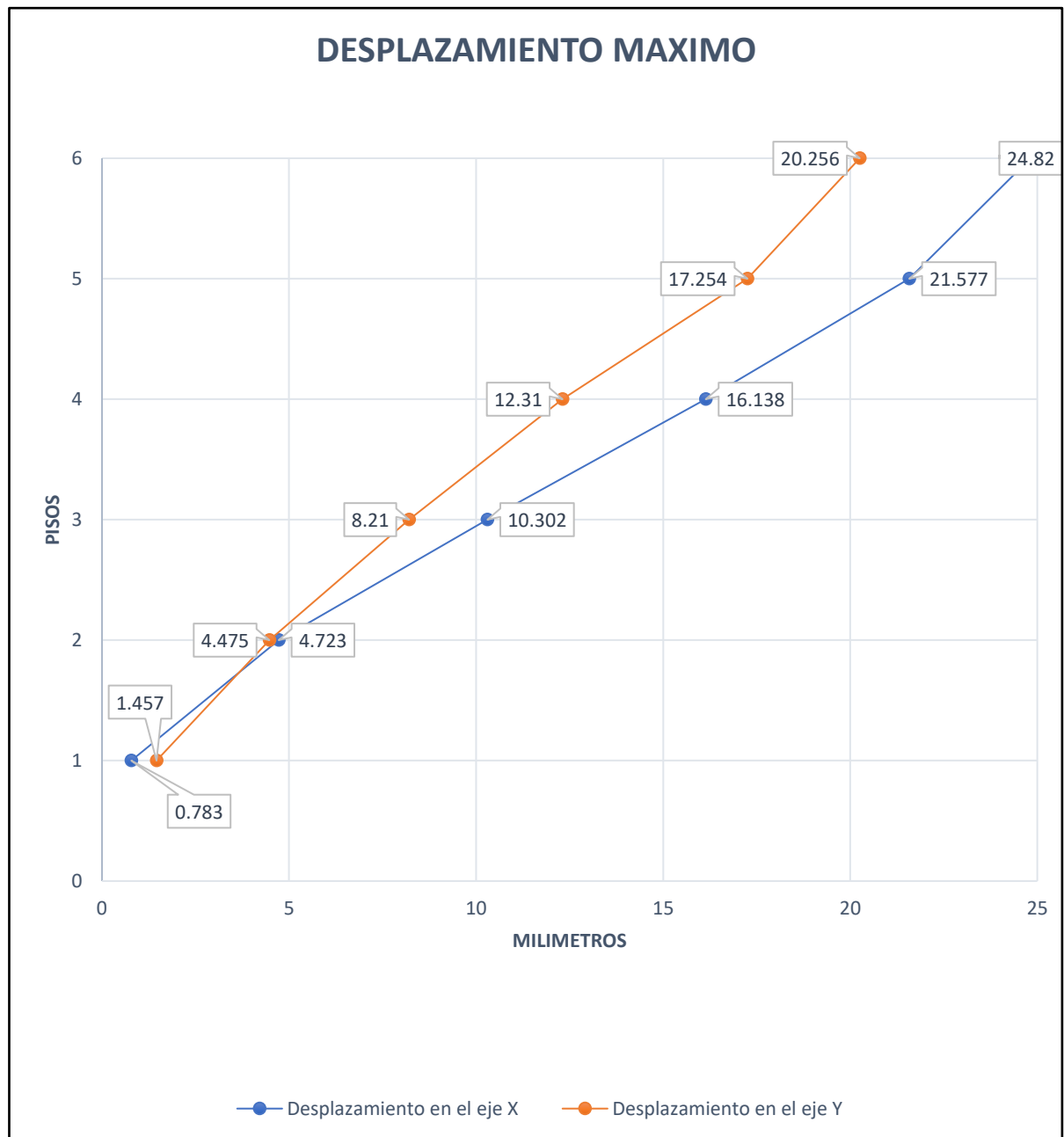
Desplazamientos Máximos en el eje Y Base Empotrado

desplazamiento maximo en el eje y-y			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	Y	20.256
Nivel 5	SD-Y	Y	17.254
Nivel 4	SD-Y	Y	12.31
Nivel 3	SD-Y	Y	8.21
Nivel 2	SD-Y	Y	4.475
Nivel 1	SD-Y	Y	1.457

Nota: Resultado de desplazamiento máximo en dirección Y-Y por niveles para el modelo de base empotrado de la estructura del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia

Figura 29.

Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos de Base Empotrado



Nota: En la tabla se aprecia los resultados de los desplazamientos máximos en las direcciones X-Y para el modelo de base empotrado del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

b) Barkan- Savinov

Tabla 44.*Desplazamientos Modelo Barkan- Savinov en Dirección X*

desplazamiento en el eje x-x Barkan-Savinov			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	37.617
Nivel 6	SD-X	Y	4.408
Nivel 5	SD-X	X	33.228
Nivel 5	SD-X	Y	3.788
Nivel 4	SD-X	X	26.504
Nivel 4	SD-X	Y	2.861
Nivel 3	SD-X	X	19.147
Nivel 3	SD-X	Y	1.928
Nivel 2	SD-X	X	11.554
Nivel 2	SD-X	Y	0
Nivel 1	SD-X	X	4.598
Nivel 1	SD-X	Y	0

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos en la dirección X-X para el modelo dinámico de Barkan-Savinov del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Tabla 45.*Desplazamientos Modelo Barkan-Savinov en Dirección Y*

desplazamiento en el eje y-y Barkan-Savinov			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	X	3.335
Nivel 6	SD-Y	Y	27.73
Nivel 5	SD-Y	X	2.968
Nivel 5	SD-Y	Y	24.127
Nivel 4	SD-Y	X	2.407
Nivel 4	SD-Y	Y	18.538
Nivel 3	SD-Y	X	1.789

desplazamiento en el eje y-y Barkan-Savinov			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 3	SD-Y	Y	12.82
Nivel 2	SD-Y	X	1.151
Nivel 2	SD-Y	Y	7.372
Nivel 1	SD-Y	X	0.543
Nivel 1	SD-Y	Y	2.871

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos en la dirección Y-Y para el modelo dinámico de Barkan-Savinov del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Para la representación gráfica de desplazamientos se consideran los máximos desplazamientos en ambos sentidos eje X y Y.

Tabla 46.

Desplazamientos Máximos en Dirección X Modelo Barkan-Savinov

desplazamiento máximo en el sentido x-x Barkan-Savinov			
pisos	caso de salida	dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	37.617
Nivel 5	SD-X	X	33.228
Nivel 4	SD-X	X	26.504
Nivel 3	SD-X	X	19.147
Nivel 2	SD-X	X	11.554
Nivel 1	SD-X	X	4.598

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos máximos por niveles en dirección X-X para el modelo dinámico de Barkan-Savinov, elaboración propia

Desplazamientos máximos en el sentido Y-Y

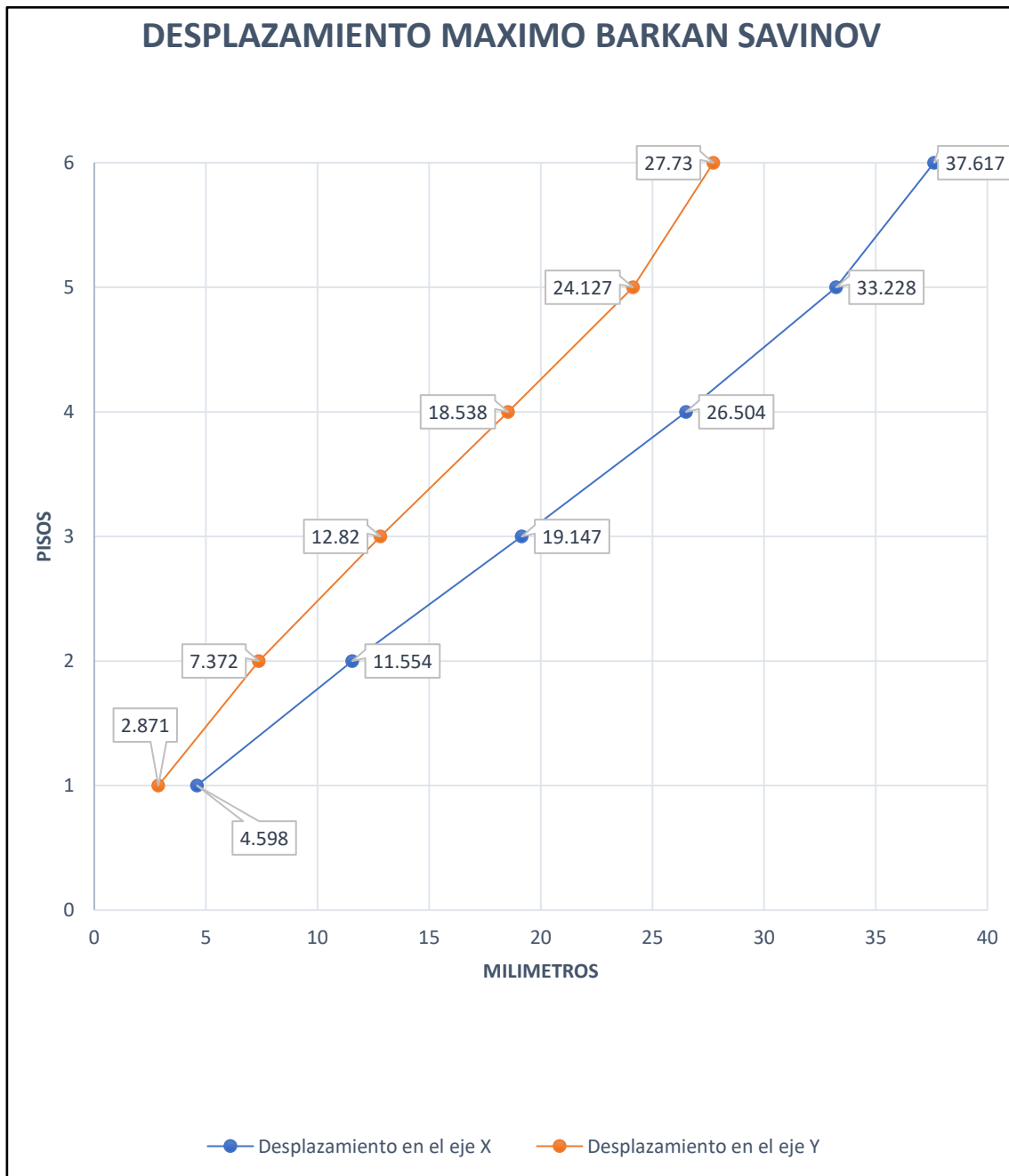
Tabla 47.*Desplazamientos Máximos en Dirección Y Modelo Barkan-Savinov*

desplazamiento máximo en el sentido y-y Barkan-Savinov			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	Y	27.73
Nivel 5	SD-Y	Y	24.127
Nivel 4	SD-Y	Y	18.538
Nivel 3	SD-Y	Y	12.82
Nivel 2	SD-Y	Y	7.372
Nivel 1	SD-Y	Y	2.871

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos máximos por niveles en dirección Y-Y para el modelo dinámico de Barkan-Savinov, elaboración propia

Figura 30.

Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos del Modelo Barkan Savinov



Nota: En la gráfica se muestra los resultados de los desplazamientos máximos en las direcciones X-Y modelo Barkan-Savinov del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

c) Norma Rusa

Tabla 48.*Desplazamientos Norma Rusa Dirección X*

desplazamiento en el eje x-x norma rusa			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	33.33
Nivel 6	SD-X	Y	4.374
Nivel 5	SD-X	X	29.341
Nivel 5	SD-X	Y	3.753
Nivel 4	SD-X	X	23.162
Nivel 4	SD-X	Y	2.817
Nivel 3	SD-X	X	16.406
Nivel 3	SD-X	Y	1.872
Nivel 2	SD-X	X	9.529
Nivel 2	SD-X	Y	1.002
Nivel 1	SD-X	X	3.457
Nivel 1	SD-X	Y	0

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos en la dirección X-X para el modelo dinámico Norma Rusa del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Tabla**49.***Desplazamientos Norma Rusa Dirección Y*

desplazamiento en el eje y-y norma rusa			
Pisos	caso de salida	dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	X	3.397
Nivel 6	SD-Y	Y	25.028
Nivel 5	SD-Y	X	3.006
Nivel 5	SD-Y	Y	21.674
Nivel 4	SD-Y	X	2.402
Nivel 4	SD-Y	Y	16.469
Nivel 3	SD-Y	X	1.736
Nivel 3	SD-Y	Y	11.156

desplazamiento en el eje y-y norma rusa			
Pisos	caso de salida	dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 2	SD-Y	X	1.055
Nivel 2	SD-Y	Y	6.16
Nivel 1	SD-Y	X	0.432
Nivel 1	SD-Y	Y	2.185

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos en la dirección

Y-Y para el modelo dinámico Norma Rusa del bloque A del centro de salud

Tamburco, elaboración propia

Para la representación gráfica de desplazamientos se consideran los máximos desplazamientos en ambos sentidos X y Y.

Tabla 50.

Desplazamientos Máximos en Dirección X Norma Rusa

desplazamiento máximo en el eje x-x norma rusa			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	33.33
Nivel 5	SD-X	X	29.341
Nivel 4	SD-X	X	23.162
Nivel 3	SD-X	X	16.406
Nivel 2	SD-X	X	9.529
Nivel 1	SD-X	X	3.457

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos máximos en la dirección X-X de los seis niveles para el modelo dinámico Norma Rusa del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Tabla 51.

Desplazamientos Máximos en Dirección Y Norma Rusa

desplazamiento máximo en el eje y-y			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	Y	25.028

desplazamiento máximo en el eje y-y

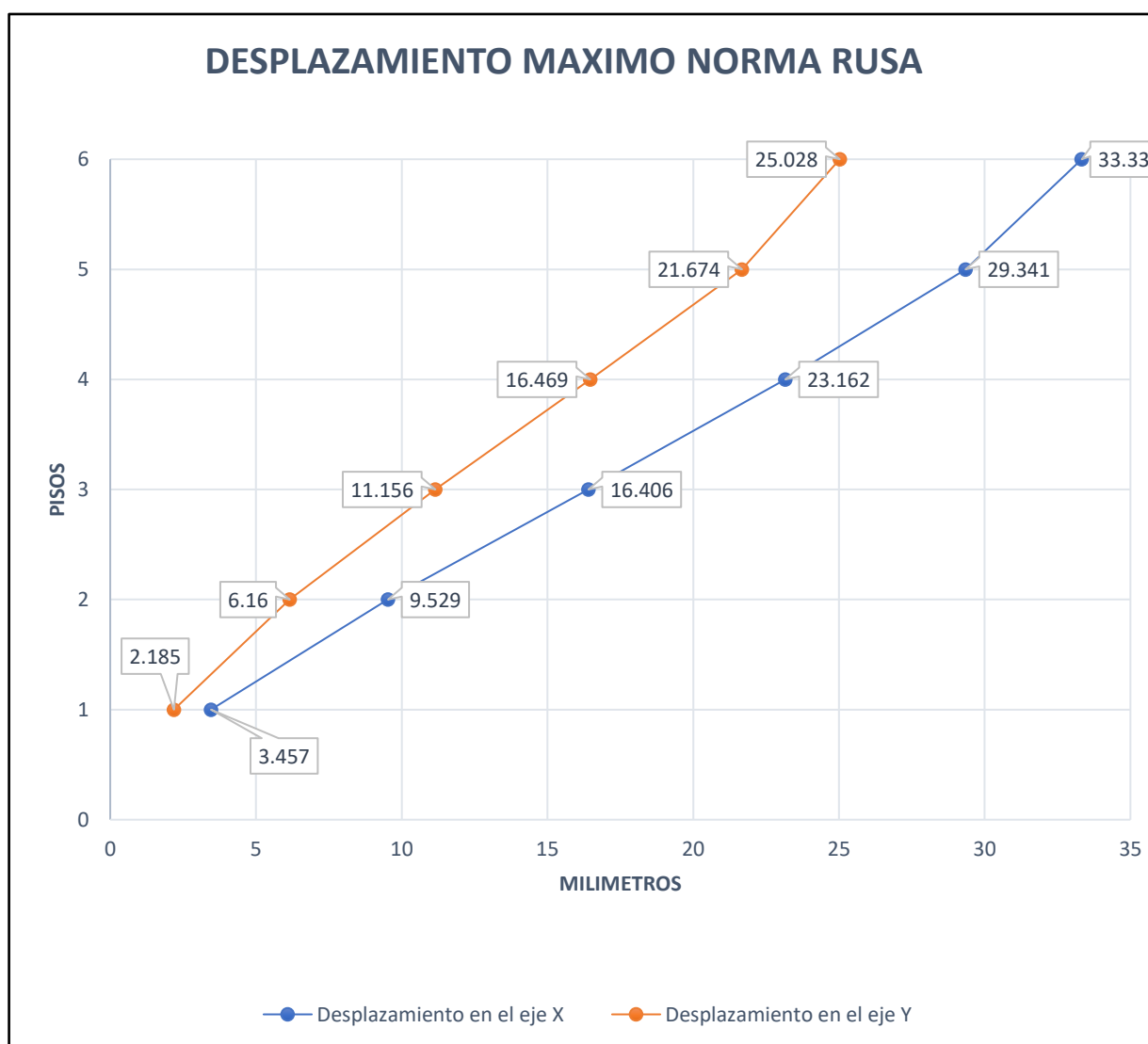
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 5	SD-Y	Y	21.674
Nivel 4	SD-Y	Y	16.469
Nivel 3	SD-Y	Y	11.156
Nivel 2	SD-Y	Y	6.16
Nivel 1	SD-Y	Y	2.185

Nota: En la tabla se aprecia los resultados de desplazamientos máximos

en la dirección Y-Y de los seis niveles para el modelo dinámico Norma Rusa del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Figura 31.

Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos Modelo Dinámico Norma Rusa



Nota: En la gráfica se aprecia los resultados de los desplazamientos máximos en las direcciones X-Y para el modelo Norma Rusa del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

d) Norma FEMA 440

Tabla 52.

Desplazamientos Norma FEMA Dirección X

desplazamiento en el eje x-x fema 440			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	27.057
Nivel 6	SD-X	Y	4.267
Nivel 5	SD-X	X	23.69
Nivel 5	SD-X	Y	3.667
Nivel 4	SD-X	X	18.357
Nivel 4	SD-X	Y	2.745
Nivel 3	SD-X	X	12.563
Nivel 3	SD-X	Y	1.807
Nivel 2	SD-X	X	6.872
Nivel 2	SD-X	Y	0.94
Nivel 1	SD-X	X	2.192
Nivel 1	SD-X	Y	0.284

Nota: En la tabla se presenta los resultados de desplazamientos en la dirección X-X para el modelo de Norma FEMA 440 del bloquea A, elaboración propia

Tabla53.

Desplazamientos Norma FEMA Dirección Y

desplazamiento en el eje y-y fema 440			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	X	3.512
Nivel 6	SD-Y	Y	22.884

desplazamiento en el eje y-y fema 440			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 5	SD-Y	X	3.079
Nivel 5	SD-Y	Y	19.711
Nivel 4	SD-Y	X	2.394
Nivel 4	SD-Y	Y	14.792
Nivel 3	SD-Y	X	1.646
Nivel 3	SD-Y	Y	9.786
Nivel 2	SD-Y	X	0.913
Nivel 2	SD-Y	Y	5.139
Nivel 1	SD-Y	X	0.301
Nivel 1	SD-Y	Y	1.578

Nota: En la tabla se presenta los resultados de desplazamiento en la dirección Y-Y para la Norma FEMA 440 del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Para la representación gráfica de desplazamientos se consideran los máximos desplazamientos en ambos sentidos X y Y.

Desplazamientos máximos en el sentido X-X

Tabla 54.

Desplazamientos Máximos en Dirección X Norma FEMA

desplazamiento máximo en el eje x-x fema 440			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-X	X	27.057
Nivel 5	SD-X	X	23.69
Nivel 4	SD-X	X	18.357
Nivel 3	SD-X	X	12.563
Nivel 2	SD-X	X	6.872
Nivel 1	SD-X	X	2.192

Nota: Resultados de desplazamiento máximo por niveles en dirección X-X para la Norma FEMA 440 del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Desplazamientos máximos en el sentido Y-Y

Tabla 55.

Desplazamientos Máximos en Dirección Y Norma FEMA

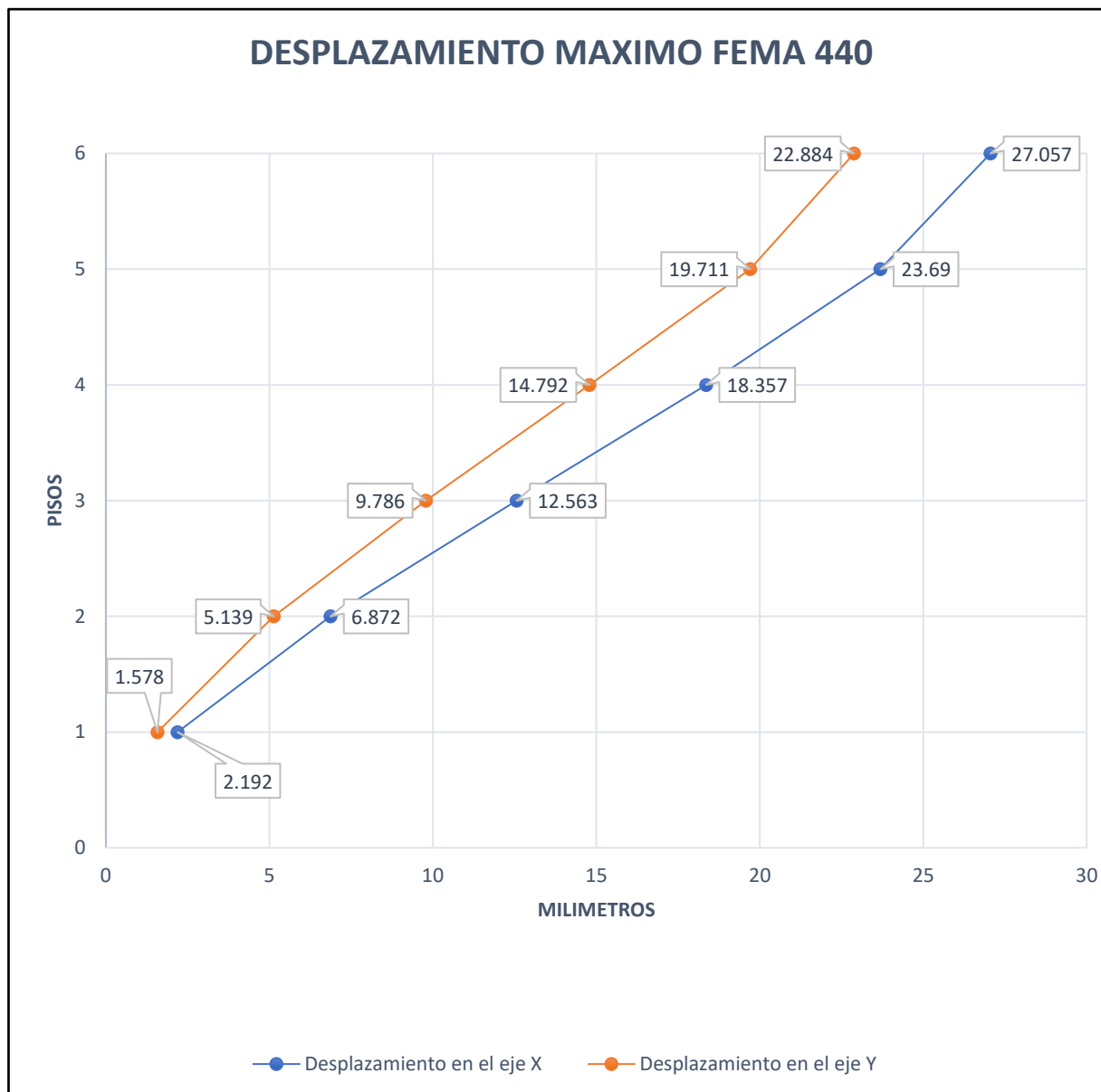
desplazamiento máximo en el eje y-y fema 440			
Pisos	Caso de Salida	Dirección	Desplazamiento (mm)
Nivel 6	SD-Y	Y	22.884
Nivel 5	SD-Y	Y	19.711
Nivel 4	SD-Y	Y	14.792
Nivel 3	SD-Y	Y	9.786
Nivel 2	SD-Y	Y	5.139
Nivel 1	SD-Y	Y	1.578

Nota: Resultados de desplazamiento máximo por niveles en dirección Y-Y para la Norma FEMA 440 del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia

Representación gráfica de desplazamientos del modelo dinámico Norma FEMA 440

Figura 32.

