

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Análisis comparativo del desempeño sísmico de una estructura existente de hormigón armado en Riobamba antes y después de la implementación de disipadores de energía.

### **PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo la obtención del Título de:

**Máster en Ingeniería Civil con mención en Estructuras  
Civiles Sismorresistentes**

Presentado por:

Anderson Steeven Campoverde Salazar

Alexis Fernando Merino Gavilanes

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

## **DEDICATORIA**

**De: Anderson Steeven Campoverde Salazar**

El presente proyecto lo dedico a mis padres, cuyo apoyo incondicional han sido mi mayor inspiración; a mi familia, que siempre creyó en mí incluso en los momentos más difíciles; a mi tutor de tesis, quien, con su guía, conocimientos y apoyo incondicional, contribuyó decisivamente a la realización de este Proyecto de Titulación; y a todos aquellos que me impulsaron a seguir adelante en este viaje de conocimiento y crecimiento personal, les dedico el fruto de mi esfuerzo y dedicación.

## **DEDICATORIA**

**De: Alexis Fernando Merino  
Gavilanes**

Dedico esta tesis a mis padres, por su incondicional apoyo y por estar siempre a mi lado en cada paso que doy. A mi hermana, cuyo ejemplo de constancia y dedicación me ha guiado en todo momento. A mi novia, por su apoyo incondicional desde el inicio de este proceso, siempre creyendo en mí y motivándome a seguir adelante. Y a todos aquellos que, con su actitud positiva y valioso conocimiento, han contribuido a que pueda alcanzar esta meta. Sin su apoyo, este logro no hubiera sido posible.

## **AGRADECIMIENTOS**

**De: Anderson Steeven Campoverde Salazar.**

En primer lugar, agradezco profundamente al tutor de titulación PhD. Rodrigo Retamales Saavedra por su orientación, paciencia y valiosas sugerencias durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y apoyo fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol), por proporcionar los conocimientos necesarios para realizar el siguiente Proyecto de Titulación.



## **AGRADECIMIENTOS**

**De: Alexis Fernando Merino  
Gavilanes**

Agradezco a Dios, en primer lugar, por permitirme cumplir mis metas y darme la fortaleza necesaria para superar los desafíos. A todos los docentes de la maestría, por los valiosos conocimientos adquiridos a lo largo de este proceso, y en especial al PhD Rodrigo Retamales, por su guía, dedicación y enseñanza en este proyecto. A mi alma mater, ESPOL, por brindarme las bases sólidas que me permitirán desarrollarme de mejor manera como profesional.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Anderson Steeven Campoverde Salazar* y *Alexis Fernando Merino Gavilanes* damos nuestro consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Firmado electrónicamente por:  
ANDERSON STEEVEN  
CAMPOVERDE SALAZAR

---

Anderson Steeven  
Campoverde Salazar



Firmado electrónicamente por:  
ALEXIS FERNANDO  
MERINO GAVILANES

---

Alexis Fernando Merino  
Gavilanes

## EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
NADIA ROSAURA  
QUIJANO ARTEAGA

---

**Ing. Nadia Quijano**  
PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:  
SAMANTHA ELIZABETH  
HIDALGO ASTUDILLO

---

**Ing. Samantha Hidalgo**  
PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Ing. Rodrigo Retamales PhD.**  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Este proyecto se centra en el análisis comparativo del comportamiento sísmico de estructuras de pórtico resistente a momento diseñadas en conformidad con los requisitos de la normativa de diseño sísmico del Ecuador. Se evalúa la efectividad de implementar diferentes sistemas de disipación de energía, incluyendo disipadores friccionales, de pandeo restringido (BRB) y viscosos.

La implementación de estos sistemas de disipación de energía mejora la resiliencia sísmica de las edificaciones, en zonas de alta vulnerabilidad sísmica en Ecuador. Durante el desarrollo del proyecto, se modelaron cuatro estructuras utilizando un software avanzado de análisis no lineal, aplicando diversos registros sísmicos provenientes de Ecuador, Chile y Estados Unidos. Se diseñaron los dispositivos de disipación de energía y se optimizaron sus propiedades escogiendo ubicaciones eficientes para los disipadores en la estructura de estudio, cumpliendo con la normativa NEC-15.

A través del análisis comparativo entre la estructura de pórticos resistentes a momento con muros de corte y los sistemas de disipación de energía sísmica evaluados. Se dedujo que los disipadores de energía friccionales tienen un impacto significativo en diversas variables del comportamiento sísmico de la estructura. En particular, se observó una reducción del 10.2% en los desplazamientos, del 2.1% en las derivas y del 10.2% en el cortante. Estos resultados indican que los disipadores friccionales efectivamente contribuyen a la estabilidad y seguridad de la estructura ante eventos sísmicos. Por otro lado, los disipadores de energía viscosos redujeron en 23.7% las aceleraciones y 45.7% las deformaciones permanentes obtenidas mediante el análisis sísmico de la estructura.

**Palabras clave:** Desempeño sísmico, disipadores de energía, análisis no lineal, ingeniería sismorresistente.

## **ABSTRACT**

*This project focuses on the comparative analysis of the seismic behavior of moment-resisting frame structures designed in accordance with the requirements of Ecuador's seismic design regulations. The effectiveness of implementing different energy dissipation systems is evaluated, including frictional, buckling-restrained (BRB) and viscous dissipators.*

*The implementation of these energy dissipation systems improves the seismic resilience of buildings in areas of high seismic vulnerability in Ecuador. During the development of the project, four structures were modeled using advanced nonlinear analysis software, applying various seismic records from Ecuador, Chile and the United States. The energy dissipation devices were designed and their properties were optimized by choosing efficient locations for the dissipators in the structure under study, complying with the NEC-15 regulations.*

*Through the comparative analysis between the moment-resisting frame structure with shear walls and the seismic energy dissipation systems evaluated. It was found that frictional energy dissipators have a significant impact on several variables of the seismic behavior of the structure. In particular, a 10.2% reduction in displacements, 2.1% in drifts and 10.2% in shear was observed. These results indicate that frictional energy dissipators effectively contribute to the stability and safety of the structure in the event of seismic events. On the other hand, viscous energy dissipators reduced accelerations by 23.7% and permanent deformations by 45.7% as obtained through the seismic analysis of the structure.*

**Keywords:** *Seismic Performance, Energy Dissipators, Nonlinear Analysis, Seismic-Resistant Engineering, Resilience.*

## ÍNDICE GENERAL

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| RESUMEN .....                                  | I    |
| ABSTRACT .....                                 | II   |
| ÍNDICE GENERAL .....                           | III  |
| ABREVIATURAS .....                             | VI   |
| SIMBOLOGÍA .....                               | VII  |
| Índice de figuras.....                         | VIII |
| Índice de Tablas.....                          | XIV  |
| CAPÍTULO 1 .....                               | 2    |
| 1. Introducción.....                           | 2    |
| 1.1 Antecedentes.....                          | 3    |
| 1.2 Localización .....                         | 4    |
| 1.3 Estudios previos .....                     | 4    |
| 1.3.1 Datos generales de la estructura.....    | 5    |
| 1.4 Problemática a resolver .....              | 6    |
| 1.5 Justificación .....                        | 7    |
| 1.6 Objetivos.....                             | 9    |
| 1.6.1 Objetivo General .....                   | 9    |
| 1.6.2 Objetivos Específicos .....              | 9    |
| CAPÍTULO 2 .....                               | 10   |
| 2. Desarrollo del proyecto .....               | 10   |
| 2.1.1 Origen del diseño sismorresistente ..... | 10   |
| 2.2 Marco conceptual .....                     | 11   |
| 2.2.1 Terremoto de Riobamba – 1797 .....       | 11   |
| 2.2.1.1 Falla Geológica de Pallatanga.....     | 12   |

|                 |                                                                                           |    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2           | Sistemas de protección sísmica.....                                                       | 13 |
| 2.2.2.1         | Sistemas Activos. ....                                                                    | 14 |
| 2.2.2.2         | Sistemas Semi-Activos .....                                                               | 15 |
| 2.2.2.3         | Sistemas Pasivos. ....                                                                    | 16 |
| 2.2.2.3.1       | Disipadores de Energía. ....                                                              | 17 |
| 2.2.3           | Comportamiento Elastoplástico de los Materiales.....                                      | 20 |
| 2.2.4           | Consideraciones en el diseño de un Disipador de Energía.....                              | 22 |
| 2.3             | Marco metodológico .....                                                                  | 24 |
| 2.3.1           | Trabajo en Gabinete.....                                                                  | 26 |
| 2.3.1.1         | Modelo Lineal .....                                                                       | 26 |
| 2.3.1.2         | Secciones de elementos.....                                                               | 29 |
| 2.3.1.3         | Modelo No Lineal.....                                                                     | 32 |
| 2.3.1.4         | Criterios de aceptación y modelación de elementos estructurales según ASCE/SEI 41-17..... | 33 |
| 2.3.1.4.1       | Columnas .....                                                                            | 35 |
| 2.3.1.4.2       | Vigas .....                                                                               | 37 |
| 2.3.1.4.3       | Muros estructurales.....                                                                  | 39 |
| 2.3.2           | Tabulación de Datos .....                                                                 | 40 |
| 2.3.3           | Solución a Diseñar. ....                                                                  | 46 |
| 2.3.3.1         | Modelación y Análisis de la Estructura Base. ....                                         | 46 |
| 2.3.3.2         | Diseño e Implementación de Sistemas de Disipación de Energía... ..                        | 47 |
| 2.3.3.3         | Simulación y Evaluación del Desempeño Sísmico: .....                                      | 47 |
| 2.3.3.4         | Evaluación Comparativa de Desempeño.....                                                  | 48 |
| 2.3.3.5         | Conclusiones y Recomendaciones.....                                                       | 48 |
| CAPÍTULO 3..... |                                                                                           | 49 |
| 3.              | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                               | 49 |
| 3.1             | Resultados.....                                                                           | 49 |
| 3.1.1           | Análisis Modal Espectral .....                                                            | 49 |
| 3.1.1.1         | Periodos y Frecuencias modales.....                                                       | 49 |

|                                                                               |                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.1.2                                                                       | Diseño de Disipadores de Energía. ....                                                                                                | 51  |
| 3.1.2                                                                         | Análisis estático no lineal – Pushover .....                                                                                          | 54  |
| 3.1.2.1                                                                       | Pushover – Estructura original con Muros de Corte .....                                                                               | 54  |
| 3.1.2.2                                                                       | Pushover – Estructura con Disipadores Viscosos. ....                                                                                  | 55  |
| 3.1.2.3                                                                       | Pushover – Estructura con Disipadores de Pandeo Restringido (BRB). 56                                                                 |     |
| 3.1.2.4                                                                       | Pushover – Estructura con Disipadores Friccionales.....                                                                               | 57  |
| 3.1.3                                                                         | Análisis no lineal de repuesta en el tiempo. ....                                                                                     | 58  |
| 3.1.3.1                                                                       | Registros Sísmicos. ....                                                                                                              | 58  |
| 3.1.3.2                                                                       | Análisis comparativo de respuestas en el Tiempo de la estructura antes y después de la implementación de Disipadores de Energía. .... | 62  |
| CONCLUSIONES .....                                                            |                                                                                                                                       | 109 |
| RECOMENDACIONES.....                                                          |                                                                                                                                       | 112 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                             |                                                                                                                                       | 114 |
| ANEXOS Y PLANOS.....                                                          |                                                                                                                                       | 116 |
| ANEXO A – PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES. ....                        |                                                                                                                                       | 116 |
| ANEXO B – DESARROLLO DE RÓTULAS PLASTICAS, según LA NORMATIVA ASCE 41-17..... |                                                                                                                                       | 117 |
| ANEXO C – RESPUESTAS TABULADAS DE TODOS LOS ANÁLISIS.....                     |                                                                                                                                       | 118 |
| ANEXO D – RESPUESTAS GRAFICAS PARA CADA SISTEMA DE PROTECCION SÍSMICA. ....   |                                                                                                                                       | 119 |



## **ABREVIATURAS**

|       |                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------|
| ESPOL | Escuela Superior Politécnica del Litoral                    |
| ASTM  | American Society for Testing and Materials                  |
| ASCE  | American Society of Civil Engineers                         |
| NEC   | Normativa Ecuatoriana de la Construcción.                   |
| PEER  | Pacific Earthquake Engineering Research Center              |
| BRB   | Buckling-Restrained Brace (Arriostre Restringido al Pandeo) |

