

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN
EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA

ASESOR:

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** Gilmer Yonel Llamo Burga
DNI: 74567252
Escuela Profesional: Ingeniería Civil

2. **Asesor:** Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Facultad: Ingeniería

3. **Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**
"VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA – CAJAMARCA"

6. **Fecha de evaluación:** 04/03/2024



7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 10%

9. **Código Documento:** oid:3117:337324371.

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04 de marzo del 2024

 _____ FIRMA DEL ASESOR Miguel Angel Mosqueira Moreno DNI: 26733060	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN</p>  _____ Dra. Yvonne Katherine Fernández León DIRECTORA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
---	---

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme durante esta etapa de mi vida y permitirme culminar satisfactoriamente la presente tesis.

A mi asesor el Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por su disposición y por encaminarme durante todo el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Finalmente, agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil que estuvieron presentes a lo largo de esta etapa universitaria, por brindarme sus valiosos conocimientos.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios, por darme salud y fuerza para continuar en este proceso estudiantil.

A mi padre José Samuel y a mi madre Mavila, quien siempre ha confiado en mí y me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos y familiares por su cariño y apoyo, que fueron fundamentales para culminar mi etapa universitaria.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Pregunta principal	16
1.3. Hipótesis.....	16
1.3.1. Hipótesis general.....	16
1.4. Justificación de la investigación.....	17
1.5. Alcances o delimitación de la investigación.....	18
1.6. Limitaciones.....	18
1.7. Objetivos.....	19
1.7.1. Objetivo General	19
1.7.2. Objetivos Específicos	19
1.8. Descripción de los contenidos de los capítulos	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	22
2.1.3. Antecedentes Locales	24
2.2. Bases teóricas	26
2.2.1. El sismo.....	26
2.2.2. Peligro sísmico.....	26
2.2.3. Análisis de riesgo sísmico	26
2.2.4. Sismicidad en Perú.....	26

2.2.5. Sismicidad en Cajamarca.....	28
2.2.6. Categoría, Sistema Estructural.....	28
2.2.6.1. Sistemas Estructurales de Concreto Armado.....	28
2.2.6.2. Categoría de las edificaciones.....	29
2.2.7. Concepción Estructural Sismorresistente.....	30
2.2.8. Vulnerabilidad sísmica.....	30
2.2.9. Análisis estático no lineal.....	31
2.2.10. Curvas de fragilidad.....	31
2.2.10.1. Modelo para generar curvas de fragilidad.....	32
2.2.11. Desplazamiento espectral – Hazus 1999.....	33
2.3. Definición de términos básicos.....	34
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1. Ubicación.....	35
3.2. Época de la investigación.....	35
3.3. Tipo de investigación.....	36
3.4. Nivel de investigación.....	36
3.5. Diseño de investigación.....	36
3.6. Población de estudio.....	36
3.7. Muestra.....	36
3.8. Unidad de análisis.....	36
3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.9.1. Técnicas.....	37
3.9.2. Instrumentos.....	37
3.10. Procedimiento.....	38
3.10.1. Revisión del expediente técnico.....	38
3.10.2. Simulación de Montecarlo.....	38
3.10.3. Modelamiento en el programa ETABS.....	38
3.10.4. Selección del parámetro de intensidad sísmica.....	38
3.10.5. Selección de acelerogramas reales.....	38
3.10.6. Selección del parámetro índice de daño.....	39
3.10.7. Cálculo de las derivas con el programa ETABS.....	39
3.10.8. Evaluación de la vulnerabilidad mediante la intersección del desplazamiento espectral con las curvas de fragilidad.....	39
3.10.9. Interpretación de resultados.....	39
3.11. Recolección y análisis de datos.....	40

3.11.1. Descripción de la estructura	40
3.11.2. Propiedades de los materiales.....	43
3.11.3. Modelamiento estructural en el programa ETABS	44
3.11.4. Acelerogramas considerados para el modelamiento en ETABS	46
3.11.4.1. Acelerograma en dirección X-X	46
3.11.4.2. Acelerograma en dirección Y-Y	46
3.11.1. Espectro de la estructura creado con la normativa E.030.....	47
3.11.1.1. Espectro de la pseudo aceleración en dirección X-X	47
3.11.1.2. Espectro de la pseudo aceleración en dirección Y-Y	47
3.12. Presentación de resultados	48
3.12.1. Evaluación del módulo 1 del pabellón J.....	48
3.12.1.1. Desplazamientos máximos	48
3.12.1.2. Fuerza Cortante por piso	50
3.12.1.3. Derivas máximas	52
3.12.1.4. Desplazamiento espectral.....	55
3.12.1.5. Elaboración de curvas de fragilidad	57
3.12.1.6. Cálculo del desplazamiento espectral.....	59
3.12.2. Evaluación del módulo 2 del pabellón J.....	60
3.12.2.1. Desplazamientos máximos	60
3.12.2.2. Fuerza Cortante por piso	62
3.12.2.3. Derivas máximas	64
3.12.2.4. Desplazamiento espectral.....	67
3.12.2.5. Elaboración de curvas de fragilidad	69
3.12.2.6. Cálculo del desplazamiento espectral.....	71
3.12.3. Evaluación del módulo 3 del pabellón J.....	72
3.12.3.1. Desplazamientos máximos	72
3.12.3.2. Fuerza Cortante por piso	74
3.12.3.3. Derivas máximas	76
3.12.3.4. Desplazamiento espectral.....	79
3.12.3.5. Elaboración de curvas de fragilidad	81
3.12.3.6. Cálculo del desplazamiento espectral.....	83
3.12.4. Promedio de los desplazamientos espectrales máximos.....	84
3.12.5. Cálculo de derivas máximas.....	85
3.12.5.1. Módulo 1 del pabellón J.....	85
3.12.5.2. Módulo 2 del pabellón J.....	87

3.12.5.3. Módulo 3 del pabellón J.....	89
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	91
4.1. Determinación del Nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J.....	91
4.2. Valores promedio del desplazamiento espectral por módulo.....	92
4.3. Evaluación con normativa de las derivas máximas de entrepiso.....	92
4.4. Determinación de los valores de las derivas máximas de entrepiso de cada módulo del pabellón J.....	93
4.5. Contrastación de hipótesis.....	93
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
5.1. Conclusiones.....	94
5.2. Recomendaciones.....	94
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
APÉNDICES.....	98
Apéndice A. Simulación de Montecarlo.....	98
ANEXOS.....	104
Anexo A. Tablas usadas en la Metodología HAZUS 1999.....	104
Anexo B. Planos.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Categoría de las edificaciones y factor "U"	29
Tabla 2. Coordenadas UTM de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"	35
Tabla 3. Propiedades del concreto para la Simulación de Montecarlo.....	43
Tabla 4. Propiedades del concreto para la Simulación de Montecarlo.....	44
Tabla 5. Datos del acelerograma real	46
Tabla 6. Parámetros extraídos de la Norma Técnica E.030.....	47
Tabla 7. Desplazamientos módulo 1 del pabellón J	48
Tabla 8. Fuerza Cortante por piso para el módulo 1 del pabellón J.....	50
Tabla 9. Derivas máximas del módulo 1 del pabellón J	52
Tabla 10. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 1 del pabellón J.....	54
Tabla 11. Desplazamiento espectral del módulo 1 del pabellón J.....	55
Tabla 12. Valores para la elaboración de la curva de fragilidad del módulo 1 del pabellón J.....	57
Tabla 13. Parámetros para las curvas de fragilidad	59
Tabla 14. Desplazamientos módulo 2 del pabellón J	60
Tabla 15. Fuerza Cortante por piso para el módulo 2 del pabellón J	62
Tabla 16. Derivas máximas del módulo 2 del pabellón J	64
Tabla 17. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 2 del pabellón J	66
Tabla 18. Desplazamiento espectral del módulo 2 del pabellón J.....	67
Tabla 19. Valores para la elaboración de la curva de fragilidad del módulo 2 del pabellón J.....	69
Tabla 20. Parámetros para las curvas de fragilidad	71
Tabla 21. Desplazamientos módulo 3 del pabellón J	72
Tabla 22. Fuerza Cortante por piso para el módulo 3 del pabellón J	74
Tabla 23. Derivas máximas del módulo 3 del pabellón J	76
Tabla 24. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 3 del pabellón J.....	78
Tabla 25. Desplazamiento espectral del módulo 3 del pabellón J.....	79
Tabla 26. Valores para la elaboración de la curva de fragilidad del módulo 3 del pabellón J.....	81
Tabla 27. Parámetros para las curvas de fragilidad	83

Tabla 28. Valores promedio de los desplazamientos espectrales máximos del pabellón J.....	84
Tabla 29. Deriva máxima dirección "X" - módulo 1 del pabellón J	85
Tabla 30. Deriva máxima dirección "X" - módulo 1 del pabellón J	85
Tabla 31. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 1 del pabellón J	85
Tabla 32. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 1 del pabellón J	85
Tabla 33. Deriva máxima dirección "X" - módulo 2 del pabellón J	87
Tabla 34. Deriva máxima dirección "X" - módulo 2 del pabellón J	87
Tabla 35. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 2 del pabellón J	87
Tabla 36. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 2 del pabellón J	87
Tabla 37. Deriva máxima dirección "X" - módulo 3 del pabellón J	89
Tabla 38. Deriva máxima dirección "X" - módulo 3 del pabellón J	89
Tabla 39. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 3 del pabellón J	89
Tabla 40. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 3 del pabellón J	89
Tabla 41. Límites para la distorsión del entrepiso	92
Tabla 42. Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 1 del pabellón J .	98
Tabla 43. Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 2 del pabellón J .	99
Tabla 44. Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 3 del pabellón J	100
Tabla 45. Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 1 del pabellón J	101
Tabla 46. Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 2 del pabellón J	102
Tabla 47. Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 3 del pabellón J	103
Tabla 48. Nomenclatura de los sistemas estructurales que considera HAZUS 99	104
Tabla 49. Parámetros de sobre resistencia y factores modales que definen el espectro de capacidad.....	105
Tabla 50. Parámetros que definen las curvas de fragilidad estructural	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Acelerograma en dirección X-X	46
Gráfico 2. Acelerograma en dirección Y-Y	46
Gráfico 3. Espectro de pseudo aceleraciones X-X.....	47
Gráfico 4. Espectro de pseudo aceleraciones Y-Y.....	47
Gráfico 5. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 1 - pabellón J.....	54
Gráfico 6. Curva de fragilidad para el módulo 1 del pabellón J.....	59
Gráfico 7. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 2 - pabellón J.....	66
Gráfico 8. Curva de fragilidad para el módulo 2 del pabellón J.....	71
Gráfico 9. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 3 - pabellón J.....	78
Gráfico 10. Curva de fragilidad para el módulo 3 del pabellón J.....	83
Gráfico 11. Desplazamiento espectral para cada módulo del pabellón J.....	84
Gráfico 12. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "X" del módulo 1 del pabellón J	86
Gráfico 13. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "Y" del módulo 1 del pabellón J	86
Gráfico 14. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "X" del módulo 2 del pabellón J	88
Gráfico 15. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "Y" del módulo 2 del pabellón J	88
Gráfico 16. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "X" del módulo 3 del pabellón J	90
Gráfico 17. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "Y" del módulo 3 del pabellón J	90

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zonas Sísmicas.....	27
Figura 2. Representación de las curvas de fragilidad	31
Figura 3. Ubicación de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"	35
Figura 4. Pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"	42
Figura 5. Vista interior del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"	42
Figura 6. Creación de la envolvente.....	44
Figura 7. Modelado del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"	45
Figura 8. Elevaciones del modelado del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"	45

RESUMEN

Siendo el Perú, un país con alto riesgo sísmico por ubicarse en la zona del Cinturón de Fuego, es necesario conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica de las estructuras, ya que teniendo este indicador se puede evitar o trabajar en los riesgos que esta estructura presente. Además, se debe tener en cuenta desde el diseño sísmico, el tipo de categoría a la que pertenecen y cumplir los lineamientos y condiciones especiales que requiera. Las instituciones educativas, son consideradas edificaciones esenciales que deben cumplir con salvaguardar la vida y la integridad física de sus habitantes ante un posible evento sísmico. En Cajamarca, una de este tipo de edificaciones es la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita", una de las más reconocidas a nivel regional, motivo por el cual se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica de uno de sus pabellones más representativos, como es el pabellón J. En esta investigación se empleó la metodología HAZUS y un análisis dinámico no lineal tiempo – historia, lo cual nos indicó el nivel de daño por módulo del pabellón en estudio, hallando el valor promedio de su desplazamiento espectral, con la ayuda de los datos estructurales de la edificación (diseño estructural, características de los materiales, geometría de los elementos estructurales), además de utilizar las curvas de fragilidad que fueron elaborada para cada módulo; también se determinó las derivas máximas de entrepiso. De todo este proceso se ha llegado a obtener que, el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la institución evaluada, presenta un daño, leve; aceptando la hipótesis planteada. Y, con respecto a los desplazamientos espectrales, el módulo 3 de este pabellón, es que el que presenta mayor daño, ya que también presentan derivas máximas de entre piso fuera del límite.

Palabras claves: Deriva, vulnerabilidad sísmica, riesgo, sismicidad.

ABSTRACT

Since Peru is a country with high seismic risk due to being located in the Ring of Fire area, it is necessary to know the level of seismic vulnerability of the structures, since having this indicator can avoid or work on the risks that this structure presents. In addition, the seismic design must take into account the type of category to which they belong and comply with the guidelines and special conditions that they require. Educational institutions are considered essential buildings that must safeguard the life and physical integrity of their inhabitants in the event of a possible seismic event. In Cajamarca, one of this type of buildings is the Emblematic Educational Institution "Santa Teresita", one of the most recognized at the regional level, which is why the level of seismic vulnerability of one of its most representative pavilions, such as the pavilion J. In this research, the HAZUS methodology and a non-linear dynamic time-history analysis were used, which indicated the level of damage per module of the pavilion under study, finding the average value of its spectral displacement, with the help of the structural data of the building (structural design, material characteristics, geometry of structural elements), in addition to using the fragility curves that were prepared for each module; The maximum mezzanine derivations will also be considered. From this entire process it has been obtained that the level of seismic vulnerability of pavilion J of the evaluated institution presents slight damage; accepting the proposed hypothesis. And, with respect to spectral displacements, module 3 of this pavilion is the one that presents the greatest damage, since it also presents maximum drifts between floors outside the limit.

Keywords: Drift, seismic vulnerability, risk, seismicity.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sismos son fenómenos naturales que ocurren en diversas partes del mundo, debido a la liberación de energía acumulada en la corteza terrestre. La actividad sísmica es más frecuente en zonas de bordes tectónicos; por ejemplo, como el cinturón de fuego del pacífico; los sismos pueden tener consecuencias devastadoras afectando a comunidades y provocando cambios considerables en la geografía del terreno. Por eso la vigilancia sísmica y la preparación ante estos eventos son cruciales para mitigar su impacto.

El comportamiento de las estructuras ante estos sismos no son las mismas, por lo que se debe de tener en cuenta el tipo de edificación para el diseño sismorresistente. Las instituciones educativas, son consideradas edificaciones esenciales, donde no solo brinden una educación de calidad; sino también, la seguridad estructural a todo su alumnado, personal y visitantes, ante cualquier movimiento sísmico. Por ejemplo, en Ecuador, se ha desarrollado un proyecto de investigación en el que se busca obtener el grado de vulnerabilidad sísmica de 11 unidades educativas de la parroquia de Sangolquí, con el fin de identificar los riesgos que pueden sufrir ante estos desastres. En la cual se ha considerado todos sus parámetros estructurales y antigüedad de las unidades educativas, y con esto determinar la capacidad – respuesta ante eventos sísmicos considerables; con el fin de obtener el riesgo estructural que representa esta institución y plantear juicios de valor, recomendaciones, sobre todo saber el comportamiento de estas edificaciones ante tal suceso. (Fajardo, Guevara, Herrera, Ochoa, & Torres, 2021)

De la misma forma, Zora & Acevedo en su estudio buscan determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de un grupo de escuelas de Medellín, Colombia, donde

reconocen la importancia de estas edificaciones, las cuales están destinadas al sector de educación; y, por la cantidad de personas que alojan, cuya integridad no se debe de ver afectada ante cualquier evento sísmico, es más que una razón para realizar una evaluación de capacidad sísmica, pero al ser esta evaluación un poco costosa, sugieren seguir metodologías que nos permitan identificar la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones, consideradas como prioritarias. Identificando que un grupo considerable de estas instituciones presente un alto índice de vulnerabilidad. (Zora & Acevedo, 2019)

El Perú al encontrarse el cinturón de Fuego del Pacífico, es un país de alto riesgo sísmico, lo que aumenta la probabilidad de que ocurra un movimiento sísmico; ante la presencia de estos eventos, las estructuras de las edificaciones pueden llegar a colapsar o presentar alguna falla estructural. (Noel, 2019)

Considerando este peligro sísmico que tiene Perú y destacando que los centros educativos deben de servir de refugio después de un sismo, Álvarez & Pulgar (2019) buscan determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de unos módulos de un distrito limeño y comparar si cumplen con esta filosofía de la Norma Técnica E.030.

Por otro lado, Marín (2022) evalúa el pabellón III de la I.E. 16003 Miraflores ubicada en Jaén, Cajamarca, realiza esta investigación para conocer los riesgos que pueda presentar esta estructura ante desarrollarse un evento sísmico. Reconoce también la importancia de estas edificaciones con categorización A2 (Según la Norma Técnica E.030), y busca saber el comportamiento sísmico y cuan segura es esta institución ante estos movimientos.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, en esta investigación se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita, que conforma de 03 módulos. Se eligió esta institución

educativa por ser una de las más importantes a nivel regional albergando aproximadamente un total de 1380 alumnas. Además de ser una edificación esencial, de categoría A2, cuya funcionabilidad no se debe ver afectada ante un sismo severo (Norma Técnica E.030). Sumado a esto, esta institución se encuentra en la ciudad de Cajamarca, zona sísmica 3 (Norma Técnica E.030), lo que hace más probable la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, es por esto que existe la necesidad de desarrollar esta investigación para evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica y así prevenir pérdida de vidas humanas y económicas.

En el presente estudio se ha seleccionado solo el pabellón J, por ser uno de los más representativos y grandes de la institución; además por la concurrencia que tiene, ya que sus ambientes están destinados a aulas; siendo más habitables. Más aún cuando este pabellón ha sido diseñado con la Norma Técnica E.030 (2009), por este motivo existe la necesidad de saber si los lineamientos que ha cumplido la construcción del pabellón J para ese año, al realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica cumplen con la normativa vigente.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta principal

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita - Cajamarca?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

El nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita; es leve.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la investigación realizada sobre la vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita se plantea las siguientes justificaciones:

Con referencia a la justificación teórica; este estudio aporta el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita. Con el fin de evaluar si este tipo de edificación esencial A2 (Categorización según la Norma Técnica E.030) cumple con la filosofía del diseño sismorresistente, que es el de mantenerse operativa ante un sismo severo y/o servir de refugio para las personas afectadas por este desastre. Aportando este estudio información antecedente de la vulnerabilidad sísmica en los edificios de esta categoría en la ciudad de Cajamarca.

En cuanto a la justificación práctica, esta investigación se fundamenta en la necesidad de comprender los riesgos asociados a los sismos como: pérdidas de vidas humanas, ya que al entender la vulnerabilidad de las estructuras ante sismos podemos tomar medidas preventivas para salvaguardar la integridad de las personas que habitan estas edificaciones; reducción de pérdidas económicas, puesto que al identificar y mejorar las estructuras más vulnerables ayuda a mitigar los daños materiales ante un sismo.

Finalmente, en la justificación social, con la finalidad de proteger y prevenir pérdidas de vidas humanas, materiales y económicas, se realizó este estudio preventivo para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita. Con estas justificaciones, se realizó la investigación de la vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita – Cajamarca.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- Se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita" mediante las curvas de fragilidad.
- Se realizó el modelamiento del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita en el programa ETABS.
- Se elaboró las curvas de fragilidad del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita".
- Se determinó las derivas máximas de la edificación perteneciente al pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita".

1.6. LIMITACIONES

- El tema "Riesgo Sísmico" es muy amplio por lo que en esta investigación solo se estudió una de sus variables, que es la vulnerabilidad sísmica.
- No se ha considerado la interacción suelo – estructura para el modelamiento.
- No se ha considerado ensayos de esclerometría porque la estructura aún no cumple con su período de garantía útil (Indecopi, 2018). Por lo que esta investigación se realizó en base a los datos obtenidos del expediente técnico.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

- Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita" - Cajamarca.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Calcular el valor promedio del desplazamiento espectral por cada módulo del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita".
- Evaluar con la normativa vigente las derivas máximas de entre piso de los tres módulos del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita".
- Determinar los valores de las derivas máximas de entre piso de los modelamientos de cada módulo del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita".

1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

- **Capítulo I: Introducción.** Aquí se presenta el planteamiento y formulación del problema, hipótesis, las justificaciones, los alcances, delimitaciones y limitaciones reconocidas. Para finalmente mostrar los objetivos de esta investigación.
- **Capítulo II: Marco Teórico.** Se muestra los antecedentes teóricos, las bases teóricas y las definiciones de términos básicos de esta investigación.
- **Capítulo III: Materiales y Métodos.** Se menciona las herramientas, equipos y/o materiales utilizados; y por último la metodología utilizada en esta investigación.
- **Capítulo IV: Análisis y Discusión de resultados.** Se presenta el procesamiento de los datos, la discusión e interpretación de los datos obtenidos.
- **Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.** Se presenta las conclusiones obtenidas de los resultados, y se plantea posibles recomendaciones.
- **Referencias Bibliográficas.**
- **Apéndices.**
- **Anexos.**

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- **Sandoli et al. (2021)** realizaron el trabajo de investigación denominado "Curvas de fragilidad para edificios URM italianos basados en un método híbrido". En este artículo publicado por la Asociación de Europea de Ingeniería Sísmica, se ha desarrollado un modelo combinado de vulnerabilidad sísmica para evaluar, como bien su nombre lo dice, la vulnerabilidad sísmica de los edificios de piedra a escala territorial de Italia. Este método combina el criterio de expertos mediante la observación y un enfoque mecánico, para crear curvas de fragilidad típicas para una colección de casas de ladrillo italianas. Los resultados muestran que los tipos de edificios propuestos son representativos de las construcciones italianas y que las curvas de fragilidad son efectivas para predecir tanto la vulnerabilidad sísmica, como los escenarios de daños previstos para áreas propensas a terremotos. Finalmente, las curvas de fragilidad se comparan con las curvas experimentales obtenidas del enfoque macrosísmico en edificios de ladrillo italiano. En donde la variabilidad depende de tener en cuenta las características estructurales, proceso constructivo según la zona.
- **García y Degrande (2017)** realizaron el trabajo de investigación "Análisis de vulnerabilidad sísmica de una vivienda familiar de dos pisos en mampostería confinada en Cuenca, Ecuador", donde presentan una evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una vivienda unifamiliar de mampostería en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Se obtuvieron las propiedades macroscópicas de muros, ladrillos huecos y ladrillos macizos mediante el método de

elementos finitos, considerando el modelamiento mesoscópico para las columnas de mampostería; mientras que, las paredes fueron consideradas como macro - elementos. Se realizó un análisis estático no lineal para definir las curvas de empuje; el análisis de tiempo histórico dinámico no lineal, para determinar los desplazamientos máximos. En resumen, las curvas de fragilidad se determinaron utilizando el método de máxima verosimilitud. Con los datos obtenidos de la curva de fragilidad con ladrillos huecos y macizos, se tiene que la probabilidad de colapso a un PGA de 0.25 g es mayor al 95%, en cambio, para construcciones con ladrillos macizos esta probabilidad de colapso al mismo PGA es del 10%. Según esto, se puede llegar a la conclusión, que el nivel de vulnerabilidad depende netamente de las características físico – químicas de los materiales, por lo que se recomienda la supervisión y el control de la calidad de los materiales empleados en una construcción, ya que es base para tener la seguridad estructural ante movimientos sísmicos fuertes.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- **Olivera (2020)** realizó su tesis titulada "Análisis de la vulnerabilidad sísmica mediante las curvas de fragilidad de la I.E. N° 20390, Chancay, Lima 2020", cuya metodología estuvo basada en el análisis estático no lineal o "Pushover" de la I.E. N°20390 de Chancay, Lima. Para esta investigación se ha realizado un análisis de capacidad espectral y un análisis dinámico incremental, además de la determinación de los desplazamientos espectrales para diferentes PGA. Para esto, fue necesario recurrir a datos como las propiedades mecánicas de la estructura y las diferentes situaciones sísmicas para cada escenario considerado. Tras el análisis y la

discusión de las curvas de capacidad y demanda, se determina que cumple con los desplazamientos, las derivas entre pisos, además que los índices de daños estimados por el análisis de capacidad espectral indican que los daños serían mínimos ante un sismo de baja magnitud, no pudiendo decir lo mismo ante una acción sísmica mayor.

- **Illacutipa e Illacutipa (2019)** realizaron la tesis titulada "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante curvas de fragilidad de edificaciones típicas de albañilería confinada en la ciudad de Juliaca", en la cual buscan mitigar el riesgo sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de Juliaca, mediante la metodología de las curvas de fragilidad y vulnerabilidad. Para esto, se ha considerado viviendas de dos pisos (39.79%) y de tres pisos (29.58%), siendo estas de construcción artesanal o industrial, para su estudio se ha considerado ensayos de resistencia a compresión diagonal en muros de albañilería tanto artesanales como industriales, además se ha armado una edificación típica en la uniformización de sus elementos estructurales. Se llega a concluir que para una aceleración espectral de 0.35g, con una probabilidad del 10% según indica la normativa, que las edificaciones de tres pisos construidas artesanalmente presentan una probabilidad de colapso del 50.08%.
- **Valenzuela (2022)** en su investigación titulada "Determinación de las curvas de fragilidad analítica mediante el análisis incremental dinámico en el Centro de Salud de Conchopata en Huamanga Ayacucho, 2019", realiza su estudio desde una perspectiva geotécnica, enfocándose en edificaciones con alta vulnerabilidad sísmica, determinando curvas de fragilidad analítica con métodos estadísticos probabilísticos o numéricos, en el Centro de Salud de

Conchopata en Ayacucho. En el método probabilístico, se utilizan estadísticas numéricas para la simulación de Monte Carlo, mientras que ETAB se utiliza para el análisis de la historia temporal del crecimiento dinámico de la estructura, el software Matlab (MATrix LABoratory) para los temas numéricos, obteniendo valores aleatorios y confiables. Llegando a concluir que las CFA obtenidas del análisis incremental dinámico tiempo historia es importante en la prevención de daños por sismo. Además, que es muy importante la consideración de los efectos de sitio pues estos datos sirven para obtener diseños con fundaciones más reforzadas y con respecto a los desplazamientos máximos se han presentado cuando el sismo llega a una aceleración máxima.

2.1.3. Antecedentes Locales

- **Marín (2022)** en su tesis titulada “Determinación de la vulnerabilidad sísmica del pabellón III de la I.E. 16003 Miraflores del distrito de Jaén - Cajamarca”. En donde realizó la determinación de aspectos estructurales de tipo resistente y resistencia convencional, seguidamente realizó la evaluación de los aspectos constructivos de calidad de ambos sistemas y por último realizó un análisis de aspectos geométricos tanto de planta como en elevación. Una vez realizada la parte metodológica que se basó en el método de Benedetti y Petrini, considerando información estructural del expediente técnico, tanto como los cálculos y sobre todo las especificaciones de los materiales de construcción. Se utilizó el programa Etabs v17 y se analizó las características del bloque III conformado por una edificación de dos niveles. Se encontró finalmente que el nivel de vulnerabilidad sísmica fue de un 25%, es una vulnerabilidad media.

- **Pastor (2022)** se realizó el trabajo de investigación denominado “Vulnerabilidad sísmica del pabellón de turismo y hotelería de la Universidad Nacional de Cajamarca”, en donde se realizó la evaluación el daño y el desempeño del módulo A, B y C frente a un sismo, mediante la metodología HAZUS, el cual muestra que una estructura puede tener una probabilidad de falla en base a su desplazamiento espectral. Con el resultado del análisis dinámico no lineal tiempo – historia y en las diferentes variaciones de las propiedades mecánicas de los materiales empleados en esta edificación, se determinó que el pabellón en cuestión era vulnerable a sismos moderados y tenía una baja probabilidad de falla (10% para el módulo A, 18% para el módulo B y 5% para el módulo C). En cambio, para un sismo severo estas probabilidades aumentarían, pero por el estado en el que se encuentra, este pabellón podrá seguir en funcionamiento.
- **Silva (2022)** en su tesis “Vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada del sector 12 de Cajamarca, 2022”, recaudo toda información necesaria del estado actual de viviendas de material confinado en el sector 12 de Cajamarca, como los errores constructivos y las deficiencias estructurales, calculando la densidad de muros de viviendas seleccionadas; por último, la determinación de estabilidad de muros al volteo. Obteniendo que la vulnerabilidad sísmica de las casas del sector 12 de Cajamarca es de un nivel medio, ya que el 14% presenta una vulnerabilidad alta, seguida de un 72% de vulnerabilidad media y un 14% de vulnerabilidad baja. En cuanto al estado de viviendas se encontró que un 5% estaban en buen estado de conservación, un 81% estaban en un estado medio de conservación, y un 14% de viviendas están un mal estado de conservación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. El sismo

Son procesos de fenómenos naturales que ocurren por el origen tectónico de las placas generadoras de terremotos en el mundo, la región geográfica es importante porque hay lugares donde estos fenómenos no ocurren con frecuencia y hay donde ocurren con mucha frecuencia, como el Perú que se encuentra en una región altamente sísmicamente activa conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico, extendiéndose desde la costa de las Américas hasta la costa de Asia, Costa del Pacífico, donde chocan las placas tectónicas y se producen terremotos. (Seiner, 2017)

2.2.2. Peligro sísmico

El peligro sísmico es la probabilidad de que en una región específica ocurran movimientos sísmicos de determinada intensidad dentro de un tiempo específico. (Illacutipa e Illacutipa, 2019)

2.2.3. Análisis de riesgo sísmico

Lagomarsino, Cattari y Ottonelli definen a la realización de un análisis de riesgo sísmico como la evaluación de las pérdidas que se hayan generado en un área determinada, teniendo en cuenta las edificaciones y lo que esté conteniendo. La cuantificación de este riesgo es netamente probabilística por que el sismo es una variable aleatoria, y el desempeño, daños y consecuencias en los edificios y personas son incertidumbres. (Lagomarsino et al., 2021)

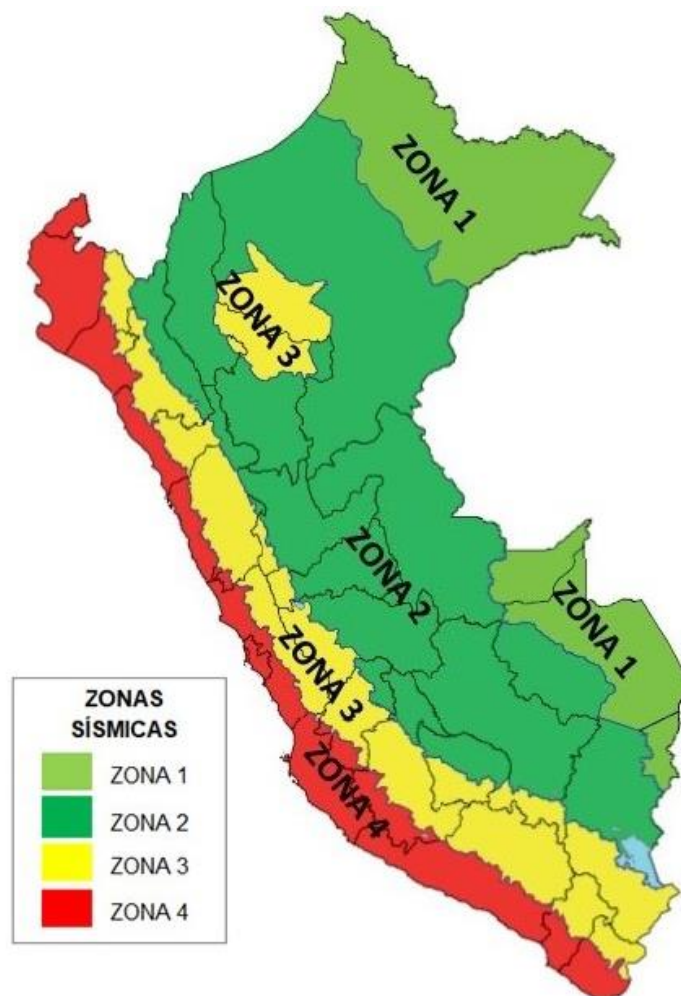
2.2.4. Sismicidad en Perú

El extremo occidental de América del Sur es considerado como una de las regiones con mayor actividad sísmica a nivel mundial. Encontrándose Perú en esta

zona, su actividad sísmica está relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica por debajo de la placa continental, provocando sismos de alta intensidad y relativa frecuencia. El segundo tipo de actividad sísmica, causada por la deformación de la corteza terrestre, se presenta a lo largo de las Cordilleras de los Andes, con menor magnitud y frecuencia de sismos. (Tavera y Buforn, 1998)

El territorio Nacional se encuentra dividido en cuatro zonas, basada en la distribución espacial de la sismicidad, características de los sismos, la distancia epicentral, así como de la información neotectónica. A continuación, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica de la Norma Técnica E.030 (ver Figura 1).