Representación Gráfica de Desplazamientos Máximos Modelo Norma FEMA440



Nota: En la gráfica se aprecia los desplazamientos máximos en los ejes X-Y para el modelo Norma FEMA 440 en el bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

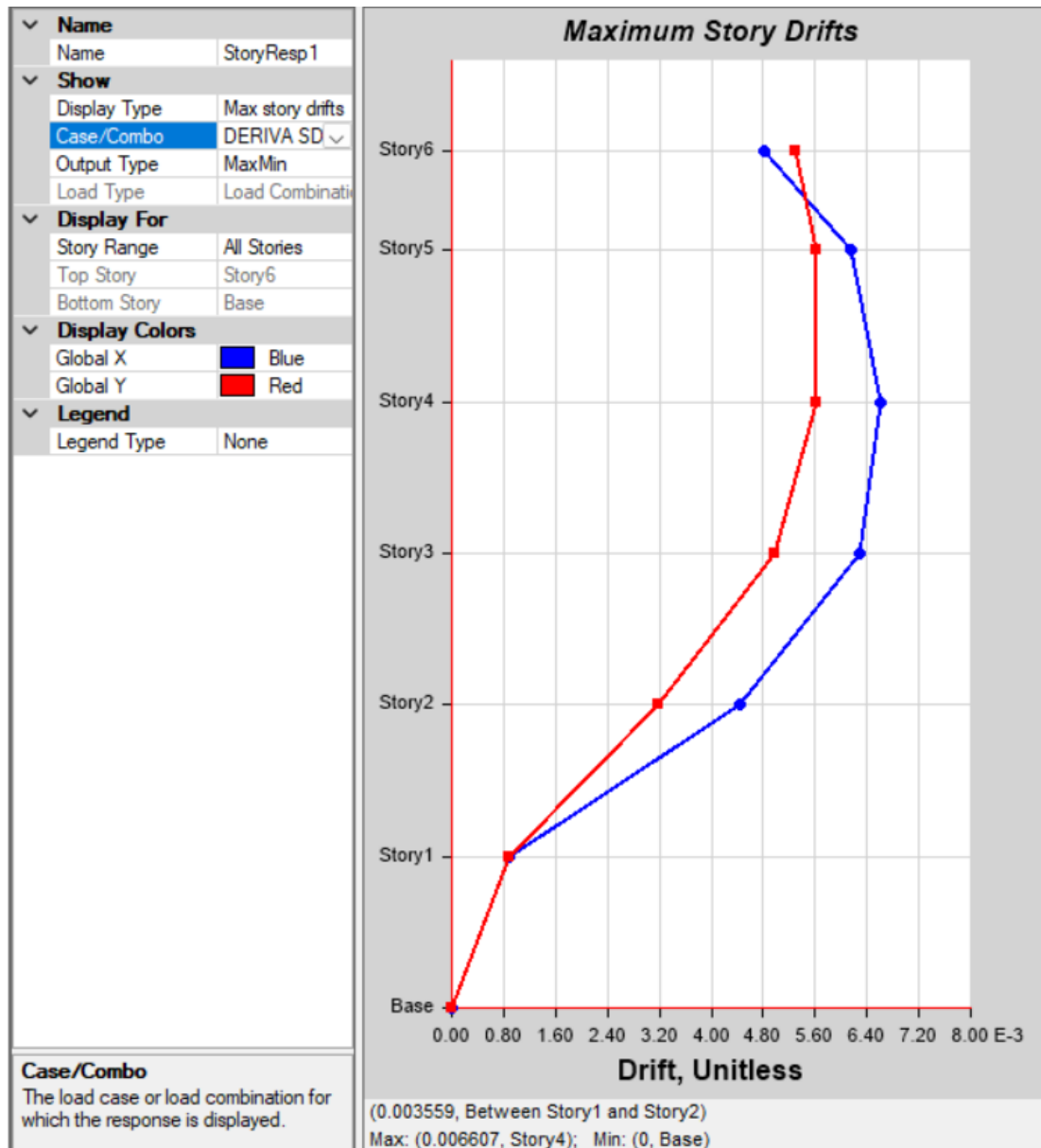
➤ ***Derivas de entrepiso***

A continuación, se muestran las derivas de piso y se realizan las verificaciones de distorsión por niveles según lo indicado en las bases teóricas para los modelos dinámicos con Base empotrada, Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440.

a) Base Empotrado

Figura 33.

Resultado de Derivas de Entrepiso eje X-X Modelo Dinámico Base Empotrado



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso para el modelo de base empotrado de todos los pisos contemplados en el bloque A del centro de salud Tamburco, obtenido del software Etabs elaboración propia.

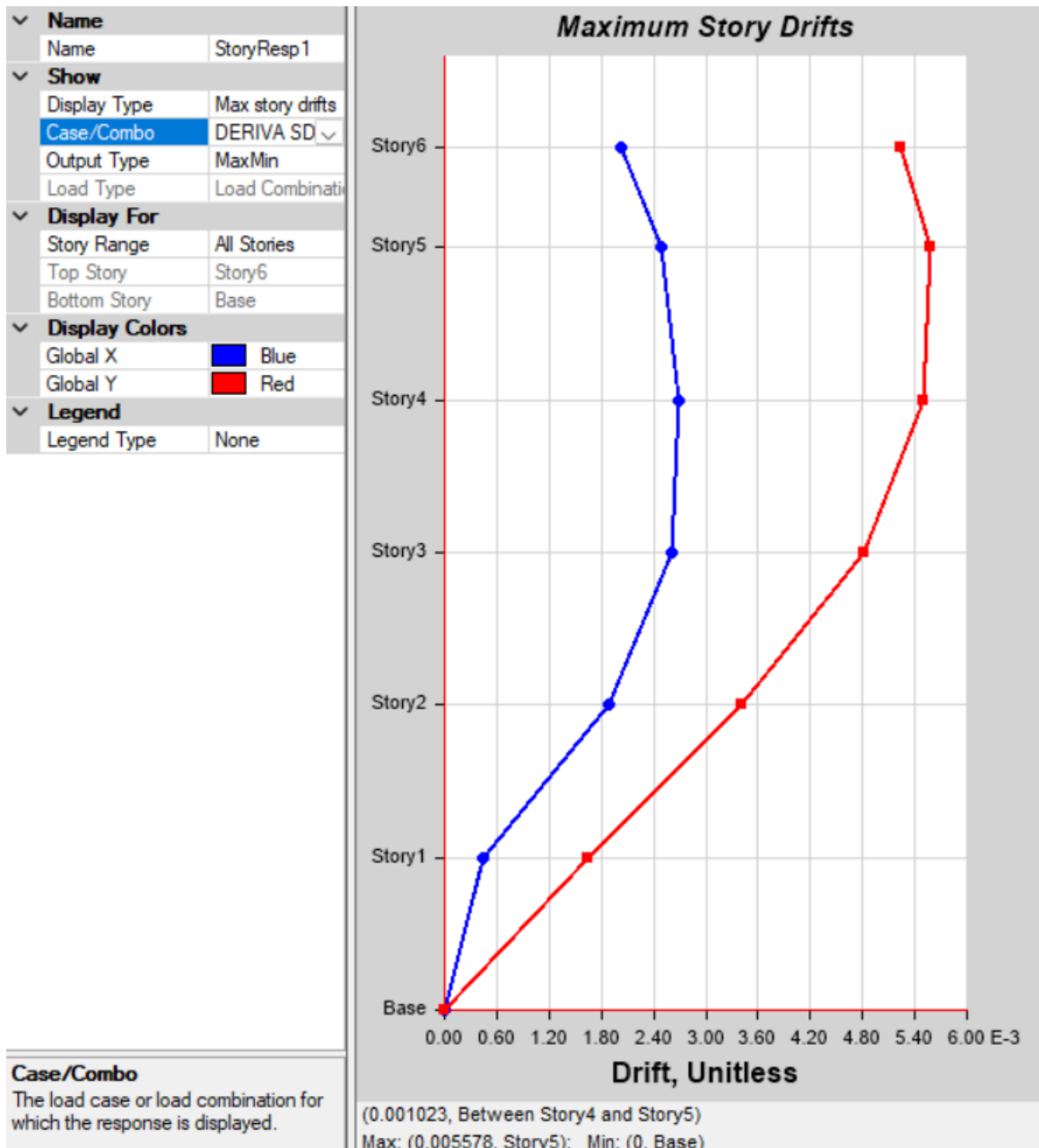
Tabla 56.*Verificación de Derivas de Entrepiso Dirección X Base Empotrado*

Verificación de Derivas Análisis Dinámico Dirección X-X Base Empotrado					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER SD-X	Máximo	X	0.004825	Cumple
Story6	DER SD-X	Máximo	Y	0.005299	Cumple
Story6	DER SD-X	Mínimo	X	0.004825	Cumple
Story6	DER SD-X	Mínimo	Y	0.005299	Cumple
Story5	DER SD-X	Máximo	X	0.006167	Cumple
Story5	DER SD-X	Máximo	Y	0.005627	Cumple
Story5	DER SD-X	Mínimo	X	0.006167	Cumple
Story5	DER SD-X	Mínimo	Y	0.005627	Cumple
Story4	DER SD-X	Máximo	X	0.006607	Cumple
Story4	DER SD-X	Máximo	Y	0.00562	Cumple
Story4	DER SD-X	Mínimo	X	0.006607	Cumple
Story4	DER SD-X	Mínimo	Y	0.00562	Cumple
Story3	DER SD-X	Máximo	X	0.006296	Cumple
Story3	DER SD-X	Máximo	Y	0.004981	Cumple
Story3	DER SD-X	Mínimo	X	0.006296	Cumple
Story3	DER SD-X	Mínimo	Y	0.004981	Cumple
Story2	DER SD-X	Máximo	X	0.004441	Cumple
Story2	DER SD-X	Máximo	Y	0.003176	Cumple
Story2	DER SD-X	Mínimo	X	0.004441	Cumple
Story2	DER SD-X	Mínimo	Y	0.003176	Cumple
Story1	DER SD-X	Máximo	X	0.000881	Cumple
Story1	DER SD-X	Máximo	Y	0.000881	Cumple
Story1	DER SD-X	Mínimo	X	0.000881	Cumple
Story1	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000881	Cumple

Nota: Verificación de resultados deriva de entrepiso en el sentido X-X para el modelo de base empotrado con material predominante de concreto en los seis niveles del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración Propia.

Derivas en sentido Y-Y

Figura 34.*Resultado de Derivas de Entrepiso eje Y-Y Modelo Dinámico Base Empotrado*



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso de todos los niveles contemplados en el bloque A para el modelo de base empotrado, obtenido del software Etabs elaboración propia.

Verificación de distorsión en Y

Tabla 57.*Verificación de Derivas de Entrepiso Dirección Y Base Empotrado*

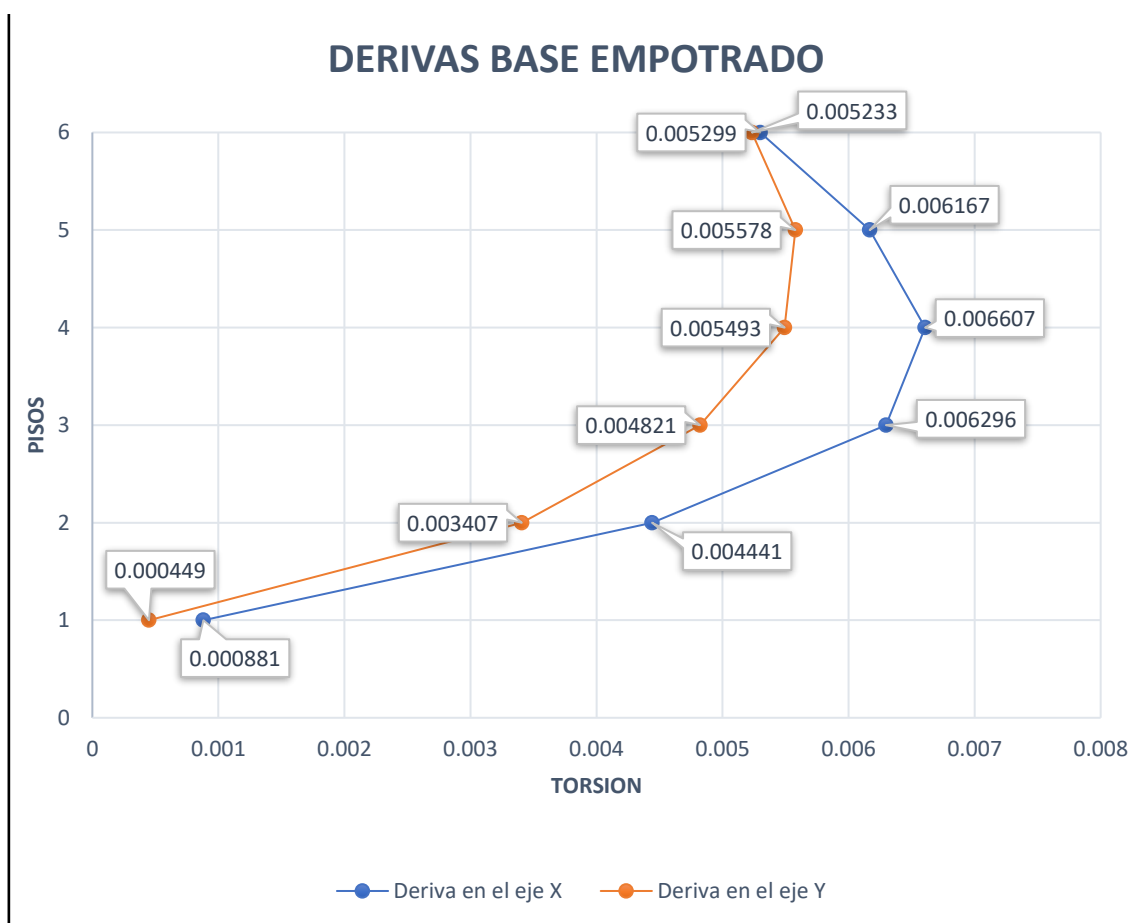
Verificación de Derivas Análisis Dinámico Dirección Y-Y Base Empotrado					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER SD-Y	Máximo	X	0.002031	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005233	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Mínimo	X	0.002031	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005233	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Máximo	X	0.002481	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005578	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Mínimo	X	0.002481	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005578	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Máximo	X	0.002691	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005493	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Mínimo	X	0.002691	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005493	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Máximo	X	0.002608	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Máximo	Y	0.004821	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Mínimo	X	0.002608	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.004821	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Máximo	X	0.001893	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Máximo	Y	0.003407	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Mínimo	X	0.001893	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.003407	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Máximo	X	0.000449	¡OK!

Verificación de Derivas Análisis Dinámico Dirección Y-Y Base Empotrado					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story1	DER SD-Y	Máximo	Y	0.00164	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000449	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.00164	¡OK!

Nota: Verificación de resultados deriva de entrepiso en el sentido Y-Y para el modelo de base empotrado con material predominante de concreto en los seis niveles del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración Propia.

Figura 35.

Representación Gráfica de Derivas de Entrepiso en Dirección X-Y Modelo Dinámico Base

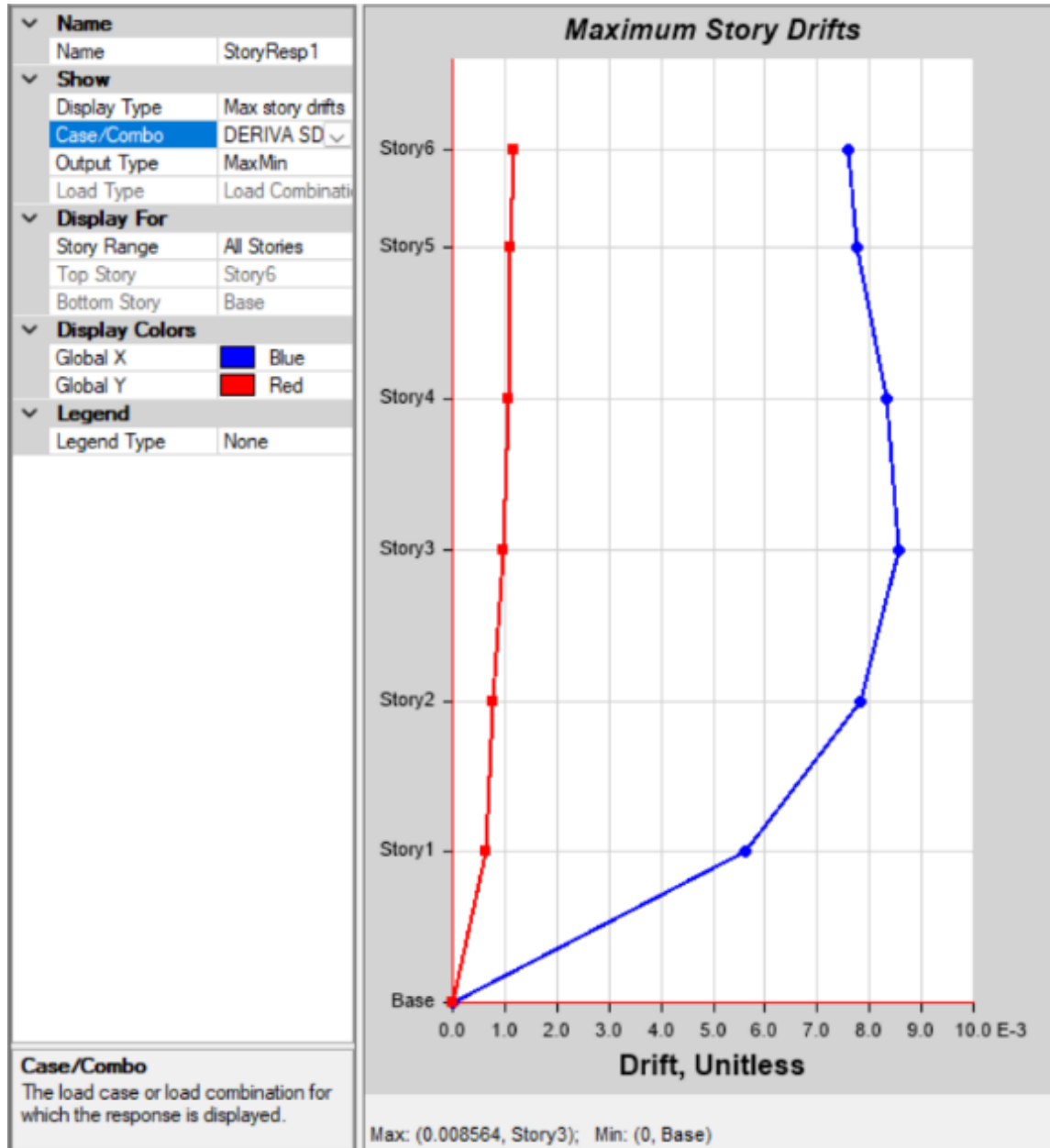


Nota: Resultado de derivas de entrepiso para todos los niveles en dirección X-Y de modelo de base empotrado, elaboración propia.

b) Barkan-Savinov

Figura 36.