## SIMBOLOGÍA

|      |                                        |
|------|----------------------------------------|
| mm   | Milímetro                              |
| cm   | Centímetro                             |
| m    | Metro                                  |
| ft   | Feet                                   |
| in   | Inch                                   |
| kgf  | Kilogramo Fuerza                       |
| Tonf | Toneladas Fuerza                       |
| kN   | Kilo Newtons                           |
| Kip  | Kilo pound                             |
| A    | Área                                   |
| K0   | Rigidez Inicial                        |
| KF   | Rigidez Post-fluencia                  |
| c    | Coeficiente de amortiguamiento viscoso |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 Ubicación del Proyecto [Google Earth, 2024] .....                        | 4  |
| Figura 2.1 Mapa de Isosistas [Egred,2000] .....                                     | 11 |
| Figura 2.2 Falla geológica de Pallatanga [El Telégrafo,2017].....                   | 12 |
| Figura 2.3 Principales Tecnologías de Protección símica. [Hernández, 2019] .....    | 13 |
| Figura 2.4 Esquema mecanismo de operación de sistemas activos. [CDT, 2011] ....     | 14 |
| Figura 2.5 Esquema de estructura con sistema de control activo. [CDT, 2011] .....   | 15 |
| Figura 2.6 Esquema de estructura con sistema de control semi-activo. [CDT, 2011]    | 16 |
| Figura 2.7 Disipador Friccional Uniaxial [Valdez,2024].....                         | 18 |
| Figura 2.8 Elementos de un Disipador Viscoso [Sadowski,2015] .....                  | 19 |
| Figura 2.9 Disipadores BRB. [Morillas,2013] .....                                   | 20 |
| Figura 2.10 Comportamiento elastoplástico perfecto. [ Gilbert & Hadzi-Janev, 2009]  | 21 |
| Figura 2.11 Comportamiento idealizado en plasticidad [Gilbert & Hadzi-Janev, 2009.] | 22 |
| Figura 2.12 Metodología Tipo Cascada aplicada al Proyecto .....                     | 24 |
| Figura 2.13 Modelo 3D de la estructura a analizar. ....                             | 26 |
| Figura 2.14 Vista Frontal de la Estructura – ANEXO A.....                           | 27 |
| Figura 2.15 Vista en Planta de la estructura - ANEXO A.....                         | 28 |
| Figura 2.16 Sección transversal de la columna 60x60cm – ANEXO A. ....               | 29 |
| Figura 2.17 Sección transversal de la Viga 25x40cm – ANEXO A. ....                  | 30 |
| Figura 2.18 Sección transversal de la Viga 30x45cm - ANEXO A. ....                  | 30 |
| Figura 2.19 Sección transversal de la Viga 30x50cm – ANEXO A. ....                  | 31 |
| Figura 2.20 Sección tipo de Muros de Corte – ANEXO A.....                           | 31 |
| Figura 2.21 Modelado Estructural no lineal.....                                     | 32 |
| Figura 2.22 Diagrama Momento - Rotación [ASCE/SEI 41-17] .....                      | 33 |
| Figura 2.23 Momento – Rotación columnas 60x60 cm esquineras – ANEXO B.....          | 35 |
| Figura 2.24 Momento – Rotación columnas 60x60 cm esquineras – ANEXO B.....          | 36 |
| Figura 2.25 Momento - Rotación columnas 60x60 cm interiores – ANEXO B. ....         | 36 |
| Figura 2.26 Momento - Rotación vigas 30x50 cm – ANEXO B.....                        | 37 |
| Figura 2.27 Momento - Rotación vigas 30x45 cm – ANEXO B.....                        | 38 |
| Figura 2.28 Momento - Rotación vigas 25x40 cm – ANEXO B.....                        | 38 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.29 Momento - Rotación Muros Estructurales – ANEXO B .....                        | 39 |
| Figura 2.30 Configuración de los diferentes tipos de vigas en la estructura. ....         | 43 |
| Figura 3.1 Curvas Pushover - Estructura con Muros de Corte – ANEXO D. ....                | 54 |
| Figura 3.2 Curvas Pushover - Estructura con Disipadores Viscosos – ANEXO D. ....          | 55 |
| Figura 3.3 Curvas Pushover - Estructura con Disipadores – ANEXO D. ....                   | 56 |
| Figura 3.4 Curva Pushover - Estructura con Disipadores Friccionales – ANEXO D. ....       | 57 |
| Figura 3.5 Registro sísmico de Pedernales - Ecuador 2016 – ANEXO D. ....                  | 59 |
| Figura 3.6 Registro sísmico de Concepción – Chile 2010 – ANEXO D. ....                    | 60 |
| Figura 3.7 Registro sísmico de Northridge – USA 1994 – ANEXO D. ....                      | 61 |
| Figura 3.8 Desplazamientos de Estructura de Muros de Corte, Dirección X. ....             | 63 |
| Figura 3.9 Desplazamientos de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección X. ....      | 63 |
| Figura 3.10 Desplazamientos de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección X. ....        | 63 |
| Figura 3.11 Desplazamientos de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección X. .... | 63 |
| Figura 3.12 Desplazamientos de Estructura de Muros de Corte, Dirección Y. ....            | 65 |
| Figura 3.13 Desplazamientos de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección Y. ....     | 65 |
| Figura 3.14 Desplazamientos de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección Y. ....        | 65 |
| Figura 3.15 Desplazamientos de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección Y. .... | 65 |
| Figura 3.16 Envolvente de Desplazamientos de Estructura de Muros de Corte. ....           | 67 |
| Figura 3.17 Envolvente de Desplazamientos de Estructura con Disipadores Viscosos. ....    | 67 |
| Figura 3.18 Envolvente de Desplazamientos con Disipadores BRB's. ....                     | 67 |
| Figura 3.19 Envolvente de Desplazamientos con Disipadores Friccionales. ....              | 67 |
| Figura 3.20 Derivas de Estructura de Muros de Corte, Dirección X. ....                    | 69 |
| Figura 3.21 Derivas de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección X. ....             | 69 |
| Figura 3.22 Derivas de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección X. ....                | 69 |
| Figura 3.23 Derivas de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección X. ....         | 69 |
| Figura 3.24 Derivas de Estructura de Muros de Corte, Dirección Y. ....                    | 71 |
| Figura 3.25 Derivas de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección Y. ....             | 71 |
| Figura 3.26 Derivas de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección Y. ....                | 71 |
| Figura 3.27 Derivas de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección Y. ....         | 71 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.28 Envolvente de Derivas de Estructura de Muros de Corte. ....                      | 73 |
| Figura 3.29 Envolvente de Derivas de Estructura con Disipadores Viscosos. ....               | 73 |
| Figura 3.30 Envolvente de Derivas de Estructura con Disipadores BRB's. ....                  | 73 |
| Figura 3.31 Envolvente de Derivas de Estructura con Disipadores Friccionales. ....           | 73 |
| Figura 3.32 Aceleraciones de Estructura de Muros de Corte, Dirección X. ....                 | 75 |
| Figura 3.33 Aceleraciones de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección X. ....          | 75 |
| Figura 3.34 Aceleraciones de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección X. ....             | 75 |
| Figura 3.35 Aceleraciones de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección X. ....      | 75 |
| Figura 3.36 Aceleraciones de Estructura de Muros de Corte, Dirección Y. ....                 | 77 |
| Figura 3.37. Aceleraciones de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección Y. ....         | 77 |
| Figura 3.38 Aceleraciones de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección Y. ....             | 77 |
| Figura 3.39 Aceleraciones de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección Y. ....      | 77 |
| Figura 3.40 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Muros de Corte. ....               | 79 |
| Figura 3.41 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Disipadores Viscosos. ....         | 79 |
| Figura 3.42 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Disipadores BRB's. ....            | 79 |
| Figura 3.43 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Disipadores Friccionales. ....     | 79 |
| Figura 3.44 Cortante de Nivel de Estructura de Muros de Corte, Dirección X. ....             | 81 |
| Figura 3.45 Cortante de Nivel de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección X. ....      | 81 |
| Figura 3.46 Cortante de Nivel de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección X. ....         | 81 |
| Figura 3.47 Cortante de Nivel de Estructura, con Disipadores Friccionales, Dirección X. .... | 81 |
| Figura 3.48 Cortante de Nivel de Estructura de Muros de Corte, Dirección Y. ....             | 83 |
| Figura 3.49 Cortante de Nivel de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección Y. ....      | 83 |
| Figura 3.50 Cortante de Nivel de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección Y. ....         | 83 |
| Figura 3.51 Cortante de Nivel de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección Y. ....  | 83 |
| Figura 3.52 Deformaciones Permanentes de Estructura de Muros de Corte, Dirección X. ....     | 85 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.53 Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección X.....         | 85 |
| Figura 3.54 Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección X.....            | 85 |
| Figura 3.55 Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Friccionales., Dirección X. ....   | 85 |
| Figura 3.56 Deformaciones Permanentes de Estructura de Muros de Corte, Dirección Y. ....               | 87 |
| Figura 3.57 Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección Y.....         | 87 |
| Figura 3.58 Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección Y.....            | 87 |
| Figura 3.59 Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección Y.....     | 87 |
| Figura 3.60 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura de Muros de Corte. ....              | 89 |
| Figura 3.61 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Viscosos.....        | 89 |
| Figura 3.62 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura de Muros con Disipadores BRB's. .... | 89 |
| Figura 3.63 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Friccionales. ....   | 89 |
| Figura 3.64 Curva de Histéresis de Muros de Corte – S. Northridge. ....                                | 91 |
| Figura 3.65 Curva de Histéresis de Disipadores Viscosos – S. Northridge. ....                          | 91 |
| Figura 3.66 Curva de Histéresis de Disipadores BRB's – S. Northridge. ....                             | 91 |
| Figura 3.67 Curva de Histéresis de Disipadores Friccionales – S. Northridge. ....                      | 91 |
| Figura 3.68 Curva de Histéresis de Muros de Corte – S. Pedernales.....                                 | 93 |
| Figura 3.69 Curva de Histéresis de Disipadores Viscosos – S. Pedernales. ....                          | 93 |
| Figura 3.70 Curva de Histéresis de Disipadores BRB's – S. Pedernales.....                              | 93 |
| Figura 3.71 Curva de Histéresis de Disipadores Friccionales – S. Pedernales. ....                      | 93 |
| Figura 3.72 Curva de Histéresis de Muros de Corte – S. Concepción.....                                 | 95 |
| Figura 3.73 Curva de Histéresis de Disipadores Viscosos – S. Concepción. ....                          | 95 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.74 Curva de Histéresis de Disipadores BRB's – S. Concepción.....                                | 95  |
| Figura 3.75 Curva de Histéresis de Disipadores Friccionales – S. Concepción. ....                        | 95  |
| Figura 3.76 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Muros de Corte – S. Northridge.....            | 97  |
| Figura 3.77 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Northridge.....      | 97  |
| Figura 3.78 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Northridge.....         | 97  |
| Figura 3.79 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Northridge.....  | 97  |
| Figura 3.80 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Muros de Corte – S. Pedernales.....            | 99  |
| Figura 3.81 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Pedernales.....      | 99  |
| Figura 3.82 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Pedernales.....         | 99  |
| Figura 3.83 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Pedernales. .... | 99  |
| Figura 3.84 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Muros de Corte – S. Concepción.....            | 101 |
| Figura 3.85 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Concepción.....      | 101 |
| Figura 3.86 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Concepción.....         | 101 |
| Figura 3.87 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Concepción.....  | 101 |
| Figura 3.88 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Muros de Corte – S. Northridge.....         | 103 |
| Figura 3.89 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Northridge.....   | 103 |
| Figura 3.90 Curva de Histéresis de Columna de Estructura de Disipadores BRB's – S. Northridge.....       | 103 |

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.91 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Northridge.....  | 103 |
| Figura 3.92 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Muros de Corte – S. Pedernales.....            | 105 |
| Figura 3.93 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Pedernales. ....     | 105 |
| Figura 3.94 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Pedernales. ....        | 105 |
| Figura 3.95 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Pedernales. .... | 105 |
| Figura 3.96 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Muros de Corte – S. Concepción.....            | 107 |
| Figura 3.97 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Concepción.....      | 107 |
| Figura 3.98 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Concepción.....         | 107 |
| Figura 3.99 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Concepción.....  | 107 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.1 Propiedades de columna (60x60 cm), para modelamiento estructural. ....             | 40 |
| Tabla 2.2 Propiedades de la viga (25x40 cm) impuesta, para el modelamiento estructural. .... | 41 |
| Tabla 2.3 Propiedades de la viga (30x45 cm) impuesta, para el modelamiento estructural. .... | 41 |
| Tabla 2.4 Propiedades de la viga (30x50 cm) impuesta, para el modelamiento estructural. .... | 42 |
| Tabla 2.5 Distribución de Cargas en Vigas – ANEXO C. ....                                    | 44 |
| Tabla 2.6 Resumen de Masas – ANEXO C. ....                                                   | 45 |
| Tabla 3.1 Periodos Modales dependiente de la configuración Estructural – ANEXO C. ....       | 50 |
| Tabla 3.2 Frecuencias modales dependiente de la configuración Estructural – ANEXO C. ....    | 50 |
| Tabla 3.3 Fuerzas de activación axiales para Disipadores Friccionales – ANEXO C. ....        | 51 |
| Tabla 3.4 Fuerzas de activación axiales para Disipadores Viscosos – ANEXO C. ....            | 52 |
| Tabla 3.5 Fuerzas de fluencia para Disipadores BRB's – ANEXO C. ....                         | 53 |

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

El análisis del comportamiento sísmico de las estructuras se ha convertido en un aspecto crucial dentro de la Ingeniería Civil, especialmente en países como Ecuador, que presentan una actividad sísmica recurrente e importante (Fabiana Cunalata, 2022).

Este estudio realiza un análisis comparativo del desempeño sísmico de una estructura existente de hormigón armado de pórticos resistentes a momentos, e implementando sistemas de disipación de energía, en particular, disipadores friccionales, de pandeo restringido (BRB) y viscosos. Al evaluar cómo estos sistemas pueden mejorar la resistencia y resiliencia de las edificaciones frente a terremotos, se busca contribuir al desarrollo de soluciones efectivas que mitiguen el impacto de eventos sísmicos severos, mejoren la seguridad de las estructuras protegiendo la vida de los ocupantes.

La investigación se centra en evaluar y comparar el desempeño sísmico de una estructura de pórtico resistente a momento, tanto en su configuración original como en una versión mejorada mediante la incorporación de los sistemas de disipación mencionados. Este análisis no solo busca proporcionar información valiosa para la ingeniería sismorresistente en Ecuador, sino que también se enmarca en un esfuerzo más amplio por adaptar tecnologías innovadoras y efectivas al contexto local, considerando las características sísmicas y geotécnicas específicas del país.

La importancia de este tema es innegable, dado que la historia reciente de Ecuador, marcada por desastres sísmicos, ha evidenciado vulnerabilidades significativas en las estructuras construidas. El análisis de esta problemática no solo tiene implicaciones técnicas, también se relaciona con la sostenibilidad social y económica del país. A través de este proyecto, se pretende aportar evidencias que puedan influir en futuras revisiones de la normativa ecuatoriana y promover la adopción de tecnologías innovadoras en el campo de la ingeniería sismorresistente. (Velasategui Cáceres, & Chamorro Sevilla, 2022)

## **1.1 Antecedentes**

La evaluación del comportamiento sísmico de estructuras ha sido un tema prioritario en la Ingeniería Civil, particularmente en regiones sísmicas como Ecuador. Desde la implementación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2015 (NEC-15), se ha buscado mejorar la resistencia y resiliencia de las edificaciones frente a eventos sísmicos mediante la aplicación de criterios de diseño y construcción más estrictos.

El diseño de disipadores de energía ha sido objeto de numerosos estudios por parte de la comunidad científica, con investigaciones destacadas en países de América Latina como Chile, Colombia y México. Estos países son reconocidos como referentes en el ámbito de estudios sísmicos, y gracias a ellos, los Ingenieros Civiles en Ecuador han logrado recopilar información y adaptar esos conceptos sísmicos a su contexto local. Sin embargo, la integración de estas tecnologías en el contexto específico de la normativa ecuatoriana y su impacto en el desempeño sísmico de las estructuras locales aún requiere una investigación más profunda y comparativa. Es necesario, por tanto, evaluar la efectividad de estas tecnologías en función de las características sísmicas y geotécnicas específicas de Ecuador, así como su compatibilidad con la normativa vigente. (Arcos, 2023).

Este análisis es crucial para optimizar el diseño estructural y mejorar la seguridad sísmica en Ecuador, abordando directamente la necesidad de estructuras más resilientes en un país con alta actividad sísmica. La experiencia del terremoto de 2016 ha intensificado la urgencia de implementar soluciones efectivas de Ingeniería sismorresistente. Los resultados de esta investigación podrían influir en futuras revisiones de la normativa ecuatoriana y en la adopción más generalizada de tecnologías de protección sísmica en el país.

## 1.2 Localización

El proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, en la ciudad de Riobamba, sector La Condamine entre las calles Boyacá y Pichincha, a una altura de 2.754 metros sobre el nivel, como se muestra en la *figura 1.1*. Sus coordenadas geográficas UTM zona sur son: 760857.33 m E -9814730.66 m S.



**Figura 1.1 Ubicación del Proyecto [Google Earth, 2024]**

## 1.3 Estudios previos

Para el análisis que se presenta se cuenta con documentación técnica de la edificación existente que se consideró en este proyecto, la cual se define en base a los planos arquitectónicos. La edificación posee seis plantas, y una séptima losa como tapagrada para la cubierta accesible. La estructura implementa una configuración estructura de pórticos de hormigón armado resistentes a momentos con un sistema de columnas de hormigón armado, vigas descolgadas, muros de corte y losas alivianadas en ambas direcciones.

Las dimensiones de las secciones transversales consideradas para esta edificación fueron, columnas 60x60cm, vigas 25x40 cm, vigas 30x45 cm, vigas 30x50 cm, muros de corte de 20 cm de espesor, con 3 longitudes que varían con respecto a su ubicación que son 390, 350, 270 cm y una losa alivianada de 25 cm de alto. Las cargas muertas y de servicio utilizadas para el diseño de la edificación se definen en base a la Norma Ecuatoriana para la Construcción, mismos detalles que se obtuvieron de la memoria de cálculo de la edificación en estudio.

### **1.3.1 Datos generales de la estructura.**

Es una estructura concebida en hormigón armado con una configuración estructural de pórticos resistentes a momento y muros de corte, con vigas descolgadas y losas nervadas en ambas direcciones. Para el diseño de la estructura se consideraron las siguientes especificaciones técnicas:

- Se utilizará acero de refuerzo corrugado con certificado INEN.
- El hierro de refuerzo tiene un límite de fluencia de 4200 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Hormigón estructural de 210 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- El nivel de cimentación estará a -1.67 m referente a la cota del contrapiso.
- El traslape será de mínimo 40 veces el diámetro mayor de la varilla longitudinal.

#### **1.4 Problemática a resolver**

Esta investigación aborda la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de pórtico resistente a momento, diseñadas conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), ante terremotos de intensidad severa. En un país como Ecuador, caracterizado por una alta actividad sísmica, las estructuras convencionales, aunque diseñadas siguiendo las normativas locales, pueden mostrar un desempeño sísmico inadecuado durante eventos de gran magnitud.

Este problema se debe a la limitada capacidad de disipación de energía de estos sistemas estructurales, lo que puede llevar a incursiones inelásticas y derivas permanentes excesivas, poniendo en riesgo la integridad de las estructuras, la seguridad de los ocupantes y resultando en costosas reparaciones post-sismo. Esta situación impacta directamente la resiliencia de las comunidades y la economía local.

Un ejemplo claro de esta vulnerabilidad se evidenció en el terremoto de Ecuador en 2016, donde las deficiencias en el desempeño sísmico de muchas estructuras quedaron al descubierto, provocando la muerte de 670 personas y pérdidas económicas superiores a los \$3 mil millones de dólares. (BBC\_NEWS, 2016)

Este estudio se centra en evaluar y comparar el desempeño sísmico de una estructura de pórtico resistente a momento con y sin la implementación de tres tipos de sistemas de disipación de energía: friccionales, de pandeo restringido (BRB) y viscosos. La investigación se fundamenta en estudios previos sobre disipadores de energía en América Latina, adaptando estos conocimientos al contexto ecuatoriano y a la normativa local.

La evolución de la Ingeniería sismorresistente en Ecuador ha estado marcada por eventos sísmicos significativos, lo que ha impulsado la actualización continua de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción. Las causas del problema incluyen la insuficiente disipación de energía en los sistemas convencionales y la necesidad de modernizar las prácticas de diseño sismorresistente en el país. (Quinatoa Martínez, 2022)

A pesar de los avances normativos, persiste la necesidad de mejorar el desempeño sísmico de las estructuras, dado que la frecuencia e intensidad de los sismos en la región sigue siendo alta. Si no se resuelve este problema, podrían producirse futuras pérdidas humanas, daños estructurales graves y un impacto económico considerable en caso de sismos intensos. Para abordar esta problemática, la investigación llevará a cabo un análisis comparativo del desempeño sísmico de la estructura con y sin los sistemas de disipación mencionados, utilizando modelación computacional y análisis dinámico no lineal.

La pregunta central de esta investigación es: ¿En qué medida la implementación de sistemas de disipación de energía, tales como friccionales, BRB y viscosos, mejora el desempeño sísmico de estructuras de pórtico resistente a momento diseñadas según la Norma NEC-15 en términos de reducción de incursiones inelásticas, derivas y desplazamientos?