Figura 1. Zonas Sísmicas



Fuente: RNE, Norma Técnica E.030

2.2.5. Sismicidad en Cajamarca

Cajamarca es una ciudad que no presenta registros de sismos de consideración en los últimos años, pese a sus características tectónicas como la formación geológica, la presencia de vulcanismo y naturaleza de sus suelos; considerando a Cajamarca con una alta probabilidad sísmica, conocida como una zona de silencio sísmico. Según el Mapa de Zonificación Sísmica para el territorio peruano y la Norma Técnica E-030, Cajamarca se encuentra ubicada dentro de la zona de sismicidad III. (Gonzáles, 2017)

2.2.6. Categoría, Sistema Estructural

2.2.6.1. *Sistemas Estructurales de Concreto Armado*

Se recomienda en la Norma Técnica E.030, cumplir con lo previsto en el Cap. 21 de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE, presentan los siguientes sistemas:

- **Pórticos:** el 80% de la fuerza cortante actúa sobre las columnas de los pórticos, además estos pórticos deben estar diseñados para resistir la acción de un sismo.
- **Muros estructurales:** predominan los muros estructurales donde el 70% de la fuerza cortante actúa sobre ellos.
- **Dual:** donde las acciones sísmicas son resistidas por los pórticos y muros estructurales.
- **Edificaciones de Muros de ductilidad Limitada (EMDL):** presencia de muros de concreto armado con espesores reducidos, con extremos confinados y refuerzo vertical en una sola capa que resisten las fuerzas sísmicas y cargas de gravedad. (Norma Técnica E.030 y E.060)

2.2.6.2. Categoría de las edificaciones

Tabla 1. Categoría de las edificaciones y factor "U"

Tabla 5 Categoría de las edificaciones y factor "U"		
Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: RNE, Norma Técnica E.030.

2.2.7. Concepción Estructural Sismorresistente

Según la normativa E.030 "Diseño Sismorresistente", las estructuras deben tener en cuenta los siguientes aspectos desde su diseño y proceso de ejecución:

- Simetría, distribución en masas y rigidez.
- Peso mínimo, consideraciones especiales para los pisos altos.
- Selección y empleo adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada para soportar las cargas laterales.
- Continuidad estructural en planta y elevación.
- Ductilidad (capacidad de deformación).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

2.2.8. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica se define como la susceptibilidad de cualquier edificación a soportar daños tras un fuerte evento sísmico, dependiendo esta respuesta de un buen diseño estructural, calidad y buena elección de los materiales y de las buenas técnicas constructivas. (Malavé – Laínez y Pinoargote – Rovello, 2023)

La vulnerabilidad sísmica se define como el nivel al cual un sistema es susceptible a sufrir daños por sismos o cualquier otro fenómeno, en función de la sensibilidad del sistema a este tipo de fenómenos, a la respuesta de la sociedad o comunidad ante esto y al nivel de exposición del sistema a este tipo de fenómenos. (Ocala, 2019)

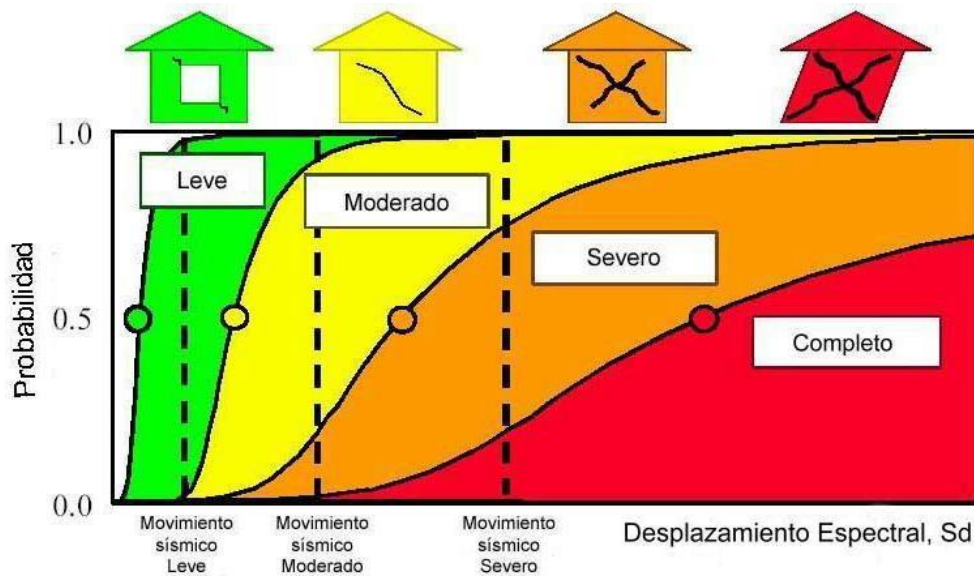
2.2.9. Análisis estático no lineal

Este análisis es un mecanismo que nos va a permitir poder tener una mejor respuesta ante futuros eventos sísmicos y es más recomendable ya que trabaja aumentando las cargas horizontales hasta generar un nivel de daño, para así evaluar la capacidad estructural. (Olivera, 2020)

2.2.10. Curvas de fragilidad

En el libro "Evaluación de vulnerabilidad sísmica apoyada en tecnologías de información geográfica" las curvas de fragilidad son definidas como la representación de la función de la distribución acumulada de la probabilidad de llegar o pasar el estado límite de daño, asociado al desplazamiento máximo, provocado por una acción sísmico. (Velasteguí et al., 2022)

Figura 2. Representación de las curvas de fragilidad



Fuente: Illacutipa e Illacutipa (2019).

En la Figura 2, se observa una representación de las curvas de fragilidad, donde cada curva representa el límite estimado en el que la estructura alcanza un determinado estado de daño, indicando así su funcionalidad de manera general del sistema estructural ante una acción sísmica para cada tipo de estructura.

Estos autores reconocen a las curvas de fragilidad como la probabilidad de exceder un estado de daño, dado un desplazamiento global "d", las curvas de fragilidad presentan una distribución estadística de tipo LogNormal, definiéndose a través de dos parámetros, una la desviación estándar y el valor medio del desplazamiento global. (Velasquí et al., 2022)

2.2.10.1. Modelo para generar curvas de fragilidad

Existe una variedad de criterios para generar las curvas de fragilidad, estos pueden darse mediante los datos recopilados de las observaciones de campo, bases experimentales, consideración de opiniones o antecedentes y el más usado, el método analítico. (Pastor, 2022)

Como se menciona en la investigación de Pastor (2022), las curvas de nivel están dadas por una distribución acumulada LogNormal. Este es uno de los métodos más utilizados y su forma matemática se expresa mediante la Ecuación 1:

$$F_d(x) = P \left[D \geq \frac{d}{X} = x \right]; d \in \{1; 2; \dots; n_D\}$$

Ecuación 1

$$F_d(x) = \Phi \left(\frac{\ln \left(\frac{x}{\theta_d} \right)}{\beta_d} \right)$$

Donde:

- $P \left[D \geq \frac{d}{X} = x \right]$: Probabilidad de que D sea mayor o igual que $\frac{d}{x}$.
- D : Estado de daño incierto de un componente particular.
- d : Un valor particular de D , sin incertidumbre.
- n_D : Número de posibles estados de daño; $n_D \in \{1; 2; 3; \dots\}$.
- X : Intensidad de excitación incierta.

- x : Un valor particular de X , sin incertidumbre.
- $F_d(x)$: Función de fragilidad para el estado de daño d , evaluada en x .
- $\Phi\left(\frac{\ln\left(\frac{x}{\theta_d}\right)}{\beta_d}\right)$: Función normal de distribución acumulada estándar (Gaussiana).
- $\ln\left(\frac{x}{\theta_d}\right)$: Logaritmo natural de x/θ_d .
- θ_d : Mediana de la capacidad de resistencia al daño d .
- β_d : Desviación estándar del \ln de la capacidad del edificio para resistir un estado de daño determinado. (Pastor, 2022)

2.2.11. Desplazamiento espectral – Hazus 1999

Tras el cálculo de la deriva máxima de entrepiso, estos valores son ajustados a una curva logNormal, utilizando el método del "Desplazamiento Espectral" definido por la siguiente ecuación (Ecuación 2):

$$\bar{S}_{d,Sds} = \delta_{R,Sds} * \alpha_2 * h \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- $\bar{S}_{d,Sds}$: valor del desplazamiento espectral de los elementos estructurales para el estado de daño evaluado. (en pulgadas)
- $\delta_{R,Sds}$: deriva máxima de entrepiso calculada en el análisis dinámico no lineal tiempo historia.
- α_2 : factor del desplazamiento en el método Pushover.
- h : altura de entre piso. (Hazus, 1999)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Colapso:** La estructura ha perdido gran parte o toda su rigidez y su resistencia de diseño. (González, 2017)
- **Curva de fragilidad:** para un sistema estructural homogéneo y restringido, se realiza la estimación de un riesgo sísmico para determinar posibles daños. (Oliver, 2020)
- **Deriva:** Es el desplazamiento relativo de entrepiso. Se calcula dividiendo los desplazamientos laterales por la altura de entrepiso. (Norma técnica E.030)
- **Espectro de Pseudo - Aceleración.** Valor máx. o picos de la respuesta estructural, fuerza restitutiva, desplazamiento o aceleración de la estructura evaluada con el mismo periodo y amortiguamiento. (González, 2017)
- **Riesgo sísmico:** presencia de consecuencias negativas ante eventos peligrosos en una determinada área y tiempo. (Olivera, 2020)
- **Sismicidad:** fenómeno natural producido por placas tectónicas, la frecuencia de estos fenómenos depende de la zona geográfica. (Marín, 2022)
- **Sismo:** Perturbaciones súbitas que originan vibraciones o movimientos en el suelo. (Pastor, 2022)
- **Vulnerabilidad sísmica:** definida como la susceptibilidad de una estructura a presentar daños ante una intensidad determinada de los movimientos sísmicos. Esta se relaciona directamente con los materiales, proceso constructivo, tipo estructural. (Illucati, 2019)

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación ***aplicada***, ya que en su desarrollo se ha empleado los conocimientos, teorías e información recopilada del tema de estudio.

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se realizó es ***cuantitativa*** debido al resultado que se obtuvo mediante una recopilación de datos.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación ***no experimental*** ya que se usaron los datos del expediente técnico y no se manipuló ninguna variable para hacer la evaluación correspondiente.

3.6. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población está compuesta por todos los pabellones de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita.

3.7. MUESTRA

La muestra está compuesta por el pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita.

3.8. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis de esta investigación está compuesta por los 3 módulos del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita.

3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.9.1. Técnicas

- **Recolección de información:** Se solicitó el expediente técnico de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita, donde están los planos a detalle y sus especificaciones técnicas que ayudaron en el desarrollo de esta investigación.
- **Revisión del expediente técnico:** Se seleccionó la información necesaria para esta investigación como, las características y propiedades de los elementos estructurales, la resistencia a compresión del concreto de diseño y el esfuerzo de fluencia del acero.
- **Simulación de Montecarlo:** La simulación de Montecarlo permitió generar 50 valores de resistencias a compresión del concreto y 50 valores de esfuerzos de fluencia del acero para cada uno de los modelos que se utilizó en el desarrollo de esta investigación.
- **Modelamiento en el programa ETABS:** Con los datos del expediente técnico se realizó el modelamiento en el programa ETABS, para así determinar las derivas máximas y desplazamientos espectrales.
- **Elaboración de planos:** se hizo con el Software AutoCAD.

3.9.2. Instrumentos

- Celular, para la toma de fotografías.
- Softwares: ETABS, AutoCAD, Microsoft Office.
- Fichas de evaluación.

3.10. PROCEDIMIENTO

3.10.1. Revisión del expediente técnico

Del expediente técnico de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita se utilizó la información estructural de la edificación para el desarrollo de esta investigación; como las medidas, ubicación de los elementos estructurales, la resistencia a compresión del concreto (f'_c) de diseño y el esfuerzo de fluencia del acero (f_y).

3.10.2. Simulación de Montecarlo

La simulación de Montecarlo nos permitió generar los f'_c y f_y de cada uno de los modelos que se utilizó en el desarrollo de esta investigación. A partir de los valores del promedio, de la varianza y de la distribución; para el concreto, se consideró una distribución Normal y para el acero, una distribución LogNormal. Con lo que se generó valores de f'_c y de f_y que fueron utilizados en cada modelo.

3.10.3. Modelamiento en el programa ETABS

Con los datos obtenidos del expediente técnico y de la simulación de Montecarlo se realizó el modelamiento en el programa ETABS, y así determinar las derivas máximas y desplazamientos espectrales.

3.10.4. Selección del parámetro de intensidad sísmica

En nuestra investigación se tomó la aceleración pico del terreno (PGA), esto fue porque los registros del IGP están en base a este parámetro.

3.10.5. Selección de acelerogramas reales

El programa ETABS con los datos del IGP crea los acelerogramas, teniendo como único trabajo descargar de la página oficial del IGP los datos en formato txt.

3.10.6. Selección del parámetro índice de daño

El parámetro de índice de daño que se escogió es límite para la distorsión del entrepiso, o comúnmente conocido como deriva máxima de entrepiso, ya que el análisis dinámico no lineal tiempo - historia nos brinda datos para este parámetro.

3.10.7. Cálculo de las derivas con el programa ETABS

Las derivas máximas obtenidas por el programa ETABS fueron comparadas con las presentadas en las normativas vigentes, verificando si están dentro del rango permisible.

3.10.8. Evaluación de la vulnerabilidad mediante la intersección del desplazamiento espectral con las curvas de fragilidad

Utilizando los valores de las derivas máximas promedio se calcula el desplazamiento espectral de cada módulo y este valor se intercepta con las curvas de fragilidad elaboradas, obteniendo así la probabilidad de daño. Logrando determinar el estado de daño, los cuales se clasifican en leve, moderado, extensivo y completo.

3.10.9. Interpretación de resultados

Con los resultados obtenidos se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita; así como también se analizó las derivas máximas de entre piso obtenidas para este pabellón.

3.11. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.11.1. Descripción de la estructura

La Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita" alberga alrededor de 2300 alumnas, brindando educación de nivel primaria y secundaria. El pabellón J, que será evaluado en esta investigación se encuentra en funcionamiento y servicio a la educación desde el año 2014. Esta edificación tiene un sistema estructural aporticado y consta de 03 niveles. A continuación, se presenta una breve descripción en base al expediente técnico de la edificación.

- **Concreto simple**

- Solados 1:10 (Cemento: Hormigón) e=4".
- Falso piso: $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$.

- **Cemento**

- Cemento Portland Tipo I.
- Cemento Portland Tipo MS, para estructuras en contacto con el suelo.

- **Concreto armado**

- Zapatas: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Vigas de cimentación: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Columnas principales: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Vigas principales: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Columnas: $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.
- Vigas de confinamiento: $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.
- Losa aligerada: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Sobrecimiento reforzado: $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

- **Propiedades del terreno**
 - R_t (capacidad portante) = 1.0300 kg/cm^2 (para zapatas).
- **Acero de refuerzo**
 - En general: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- **Recubrimientos**
 - Zapatas: $r = 7.00 \text{ cm}$.
 - Vigas de cimentación: $r = 7.00 \text{ cm}$.
 - Vigas de confinamiento: $r = 3.00 \text{ cm}$.
 - Vigas VP: $r = 4.00 \text{ cm}$.
 - Vigas S/C reforzadas: $r = 4.00 \text{ cm}$.
 - Losas: $r = 3.00 \text{ cm}$.
 - Columnas de confinamiento: $r = 3.00 \text{ cm}$.
 - Columnas: $r = 4.00 \text{ cm}$.
- **Tabiquería**
 - Ladrillo para tabiquería K – K tipo IV, 18 huecos de $9 \times 13 \times 24 \text{ cm}$.
 - Mortero C: A = 1: 5.
- **Normas Técnicas de diseño**
 - Reglamento Nacional de Edificaciones.
 - Norma Técnica E.060 Concreto Armado
 - Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente
 - A.C.I. 2008
- **Distribución de los ambientes educativos del pabellón J**
 - Primer nivel: 01 aula de innovación pedagógica, 06 aulas destinadas a nivel secundario, 01 ambiente para limpieza y mantenimiento (Incluido SSHH para personal), 01 ambiente de centro de cargas.

- Segundo nivel: 01 aula de innovación pedagógica, 06 aulas destinadas a nivel secundario, 01 ambiente para limpieza y mantenimiento (Incluido SSHH para personal), 01 ambiente de centro de cargas.
- Tercer nivel: 01 aula de innovación pedagógica, 06 aulas destinadas a nivel secundario, 01 ambiente para limpieza y mantenimiento (Incluido SSHH para personal), 01 ambiente de centro de cargas.

Figura 4. Pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"



Figura 5. Vista interior del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"



3.11.2. Propiedades de los materiales

- **Concreto**

Habiendo considerado para este estudio 50 simulaciones por módulo, se obtuvieron 50 resistencias a la compresión distintas, generadas estadísticamente con la simulación de Montecarlo y con los siguientes datos: considerando para el concreto un $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, según Pastor (2022) para esta resistencia se tiene una media de 221 Kg/cm^2 y un coeficiente de variación de 0.16 (Ver Tabla 3), ajustándose a una distribución normal. Como se sabe en obra no se llega a la resistencia requerida por lo que para el modelamiento se utilizó el 90% de las resistencias a compresión generadas por la Simulación de Montecarlo. El módulo de elasticidad se calculó con la ecuación de la normativa.

Tabla 3. Propiedades del concreto para la Simulación de Montecarlo

$f'c$	210 Kg/cm^2
Media	221 Kg/cm^2
Coef. de variación	0.16
Desviación estándar	35.36 Kg/cm^2
Varianza	1250.33 Kg/cm^2

Fuente: Pastor, 2022

- **Acero de refuerzo**

Para el acero también se hizo las 50 Simulaciones de Montecarlo con los siguientes datos: $Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, Según Pastor (2022) en su metodología considera una media de 4800 Kg/cm^2 y un coeficiente de variación de 0.06 (Ver Tabla 4). El peso específico que se usó para todas las simulaciones es de 7850 Kg/m^3 y el módulo de elasticidad $E = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 4. Propiedades del concreto para la Simulación de Montecarlo

$f'c$	4200 Kg/cm ²
Media	4800 Kg/cm ²
Coef. de variación	0.06
Desviación estándar	288 Kg/cm ²
Varianza	82944 Kg/cm ²

Fuente: Pastor, 2022.

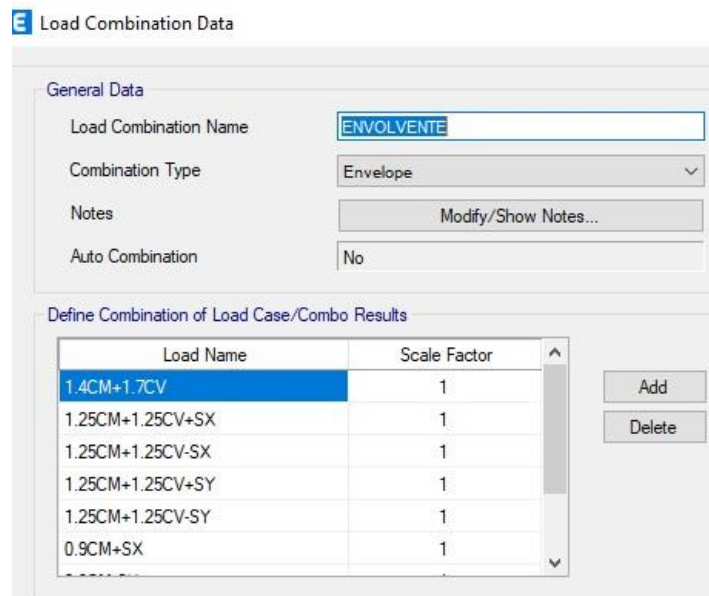
La Simulación de Montecarlo para el concreto y el acero se encuentran en el Apéndice A.

3.11.3. Modelamiento estructural en el programa ETABS

Para este modelamiento se tuvo en consideración los planos estructurales de cada módulo, así también se creó un modelo independiente para cada uno. Teniendo las siguientes consideraciones:

- Generación de las rótulas plásticas en el software.
- Creación de las combinaciones de carga según la normativa y la envolvente.

Figura 6. Creación de la envolvente



- Se realizó las 50 simulaciones cambiando las propiedades del concreto y del acero según correspondía a cada caso y así se obtuvo las derivas máximas.

Figura 7. Modelado del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"

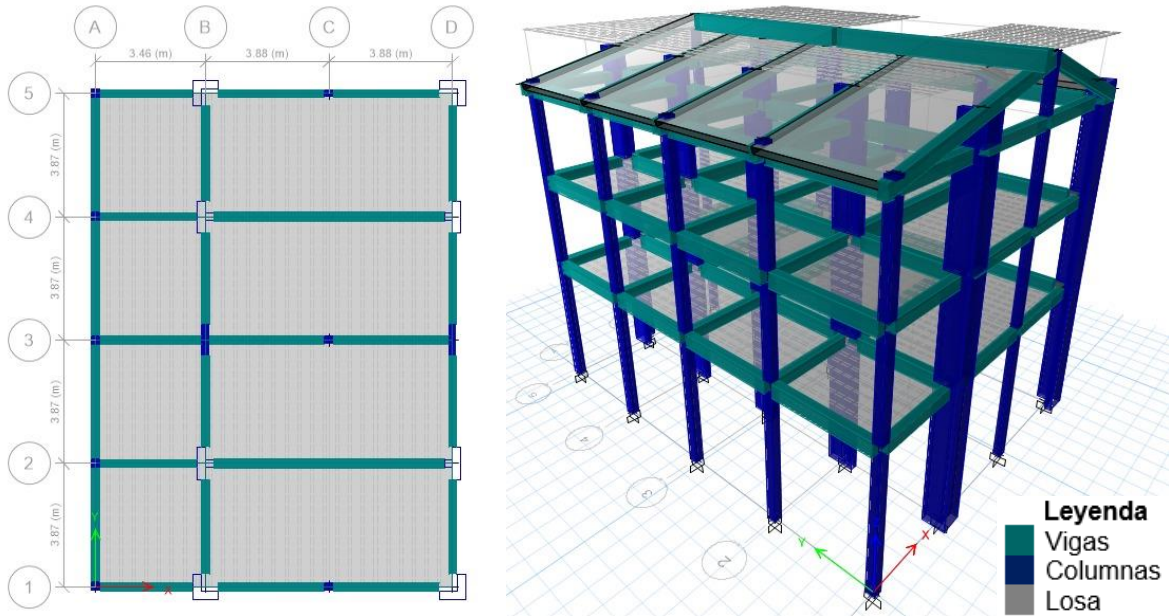
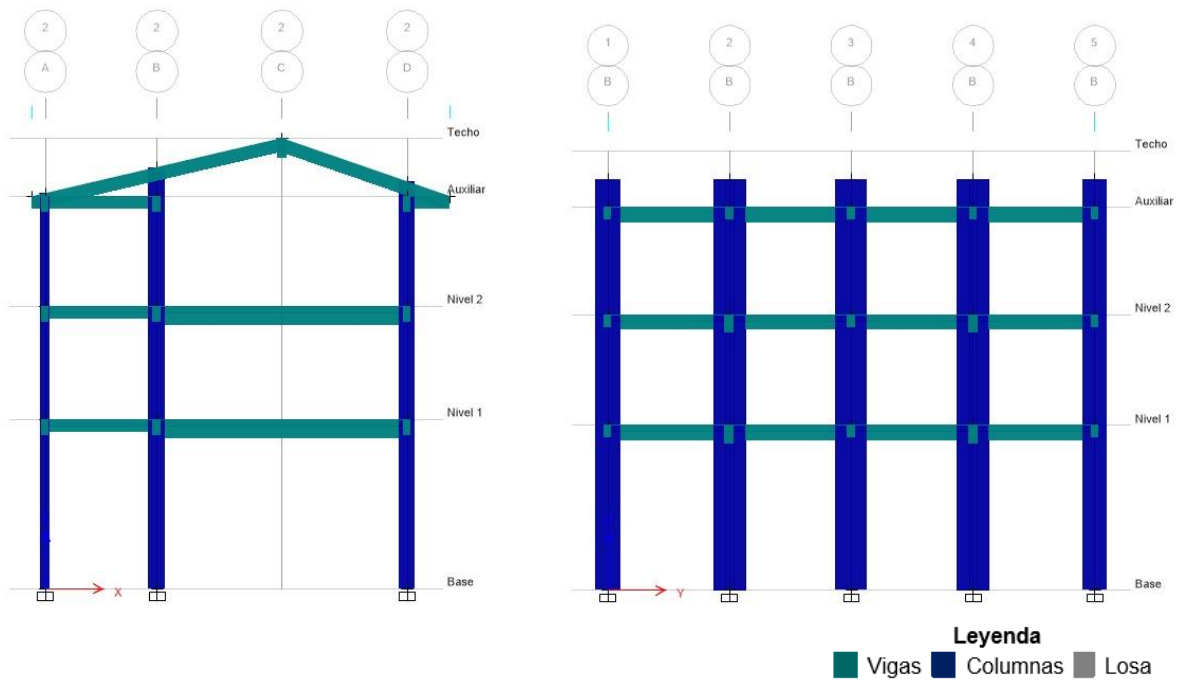


Figura 8. Elevaciones del modelado del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"



3.11.4. Acelerogramas considerados para el modelamiento en ETABS

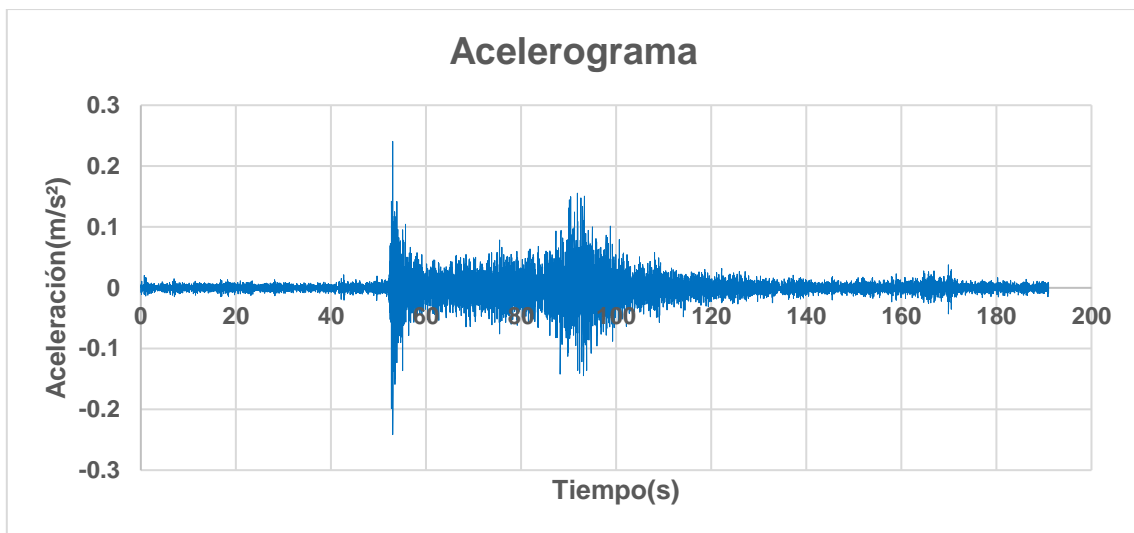
El acelerograma real considerado presentado las siguientes características:

Tabla 5. Datos del acelerograma real

Estación	Epicentro	Región	Fecha	Magnitud
CHOTA - CAJAMARCA	-6.52 / -78.52	CAJAMARCA	07/11/2023	M4.8

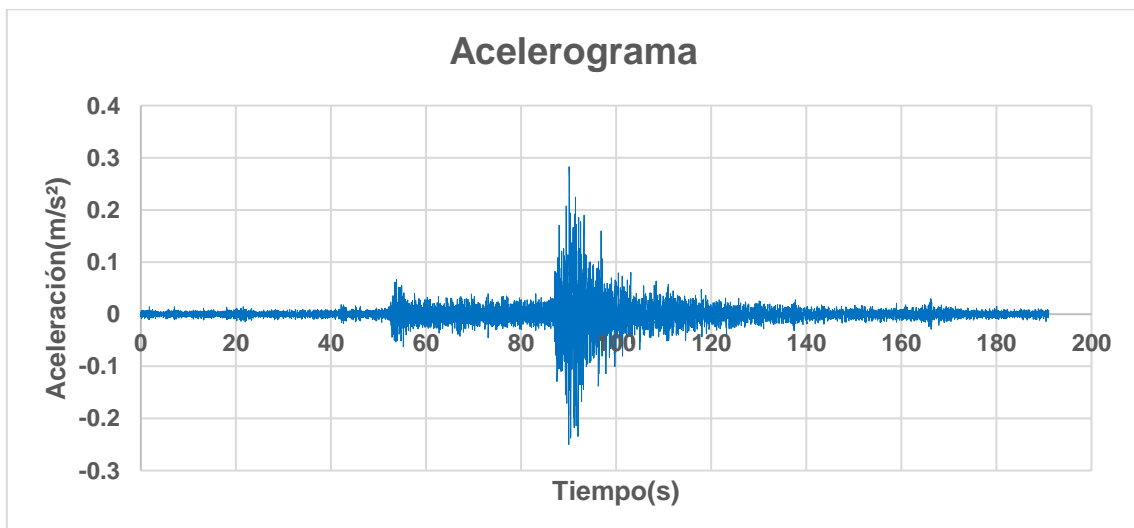
3.11.4.1. Acelerograma en dirección X-X

Gráfico 1. Acelerograma en dirección X-X



3.11.4.2. Acelerograma en dirección Y-Y

Gráfico 2. Acelerograma en dirección Y-Y



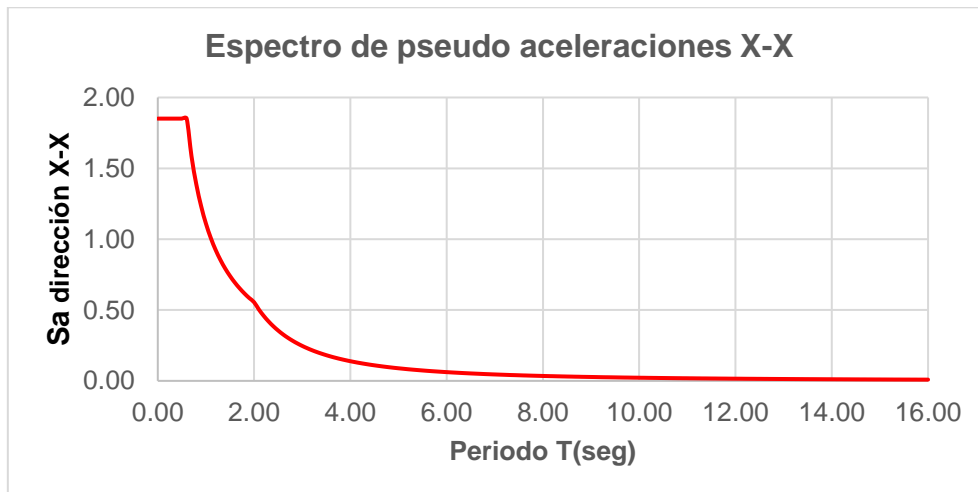
3.11.1. Espectro de la estructura creado con la normativa E.030

Tabla 6. Parámetros extraídos de la Norma Técnica E.030

Parámetros para análisis sísmico			
Z	0.35	T_L	2.00
U	1.50	R_x	8.00
S	1.15	R_y	8.00
T_p	0.60	g	9.81

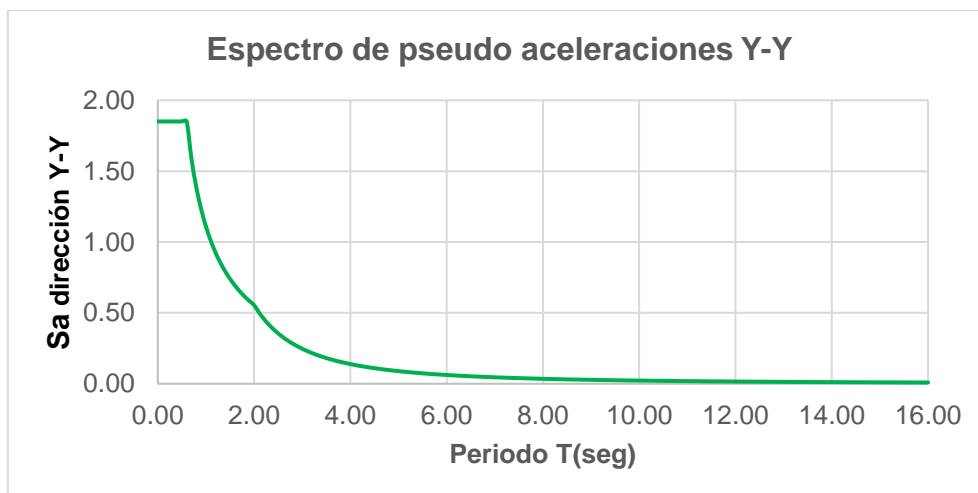
3.11.1.1. Espectro de la pseudo aceleración en dirección X-X

Gráfico 3. Espectro de pseudo aceleraciones X-X



3.11.1.2. Espectro de la pseudo aceleración en dirección Y-Y

Gráfico 4. Espectro de pseudo aceleraciones Y-Y



3.12. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.12.1. Evaluación del módulo 1 del pabellón J

3.12.1.1. Desplazamientos máximos

Tabla 7. Desplazamientos módulo 1 del pabellón J

Desplazamientos módulo 1 del pabellón J						
Sim.	Prop. Mecánicas		Desplazamiento máximo por piso			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	176.27	4321.27	0.03170	0.02801	0.05173	0.06967
2	218.40	4306.68	0.04144	0.03582	0.05034	0.07669
3	202.82	4984.92	0.02298	0.02510	0.06324	0.06560
4	166.43	4486.34	0.03639	0.01654	0.01800	0.04310
5	143.60	4583.19	0.01840	0.01391	0.02619	0.05299
6	179.06	4681.19	0.03948	0.03419	0.02068	0.03372
7	227.00	4101.57	0.04432	0.04324	0.07896	0.08210
8	230.46	4975.75	0.02630	0.03064	0.03189	0.03687
9	150.83	4744.92	0.01643	0.01582	0.03913	0.03340
10	197.77	4311.75	0.03725	0.03784	0.04711	0.04440
11	136.16	5233.93	0.02476	0.01552	0.03185	0.01697
12	220.64	4885.96	0.03241	0.02418	0.03692	0.04176
13	176.32	5061.27	0.03305	0.02537	0.05889	0.06115
14	254.42	5367.46	0.04571	0.04745	0.02501	0.04484
15	169.03	5126.95	0.02065	0.02313	0.03461	0.02626
16	230.48	4780.96	0.03346	0.04334	0.04271	0.05996
17	286.63	4484.62	0.06868	0.03179	0.05934	0.09541
18	211.32	5022.82	0.03836	0.01969	0.06874	0.02933
19	180.78	4866.50	0.01170	0.03211	0.01970	0.05394
20	199.87	4923.47	0.04278	0.01770	0.06665	0.02666
21	185.94	4650.91	0.01133	0.03298	0.04360	0.06873
22	169.27	4846.27	0.01852	0.02162	0.04804	0.03405

...