Resultado de Deriva de Entrepiso en Dirección X Modelo Dinámico Barkan-Savinov



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso para todos los pisos contemplados en el bloque A del modelo dinámico Barkan-Savinov, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

Tabla 58.*Verificación de Deriva de Entrepiso en sentido X-X Barkan-Savinov*

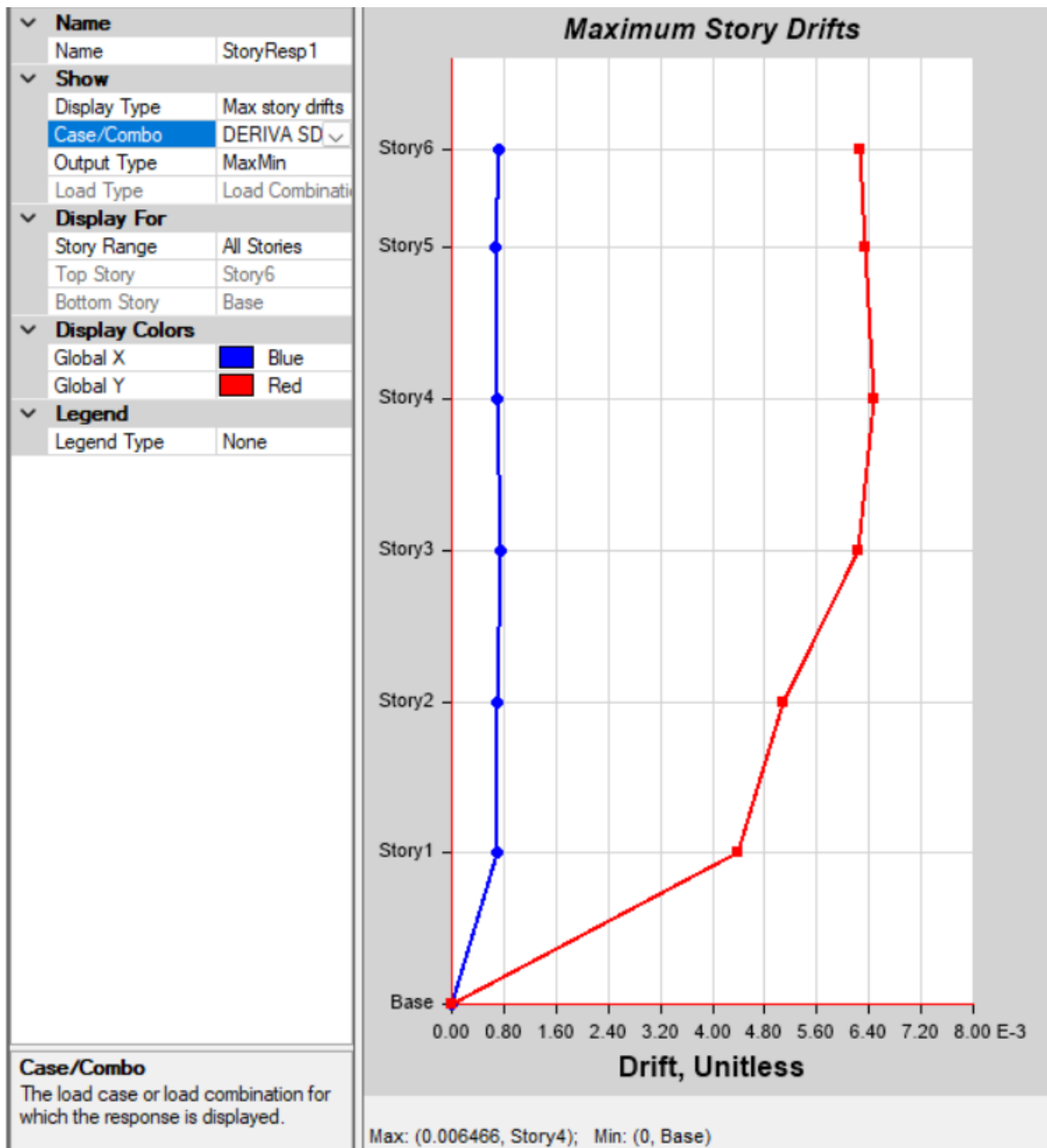
Verificación de Derivas Barkan-Savinov dirección X-X					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DERIVA SD-X	Máximo	X	0.007608	VERIFICAR
Story6	DERIVA SD-X	Máximo	Y	0.001164	Cumple
Story6	DERIVA SD-X	Mínimo	X	0.007608	Verificar
Story6	DERIVA SD-X	Mínimo	Y	0.001164	Cumple
Story5	DERIVA SD-X	Máximo	X	0.007771	Verificar
Story5	DERIVA SD-X	Máximo	Y	0.001092	Cumple
Story5	DERIVA SD-X	Mínimo	X	0.007771	Verificar
Story5	DERIVA SD-X	Mínimo	Y	0.001092	Cumple
Story4	DERIVA SD-X	Máximo	X	0.008313	Verificar
Story4	DERIVA SD-X	Máximo	Y	0.001054	Cumple
Story4	DERIVA SD-X	Mínimo	X	0.008313	Verificar
Story4	DERIVA SD-X	Mínimo	Y	0.001054	Cumple
Story3	DERIVA SD-X	Máximo	X	0.008564	Verificar
Story3	DERIVA SD-X	Máximo	Y	0.00098	Cumple
Story3	DERIVA SD-X	Mínimo	X	0.008564	Verificar
Story3	DERIVA SD-X	Mínimo	Y	0.00098	Cumple
Story2	DERIVA SD-X	Máximo	X	0.007841	Verificar
Story2	DERIVA SD-X	Mínimo	X	0.007841	Verificar
Story1	DERIVA SD-X	Máximo	X	0.005629	Cumple
Story1	DERIVA SD-X	Máximo	Y	0.000642	Cumple
Story1	DERIVA SD-X	Mínimo	X	0.005629	Cumple
Story1	DERIVA SD-X	Mínimo	Y	0.000642	Cumple

Nota: Verificación de resultados de deriva de entrepiso en el sentido X-X

para el modelo dinámico Barkan -Savinov del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

Figura 37.

Resultado de Deriva de Entrepiso en Dirección Y Modelo Dinámico Barkan-Savinov



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso para todos los pisos contemplados en el bloque A del modelo dinámico Barkan-Savinov, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

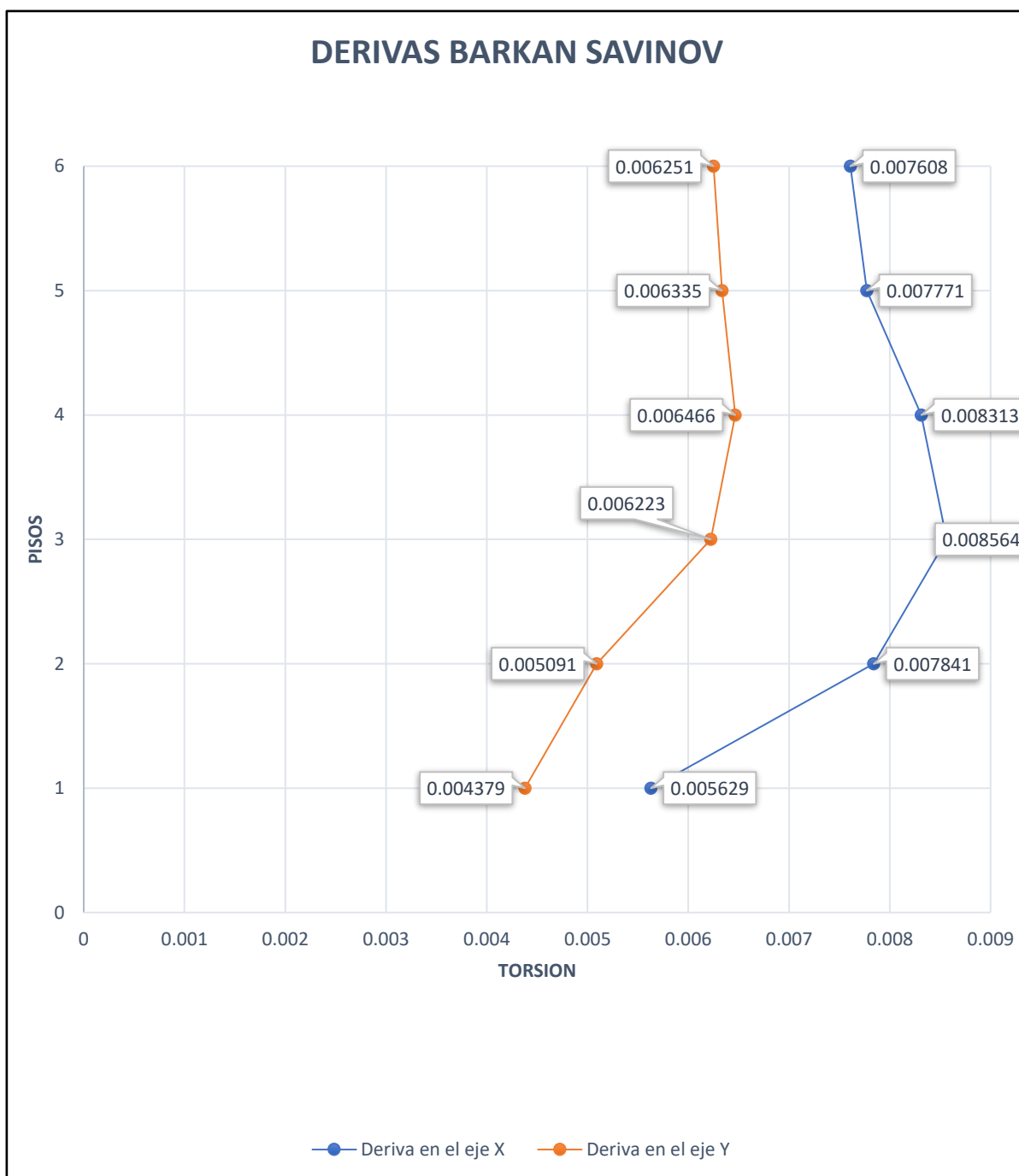
Tabla 59.*Verificación de Deriva de Entrepiso en Dirección Y-Y Barkan-Savinov*

Verificación de Derivas BARKAN-SAVINOV Dirección Y-Y					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER SD-Y	Máximo	X	0.000732	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Máximo	Y	0.006251	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000732	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.006251	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Máximo	X	0.000657	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Máximo	Y	0.006335	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000657	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.006335	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Máximo	X	0.000709	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Máximo	Y	0.006466	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000709	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.006466	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Máximo	X	0.000757	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Máximo	Y	0.006223	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000757	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.006223	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Máximo	X	0.000706	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005091	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000706	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005091	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Máximo	X	0.000699	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Máximo	Y	0.004379	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000699	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.004379	¡OK!

Nota: Verificación de resultados de deriva de entrepiso en el sentido Y-Y para el modelo dinámico Barkan -Savinov del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

Figura 38.

Representación gráfica de derivas de Entrepiso en sentido X- Y Modelo Dinámico Barkan-



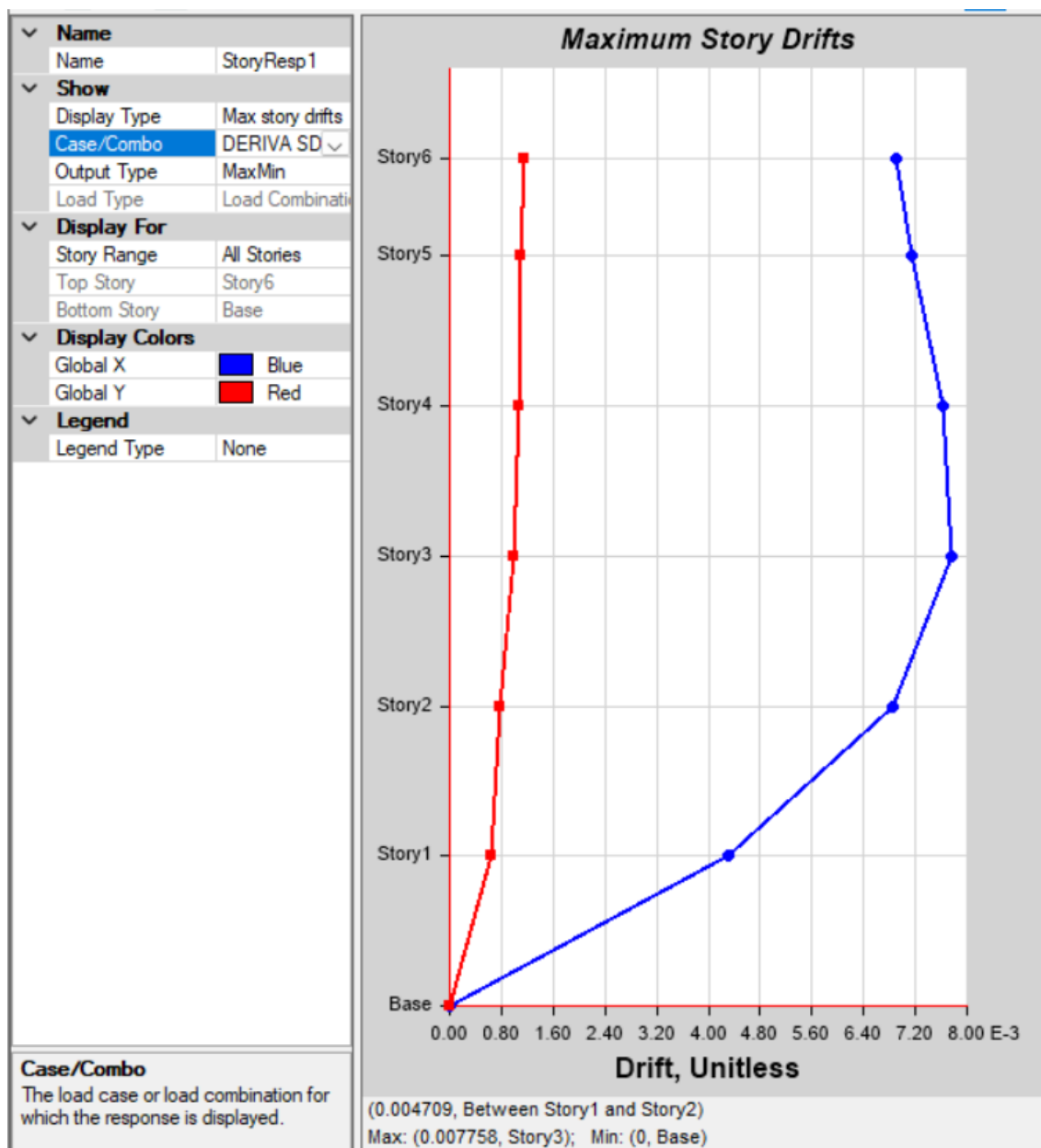
Nota: Resultado de derivas de entrepiso por niveles dirección X-Y para el modelo dinámico Barkan-Savinov del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

c) Norma Rusa

Derivas en Eje X-X

Figura 39.

Resultado de Derivas de Entrepiso en sentido X Norma Rusa



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso de los diferentes niveles considerados en el bloque A del centro de salud Tamburco para el modelo dinámico Norma Rusa, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

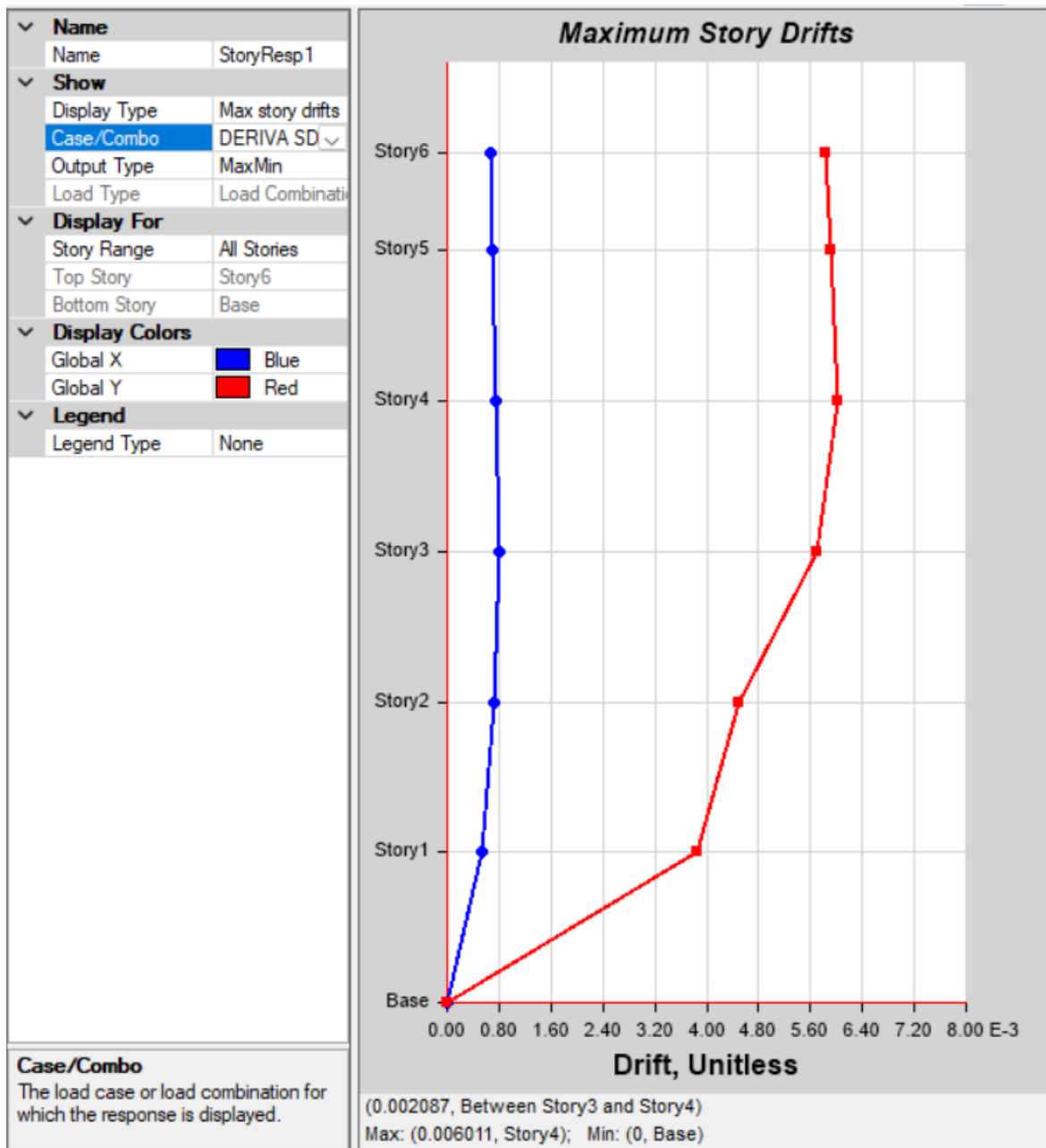
Tabla 60.*Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección X-X Nora Rusa*

Verificación de Derivas NORMA RUSA Dirección X-X					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER SD-X	Máximo	X	0.006916	¡OK!
Story6	DER SD-X	Máximo	Y	0.001154	¡OK!
Story6	DER SD-X	Mínimo	X	0.006916	¡OK!
Story6	DER SD-X	Mínimo	Y	0.001154	¡OK!
Story5	DER SD-X	Máximo	X	0.007134	VERIFICAR
Story5	DER SD-X	Máximo	Y	0.001093	¡OK!
Story5	DER SD-X	Mínimo	X	0.007134	VERIFICAR
Story5	DER SD-X	Mínimo	Y	0.001093	¡OK!
Story4	DER SD-X	Máximo	X	0.007637	VERIFICAR
Story4	DER SD-X	Máximo	Y	0.001065	¡OK!
Story4	DER SD-X	Mínimo	X	0.007637	VERIFICAR
Story4	DER SD-X	Mínimo	Y	0.001065	¡OK!
Story3	DER SD-X	Máximo	X	0.007758	VERIFICAR
Story3	DER SD-X	Máximo	Y	0.000984	¡OK!
Story3	DER SD-X	Mínimo	X	0.007758	VERIFICAR
Story3	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000984	¡OK!
Story2	DER SD-X	Máximo	X	0.006838	¡OK!
Story2	DER SD-X	Máximo	Y	0.000776	¡OK!
Story2	DER SD-X	Mínimo	X	0.006838	¡OK!
Story2	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000776	¡OK!
Story1	DER SD-X	Máximo	X	0.004315	¡OK!
Story1	DER SD-X	Máximo	Y	0.000648	¡OK!
Story1	DER SD-X	Mínimo	X	0.004315	¡OK!
Story1	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000648	¡OK!

Nota: Verificación de resultados de deriva de entrepiso en la dirección X-X para el modelo de Norma Rusa del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

Figura 40.

Resultado de Derivas de Entrepiso Dirección Y Norma Rusa



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso para todos los niveles planteados en el bloque A del centro de salud Tamburco para el modelo dinámico Norma Rusa, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

Tabla 61.*Verificación de Derivas de Entrepiso en Dirección Y-Y Norma Rusa*

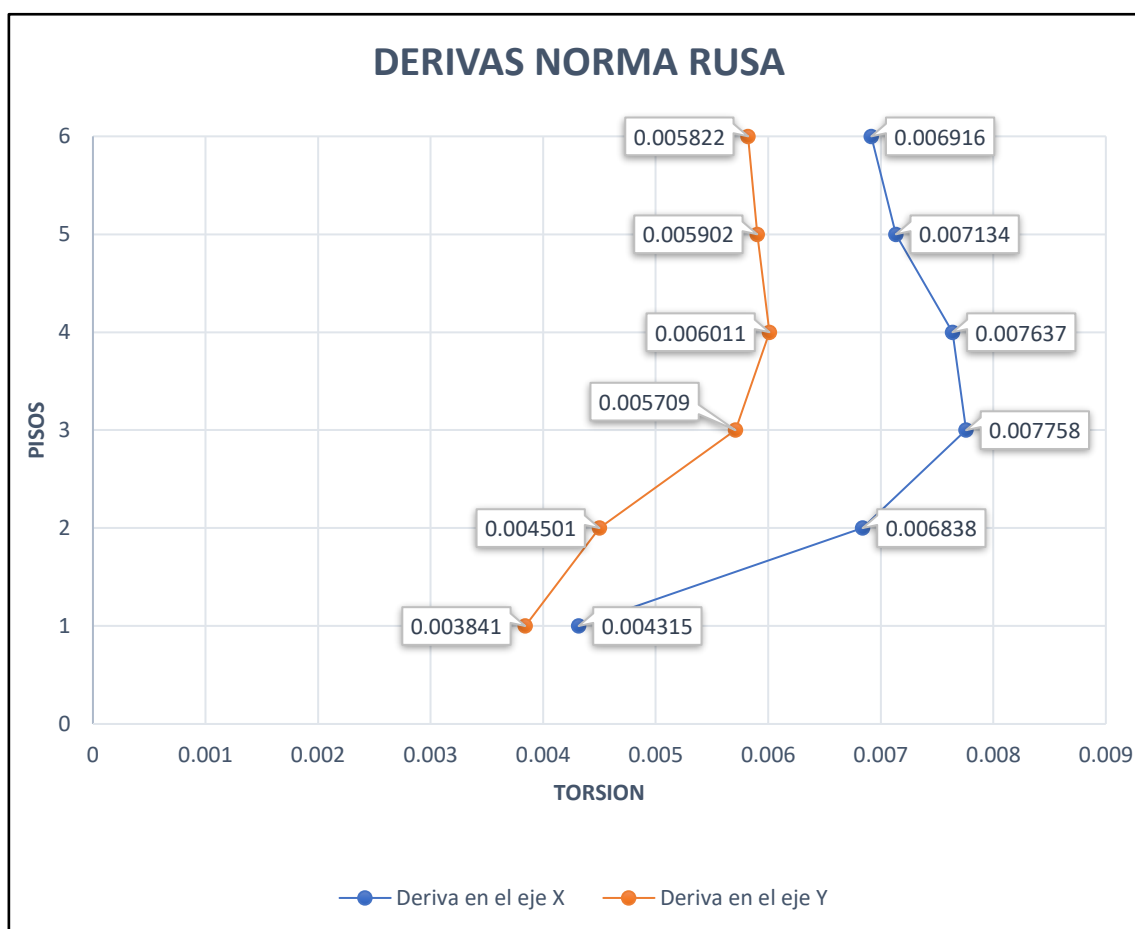
Verificación de Derivas NORMA RUSA Dirección Y-Y					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DERIVA SD-Y	Máximo	X	0.000679	¡OK!
Story6	DERIVA SD-Y	Máximo	Y	0.005822	¡OK!
Story6	DERIVA SD-Y	Mínimo	X	0.000679	¡OK!
Story6	DERIVA SD-Y	Mínimo	Y	0.005822	¡OK!
Story5	DERSD- Y	Máximo	X	0.000702	¡OK!
Story5	DERSD- Y	Máximo	Y	0.005902	¡OK!
Story5	DERSD- Y	Mínimo	X	0.000702	¡OK!
Story5	DERSD- Y	Mínimo	Y	0.005902	¡OK!
Story4	DERSD- Y	Máximo	X	0.000759	¡OK!
Story4	DERSD- Y	Máximo	Y	0.006011	¡OK!
Story4	DERSD- Y	Mínimo	X	0.000759	¡OK!
Story4	DERSD- Y	Mínimo	Y	0.006011	¡OK!
Story3	DERSD- Y	Máximo	X	0.000797	¡OK!
Story3	DERSD- Y	Máximo	Y	0.005709	¡OK!
Story3	DERSD- Y	Mínimo	X	0.000797	¡OK!
Story3	DERSD- Y	Mínimo	Y	0.005709	¡OK!
Story2	DERSD- Y	Máximo	X	0.000712	¡OK!
Story2	DERSD- Y	Máximo	Y	0.004501	¡OK!
Story2	DERSD- Y	Mínimo	X	0.000712	¡OK!
Story2	DERSD- Y	Mínimo	Y	0.004501	¡OK!
Story1	DERSD- Y	Máximo	X	0.000544	¡OK!
Story1	DERSD- Y	Máximo	Y	0.003841	¡OK!