## **1.5 Justificación**

La vulnerabilidad sísmica de las estructuras en Ecuador es de suma importancia y merece atención inmediata. Las consecuencias de los terremotos en el país no son solo teóricas, también se traducen en pérdidas humanas, daños materiales y desastres económicos.

Eventos sísmicos como el terremoto de 2016 han dejado claro que, a pesar de los esfuerzos en materia de normativas y diseño, muchas edificaciones no logran resistir la intensidad de los sismos. Esta realidad afecta no solo a las infraestructuras, sino también a la calidad de vida de las comunidades y a la estabilidad económica del país. Por lo tanto, abordar este problema no solo es relevante desde un enfoque académico, sino que tiene implicaciones directas en la seguridad y bienestar de la población.

Este proyecto se centra en reducir brechas en la literatura sobre el desempeño sísmico de estructuras en Ecuador en particular, la efectividad de los sistemas de disipación de energía. Aunque existen estudios en otros contextos, la adaptación de estos conceptos al entorno ecuatoriano ha sido escasa. Al abordar esta problemática, la investigación



será un gran aporte al conocimiento existente sobre Ingeniería Sismorresistente, permitiendo un entendimiento más profundo de cómo las tecnologías innovadoras pueden mejorar el comportamiento estructural en regiones sísmicas específicas. Además, los resultados de esta investigación tienen una aplicabilidad directa en la mejora de prácticas de diseño estructural y en la formulación de políticas de construcción.

Desde el punto de vista académico, este proyecto ampliará la comprensión teórica en el campo de la Ingeniería Civil y la Sismorresistencia. Al integrar teorías existentes con la realidad local y las particularidades geotécnicas de Ecuador, la investigación proporcionará un marco teórico más robusto para futuros estudios y prácticas en Ingeniería Sismorresistente. La resolución del problema de la vulnerabilidad sísmica beneficiará directamente a las comunidades ecuatorianas. Al mejorar la seguridad de las edificaciones, se reducirá el riesgo de pérdida de vidas y se aumentará la confianza de los ciudadanos en sus infraestructuras.

Además, este proyecto también contribuye a la sostenibilidad en un sentido más amplio, promoviendo prácticas de construcción que son más seguras, eficientes y menos costosas a largo plazo, estas características hacen referencia al objetivo número 9 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que trata sobre la Industria, Innovación e Infraestructura. La resiliencia estructural se convierte así en un componente esencial de un desarrollo sostenible en el contexto de la construcción.

Los beneficios derivados de esta investigación son múltiples: avances en prácticas de diseño estructural, reducción de pérdidas económicas post-sismo y mejora en la calidad de vida de las comunidades. La adopción de tecnologías de disipación de energía puede transformar la manera en que se conciben y construyen las infraestructuras en Ecuador.

En cuanto a la perspectiva ética, se contempla la responsabilidad de los Ingenieros en perseguir la seguridad de las estructuras, asegurando que las decisiones de diseño consideren las necesidades y preocupaciones de las comunidades involucradas.



## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Realizar un análisis comparativo del desempeño sísmico de una estructura existente con pórticos resistentes a momento y muros de corte frente a la misma estructura modificada mediante la implementación de disipadores de energía friccionales, de pandeo restringido (BRB) y viscosos, a través de un análisis no lineal de respuesta en el tiempo efectuado, considerando diversos registros sísmicos, con el fin de determinar y contrastar las deformaciones permanentes, derivas de entrepiso, aceleraciones de piso y el desempeño sísmico de ambas configuraciones estructurales en forma general.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

1. Modelar un edificio de pórticos resistentes a momento utilizando un software avanzado para análisis no lineal de respuesta en el tiempo, evaluando su comportamiento bajo diferentes tipos de registros sísmicos provenientes de Ecuador, Estados Unidos y Chile.
2. Implementar en el diseño de la estructura definida, un sistema de disipadores friccionales, de pandeo restringido BRB's y viscosos, optimizando su ubicación y propiedades mecánicas, orientado a mejorar el desempeño sísmico global del edificio.
3. Comparar cuantitativamente el desempeño sísmico y parámetros de respuesta sísmica tales como incursiones inelásticas, desplazamientos, derivas, cortantes por nivel, aceleraciones y deformaciones permanentes de la estructura original y de la estructura con disipadores, bajo los diversos escenarios sísmicos considerados, para evaluar la eficacia de la solución propuesta en diferentes contextos sísmicos internacionales.

# CAPÍTULO 2

## DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1.1 Origen del diseño sismorresistente

El diseño sismorresistente tiene su origen en la necesidad de proteger las edificaciones y sus ocupantes de los sismos que generan pérdidas de vidas, de continuidad de operación y económicas. En la historia se ha evidenciado numerosas tragedias de una gran escala, debido a que, las edificaciones no han sido diseñadas para resistir a las fuerzas que generan los sismos. Estas consecuencias impulsaron el desarrollo de varias investigaciones orientadas a entender de mejor manera el comportamiento de las estructuras ante movimientos telúricos de gran magnitud (Valdez, 2024).

El diseño sismorresistente ha evolucionado significativamente en base a los datos obtenidos durante distintos terremotos que han ocurrido alrededor del mundo a lo largo del tiempo. Se han producido hitos clave en el desarrollo del diseño sismorresistente, debido a lo cual ha surgido la necesidad de desarrollar normativas a nivel local e internacional, a fin que las estructuras exhiban un comportamiento óptimo frente a los eventos telúricos de mediana y gran magnitud, estableciendo requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificaciones (Cevallos Velásquez & Quintoa Martinez, 2024).

En Ecuador, el diseño sismorresistente se basa en la combinación de investigación científica, avances tecnológicos y normativas específicas que buscan alcanzar la seguridad de las edificaciones ante eventos sísmicos. Esto incluye el uso de materiales adecuados, técnicas de construcción apropiadas y la implementación de sistemas de disipación de energía, para mejorar el desempeño de las estructuras (SGR, 2016).

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Terremoto de Riobamba – 1797

El terremoto de 1797 en "Villa la Unión" que es la actual ciudad de Riobamba fue uno de los más devastadores en la historia de Ecuador. Situado junto a la Laguna de Colta, este importante centro agrícola e industrial de Quito sufrió una destrucción masiva el 4 de febrero. Las construcciones que variaban desde edificios de piedra labrada hasta chozas de adobe colapsaron en su mayoría. El sismo, considerado el de mayor intensidad en el territorio, causó al menos 12 293 muertes, aunque se cree que la cifra real fue mayor. La destrucción se extendió por el callejón interandino, alterando la topografía y forzando el reasentamiento de la ciudad en su ubicación actual mostrada en la *figura 2.1*. Las réplicas continuaron por cuatro meses, causando daños adicionales (GAD Pallatanga, 2018).

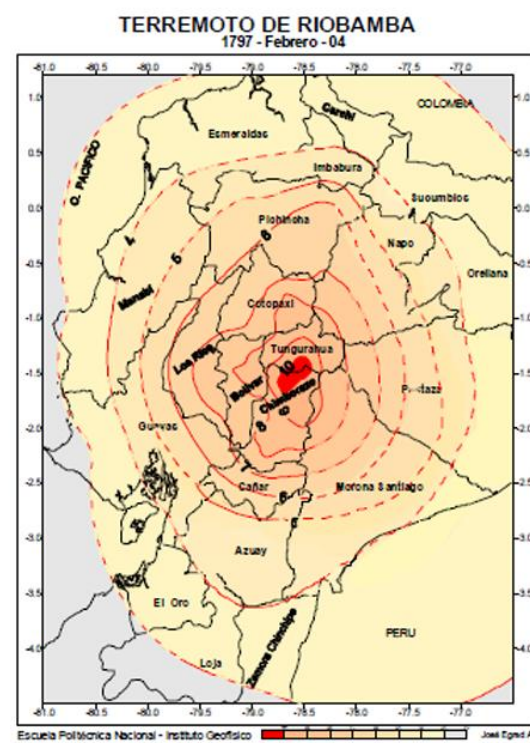


Figura 2.1 Mapa de Isosistas [Egred,2000]

### 2.2.1.1 Falla Geológica de Pallatanga.

La ciudad de Riobamba está afectada por factores geodinámicos y por la presencia de la falla geológica de Pallatanga mostrada en la *figura 2.2*, la cual tiene una profundidad aproximada de 25 km de la ciudad. La falla geológica se extiende desde la Isla Puna, cruzando el golfo de Guayaquil, La Troncal, Bucay, Pallatanga, Cosanga hasta Chingual (Rivadeneira, 2007).

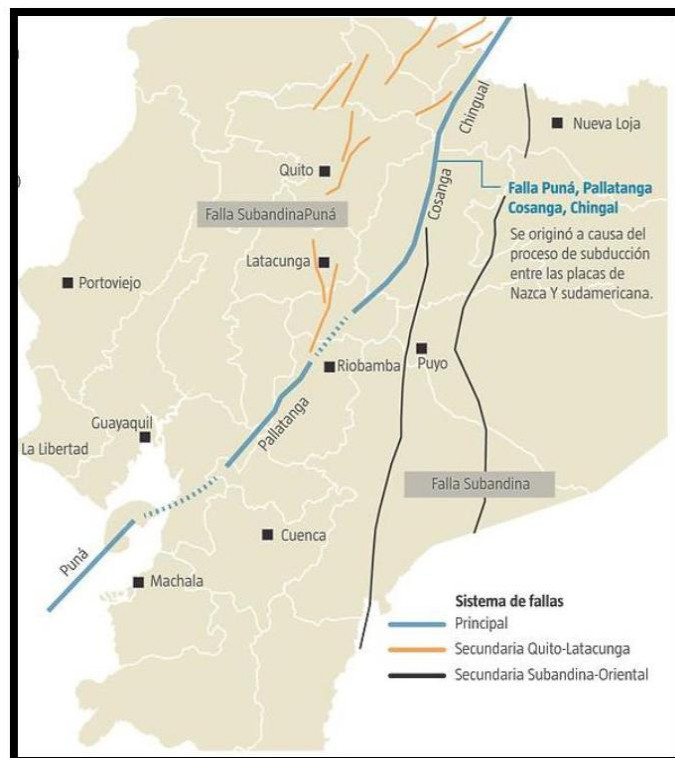


Figura 2.2 Falla geológica de Pallatanga [El Telégrafo,2017]

## 2.2.2 Sistemas de protección sísmica

Los sistemas de protección sísmica que se indica en la *figura 2.3*, se utilizan en el diseño de construcciones como edificios. En la actualidad abarcan una amplia variedad de diseños, desde los relativamente simples hasta los sistemas avanzados. Estos sistemas se pueden clasificar en tres categorías, como son los sistemas activos, sistemas semiactivos y sistemas pasivos (Coronel, 2019).

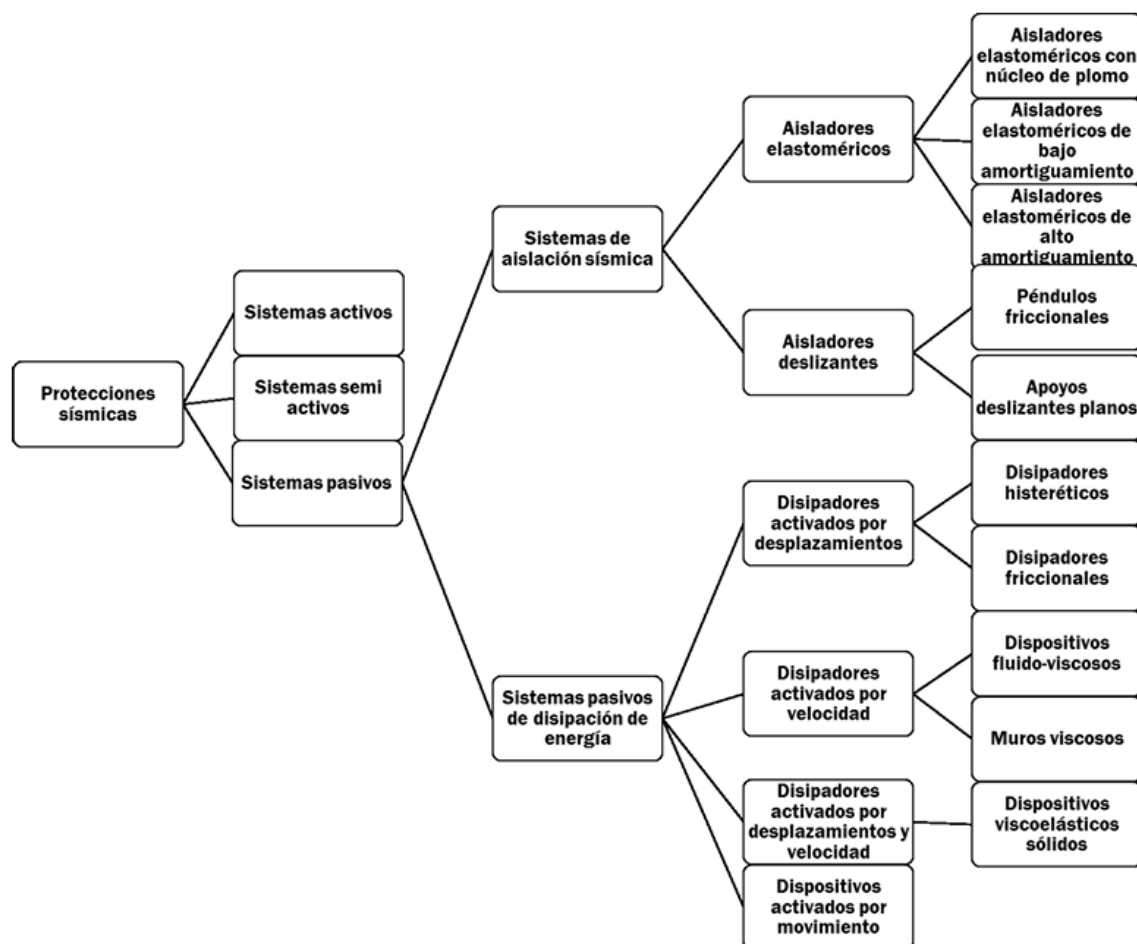
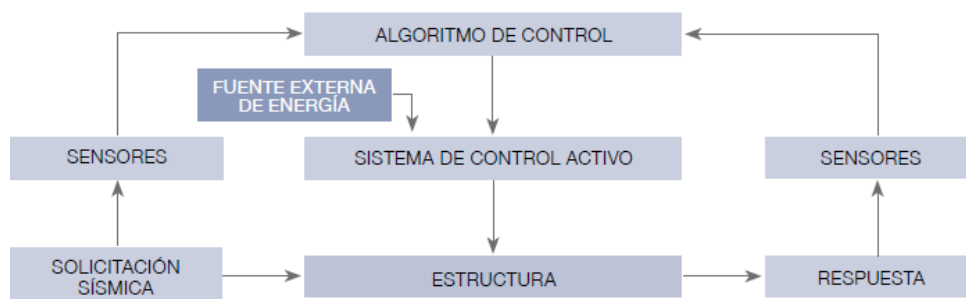


Figura 2.3 Principales Tecnologías de Protección sísmica. [Hernández, 2019]

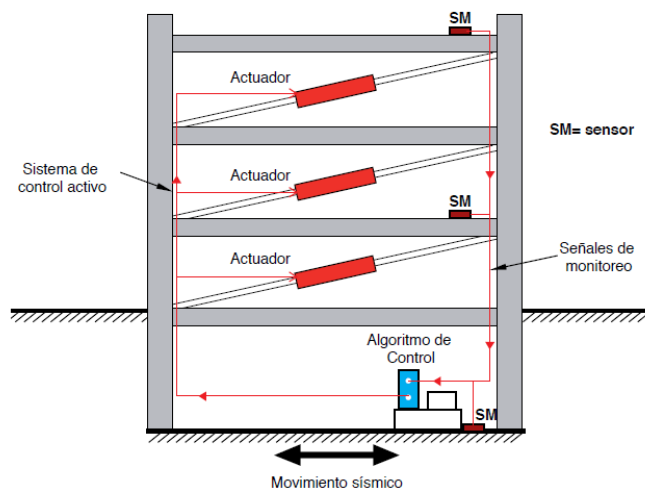
### 2.2.2.1 Sistemas Activos.

Los sistemas de protección sísmica activa son sistemas complejos que incluyen sensores de movimiento, sistemas de control y procesamiento de datos y actuadores dinámicos. En la *figura 2.4* se presenta un esquema que demuestra el mecanismo de operación de los sistemas de control activo en estructuras sometidas a solicitud sísmica. Estos sistemas monitorean en tiempo real la respuesta sísmica de la estructura, detectando movimientos y aplicando las fuerzas necesarias para contrarrestar los efectos sísmicos. El funcionamiento de los sistemas activos implica medir las excitaciones externas y la respuesta de la estructura mediante sensores, procesar la información en tiempo real y determinar las fuerzas necesarias para estabilizar la estructura. Sin embargo, estos sistemas requieren de una fuente de energía externa para funcionar durante un sismo, lo cual es una de sus principales desventajas (CDT, 2011).