Desplazamientos módulo 1 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Desplazamiento máximo por piso			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
23	177.65	4785.89	0.02617	0.02917	0.04793	0.01797
24	190.73	4577.31	0.02770	0.02645	0.03419	0.05258
25	212.34	4722.70	0.03319	0.04587	0.03250	0.04056
26	200.80	4757.77	0.01629	0.04494	0.04813	0.03295
27	176.87	4917.17	0.01646	0.03877	0.02233	0.03424
28	184.34	4338.80	0.03450	0.02125	0.07302	0.07577
29	189.97	4218.59	0.02005	0.03963	0.05086	0.02844
30	238.29	5232.42	0.02857	0.04523	0.03108	0.01814
31	170.88	4735.16	0.02356	0.02458	0.04369	0.06279
32	158.70	4935.72	0.01591	0.03139	0.02773	0.04725
33	172.29	4754.72	0.03811	0.01348	0.06150	0.03086
34	246.81	4444.67	0.02937	0.04086	0.08073	0.04780
35	172.25	4679.49	0.01102	0.02821	0.05091	0.05760
36	194.35	5089.54	0.01277	0.02971	0.04785	0.04263
37	206.34	4895.40	0.04671	0.03042	0.03314	0.02360
38	157.68	4572.79	0.03343	0.01331	0.02871	0.01741
39	154.74	4794.90	0.01294	0.01675	0.01894	0.03947
40	206.71	5094.42	0.03624	0.03796	0.07002	0.03128
41	260.85	4830.67	0.03670	0.03414	0.09253	0.06365
42	212.93	4482.52	0.03178	0.03137	0.02203	0.07944
43	161.80	4797.16	0.01652	0.02267	0.02433	0.02368
44	175.76	4854.08	0.02529	0.03274	0.03436	0.01602
45	158.89	5039.34	0.00895	0.01137	0.04493	0.02209
46	229.66	5234.53	0.02767	0.02385	0.03746	0.01755
47	206.77	4704.19	0.04791	0.02763	0.02205	0.04529
48	171.46	4990.31	0.01654	0.03364	0.04386	0.05785
49	162.72	5107.83	0.02364	0.03123	0.05564	0.03604
50	168.51	4550.02	0.03070	0.03405	0.03706	0.05210

3.12.1.2. Fuerza Cortante por piso

Tabla 8. Fuerza Cortante por piso para el módulo 1 del pabellón J

Fuerza Cortante por piso para el módulo 1 del pabellón J						
Sim.	Prop. Mecánicas		Cortante por piso (Kg - f)			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	176.27	4321.27	518347.98	517829.63	973577.24	973577.24
2	218.40	4306.68	643926.68	643282.75	916324.34	916324.34
3	202.82	4984.92	399997.75	399597.75	1025889.03	1025889.03
4	166.43	4486.34	588997.32	588408.33	295661.10	295661.10
5	143.60	4583.19	296608.81	296312.20	440309.21	439868.90
6	179.06	4681.19	616962.57	616345.61	384496.25	384496.25
7	227.00	4101.57	701479.85	700778.37	1417871.19	1416453.32
8	230.46	4975.75	464247.69	463783.44	523863.00	523863.00
9	150.83	4744.92	286791.65	286504.86	682504.01	681821.50
10	197.77	4311.75	599741.87	599142.12	811101.40	810290.30
11	136.16	5233.93	438607.28	438168.68	539483.72	538944.23
12	220.64	4885.96	507069.19	506562.12	605488.23	604882.74
13	176.32	5061.27	607987.46	607379.47	1014209.93	1014209.93
14	254.42	5367.46	763510.05	762746.54	415333.41	414918.07
15	169.03	5126.95	357324.45	356967.13	567228.12	567228.12
16	230.48	4780.96	598942.35	598343.41	730257.80	730257.80
17	286.63	4484.62	1250341.04	1249090.70	960204.45	959244.25
18	211.32	5022.82	593864.32	593270.45	1166258.80	1165092.54
19	180.78	4866.50	212526.98	212314.45	362197.76	362197.76
20	199.87	4923.47	747592.26	746844.67	1234201.84	1232967.63
21	185.94	4650.91	208825.22	208616.39	747484.03	746736.54
22	169.27	4846.27	298296.78	297998.49	838650.21	837811.56
23	177.65	4785.89	458242.74	457784.50	786332.67	786332.67
24	190.73	4577.31	436621.86	436185.23	638406.58	638406.58

...

Fuerza Cortante por piso para el módulo 1 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Cortante por piso (Kg - f)			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
25	212.34	4722.70	578742.21	578163.47	577456.55	576879.10
26	200.80	4757.77	259953.60	259693.65	898415.90	897517.48
27	176.87	4917.17	296767.98	296471.21	388247.46	388247.46
28	184.34	4338.80	595247.14	594651.90	1187133.54	1187133.54
29	189.97	4218.59	344367.81	344023.44	929339.06	929339.06
30	238.29	5232.42	524288.57	523764.28	582663.60	582080.93
31	170.88	4735.16	404578.56	404173.98	782275.17	781492.90
32	158.70	4935.72	254334.19	254079.86	509596.86	509087.26
33	172.29	4754.72	664753.51	664088.76	1150170.54	1150170.54
34	246.81	4444.67	532347.47	531815.12	1425464.11	1424038.64
35	172.25	4679.49	182931.97	182749.04	851603.40	851603.40
36	194.35	5089.54	210096.08	209885.99	854428.75	853574.32
37	206.34	4895.40	739805.26	739065.45	577409.20	577409.20
38	157.68	4572.79	547257.87	546710.61	491841.91	491841.91
39	154.74	4794.90	231921.92	231690.00	335819.85	335484.03
40	206.71	5094.42	647509.91	646862.40	1135459.77	1135459.77
41	260.85	4830.67	577948.33	577370.38	1541757.15	1541757.15
42	212.93	4482.52	490690.96	490200.27	356847.66	356490.81
43	161.80	4797.16	271674.15	271402.47	423868.87	423868.87
44	175.76	4854.08	437402.99	436965.59	641471.62	640830.15
45	158.89	5039.34	161472.07	161310.59	819053.11	818234.05
46	229.66	5234.53	504983.31	504478.32	663194.15	662530.95
47	206.77	4704.19	804682.58	803877.90	415048.11	414633.06
48	171.46	4990.31	272322.29	272049.97	740952.65	740952.65
49	162.72	5107.83	418910.79	418491.88	986289.86	985303.57
50	168.51	4550.02	477480.11	477002.63	653815.19	653815.19

3.12.1.3. Derivas máximas

Tabla 9. Derivas máximas del módulo 1 del pabellón J

Derivas máximas del módulo 1 del pabellón J							
Sim.	Prop. Mecánicas		Derivas máximas				Deriva máxima
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y		
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
1	176.27	4321.27	0.00413	0.00407	0.00533	0.00370	0.00533
2	218.40	4306.68	0.00465	0.00378	0.00483	0.00847	0.00847
3	202.82	4984.92	0.00274	0.00288	0.00513	0.00250	0.00513
4	166.43	4486.34	0.00444	0.00200	0.00155	0.00410	0.00444
5	143.60	4583.19	0.00214	0.00158	0.00234	0.00341	0.00341
6	179.06	4681.19	0.00527	0.00513	0.00172	0.00131	0.00527
7	227.00	4101.57	0.00519	0.00581	0.00606	0.00709	0.00709
8	230.46	4975.75	0.00347	0.00446	0.00405	0.00495	0.00495
9	150.83	4744.92	0.00185	0.00203	0.00404	0.00373	0.00404
10	197.77	4311.75	0.00430	0.00444	0.00562	0.00624	0.00624
11	136.16	5233.93	0.00281	0.00164	0.00210	0.00108	0.00281
12	220.64	4885.96	0.00461	0.00380	0.00386	0.00309	0.00461
13	176.32	5061.27	0.00462	0.00330	0.00712	0.00438	0.00712
14	254.42	5367.46	0.00602	0.00721	0.00281	0.00238	0.00721
15	169.03	5126.95	0.00235	0.00251	0.00428	0.00334	0.00428
16	230.48	4780.96	0.00397	0.00527	0.00347	0.00309	0.00527
17	286.63	4484.62	0.00842	0.00415	0.00775	0.01273	0.01273
18	211.32	5022.82	0.00496	0.00270	0.00879	0.00315	0.00879
19	180.78	4866.50	0.00164	0.00533	0.00167	0.00334	0.00533
20	199.87	4923.47	0.00537	0.00229	0.00462	0.00146	0.00537
21	185.94	4650.91	0.00155	0.00496	0.00361	0.00538	0.00538
22	169.27	4846.27	0.00220	0.00275	0.00561	0.00418	0.00561
23	177.65	4785.89	0.00348	0.00418	0.00506	0.00111	0.00506
24	190.73	4577.31	0.00378	0.00364	0.00474	0.00671	0.00671
25	212.34	4722.70	0.00456	0.00641	0.00220	0.00278	0.00641

...

Derivas máximas del módulo 1 del pabellón J							
Sim.	Prop. Mecánicas		Derivas máximas				Deriva máxima
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y		
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
26	200.80	4757.77	0.00183	0.00519	0.00390	0.00128	0.00519
27	176.87	4917.17	0.00211	0.00457	0.00241	0.00178	0.00457
28	184.34	4338.80	0.00417	0.00247	0.00594	0.00289	0.00594
29	189.97	4218.59	0.00261	0.00477	0.00590	0.00377	0.00590
30	238.29	5232.42	0.00384	0.00658	0.00179	0.00112	0.00658
31	170.88	4735.16	0.00287	0.00323	0.00356	0.00387	0.00387
32	158.70	4935.72	0.00230	0.00458	0.00158	0.00220	0.00458
33	172.29	4754.72	0.00478	0.00155	0.00574	0.00193	0.00574
34	246.81	4444.67	0.00366	0.00585	0.00994	0.00328	0.00994
35	172.25	4679.49	0.00148	0.00435	0.00399	0.00375	0.00435
36	194.35	5089.54	0.00165	0.00418	0.00548	0.00570	0.00570
37	206.34	4895.40	0.00670	0.00414	0.00287	0.00181	0.00670
38	157.68	4572.79	0.00443	0.00188	0.00359	0.00158	0.00443
39	154.74	4794.90	0.00161	0.00216	0.00214	0.00314	0.00314
40	206.71	5094.42	0.00439	0.00427	0.00962	0.00443	0.00962
41	260.85	4830.67	0.00488	0.00429	0.00700	0.00316	0.00700
42	212.93	4482.52	0.00389	0.00442	0.00205	0.00565	0.00565
43	161.80	4797.16	0.00209	0.00303	0.00232	0.00268	0.00303
44	175.76	4854.08	0.00359	0.00524	0.00424	0.00200	0.00524
45	158.89	5039.34	0.00115	0.00154	0.00350	0.00113	0.00350
46	229.66	5234.53	0.00374	0.00348	0.00420	0.00122	0.00420
47	206.77	4704.19	0.00631	0.00376	0.00243	0.00408	0.00631
48	171.46	4990.31	0.00237	0.00471	0.00565	0.00889	0.00889
49	162.72	5107.83	0.00346	0.00468	0.00443	0.00229	0.00468
50	168.51	4550.02	0.00449	0.00524	0.00297	0.00270	0.00524

Nota:

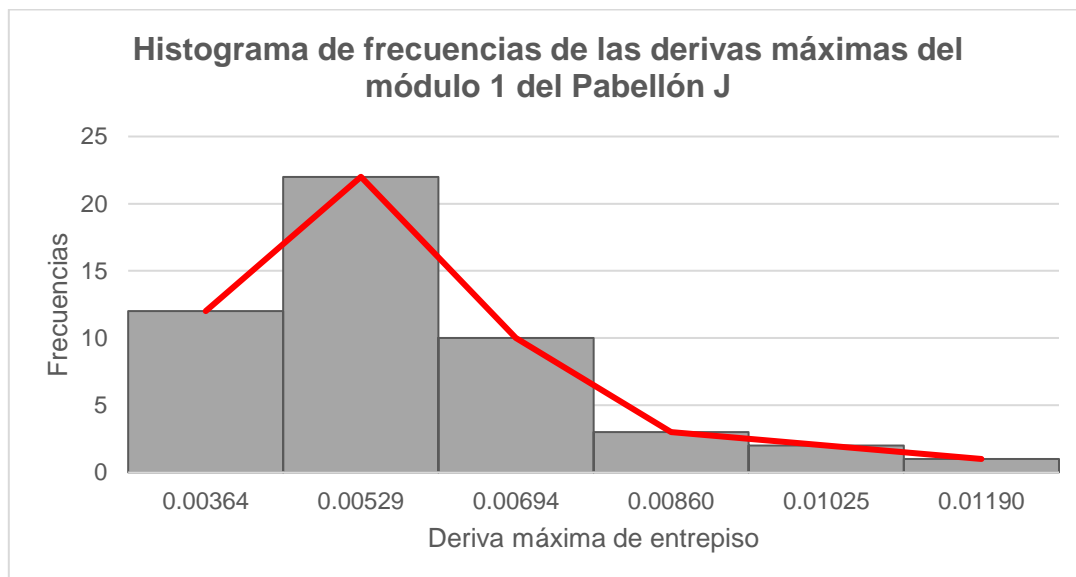
La deriva máxima promedio es: $\delta_{R,Sds} = 0.00574$.

Se hizo un análisis estadístico de estas derivas para poder observar su tendencia.

Tabla 10. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 1 del pabellón J

Resumen de derivas máximas del módulo 1 del pabellón J						
Clase	Límite de clase		Frecuencia		Frecuencia Acumulada	
	Lim. Inferior	Lim. Superior	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
1	0.00281	0.00446	12	24.0%	12	24.0%
2	0.00446	0.00612	22	44.0%	34	68.0%
3	0.00612	0.00777	10	20.0%	44	88.0%
4	0.00777	0.00942	3	6.0%	47	94.0%
5	0.00942	0.01108	2	4.0%	49	98.0%
6	0.01108	0.01273	1	2.0%	50	100.0%

Gráfico 5. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 1 - pabellón J



Con todos los datos ya agrupados, tanto en la tabla de frecuencia como en el histograma, se observa que, de las 50 simulaciones, las derivas máximas tienden a repetirse en la marca de clase 0.00529.

Teniendo todos los valores de las derivas se encontró los desplazamientos espectrales utilizando la expresión brindada por HAZUS (Ecuación 2).

3.12.1.4. Desplazamiento espectral

Tabla 11. Desplazamiento espectral del módulo 1 del pabellón J

Desplazamiento espectral del módulo 1 del pabellón J					
Sim.	Deriva máxima	Factor Modal	Altura de entrepiso (Plg)	Desp. Espectral (Plg)	Desp. Espectral (Cm)
1	0.00533	0.75	138.58	0.5540	1.407
2	0.00847	0.75	138.58	0.8803	2.236
3	0.00513	0.75	138.58	0.5332	1.354
4	0.00444	0.75	138.58	0.4615	1.172
5	0.00341	0.75	138.58	0.3544	0.900
6	0.00527	0.75	138.58	0.5477	1.391
7	0.00709	0.75	138.58	0.7369	1.872
8	0.00495	0.75	138.58	0.5145	1.307
9	0.00404	0.75	138.58	0.4199	1.067
10	0.00624	0.75	138.58	0.6486	1.647
11	0.00281	0.75	138.58	0.2921	0.742
12	0.00461	0.75	138.58	0.4791	1.217
13	0.00712	0.75	138.58	0.7400	1.880
14	0.00721	0.75	138.58	0.7494	1.903
15	0.00428	0.75	138.58	0.4449	1.130
16	0.00527	0.75	138.58	0.5477	1.391
17	0.01273	0.75	138.58	1.3231	3.361
18	0.00879	0.75	138.58	0.9136	2.321
19	0.00533	0.75	138.58	0.5540	1.407
20	0.00537	0.75	138.58	0.5581	1.418
21	0.00538	0.75	138.58	0.5592	1.420
22	0.00561	0.75	138.58	0.5831	1.481

...

Desplazamiento espectral del módulo 1 del pabellón J

Sim.	Deriva máxima	Factor Modal	Altura de entrepiso (Plg)	Desp. Espectral (Plg)	Desp. Espectral (Cm)
23	0.00506	0.75	138.58	0.5259	1.336
24	0.00671	0.75	138.58	0.6974	1.771
25	0.00641	0.75	138.58	0.6662	1.692
26	0.00519	0.75	138.58	0.5394	1.370
27	0.00457	0.75	138.58	0.4750	1.206
28	0.00594	0.75	138.58	0.6174	1.568
29	0.00590	0.75	138.58	0.6132	1.558
30	0.00658	0.75	138.58	0.6839	1.737
31	0.00387	0.75	138.58	0.4022	1.022
32	0.00458	0.75	138.58	0.4760	1.209
33	0.00574	0.75	138.58	0.5966	1.515
34	0.00994	0.75	138.58	1.0331	2.624
35	0.00435	0.75	138.58	0.4521	1.148
36	0.00570	0.75	138.58	0.5924	1.505
37	0.00670	0.75	138.58	0.6964	1.769
38	0.00443	0.75	138.58	0.4604	1.170
39	0.00314	0.75	138.58	0.3264	0.829
40	0.00962	0.75	138.58	0.9999	2.540
41	0.00700	0.75	138.58	0.7276	1.848
42	0.00565	0.75	138.58	0.5872	1.492
43	0.00303	0.75	138.58	0.3149	0.800
44	0.00524	0.75	138.58	0.5446	1.383
45	0.00350	0.75	138.58	0.3638	0.924
46	0.00420	0.75	138.58	0.4365	1.109
47	0.00631	0.75	138.58	0.6558	1.666
48	0.00889	0.75	138.58	0.9240	2.347
49	0.00468	0.75	138.58	0.4864	1.236
50	0.00524	0.75	138.58	0.5446	1.383

3.12.1.5. Elaboración de curvas de fragilidad

Tabla 12. Valores para la elaboración de la curva de fragilidad del módulo 1 del pabellón J

Curvas de fragilidad del módulo 1 del pabellón J								
Desp. Espectral	Daño Leve		Daño Moderado		Daño Extensivo		Daño Completo	
	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob
0.2921	-2.338	0.00971	-3.123	0.00089	-4.538	2.84E-06	-4.631	1.82E-06
0.3149	-2.230	0.01288	-3.016	0.00128	-4.430	4.70E-06	-4.546	2.74E-06
0.3264	-2.179	0.01467	-2.965	0.00152	-4.380	5.95E-06	-4.506	3.31E-06
0.3544	-2.061	0.01965	-2.847	0.00221	-4.262	1.01E-05	-4.413	5.10E-06
0.3638	-2.024	0.02149	-2.810	0.00248	-4.224	1.20E-05	-4.384	5.83E-06
0.4022	-1.880	0.03004	-2.666	0.00384	-4.081	2.24E-05	-4.271	9.73E-06
0.4199	-1.819	0.03447	-2.605	0.00460	-4.019	2.92E-05	-4.223	1.21E-05
0.4365	-1.763	0.03892	-2.549	0.00540	-3.964	3.69E-05	-4.179	1.46E-05
0.4449	-1.736	0.04125	-2.522	0.00583	-3.937	4.12E-05	-4.158	1.61E-05
0.4521	-1.713	0.04334	-2.499	0.00623	-3.914	4.54E-05	-4.140	1.74E-05
0.4604	-1.687	0.04578	-2.473	0.00670	-3.888	5.06E-05	-4.119	1.90E-05
0.4615	-1.684	0.04609	-2.470	0.00676	-3.885	5.12E-05	-4.117	1.92E-05
0.4750	-1.643	0.05022	-2.429	0.00758	-3.843	6.07E-05	-4.084	2.21E-05
0.4760	-1.640	0.05054	-2.425	0.00765	-3.840	6.15E-05	-4.082	2.24E-05
0.4791	-1.630	0.05152	-2.416	0.00784	-3.831	6.38E-05	-4.074	2.31E-05
0.4864	-1.609	0.05383	-2.395	0.00832	-3.809	6.97E-05	-4.057	2.48E-05
0.5145	-1.529	0.06318	-2.314	0.01032	-3.729	9.60E-05	-3.994	3.24E-05
0.5259	-1.497	0.06717	-2.283	0.01121	-3.698	1.09E-04	-3.970	3.60E-05
0.5332	-1.478	0.06976	-2.263	0.01181	-3.678	1.17E-04	-3.954	3.84E-05
0.5394	-1.461	0.07201	-2.247	0.01233	-3.662	1.25E-04	-3.941	4.05E-05
0.5446	-1.447	0.07391	-2.233	0.01277	-3.648	1.32E-04	-3.930	4.24E-05
0.5446	-1.447	0.07391	-2.233	0.01277	-3.648	1.32E-04	-3.930	4.24E-05
0.5477	-1.439	0.07505	-2.225	0.01304	-3.640	1.36E-04	-3.924	4.36E-05
0.5477	-1.439	0.07505	-2.225	0.01304	-3.640	1.36E-04	-3.924	4.36E-05
0.5540	-1.423	0.07737	-2.209	0.01360	-3.624	1.45E-04	-3.911	4.59E-05
0.5540	-1.423	0.07737	-2.209	0.01360	-3.624	1.45E-04	-3.911	4.59E-05

...

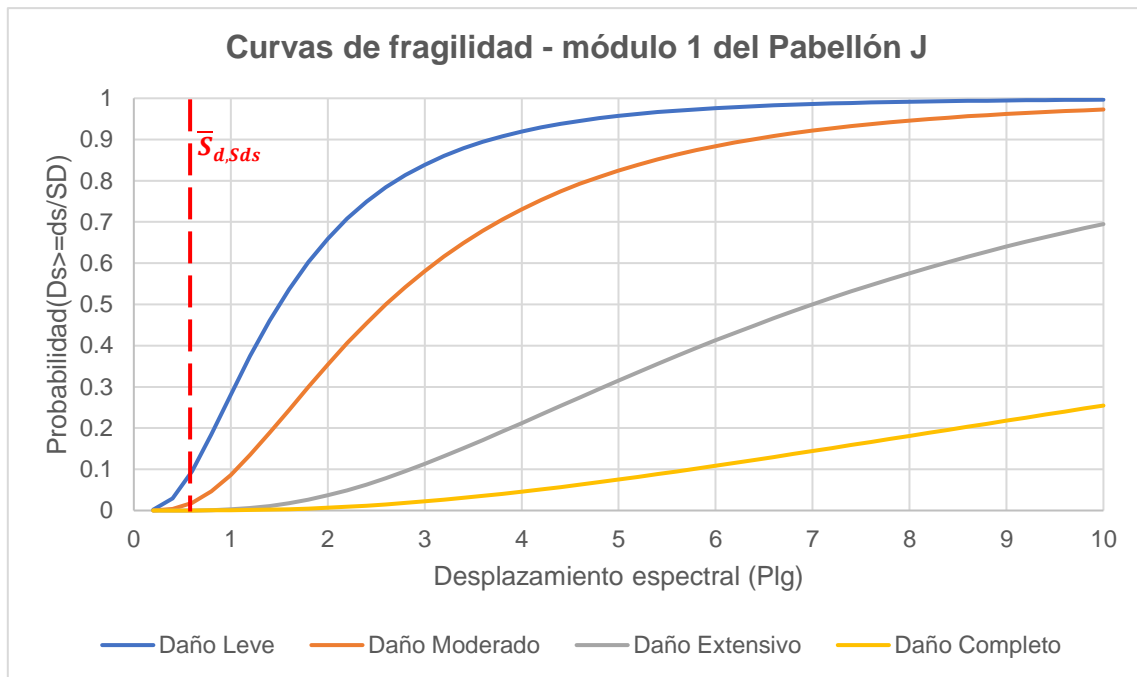
Curvas de fragilidad del módulo 1 del pabellón J								
Desp. Espectral	Daño Leve		Daño Moderado		Daño Extensivo		Daño Completo	
	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob
0.5581	-1.412	0.07893	-2.198	0.01397	-3.613	1.51E-04	-3.903	4.75E-05
0.5592	-1.410	0.07932	-2.195	0.01407	-3.610	1.53E-04	-3.901	4.80E-05
0.5831	-1.350	0.08853	-2.136	0.01636	-3.550	1.92E-04	-3.854	5.82E-05
0.5872	-1.340	0.09017	-2.125	0.01677	-3.540	2.00E-04	-3.846	6.01E-05
0.5924	-1.327	0.09224	-2.113	0.01731	-3.528	2.10E-04	-3.836	6.26E-05
0.5966	-1.317	0.09390	-2.103	0.01774	-3.518	2.18E-04	-3.828	6.46E-05
0.6132	-1.278	0.10065	-2.064	0.01953	-3.478	2.52E-04	-3.797	7.32E-05
0.6174	-1.268	0.10237	-2.054	0.01999	-3.469	2.61E-04	-3.789	7.55E-05
0.6486	-1.198	0.11550	-1.984	0.02365	-3.398	3.39E-04	-3.734	9.42E-05
0.6558	-1.182	0.11863	-1.968	0.02455	-3.382	3.59E-04	-3.722	9.90E-05
0.6662	-1.159	0.12315	-1.945	0.02588	-3.360	3.90E-04	-3.704	1.06E-04
0.6839	-1.122	0.13093	-1.908	0.02821	-3.323	4.46E-04	-3.675	1.19E-04
0.6964	-1.096	0.13650	-1.882	0.02992	-3.297	4.89E-04	-3.654	1.29E-04
0.6974	-1.094	0.13697	-1.880	0.03007	-3.295	4.93E-04	-3.653	1.30E-04
0.7276	-1.034	0.15066	-1.819	0.03443	-3.234	6.10E-04	-3.605	1.56E-04
0.7369	-1.015	0.15497	-1.801	0.03584	-3.216	6.50E-04	-3.591	1.65E-04
0.7400	-1.009	0.15641	-1.795	0.03632	-3.210	6.64E-04	-3.586	1.68E-04
0.7494	-0.991	0.16075	-1.777	0.03777	-3.192	7.06E-04	-3.572	1.77E-04
0.8803	-0.761	0.22324	-1.547	0.06092	-2.962	1.53E-03	-3.391	3.48E-04
0.9136	-0.708	0.23937	-1.494	0.06758	-2.909	1.81E-03	-3.349	4.05E-04
0.9240	-0.692	0.24442	-1.478	0.06971	-2.893	1.91E-03	-3.336	4.24E-04
0.9999	-0.579	0.28115	-1.365	0.08610	-2.780	2.72E-03	-3.248	5.82E-04
1.0331	-0.533	0.29713	-1.318	0.09368	-2.733	3.14E-03	-3.211	6.61E-04
1.3231	-0.179	0.42887	-0.965	0.16727	-2.380	8.66E-03	-2.933	1.68E-03

Para la elaboración de las curvas de fragilidad y calcular el estado de daño se requiere de ciertos parámetros como la mediana y el valor beta que fueron tomados de las tablas presentadas en el Anexo A.

Tabla 13. Parámetros para las curvas de fragilidad

	Leve	Moderado	Extensivo	Completo
$S_{d,sds}$	1.5	2.6	7	18
β	0.7	0.7	0.7	0.89
α_2	0.75	0.75	0.75	0.75

Gráfico 6. Curva de fragilidad para el módulo 1 del pabellón J



3.12.1.6. Cálculo del desplazamiento espectral

Reemplazando en la ecuación de HAZUS (Ecuación 2) se tiene:

$$\bar{S}_{d,sds} = 0.00574 * 0.75 * 138.58$$

$$\bar{S}_{d,sds} = 0.5967$$

Este valor al interceptarlo con la anterior curva de fragilidad, se obtiene un 12% de daño para el módulo 1 del pabellón J, de lo cual el 10% es daño leve y el 2% es daño moderado.

3.12.2. Evaluación del módulo 2 del pabellón J

3.12.2.1. Desplazamientos máximos

Tabla 14. Desplazamientos módulo 2 del pabellón J

Desplazamientos módulo 2 del pabellón J						
Sim.	Prop. Mecánicas		Desplazamiento máximo por piso			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	195.40	4763.06	0.02040	0.01563	0.01919	0.02960
2	175.31	4933.66	0.01027	0.03546	0.02242	0.06001
3	164.38	5090.02	0.03481	0.02897	0.01716	0.03155
4	149.67	4807.13	0.02123	0.01338	0.02445	0.03712
5	205.06	4897.96	0.01272	0.03080	0.04433	0.06767
6	163.05	4878.15	0.03076	0.02846	0.02351	0.02056
7	168.75	4881.49	0.02605	0.01983	0.04351	0.03837
8	166.63	4554.41	0.02479	0.03512	0.03816	0.04389
9	204.01	4736.13	0.02336	0.02011	0.02848	0.06124
10	212.34	4840.84	0.01488	0.01449	0.02985	0.04525
11	158.03	4565.59	0.01210	0.02676	0.06569	0.02973
12	196.93	4853.40	0.03694	0.02859	0.03037	0.04991
13	219.92	4733.97	0.01504	0.03330	0.04160	0.04585
14	145.29	4288.96	0.03082	0.03368	0.03666	0.02584
15	201.56	4878.15	0.03153	0.04266	0.04583	0.02718
16	225.44	4917.91	0.01982	0.04379	0.04801	0.02375
17	180.50	4730.25	0.02644	0.04037	0.05597	0.02918
18	194.94	4454.78	0.03718	0.03048	0.03739	0.04218
19	138.20	4593.30	0.03271	0.01477	0.04177	0.01641
20	228.36	5125.46	0.03066	0.02048	0.04961	0.07315
21	145.55	5013.63	0.01548	0.01442	0.04318	0.02811
22	205.92	4319.95	0.03873	0.04594	0.07435	0.05943
23	120.92	4682.19	0.00962	0.02041	0.01417	0.02023

...