Verificación de Derivas NORMA RUSA Dirección Y-Y					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story1	DERSD-Y	Mínimo	X	0.000544	¡OK!
Story1	DERSD-Y	Mínimo	Y	0.003841	¡OK!

Nota. Verificación de resultados de deriva de entrepiso en la dirección Y-Y para el modelo de Norma Rusa del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

Figura 41.

Representación Gráfica de Derivas de Entrepiso e dirección X-Y Norma Rusa



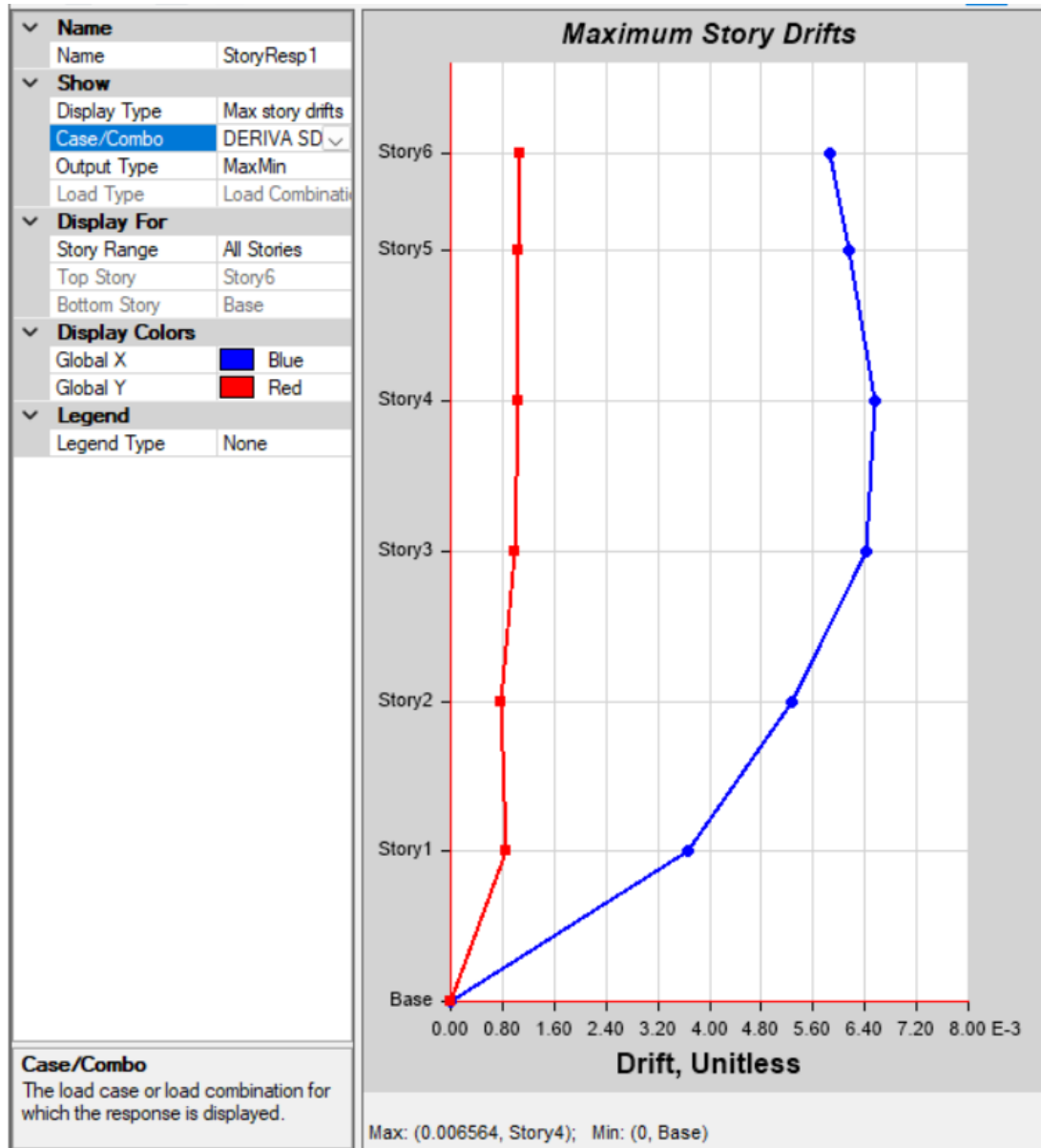
Nota: En la gráfica se aprecia el resultado de derivas de entrepiso por niveles dirección X-Y para el modelo dinámico de Barkan-Savinov del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

d) Norma FEMA 440

Derivas en Eje X-X

Figura 42.

Resultado de Deriva de Entrepiso en dirección X-X Norma FEMA 440



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso por niveles en dirección X-X para el modelo dinámico FEMA 440 del bloque A del centro de salud Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

Verificación de distorsión en X

Tabla 62.*Verificación de Deriva de Entrepiso en Dirección X-X Norma FEMA 440*

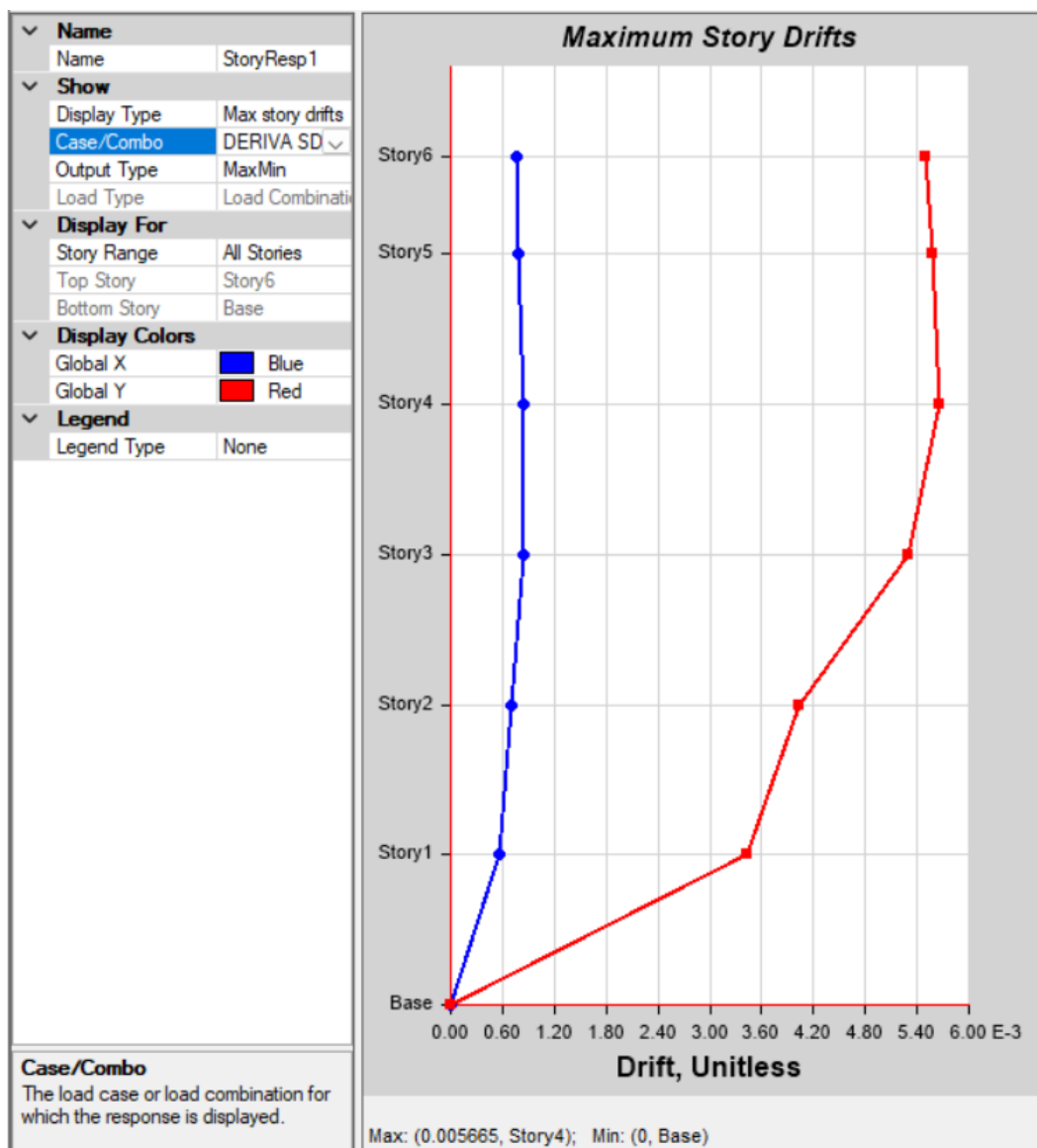
Verificación de Derivas FEMA 440 Dirección X-X					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER SD-X	Máximo	X	0.005872	¡OK!
Story6	DER SD-X	Máximo	Y	0.001068	¡OK!
Story6	DER SD-X	Mínimo	X	0.005872	¡OK!
Story6	DER SD-X	Mínimo	Y	0.001068	¡OK!
Story5	DER SD-X	Máximo	X	0.006145	¡OK!
Story5	DER SD-X	Máximo	Y	0.001051	¡OK!
Story5	DER SD -X	Mínimo	X	0.006145	¡OK!
Story5	DER SD-X	Mínimo	Y	0.001051	¡OK!
Story4	DER SD-X	Máximo	X	0.006564	¡OK!
Story4	DER SD-X	Máximo	Y	0.001055	¡OK!
Story4	DER SD-X	Mínimo	X	0.006564	¡OK!
Story4	DER SD-X	Mínimo	Y	0.001055	¡OK!
Story3	DER SD-X	Máximo	X	0.006431	¡OK!
Story3	DER SD-X	Máximo	Y	0.000977	¡OK!
Story3	DER SD-X	Mínimo	X	0.006431	¡OK!
Story3	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000977	¡OK!
Story2	DER SD-X	Máximo	X	0.005279	¡OK!
Story2	DER SD-X	Máximo	Y	0.000771	¡OK!
Story2	DER SD-X	Mínimo	X	0.005279	¡OK!
Story2	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000771	¡OK!
Story1	DER SD-X	Máximo	X	0.003657	¡OK!
Story1	DER SD-X	Máximo	Y	0.000864	¡OK!
Story1	DER SD-X	Mínimo	X	0.003657	¡OK!
Story1	DER SD-X	Mínimo	Y	0.000864	¡OK!

Nota: Verificación de resultados de deriva de entrepiso en el eje X-X Norma FEMA 440 en los 6 niveles del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

Derivas en Eje Y-Y

Figura 43.

Resultado de Deriva de Entrepiso en dirección y-y Norma FEMA 440



Nota: Representación gráfica de la deriva de entrepiso modelo dinámico FEMA 440 en los 6 niveles del Bloque A del centro de salud de Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

Tabla63.

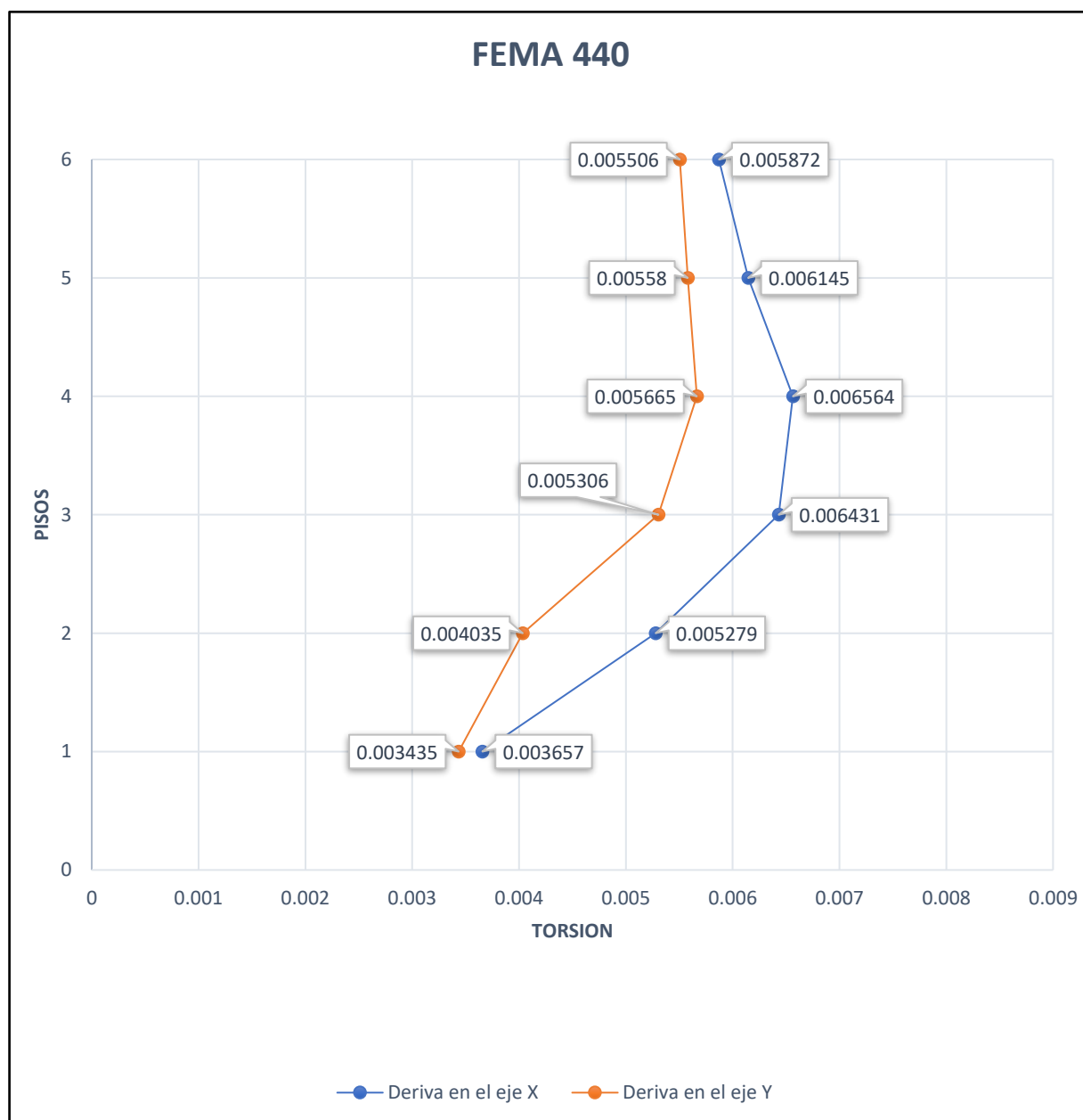
Verificación de Deriva de Entrepiso en Dirección Y-Y Norma FEMA 440

Verificación de Derivas FEMA 440 Dirección Y-Y					
Nivel	Caso	Tipo	Dirección	Deriva	lim 0.007
Story6	DER SD-Y	Máximo	X	0.000753	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005506	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000753	¡OK!
Story6	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005506	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Máximo	X	0.000789	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Máximo	Y	0.00558	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000789	¡OK!
Story5	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.00558	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Máximo	X	0.000845	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005665	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000845	¡OK!
Story4	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005665	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Máximo	X	0.000839	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Máximo	Y	0.005306	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000839	¡OK!
Story3	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.005306	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Máximo	X	0.000693	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Máximo	Y	0.004035	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Mínimo	X	0.000693	¡OK!
Story2	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.004035	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Máximo	X	0.00056	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Máximo	Y	0.003435	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Mínimo	X	0.00056	¡OK!
Story1	DER SD-Y	Mínimo	Y	0.003435	¡OK!

Nota: Verificación de resultados de deriva de entrepiso en el sentido Y-Y Norma FEMA 440 en los 6 niveles del bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

Figura 44.

Representación Gráfica de Derivas De Entrepiso en Dirección X-Y Norma FEMA 440



Nota Resultado de derivas de entrecimpo por niveles dirección X-Y del modelo dinámico Barkan-Savinov en el bloque A del centro de salud de Tamburco, elaboración propia.

➤ ***Cortante Basal***

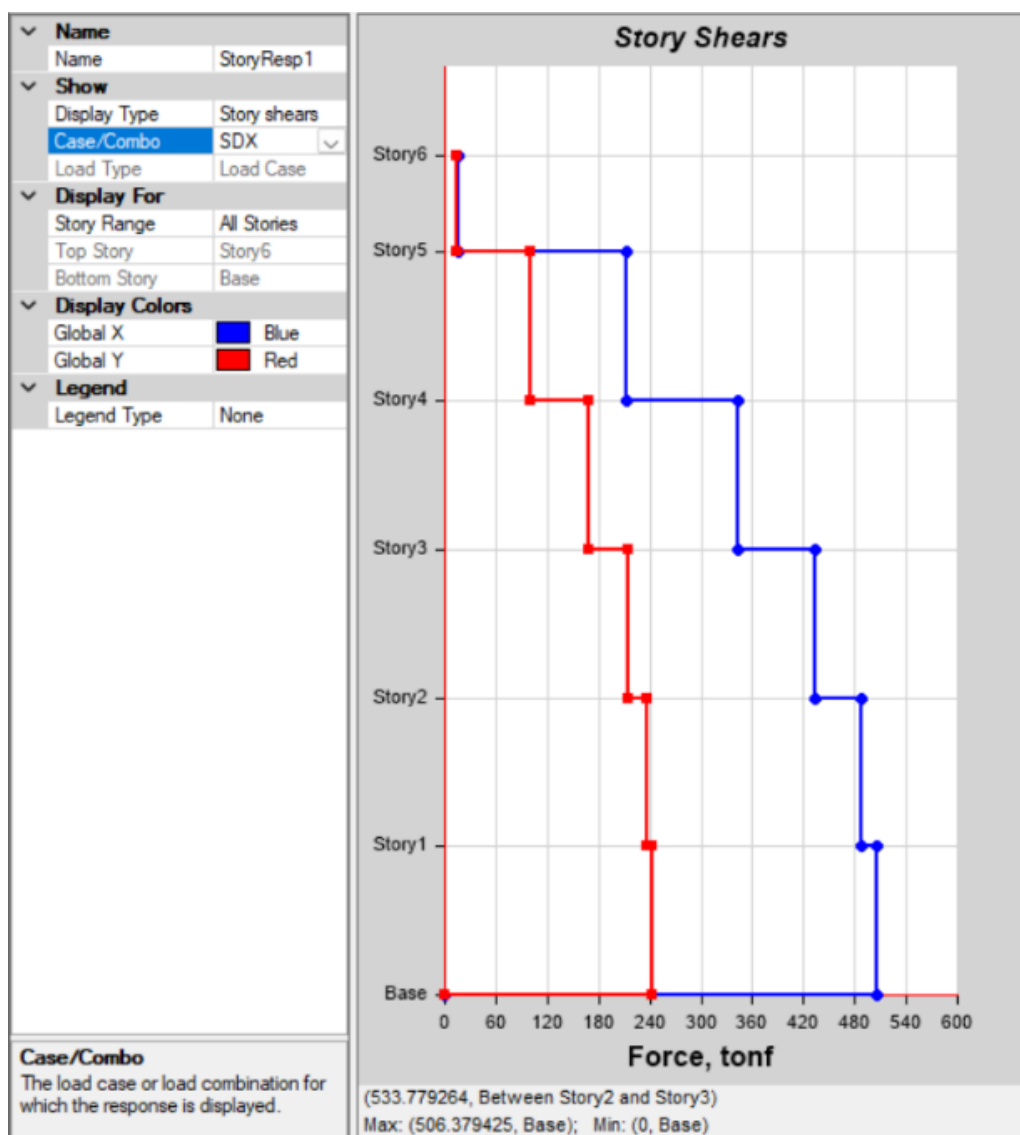
Se muestran las fuerzas cortantes en la base de la estructura para los modelos dinámicos con Base empotrada, Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440.

a) Base Empotrado

Cortante basal en Eje X-X

Figura 45.