**Figura 2.4 Esquema mecanismo de operación de sistemas activos. [CDT, 2011]**

En la *figura 2.5* se ilustra un esquema de una estructura que cuenta con un sistema de control activo para mitigar los efectos de los movimientos sísmicos. Este esquema muestra los componentes principales del sistema, los cuales trabajan de manera conjunta proteger la estructura.



**Figura 2.5 Esquema de estructura con sistema de control activo. [CDT, 2011]**

#### **2.2.2.2 Sistemas Semi-Activos**

La Cámara Chilena de la Construcción menciona que, estos sistemas comparten similitudes con los sistemas activos debido a que monitorean continuamente la respuesta estructural en tiempo real. Sin embargo, la diferencia entre estos sistemas está en su enfoque para reducir las fuerzas sísmicas. A diferencia de los sistemas activos que aplican fuerzas de control directamente a la estructura, los sistemas semiactivos ajustan en tiempo real las propiedades mecánicas de los dispositivos de disipación de energía. Este enfoque adaptativo permite que el sistema optimice su respuesta a la actividad sísmica.

Entre los ejemplos de sistemas semiactivos se incluyen los amortiguadores de masa semiactivos, los dispositivos de fricción controlables y los amortiguadores de fluidos de viscosidad controlada.

Estos dispositivos pueden considerarse componentes "inteligentes" que modifican su comportamiento en tiempo real para poder disipar la energía sísmica de manera eficiente. La figura 2.6 muestra un esquema de una estructura con un sistema de control semiactivo diseñado para reducir los efectos de los movimientos sísmicos.

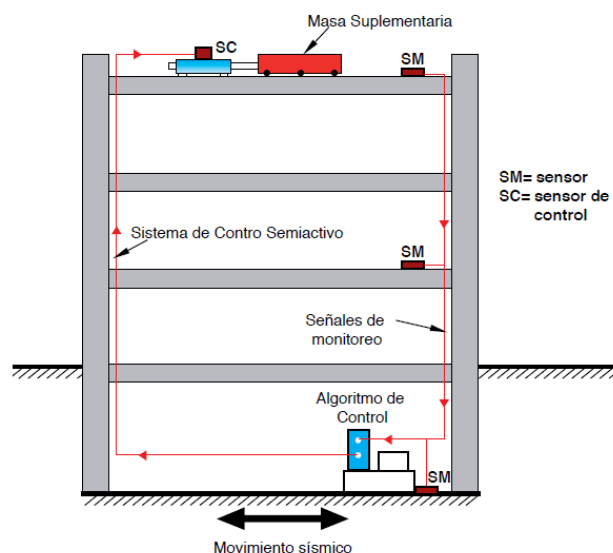


Figura 2.6 Esquema de estructura con sistema de control semi-activo. [CDT, 2011]

### 2.2.2.3 Sistemas Pasivos.

Esta categoría cuenta con los sistemas de aislamiento de base y los disipadores de energía. La característica principal de los sistemas pasivos reside en su capacidad de reducir la respuesta dinámica de las estructuras a través de sistemas mecánicos especialmente diseñados que disipan la energía (CDT, 2011).



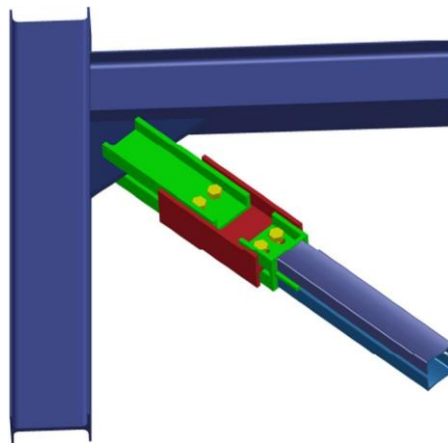
#### **2.2.2.3.1 Disipadores de Energía.**

El objetivo principal de los disipadores de energía es absorber y mitigar la energía de una estructura durante eventos sísmicos o de viento fuerte, mejorando así su comportamiento general. A diferencia de los aisladores, que crean una separación entre el suelo y la estructura para evitar la transferencia de movimiento, los disipadores se centran en absorber y disipar la energía dentro de la propia estructura, haciendo que los demás elementos estructurales sufran la menor cantidad de deformaciones o incursiones inelásticas. Estos sistemas se pueden clasificar en función de su mecanismo de activación, que puede activarse por desplazamiento, velocidad o una combinación de ambos. Esta versatilidad permite que los disipadores de energía se adapten a necesidades estructurales específicas, lo que permite un rendimiento óptimo en diversas condiciones de carga que puedan tener las edificaciones (Hernández, 2019).

El diseño, ensayo e instalación de estos dispositivos requiere un análisis exhaustivo que considere la distribución óptima en puntos críticos de la estructura, la compatibilidad estructural para no comprometer su rigidez ni capacidad portante, y la facilidad para efectuar inspecciones periódicas. En las últimas décadas, el desarrollo de innovaciones tecnológicas ha ampliado el alcance y eficiencia de los disipadores de energía. Por ejemplo, los disipadores sintonizados se ajustan específicamente a las frecuencias fundamentales de la estructura para maximizar la reducción de vibraciones, mientras que los sistemas híbridos combinan disipadores con otros dispositivos de control sísmico, como aisladores o amortiguadores, para ofrecer un desempeño más robusto. Además, el uso de materiales avanzados como las aleaciones con memoria de forma (SMA) permite la recuperación eficiente después de deformaciones extremas, mejorando la durabilidad del sistema.

### A. Disipadores Friccionales

En la investigación de Valdez en el año 2024, menciona que los disipadores de energía friccionales se activan por el desplazamiento relativo entre sus extremos, generado por la actividad sísmica. Estos dispositivos disipan energía a través de la fricción que se crea entre las superficies en contacto, tal y cual lo muestra la *figura 2.7*. Se presentan en diversas formas, como conexiones deslizantes con orificios ovalados. Su principal característica es que están diseñados para activarse cuando se supera un umbral de carga específico. Si el evento sísmico produce una carga por debajo de ese umbral, el dispositivo no se activará, lo que limitará su efectividad en ciertos escenarios. Esto significa que, aunque los disipadores friccionales pueden ser efectivos en ciertas situaciones, su diseño puede ser limitado por su capacidad para responder a eventos sísmicos de baja intensidad. Esto demuestra la importancia de considerar cuidadosamente las características del disipador y las condiciones específicas del sitio en el que se va a instalar.



**Figura 2.7 Disipador Friccional Uniaxial [Valdez,2024]**

## B. Disipadores Viscosos.

Los disipadores viscosos están dentro de la clasificación de activación por velocidad relativa. Estos dispositivos utilizan un fluido de alta viscosidad para disipar la energía, a través del dispositivo mostrado en la *figura 2.8*. El diseño del dispositivo presenta parámetros cuidadosamente calculados, como la longitud, la inclinación y el diámetro de las perforaciones del pistón, que controlan el flujo del fluido. Este control preciso del diseño permite que el disipador absorba y disipe de manera efectiva la energía sísmica, lo que lo convierte en una solución confiable para la protección estructural (Sadowski, 2015).

Según la investigación de Villarreal y Oviedo (2009) señala que, durante las últimas tres décadas, los disipadores viscoelásticos han demostrado su efectividad en edificios de gran altura para controlar las oscilaciones causadas por el viento. Este éxito ha motivado su implementación en sistemas de protección sísmica. La versión más utilizada de estos amortiguadores consta de una estructura de láminas metálicas conectadas mediante un material viscoelástico compuesto por polímeros acrílicos. La característica distintiva de estos mecanismos es su capacidad para convertir la energía a través de la deformación cortante del componente viscoelástico, retornando luego a su estado inicial tras transformar la energía elástica y cinética en calor. Una ventaja notable frente a otros disipadores de energía, es que no requieren alcanzar un umbral de fuerza específico para activarse, lo que les permite disipar energía ante cualquier nivel de excitación.

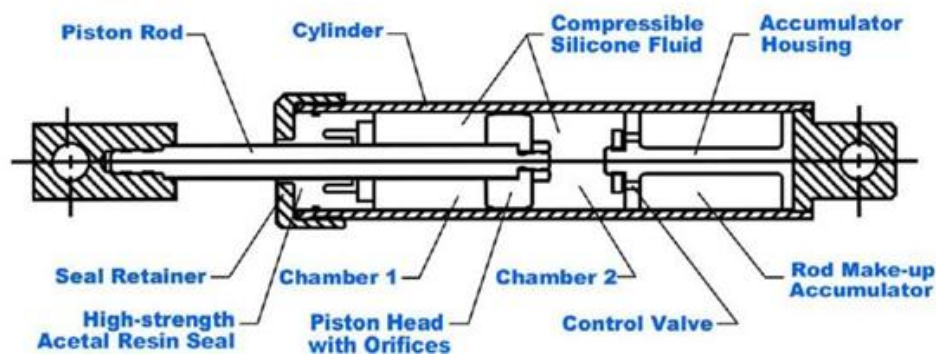
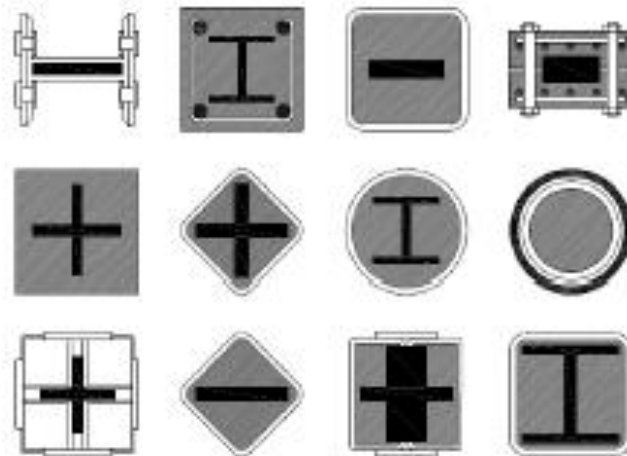


Figura 2.8 Elementos de un Disipador Viscoso [Sadowski,2015]

### C. Disipadores de Pandeo Restringido

En la *figura 2.9* se puede visualizar los Disipadores de Pandeo restringido, también conocidos como BRB's (buckling-restrained braces). Estos dispositivos consisten en un componente lineal, típicamente tubular de acero, que está sometido a cargas axiales de tracción y compresión. El núcleo del BRB puede estar conformado por acero, plomo, elastómero o resina, que se deforma transversalmente debido a los cambios en la sección transversal del tubo. Este diseño único permite que el BRB absorba y disipe de manera efectiva las fuerzas sísmicas, lo que lo convierte en una solución confiable para la protección estructural (CDT, 2011).



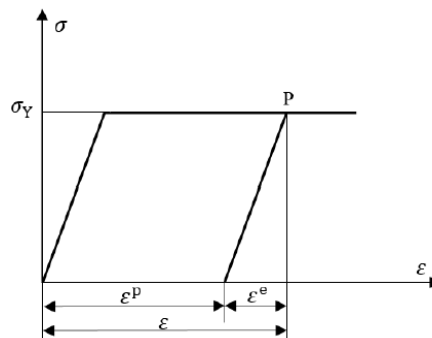
**Figura 2.9 Disipadores BRB. [Morillas,2013]**

### 2.2.3 Comportamiento Elastoplástico de los Materiales

El comportamiento elastoplástico se manifiesta en un material cuando este se somete a un esfuerzo que supera su límite de fluencia. Este fenómeno se caracteriza por la aparición de deformaciones que no son completamente reversibles, lo que resulta en una deformación permanente de la estructura del material. En la representación gráfica de la relación esfuerzo-deformación, se puede identificar un punto P que ilustra cómo la deformación total, que se compone de dos elementos distintos, Por un lado, se tiene la deformación elástica ( $\epsilon^e$ ), que es aquella parte de la deformación que el material puede recuperar, volviendo a su estado inicial y por otro lado, se encuentran la deformación

plástica ( $\epsilon^p$ ), que persiste incluso después de retirar la carga, constituyendo así la deformación irreversible o permanente del material (Hernández, 2019).

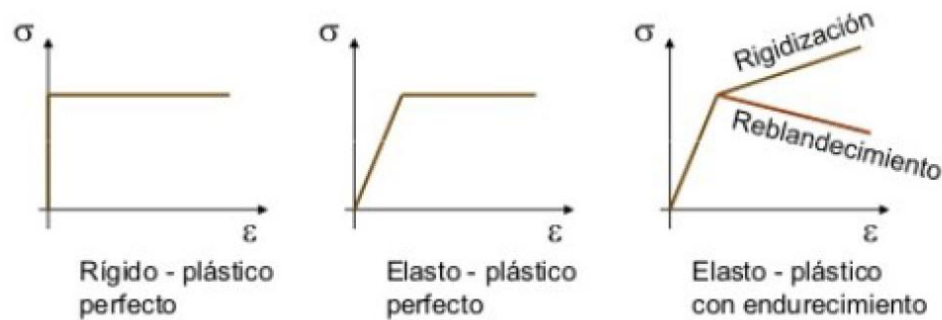
La *figura 2.10* ilustra el comportamiento mecánico de materiales sometidos a cargas, destacando varios comportamientos cruciales en el ámbito de la ingeniería estructural.



**Figura 2.10 Comportamiento elastoplástico perfecto. [ Gilbert & Hadzi-Janev, 2009]**

Además del ya mencionado comportamiento elastoplástico perfecto, se observan dos modelos adicionales de gran relevancia, como lo son el comportamiento rígido-plástico perfecto y el elastoplástico con endurecimiento por deformación ilustrados en la *figura 2.11*. El modelo rígido-plástico perfecto describe un material teórico que carece por completo de fase elástica, donde cualquier carga aplicada, por mínima que sea, provocaría deformaciones plásticas inmediatas, teoría que encuentra aplicación en análisis límite y diseño plástico de estructuras. Por otro lado, el comportamiento elastoplástico con endurecimiento por deformación se caracteriza por un aumento de la resistencia del material después de alcanzar el punto de fluencia, requiriendo un incremento progresivo del esfuerzo para generar deformaciones adicionales, fenómeno típico en materiales como el acero estructural y fundamental en el diseño de elementos dúctiles. Cabe mencionar también que se presenta un modelo de comportamiento elastoplástico con ablandamiento, donde el material una vez superado su límite de fluencia, experimenta mayores deformaciones bajo esfuerzos de menor magnitud, comportamiento observado en ciertos materiales frágiles o en condiciones de carga que aumenta de forma progresiva.

La comprensión y aplicación de estos modelos constitutivos resulta esencial para la caracterización del comportamiento mecánico de los materiales en análisis estructurales avanzados y simulaciones numéricas en el campo de la Ingeniería Civil (Hernández, 2019).



**Figura 2.11 Comportamiento idealizado en plasticidad [Gilbert & Hadzi-Janev, 2009.]**

#### **2.2.4 Consideraciones en el diseño de un Disipador de Energía.**

En el diseño sismorresistente que se ha adoptado en las últimas décadas, se emplea una estrategia de protección estructural que busca mantener los elementos principales de la estructura en el rango elástico durante un evento sísmico. Para lograr esto, se incorporan dispositivos denominados disipadores de energía, que transforman en calor que se libera al ambiente la energía que el sismo transmite a la estructura. Estos disipadores se diseñan con una rigidez, resistencia y capacidad de disipación de energía controlada. En el caso de los disipadores friccionales y metálicos (como los BRB's) estos pueden ser diseñados para deformarse y alcanzar la fluencia antes que los elementos estructurales críticos, disipando así la energía sísmica y previniendo daños en componentes estructurales esenciales. Esta filosofía de diseño se complementa con el principio de "columna fuerte, viga débil" en estructuras sismorresistentes. Al integrar disipadores, estos generalmente se instalan en configuraciones diagonales, utilizando soportes más rígidos que los propios dispositivos. Sin embargo, es crucial encontrar un equilibrio en la rigidez del disipador.