Desplazamientos módulo 2 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Desplazamiento máximo por piso			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
24	236.52	4059.70	0.01833	0.03795	0.02685	0.07410
25	239.36	4506.56	0.05392	0.01652	0.05896	0.04517
26	196.59	4272.90	0.04338	0.03923	0.07227	0.03419
27	191.48	5205.48	0.02735	0.02023	0.03733	0.05759
28	263.97	4413.92	0.06641	0.06077	0.10745	0.04873
29	159.00	5060.59	0.02056	0.02267	0.02125	0.01307
30	192.60	4763.94	0.03857	0.01481	0.02669	0.05946
31	152.63	4917.38	0.00899	0.02581	0.05028	0.04688
32	177.49	4705.92	0.01975	0.03436	0.05580	0.05570
33	222.26	4570.12	0.02887	0.02857	0.06444	0.04435
34	166.46	4560.38	0.01228	0.02913	0.05181	0.01979
35	252.69	4534.93	0.05602	0.03984	0.04332	0.08565
36	233.66	4824.30	0.03096	0.04369	0.06729	0.03042
37	233.21	5296.57	0.03296	0.02556	0.06023	0.03376
38	213.77	4566.36	0.03864	0.02567	0.08017	0.06457
39	195.29	4834.77	0.03581	0.03749	0.01842	0.05709
40	235.23	4841.92	0.02921	0.03106	0.07554	0.06147
41	183.03	4694.14	0.03548	0.02301	0.02898	0.02625
42	198.13	5615.12	0.01357	0.02914	0.02970	0.04866
43	233.42	5163.93	0.03439	0.02619	0.04684	0.06739
44	155.29	5104.57	0.01606	0.02707	0.02030	0.03338
45	230.13	4936.44	0.05008	0.02247	0.08544	0.05941
46	213.29	4867.74	0.03069	0.03705	0.02920	0.06690
47	243.14	4631.40	0.01901	0.05540	0.04067	0.07305
48	238.42	4692.09	0.05584	0.02213	0.05310	0.05330
49	210.80	4451.18	0.02023	0.02075	0.08439	0.06671
50	194.37	4616.12	0.02828	0.02997	0.04378	0.03635

3.12.2.2. Fuerza Cortante por piso

Tabla 15. Fuerza Cortante por piso para el módulo 2 del pabellón J

Fuerza Cortante por piso para el módulo 2 del pabellón J						
Sim.	Prop. Mecánicas		Cortante por piso (Kg - f)			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	195.40	4763.06	365255.46	364890.20	333264.82	333264.82
2	175.31	4933.66	175814.11	175638.30	411449.02	411037.57
3	164.38	5090.02	582271.60	581689.33	291146.76	291146.76
4	149.67	4807.13	357005.26	356648.25	436666.55	436666.55
5	205.06	4897.96	233176.58	232943.40	824366.30	823541.94
6	163.05	4878.15	500068.56	499568.49	407225.26	407225.26
7	168.75	4881.49	454423.80	453969.37	765337.96	764572.62
8	166.63	4554.41	447236.78	446789.54	659563.42	658903.86
9	204.01	4736.13	408860.26	408451.40	498789.71	498290.92
10	212.34	4840.84	239502.52	239263.02	541287.24	541287.24
11	158.03	4565.59	210840.99	210630.15	1090282.30	1089192.01
12	196.93	4853.40	617179.22	616562.04	503311.06	503311.06
13	219.92	4733.97	263972.04	263708.07	756658.24	756658.24
14	145.29	4288.96	551834.73	551282.90	613781.97	613781.97
15	201.56	4878.15	489165.77	488676.61	780995.12	780214.12
16	225.44	4917.91	357405.53	357048.13	886386.74	886386.74
17	180.50	4730.25	414563.65	414149.08	950170.57	950170.57
18	194.94	4454.78	643507.55	642864.04	674143.94	673469.80
19	138.20	4593.30	555772.39	555216.62	735374.42	735374.42
20	228.36	5125.46	536002.86	535466.85	805313.61	804508.29
21	145.55	5013.63	244524.02	244279.49	726867.88	726141.01
22	205.92	4319.95	693415.55	692722.14	1223856.50	1222632.65
23	120.92	4682.19	175533.95	175358.41	229449.37	229449.37
24	236.52	4059.70	327403.88	327076.48	455049.24	455049.24

...

Fuerza Cortante por piso para el módulo 2 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Cortante por piso (Kg - f)			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
25	239.36	4506.56	918312.31	917394.00	976282.00	975305.72
26	196.59	4272.90	793863.52	793069.66	1314638.27	1314638.27
27	191.48	5205.48	424573.56	424148.99	608896.81	608287.91
28	263.97	4413.92	1163566.45	1162402.89	1904340.65	1904340.65
29	159.00	5060.59	338882.35	338543.46	358991.49	358632.50
30	192.60	4763.94	674576.90	673902.32	464756.33	464291.58
31	152.63	4917.38	144370.67	144226.30	841745.61	841745.61
32	177.49	4705.92	318297.15	317978.85	1018085.01	1018085.01
33	222.26	4570.12	446147.51	445701.36	1042468.98	1042468.98
34	166.46	4560.38	189574.57	189384.99	885642.64	884757.00
35	252.69	4534.93	1011436.65	1010425.22	799898.05	799098.15
36	233.66	4824.30	549981.16	549431.18	1176397.83	1176397.83
37	233.21	5296.57	552892.65	552339.76	1036282.10	1035245.82
38	213.77	4566.36	647687.06	647039.38	1479577.32	1479577.32
39	195.29	4834.77	603664.77	603061.10	346580.70	346234.12
40	235.23	4841.92	498129.79	497631.67	1419547.89	1419547.89
41	183.03	4694.14	588913.03	588324.11	512155.99	511643.84
42	198.13	5615.12	237761.00	237523.24	558318.56	558318.56
43	233.42	5163.93	600744.50	600143.75	789904.06	789904.06
44	155.29	5104.57	257533.74	257276.21	329242.02	328912.78
45	230.13	4936.44	889766.65	888876.88	1432856.46	1432856.46
46	213.29	4867.74	535627.26	535091.63	497757.93	497260.17
47	243.14	4631.40	337471.19	337133.72	720670.64	719949.97
48	238.42	4692.09	901998.37	901096.37	978725.78	977747.05
49	210.80	4451.18	348225.02	347876.79	1565024.03	1563459.00
50	194.37	4616.12	452511.49	452058.98	759075.70	759075.70

3.12.2.3. Derivas máximas

Tabla 16. Derivas máximas del módulo 2 del pabellón J

Derivas máximas del módulo 2 del pabellón J							
Sim.	Prop. Mecánicas		Derivas máximas				Deriva máxima
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y		
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
1	195.40	4763.06	0.00288	0.00244	0.00207	0.00204	0.00288
2	175.31	4933.66	0.00142	0.00565	0.00131	0.00300	0.00565
3	164.38	5090.02	0.00499	0.00476	0.00106	0.00129	0.00499
4	149.67	4807.13	0.00249	0.00155	0.00180	0.00157	0.00249
5	205.06	4897.96	0.00168	0.00378	0.00546	0.00686	0.00686
6	163.05	4878.15	0.00451	0.00452	0.00156	0.00153	0.00452
7	168.75	4881.49	0.00343	0.00281	0.00386	0.00285	0.00386
8	166.63	4554.41	0.00308	0.00484	0.00314	0.00414	0.00484
9	204.01	4736.13	0.00340	0.00335	0.00196	0.00346	0.00346
10	212.34	4840.84	0.00186	0.00174	0.00211	0.00237	0.00237
11	158.03	4565.59	0.00176	0.00373	0.00420	0.00109	0.00420
12	196.93	4853.40	0.00501	0.00453	0.00361	0.00647	0.00647
13	219.92	4733.97	0.00183	0.00370	0.00467	0.00334	0.00467
14	145.29	4288.96	0.00349	0.00411	0.00285	0.00240	0.00411
15	201.56	4878.15	0.00378	0.00572	0.00544	0.00264	0.00572
16	225.44	4917.91	0.00244	0.00557	0.00384	0.00116	0.00557
17	180.50	4730.25	0.00297	0.00453	0.00751	0.00297	0.00751
18	194.94	4454.78	0.00438	0.00407	0.00378	0.00465	0.00465
19	138.20	4593.30	0.00373	0.00157	0.00312	0.00131	0.00373
20	228.36	5125.46	0.00351	0.00265	0.00378	0.00291	0.00378
21	145.55	5013.63	0.00205	0.00193	0.00293	0.00199	0.00293
22	205.92	4319.95	0.00558	0.00628	0.00663	0.00256	0.00663
23	120.92	4682.19	0.00109	0.00260	0.00143	0.00225	0.00260
24	236.52	4059.70	0.00227	0.00518	0.00311	0.00500	0.00518
25	239.36	4506.56	0.00662	0.00225	0.00767	0.00278	0.00767

...

Derivas máximas del módulo 2 del pabellón J							
Sim.	Prop. Mecánicas		Derivas máximas				Deriva máxima
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y		
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
26	196.59	4272.90	0.00589	0.00609	0.00887	0.00402	0.00887
27	191.48	5205.48	0.00373	0.00298	0.00362	0.00526	0.00526
28	263.97	4413.92	0.00797	0.00723	0.00748	0.00383	0.00797
29	159.00	5060.59	0.00300	0.00319	0.00227	0.00077	0.00319
30	192.60	4763.94	0.00541	0.00235	0.00339	0.00853	0.00853
31	152.63	4917.38	0.00108	0.00351	0.00470	0.00255	0.00470
32	177.49	4705.92	0.00241	0.00481	0.00473	0.00460	0.00481
33	222.26	4570.12	0.00355	0.00405	0.00566	0.00263	0.00566
34	166.46	4560.38	0.00166	0.00451	0.00426	0.00151	0.00451
35	252.69	4534.93	0.00635	0.00456	0.00510	0.00947	0.00947
36	233.66	4824.30	0.00390	0.00605	0.00704	0.00351	0.00704
37	233.21	5296.57	0.00462	0.00393	0.00366	0.00154	0.00462
38	213.77	4566.36	0.00526	0.00398	0.00605	0.00510	0.00605
39	195.29	4834.77	0.00470	0.00557	0.00233	0.00670	0.00670
40	235.23	4841.92	0.00380	0.00461	0.00963	0.00804	0.00963
41	183.03	4694.14	0.00467	0.00310	0.00233	0.00111	0.00467
42	198.13	5615.12	0.00191	0.00382	0.00179	0.00311	0.00382
43	233.42	5163.93	0.00416	0.00309	0.00560	0.00949	0.00949
44	155.29	5104.57	0.00192	0.00301	0.00265	0.00402	0.00402
45	230.13	4936.44	0.00621	0.00296	0.00732	0.00368	0.00732
46	213.29	4867.74	0.00379	0.00448	0.00233	0.00502	0.00502
47	243.14	4631.40	0.00266	0.00871	0.00264	0.00373	0.00871
48	238.42	4692.09	0.00698	0.00287	0.00324	0.00355	0.00698
49	210.80	4451.18	0.00279	0.00285	0.01018	0.00908	0.01018
50	194.37	4616.12	0.00390	0.00415	0.00512	0.00477	0.00512

Nota:

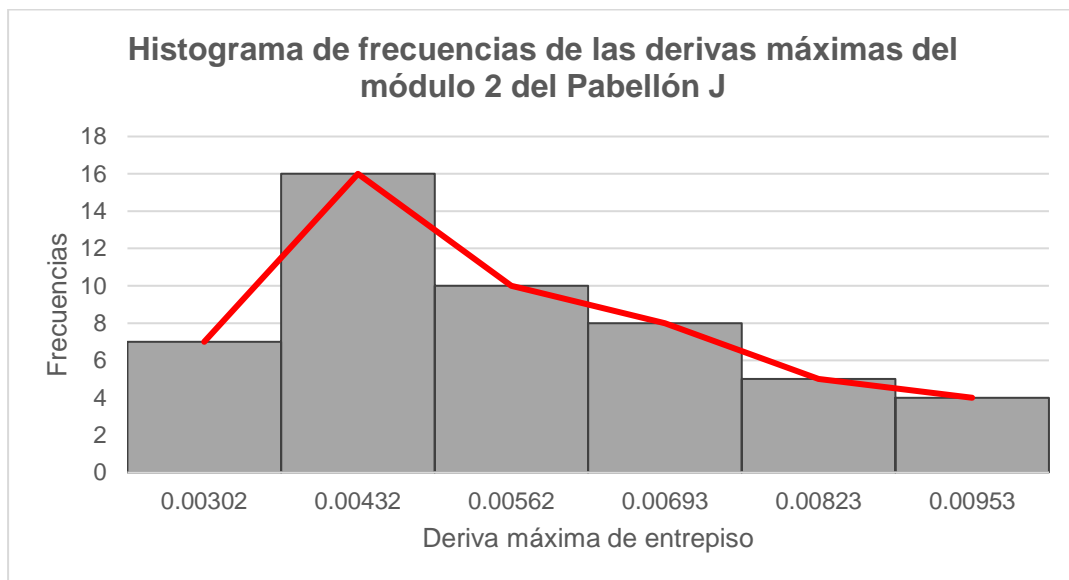
La deriva máxima promedio es: $\delta_{R,Sds} = 0.00559$.

Se hizo un análisis estadístico de estas derivas para poder observar su tendencia.

Tabla 17. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 2 del pabellón J

Resumen de derivas máximas del módulo 2 del pabellón J						
Límite de clase			Frecuencia		Frecuencia Acumulada	
Clase	Lim. Inferior	Lim. Superior	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
1	0.00237	0.00367	7	14.0%	7	14.0%
2	0.00367	0.00497	16	32.0%	23	46.0%
3	0.00497	0.00628	10	20.0%	33	66.0%
4	0.00628	0.00758	8	16.0%	41	82.0%
5	0.00758	0.00888	5	10.0%	46	92.0%
6	0.00888	0.01018	4	8.0%	50	100.0%

Gráfico 7. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 2 - pabellón J



Con todos los datos ya agrupados, tanto en la tabla de frecuencia como en el histograma, se observa que, de las 50 simulaciones, las derivas máximas tienden a repetirse en la marca de clase 0.00432.

Teniendo todos los valores de las derivas se encontró los desplazamientos espectrales utilizando la expresión brindada por HAZUS (Ecuación 2).

3.12.2.4. Desplazamiento espectral

Tabla 18. Desplazamiento espectral del módulo 2 del pabellón J

Desplazamiento espectral del módulo 2 del pabellón J					
Sim.	Deriva máxima	Factor Modal	Altura de entrepiso (Plg)	Desp. Espectral (Plg)	Desp. Espectral (Cm)
1	0.00288	0.75	138.58	0.2993	0.760
2	0.00565	0.75	138.58	0.5872	1.492
3	0.00499	0.75	138.58	0.5186	1.317
4	0.00249	0.75	138.58	0.2588	0.657
5	0.00686	0.75	138.58	0.7130	1.811
6	0.00452	0.75	138.58	0.4698	1.193
7	0.00386	0.75	138.58	0.4012	1.019
8	0.00484	0.75	138.58	0.5031	1.278
9	0.00346	0.75	138.58	0.3596	0.913
10	0.00237	0.75	138.58	0.2463	0.626
11	0.00420	0.75	138.58	0.4365	1.109
12	0.00647	0.75	138.58	0.6725	1.708
13	0.00467	0.75	138.58	0.4854	1.233
14	0.00411	0.75	138.58	0.4272	1.085
15	0.00572	0.75	138.58	0.5945	1.510
16	0.00557	0.75	138.58	0.5789	1.470
17	0.00751	0.75	138.58	0.7806	1.983
18	0.00465	0.75	138.58	0.4833	1.228
19	0.00373	0.75	138.58	0.3877	0.985
20	0.00378	0.75	138.58	0.3929	0.998
21	0.00293	0.75	138.58	0.3045	0.774
22	0.00663	0.75	138.58	0.6891	1.750

...

Desplazamiento espectral del módulo 2 del pabellón J

Sim.	Deriva máxima	Factor Modal	Altura de entrepiso (Plg)	Desp. Espectral (Plg)	Desp. Espectral (Cm)
23	0.00260	0.75	138.58	0.2702	0.686
24	0.00518	0.75	138.58	0.5384	1.368
25	0.00767	0.75	138.58	0.7972	2.025
26	0.00887	0.75	138.58	0.9219	2.342
27	0.00526	0.75	138.58	0.5467	1.389
28	0.00797	0.75	138.58	0.8284	2.104
29	0.00319	0.75	138.58	0.3316	0.842
30	0.00853	0.75	138.58	0.8866	2.252
31	0.00470	0.75	138.58	0.4885	1.241
32	0.00481	0.75	138.58	0.4999	1.270
33	0.00566	0.75	138.58	0.5883	1.494
34	0.00451	0.75	138.58	0.4688	1.191
35	0.00947	0.75	138.58	0.9843	2.500
36	0.00704	0.75	138.58	0.7317	1.859
37	0.00462	0.75	138.58	0.4802	1.220
38	0.00605	0.75	138.58	0.6288	1.597
39	0.00670	0.75	138.58	0.6964	1.769
40	0.00963	0.75	138.58	1.0009	2.542
41	0.00467	0.75	138.58	0.4854	1.233
42	0.00382	0.75	138.58	0.3970	1.008
43	0.00949	0.75	138.58	0.9864	2.505
44	0.00402	0.75	138.58	0.4178	1.061
45	0.00732	0.75	138.58	0.7608	1.932
46	0.00502	0.75	138.58	0.5218	1.325
47	0.00871	0.75	138.58	0.9053	2.299
48	0.00698	0.75	138.58	0.7255	1.843
49	0.01018	0.75	138.58	1.0581	2.688
50	0.00512	0.75	138.58	0.5322	1.352

3.12.2.5. Elaboración de curvas de fragilidad

Tabla 19. Valores para la elaboración de la curva de fragilidad del módulo 2 del pabellón J

Curvas de fragilidad del módulo 2 del pabellón J								
Desp. Espectral	Daño Leve		Daño Moderado		Daño Extensivo		Daño Completo	
	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob
0.2463	-2.581	0.00493	-3.367	0.00038	-4.781	8.70E-07	-4.822	7.11E-07
0.2588	-2.510	0.00603	-3.296	0.00049	-4.711	1.23E-06	-4.766	9.38E-07
0.2702	-2.448	0.00717	-3.234	0.00061	-4.649	1.67E-06	-4.718	1.19E-06
0.2993	-2.302	0.01066	-3.088	0.00101	-4.503	3.35E-06	-4.603	2.08E-06
0.3045	-2.278	0.01137	-3.064	0.00109	-4.478	3.76E-06	-4.584	2.29E-06
0.3316	-2.156	0.01553	-2.942	0.00163	-4.357	6.59E-06	-4.488	3.59E-06
0.3596	-2.040	0.02066	-2.826	0.00236	-4.241	1.11E-05	-4.397	5.50E-06
0.3877	-1.933	0.02662	-2.719	0.00328	-4.134	1.79E-05	-4.312	8.08E-06
0.3929	-1.914	0.02782	-2.700	0.00347	-4.115	1.94E-05	-4.297	8.64E-06
0.3970	-1.899	0.02879	-2.685	0.00363	-4.099	2.07E-05	-4.285	9.12E-06
0.4012	-1.884	0.02979	-2.670	0.00380	-4.085	2.21E-05	-4.274	9.61E-06
0.4178	-1.826	0.03393	-2.612	0.00450	-4.027	2.83E-05	-4.228	1.18E-05
0.4272	-1.794	0.03638	-2.580	0.00494	-3.995	3.24E-05	-4.203	1.32E-05
0.4365	-1.763	0.03892	-2.549	0.00540	-3.964	3.69E-05	-4.179	1.46E-05
0.4688	-1.662	0.04829	-2.447	0.00719	-3.862	5.62E-05	-4.099	2.08E-05
0.4698	-1.658	0.04861	-2.444	0.00726	-3.859	5.69E-05	-4.096	2.10E-05
0.4802	-1.627	0.05185	-2.413	0.00791	-3.828	6.46E-05	-4.072	2.33E-05
0.4833	-1.618	0.05284	-2.404	0.00811	-3.819	6.71E-05	-4.065	2.41E-05
0.4854	-1.612	0.05350	-2.398	0.00825	-3.812	6.88E-05	-4.060	2.46E-05
0.4854	-1.612	0.05350	-2.398	0.00825	-3.812	6.88E-05	-4.060	2.46E-05
0.4885	-1.603	0.05450	-2.388	0.00846	-3.803	7.14E-05	-4.053	2.53E-05
0.4999	-1.570	0.05825	-2.355	0.00925	-3.770	8.15E-05	-4.027	2.83E-05
0.5031	-1.561	0.05929	-2.347	0.00947	-3.761	8.45E-05	-4.020	2.92E-05
0.5186	-1.517	0.06462	-2.303	0.01064	-3.718	1.00E-04	-3.985	3.37E-05
0.5218	-1.509	0.06570	-2.294	0.01088	-3.709	1.04E-04	-3.979	3.47E-05
0.5322	-1.480	0.06938	-2.266	0.01172	-3.681	1.16E-04	-3.956	3.80E-05

...

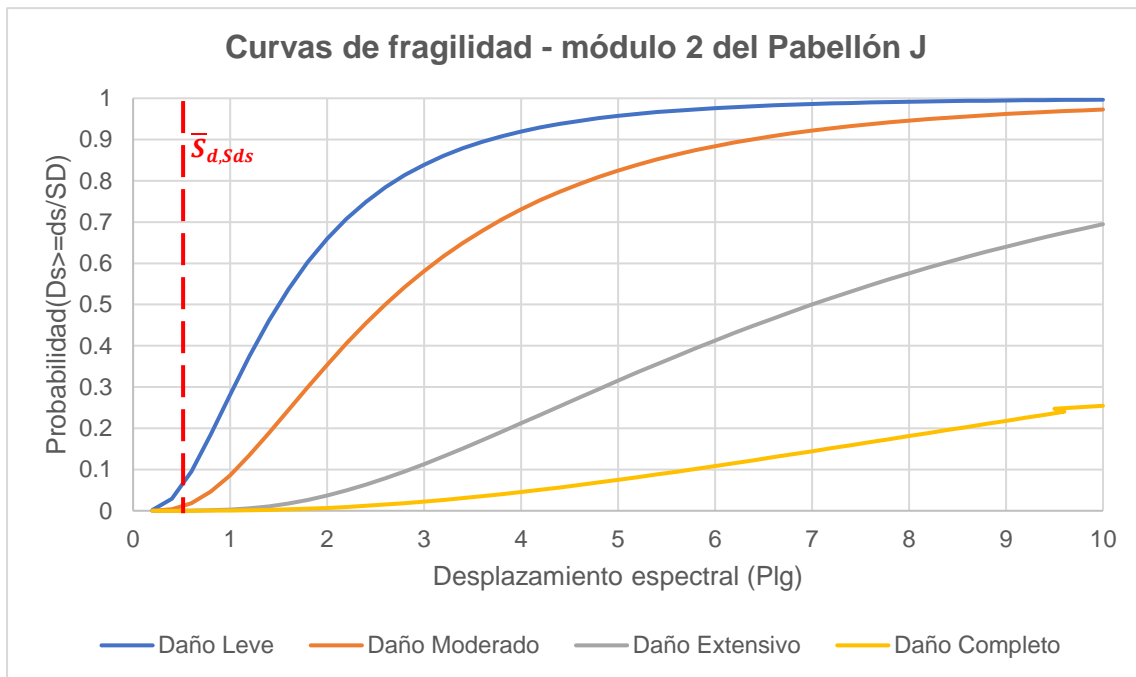
Curvas de fragilidad del módulo 2 del pabellón J								
Desp. Espectral	Daño Leve		Daño Moderado		Daño Extensivo		Daño Completo	
	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob
0.5384	-1.464	0.07163	-2.250	0.01224	-3.664	1.24E-04	-3.943	4.02E-05
0.5467	-1.442	0.07467	-2.228	0.01295	-3.642	1.35E-04	-3.926	4.32E-05
0.5789	-1.360	0.08691	-2.146	0.01594	-3.561	1.85E-04	-3.862	5.63E-05
0.5872	-1.340	0.09017	-2.125	0.01677	-3.540	2.00E-04	-3.846	6.01E-05
0.5883	-1.337	0.09059	-2.123	0.01688	-3.538	2.02E-04	-3.844	6.06E-05
0.5945	-1.322	0.09307	-2.108	0.01752	-3.523	2.14E-04	-3.832	6.36E-05
0.6288	-1.242	0.10712	-2.028	0.02129	-3.443	2.88E-04	-3.769	8.20E-05
0.6725	-1.146	0.12588	-1.932	0.02669	-3.347	4.09E-04	-3.693	1.11E-04
0.6891	-1.111	0.13324	-1.897	0.02892	-3.312	4.63E-04	-3.666	1.23E-04
0.6964	-1.096	0.13650	-1.882	0.02992	-3.297	4.89E-04	-3.654	1.29E-04
0.7130	-1.062	0.14401	-1.848	0.03228	-3.263	5.51E-04	-3.628	1.43E-04
0.7255	-1.038	0.14971	-1.823	0.03412	-3.238	6.01E-04	-3.608	1.54E-04
0.7317	-1.025	0.15257	-1.811	0.03505	-3.226	6.27E-04	-3.599	1.60E-04
0.7608	-0.970	0.16609	-1.756	0.03958	-3.170	7.61E-04	-3.555	1.89E-04
0.7806	-0.933	0.17537	-1.719	0.04281	-3.134	8.63E-04	-3.526	2.11E-04
0.7972	-0.903	0.18326	-1.689	0.04563	-3.104	9.56E-04	-3.502	2.31E-04
0.8284	-0.848	0.19816	-1.634	0.05113	-3.049	1.15E-03	-3.459	2.71E-04
0.8866	-0.751	0.22626	-1.537	0.06215	-2.952	1.58E-03	-3.383	3.59E-04
0.9053	-0.721	0.23534	-1.507	0.06589	-2.922	1.74E-03	-3.359	3.91E-04
0.9219	-0.695	0.24341	-1.481	0.06928	-2.896	1.89E-03	-3.339	4.20E-04
0.9843	-0.602	0.27363	-1.388	0.08262	-2.803	2.54E-03	-3.265	5.47E-04
0.9864	-0.599	0.27464	-1.385	0.08308	-2.799	2.56E-03	-3.263	5.51E-04
1.0009	-0.578	0.28166	-1.364	0.08633	-2.779	2.73E-03	-3.247	5.84E-04
1.0581	-0.499	0.30904	-1.284	0.09951	-2.699	3.48E-03	-3.184	7.26E-04

Para la elaboración de las curvas de fragilidad y calcular el estado de daño se requiere de ciertos parámetros como la mediana y el valor beta que fueron tomados de las tablas presentadas en el Anexo A.

Tabla 20. Parámetros para las curvas de fragilidad

	Leve	Moderado	Extensivo	Completo
$S_{d,sds}$	1.5	2.6	7	18
β	0.7	0.7	0.7	0.89
α_2	0.75	0.75	0.75	0.75

Gráfico 8. Curva de fragilidad para el módulo 2 del pabellón J



3.12.2.6. Cálculo del desplazamiento espectral

Reemplazando en la ecuación de HAZUS (Ecuación 2) se tiene:

$$\bar{S}_{d,sds} = 0.00559 * 0.75 * 138.58$$

$$\bar{S}_{d,sds} = 0.58138$$

Este valor al interceptarlo con la anterior curva de fragilidad, se obtiene 10.5% de daño para el módulo 2 del pabellón J, de lo cual el 9% es daño leve y el 1.5% es daño moderado.

3.12.3. Evaluación del módulo 3 del pabellón J

3.12.3.1. Desplazamientos máximos

Tabla 21. Desplazamientos módulo 3 del pabellón J

Desplazamientos módulo 3 del pabellón J						
Sim.	Prop. Mecánicas		Desplazamiento máximo por piso			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	210.92	4773.57	0.02525	0.04095	0.08471	0.08782
2	215.67	4655.23	0.01804	0.02610	0.09287	0.05397
3	198.61	4722.72	0.03454	0.01728	0.06278	0.04539
4	187.31	4562.33	0.03861	0.02171	0.05050	0.08117
5	214.31	4531.61	0.01596	0.04896	0.08597	0.04286
6	154.66	5025.59	0.02570	0.03682	0.02356	0.05028
7	279.16	5240.52	0.03091	0.06148	0.08422	0.08705
8	198.39	4775.73	0.01449	0.03990	0.06718	0.02944
9	201.11	4675.97	0.04261	0.02109	0.04550	0.07486
10	234.59	4385.21	0.04060	0.04117	0.09109	0.07085
11	222.64	5055.69	0.01540	0.04681	0.08350	0.05908
12	196.91	4417.16	0.02229	0.02425	0.05059	0.08336
13	249.01	5213.61	0.04350	0.02851	0.02618	0.06507
14	185.24	4626.83	0.02235	0.04539	0.06663	0.06040
15	208.22	5509.60	0.02744	0.01475	0.07174	0.02549
16	229.58	5018.81	0.04339	0.02676	0.04697	0.07004
17	192.29	4407.86	0.02173	0.03365	0.06603	0.08457
18	302.46	4495.52	0.03817	0.06505	0.09349	0.03950
19	100.36	4939.98	0.02331	0.01406	0.02437	0.02767
20	126.26	5201.73	0.01626	0.02056	0.02067	0.02054
21	238.55	4974.76	0.03478	0.02123	0.05284	0.03573
22	195.66	5023.84	0.04073	0.02378	0.03770	0.04228
23	155.30	5146.59	0.01904	0.03241	0.02058	0.02928

...

Desplazamientos módulo 3 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Desplazamiento máximo por piso			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
24	207.25	5093.18	0.04515	0.02189	0.06162	0.03085
25	192.04	4674.66	0.02618	0.02644	0.02804	0.06968
26	233.39	4998.29	0.05505	0.03554	0.05584	0.03590
27	171.15	4767.42	0.02131	0.03044	0.02374	0.02822
28	244.66	4444.43	0.05645	0.04050	0.08364	0.04042
29	225.78	5035.39	0.02960	0.02127	0.04555	0.05093
30	204.61	5093.11	0.03671	0.01432	0.05684	0.04057
31	129.38	5078.05	0.01217	0.00886	0.02417	0.02145
32	142.33	4564.90	0.03673	0.01441	0.03277	0.01509
33	243.18	4999.89	0.03149	0.03843	0.06513	0.03839
34	217.94	4763.11	0.01555	0.04764	0.08948	0.07768
35	145.78	4076.13	0.02045	0.04218	0.02481	0.06573
36	211.26	4879.84	0.04466	0.03909	0.08833	0.07951
37	205.71	5031.34	0.04611	0.01952	0.02393	0.06755
38	188.25	4989.30	0.02229	0.01995	0.07027	0.05456
39	206.04	4999.94	0.03617	0.04721	0.02452	0.02192
40	247.22	4473.05	0.04678	0.02975	0.06794	0.05765
41	218.94	5039.54	0.02850	0.04429	0.07124	0.02945
42	186.99	4513.29	0.04068	0.03525	0.06330	0.05057
43	241.12	5060.08	0.05850	0.03361	0.06058	0.02590
44	148.70	5182.29	0.00975	0.02691	0.02514	0.03299
45	188.60	4774.19	0.03778	0.03051	0.04982	0.04261
46	171.31	4403.89	0.02166	0.04074	0.07509	0.07094
47	199.98	4967.17	0.03637	0.03067	0.04774	0.04103
48	216.00	4962.79	0.04043	0.02842	0.06087	0.08110
49	227.28	5063.98	0.01421	0.05288	0.04449	0.07209
50	240.96	4701.66	0.05232	0.02658	0.05445	0.03464

3.12.3.2. Fuerza Cortante por piso

Tabla 22. Fuerza Cortante por piso para el módulo 3 del pabellón J

Fuerza Cortante por piso para el módulo 3 del pabellón J						
Sim.	Prop. Mecánicas		Cortante por piso (Kg - f)			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	210.92	4773.57	452144.06	451691.92	1471098.79	1469627.69
2	215.67	4655.23	308993.85	308993.85	1704400.85	1702696.45
3	198.61	4722.72	577821.95	577244.13	1065457.73	1064392.27
4	187.31	4562.33	649159.65	648510.49	902081.60	901179.52
5	214.31	4531.61	292658.01	292658.01	1598639.76	1597041.12
6	154.66	5025.59	417804.07	417386.26	408213.40	407805.18
7	279.16	5240.52	539127.73	538588.60	1481407.48	1479926.08
8	198.39	4775.73	261512.35	261250.84	1161120.21	1159959.09
9	201.11	4675.97	745607.38	745607.38	796805.14	796008.34
10	234.59	4385.21	653584.63	652931.04	1651822.75	1650170.93
11	222.64	5055.69	268462.91	268462.91	1385841.71	1384455.87
12	196.91	4417.16	372489.52	372489.52	838347.36	837509.01
13	249.01	5213.61	763584.64	763584.64	476233.93	475757.70
14	185.24	4626.83	400284.76	399884.48	1115636.49	1114520.86
15	208.22	5509.60	425652.27	425226.62	1222483.40	1221260.92
16	229.58	5018.81	782561.25	781778.69	867188.81	866321.62
17	192.29	4407.86	340689.83	340349.14	1120845.94	1119725.09
18	302.46	4495.52	660680.71	660680.71	1685902.00	1684216.10
19	100.36	4939.98	395991.07	395991.07	429077.85	428648.77
20	126.26	5201.73	284156.61	284156.61	335518.75	335183.23
21	238.55	4974.76	549460.38	549460.38	889502.43	888612.93
22	195.66	5023.84	729208.31	728479.10	620592.86	619972.27
23	155.30	5146.59	347262.09	346914.82	333159.15	332825.99
24	207.25	5093.18	806510.99	806510.99	1044184.97	1043140.78

...