Resultado de Cortante Basal en Dirección X-X Base Empotrado



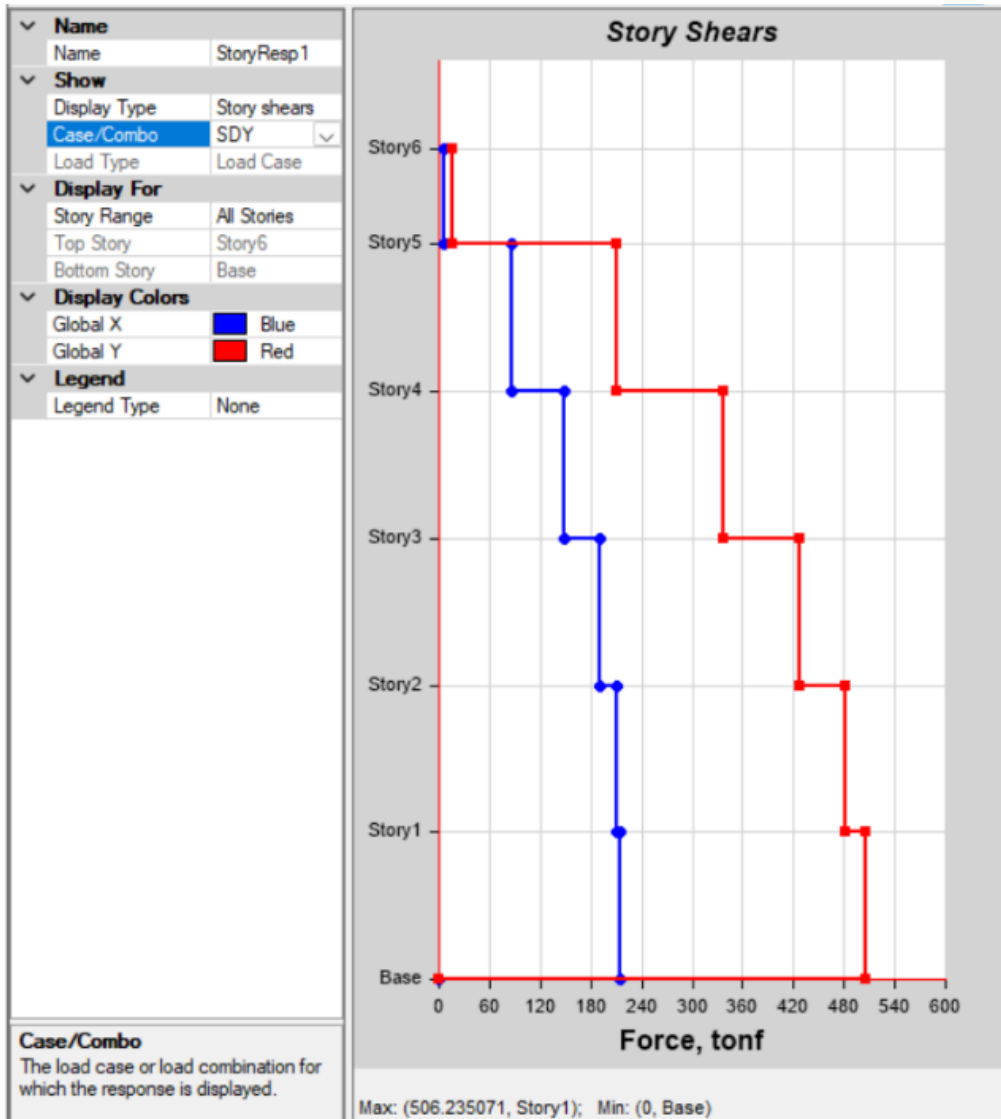
Nota: En la figura se aprecia la cortante basal en dirección X-X base empotrado en los 6 pisos del bloque A del centro de salud de Tamburco, obtenido del software Etabs elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en sentido X es 506.38 tn.

Cortante basal en Eje Y-Y

Figura 46.

Resultado de Cortante Basal en Sentido Y-Y Base Empotrado



Nota: En la figura se aprecia la cortante basal en sentido Y-Y base empotrado en los 6 pisos del bloque A del centro de salud de Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en sentido Y es 506.24 tn.

Tabla 64.

Cortante Basal en Dirección X-Y Base Empotrado

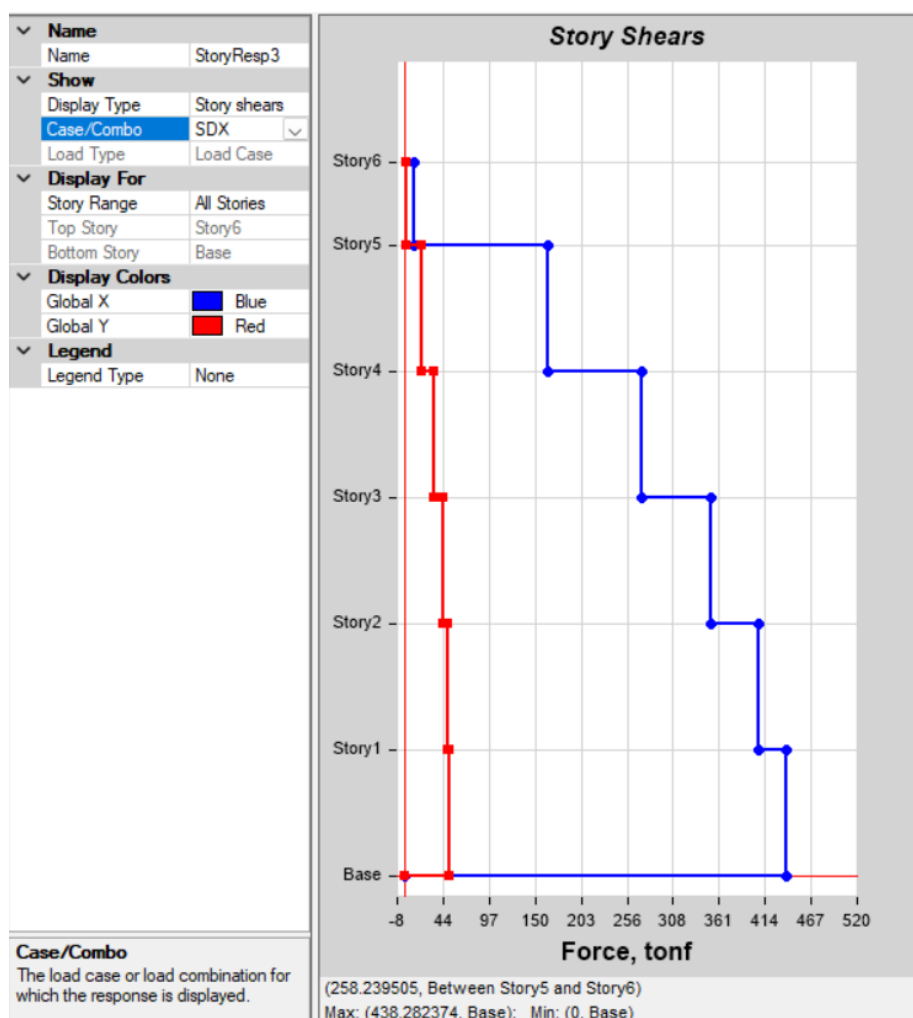
Cortante Basal Dinámico- Base Empotrado		
Dirección	Fuerza Cortante	Und
Dirección X-X	506.38	Tn
Dirección Y-Y	506.24	Tn

Nota: Resultado de cortante basal en sentido X-Y base empotrado, en la base de la estructura del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

b) Barkan Savinov

Figura 47.

Resultado de Cortante Basal en sentido X-X Modelo Barkan-Savinov



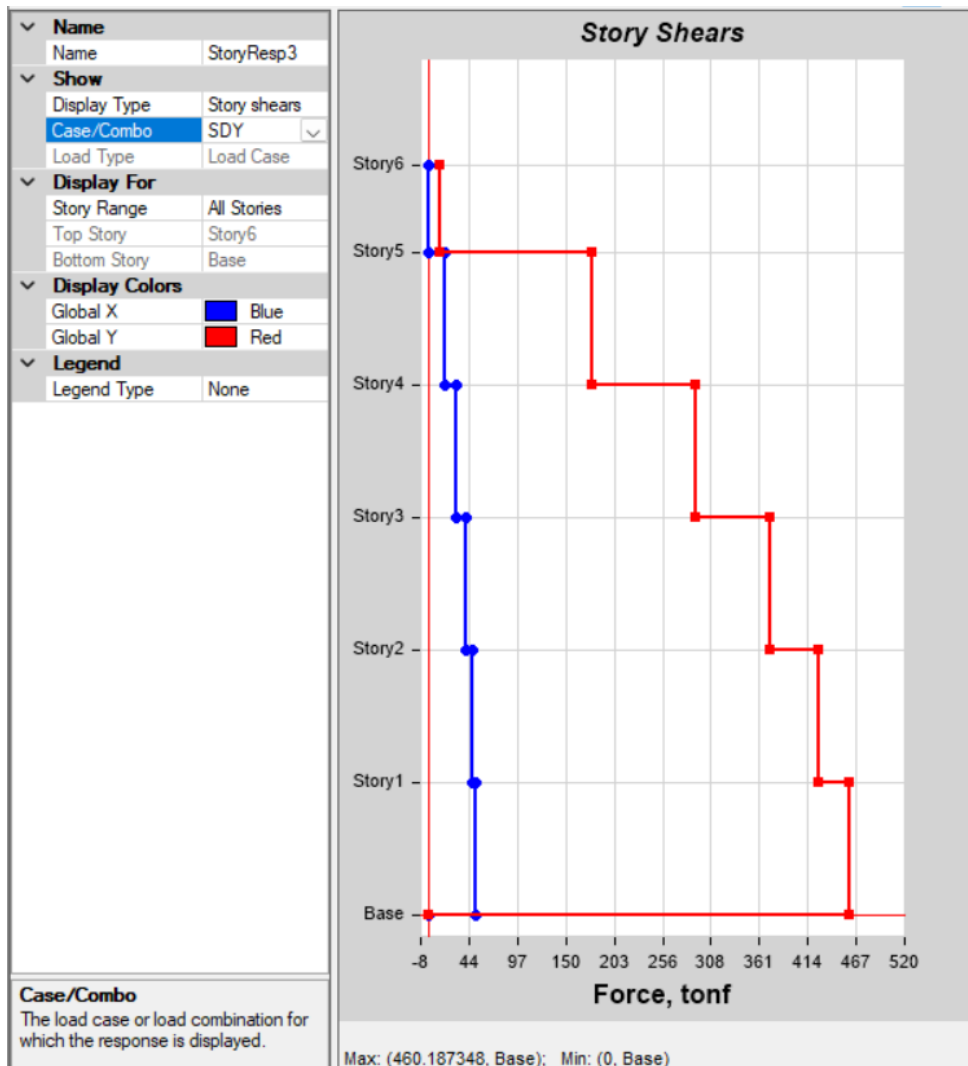
Nota: La ilustración muestra la cortante basal en dirección X-X Barkan-Savinov, en la base de la estructura del bloque A del centro de salud Tamburco, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en sentido X es 438.28 tn.

Cortante basal en Eje Y-Y

Figura 48.

Resultado de Cortante Basal en Dirección Y-Y Modelo Barkan-Savinov



Nota: En la ilustración se aprecia la cortante basal en sentido Y-Y Barkan-Savinov, en la base de la estructura del bloque A del centro de salud Tamburco obtenido del software Etabs elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en dirección Y es 460.19 tn.

Tabla 65.

Cortante Basal en Dirección X-Y Barkan Savinov

Cortante Basal Barkan-Savinov		
Dirección	Fuerza Cortante	Und
Dirección X-X	438.28	Tn
Dirección Y-Y	460.19	Tn

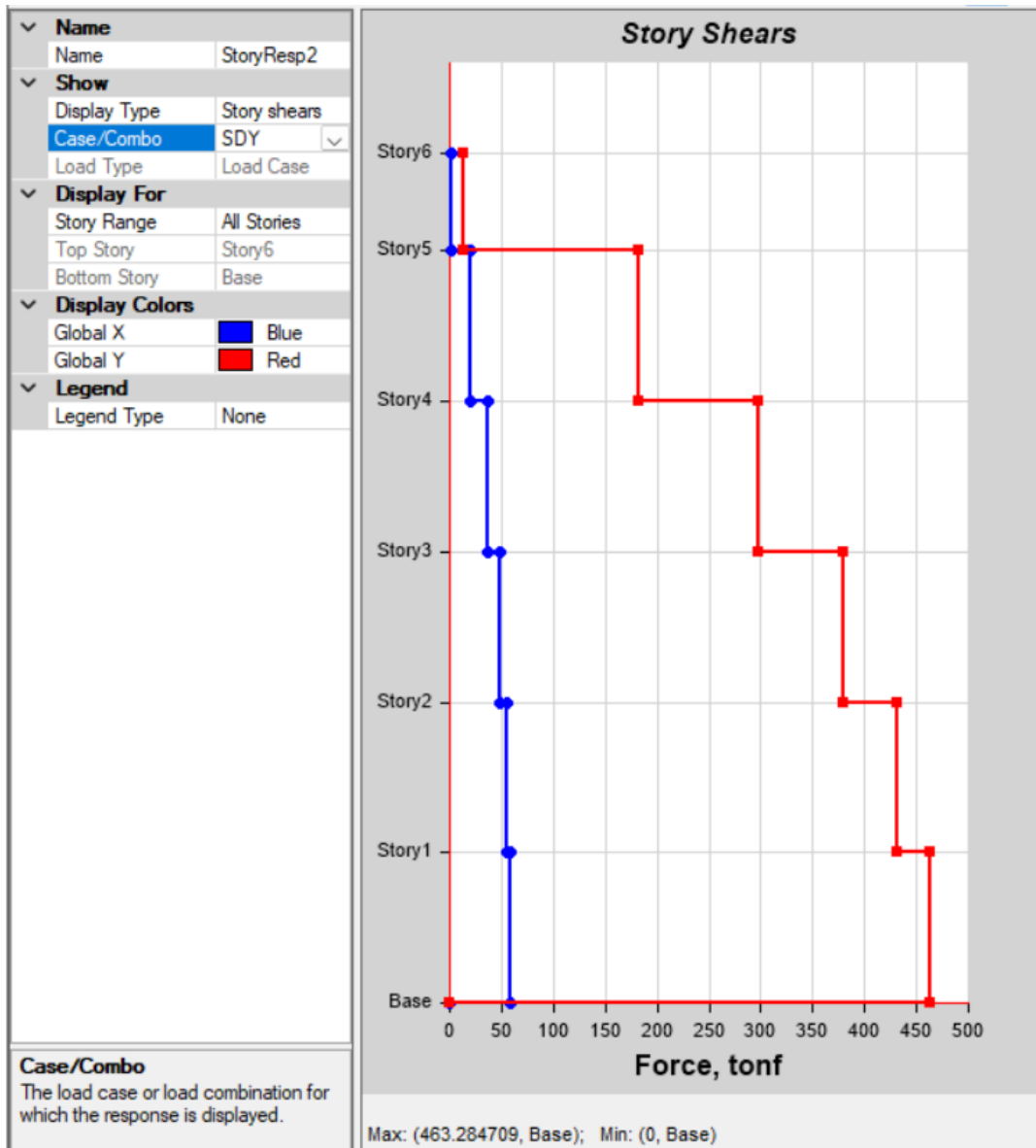
Nota: Resultado de cortante basal en sentido X-Y Barkan-Savinov, en la base de la estructura del bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración propia.

c) Norma Rusa

Cortante basal en sentido X-X

Figura 50.

Valores de Cortante Basal en Sentido Y-Y Norma Rusa



Nota: En la gráfica se visualiza la cortante basal en la base de la estructura del Bloque A del centro de salud de Tamburco en el sentido de Y-Y Norma Rusa, obtenido del software Etabs, elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en el sentido de “Y” cuyo valor es 463.28 tn.

Tabla 66.

Valores de Cortante Basal en Sentido X-Y Norma Rusa

Cortante Basal Norma Rusa		
Dirección	Fuerza Cortante	Und
Dirección X-X	448.34	Tn
dirección Y-Y	463.28	Tn

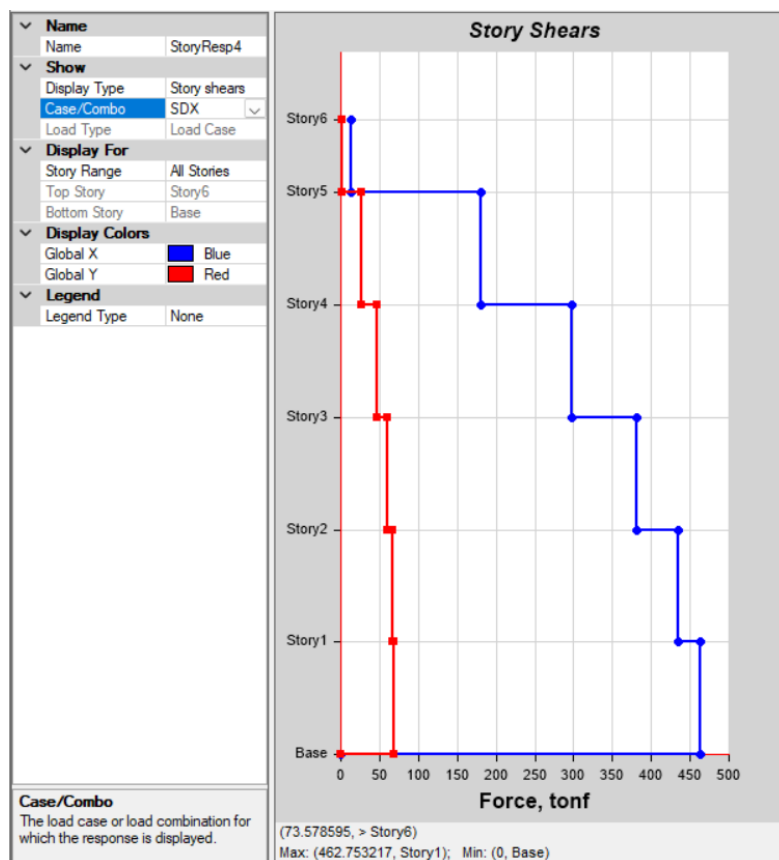
Nota: Valores obtenidos de cortante basal en la base de la estructura del Bloque A del centro de salud de Tamburco en sentido X-Y Norma Rusa, Elaboración propia.

d) Norma FEMA 440

Cortante basal en sentido X-X

Figura 51.

Resultado de Cortante Basal en el sentido X-X Norma FEMA 440



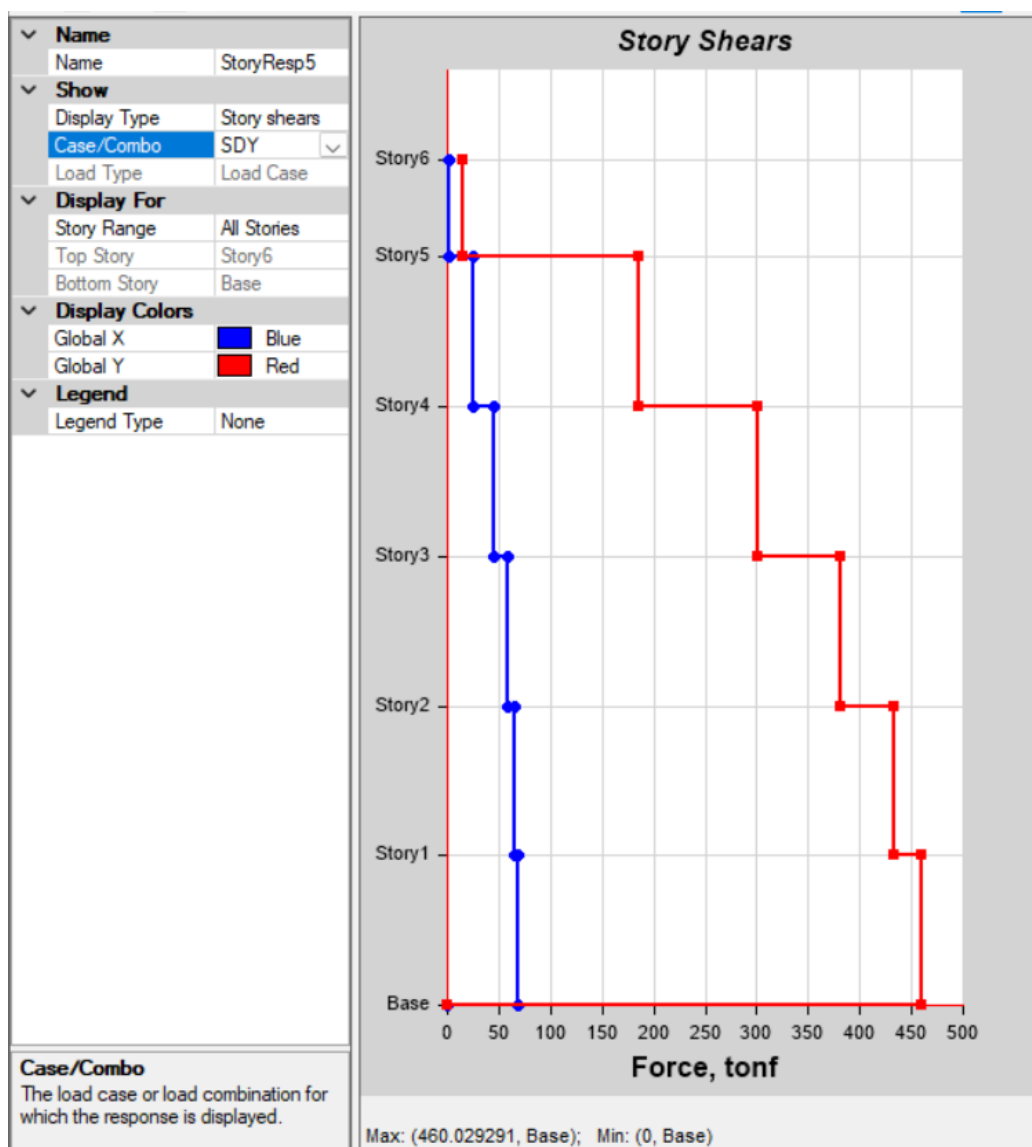
Nota: En la imagen se visualiza la cortante basal en la base de la estructura del Bloque A del centro de salud de Tamburco en sentido X-X Norma FEMA 440, obtenido del software Etabs elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en sentido de “X” cuyo valor es 462.75 tn.

Cortante basal en sentido Y-Y

Figura 52.

Valores de Cortante Basal en Sentido Y-Y Norma FEMA 440



Nota: La ilustración muestra la cortante basal en la base de la estructura del Bloque A del centro de salud de Tamburco en el sentido Y-Y Norma FEMA 440, obtenido del software Etabs elaboración propia.

De la ilustración anterior se obtiene la cortante basal en el sentido de “Y” cuyo dato es de 460.03 tn

Tabla 67.

Cortante Basal en Dirección X-Y Norma FEMA 440

Dirección	Fuerza Cortante	Und
Dirección X-X	462.75	Tn
Dirección Y-Y	460.03	Tn

Nota: Resultado de cortante basal en la base de la estructura del Bloque A del centro de salud de Tamburco en dirección X-Y Norma FEMA 440, Elaboración propia.

➤ **Análisis de sección transversal vigas**

a) Base empotrada

Tabla 68.