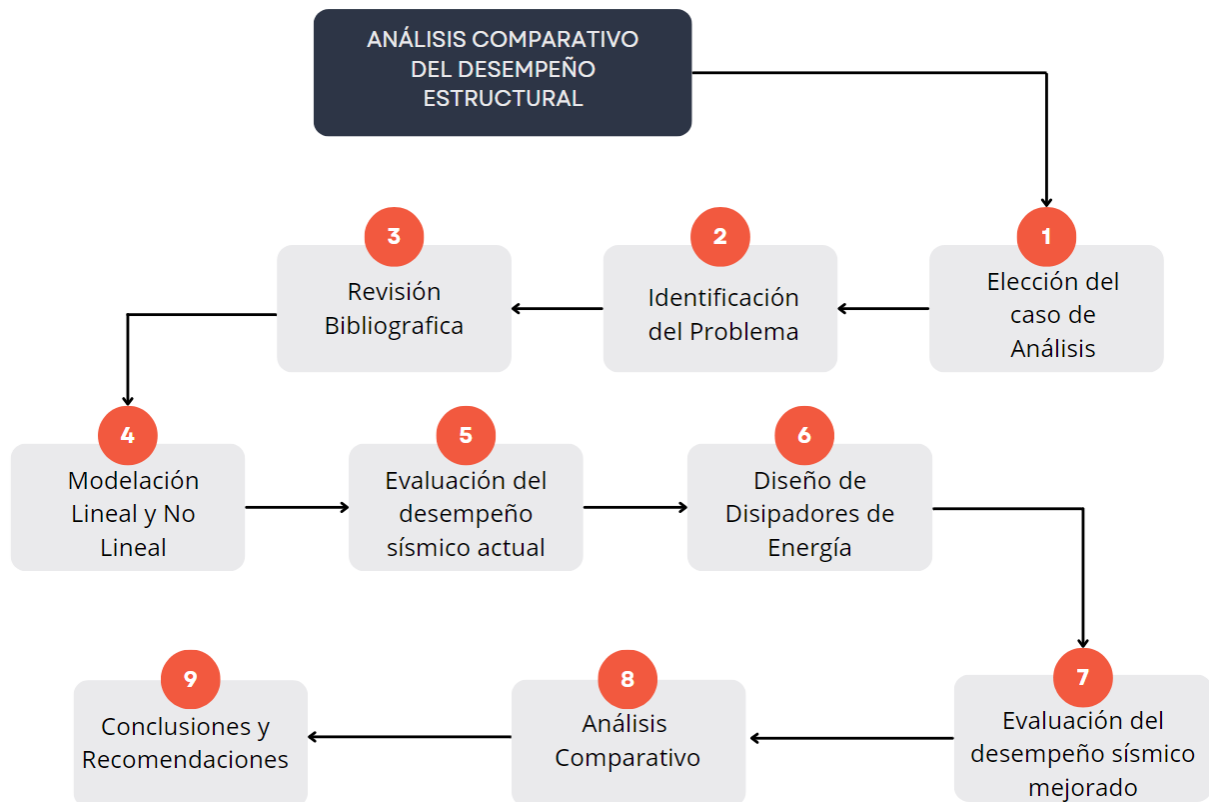
Si bien típicamente deben ser menos rígidos que la estructura principal, un disipador excesivamente flexible en relación con sus soportes diagonales puede inducir

esfuerzos torsionales, que podrían transferirse a las columnas exteriores como deformaciones inelásticas y permanentes, comprometiendo así la integridad estructural y la eficacia del sistema de disipación (Tena-Colunga, 2015).

La investigación de Tena-Colunga hace referencia que en cuanto a la fabricación de disipadores metálicos histeréticos, se emplean materiales como acero, aluminio y cobre. Cada uno de estos metales posee propiedades mecánicas únicas que permiten ajustar la rigidez y fuerza de activación del disipador, facilitando así el diseño de dispositivos que se adapten específicamente a los requerimientos de cada estructura.

### 2.3 Marco metodológico

Se puede observar en la *figura 2.12* la metodología tipo cascada, se optó para este Proyecto de titulación, debido a que su orden secuencial de llevar a cabo los procesos, resulto ser óptimo para el avance de los análisis estructurales.



**Figura 2.12 Metodología Tipo Cascada aplicada al Proyecto**

La evaluación y optimización de la estructura de hormigón armado con pórticos resistentes a momento y muros de corte se centra en un análisis exhaustivo del comportamiento estructural existente. Debido a esto, se selecciona la metodología tipo cascada ya que esta resalta en procesos detallados y precisos secuenciales que permiten un análisis del comportamiento estructural. Inicialmente, se realiza un diagnóstico de la estructura existente, evaluando las secciones de los elementos estructurales, la configuración estructural y el diseño del acero de refuerzo, basándose en la información proporcionada por el diseñador.



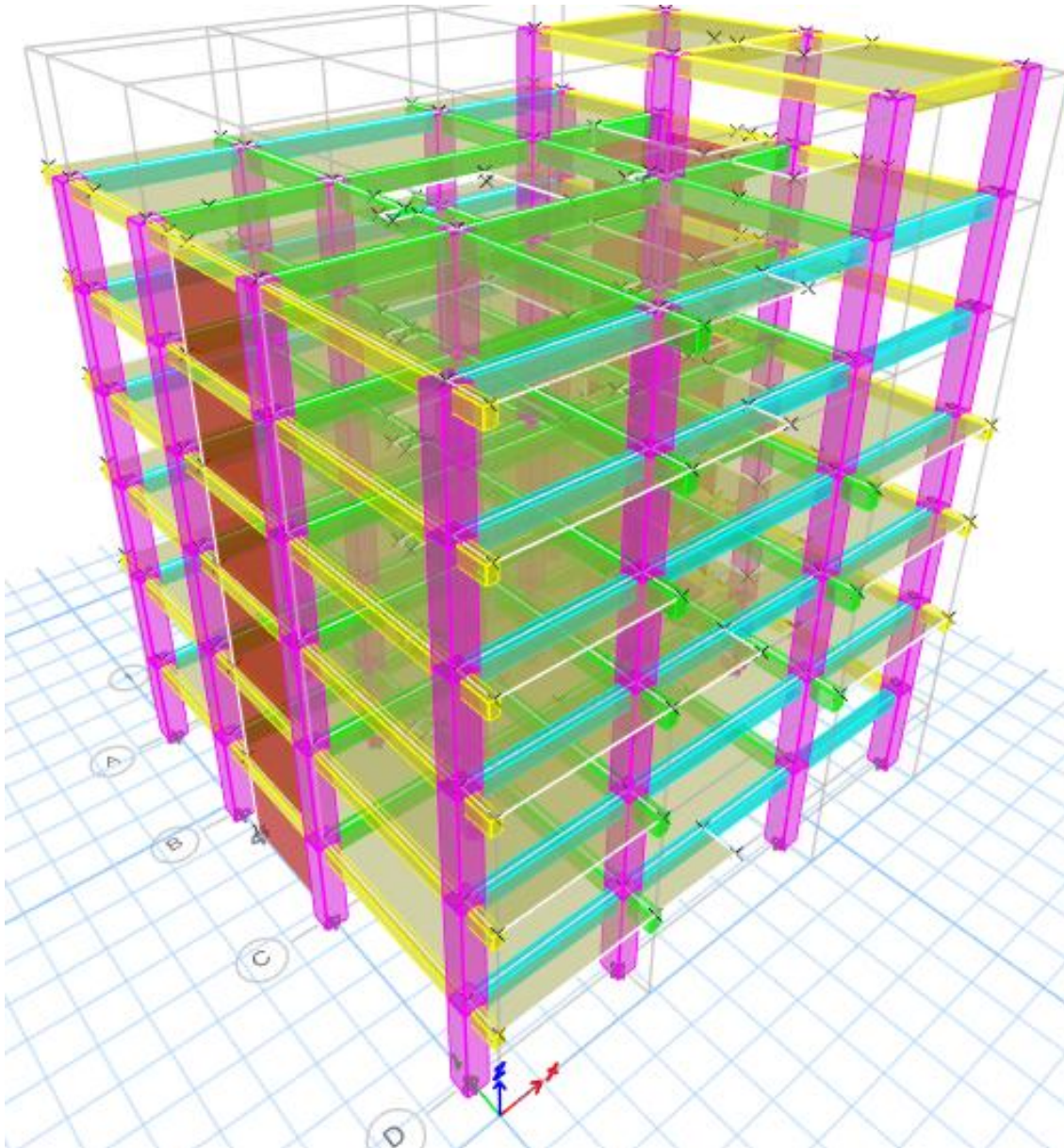
Posteriormente, se lleva a cabo un análisis lineal utilizando un software de análisis estructural, con el objetivo de modelar el comportamiento de la estructura bajo diferentes condiciones de carga.

En la siguiente etapa se desarrolla un análisis no lineal aplicando el estándar ASCE/SEI 41-17 para realizar la caracterización no lineal de cada elemento de la estructura, evaluando la respuesta de esta a cargas extremas y detectando zonas críticas. Como último paso se optimiza el modelo mediante la incorporación de disipadores de energía, mejorando su desempeño y cumpliendo con los objetivos establecidos bajo el enfoque de diseño basado en desempeño. Este proceso permite garantizar la precisión y el control en cada etapa antes de avanzar a la siguiente, lo cual es primordial, ya que cada etapa de análisis debe de estar totalmente completa y sin ningún error a fin de avanzar con los siguientes cálculos para cualquiera de las estructuras que se evalúan.

### 2.3.1 Trabajo en Gabinete

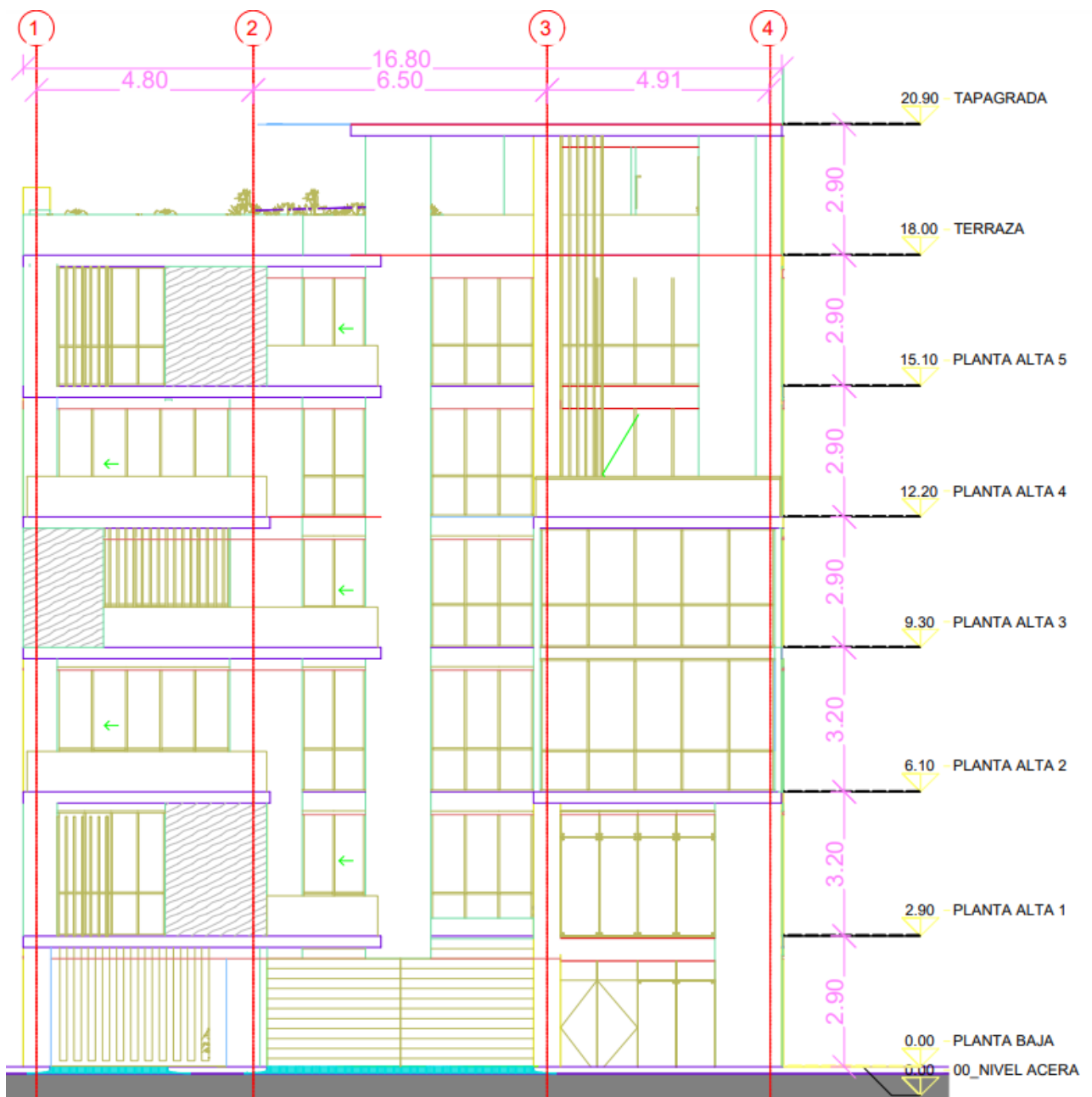
#### 2.3.1.1 Modelo Lineal

La *figura 2.1* muestra el modelado original de la estructura que se realizó en un programa de análisis estructural de elementos finitos, en la cual se observa su configuración geométrica y estructural, para el uso que se la destino.



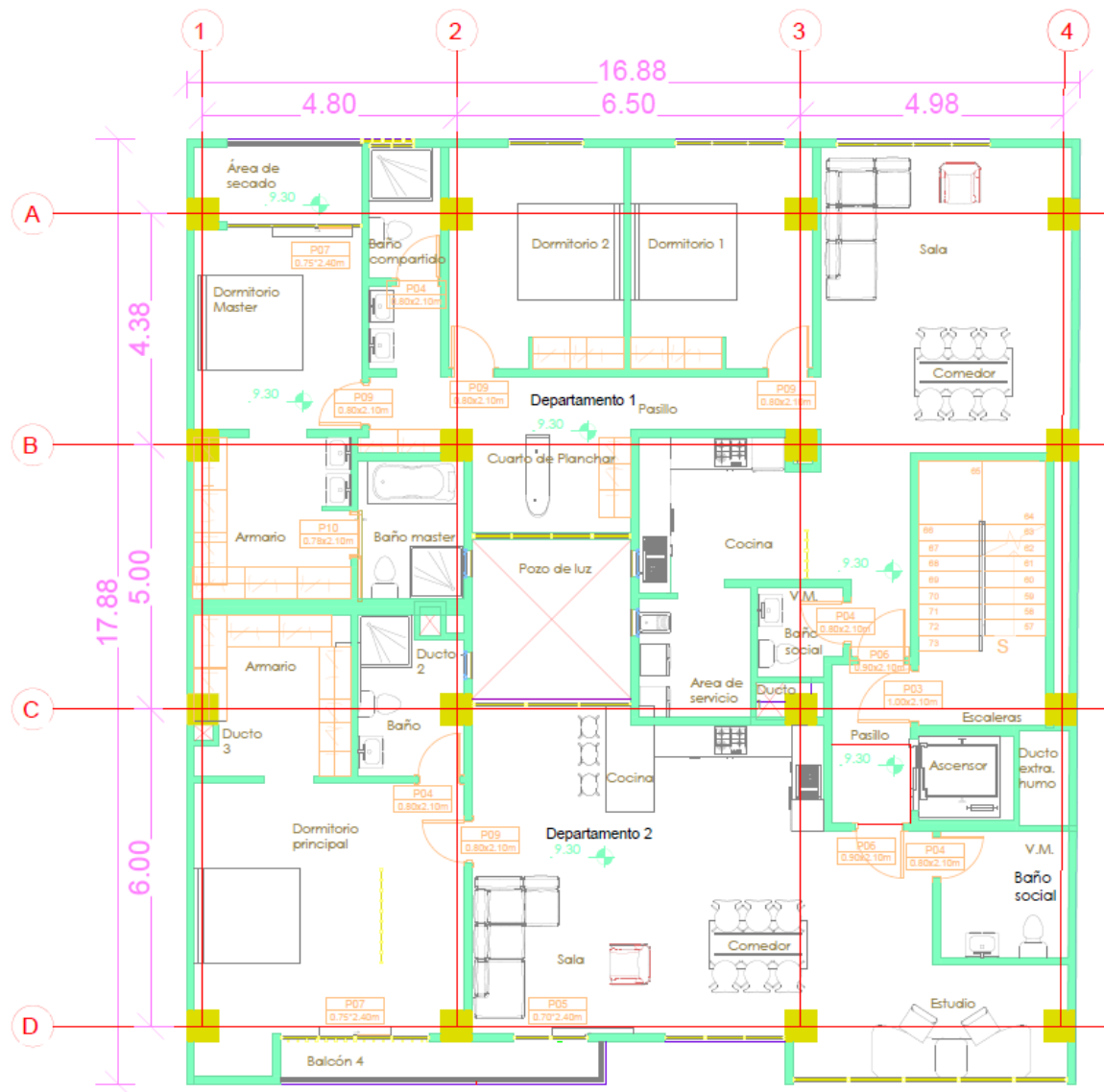
**Figura 2.13 Modelo 3D de la estructura a analizar.**

En la *figura 2.14* se muestra una vista en elevación de la estructura de estudio, que consta de 7 niveles con una altura de entrepiso que no es constante por su configuración arquitectónica. Cabe mencionar que las vistas mostradas son un extracto de los planos arquitectónicos y estructurales que se encuentran en el apartado del ANEXO A.