Fuerza Cortante por piso para el módulo 3 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Cortante por piso (Kg - f)			
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y	
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
25	192.04	4674.66	445863.35	445417.49	464280.53	463816.25
26	233.39	4998.29	1007465.72	1006458.25	1015703.59	1014687.88
27	171.15	4767.42	330874.16	330543.29	387221.00	386833.78
28	244.66	4444.43	989022.69	989022.69	1482434.07	1480951.63
29	225.78	5035.39	487848.14	487360.29	769368.64	768599.28
30	204.61	5093.11	641957.55	641957.55	989709.13	988719.42
31	129.38	5078.05	195424.12	195228.69	404578.17	404173.59
32	142.33	4564.90	592139.59	591547.45	597932.66	597334.73
33	243.18	4999.89	486646.20	486159.56	1053634.85	1052581.21
34	217.94	4763.11	240162.71	239922.55	1529571.85	1528042.28
35	145.78	4076.13	369169.35	368800.18	457989.23	457531.24
36	211.26	4879.84	793338.72	792545.39	1544229.34	1542685.11
37	205.71	5031.34	773386.39	773386.39	411767.14	411355.38
38	188.25	4989.30	373610.20	373236.59	1296996.07	1295699.08
39	206.04	4999.94	609783.14	609783.14	461349.70	460888.35
40	247.22	4473.05	797753.20	796955.45	1276678.51	1275401.84
41	218.94	5039.54	472956.53	472956.53	1259107.29	1257848.18
42	186.99	4513.29	712558.22	711845.67	1189797.11	1188607.31
43	241.12	5060.08	1021884.79	1021884.79	1021636.31	1020614.68
44	148.70	5182.29	156353.38	156197.03	407688.14	407280.45
45	188.60	4774.19	671166.05	671166.05	835477.57	834642.09
46	171.31	4403.89	378036.34	377658.30	1279855.14	1278575.28
47	199.98	4967.17	645726.94	645081.21	845982.18	845136.20
48	216.00	4962.79	653097.35	652444.25	1121906.15	1120784.24
49	227.28	5063.98	244676.96	244432.28	825028.67	824203.64
50	240.96	4701.66	837089.49	837089.49	944071.81	943127.74

3.12.3.3. Derivas máximas

Tabla 23. Derivas máximas del módulo 3 del pabellón J

Derivas máximas del módulo 3 del pabellón J							
Sim.	Prop. Mecánicas		Derivas máximas				Deriva máxima
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y		
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
1	210.92	4773.57	0.00304	0.00471	0.00875	0.01037	0.01037
2	215.67	4655.23	0.00206	0.00272	0.00862	0.00451	0.00862
3	198.61	4722.72	0.00498	0.00258	0.00801	0.00665	0.00801
4	187.31	4562.33	0.00474	0.00277	0.00623	0.00666	0.00666
5	214.31	4531.61	0.00228	0.00661	0.00494	0.00170	0.00661
6	154.66	5025.59	0.00354	0.00525	0.00295	0.00311	0.00525
7	279.16	5240.52	0.00417	0.00902	0.00577	0.00544	0.00902
8	198.39	4775.73	0.00180	0.00576	0.00802	0.00215	0.00802
9	201.11	4675.97	0.00498	0.00249	0.00512	0.00804	0.00804
10	234.59	4385.21	0.00542	0.00514	0.01099	0.00402	0.01099
11	222.64	5055.69	0.00225	0.00667	0.00844	0.00310	0.00844
12	196.91	4417.16	0.00308	0.00366	0.00615	0.00530	0.00615
13	249.01	5213.61	0.00580	0.00434	0.00295	0.00782	0.00782
14	185.24	4626.83	0.00263	0.00606	0.00476	0.00240	0.00606
15	208.22	5509.60	0.00397	0.00196	0.00669	0.00165	0.00669
16	229.58	5018.81	0.00491	0.00345	0.00588	0.00643	0.00643
17	192.29	4407.86	0.00317	0.00534	0.00570	0.00488	0.00570
18	302.46	4495.52	0.00533	0.00936	0.00900	0.00221	0.00936
19	100.36	4939.98	0.00282	0.00190	0.00234	0.00158	0.00282
20	126.26	5201.73	0.00195	0.00269	0.00233	0.00275	0.00275
21	238.55	4974.76	0.00419	0.00254	0.00679	0.00263	0.00679
22	195.66	5023.84	0.00551	0.00302	0.00465	0.00277	0.00551
23	155.30	5146.59	0.00235	0.00439	0.00130	0.00178	0.00439
24	207.25	5093.18	0.00529	0.00237	0.00842	0.00300	0.00842
25	192.04	4674.66	0.00315	0.00300	0.00367	0.01089	0.01089

...

Derivas máximas del módulo 3 del pabellón J

Sim.	Prop. Mecánicas		Derivas máximas				Deriva máxima
	f'c	Fy	En direc. X		En direc. Y		
	<i>Kg/cm²</i>	<i>Kg/cm²</i>	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
26	233.39	4998.29	0.00683	0.00517	0.00646	0.00454	0.00683
27	171.15	4767.42	0.00307	0.00416	0.00271	0.00383	0.00416
28	244.66	4444.43	0.00636	0.00446	0.01157	0.00281	0.01157
29	225.78	5035.39	0.00338	0.00227	0.00563	0.00519	0.00563
30	204.61	5093.11	0.00448	0.00190	0.00552	0.00404	0.00552
31	129.38	5078.05	0.00137	0.00097	0.00309	0.00329	0.00329
32	142.33	4564.90	0.00414	0.00170	0.00330	0.00085	0.00414
33	243.18	4999.89	0.00444	0.00629	0.00418	0.00121	0.00629
34	217.94	4763.11	0.00210	0.00717	0.00986	0.00845	0.00986
35	145.78	4076.13	0.00295	0.00704	0.00269	0.00467	0.00704
36	211.26	4879.84	0.00552	0.00566	0.00715	0.00348	0.00715
37	205.71	5031.34	0.00537	0.00263	0.00328	0.00480	0.00537
38	188.25	4989.30	0.00267	0.00244	0.00568	0.00497	0.00568
39	206.04	4999.94	0.00464	0.00587	0.00211	0.00185	0.00587
40	247.22	4473.05	0.00634	0.00422	0.00864	0.00693	0.00864
41	218.94	5039.54	0.00380	0.00594	0.00568	0.00182	0.00594
42	186.99	4513.29	0.00483	0.00491	0.00666	0.00633	0.00666
43	241.12	5060.08	0.00762	0.00452	0.00354	0.00081	0.00762
44	148.70	5182.29	0.00109	0.00303	0.00203	0.00173	0.00303
45	188.60	4774.19	0.00509	0.00482	0.00401	0.00232	0.00509
46	171.31	4403.89	0.00301	0.00574	0.00878	0.00803	0.00878
47	199.98	4967.17	0.00473	0.00438	0.00600	0.00401	0.00600
48	216.00	4962.79	0.00512	0.00372	0.00461	0.00441	0.00512
49	227.28	5063.98	0.00181	0.00692	0.00502	0.00696	0.00696
50	240.96	4701.66	0.00690	0.00362	0.00490	0.00295	0.00690

Nota:

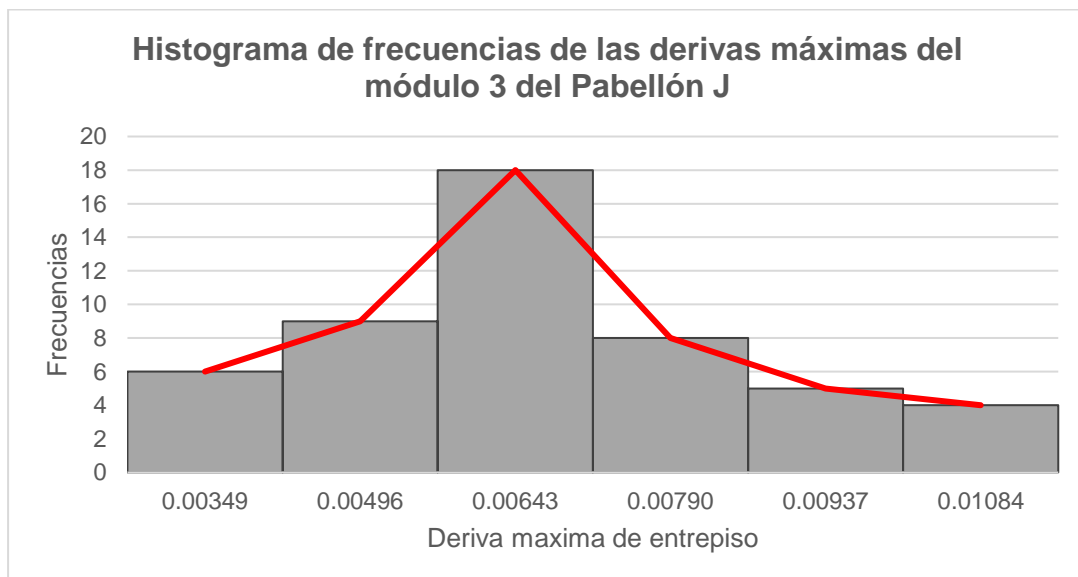
La deriva máxima promedio es: $\delta_{R,Sds} = 0.00678$.

Se hizo un análisis estadístico de estas derivas para poder observar su tendencia.

Tabla 24. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 3 del pabellón J

Resumen de derivas máximas del módulo 3 del pabellón J						
Límite de clase			Frecuencia		Frecuencia Acumulada	
Clase	Lim. Inferior	Lim. Superior	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
1	0.00275	0.00422	6	12.0%	6	12.0%
2	0.00422	0.00569	9	18.0%	15	30.0%
3	0.00569	0.00716	18	36.0%	33	66.0%
4	0.00716	0.00863	8	16.0%	41	82.0%
5	0.00863	0.01010	5	10.0%	46	92.0%
6	0.01010	0.01157	4	8.0%	50	100.0%

Gráfico 9. Frecuencias de las derivas máximas del módulo 3 - pabellón J



Con todos los datos ya agrupados, tanto en la tabla de frecuencia como en el histograma, se observa que, de las 50 simulaciones, las derivas máximas tienden a repetirse en la marca de clase 0.00643.

Teniendo todos los valores de las derivas se encontró los desplazamientos espectrales utilizando la expresión brindada por HAZUS (Ecuación 2).

3.12.3.4. Desplazamiento espectral

Tabla 25. Desplazamiento espectral del módulo 3 del pabellón J

Desplazamiento espectral del módulo 3 del pabellón J					
Sim.	Deriva máxima	Factor Modal	Altura de entrepiso (Plg)	Desp. Espectral (Plg)	Desp. Espectral (Cm)
1	0.01037	0.75	138.58	1.0778	2.738
2	0.00862	0.75	138.58	0.8959	2.276
3	0.00801	0.75	138.58	0.8325	2.115
4	0.00666	0.75	138.58	0.6922	1.758
5	0.00661	0.75	138.58	0.6870	1.745
6	0.00525	0.75	138.58	0.5457	1.386
7	0.00902	0.75	138.58	0.9375	2.381
8	0.00802	0.75	138.58	0.8336	2.117
9	0.00804	0.75	138.58	0.8357	2.123
10	0.01099	0.75	138.58	1.1423	2.901
11	0.00844	0.75	138.58	0.8772	2.228
12	0.00615	0.75	138.58	0.6392	1.624
13	0.00782	0.75	138.58	0.8128	2.064
14	0.00606	0.75	138.58	0.6299	1.600
15	0.00669	0.75	138.58	0.6953	1.766
16	0.00643	0.75	138.58	0.6683	1.698
17	0.00570	0.75	138.58	0.5924	1.505
18	0.00936	0.75	138.58	0.9729	2.471
19	0.00282	0.75	138.58	0.2931	0.744
20	0.00275	0.75	138.58	0.2858	0.726
21	0.00679	0.75	138.58	0.7057	1.793
22	0.00551	0.75	138.58	0.5727	1.455

...

Desplazamiento espectral del módulo 3 del pabellón J

Sim.	Deriva máxima	Factor Modal	Altura de entrepiso (Plg)	Desp. Espectral (Plg)	Desp. Espectral (Cm)
23	0.00439	0.75	138.58	0.4563	1.159
24	0.00842	0.75	138.58	0.8751	2.223
25	0.01089	0.75	138.58	1.1319	2.875
26	0.00683	0.75	138.58	0.7099	1.803
27	0.00416	0.75	138.58	0.4324	1.098
28	0.01157	0.75	138.58	1.2026	3.054
29	0.00563	0.75	138.58	0.5852	1.486
30	0.00552	0.75	138.58	0.5737	1.457
31	0.00329	0.75	138.58	0.3420	0.869
32	0.00414	0.75	138.58	0.4303	1.093
33	0.00629	0.75	138.58	0.6538	1.661
34	0.00986	0.75	138.58	1.0248	2.603
35	0.00704	0.75	138.58	0.7317	1.859
36	0.00715	0.75	138.58	0.7431	1.888
37	0.00537	0.75	138.58	0.5581	1.418
38	0.00568	0.75	138.58	0.5904	1.500
39	0.00587	0.75	138.58	0.6101	1.550
40	0.00864	0.75	138.58	0.8980	2.281
41	0.00594	0.75	138.58	0.6174	1.568
42	0.00666	0.75	138.58	0.6922	1.758
43	0.00762	0.75	138.58	0.7920	2.012
44	0.00303	0.75	138.58	0.3149	0.800
45	0.00509	0.75	138.58	0.5290	1.344
46	0.00878	0.75	138.58	0.9126	2.318
47	0.00600	0.75	138.58	0.6236	1.584
48	0.00512	0.75	138.58	0.5322	1.352
49	0.00696	0.75	138.58	0.7234	1.837
50	0.00690	0.75	138.58	0.7172	1.822

3.12.3.5. Elaboración de curvas de fragilidad

Tabla 26. Valores para la elaboración de la curva de fragilidad del módulo 3 del pabellón J

Curvas de fragilidad del módulo 3 del pabellón J								
Desp. Espectral	Daño Leve		Daño Moderado		Daño Extensivo		Daño Completo	
	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob
0.2858	-2.368	0.00893	-3.154	0.00080	-4.569	2.45E-06	-4.655	1.62E-06
0.2931	-2.332	0.00984	-3.118	0.00091	-4.533	2.91E-06	-4.627	1.86E-06
0.3149	-2.230	0.01288	-3.016	0.00128	-4.430	4.70E-06	-4.546	2.74E-06
0.3420	-2.112	0.01733	-2.898	0.00188	-4.313	8.06E-06	-4.453	4.23E-06
0.4303	-1.784	0.03722	-2.570	0.00509	-3.985	3.38E-05	-4.195	1.36E-05
0.4324	-1.777	0.03778	-2.563	0.00519	-3.978	3.48E-05	-4.190	1.40E-05
0.4563	-1.700	0.04455	-2.486	0.00646	-3.901	4.79E-05	-4.129	1.82E-05
0.5290	-1.489	0.06827	-2.275	0.01147	-3.689	1.12E-04	-3.963	3.70E-05
0.5322	-1.480	0.06938	-2.266	0.01172	-3.681	1.16E-04	-3.956	3.80E-05
0.5457	-1.445	0.07429	-2.230	0.01286	-3.645	1.34E-04	-3.928	4.28E-05
0.5581	-1.412	0.07893	-2.198	0.01397	-3.613	1.51E-04	-3.903	4.75E-05
0.5727	-1.376	0.08448	-2.161	0.01534	-3.576	1.74E-04	-3.874	5.36E-05
0.5737	-1.373	0.08489	-2.159	0.01544	-3.574	1.76E-04	-3.872	5.40E-05
0.5852	-1.345	0.08935	-2.131	0.01656	-3.545	1.96E-04	-3.850	5.91E-05
0.5904	-1.332	0.09141	-2.118	0.01709	-3.533	2.06E-04	-3.840	6.16E-05
0.5924	-1.327	0.09224	-2.113	0.01731	-3.528	2.10E-04	-3.836	6.26E-05
0.6101	-1.285	0.09938	-2.071	0.01918	-3.486	2.45E-04	-3.803	7.15E-05
0.6174	-1.268	0.10237	-2.054	0.01999	-3.469	2.61E-04	-3.789	7.55E-05
0.6236	-1.254	0.10495	-2.040	0.02069	-3.454	2.76E-04	-3.778	7.90E-05
0.6299	-1.240	0.10756	-2.025	0.02141	-3.440	2.91E-04	-3.767	8.26E-05
0.6392	-1.219	0.11151	-2.004	0.02252	-3.419	3.14E-04	-3.750	8.83E-05
0.6538	-1.186	0.11773	-1.972	0.02429	-3.387	3.53E-04	-3.725	9.76E-05
0.6683	-1.155	0.12406	-1.941	0.02615	-3.356	3.96E-04	-3.700	1.08E-04
0.6870	-1.116	0.13232	-1.901	0.02863	-3.316	4.56E-04	-3.669	1.22E-04
0.6922	-1.105	0.13464	-1.891	0.02934	-3.305	4.74E-04	-3.661	1.26E-04
0.6922	-1.105	0.13464	-1.891	0.02934	-3.305	4.74E-04	-3.661	1.26E-04

...

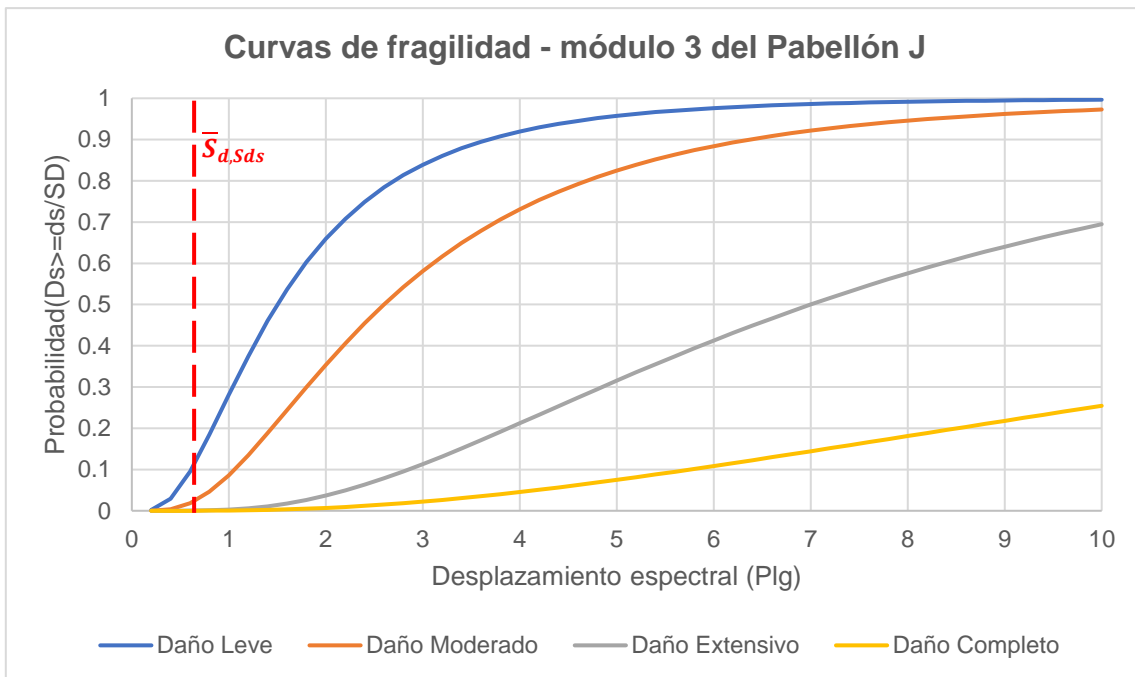
Curvas de fragilidad del módulo 3 del pabellón J								
Desp. Espectral	Daño Leve		Daño Moderado		Daño Extensivo		Daño Completo	
	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob	Ln/ β	Prob
0.6953	-1.098	0.13603	-1.884	0.02978	-3.299	4.85E-04	-3.656	1.28E-04
0.7057	-1.077	0.14071	-1.863	0.03124	-3.278	5.23E-04	-3.639	1.37E-04
0.7099	-1.069	0.14260	-1.855	0.03183	-3.269	5.39E-04	-3.633	1.40E-04
0.7172	-1.054	0.14590	-1.840	0.03289	-3.255	5.67E-04	-3.621	1.47E-04
0.7234	-1.042	0.14875	-1.828	0.03381	-3.242	5.93E-04	-3.611	1.52E-04
0.7317	-1.025	0.15257	-1.811	0.03505	-3.226	6.27E-04	-3.599	1.60E-04
0.7431	-1.003	0.15785	-1.789	0.03680	-3.204	6.78E-04	-3.581	1.71E-04
0.7920	-0.912	0.18079	-1.698	0.04474	-3.113	9.26E-04	-3.510	2.24E-04
0.8128	-0.875	0.19069	-1.661	0.04834	-3.076	1.05E-03	-3.481	2.50E-04
0.8325	-0.841	0.20016	-1.627	0.05189	-3.042	1.18E-03	-3.454	2.77E-04
0.8336	-0.839	0.20066	-1.625	0.05207	-3.040	1.18E-03	-3.452	2.78E-04
0.8357	-0.836	0.20166	-1.622	0.05245	-3.036	1.20E-03	-3.449	2.81E-04
0.8751	-0.770	0.22072	-1.556	0.05991	-2.970	1.49E-03	-3.397	3.40E-04
0.8772	-0.766	0.22173	-1.552	0.06031	-2.967	1.50E-03	-3.395	3.43E-04
0.8959	-0.736	0.23080	-1.522	0.06401	-2.937	1.66E-03	-3.371	3.74E-04
0.8980	-0.733	0.23181	-1.519	0.06442	-2.934	1.68E-03	-3.368	3.78E-04
0.9126	-0.710	0.23887	-1.496	0.06736	-2.911	1.80E-03	-3.350	4.03E-04
0.9375	-0.671	0.25098	-1.457	0.07253	-2.872	2.04E-03	-3.320	4.50E-04
0.9729	-0.619	0.26810	-1.404	0.08011	-2.819	2.41E-03	-3.279	5.22E-04
1.0248	-0.544	0.29315	-1.330	0.09176	-2.745	3.03E-03	-3.220	6.41E-04
1.0778	-0.472	0.31840	-1.258	0.10421	-2.673	3.76E-03	-3.163	7.80E-04
1.1319	-0.402	0.34374	-1.188	0.11741	-2.603	4.62E-03	-3.108	9.40E-04
1.1423	-0.389	0.34856	-1.175	0.12000	-2.590	4.80E-03	-3.098	9.74E-04
1.2026	-0.316	0.37610	-1.102	0.13533	-2.516	5.93E-03	-3.040	1.18E-03

Para la elaboración de las curvas de fragilidad y calcular el estado de daño se requiere de ciertos parámetros como la mediana y el valor beta que fueron tomados de las tablas presentadas en el Anexo A.

Tabla 27. Parámetros para las curvas de fragilidad

	Leve	Moderado	Extensivo	Completo
$S_{d,Sds}$	1.5	2.6	7	18
β	0.7	0.7	0.7	0.89
α_2	0.75	0.75	0.75	0.75

Gráfico 10. Curva de fragilidad para el módulo 3 del pabellón J



3.12.3.6. Cálculo del desplazamiento espectral

Reemplazando en la ecuación de HAZUS (Ecuación 2) se tiene:

$$\bar{S}_{d,Sds} = 0.00678 * 0.75 * 138.58$$

$$\bar{S}_{d,Sds} = 0.70459$$

Este valor al interceptarlo con la anterior curva de fragilidad, se obtiene 13.5% de daño para el módulo 3 del pabellón J, de lo cual el 11% es daño leve y el 2.5% es daño moderado.

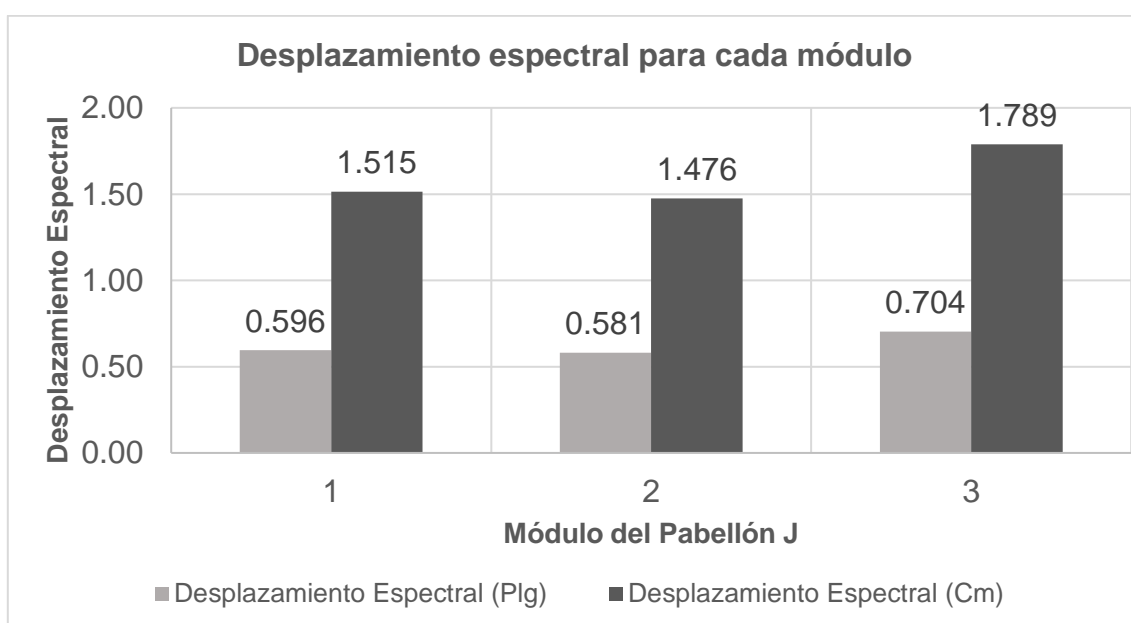
3.12.4. Promedio de los desplazamientos espectrales máximos

A continuación, se presenta una tabla resumen de los valores promedio de los desplazamientos espectrales máximos para cada módulo calculados para el pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita", los cálculos han sido presentado en los ítems 3.12.1, 3.12.2. y 3.12.3.

Tabla 28. Valores promedio de los desplazamientos espectrales máximos del pabellón J

Desplazamientos espectrales máximos del pabellón J de la I.E. Emblemática "Santa Teresita"		
Módulo 1	Desplazamiento espectral (<i>plg.</i>)	0.5967
	Desplazamiento espectral (<i>cm</i>)	1.51562
Módulo 2	Desplazamiento espectral (<i>plg.</i>)	0.5814
	Desplazamiento espectral (<i>cm</i>)	1.47671
Módulo 3	Desplazamiento espectral (<i>plg.</i>)	0.7046
	Desplazamiento espectral (<i>cm</i>)	1.78966

Gráfico 11. Desplazamiento espectral para cada módulo del pabellón J



3.12.5. Cálculo de derivas máximas

3.12.5.1. Módulo 1 del pabellón J

Tabla 29. Deriva máxima dirección "X" - módulo 1 del pabellón J

Dirección " X " - módulo 1 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00131	0.007	Cumple
2	0.00156	0.007	Cumple
3	0.00135	0.007	Cumple

Tabla 30. Deriva máxima dirección "X" - módulo 1 del pabellón J

Dirección " X " - módulo 1 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00165	0.007	Cumple
2	0.00198	0.007	Cumple
3	0.00181	0.007	Cumple

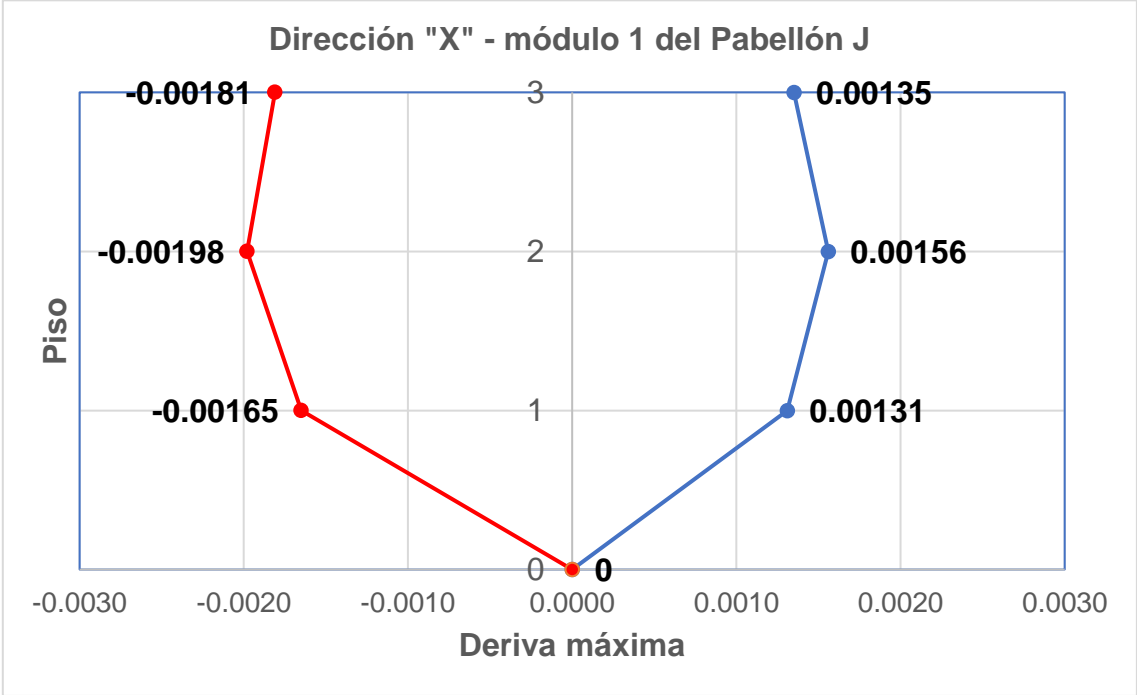
Tabla 31. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 1 del pabellón J

Dirección " Y " - módulo 1 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00161	0.007	Cumple
2	0.00202	0.007	Cumple
3	0.00204	0.007	Cumple

Tabla 32. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 1 del pabellón J

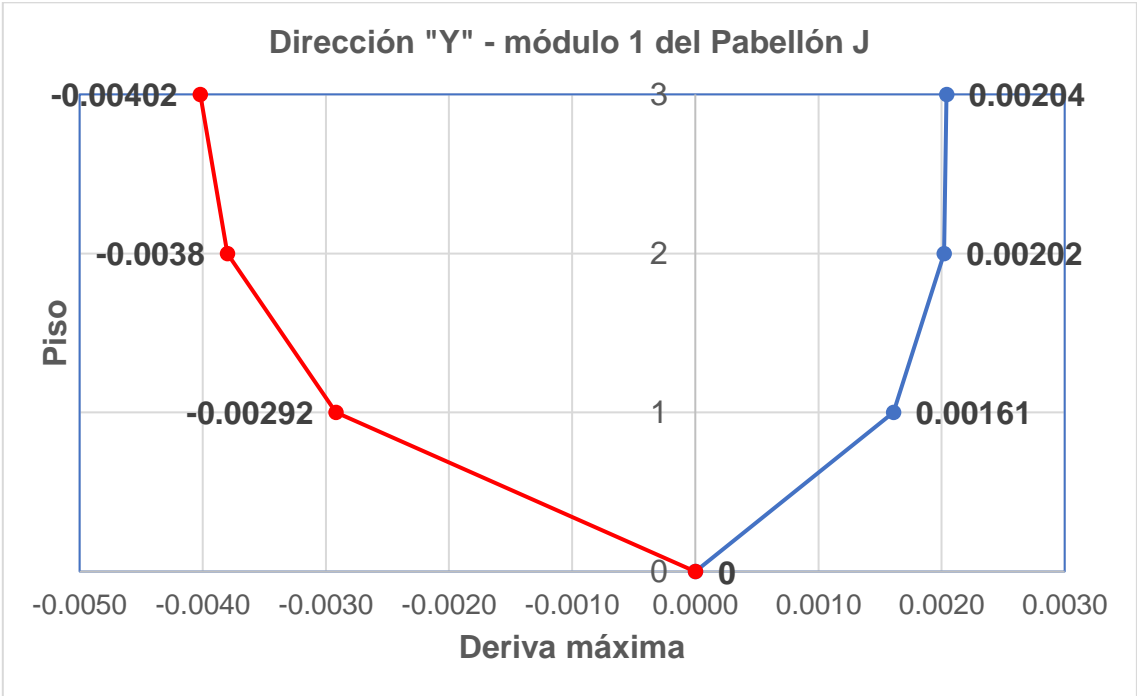
Dirección " Y " - módulo 1 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00292	0.007	Cumple
2	0.00380	0.007	Cumple
3	0.00402	0.007	Cumple

Gráfico 12. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "X" del módulo 1 del pabellón J



Derivas máximas de entre piso en la dirección X.

Gráfico 13. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "Y" del módulo 1 del pabellón J



Derivas máximas de entre piso en la dirección Y.