Área de Sección y Acero en Vigas Base Empotrado

análisis de viga principal base empotrado		
Dirección	AREA	Und
área de la sección	1714.41	Cm2
área de acero	38.98	Cm2

Nota: Resultado de área de sección y área de acero de viga principal de modelo base empotrado, Elaboración Propia

b) Barkan Savinov

Tabla 69.*Área de Sección y Acero en Vigas Barkan-Savinov*

análisis de viga principal Barkan-Savinov		
Dirección	Área	Und
Área de la sección	1698.14	Cm2
Área de acero	36.09	Cm2

Nota: Resultado de área de sección y área de acero de viga principal de modelo Barkan-Savinov en el bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración Propia.

c) Norma Rusa**Tabla 70.***Área de Sección y Acero en Vigas Norma Rusa*

análisis de viga principal Norma Rusa		
dirección	Área	Und
área de la sección	1703.88	Cm2
área de acero	36.21	Cm2

Nota: Resultado de área de sección y área de acero de viga principal de modelo Norma Rusa en el bloque A del centro de salud Tamburco, elaboración Propia.

d) Norma Fema 440**Tabla 71.***Área de Sección y Acero en Vigas Norma FEMA 440*

análisis de viga principal Fema 440		
Dirección	Área	Und
área de la sección	1696.33	Cm2
área de acero	36.05	Cm2

Nota: Resultado de área de sección y área de acero de viga principal de modelo Norma FEMA 440 en el bloque A del centro de salud Tamburco, Elaboración Propia.

Comparación de Resultados y Discusión

a) Periodos de Vibración

La siguiente figura y tabla presentan los periodos de vibración correspondientes a los modelos dinámicos con base empotrada, Barkan-Savinov, norma rusa y norma FEMA 440.

Tabla 72.

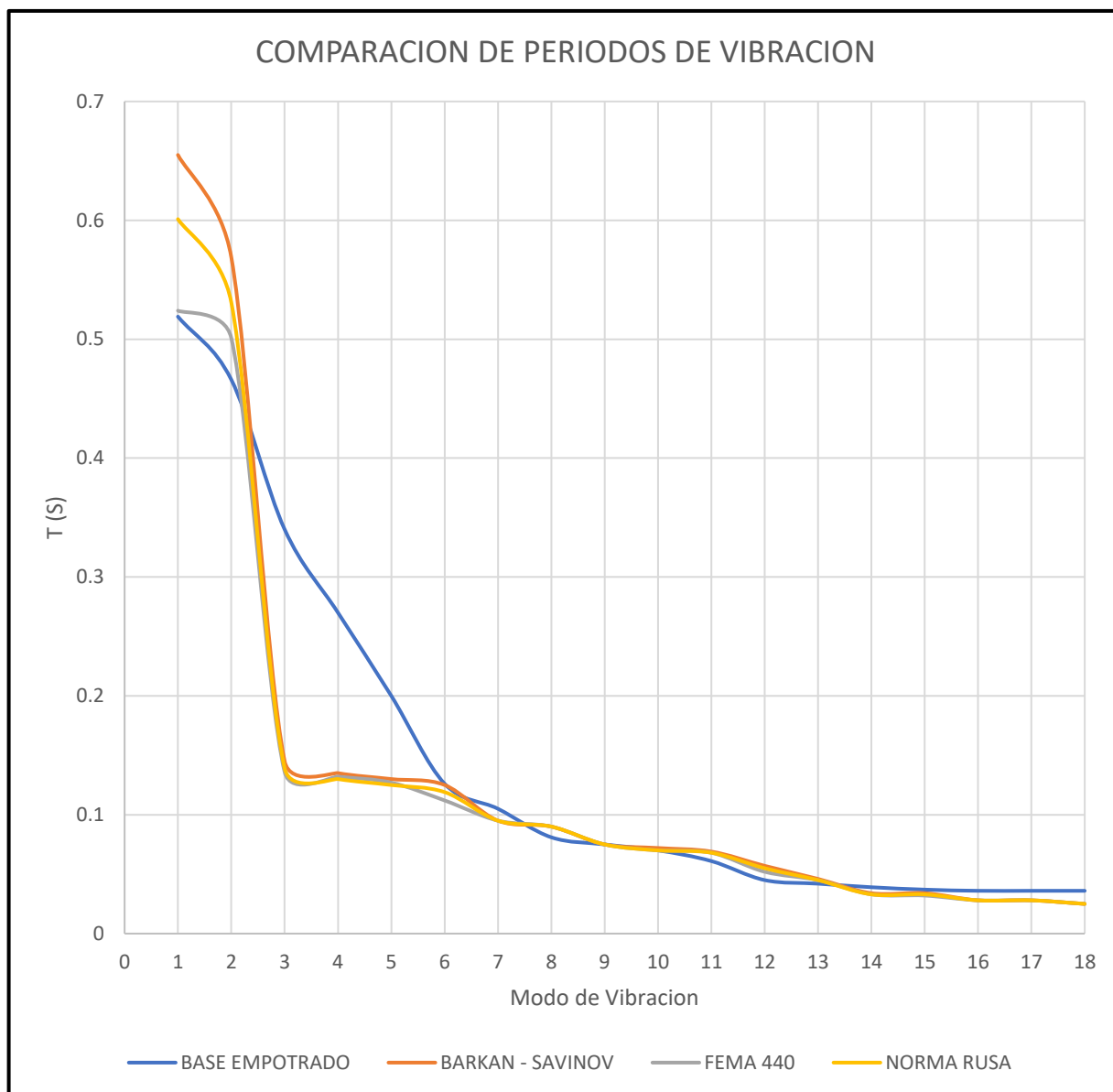
Cuadro Comparativo de Periodos de Vibración

cuadro comparativo periodo T (S)					
Case	Modo	base empotrado	Barkan-Savinov	Norma Rusa	Fema 440
Mod	1	0.519	0.655	0.601	0.524
Mod	2	0.466	0.569	0.531	0.501
Mod	3	0.34	0.145	0.139	0.136
Mod	4	0.27	0.135	0.13	0.132
Mod	5	0.2	0.13	0.125	0.127
Mod	6	0.126	0.125	0.119	0.112
Mod	7	0.105	0.095	0.095	0.095
Mod	8	0.081	0.09	0.09	0.09
Mod	9	0.075	0.075	0.075	0.075
Mod	10	0.07	0.072	0.07	0.07
Mod	11	0.061	0.069	0.068	0.068
Mod	12	0.045	0.057	0.055	0.052
Mod	13	0.042	0.046	0.045	0.045
Mod	14	0.039	0.034	0.033	0.033
Mod	15	0.037	0.034	0.033	0.032
Mod	16	0.036	0.028	0.028	0.028
Mod	17	0.036	0.028	0.028	0.028
Mod	18	0.036	0.025	0.025	0.025

Nota: En la tabla se muestra el cuadro comparativo de los periodos de vibración según los modelos dinámicos, elaboración propia.

Figura 53.

Cuadro Comparativo de Periodos de Vibración



Nota: En la ilustración se visualiza los resultados de los periodos de vibración plasmados en una gráfica según los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

A partir de la figura anterior, se evidencia que, en el primer modo de vibración, el modelo dinámico Barkan - Savinov presenta un incremento del 26.20 % en el periodo con respecto al modelo empotrado. De igual manera, el modelo basado en la Norma Rusa muestra un aumento del 15.80 % en el mismo periodo, mientras que el modelo correspondiente a la Norma FEMA refleja una variación menor, con un incremento del 0.96 %.

En cuanto al segundo modo de vibración, el modelo Barkan - Savinov presenta un incremento del 22.10 % en el periodo en relación al modelo empotrado. Del mismo modo, el modelo de la Norma Rusa presenta un aumento del 13.95 %, y el de la Norma FEMA registra una variación del 7.51 % respecto al modelo empotrado. Estos resultados evidencian cómo la incorporación de distintos enfoques de interacción suelo-estructura impactan significativamente en la respuesta dinámica de la edificación.

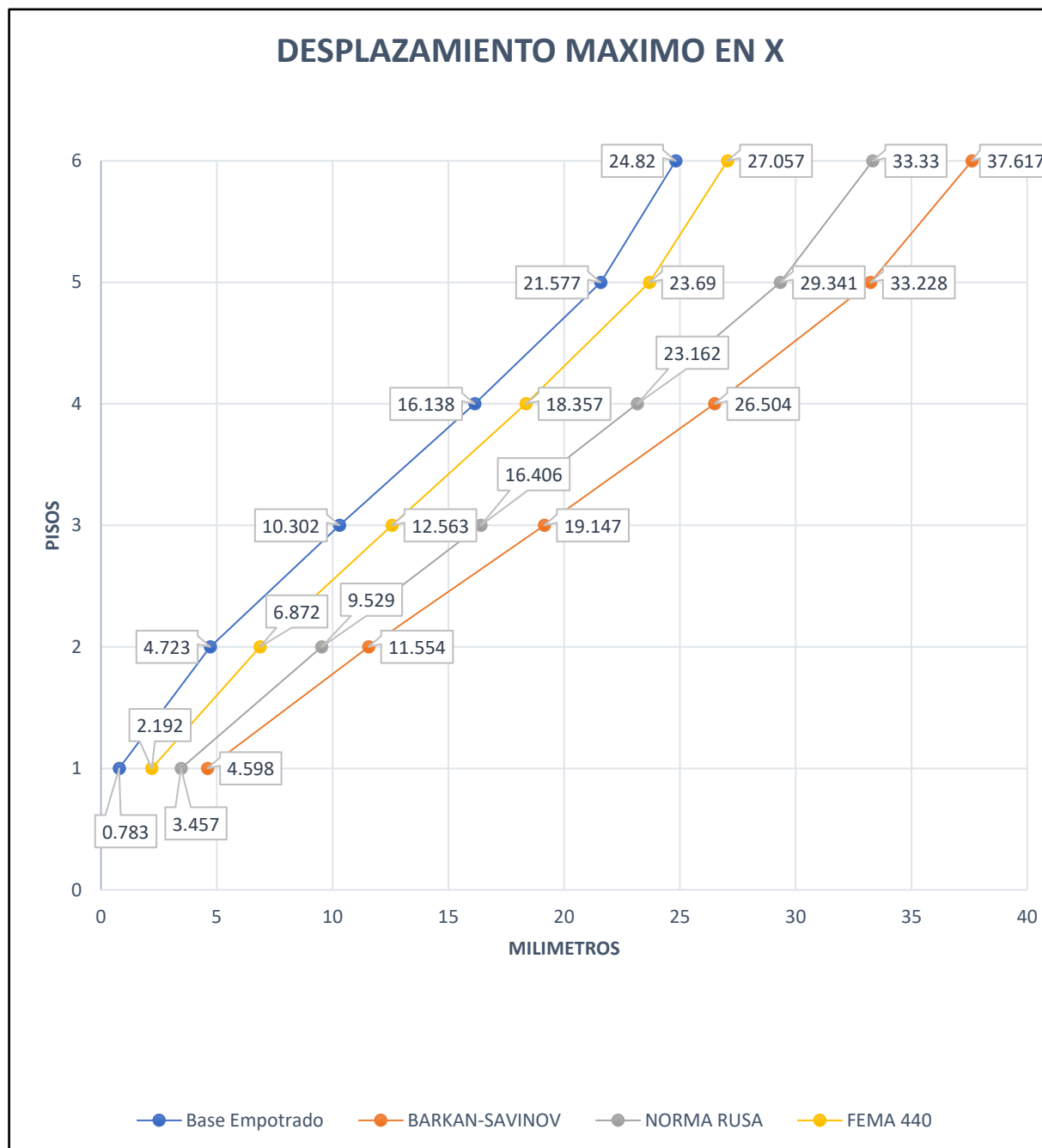
Finalmente se afirma que la modelo dinámica Barkan-Savinov es el que tiene mayor periodo en los modos de vibración respecto a los otros modelos dinámicos que se analizan en la presente tesis.

b) Desplazamientos

En la siguiente imagen se visualizan los desplazamientos laterales en el sentido de X correspondientes a los modelos dinámicos base empotrado, Barkan-Savinov, norma Rusa y norma FEMA 440.

Figura 54.

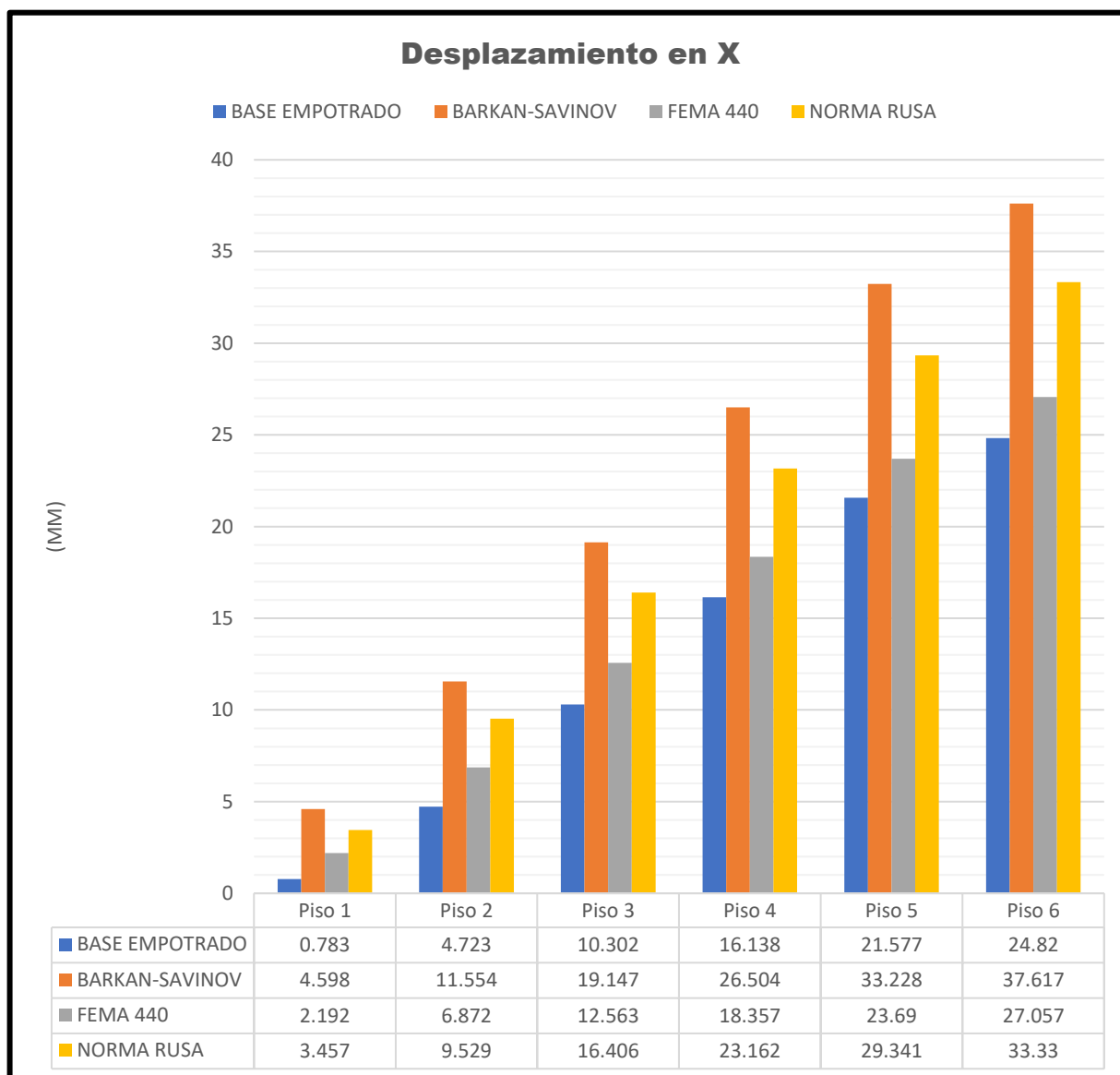
Tabla Comparativa de Desplazamientos Máximos en Dirección X-X



Nota. En la ilustración se aprecia la gráfica de los desplazamientos máximos en la dirección X para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

Figura 55.

Representación Gráfica de Desplazamiento en dirección X-X



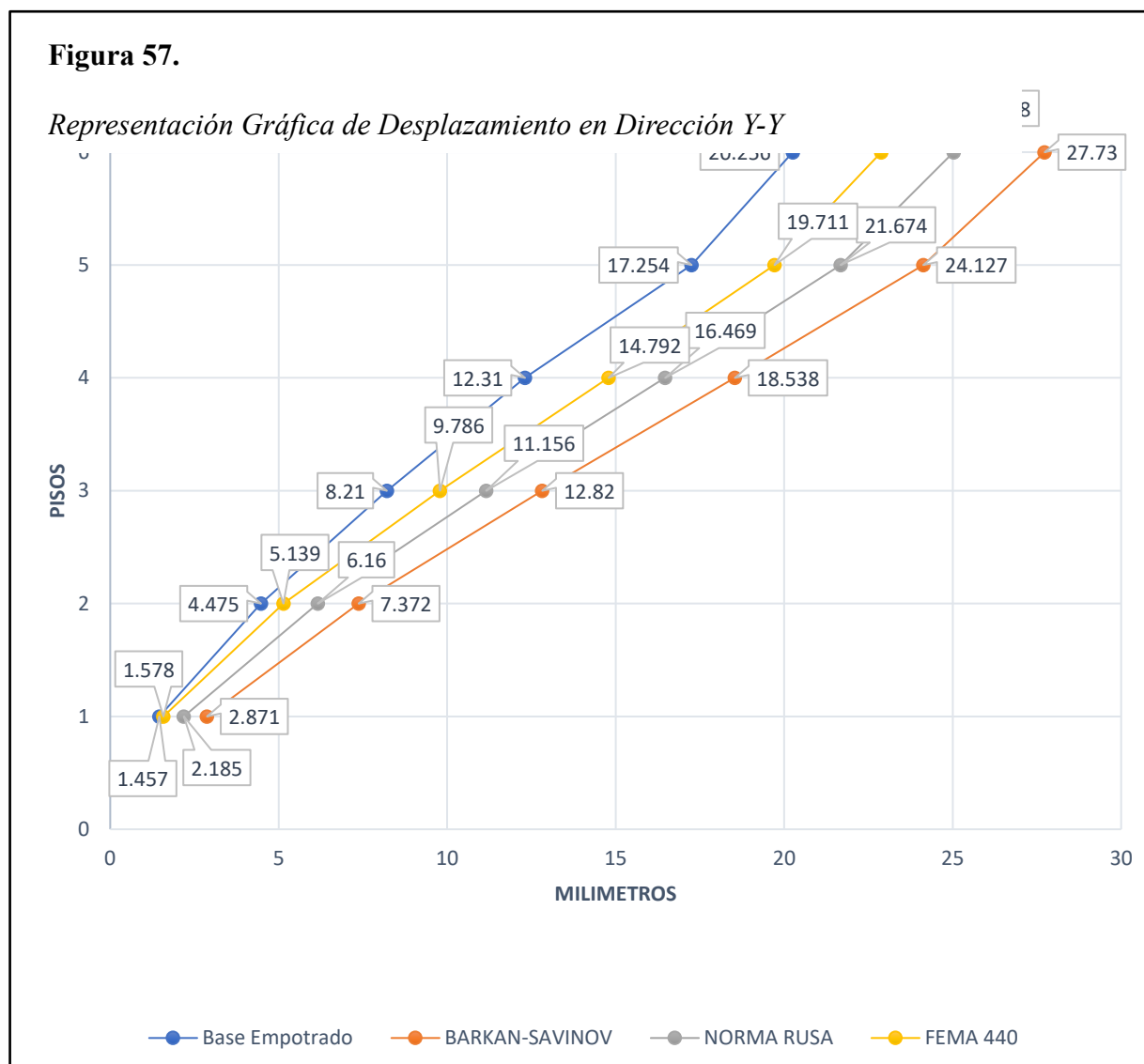
Nota: En la ilustración se aprecia el gráfico de barras de los desplazamientos máximos en la dirección X para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

Según la figura anterior, se puede decir que el desplazamiento lateral promedio en el sentido de X para el modelo dinámico Barkan-Savinov presenta un incremento significativo del 147.92 % en relación al modelo de base empotrada. Asimismo, el modelo basado en la

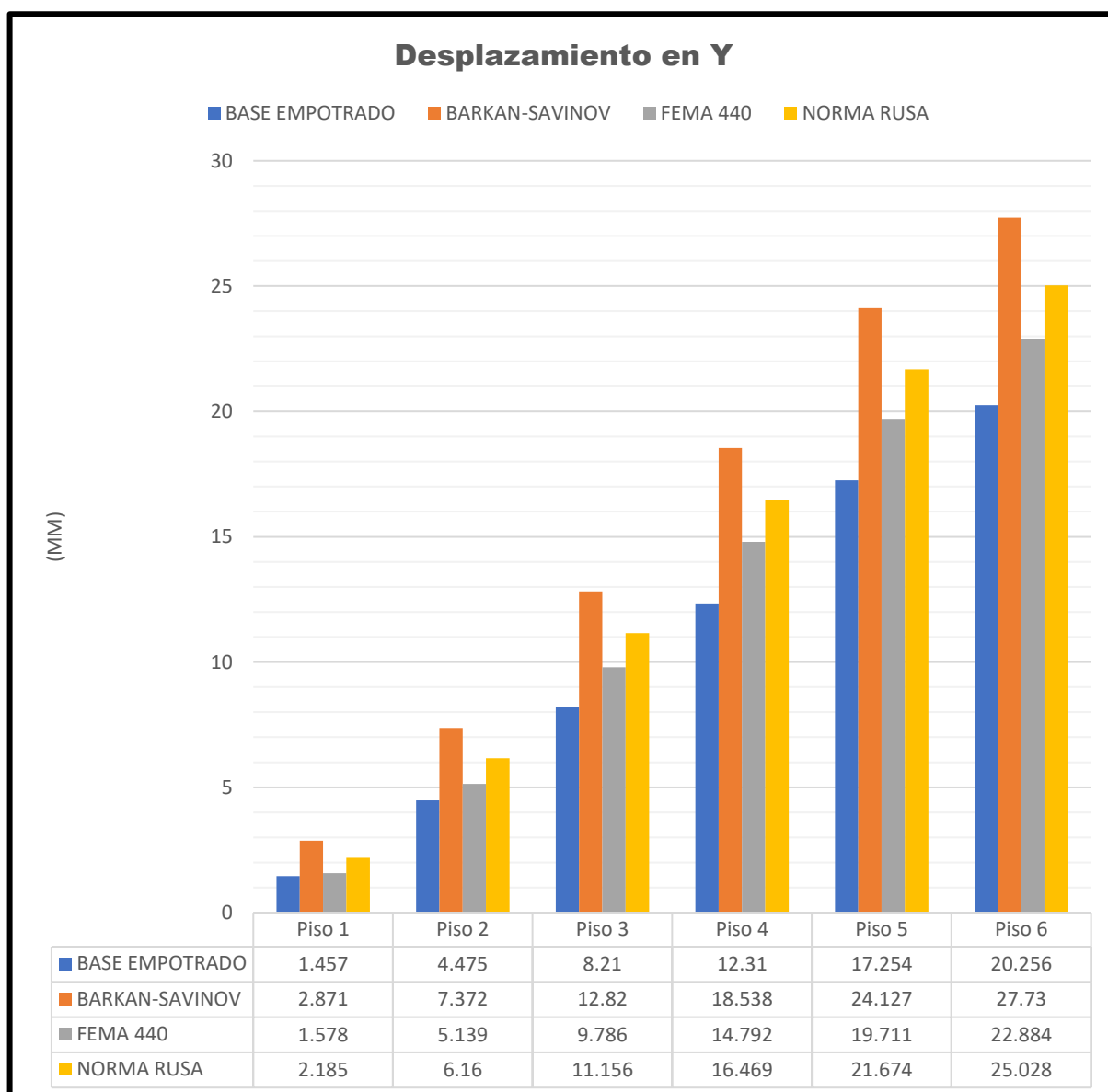
Norma Rusa muestra un aumento del 46.66 %, mientras que el modelo correspondiente a la Norma FEMA también registra un incremento del 46.66 % respecto al modelo empotrado. Finalmente; puede señalarse que el modelo dinámico Barkan-Savinov en el eje X es el que presenta mayor desplazamiento respecto a los otros modelos dinámicos que se analizan en la presente tesis.