**Figura 2.14 Vista Frontal de la Estructura – ANEXO A**

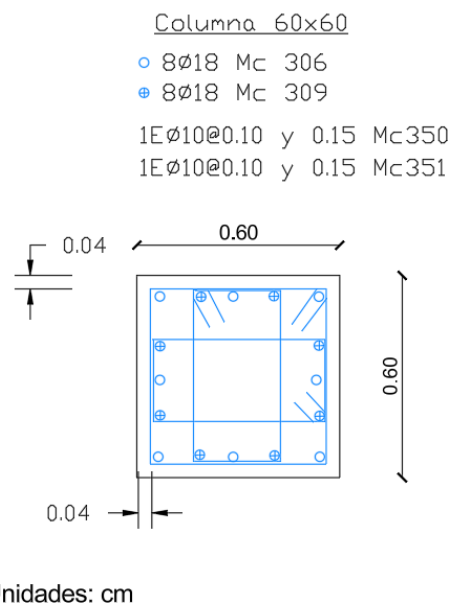
En la *figura 2.15* se puede observar la distribución arquitectónica tipo de una planta de la estructura a analizar. Esta configuración, de 7 niveles, tiene los siguientes usos: Niveles 1 y 2 destinados para ocupación de oficinas, niveles 3, 4, y 5 se destinan para ocupación de departamentos, nivel 6 corresponde a una cubierta accesible y el nivel 7 se destina para cubrir el bloque de gradas que conducen a la cubierta accesible.



**Figura 2.15 Vista en Planta de la estructura - ANEXO A**

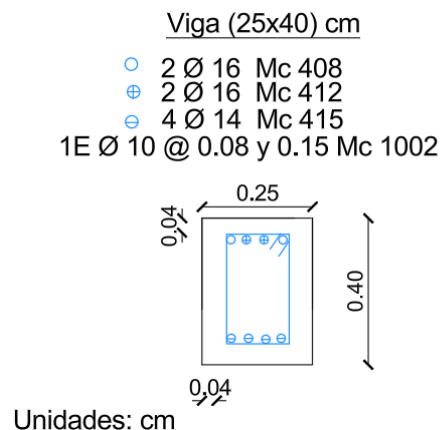
### 2.3.1.2 Secciones de elementos

En la *figura 2.16* se observa la sección transversal del tipo de columna cuadrada utilizada para la edificación de estudio, la cual tiene un área transversal de 3600 cm<sup>2</sup>. Esta sección cuenta con 16 varillas longitudinales de diámetro 1.8 cm cada una, y 3 refuerzos transversales de un diámetro de 1 cm, con un recubrimiento de 4 cm.



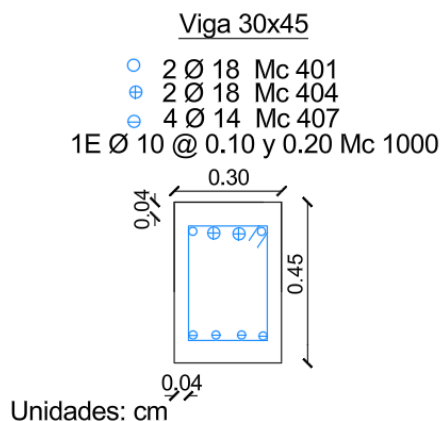
**Figura 2.16 Sección transversal de la columna 60x60cm – ANEXO A.**

En la *figura 2.17* se observa la sección transversal del tipo de viga rectangular utilizada para la edificación de estudio, la cual tiene una base de 25 cm y una altura de 40 cm. Esta sección cuenta con 4 varillas longitudinales superiores de diámetro 1.6 cm cada una y 4 varillas longitudinales inferiores de diámetro 1.4 cm, cuenta con 1 refuerzo transversal de un diámetro de 1cm, con un recubrimiento de 4 cm.



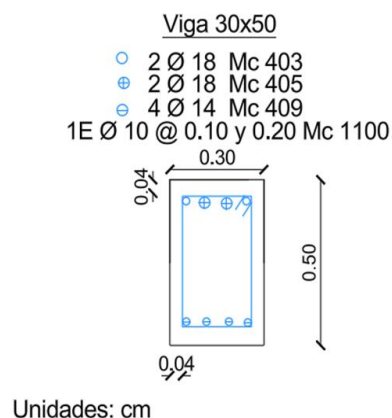
**Figura 2.17 Sección transversal de la Viga 25x40cm – ANEXO A.**

La *figura 2.18* muestra la sección transversal del tipo de viga rectangular utilizada para la edificación de estudio, la cual tiene una base de 30 cm y una altura de 45 cm. Esta sección cuenta con 4 varillas longitudinales superiores de diámetro 1.8 cm cada una y 4 varillas longitudinales inferiores de diámetro 1.4 cm, cuenta con 1 refuerzo transversal de un diámetro de 1cm y con un recubrimiento de 4 cm.



**Figura 2.18 Sección transversal de la Viga 30x45cm - ANEXO A.**

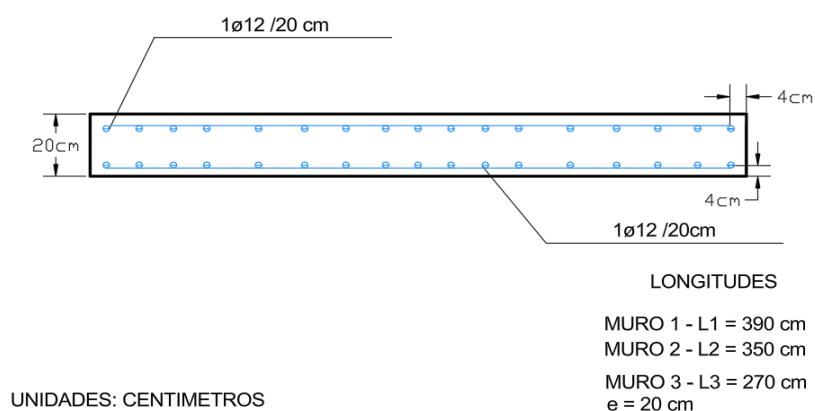
En la *figura 2.19* se puede observar la sección transversal del tipo de viga rectangular utilizada para la edificación de estudio, la cual tiene una base de 30 cm y una altura de 50 cm. Esta sección cuenta con 4 varillas longitudinales superiores de diámetro 1.8 cm cada una y 4 varillas longitudinales inferiores de diámetro 1.4 cm, cuenta con 1 refuerzo transversal de un diámetro de 1 cm y con un recubrimiento de 4 cm.



**Figura 2.19 Sección transversal de la Viga 30x50cm – ANEXO A.**

Se visualiza en la *figura 2.20* la sección transversal del muro de corte tipo utilizada para la edificación de estudio, la cual tiene un espesor de 20 cm y su longitud varia con respecto a la ubicación dentro de la estructura de 390 cm, 350 cm y 270 cm. Esta sección cuenta con una malla electrosoldada de varilla de 12 mm con espaciamiento de 20 cm para cada cara del muro y con un recubrimiento de 4 cm.

#### SECCION TIPO DE MUROS ESTRUCTURALES



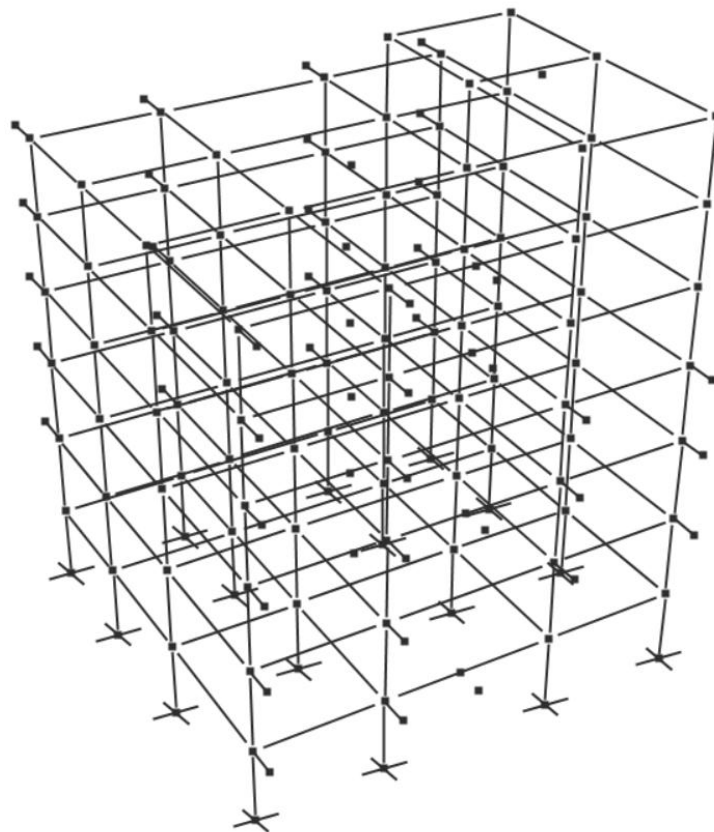
**Figura 2.20 Sección tipo de Muros de Corte – ANEXO A.**



### **2.3.1.3 Modelo No Lineal**

En la *figura 2.21* se presenta el modelo tridimensional que ha sido ingresado en el programa de análisis no lineal. Este modelo ha sido desarrollado con el objetivo de realizar una comparación exhaustiva de sus modos de vibración, períodos y derivas en relación con la estructura original, que fue modelada previamente utilizando el programa de elementos finitos.

El análisis no lineal permite evaluar el comportamiento estructural bajo condiciones de carga que superan el límite elástico, considerando efectos como la plasticidad y la geometría no lineal. A través de esta modelación se busca identificar discrepancias y similitudes en la respuesta dinámica de ambos modelos, lo que proporcionará información valiosa sobre la efectividad del modelo de elementos finitos y su capacidad para predecir el comportamiento esperado de la estructura bajo condiciones extremas.



**Figura 2.21 Modelado Estructural no lineal.**



#### 2.3.1.4 Criterios de aceptación y modelación de elementos estructurales según ASCE/SEI 41-17

El análisis no lineal en estructuras se basa en las relaciones momento-curvatura y momento-rotación para describir cómo el momento aplicado se relaciona con la deformación y la rotación de los elementos bajo cargas. Estas relaciones son esenciales para entender el comportamiento real de materiales como el acero o el concreto durante la flexión y flexocompresión, especialmente en condiciones no lineales (Abdullah & Wallace, 2021).

El estándar ASCE/SEI 41-17 incluye tablas que están fundamentadas en teorías y ensayos experimentales, que permiten determinar de manera sencilla las relaciones entre momento y rotación. A partir de estas relaciones, es posible determinar los diagramas de momento-rotación y momento-curvatura. Estos diagramas son esenciales para evaluar la rigidez de una sección estructural, considerando el estado de daño que presenta (ASCE 41-17, 2017).

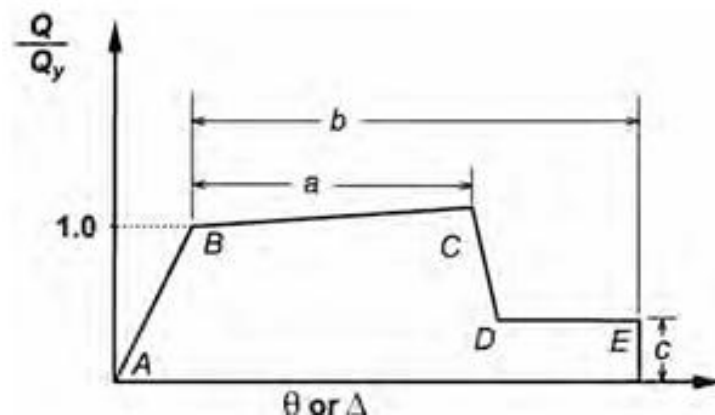


Figura 2.22 Diagrama Momento - Rotación [ASCE/SEI 41-17]

En la *figura 2.22*, se presenta la nomenclatura del ASCE/SEI 41-17 para hallar las relaciones momento rotación. En el eje horizontal se indica  $\theta$  rotación o desplazamiento  $\Delta$ ; y en el eje vertical  $Q/Q_y$ . Para el caso de flexión esta relación será  $M/M_y$ .

Lo interesante es que el valor para el punto B, es la unidad, de tal manera que el momento es el de fluencia  $M_Y$ , que está asociado a una rotación  $\theta_Y$ . A partir del punto  $M_Y, \theta_Y$ , se encuentra el punto C por medio de la variable  $\alpha$  propuesta por ASCE/SEI 41-17.

Se determina también el momento residual, MR, con la variable c; y la rotación final en este segmento DE por medio de la variable b. Se destaca que en el hormigón el punto C está asociado a una deformación a la compresión que varía entre 0.003 y 0.004. Para la zona residual esta deformación se encuentra entre 0.004 y 0.008 (Aguilar, 2015).

#### 2.3.1.4.1 Columnas

Para las columnas se utilizó la metodología de Parámetros de Modelado y Criterios de Aceptación Numérica para Procedimientos No Lineales—Columnas de Hormigón Armado que No Son Circulares con Refuerzo Espiral o Anillos Sísmicos según lo Definido en el estándar ASCE/SEI 41-17. Se realizó el análisis a todas las columnas de esta edificación, desarrollando así 9 tipos de acuerdo a sus diagramas momento rotación mas similares. En este caso, se identificó un tipo de columna por cada dos niveles de la estructura, y por su ubicación, esquinera, medianera y central. En las *figuras 2.23, 2.24 y 2.25* se muestran los 9 tipos de elementos que se utiliza para el análisis no lineal de la estructura. El cálculo representativo de las rótulas plasticas para los elementos estructurales, columnas, vigas y muros de corte se encuentra en el ANEXO B.

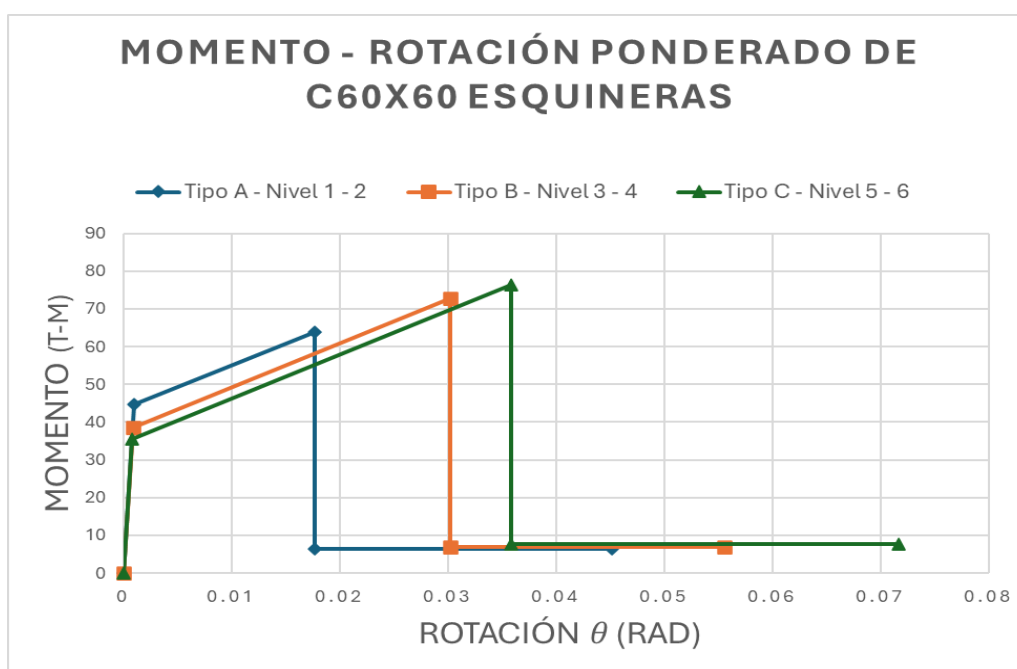


Figura 2.23 Momento – Rotación columnas 60x60 cm esquineras – ANEXO B.

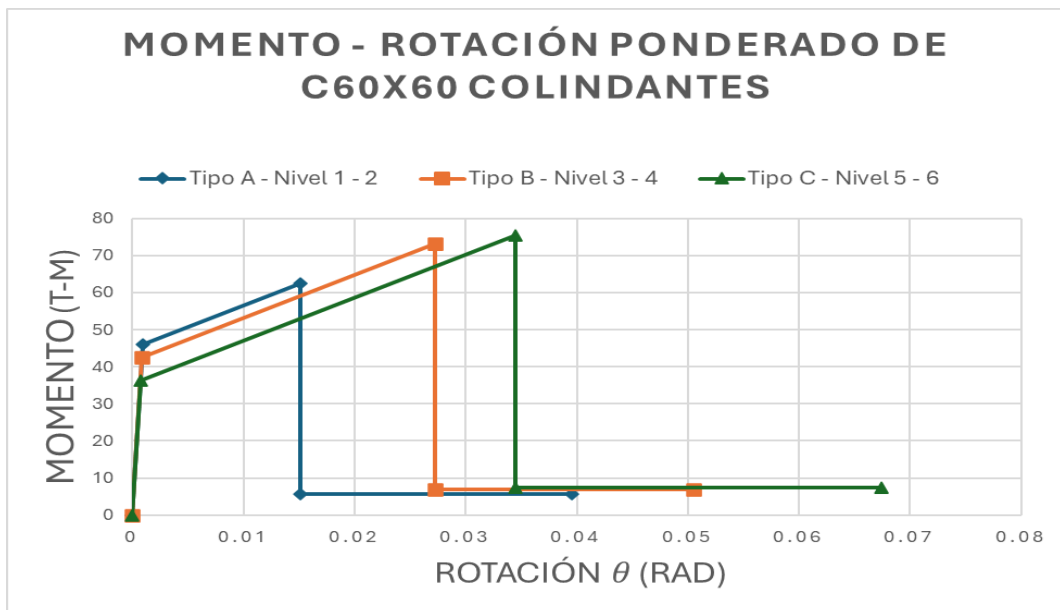


Figura 2.24 Momento – Rotación columnas 60x60 cm esquineras – ANEXO B.