3.12.5.2. Módulo 2 del pabellón J

Tabla 33. Deriva máxima dirección "X" - módulo 2 del pabellón J

Dirección " X " – módulo 2 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00424	0.007	Cumple
2	0.00405	0.007	Cumple
3	0.00210	0.007	Cumple

Tabla 34. Deriva máxima dirección "X" - módulo 2 del pabellón J

Dirección " X " – módulo 2 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00531	0.007	Cumple
2	0.00511	0.007	Cumple
3	0.00281	0.007	Cumple

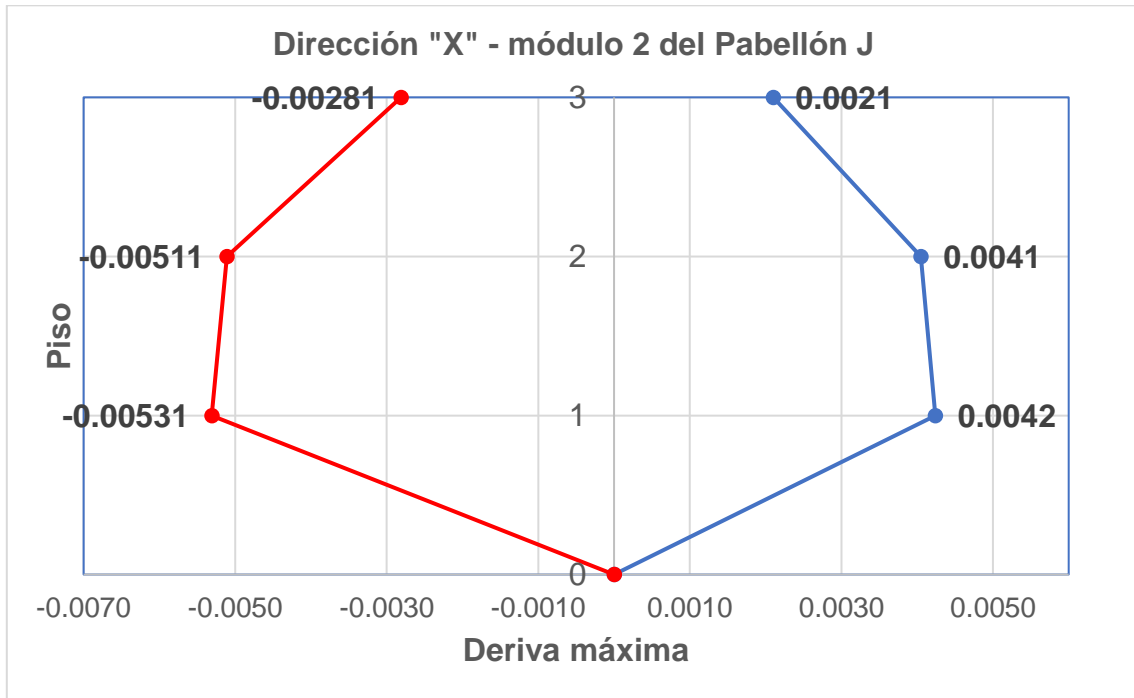
Tabla 35. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 2 del pabellón J

Dirección " Y " – módulo 2 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00250	0.007	Cumple
2	0.00530	0.007	Cumple
3	0.00570	0.007	Cumple

Tabla 36. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 2 del pabellón J

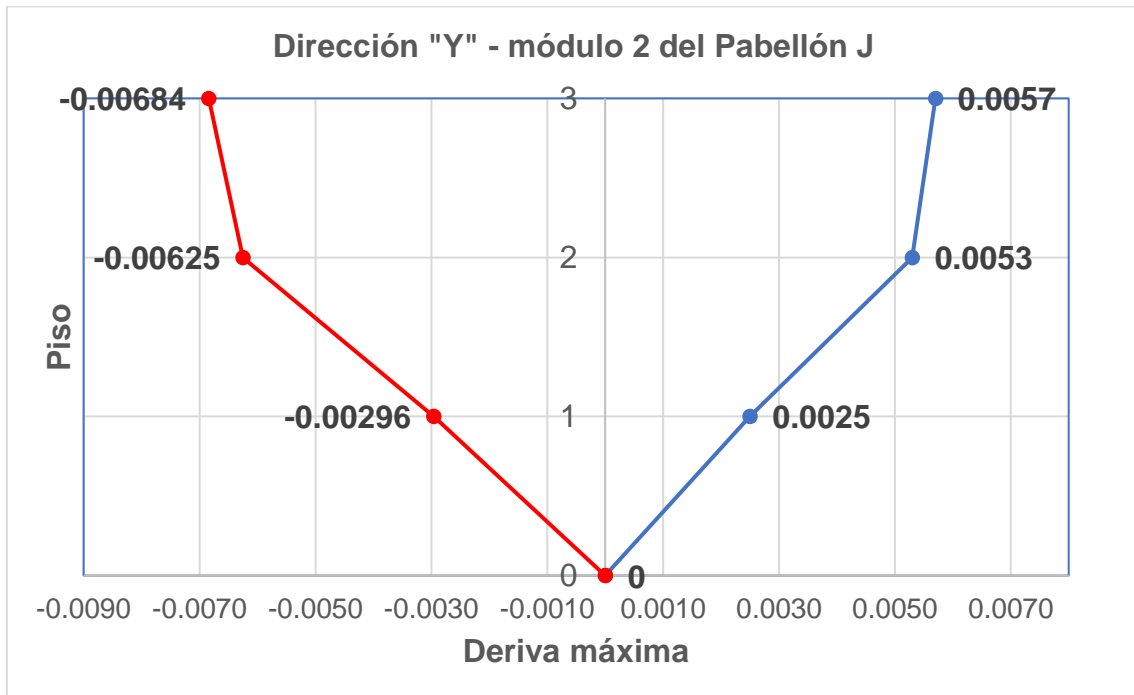
Dirección " Y " – módulo 2 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00296	0.007	Cumple
2	0.00625	0.007	Cumple
3	0.00684	0.007	Cumple

Gráfico 14. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "X" del módulo 2 del pabellón J



— Derivas máximas de entre piso en la dirección X.

Gráfico 15. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "Y" del módulo 2 del pabellón J



— Derivas máximas de entre piso en la dirección Y.

3.12.5.3. Módulo 3 del pabellón J

Tabla 37. Deriva máxima dirección "X" - módulo 3 del pabellón J

Dirección " X " - módulo 3 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00324	0.007	Cumple
2	0.00614	0.007	Cumple
3	0.00583	0.007	Cumple

Tabla 38. Deriva máxima dirección "X" - módulo 3 del pabellón J

Dirección " X " - módulo 3 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00540	0.007	Cumple
2	0.00680	0.007	Cumple
3	0.00751	0.007	No cumple

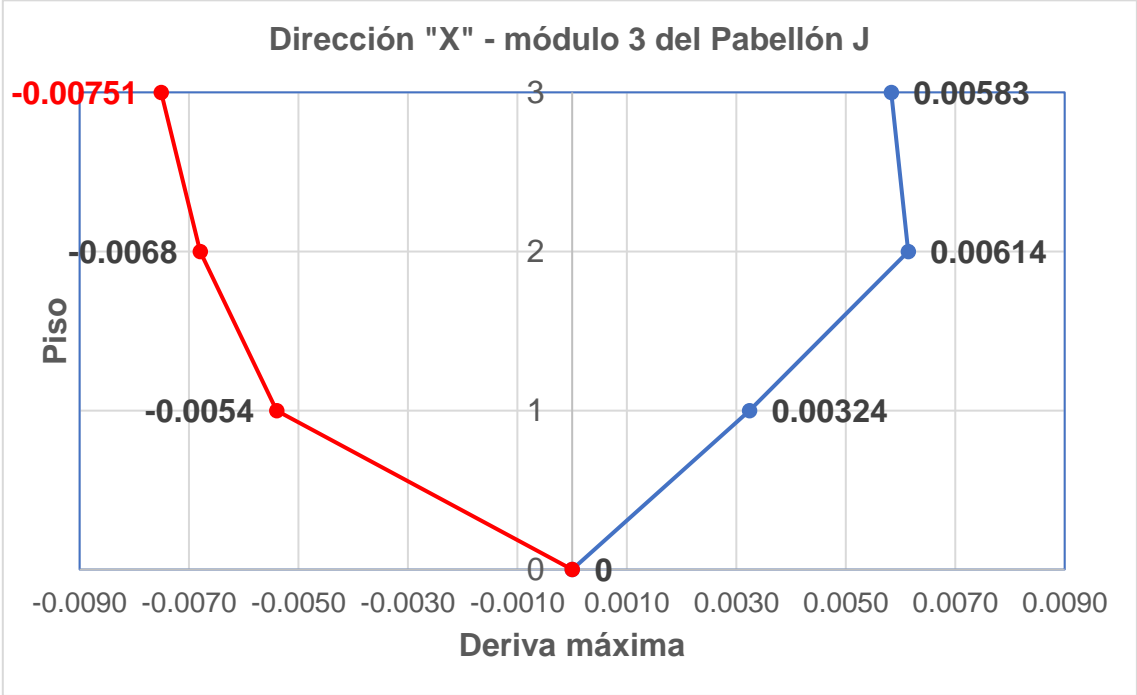
Tabla 39. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 3 del pabellón J

Dirección " Y " - módulo 3 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00331	0.007	Cumple
2	0.00619	0.007	Cumple
3	0.00654	0.007	Cumple

Tabla 40. Deriva máxima dirección "Y" - módulo 3 del pabellón J

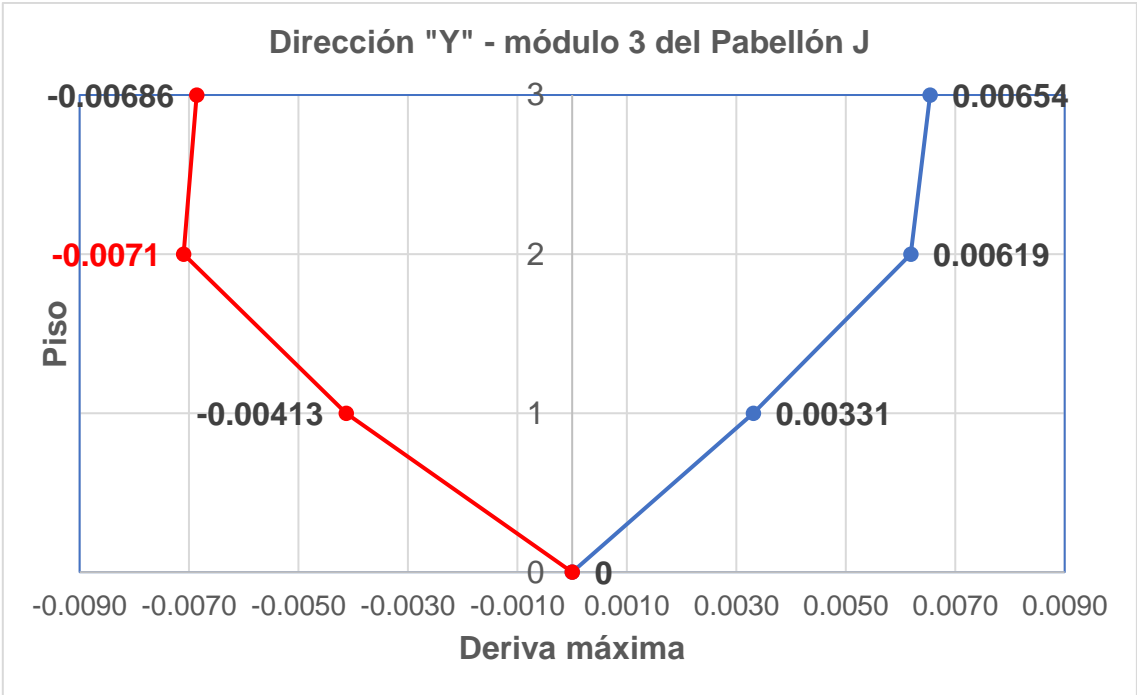
Dirección " Y " - módulo 3 del pabellón J			
Nivel	Deriva	Deriva Permisible	Observación
1	0.00413	0.007	Cumple
2	0.00710	0.007	No cumple
3	0.00686	0.007	Cumple

Gráfico 16. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "X" del módulo 3 del pabellón J



Derivas máximas de entre piso en la dirección X.

Gráfico 17. Representación gráfica derivas máximas de entre piso, dirección "Y" del módulo 3 del pabellón J



Derivas máximas de entre piso en la dirección Y.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J

Tal y como se puede apreciar en el Gráfico 6 se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica mediante las curvas de fragilidad y el desplazamiento espectral. Dando como resultado para el módulo 1 del pabellón J un desplazamiento espectral de 0.5967, este valor al ser interpretado en sus curvas de fragilidad, da como resultado un daño del 12%, de lo cual el 10% es daño leve y el 2% es daño moderado.

De la misma manera en el Gráfico 8 se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica, dando como resultado para el módulo 2 del pabellón J un desplazamiento espectral de 0.5814, este valor al ser interpretado en sus curvas de fragilidad, da como resultado un daño del 10.5%, de lo cual el 9% es daño leve y el 1.5% es daño moderado.

Así mismo, para el módulo 3 del pabellón J con el Gráfico 10 se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica, dando como resultado un desplazamiento espectral de 0.70459, dando como resultado un daño del 13.5%, de lo cual el 11% es daño leve y el 2.5% es daño moderado. Siendo este módulo el que presenta mayor daño o mayor vulnerabilidad sísmica.

Finalmente, el nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita, presenta un daño leve.

4.2. VALORES PROMEDIO DEL DESPLAZAMIENTO ESPECTRAL POR MÓDULO

En la Tabla 28 se puede apreciar que el desplazamiento espectral promedio para el módulo 1 es 0.5967 plg, para el módulo 2 es 0.5814 plg y para el módulo 3 es 0.7046 plg; así mismo se puede notar en el Gráfico 11 que el módulo 3 presenta mayor desplazamiento espectral, lo que representa un mayor daño.

4.3. EVALUACIÓN CON NORMATIVA DE LAS DERIVAS MÁXIMAS DE ENTREPISO

En el ítem 3.12.5 se ha presentado tablas donde se compara las derivas máximas de entrepiso obtenidas del Software ETABS, así como gráficos representativos de estas distorsiones de entre piso, obteniendo que las derivas tanto en la dirección "X" como en la dirección "Y" cumplen en su totalidad en los módulos 1 y 2; pero en el módulo 3 hay una deriva de 0.00751 en la dirección "X" para el tercer nivel y otra de 0.00710 en la dirección "Y" para el segundo nivel, que son las únicas que no cumplen el rango establecido de límites para la distorsión del entre piso proporcionados por la normativa de la E.030 (Tabla 41); lo cual evidencia lo antes mencionado que el módulo 3 del pabellón J es el que tiene mayor daño.

Tabla 41. Límites para la distorsión del entrepiso

Tabla 11 Límites para la distorsión del entrepiso	
Material Predominante	Δ_i/h_{ei}
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Tabla 11 extraída de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

4.4. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE LAS DERIVAS MÁXIMAS DE ENTREPISO DE CADA MÓDULO DEL PABELLÓN J

Para el módulo 1, según la Tabla 10, el valor de la deriva máxima es 0.01273. Para el módulo 2, según la Tabla 17, el valor de la deriva máxima es 0.01018. De la misma manera, para el módulo 3, según la Tabla 24, el valor de la deriva máxima es 0.01157.

4.5. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Habiendo terminado con la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática "Santa Teresita", el cual está conformado por 3 módulos, se puede contrastar nuestra hipótesis: "*El nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita; es leve*"; la evaluación se ha realizado por cada módulo y se ha obtenido para estos 3 un daño leve, como también de daño moderado; siendo insignificante el daño moderado en comparación al daño leve; por lo que, se acepta la hipótesis.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El nivel de vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita, presenta un daño leve.
- El desplazamiento espectral promedio para el módulo 1 es 0.5967 plg, para el módulo 2 es 0.5814 plg y para el módulo 3 es 0.7046 plg; así mismo se puede apreciar que el módulo 3 presenta mayor desplazamiento espectral, lo que representa un mayor daño.
- Habiendo evaluado las derivas máximas según la normativa E.030, las derivas cumplen en su totalidad para los módulos 1 y 2. Sin embargo, en el módulo 3 hay una deriva de 0.00751 en la dirección "X" en el tercer nivel y otra de 0.00710 en la dirección "Y" en el segundo nivel, siendo estas las que no cumplen con los límites para la distorsión del entre piso.
- La deriva máxima de entrepiso del módulo 1 es de 0.01273, para el módulo 2 es de 0.01018 y para el módulo 3 es de 0.01157.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer estudios in situ para una mejor evaluación de la vulnerabilidad sísmica.
- Se recomienda para hacer un estudio a mayor detalle, considerar la interacción suelo – estructura, permitiendo que los modelamientos se asemejen mucho más a la realidad.
- Se recomienda realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de los pabellones restantes de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita, para prevenir posibles desastres.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. & Pulgar, X. O. (2019). Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales. Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Repositorio Institucional.
- BVPAD - INDECI. Rehabilitación sísmica de estructuras. Obtenido de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf
- Fajardo, C. N., Guevara, P.M., Herrera, K., Ochoa, C.V. y Torres, J.S. (2021). Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000. [Tesis de pregrado]. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. Repositorio Institucional.
- García, H., y Degrande, G. (2017). Seismic vulnerability analysis of a two-story family dwelling in confined masonry in Cuenca, Ecuador. MASKANA, 8(2), 99–114. <https://doi.org/10.18537/mskn.08.02.08>
- González Vásquez, F. J. (2017). Vulnerabilidad sísmica del edificio 1 – I de la Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.
- Gutiérrez Acosta, J.A. (2018). Vulnerabilidad sísmica en estructuras de edificaciones indispensables en Santiago de Cali. [Tesis de pregrado]. Universidad Militar Nueva Granada, Cali, Colombia. Repositorio Institucional.
- Illacutipa Perez, W., y Illacutipa Perez, A. M. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante curvas de fragilidad de edificaciones típicas de albañilería confinada en la ciudad de Juliaca. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú. Repositorio Institucional.

- Lagomarsino, S. et al. (2021). The heuristic vulnerability model: fragility curves for masonry buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(8), 3129–3163. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01063-7>
- Malavé – Laínez, J. Y. y Pinoargote – Rovello, V. (2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la Parroquia Manglaralto del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena. 593 Digital Publisher.
- Marín Gonzales, E. D. (2022). Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica del pabellón III de la IE 16003 Miraflores del distrito de Jaén-Cajamarca. *[Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.
- Noel, J.A. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método italiano para determinar el riesgo sísmico en las viviendas de adobe de la quinta Los Virreyes del Rímac. *[Tesis de pregrado]*. Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú. Repositorio Institucional.
- Norma Técnica E.030 Diseño Sismoresistente.
- Norma Técnica E.060 Concreto Armado.
- Ocala, L. (2019). Peligro, Vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad d desastres en el Perú. *Revista Geográfica*. Instituto Geofísico del Perú.
- Olivera Tomaylla, C. R. (2020). Análisis de la vulnerabilidad sísmica mediante las curvas de fragilidad de la IE N° 20390, Chancay, Lima 2020. *[Tesis de pregrado]*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Repositorio Institucional.
- Pastor Rodríguez, C. A. (2022). Vulnerabilidad sísmica del pabellón de turismo y hotelería de la Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. *[Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.

- Sandoli, A., et al. (2021). Fragility curves for Italian URM buildings based on a hybrid method. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(12), 4979–5013. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01155-4>
- Santos, D.J. (2019). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017. *[Tesis de pregrado]*. Universidad Continental, Huancayo, Perú. Repositorio Institucional.
- Seiner Lizárraga, L. (2017). Historia de los sismos en el Perú. Catálogo: Siglos XV-XVII.
- Silva Vásquez, K.W. (2022). Vulnerabilidad Sísmica en Viviendas de Albañilería Confinada del Sector 12 de Cajamarca, 2022. *[Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional.
- Tavera, H., y Buforn, E. (1998). Sismicidad y sismotectónica de Perú.
- Valenzuela, J. H. (2022). Determinación de las curvas de fragilidad analítica mediante el análisis incremental dinámico en el Centro de Salud de Conchopata en Huamanga Ayacucho, 2019. *[Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Repositorio Institucional.
- Velasteguí, L.A., et al. (2022). Evaluación de vulnerabilidad sísmica apoyada en tecnologías de información geográfica. Ciencia digital editorial. ISBN 978-9942-8914-6-4.
- Zora F.N. y Acevedo, A.B. (2019). Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del área Metropolitana de Medellín, Colombia. *Revista EIA. Escuela de Antioquía, Colombia*.

APÉNDICES

APÉNDICE A. SIMULACIÓN DE MONTECARLO

Tabla 42. Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 1 del pabellón J

Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 1 del pabellón J							
Sim.	f' <i>Kg/cm²</i>	f' modelado <i>Kg/cm²</i>	E modelado <i>Kg/cm²</i>	Sim.	f' <i>Kg/cm²</i>	f' modelado <i>Kg/cm²</i>	E modelado <i>Kg/cm²</i>
1	195.86	176.27	199152.33	26	223.11	200.80	212555.35
2	242.67	218.40	221676.96	27	196.52	176.87	199487.59
3	225.35	202.82	213619.70	28	204.82	184.34	203656.70
4	184.92	166.43	193510.46	29	211.08	189.97	206745.50
5	159.55	143.60	179746.70	30	264.77	238.29	231551.13
6	198.96	179.06	200722.20	31	189.87	170.88	196083.34
7	252.22	227.00	225996.79	32	176.33	158.70	188962.50
8	256.07	230.46	227715.12	33	191.43	172.29	196887.21
9	167.59	150.83	184219.91	34	274.23	246.81	235651.38
10	219.74	197.77	210943.95	35	191.39	172.25	196866.64
11	151.29	136.16	175032.07	36	215.94	194.35	209112.05
12	245.16	220.64	222811.36	37	229.27	206.34	215469.66
13	195.91	176.32	199177.75	38	175.20	157.68	188356.05
14	282.69	254.42	239258.70	39	171.93	154.74	186589.99
15	187.81	169.03	195016.73	40	229.68	206.71	215662.24
16	256.09	230.48	227724.01	41	289.83	260.85	242261.38
17	318.48	286.63	253953.15	42	236.59	212.93	218882.33
18	234.80	211.32	218052.75	43	179.78	161.80	190802.12
19	200.87	180.78	201683.35	44	195.29	175.76	198862.33
20	222.08	199.87	212064.14	45	176.54	158.89	189074.99
21	206.60	185.94	204539.73	46	255.18	229.66	227319.05
22	188.08	169.27	195156.86	47	229.74	206.77	215690.40
23	197.39	177.65	199928.67	48	190.51	171.46	196413.53
24	211.92	190.73	207156.46	49	180.80	162.72	191342.62
25	235.93	212.34	218576.82	50	187.23	168.51	194715.37

Tabla 43. Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 2 del pabellón J

Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 2 del pabellón J							
Sim.	f'c Kg/cm ²	f'c modelado Kg/cm ²	E modelado Kg/cm ²	Sim.	f'c Kg/cm ²	f'c modelado Kg/cm ²	E modelado Kg/cm ²
1	217.11	195.40	209677.79	26	218.43	196.59	210314.23
2	194.79	175.31	198607.59	27	212.75	191.48	207561.74
3	182.64	164.38	192313.81	28	293.30	263.97	243707.30
4	166.30	149.67	183509.54	29	176.67	159.00	189144.59
5	227.84	205.06	214796.65	30	214.00	192.60	208170.60
6	181.17	163.05	191538.31	31	169.59	152.63	185315.88
7	187.50	168.75	194855.72	32	197.21	177.49	199837.50
8	185.14	166.63	193625.54	33	246.96	222.26	223627.82
9	226.68	204.01	214249.15	34	184.96	166.46	193531.39
10	235.93	212.34	218576.82	35	280.77	252.69	238444.80
11	175.59	158.03	188565.57	36	259.62	233.66	229288.14
12	218.81	196.93	210497.09	37	259.12	233.21	229067.24
13	244.36	219.92	222447.52	38	237.52	213.77	219312.11
14	161.43	145.29	180802.59	39	216.99	195.29	209619.83
15	223.96	201.56	212959.86	40	261.37	235.23	230059.61
16	250.49	225.44	225220.39	41	203.37	183.03	202934.53
17	200.55	180.50	201522.64	42	220.14	198.13	211135.86
18	216.60	194.94	209431.37	43	259.36	233.42	229173.30
19	153.56	138.20	176340.30	44	172.54	155.29	186920.71
20	253.73	228.36	226672.29	45	255.70	230.13	227550.54
21	161.72	145.55	180964.91	46	236.99	213.29	219067.28
22	228.80	205.92	215248.69	47	270.16	243.14	233896.13
23	134.36	120.92	164948.17	48	264.91	238.42	231612.34
24	262.80	236.52	230688.10	49	234.22	210.80	217783.26
25	265.96	239.36	232070.89	50	215.97	194.37	209126.58

Tabla 44. Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 3 del pabellón J

Simulación de Montecarlo del concreto para el módulo 3 del pabellón J							
Sim.	f'c <i>Kg/cm²</i>	f'c modelado <i>Kg/cm²</i>	E modelado <i>Kg/cm²</i>	Sim.	f'c <i>Kg/cm²</i>	f'c modelado <i>Kg/cm²</i>	E modelado <i>Kg/cm²</i>
1	234.35	210.92	217843.69	26	259.32	233.39	229155.62
2	239.63	215.67	220284.08	27	190.17	171.15	196238.18
3	220.68	198.61	211394.65	28	271.84	244.66	234622.25
4	208.12	187.31	205290.77	29	250.87	225.78	225391.16
5	238.12	214.31	219588.93	30	227.34	204.61	214560.83
6	171.84	154.66	186541.15	31	143.76	129.38	170620.63
7	310.18	279.16	250622.13	32	158.14	142.33	178950.69
8	220.43	198.39	211274.88	33	270.20	243.18	233913.45
9	223.46	201.11	212722.00	34	242.15	217.94	221439.33
10	260.66	234.59	229746.93	35	161.98	145.78	181110.33
11	247.38	222.64	223817.89	36	234.73	211.26	218020.24
12	218.79	196.91	210487.47	37	228.57	205.71	215140.48
13	276.68	249.01	236701.71	38	209.17	188.25	205807.98
14	205.82	185.24	204153.25	39	228.93	206.04	215309.83
15	231.36	208.22	216449.53	40	274.69	247.22	235848.95
16	255.09	229.58	227278.96	41	243.27	218.94	221950.84
17	213.66	192.29	208005.17	42	207.77	186.99	205118.08
18	336.07	302.46	260871.95	43	267.91	241.12	232920.10
19	111.51	100.36	150269.01	44	165.22	148.70	182912.68
20	140.29	126.26	168548.88	45	209.55	188.60	205994.84
21	265.06	238.55	231677.90	46	190.34	171.31	196325.88
22	217.40	195.66	209817.78	47	222.20	199.98	212121.43
23	172.55	155.30	186926.12	48	240.00	216.00	220454.08
24	230.28	207.25	215943.74	49	252.53	227.28	226135.63
25	213.38	192.04	207868.83	50	267.73	240.96	232841.85

Tabla 45. Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 1 del pabellón J

Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 1 del pabellón J							
Sim.	f_y Kg/cm^2	Peso específico Kg/m^3	E Kgf/cm^2	Sim.	f_y Kg/cm^2	Peso específico Kg/m^3	E Kgf/cm^2
1	4321.27	7850	2000000	26	4757.77	7850	2000000
2	4306.68	7850	2000000	27	4917.17	7850	2000000
3	4984.92	7850	2000000	28	4338.80	7850	2000000
4	4486.34	7850	2000000	29	4218.59	7850	2000000
5	4583.19	7850	2000000	30	5232.42	7850	2000000
6	4681.19	7850	2000000	31	4735.16	7850	2000000
7	4101.57	7850	2000000	32	4935.72	7850	2000000
8	4975.75	7850	2000000	33	4754.72	7850	2000000
9	4744.92	7850	2000000	34	4444.67	7850	2000000
10	4311.75	7850	2000000	35	4679.49	7850	2000000
11	5233.93	7850	2000000	36	5089.54	7850	2000000
12	4885.96	7850	2000000	37	4895.40	7850	2000000
13	5061.27	7850	2000000	38	4572.79	7850	2000000
14	5367.46	7850	2000000	39	4794.90	7850	2000000
15	5126.95	7850	2000000	40	5094.42	7850	2000000
16	4780.96	7850	2000000	41	4830.67	7850	2000000
17	4484.62	7850	2000000	42	4482.52	7850	2000000
18	5022.82	7850	2000000	43	4797.16	7850	2000000
19	4866.50	7850	2000000	44	4854.08	7850	2000000
20	4923.47	7850	2000000	45	5039.34	7850	2000000
21	4650.91	7850	2000000	46	5234.53	7850	2000000
22	4846.27	7850	2000000	47	4704.19	7850	2000000
23	4785.89	7850	2000000	48	4990.31	7850	2000000
24	4577.31	7850	2000000	49	5107.83	7850	2000000
25	4722.70	7850	2000000	50	4550.02	7850	2000000

Tabla 46. Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 2 del pabellón J

Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 2 del pabellón J							
Sim.	fy Kg/cm ²	Peso específico Kg/m ³	E Kgf/cm ²	Sim.	fy Kg/cm ²	Peso específico Kg/m ³	E Kgf/cm ²
1	4763.06	7850	2000000	26	4272.90	7850	2000000
2	4933.66	7850	2000000	27	5205.48	7850	2000000
3	5090.02	7850	2000000	28	4413.92	7850	2000000
4	4807.13	7850	2000000	29	5060.59	7850	2000000
5	4897.96	7850	2000000	30	4763.94	7850	2000000
6	4878.15	7850	2000000	31	4917.38	7850	2000000
7	4881.49	7850	2000000	32	4705.92	7850	2000000
8	4554.41	7850	2000000	33	4570.12	7850	2000000
9	4736.13	7850	2000000	34	4560.38	7850	2000000
10	4840.84	7850	2000000	35	4534.93	7850	2000000
11	4565.59	7850	2000000	36	4824.30	7850	2000000
12	4853.40	7850	2000000	37	5296.57	7850	2000000
13	4733.97	7850	2000000	38	4566.36	7850	2000000
14	4288.96	7850	2000000	39	4834.77	7850	2000000
15	4878.15	7850	2000000	40	4841.92	7850	2000000
16	4917.91	7850	2000000	41	4694.14	7850	2000000
17	4730.25	7850	2000000	42	5615.12	7850	2000000
18	4454.78	7850	2000000	43	5163.93	7850	2000000
19	4593.30	7850	2000000	44	5104.57	7850	2000000
20	5125.46	7850	2000000	45	4936.44	7850	2000000
21	5013.63	7850	2000000	46	4867.74	7850	2000000
22	4319.95	7850	2000000	47	4631.40	7850	2000000
23	4682.19	7850	2000000	48	4692.09	7850	2000000
24	4059.70	7850	2000000	49	4451.18	7850	2000000
25	4506.56	7850	2000000	50	4616.12	7850	2000000

Tabla 47. Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 3 del pabellón J

Simulación de Montecarlo del acero para el módulo 3 del pabellón J							
Sim.	fy Kg/cm ²	Peso específico Kg/m ³	E Kgf/cm ²	Sim.	fy Kg/cm ²	Peso específico Kg/m ³	E Kgf/cm ²
1	4773.57	7850	2000000	26	4998.29	7850	2000000
2	4655.23	7850	2000000	27	4767.42	7850	2000000
3	4722.72	7850	2000000	28	4444.43	7850	2000000
4	4562.33	7850	2000000	29	5035.39	7850	2000000
5	4531.61	7850	2000000	30	5093.11	7850	2000000
6	5025.59	7850	2000000	31	5078.05	7850	2000000
7	5240.52	7850	2000000	32	4564.90	7850	2000000
8	4775.73	7850	2000000	33	4999.89	7850	2000000
9	4675.97	7850	2000000	34	4763.11	7850	2000000
10	4385.21	7850	2000000	35	4076.13	7850	2000000
11	5055.69	7850	2000000	36	4879.84	7850	2000000
12	4417.16	7850	2000000	37	5031.34	7850	2000000
13	5213.61	7850	2000000	38	4989.30	7850	2000000
14	4626.83	7850	2000000	39	4999.94	7850	2000000
15	5509.60	7850	2000000	40	4473.05	7850	2000000
16	5018.81	7850	2000000	41	5039.54	7850	2000000
17	4407.86	7850	2000000	42	4513.29	7850	2000000
18	4495.52	7850	2000000	43	5060.08	7850	2000000
19	4939.98	7850	2000000	44	5182.29	7850	2000000
20	5201.73	7850	2000000	45	4774.19	7850	2000000
21	4974.76	7850	2000000	46	4403.89	7850	2000000
22	5023.84	7850	2000000	47	4967.17	7850	2000000
23	5146.59	7850	2000000	48	4962.79	7850	2000000
24	5093.18	7850	2000000	49	5063.98	7850	2000000
25	4674.66	7850	2000000	50	4701.66	7850	2000000

ANEXOS

ANEXO A. TABLAS USADAS EN LA METODOLOGÍA HAZUS 1999

Tabla 48. Nomenclatura de los sistemas estructurales que considera HAZUS 99

N	Código	Descripción	Altura			
			Rango		Valor típico	
			Nombre	Pisos	piso	pies
1	W1	Estructuras de madera liviana	1 - 2		1	14
2	W2	Estructuras de madera para industria	Todos		2	24
3	S1L	Pórticos de acero compuestos por vigas y columnas. Se usan diafragmas horizontales para transmitir cargas	Bajo	1 - 3	2	24
4	S1M		Mediano	4 - 7	5	60
5	S1H		Alto	8 +	13	156
6	S2L	Pórticos arriostrados de acero con diagonales. Además, tienen columnas y vigas.	Bajo	1 - 3	2	24
7	S2M		Mediano	4 - 7	5	60
8	S2H		Alto	8 +	13	156
9	S3L	Pórticos de Acero liviano	Todos		1	15
10	S4L	Pórticos de acero con muros de corte. El pórtico resiste la carga vertical y el muro el sismo. También incluye sistema dual	Bajo	1 - 3	2	24
11	S4M		Mediano	4 - 7	5	60
12	S4H		Alto	8 +	13	156
13	S5L	Pórticos de acero con paredes de bloque sin reforzar para resistir sismo. Es un edificio antiguo	Bajo	1 - 3	2	24
14	S5M		Mediano	4 - 7	5	60
15	S5H		Alto	8 +	13	156
16	C1L	Pórticos de vigas y columnas de	Bajo	1 - 3	2	20
17	C1M	hormigón armado. Se incluyen edificios	Mediano	4 - 7	5	50
18	C1H	antiguos y modernos.	Alto	8 +	12	120
19	C2L	Pórticos con muros de corte para resistir la acción sísmica	Bajo	1 - 3	2	20
20	C2M		Mediano	4 - 7	5	50
21	C2H		Alto	8 +	12	120
22	C3L	Pórticos de hormigón armado con paredes sin reforzar. Edificios antiguos que pueden tener problemas con sismos	Bajo	1 - 3	2	20
23	C3M		Mediano	4 - 7	5	50
24	C3H		Alto	8 +	12	120
25	PC1	Casa Prefabricada de hormigón	Todos		1	15
26	PC2L	Pórticos de Concreto Prefabricado con muros de corte de hormigón	Bajo	1 - 3	2	20
27	PC2M		Mediano	4 - 7	5	50
28	PC2H		Alto	8 +	12	120
29	RM1L	Mampostería Reforzada confinada con elementos de madera o metal	Bajo	1 - 3	2	20
30	RM1M		Mediano	4 +	5	50
31	RM2L	Estructuras con Mampostería reforzada con Diafragmas de concreto prefabricado	Bajo	1 - 3	2	20
32	RM2M		Mediano	4 - 7	5	50
33	RM3H		Alto	8 +	12	120
34	URML	Estructuras con Mampostería no reforzada	Bajo	1 - 2	1	15
35	URMM		Mediano	3 +	3	35
36	MH	Casa Móviles	Todas		1	10

Fuente: Extraído de Pastor (2022).