Figura 56.

Cuadro de Análisis Comparativo de Desplazamiento Máximo en Dirección Y-Y



Nota En la ilustración se aprecia la gráfica de los desplazamientos máximos en la dirección Y para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.



Nota: En la ilustración se aprecia el grafico de barras de los desplazamientos máximos en la dirección X para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

A partir de la ilustración que se presenta, se deduce que el desplazamiento lateral promedio en la dirección Y experimenta un notable incremento en los modelos que consideran la interacción suelo-estructura. En particular, el modelo dinámico Barkan - Savinov muestra un aumento del 57.54 % en relación modelo con base empotrada. Por su parte, el modelo basado en la Norma Rusa refleja un incremento del 34.41 %, mientras que

el modelo correspondiente a la Norma FEMA presenta un aumento más moderado, del 14.95 %. Estos resultados evidencian cómo la flexibilidad del suelo influye en la magnitud de los desplazamientos estructurales, siendo más pronunciada en modelos que incorporan una interacción más realista entre la estructura y su cimentación.

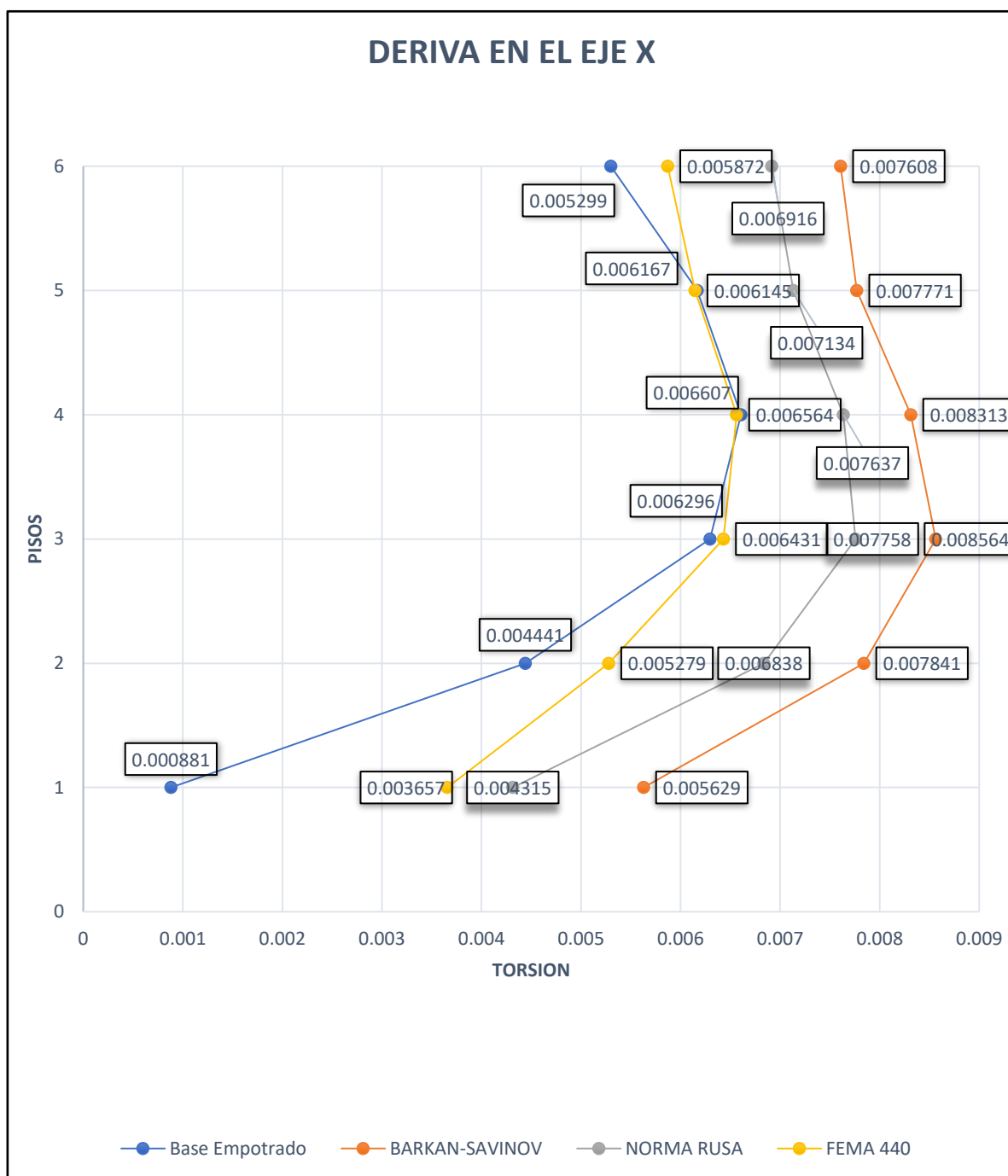
Finalmente se afirma que el modelo dinámico Barkan-Savinov en el eje Y es el que presenta mayor desplazamiento respecto a los otros modelos dinámicos que se analizan en la presente tesis.

c) Derivas

En la siguiente figura se muestran las derivas en X para los modelos dinámicos base empotrado, Barkan-Savinov, norma Rusa y FEMA 440

Figura 58.

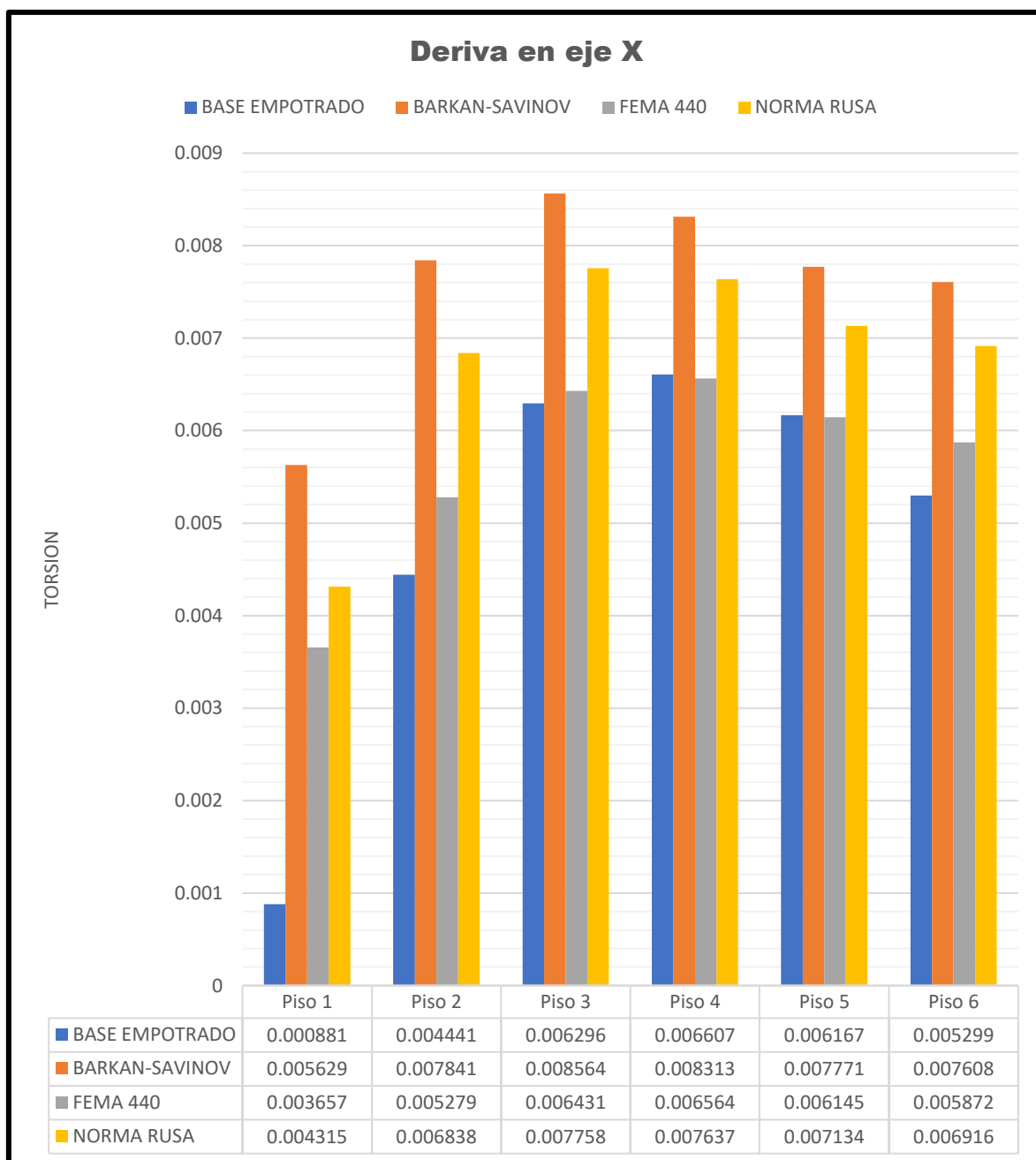
Cuadro Comparativo de Derivas de Entrepiso en el sentido X-X.



Nota: La ilustración representa los resultados obtenidos de las derivas de entrepiso para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura en dirección X, elaboración propia.

Figura 59.

Representación Gráfica de Derivas de Entrepiso en el sentido X-X



Nota: En la ilustración se aprecia el grafico de barras de las derivas de entrepiso en dirección X para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

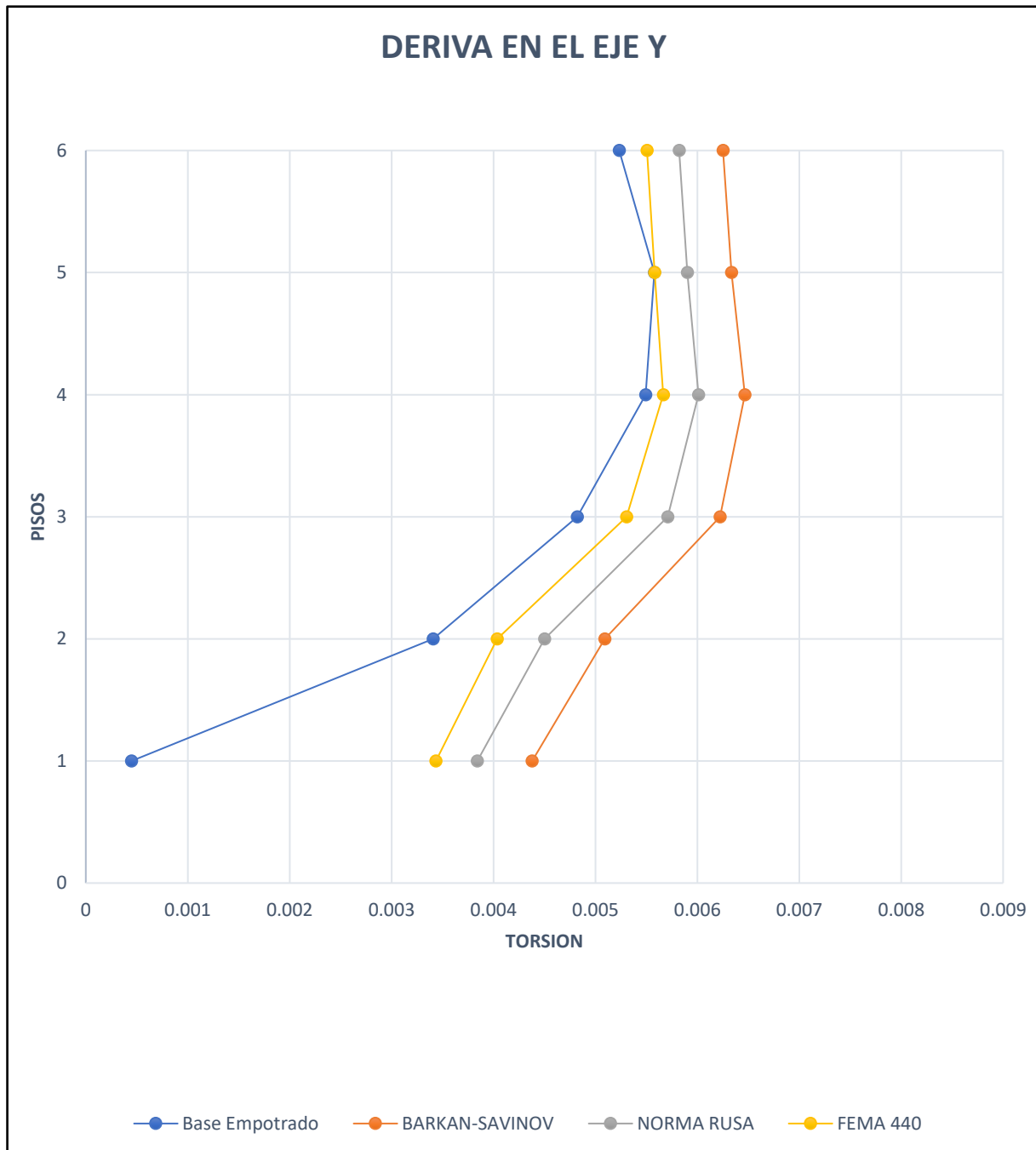
A partir de la figura anterior se puede inferir que la deriva de piso promedio en el modelo dinámico Barkan - Savinov incrementa en un 124.49 % respecto al modelo empotrado. También, la deriva de piso promedio en el modelo dinámico Norma Rusa respecto al modelo empotrado aumenta en un 88.13%. De igual manera, se puede apreciar que la deriva de piso promedio en el modelo dinámico Norma FEMA aumenta en un 57.65 % en relación al modelo de base empotrado.

Finalmente se aprecia que el modelo dinámico Barkan-Savinov en el eje X es el que presenta mayores derivas de piso respecto a los otros modelos dinámicos que se analizan en esta tesis.

En la siguiente figura se muestran las derivas en el sentido “Y” para los modelos dinámicos base empotrado, FEMA 440, norma Rusa y Barkan-Savinov

Figura 60.

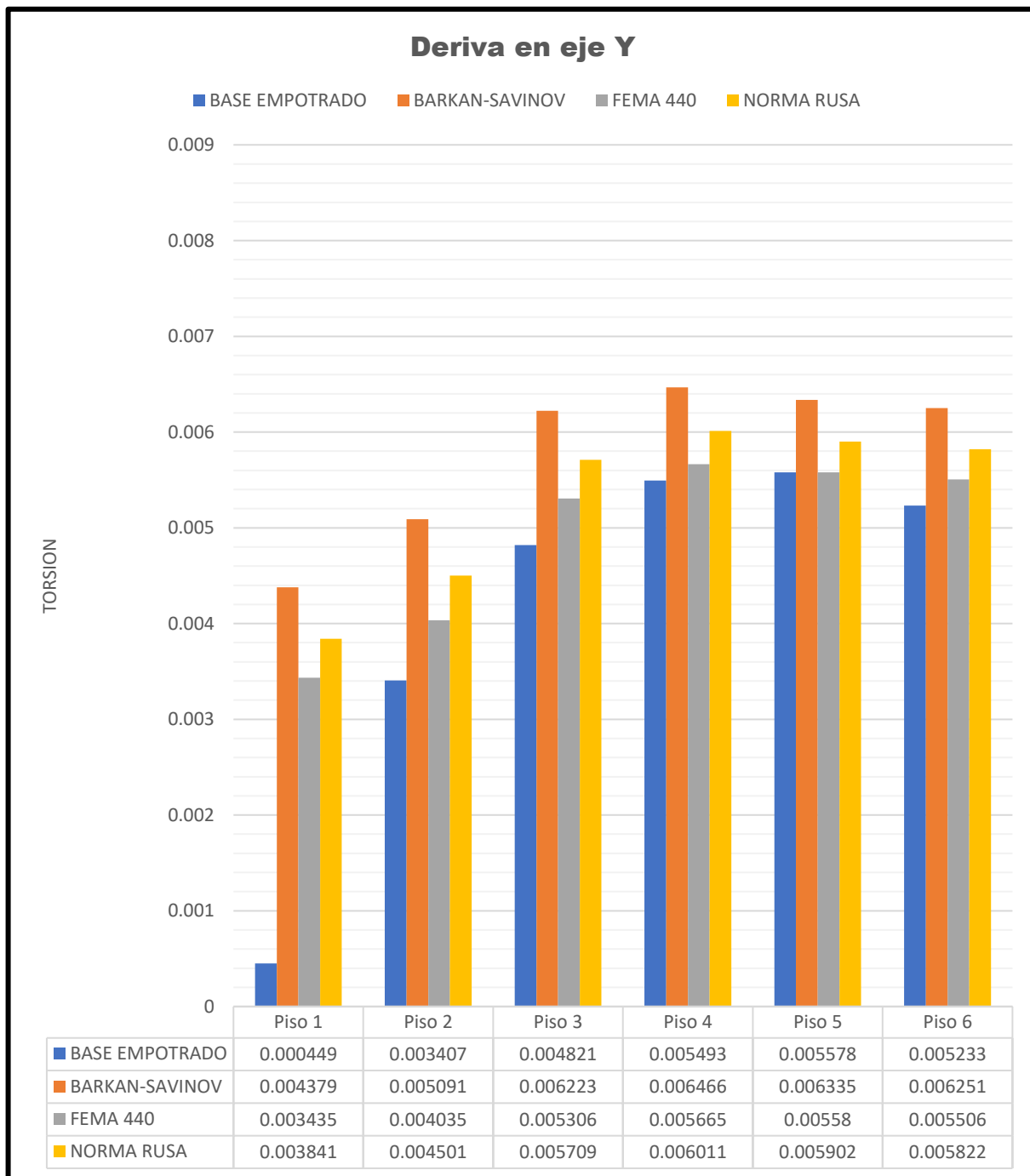
Cuadro de Análisis Comparativo de Deriva de Entrepiso en el sentido Y-Y



Nota: La ilustración representa los resultados obtenidos de las derivas de entrepiso para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura en dirección Y, elaboración propia.

Figura 61.

Representación Gráfica de Deriva de Entrepiso en dirección Y-Y



Nota: En la ilustración se aprecia el grafico de barras de las derivas de entrepiso en dirección Y para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

De la ilustración anterior, se afirma que la deriva de piso promedio presenta un incremento considerable cuando se incorpora la interacción suelo-estructura en los distintos modelos dinámicos. En el caso del modelo Barkan - Savinov, la deriva de piso promedio aumenta en un 167.42 % en relación al modelo de base empotrada. Por otro lado, el modelo basado en la Norma Rusa muestra un incremento del 138.74 %, mientras que el modelo correspondiente a la Norma FEMA registra un aumento del 116.99 %.

Finalmente, se aduce que el modelo dinámico Barkan-Savinov, en la dirección del eje Y, es el que presenta las mayores derivas de piso en relación a los demás modelos dinámicos analizados en esta tesis.

d) Cortante Basal

En las tablas que se muestran a continuación se detallan los valores de la cortante basal obtenidos para cada uno de los modelos dinámicos considerados en este estudio: base empotrada, Barkan-Savinov, Norma Rusa y FEMA 440.

Tabla 73.

Cuadro Comparativo de Fuerza Cortante en Dirección X

Cuadro Comparativo Cortante Basal eje X			
Modelo Dinámico	Dirección	Fuerza Cortante EJE X	Und
Base Empotrado	dirección X-X	506.38	Tn
Barkan Savinov	dirección X-X	438.28	Tn
Norma Rusa	dirección X-X	448.34	Tn
FEMA 440	dirección X-X	462.75	Tn

Nota. La tabla representa el cuadro comparativo de los resultados de la fuerza cortante en la dirección X para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

Tabla 74.