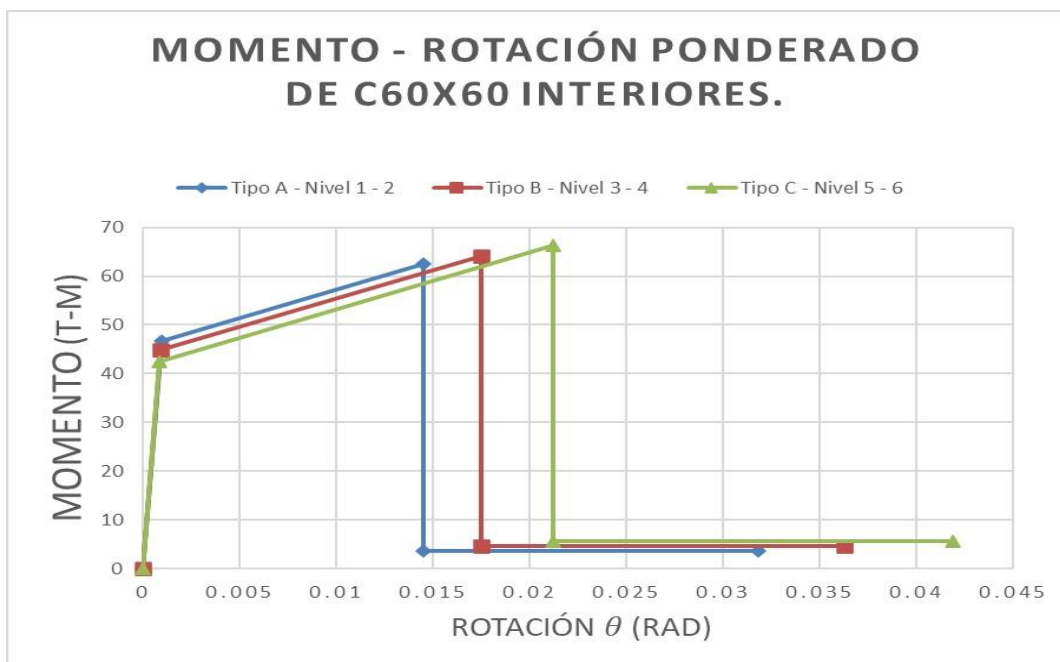


Figura 2.25 Momento - Rotación columnas 60x60 cm interiores – ANEXO B.

#### 2.3.1.4.2 Vigas

En las figuras 2.26, 2.27 y 2.28, se muestran las rótulas plásticas de las vigas. Se utilizó el estándar ASCE/SEI 41-17, que proporciona parámetros de modelado y criterios de aceptación numérica para procedimientos no lineales en vigas de hormigón armado.

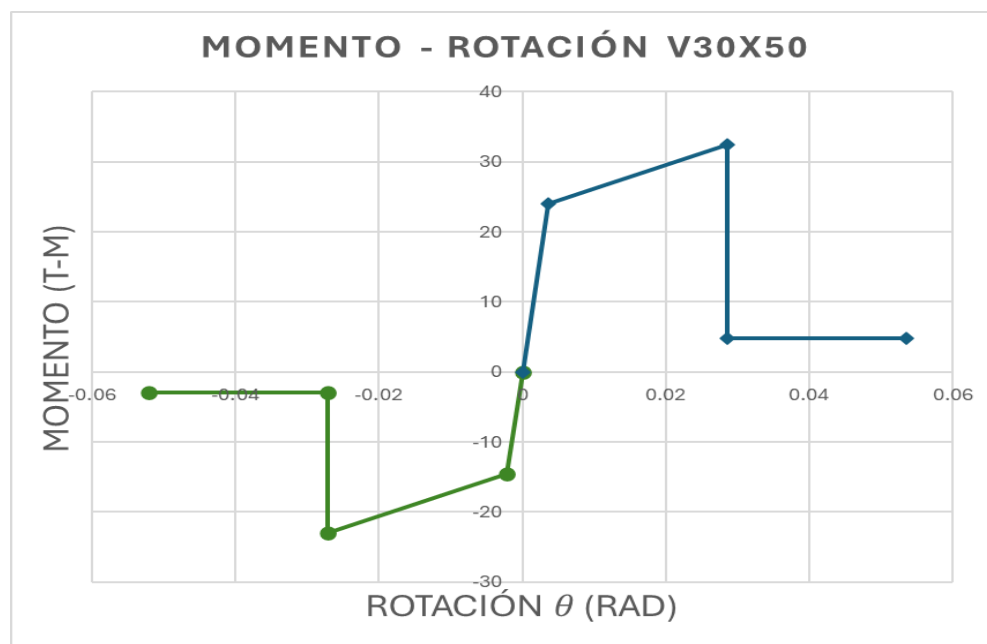


Figura 2.26 Momento - Rotación vigas 30x50 cm – ANEXO B.

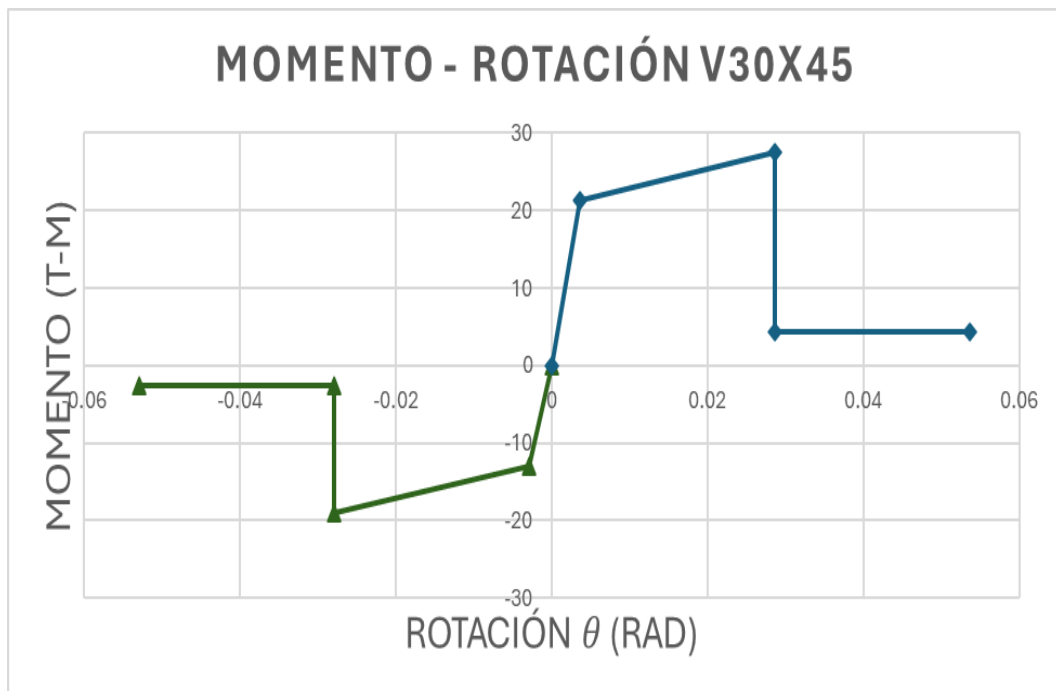


Figura 2.27 Momento - Rotación vigas 30x45 cm – ANEXO B.

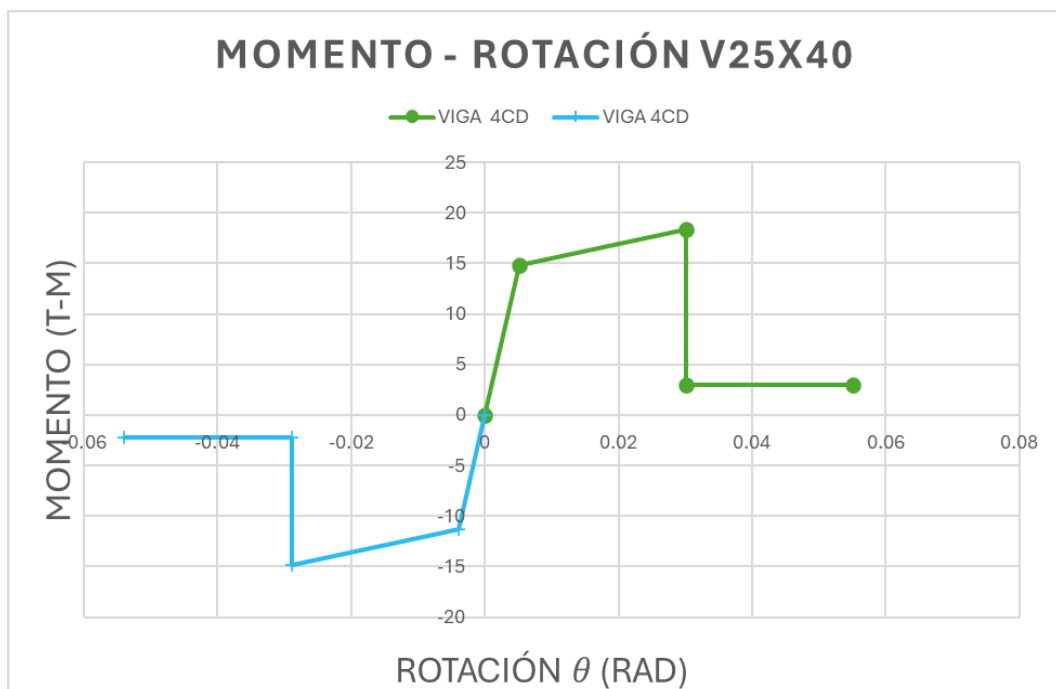


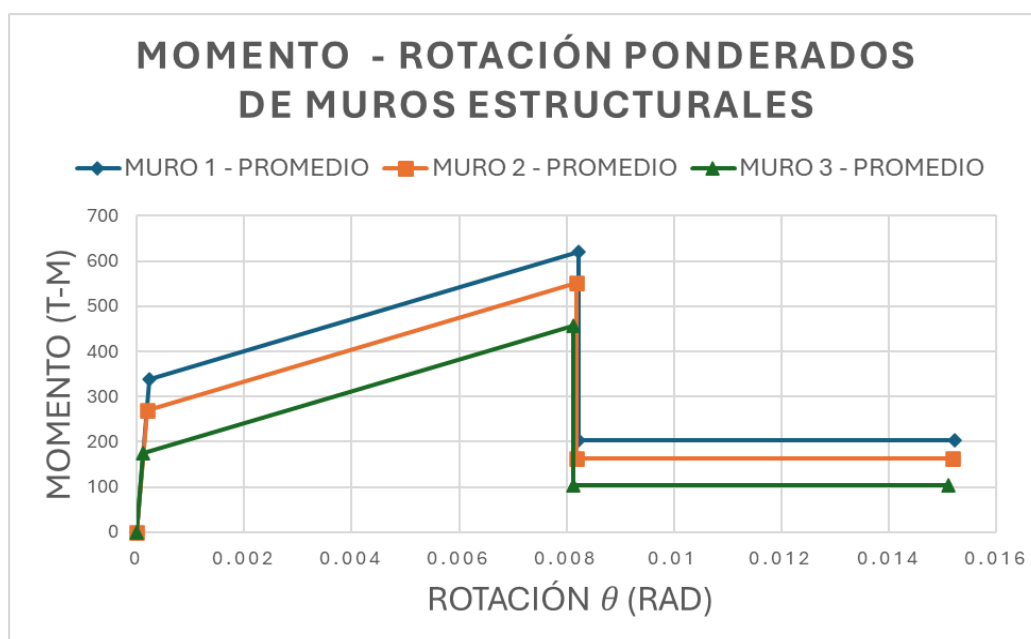
Figura 2.28 Momento - Rotación vigas 25x40 cm – ANEXO B.

### 2.3.1.4.3 Muros estructurales

En la estructura se incluyen tres tipos de muros de diferente sección transversal correspondientes a 3.90x0.20 m, 3.70x0.20 m, 2.70x0.20 m, los cuales fueron utilizados en el diseño original, probablemente controlar las derivas de piso para no generar desplazamientos excesivos por sobre los permitidos en la Normativa NEC-15. Cada uno de estos muros presenta características geométricas y soporta diferentes cargas, lo que influye en su comportamiento estructural. A continuación se muestra la *figura 2.29*, que describe los tres elementos que funcionarán como muros de corte, conforme a los diseños originales presentados. Estos elementos han sido seleccionados cuidadosamente para asegurar una adecuada respuesta ante las demandas sísmicas y gravitacionales que se anticipan en el proyecto.

#### Muros Tipo.

Al tener secciones transversales de muros de corte similares, se realizó una ponderación de los resultados correspondientes a los momentos y rotaciones mostrados en la *figura 2.29*, para generar 3 diagramas Momento – Rotación para cada tipo de muro.



**Figura 2.29 Momento - Rotación Muros Estructurales – ANEXO B**

Todo el cálculo para encontrar los puntos que definen los diagramas momento curvatura correspondientes a columnas, vigas y muros se realizó en base al estándar ASCE/SEI 41-17. Adoptando medidas para cada elemento estructural de simplificación o ponderación de resultados para generar las gráficas y de esta manera no generar un gasto excesivo de tiempo de cálculo en el software de análisis no lineal, que se utiliza para evaluar el desempeño sísmico de la estructura (Tolou Kian & Cruz Noguez, 2023).

### 2.3.2 Tabulación de Datos

La *tabla 2.1* corresponde a las propiedades fundamentales y necesarias para la modelación de la columna de 60x60 cm. Entre estas características se tiene, área transversal, área de corte a lo largo de ejes 2 y 3, inercia torsional, inercia de flexión sobre ejes 2 y 3 y el peso del elemento por unidad de longitud.

**Tabla 2.1 Propiedades de columna (60x60 cm), para modelamiento estructural.**

| Sección - C60x60          |         |                 |
|---------------------------|---------|-----------------|
| Área                      | 3600    | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante - eje 2     | 3000    | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante – eje 3     | 3000    | cm <sup>2</sup> |
| Inercia Torsional         | 1968600 | cm <sup>2</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 2 | 864000  | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 3 | 864000  | cm <sup>4</sup> |
| Peso Propio               | 8.64    | kgf/cm          |



La *tabla 2.2* corresponde a las propiedades fundamentales y necesarias para la modelación de la viga 25x40 cm. Entre estas características se tiene, área transversal, área de corte en ejes 2 y 3, inercia torsional, inercia de flexión sobre ejes 2 y 3 y el peso del elemento por unidad de longitud.

**Tabla 2.2 Propiedades de la viga (25x40 cm) impuesta, para el modelamiento estructural.**

| Sección - V25x40          |          |                 |
|---------------------------|----------|-----------------|
| Área                      | 1000     | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante - eje 2     | 833.3    | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante – eje 3     | 833.3    | cm <sup>2</sup> |
| Inercia Torsional         | 136540   | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 2 | 26041.65 | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 3 | 66666.65 | cm <sup>4</sup> |
| Peso Propio               | 2.4      | kgf/cm          |

La *tabla 2.3* presenta a las propiedades fundamentales y necesarias para la modelación de la viga 30x45 cm. Entre estas características se tiene, área transversal, área de corte en ejes 2 y 3, inercia torsional, inercia de flexión sobre ejes 2 y 3 y el peso del elemento por unidad de longitud.