Tabla 49. Parámetros de sobre resistencia y factores modales que definen el espectro de capacidad.

Edificio tipo	Altura media (pies)	Periodo Te (Seg.)	Factor Modal		Sobrerresistencia	
			Peso α_1	Altura α_2	Fluencia h	Ultima I
W1	14.00	0.35	0.75	0.75	1.50	3.00
W2	24.00	0.40	0.75	0.75	1.50	2.50
S1L	24.00	0.50	0.80	0.75	1.50	3.00
S1M	60.00	1.08	0.80	0.75	1.25	3.00
S1H	156.00	2.21	0.75	0.60	1.10	3.00
S2L	24.00	0.40	0.75	0.75	1.50	2.00
S2M	60.00	0.86	0.75	0.75	1.25	2.00
S2H	156.00	1.77	0.65	0.60	1.10	2.00
S3	15.00	0.40	0.75	0.75	1.50	2.00
S4L	24.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.25
S4M	60.00	0.65	0.75	0.75	1.25	2.25
S4H	156.00	1.32	0.65	0.65	1.10	2.25
S5L	24.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
S5M	60.00	0.65	0.75	0.75	1.25	2.00
S5H	156.00	1.32	0.65	0.60	1.10	2.00
C1L	20.00	0.40	0.80	0.75	1.50	3.00
C1M	50.00	0.75	0.80	0.75	1.25	3.00
C1H	120.00	1.45	0.75	0.60	1.10	3.00
C2L	20.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.50
C2M	50.00	0.56	0.75	0.75	1.25	2.50
C2H	120.00	1.09	0.65	0.60	1.10	2.50
C3L	20.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.50
C3M	50.00	0.56	0.75	0.75	1.25	2.50
C3H	120.00	1.09	0.65	0.60	1.10	2.50
PC1	15.00	0.35	0.50	0.75	1.50	2.00
PC2L	20.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
PC2M	50.00	0.56	0.75	0.75	1.25	2.00
PC2H	120.00	1.09	0.65	0.60	1.10	2.00
RM1L	20.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
RM1M	50.00	0.56	0.75	0.75	1.25	2.00
RM2L	20.00	0.35	0.75	0.75	1.50	2.00
RM2M	50.00	0.56	0.75	0.75	1.25	2.00
RM2H	120.00	1.09	0.65	0.60	1.10	2.00
URML	15.00	0.35	0.50	0.75	1.50	2.00
URMM	35.00	0.50	0.75	0.75	1.25	2.00
MH	10.00	0.35	1.00	1.00	1.50	2.00

Fuente: Extraído de Pastor (2022).

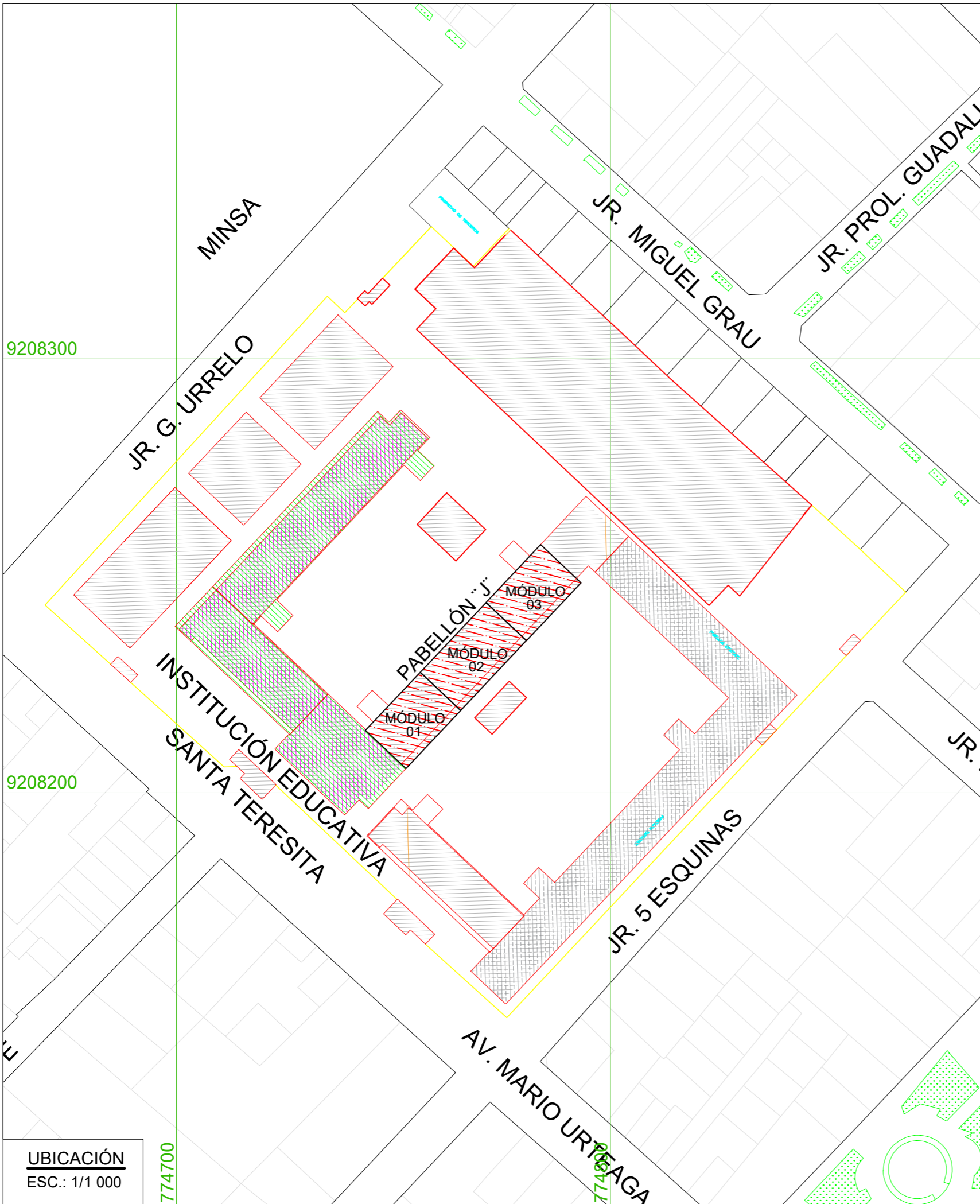
Tabla 50. Parámetros que definen las curvas de fragilidad estructural

Parámetros que definen las curvas de fragilidad estructural Nivel de Diseño Sísmico Moderado								
Edificio Tipo	Desplazamiento espectral (Pulgadas)							
	Ligero		Moderado		Extensivo		Complejo	
	Media	Beta	Media	Beta	Media	Beta	Media	Beta
W1	0.50	0.84	1.25	0.86	3.86	0.89	9.45	1.04
W2	0.86	0.89	2.14	0.95	6.62	0.95	16.20	0.92
S1L	1.30	0.80	2.24	0.75	5.08	0.74	12.96	0.88
S1M	2.16	0.65	3.74	0.68	8.46	0.69	21.60	0.87
S1H	3.37	0.64	5.83	0.64	13.21	0.71	33.70	0.83
S2L	1.08	0.93	1.87	0.92	5.04	0.93	12.96	0.93
S2M	1.80	0.70	3.12	0.69	8.40	0.69	21.60	0.89
S2H	2.81	0.66	4.87	0.64	13.10	0.69	33.70	0.80
S3	0.54	0.88	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	0.89
S4L	0.86	0.96	1.50	1.00	4.04	1.03	11.34	0.92
S4M	1.44	0.75	2.50	0.72	6.73	0.72	18.90	0.94
S4H	2.55	0.66	3.90	0.67	10.50	0.70	29.48	0.90
S5L								
S5M								
S5H								
C1L	0.90	0.89	1.56	0.90	4.20	0.90	10.80	0.89
C1M	1.50	0.70	2.60	0.70	7.00	0.70	18.00	0.89
C1H	2.16	0.66	3.74	0.66	10.08	0.76	25.92	0.91
C2L	0.72	0.91	1.52	0.97	4.17	1.03	10.80	0.87
C2M	1.20	0.81	2.53	0.77	6.95	0.73	18.00	0.91
C2H	1.73	0.66	3.64	0.68	10.00	0.70	25.92	0.87
C3L								
C3M								
C3H								
PC1	0.54	0.89	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	1.04
PC2L	0.72	0.96	1.25	1.00	3.37	1.03	9.45	0.88
PC2M	1.20	0.82	2.08	0.79	5.61	0.75	15.75	0.93
PC2H	1.73	0.68	3.00	0.69	8.08	0.77	22.68	0.89
RM1L	0.72	0.96	1.25	0.99	3.37	1.05	9.45	0.94
RM1M	1.20	0.81	2.08	0.82	5.61	0.80	15.75	0.89
RM2L	0.72	0.91	1.25	0.96	3.37	1.02	9.45	0.93
RM2M	1.20	0.81	2.08	0.80	5.61	0.75	15.75	0.88
RM2H	1.73	0.67	3.00	0.69	8.08	0.70	22.68	0.86
URML								
URMM								
MH	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92

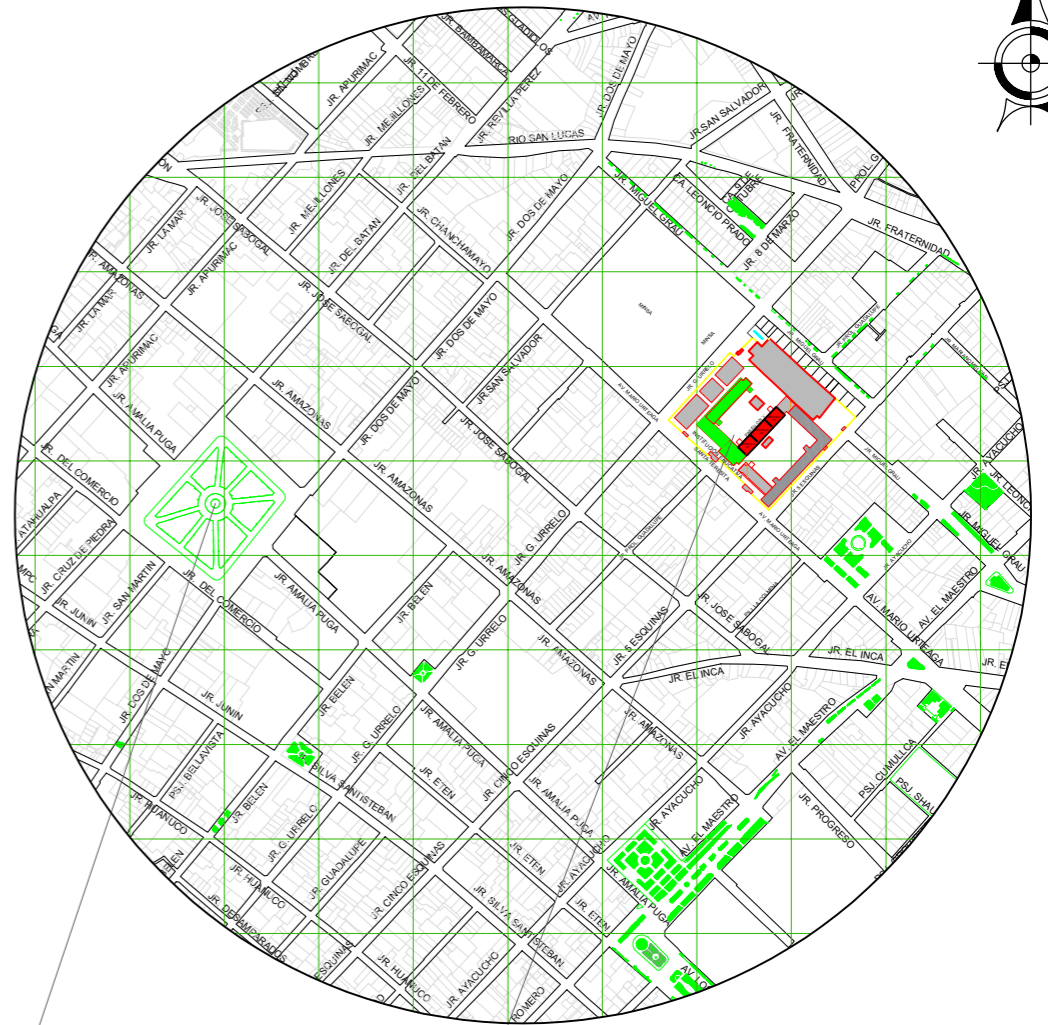
Fuente: Extraído de Pastor (2022).

ANEXO B. PLANOS

- **Plano U-01:** Ubicación de la I.E. Santa Teresita
- **Plano A-01, A-02, A-03:** Arquitectura General.
- **Plano E-01:** Detalle de columnas – Módulo 1, 2 y 3.
- **Plano E-02:** Losas y vigas – Módulo 1 y 3.
- **Plano E-03:** Losas y vigas – Módulo 1 y 3.
- **Plano E-04:** Losas y vigas – Módulo 2.
- **Plano E-05:** Losas y vigas – Módulo 2.



LOCALIZACIÓN
ESC.: 1/8 000



PLAZA DE ARMAS I.E. SANTA TERESITA

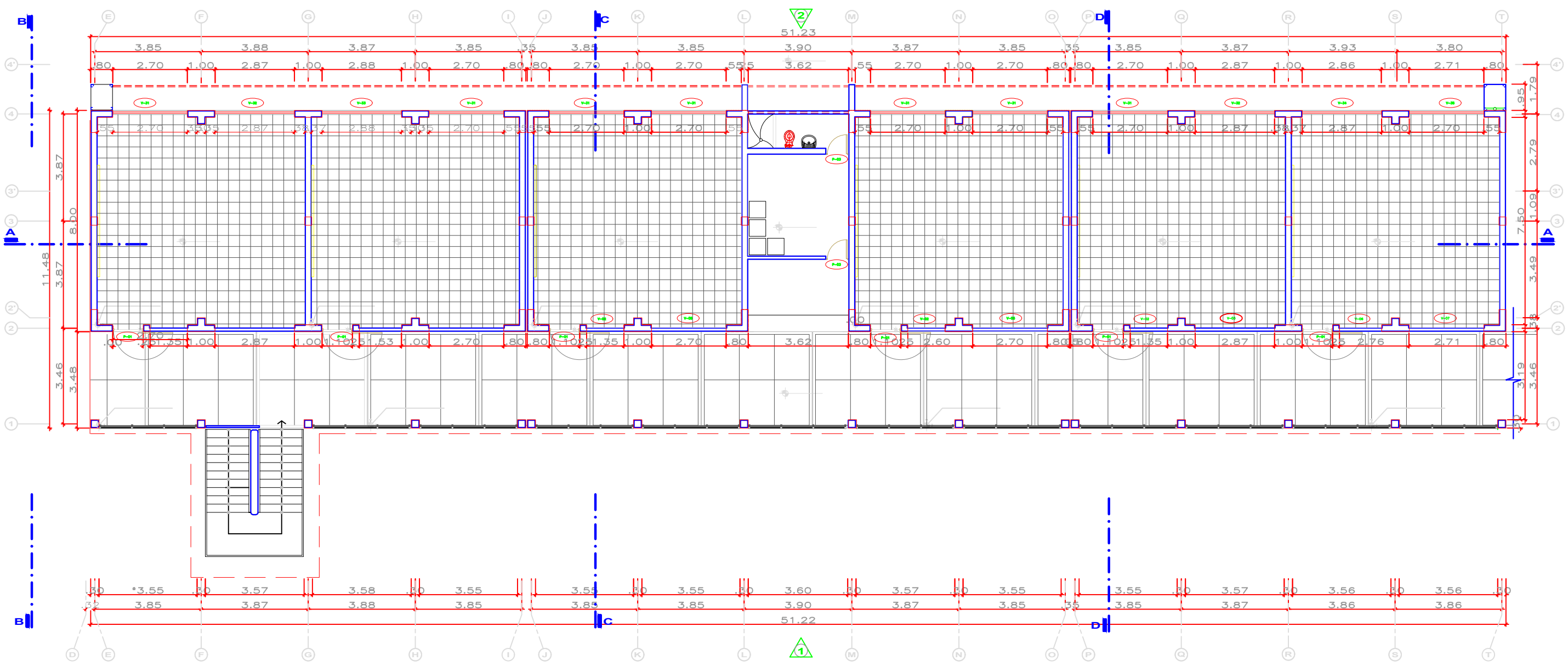
UBICACIÓN	
DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
PROVINCIA:	CAJAMARCA
UBICACIÓN	CAJAMARCA
Av. Mario Urteaga N°360	

UBICACIÓN
ESC.: 1/1 000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"			
PLANO:	UBICACIÓN DE LA I.E. SANTA TERESITA		PLANO N°:
TESISTA:	Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA		
REGIÓN: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: CAJAMARCA	FECHA: 2024
			U-01

PABELLON "J" / PLANTA

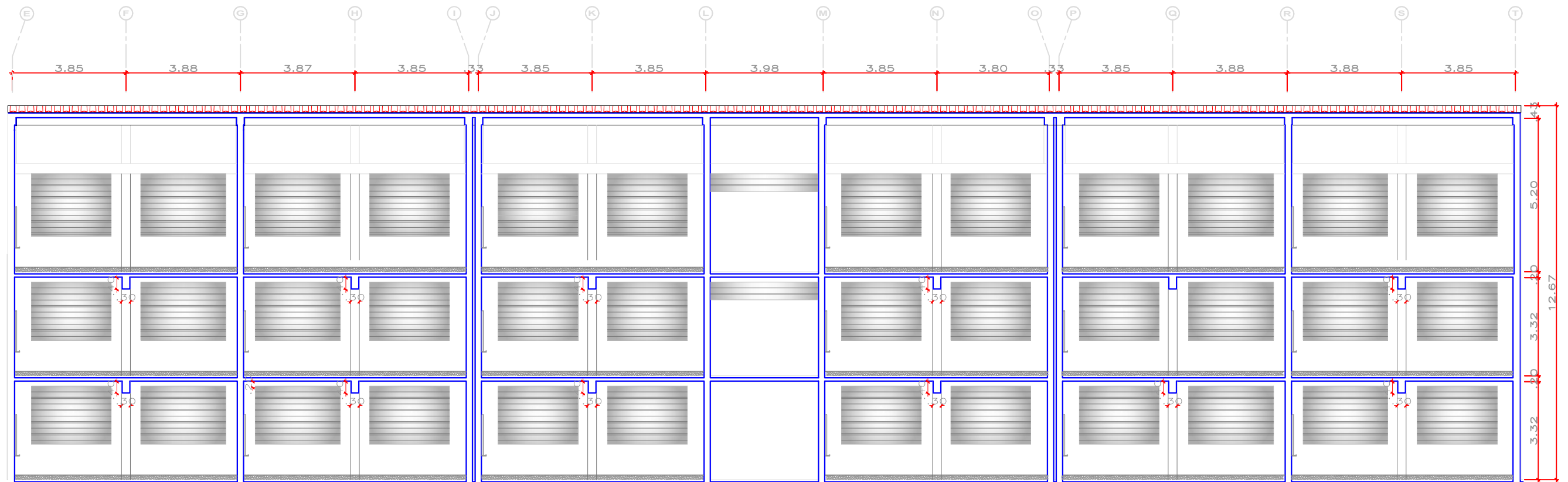


ESC. 1/150



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO:			
"VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"			
PLANO:		PLANO N°:	
ARQUITECTURA GENERAL		A-01	
TESISTA:			
Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA			
REGIÓN:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	2024

PABELLON "J" / CORTE A-A

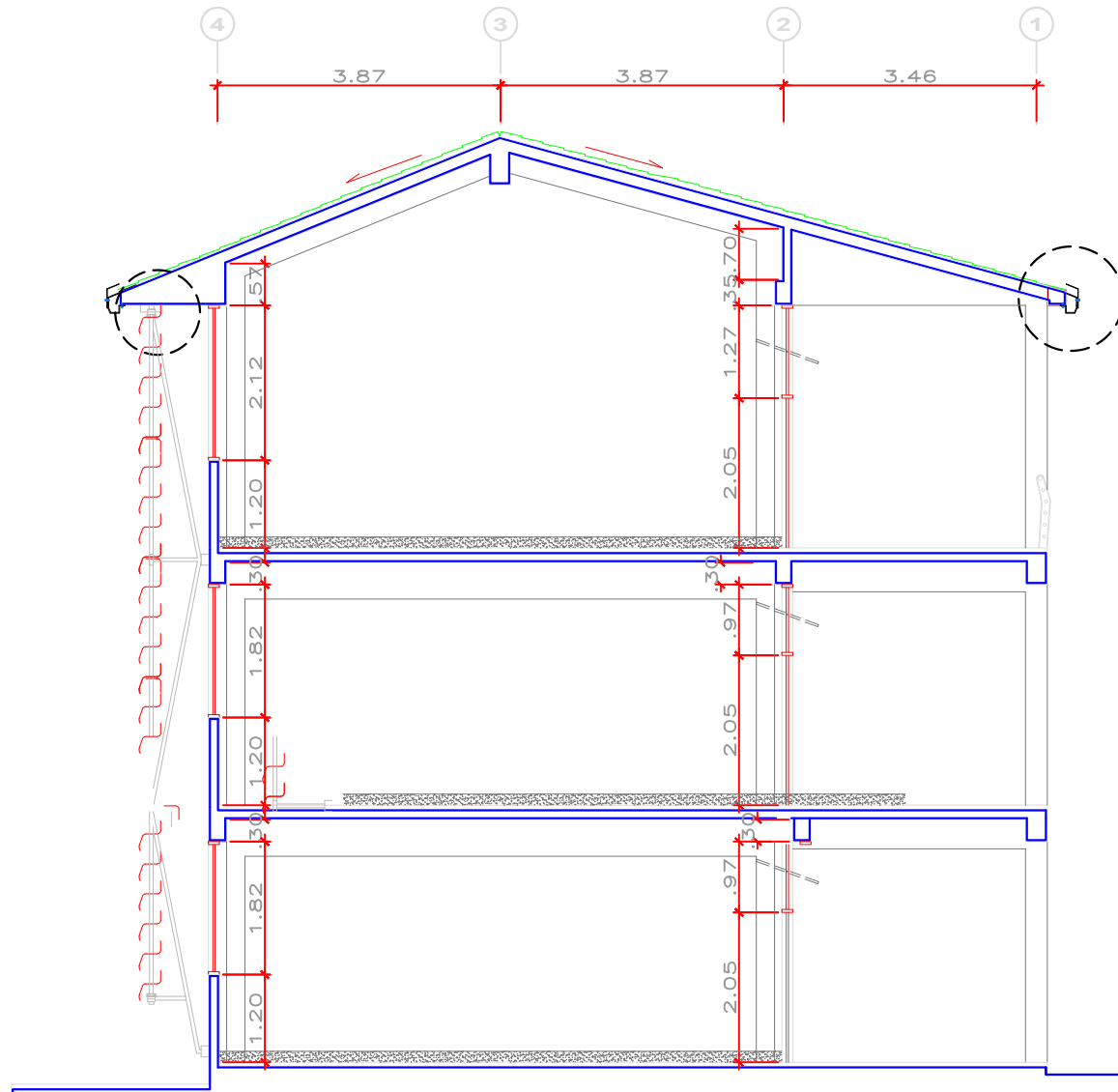


ESC. 1/150

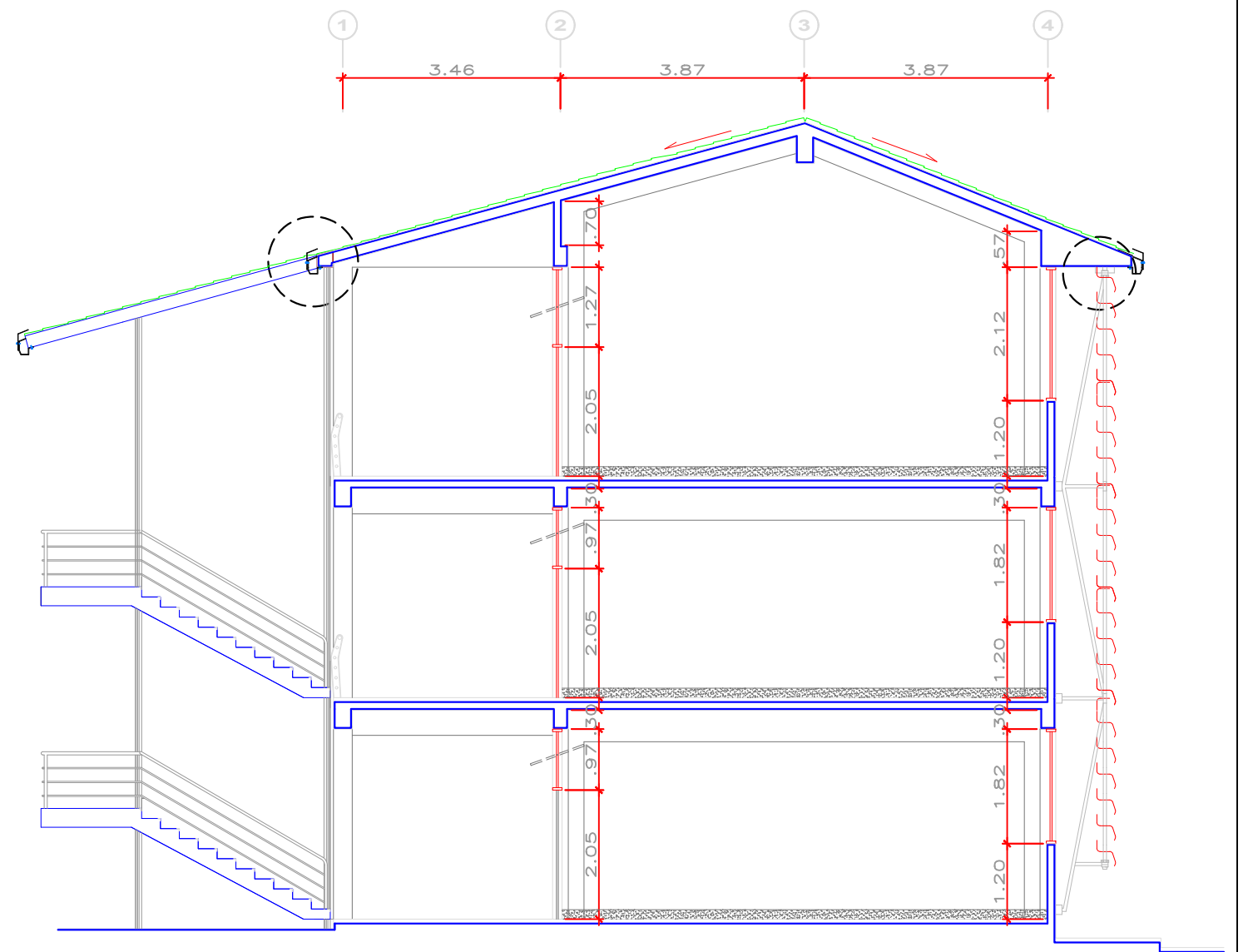


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"			
PLANO:	ARQUITECTURA GENERAL		PLANO N°:
TESISTA:	Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA		
REGIÓN:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	2024
			A-02

PABELLON "J" / CORTE B-B



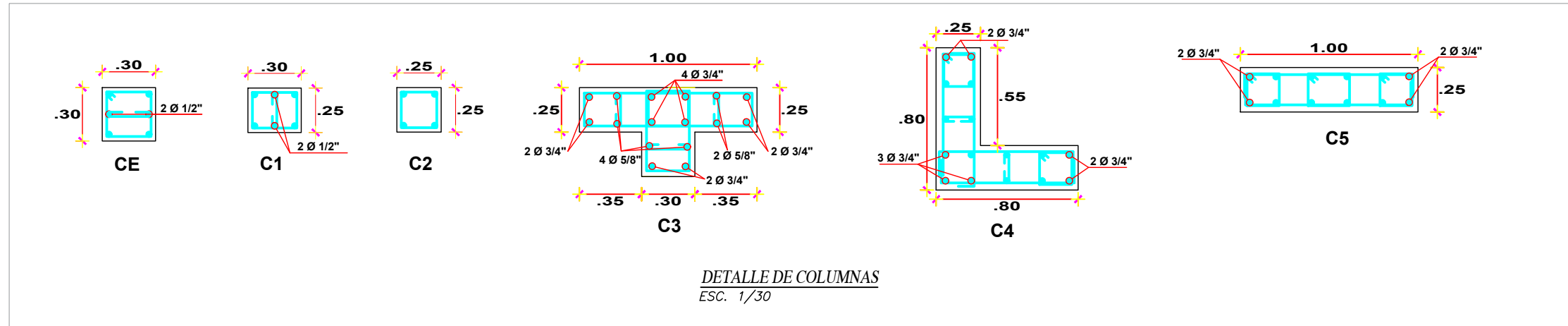
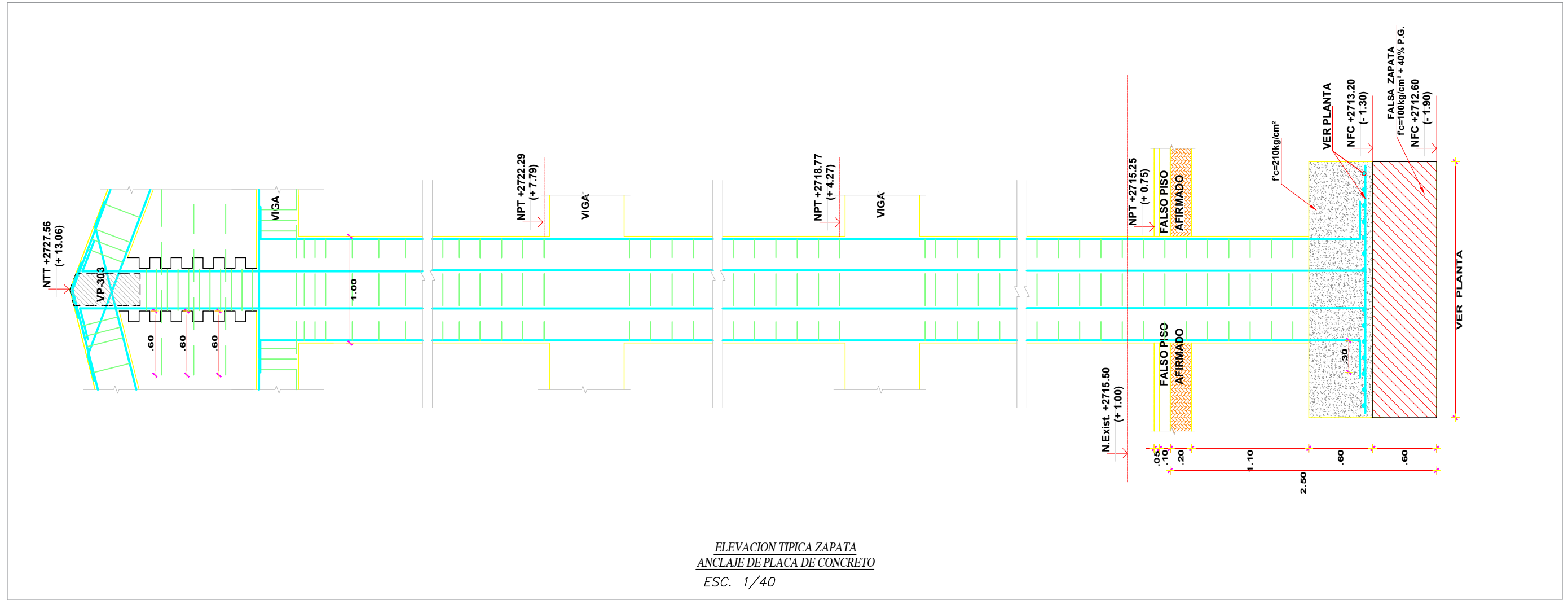
PABELLON "J" / CORTE D-D