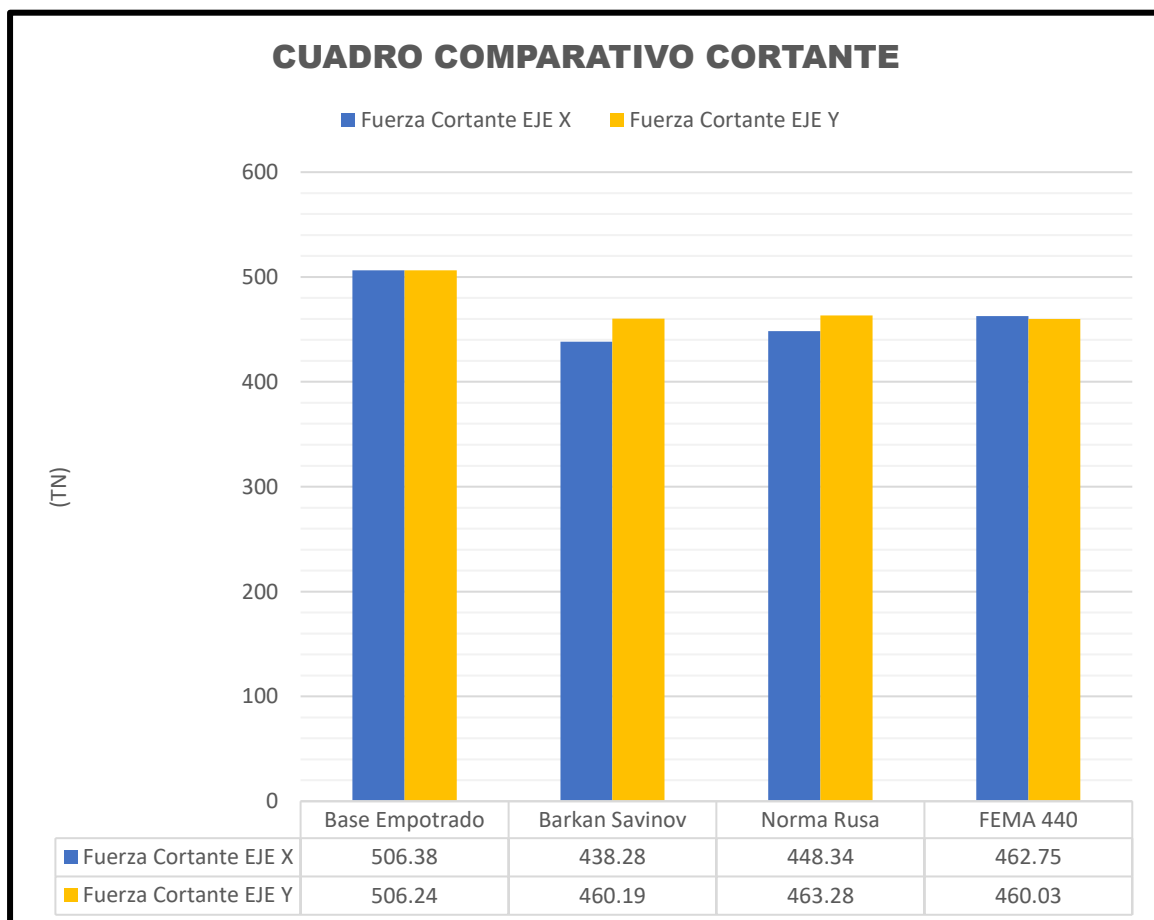
Cuadro Comparativo de Fuerza Cortante en Dirección Y

Cuadro Comparativo Cortante Basal eje Y			
Modelo Dinámico	Dirección	Fuerza Cortante EJE Y	Und
Base Empotrado	Dirección Y-Y	506.24	Tn
Barkan Savinov	Dirección Y-Y	460.19	Tn
Norma Rusa	Dirección Y-Y	463.28	Tn
FEMA 440	Dirección Y-Y	460.03	Tn

Nota: La tabla representa el cuadro comparativo de los resultados de la fuerza cortante en la dirección Y para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

Figura 62.

Representación Gráfica de Cortantes Basales en Sentido X-Y



Nota: La grafica representa los resultados de fuerza cortante basal en las direcciones “X-Y” para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

A partir de la figura anterior, se observa que la cortante basal en la dirección X disminuye al considerar la interacción suelo-estructura en los diferentes modelos dinámicos analizados. En el modelo Barkan - Savinov, esta reducción alcanza un 13.45 % relacionado al modelo de base empotrada. Por su parte, el modelo basado en la Norma Rusa presenta una disminución del 11.46 %, mientras que el modelo conforme a la Norma FEMA muestra una reducción del 8.61 %.

Por otro lado, la cortante basal en la dirección Y también presenta una disminución al incorporar la interacción suelo-estructura. En el modelo dinámico Barkan - Savinov, la reducción alcanza un 9.09 % en relación al modelo empotrado. El modelo basado en la Norma Rusa muestra una disminución del 8.49 %, mientras que el modelo correspondiente a la Norma FEMA refleja una reducción del 9.12 % respecto al modelo empotrado.

e) Sección transversal

En las siguientes tablas se muestran los resultados de análisis de las secciones transversales, así como área de la sección y área del acero para los modelos dinámicos base empotrado, Barkan-Savinov, norma Rusa y FEMA 440.

Tabla 75.

Cuadro Comparativo de Área de Sección

Cuadro Comparativo área de la sección.		
Modelo Dinámico	Área Secc.	Und
Base Empotrado	1714.41	Cm2
Barkan Savinov	1698.14	Cm2
Norma Rusa	1703.88	Cm2
FEMA 440	1696.33	Cm2

Nota: En la tabla se visualiza los resultados de área de sección para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

Tabla 76.

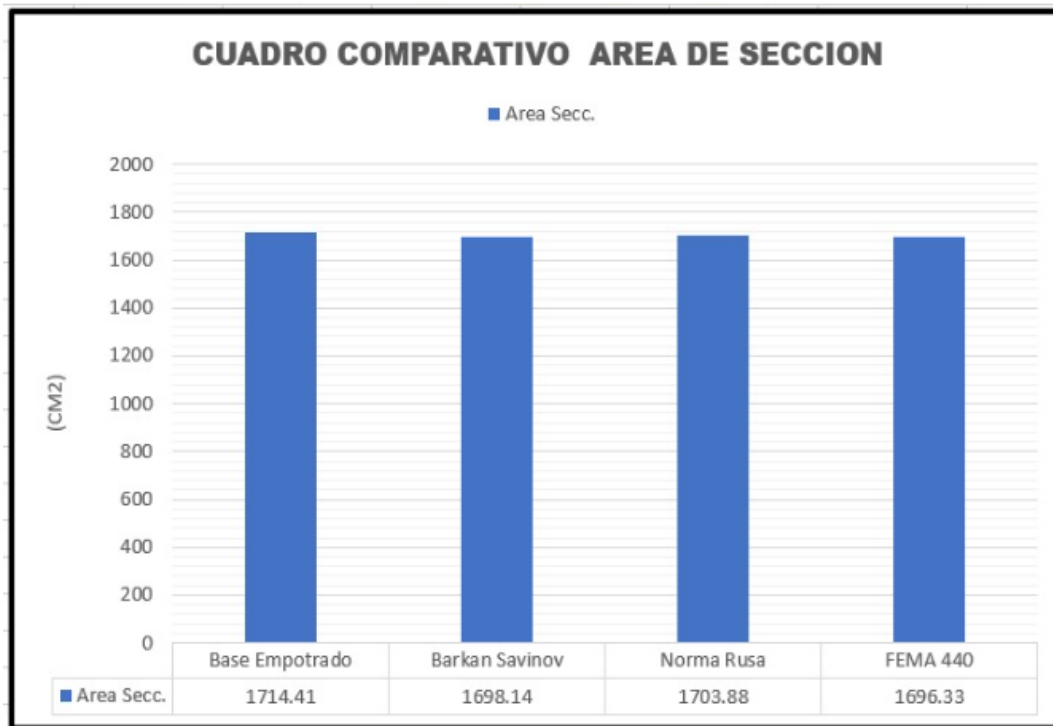
Cuadro Comparativo de Área de Acero

Cuadro Comparativo Área de Acero		
Modelo Dinámico	Área de acero	Und
Base Empotrado	38.98	Cm2
Barkan Savinov	36.09	Cm2
Norma Rusa	36.21	Cm2
FEMA 440	36.05	Cm2

Nota: En la tabla se visualiza los resultados de área de acero para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

Figura 63.

Representación Gráfica de área de sección en viga



Nota: El presente grafico de barras representa los resultados de área de sección para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

De acuerdo a la gráfica anterior, se aprecia que el área de la sección de la viga analizada presenta una disminución cuando se consideran los distintos modelos dinámicos con interacción suelo estructura. En el caso del modelo Barkan-Savinov, se observa una disminución del 0.95 % en comparación con el modelo que asume una base completamente empotrada. En el caso del modelo basado en la Norma Rusa, la disminución alcanza un 0.61 %, mientras que en el modelo de la Norma FEMA la disminución es ligeramente mayor, con un 1.05 %. Estos resultados sugieren que considerar la interacción suelo-estructura tiene un impacto moderado en el dimensionamiento de los elementos estructurales, reflejando una ligera disminución en la demanda resistente para las vigas analizadas

Figura 64.

Representación Gráfica de área de acero en viga



Nota: El presente grafico de barras representa los resultados de área de acero para los diferentes modelos dinámicos de interacción suelo estructura, elaboración propia.

En la figura anterior se aprecia que la cantidad de acero requerida en la viga analizada se reduce al emplear modelos dinámicos que toman en cuenta la interacción entre el suelo y la estructura. En el modelo Barkan - Savinov, la reducción es del 7.43 % en comparación con el modelo empotrado. El modelo basado en la Norma Rusa muestra una disminución del 7.12 %, mientras que el modelo correspondiente a la Norma FEMA presenta la mayor reducción, con un 7.53 %. Estos resultados evidencian que la inclusión de la flexibilidad del suelo en el análisis dinámico tiene un impacto directo en la demanda de refuerzo, permitiendo un diseño estructural más optimizado.

VI. Conclusiones

- De acuerdo al objetivo general se compararon los efectos de los modelos dinámicos de interacción suelo estructura Barkan – Savinov, Norma Rusa, Norma FEMA 440 los cuales se muestran en el Ítem 5, del cual se llega a la conclusión que los efectos de interacción suelo estructura si influyen en el comportamiento estructural del Bloque A del centro de Salud de Tamburco – Abancay – Apurímac, los cuales son verificados mediante resultados que se obtuvieron. Por ende, se validan las hipótesis descritas en la presente tesis.
- De acuerdo con el objetivo específico N.º 1, se analizaron los efectos que generan los modelos de interacción suelo estructura de Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440 sobre los periodos de vibración de la estructura. Tal como se presenta en la Tabla N.º 72, en el que se verifica un incremento en los periodos al aplicar estos modelos en comparación con el modelo de base empotrada. Este aumento se debe a la incorporación de una base flexible en el análisis, lo cual modifica la rigidez global del sistema estructural y, por ende, influye directamente en su comportamiento dinámico. El incremento de periodos en el primer modo de vibración es de 26.20 %, 15.80% y 0.96 % respectivamente, en cuanto al modelo de base empotrado. En el segundo modo de vibración el aumento de periodos es de 22.10 %, 13.95% y 7.51 % respectivamente.
- De acuerdo con el objetivo específico N.º 2, se llevó a cabo el análisis de los efectos de los modelos de interacción suelo estructura Barkan-Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440 en los desplazamientos estructurales. Tal como se muestra en las Figuras N.º 54 y N.º 56, se evidencia que al considerar la interacción suelo estructura, los desplazamientos máximos en las direcciones X e Y aumentan de forma significativa en comparación con el modelo dinámico de base empotrada. El mayor

incremento se registra en el modelo Barkan-Savinov, con un aumento del 147.98 % en la dirección X y del 57.54 % en la dirección Y. En el modelo basado en la Norma Rusa, el desplazamiento en la dirección X se incrementa en 102.72 %, mientras que en la dirección Y el aumento es de 34.41 %. Finalmente, el modelo dinámico FEMA 440 muestra los menores incrementos, con un 46.66 % en la dirección X y un 14.95 % en la dirección Y. Estos resultados permiten concluir que los desplazamientos en la dirección X se ven más afectados por la interacción suelo estructura que en la dirección Y, destacando así la importancia de considerar dicha interacción para una evaluación más precisa del comportamiento estructural. También en cuanto a derivas de entrepiso los resultados se presentan en las Figuras N.º 58 y N.º 60, donde se evidencia que al incorporar los coeficientes de rigidez del suelo conforme a los distintos modelos dinámicos de interacción suelo-estructura, las derivas de piso en las direcciones X y Y se incrementan en comparación con el modelo de base empotrada. Las mayores derivas se registran en el modelo Barkan-Savinov, con un incremento del 124.48 % en la dirección X y del 138.75 % en la dirección Y. Por su parte, el modelo basado en la Norma Rusa presenta un aumento del 88.13 % en la dirección X y del 138.74 % en la dirección Y. El modelo Norma FEMA 440 muestra los menores incrementos, alcanzando un 57.65 % en la dirección X y un 116.99 % en la dirección Y. Estos resultados permiten concluir que las derivas de entrepiso aumentan más significativamente en la dirección Y que en la dirección X, lo cual está directamente relacionado con los mayores desplazamientos observados en esa dirección. A mayor desplazamiento relativo entre niveles, mayor será la deriva correspondiente. En cuanto a la verificación de todas las derivas obtenidas se mantienen dentro de los límites establecidos por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, cumpliendo así con los criterios de seguridad estructural exigidos.

- Respecto al objetivo específico N°3 se analizó la fuerza cortante, considerando los efectos de la interacción suelo estructura, dicho resultados se muestran en las tablas N°73 y N°74 de los cuales se concluyen que la cortante basal en la dirección X y dirección Y disminuyen respecto al modelo de base empotrado, modelo Barkan - Savinov en X disminuye en un 13.45%; en la dirección Y en un 9.09%, en el modelo Norma Rusa disminuye en la dirección X en un 11.46%, en dirección Y es de 8.49%. En el modelo dinámico Norma FEMA 440 se disminuye en un 8.62 % en la dirección X y en un 9.13 % en la dirección Y.
- Respecto al objetivo específico N°4 se realizó el análisis de la sección transversal en vigas, dicha interpretación se realiza en las tablas N°75 y N°76 donde se llega a la conclusión que efectivamente si influye la interacción suelo estructura ya que el área de acero y área de la sección en el modelo dinámico en las que se considera la flexibilidad del terreno se reducen respecto al modelo de base empotrado, en el modelo de Barkan – Savinov se reducen en 0.95% y 7.43%, modelo dinámico Norma Rusa disminuye en 0.61 % y 7.12%, en el modelo dinámico Norma FEMA 440 se reduce en 1.05% y 7.53% respectivamente.

VII. Recomendaciones

- De acuerdo al objetivo general se recomienda contar con estudios de mecánica de suelos detallados para el cálculo de los coeficientes de rigidez de los modelos dinámicos Barkan – Savinov, Norma Rusa y Norma FEMA 440 ya que dichos resultados infieren directamente en el comportamiento de la estructura y cálculo de secciones de los elementos estructurales.
- Se recomienda en base al objetivo específico N°01 contar con estudios geofísicos para la zona donde se pretende plantear la ejecución ya que la norma E.030 proporciona datos de manera general, de igual manera se debe obtener los periodos máximos en base a las masas participativas las cuales se deben de ubicar dentro de los tres primeros modos de vibración.
- Se recomienda en base al objetivo específico N°2 realizar un análisis exhaustivo en ambas direcciones puesto que al considerar los coeficientes de rigidez se han obtenido resultados de desplazamientos y derivas de entrepiso muy altos.
- Se recomienda en base al objetivo específico N°3 verificar los parámetros sísmicos de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, ya que dichos valores están directamente relacionados con la determinación de la fuerza cortante en la base. Asimismo, verificar que la cortante del modelo dinámico sea mayor o igual al 80% de la cortante estática según las indicaciones de la normativa vigente.
- Se recomienda en base al objetivo específico N°04 que la determinación del momento último se tiene que realizar en base a todas las combinaciones de carga según indica la normativa asimismo se recomienda verificar que los elementos estructurales se diseñen para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño por lo menos mayores o iguales a los requeridos.

- Finalmente se recomienda la aplicación del modelo dinámico interacción suelo estructura Norma FEMA 440, debido a que el modelo dinámico emplea propiedades físicas del suelo y características de cimentación a diferencia de los otros modelos dinámicos.

VIII. Referencias

- Abarca, D. A. (2020). *Estudio del Efecto de la Interacción Suelo-Estructura en Edificios Bajos de Albañelería* [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177340>
- Alvies, J., & Pérez Rocha, L. E. (2004). Bases para las nuevas disposiciones reglamentarias sobre interacción dinámica Suelo-Estructura. *Sistema de Información Científica Redalyc*. Publicación anticipada en línea. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61807101>
- Arquiñego Laulate, J. J., & Velásquez Barrios, N. I. (2020). *Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4 pisos, en el distrito de Cercado de Lima* [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional Universidad Tecnológica del Peru https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3473/Jack%20Arqui%20C3%B1ego_Nelson%20Velasquez_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aviles, J. (1999). Interacción suelo-Estructura: Concepto de diseño. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*. Publicación anticipada en línea. doi:<https://smis.mx/index.php/RIS/article/view/243/181>
- Bermejo, L. A. (2017). *Interacción Dinámica Suelo-Estructura* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de México]. Repositorio Universidad Autónoma de México <http://repositorio.utp.edu.pe/132.248.9.195/ptd2017/mayo/0759438/0759438.pdf>
- Blanco Blasco, A. (s.f.). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto Armado*. Ediciones Consejo departamental de Lima.

- Callejo Gallego, J. (2002). Observación, entrevista y grupo de discusión: el silencio de tres prácticas de investigación. *Revista Española de Salud Pública*. Publicación anticipada en línea. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272002000500004
- Cantoni Rabolini, N. M. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*. Publicación anticipada en línea. https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
- Castro Maldonado, J. J., Gomez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*. Publicación anticipada en línea. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728928>
- Cruz Noguez, C. A., Muria Villa, D., & Camargo Perez, J. (2007). Método para calcular las rigideces y los amortiguamientos dinámicos de grupo de pilotes de fricción. *Revista de Ingeniería Sísmica*. Publicación anticipada en línea. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61807703>
- CSI SPAIN (s.f.). *ETABS integra todos los aspectos de un proyecto de edificios, desde el inicio de su concepción, a la conexión BIM y detalle de estructuras*. Recuperado el 12 de diciembre del 2024, de <https://www.csiespana.com/software/5/etabs>
- Diaz, B. G. (2019). *Propuesta de metodología para el análisis de interacción dinámica suelo-estructura en edificios de mediana altura* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional Universidad Autonoma de Puebla <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/f2023ec5-be1b-4de6-9df2-d1f22ce38457/content>

- Eche Vidal, L. E., & Pérez Pérez, G. F. (2018). *Análisis del comportamiento sísmico de un edificio* [Tesis de Pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio institucional Universidad de San Martín de Porres <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4081>
- Estela Luna, J. J. (2019). *Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efecto de interacción sísmica suelo - estructura* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad de Cajamarca <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2909>
- Fernández Sola, L., & Avilez López, J. (2008). Efectos de interacción suelo-estructura en edificios con planta baja blanda. *Revista Ingeniería Sísmica*. Publicación anticipada en línea. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2008000200004
- Franco Mallma, T. K., & Gálvez Pinedo, Z. D. (2021). *Análisis de la interacción suelo – estructura para cimentaciones* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66182>
- Gallegos Vicente, C. J. (2018). *Comparación de los métodos de análisis sísmico tiempo historia lineal elástico y modal espectral* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional UNSA <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7101>
- García, J. E. (2014). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Macro.
- Garro Manay, H. J., Sotelo Vargas, H. H., Grozo Alencar, G. A., Argüelles Madalengoitia, L. A., & Aguirre Plejo, C. B. (2020). *Análisis estructural considerando interacción*

- suelo - estructura en centro educativo Puente Piedra* [Tesis de Pregrado, Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/18213>
- Giraldo, L. F. (2019). *Análisis estructural de interacción suelo estructura y el sismorresistente aplicado en una edificación de concreto armado* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3066>
- Harmesen, T. E. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigacion*. Mc Graw HILL Education.
- Juarez, E. A. (2015). *Interaccion suelo estructura en un edificio de planta irregular* [Tesis de Maestria, Pontifica Univerisidad Católica de chile]. Repositorio Institucional PUCP
<https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/eaed3d19-41c4-4941-ae9b-0e5f1832ccb0/content>
- Julcarima Poma, G. E., & Soto Rojas, A. J. (2023). *Influencia del modelo de interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Intitucional Continental
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/13558>
- Masias Vazquez, J. L. (2015). Sismo: que es, causas y consecuencias. *Geofisica UNAM*.
 ublicación anticipada en línea.
<http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/preguntas/#que-es-un-sismo>

- Meza Ingar, C., Armas Morales, C., Palacios Castillo, E., Arias Espichan, M., Páucar Espinoza, M., Peña Jumpa, A., & Nizama Valladolid, M. (2020). *Informalidad en la construcción de unidades inmobiliarias en zonas vulnerables de los asentamientos humanos Nicolás de Piérola y los Cañaverales (Chosica, Lima)*. Ratio Legis.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (12 de diciembre 2011). Norma técnica metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas. Diario Oficial El Peruano.
- Morocho, K. A. (2022). *Análisis comparativo de la respuesta estructural y del nivel de desempeño de una edificación de hormigón armado, considerando dos opciones: base rígida e interacción suelo estructura* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional UTA <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34107/1/Tesis%20I.C.%201557%20-%20Quispillo%20Morocho%20Kevin%20Adri%C3%A1n.pdf>
- Muñoz Guerrero, W. M., & Requejo Saucedo, F. H. (2022). *Comparación de los efectos de la interacción suelo-estructura considerando el modelo de Barkan y Norma Rusa en una edificación de 10 niveles con sótano* [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional Universidad Tecnológica del Perú https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6698/W.Mu%C3%B1oz_F.Requejo_Tesis_Titulo_Profesional_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ñaupas Paitan, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagomez Paucar, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ediciones de la U.
- Oblitas Santa María, J. M. (2018). *Análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales aplicando la interacción suelo-estructura (condominio Los Girales-Comas-Lima)* [Tesis de Pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio institucional Universidad San Martín de Porres

<https://hdl.handle.net/20.500.12727/4081>

Olivera Delgado, J. A. (2021). *Influencia de la interacción suelo - estructura en el análisis y diseño estructural de edificios de concreto armado, Urb. Álamos, Wánchaq, Cusco - 2021* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/60874>

Parra, M. C. (20 de mayo de 2021). *Conocimiento que impulsa la ingeniería*. Midas. <https://resource.midasuser.com/es/blog/author/maria-camila-parra>

Pérez Alamá, V. (2008). *Diseño y Calculo de Estructuras de Concreto Reforzado por resistencia maxima y servicio*. Trillas.

Proaño Vizacarra, K. R., Almache Sanchez, L. M., & Cordero Cabrera, C. J. (2022). *Interacción suelo - estructura para edificaciones de hormigón armado mediante modelos dinámicos*. [Tesis de Maestria, Universidad Catolica de Cuenca]. Repositorio Institucional UCACUE <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/15161>

Reglamento Nacional de Edificaciones. (4 de noviembre de 2021). Ministerio de vivienda construccion y saneamiento . Diario Oficial El Peruano.

Rodriguez, M. R. (2019). *Interacción suelo-estructura en base a modelos dinámicos - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y A.E. Sargsian* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Union]. Repositorio Institucional UPEU <https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d2e237b9-5cc3-4131-a4e4-62e4e97ecea/content>

Silvestre Miraya, I., & Huaman Nahula, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos E.I.R. LTDA.

- Universidad Tecnológica de los Andes. (16 de enero de 2020). *Reglamento del comité de ética de investigación*. <https://transparencia.utea.edu.pe/download/eje-gobierno-y-gestion/documentos-de-gestion/reglamentos/reglamento-del-comite-etica-investigacion-2019-version-4.pdf>
- Villarreal Castro, G. (2006). *Interaccion sismica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas*. Editorial ANR.
- Yuren, T. (2013). Ética profesional y praxis. Una revisión desde el concepto de "agencia". *Revista Perfiles educativos*. Publicación anticipada en línea. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982013000400016