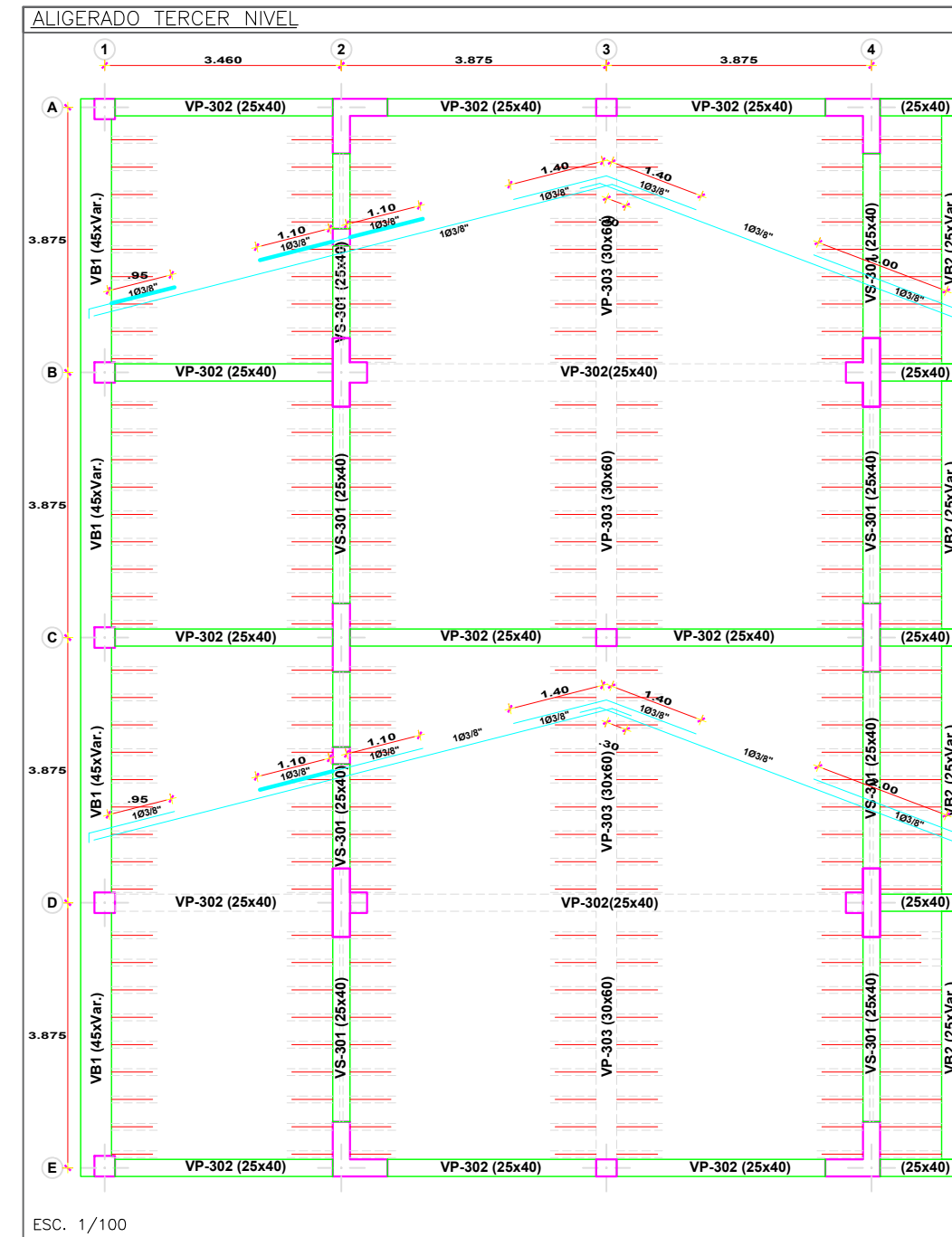
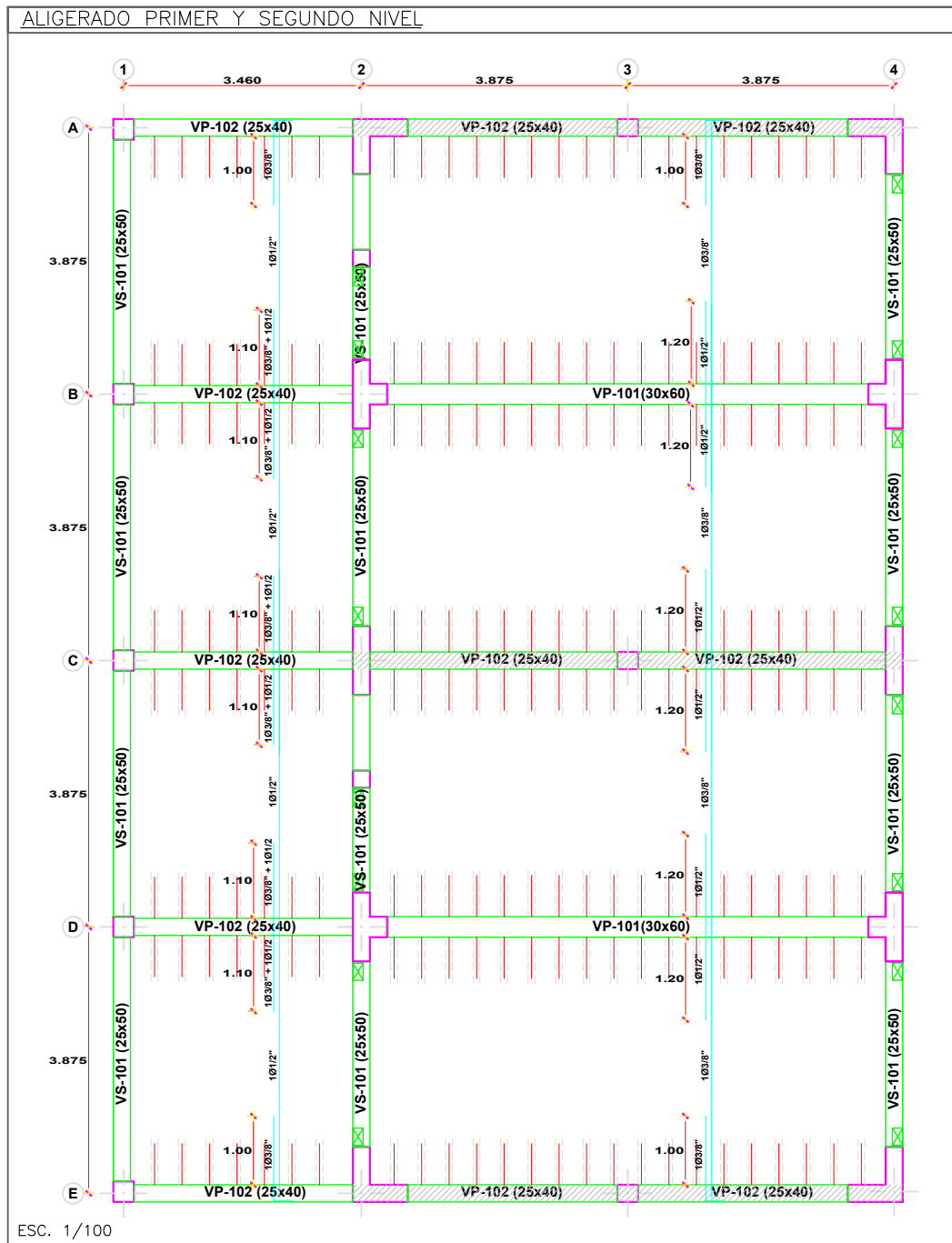
ESC. 1/100



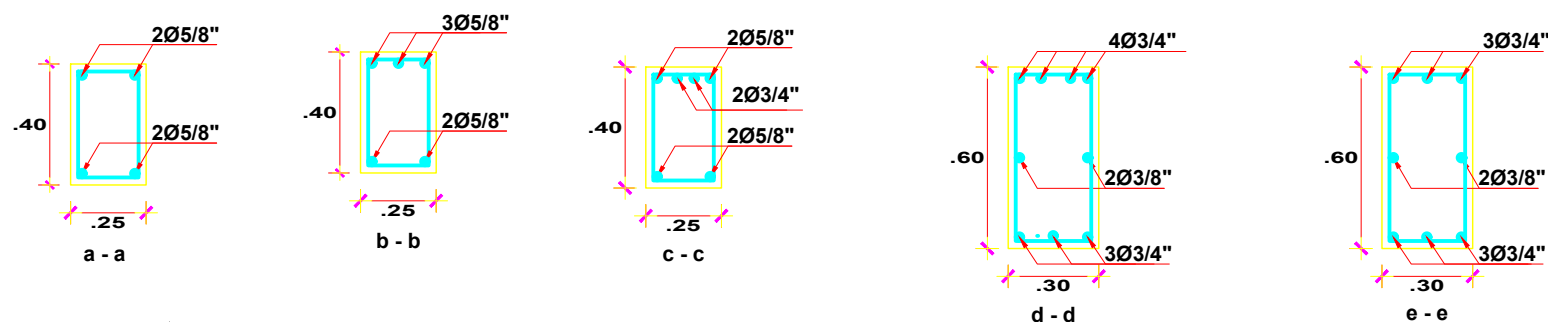
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO:			
"VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"			
PLANO:		ARQUITECTURA GENERAL	
TESISTA:		Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA	
REGIÓN:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	2024
			PLANO N°:
			A-03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO:			
"VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"			
PLANO:	DETALLE COLUMNAS - MÓDULO 1, 2 Y 3		PLANO N°:
TESISTA:	Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA		
REGIÓN:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	2024
			E-01



DETALLES

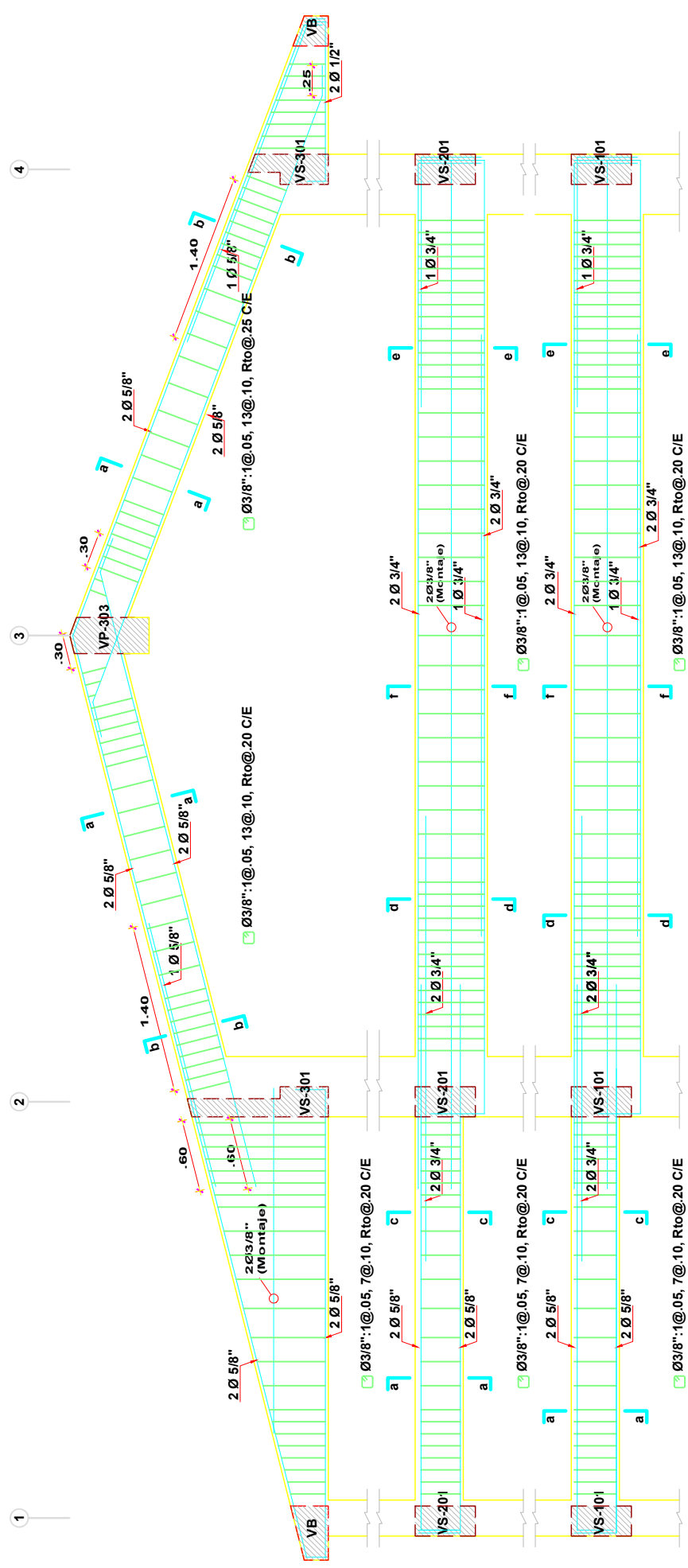


ESC. 1/25



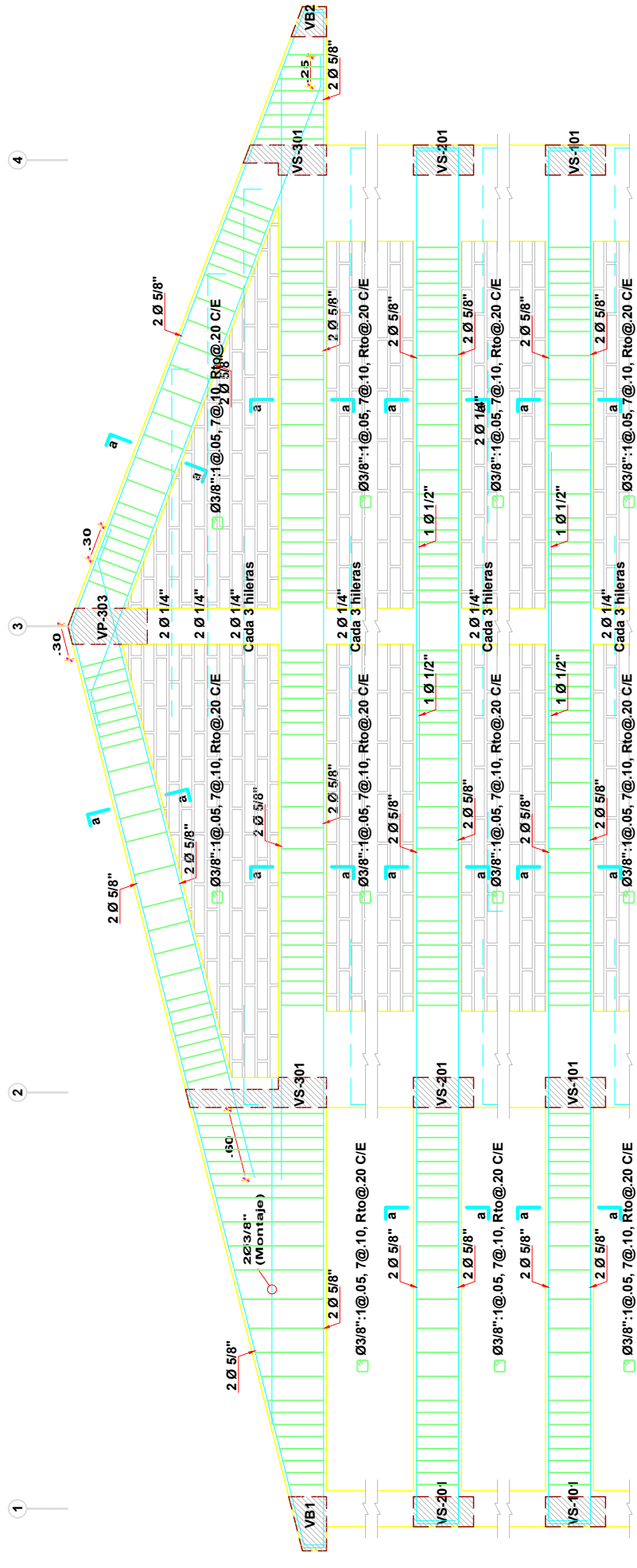
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: "VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA - CAJAMARCA"	
PLANO:	LOSAS Y VIGAS MÓDULO 1 Y 3
TESISTA:	Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA
REGIÓN:	CAJAMARCA
PROVINCIA:	CAJAMARCA
DISTRITO:	CAJAMARCA
FECHA:	2024
PLANO N°: E-02	

EJE B,D

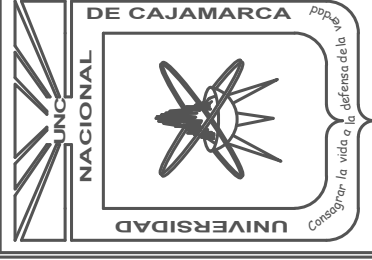
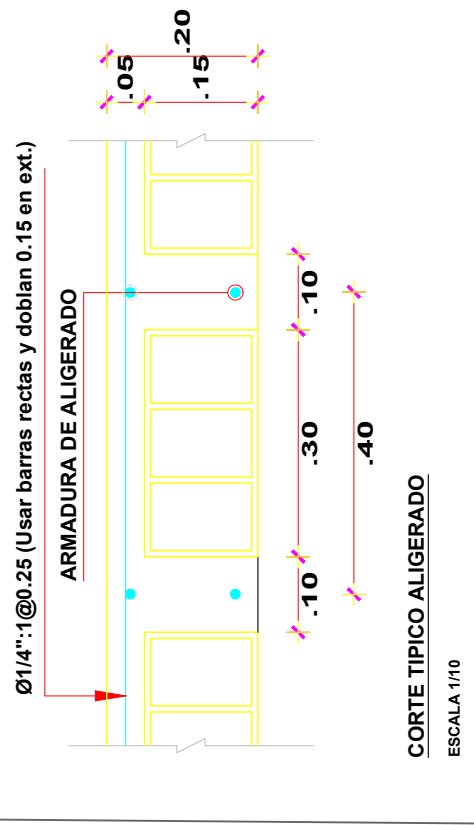


ESC. 1/50

EJE A,E



ESC. 1/50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
"VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA -
CAJAMARCA"

PLANO: LOSAS Y VIGAS MÓDULO 1 Y 3

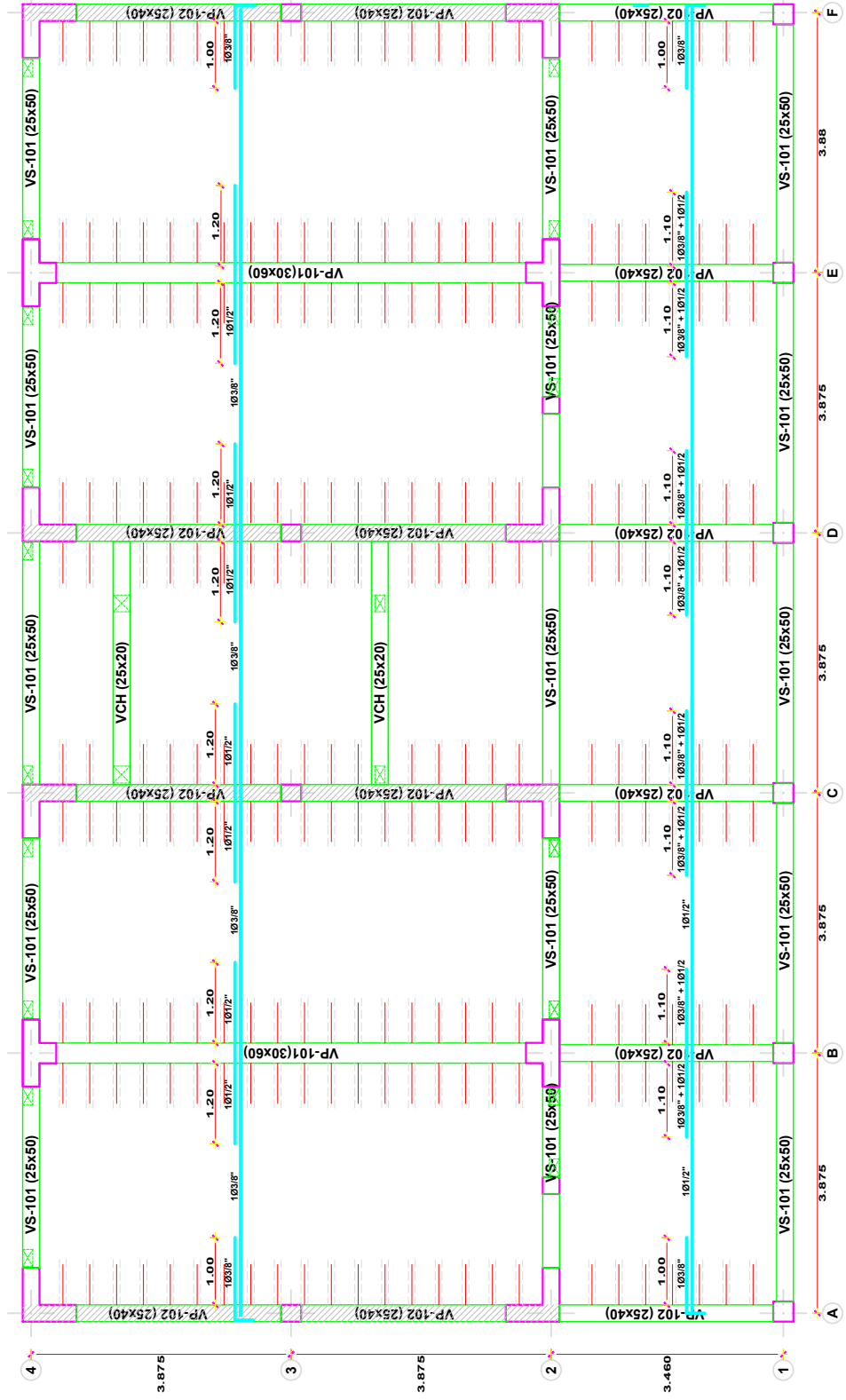
TESISTA: Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA

REGIÓN: CAJAMARCA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DISTRITO: CAJAMARCA

PLANO N°:
E-03

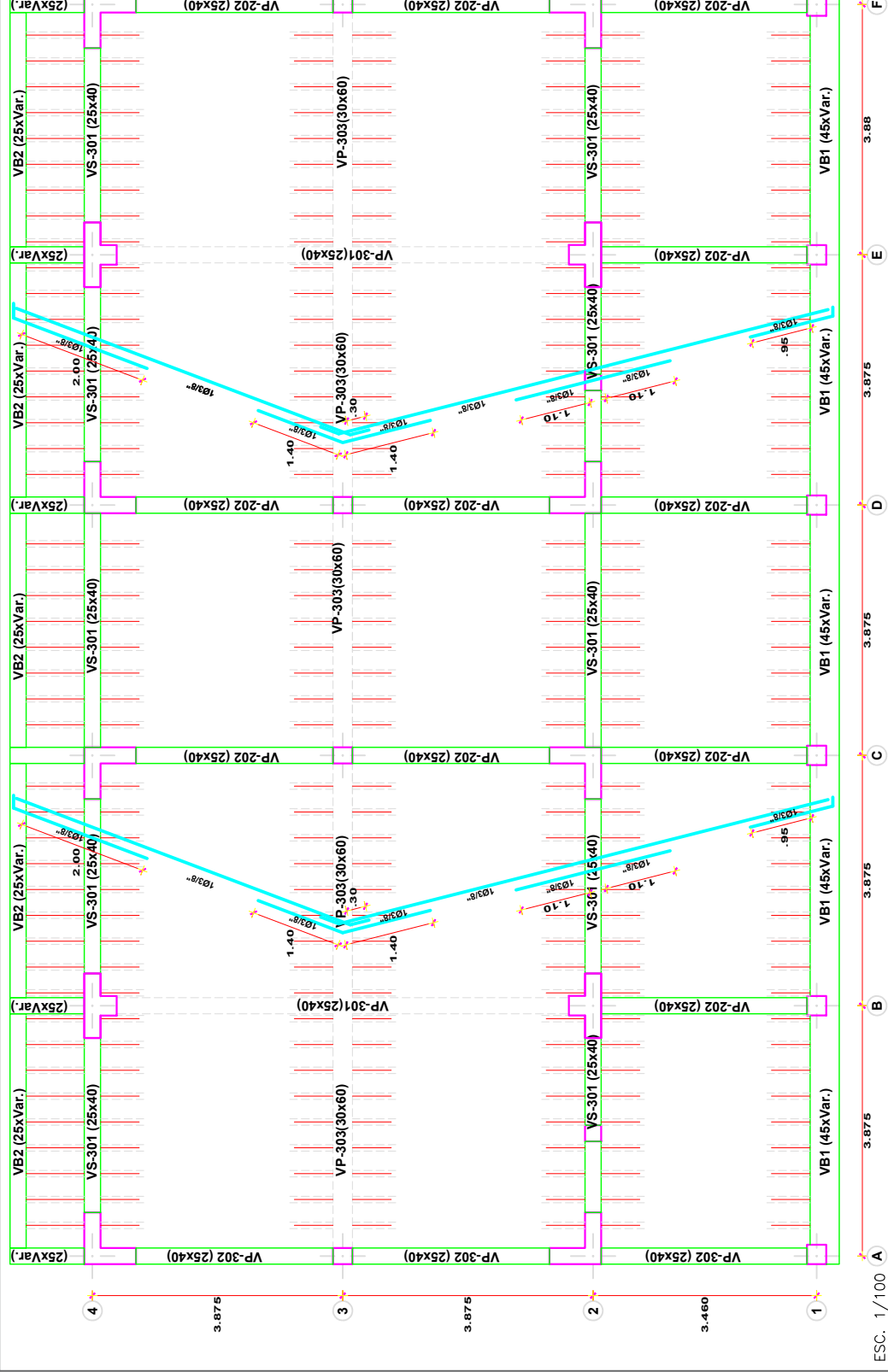
FECHA:
2024

ALIGERADO PRIMER Y SEGUNDO NIVEL

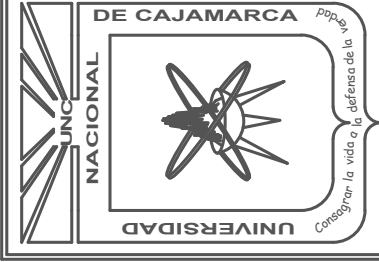


ESC. 1/100

ALIGERADO TERCER NIVEL



ESC. 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
 "VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA
 INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA -
 CAJAMARCA"

PLANO N°:
 LOSAS Y VIGAS MÓDULO 2

TESISTA:
 Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA

REGIÓN:
 CAJAMARCA

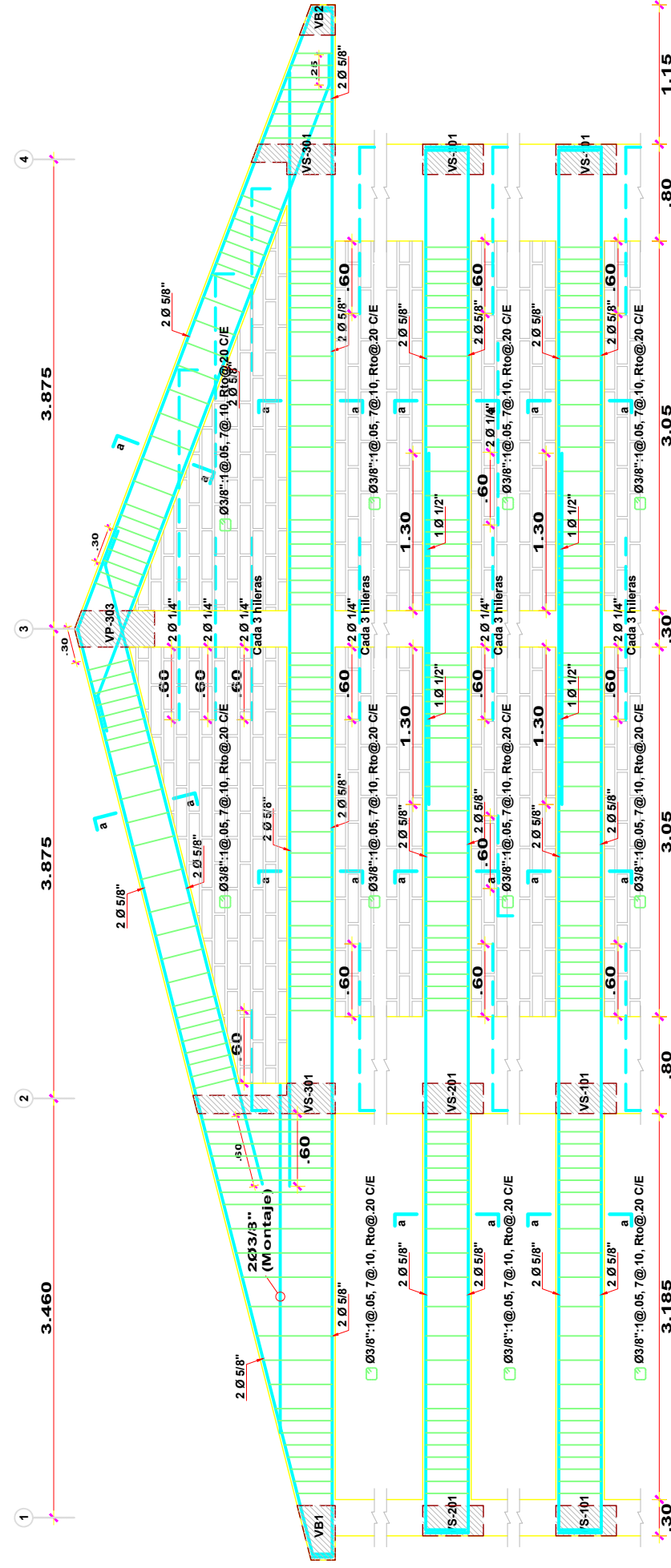
PROVINCIA:
 CAJAMARCA

DISTRITO:
 CAJAMARCA

FECHA:
 2024

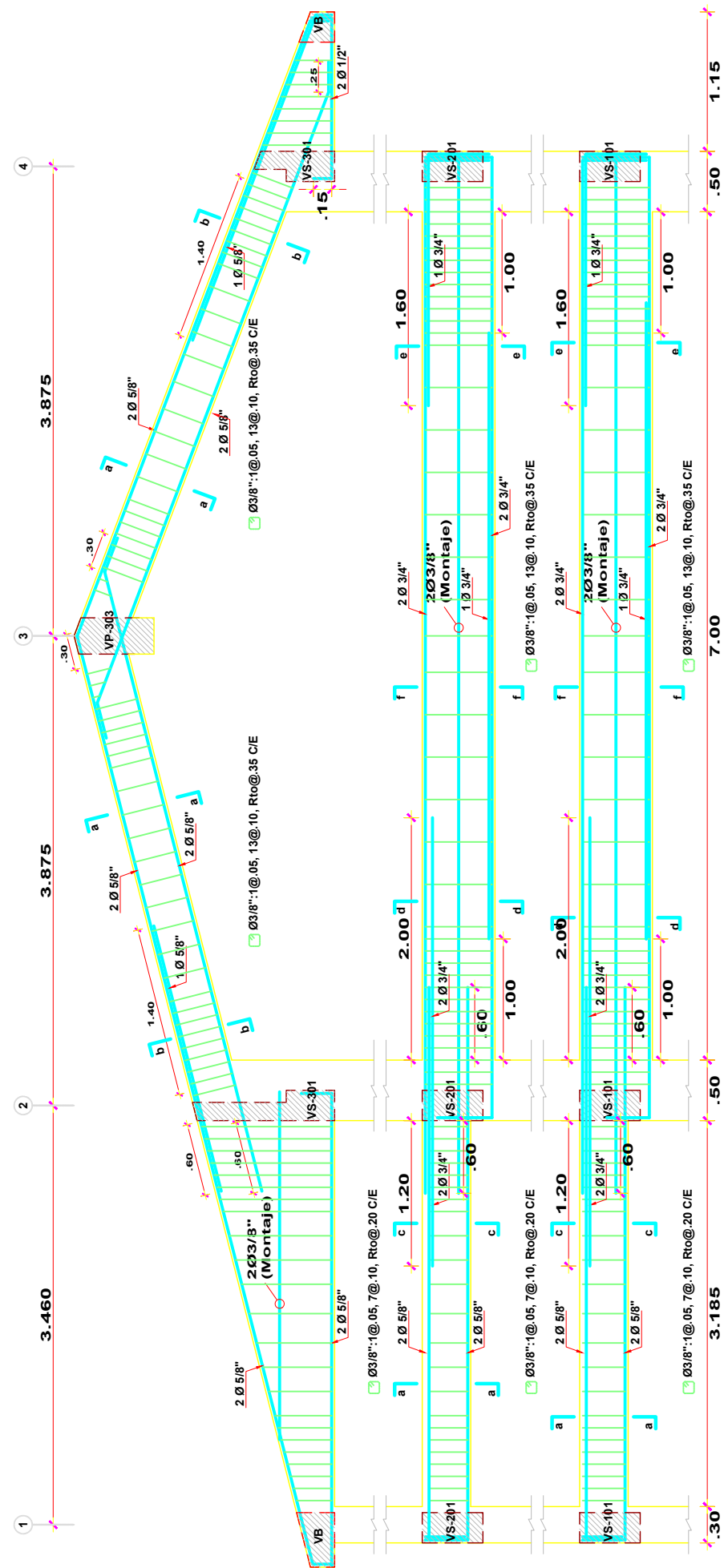
PLANO N°:
E-04

EJE A,F



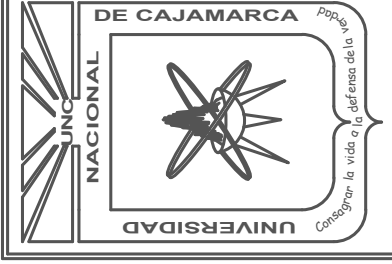
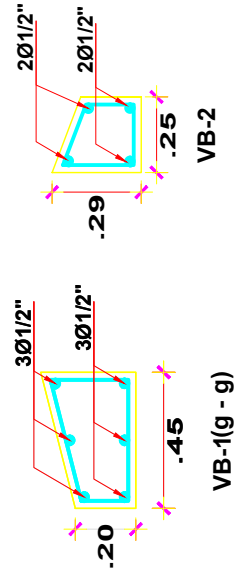
ESC. 1/50

EJE B,E



ESC. 1/50

DETALLES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
 "VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PABELLÓN J DE LA
 INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SANTA TERESITA -
 CAJAMARCA"

PLANO: LOSAS Y VIGAS MÓDULO 2

TESISTA: Bach. GILMER YONEL LLAMO BURGA

REGIÓN: CAJAMARCA

PROVINCIA: CAJAMARCA

DISTRITO: CAJAMARCA

FECHA: 2024

PLANO N°: E-05