**Tabla 2.3 Propiedades de la viga (30x45 cm) impuesta, para el modelamiento estructural.**

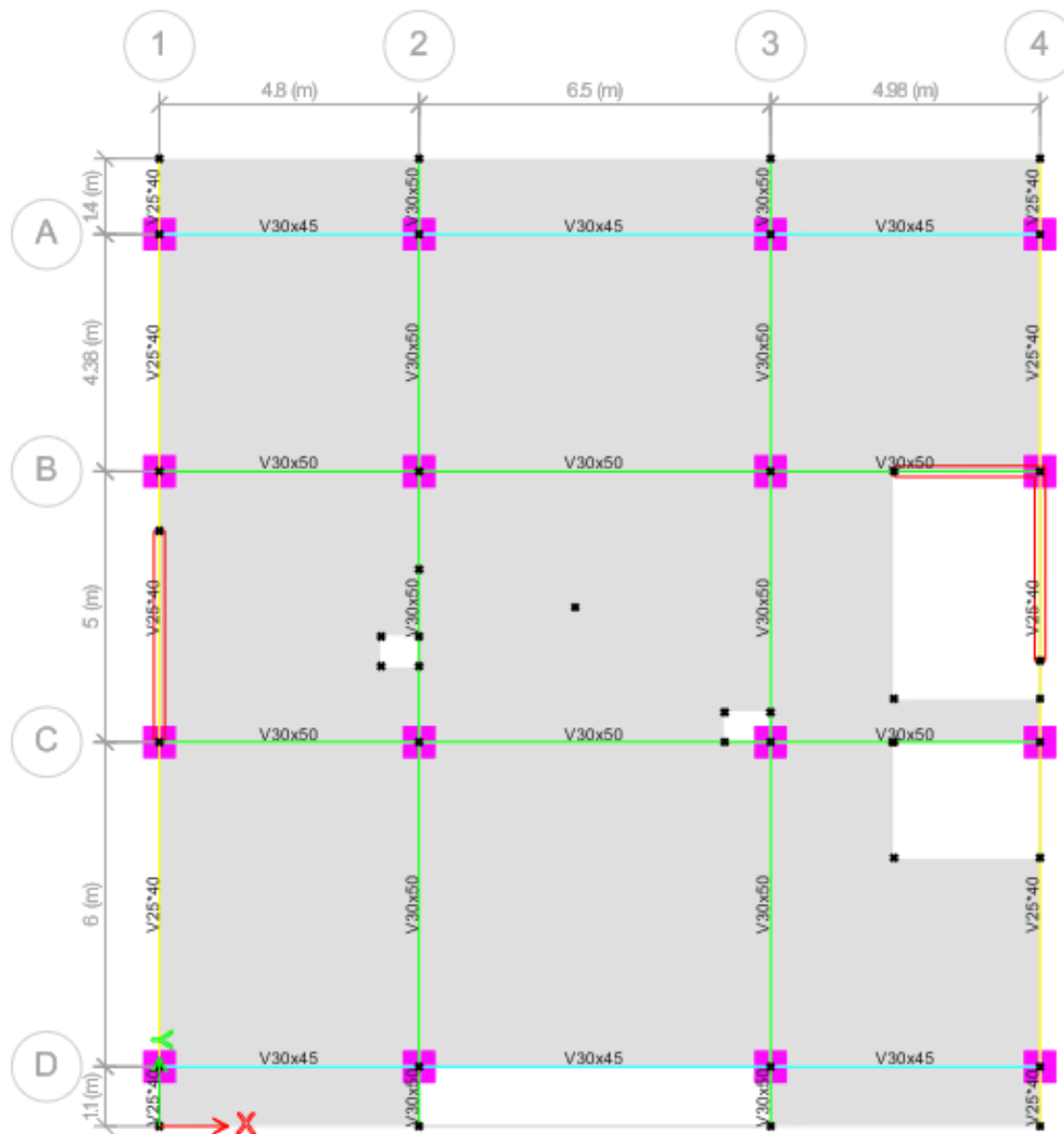
| Sección - V30x45          |          |                 |
|---------------------------|----------|-----------------|
| Área                      | 1350     | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante - eje 2     | 1125     | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante – eje 3     | 1125     | cm <sup>2</sup> |
| Inercia Torsional         | 255540   | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 2 | 50625    | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 3 | 113906.3 | cm <sup>4</sup> |
| Peso Propio               | 3.24     | kgf/cm          |

La *tabla 2.4* muestra las propiedades fundamentales y necesarias para la modelación de la viga 30x50 cm. Entre estas características se tiene, área transversal, área de corte en ejes 2 y 3, inercia torsional, inercia de flexión sobre ejes 2 y 3 y el peso del elemento por unidad de longitud.

**Tabla 2.4 Propiedades de la viga (30x50 cm) impuesta, para el modelamiento estructural.**

| Sección - V30x50          |        |                 |
|---------------------------|--------|-----------------|
| Área                      | 1500   | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante - eje 2     | 1250   | cm <sup>2</sup> |
| Área Cortante – eje 3     | 1250   | cm <sup>2</sup> |
| Inercia Torsional         | 301560 | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 2 | 56250  | cm <sup>4</sup> |
| Inercia a Flexión - eje 3 | 156250 | cm <sup>4</sup> |
| Peso Propio               | 3.6    | kgf/cm          |

Se presenta en la *figura 2.30* un tipo de planta de la estructura, en donde se puede visualizar la configuración estructural de vigas en el orden que fueron colocadas, y también se aprecia la ubicación de los muros de corte que tiene esta estructura.



**Figura 2.30 Configuración de los diferentes tipos de vigas en la estructura.**

Las cargas que se distribuyen en las vigas, mediante un mosaico de cargas elaborado para cada tipo y ubicación de ellas. Se las presenta en la *tabla 2.5*, las mismas que servirán para el análisis no lineal que se pretende realizar a la estructura.

**Tabla 2.5 Distribución de Cargas en Vigas – ANEXO C.**

| Sección | Viga | Base [m] | Altura [m] | Longitud [m] | Dead [Tonf/m] | Live [Tonf/m] | PP [Tonf/m] | Carga Modelo [Tonf/m] |
|---------|------|----------|------------|--------------|---------------|---------------|-------------|-----------------------|
| V30X45  | A12  | 0.3      | 0.45       | 4.8          | 1.5           | 0.4           | 0.3         | 2.0                   |
| V30X45  | A23  | 0.3      | 0.45       | 6.5          | 1.5           | 0.4           | 0.3         | 2.0                   |
| V30X45  | A34  | 0.3      | 0.45       | 4.9          | 1.5           | 0.4           | 0.3         | 2.0                   |
| V30X50  | B12  | 0.3      | 0.5        | 4.8          | 1.5           | 0.4           | 0.3         | 2.0                   |
| V30X50  | B23  | 0.3      | 0.5        | 6.5          | 1.5           | 0.4           | 0.3         | 2.0                   |
| V30X50  | B34  | 0.3      | 0.5        | 4.9          | 1.5           | 0.4           | 0.3         | 2.0                   |
| V30X50  | C12  | 0.3      | 0.5        | 4.8          | 1.7           | 0.4           | 0.3         | 2.2                   |
| V30X50  | C23  | 0.3      | 0.5        | 6.5          | 2.2           | 0.6           | 0.3         | 2.8                   |
| V30X50  | C34  | 0.3      | 0.5        | 4.9          | 1.2           |               | 0.3         | 1.2                   |
| V30X45  | D12  | 0.3      | 0.45       | 4.8          | 2.1           | 0.5           | 0.3         | 2.7                   |
| V30X45  | D23  | 0.3      | 0.45       | 6.5          | 2.0           | 0.5           | 0.3         | 2.6                   |
| V30X45  | D34  | 0.3      | 0.45       | 4.9          | 0             | 0             | 0.3         | 0                     |
| V25X40  | 1AB  | 0.2      | 0.4        | 4.3          | 1.5           | 0.43          | 0.2         | 2.0                   |
| V25X40  | 1BC  | 0.2      | 0.4        | 5            | 1.1           |               | 0.2         | 1.1                   |
| V25X40  | 1CD  | 0.2      | 0.4        | 6            | 1.7           | 0.4           | 0.2         | 2.1                   |
| V25X40  | 1DV  | 0.2      | 0.4        | 1.1          | 0.3           | 0.01          | 0.2         | 0.4                   |
| V30X50  | 2AB  | 0.3      | 0.5        | 4.3          | 3.1           | 0.8           | 0.3         | 4.0                   |
| V30X50  | 2BC  | 0.3      | 0.5        | 5            | 2.2           |               | 0.3         | 2.2                   |
| V30X50  | 2CD  | 0.3      | 0.5        | 6            | 3.4           | 0.9           | 0.3         | 4.4                   |
| V30X50  | 2DV  | 0.3      | 0.5        | 1.1          | 0.7           | 0.02          | 0.3         | 0.81                  |
| V30X50  | 3AB  | 0.3      | 0.5        | 4.38         | 3.1           | 0.8           | 0.3         | 4.0                   |
| V30X50  | 3BC  | 0.3      | 0.5        | 5            | 1.2           |               | 0.3         | 1.2                   |
| V30X50  | 3CD  | 0.3      | 0.5        | 6            | 2.1           | 0.6           | 0.3         | 2.7                   |
| V25X40  | 4AB  | 0.2      | 0.4        | 4.3          | 1.5           | 0.4           | 0.2         | 2.0                   |
| V25X40  | 4BC  | 0.2      | 0.4        | 5            | 0.05          |               | 0.2         | 0.05                  |
| V25X40  | 4CD  | 0.2      | 0.4        | 6            | 0             | 0             | 0.2         | 0                     |

Se obtuvieron del programa de análisis original la distribución de masas, y la ubicación de los diafragmas de cada nivel de la estructura, resultados que se muestran en la *tabla 2.6*, mismos que se utilizan como dato fundamental para la elaboración del modelo no lineal de esta estructura.

**Tabla 2.6 Resumen de Masas – ANEXO C.**

| Nivel  | Diafragma | Masa X<br>[kgf-<br>s <sup>2</sup> /cm] | Masa Y<br>[kgf-<br>s <sup>2</sup> /cm] | Momento de Inercia<br>de Masa<br>[kgf-cm-s <sup>2</sup> ] | X Centro de<br>Masa<br>[cm] | Y Centro de<br>Masa<br>[Cm] |
|--------|-----------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Nivel7 | D7        | 44.7                                   | 44.7                                   | 10136921.8                                                | 1379.0                      | 663.7                       |
| Nivel6 | D6        | 273.5                                  | 273.5                                  | 159475684.8                                               | 818.5                       | 914.3                       |
| Nivel5 | D5        | 286.3                                  | 286.3                                  | 169096240.2                                               | 802.8                       | 921.0                       |
| Nivel4 | D4        | 288.4                                  | 288.4                                  | 172312436.4                                               | 813.2                       | 914.5                       |
| Nivel3 | D3        | 292.9                                  | 292.9                                  | 175668528.0                                               | 811.6                       | 907.7                       |
| Nivel2 | D2        | 292.7                                  | 292.7                                  | 175326587.9                                               | 813.1                       | 914.6                       |
| Nivel1 | D1        | 269.5                                  | 269.5                                  | 152247134.7                                               | 804.6                       | 870.0                       |

### **2.3.3 Solución a Diseñar.**

La solución de este Proyecto de Titulación se basa en implementar sistemas de disipación de energía, específicamente disipadores friccionales, de pandeo restringido (BRB) y viscosos. La principal función de estos sistemas es mejorar la capacidad de las estructuras para resistir los efectos de los sismos de mediana y gran magnitud, a partir de la absorción y disipación de gran parte de la energía inducida por los sismos, salvaguardando elementos estructurales como columnas, muros y vigas, y así reducir las incursiones inelásticas y las deformaciones permanentes que podrían llegar a tener las edificaciones. La solución a diseñar se desglosa en los siguientes pasos indispensables, para llevar a cabo un análisis ordenado y eficaz de los cálculos pertinentes de la implementación de los disipadores de energía en la estructura en cuestión.

#### ***2.3.3.1 Modelación y Análisis de la Estructura Base.***

Se inicia con el modelo base de la estructura de pórticos resistentes a momento y muros de corte, diseñada conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15). El modelo servirá como referencia para evaluar el comportamiento sísmico de la estructura bajo diferentes condiciones sísmicas, incluyendo sismos de alta intensidad.

Este análisis se realiza utilizando software de modelación estructural que permita realizar un análisis dinámico no lineal para simular la respuesta sísmica bajo las cargas sísmicas del terremoto de Pedernales – Ecuador del año 2016, Terremoto de Concepción – Chile del año 2010 y el sismo de Northridge – USA del año 1994.

### ***2.3.3.2 Diseño e Implementación de Sistemas de Disipación de Energía***

- **Disipadores Friccionales:** Estos disipadores utilizan la fricción entre superficies para absorber energía durante el sismo, limitando el desplazamiento de las estructuras.
- **Disipadores de Pandeo Restringido (BRB):** Los BRB utilizan la deformación inelástica controlada del dispositivo para absorber y disipar energía durante un sismo.
- **Disipadores Viscosos:** Estos sistemas utilizan fluidos viscosos para generar fuerzas de amortiguación que resisten los desplazamientos causados por los movimientos telúricos.

Para la eficiencia de estos dispositivos, se procederá a ubicarlos en zonas críticas donde la demanda de deformaciones máximas son las más desfavorables para el proyecto y se dimensionarán según los parámetros sísmicos esperados para garantizar una respuesta eficiente ante los terremotos de alta y mediana magnitud.

### ***2.3.3.3 Simulación y Evaluación del Desempeño Sísmico:***

Se realizarán simulaciones de análisis dinámico no lineal para comparar el desempeño de la estructura con y sin los sistemas de disipación de energía. Las simulaciones se basarán en escenarios sísmicos representativos locales y extranjeros, y se analizarán variables clave como las derivas de entre pisos, desplazamientos máximos y el daño estructural global. Los resultados de estas simulaciones permitirán evaluar la viabilidad de cada sistema de disipación en la mejora del comportamiento sísmico de la estructura.

#### ***2.3.3.4 Evaluación Comparativa de Desempeño.***

A partir de los resultados obtenidos de las simulaciones anteriormente mencionadas, se podrá realizar un análisis comparativo entre la estructura sin disipadores y la estructura con cada tipo de disipador de energía, las variables que se analizan son las siguientes:

- Desplazamientos
- Derivas
- Aceleraciones Absolutas
- Cortante por Nivel
- Deformaciones Permanentes
- Incursiones Inelásticas de elementos estructurales.

#### ***2.3.3.5 Conclusiones y Recomendaciones.***

En base a los resultados de la comparación de desempeño de la estructura antes y después de la implementación de los sistemas de protección sísmica, se podrán hacer recomendaciones para el funcionamiento e implementación de estos sistemas en nuevas construcciones o en la rehabilitación sísmica de edificaciones existentes.



# CAPÍTULO 3

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Resultados

#### 3.1.1 Análisis Modal Espectral

##### 3.1.1.1 *Periodos y Frecuencias modales*

Los resultados de las *tablas 3.1 y 3.2* muestran los periodos de vibración para cada estructura analizada. En la configuración inicial, donde solo se utilizan pórticos resistentes a momentos, el periodo de vibración es significativamente alto, alcanzando hasta 1.25 segundos en el primer modo. Este elevado periodo indica que la estructura es muy flexible, lo que puede comprometer su seguridad durante un evento sísmico, ya que experimentaría desplazamientos por sobre los permitidos por la normativa ecuatoriana.

Al incorporar muros estructurales, el periodo de vibración se reduce notablemente, llegando a 0.81 segundos en el primer modo. Esta disminución es resultado de la mayor rigidez que los muros aportan a la estructura, lo que mejora su capacidad para resistir fuerzas laterales. Además, al añadir sistemas de disipación, como los disipadores friccionales, BRB y viscosos, se observa una reducción adicional en el periodo de vibración. Por ejemplo, con los disipadores friccionales, el periodo se reduce a 0.63 segundos en el primer modo, mientras que, con los disipadores BRB, el periodo se reduce a 0.49 segundos en el primer modo. En referencia a los disipadores viscosos, ya que estos sistemas no aumentan la rigidez estructural, mantienen los periodos de la estructura que cuenta solo con pórticos resistentes a momento.

Estos sistemas no solo aumentan la rigidez de la estructura, sino que también ayudan a absorber y disipar la energía del sismo, minimizando así los desplazamientos.

**Tabla 3.1 Periodos Modales dependiente de la configuración Estructural – ANEXO C.**

| Análisis Modal Espectral con Nec-15 |                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N°<br>Estructura                    | Periodo de Vibración [s] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                     | 1                        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| Porticos Resistentes a Momentos     | 1.25                     | 1.20 | 1.12 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| Muros Estructurales                 | 0.81                     | 0.61 | 0.55 | 0.23 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.06 |
| Disipadores Friccionales            | 0.63                     | 0.58 | 0.45 | 0.21 | 0.21 | 0.17 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |
| Disipadores BRB                     | 0.49                     | 0.40 | 0.32 | 0.17 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| Disipadores Viscosos                | 1.25                     | 1.20 | 1.12 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |

Los resultados reflejan cómo la flexibilidad de una estructura sin rigidizadores resulta en un periodo de vibración más largo, mientras que la adición de muros y sistemas de disipación mejora la rigidez y acorta el periodo de vibración. Esta tendencia es fundamental para una respuesta sísmica adecuada, ya que estructuras con periodos de vibración más cortos tienden a tener un mejor desempeño durante eventos sísmicos. A continuación, se demuestran los resultados obtenidos del presente análisis.

**Tabla 3.2 Frecuencias modales dependiente de la configuración Estructural – ANEXO C.**

| Análisis Modal Espectral con Nec-15 |                            |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N°<br>Estructura                    | Frecuencia Angular [rad/s] |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|                                     | 1                          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| Porticos Resistentes a Momentos     | 0.80                       | 0.83 | 0.89 | 2.81 | 2.90 | 3.03 | 5.80 | 5.88  | 6.31  | 8.62  | 9.31  | 10.35 |
| Muros Estructurales                 | 1.23                       | 1.63 | 1.82 | 4.33 | 6.20 | 7.19 | 8.40 | 10.03 | 10.60 | 11.95 | 16.37 | 16.65 |
| Disipadores Friccionales            | 1.58                       | 1.72 | 2.22 | 4.69 | 4.89 | 6.06 | 7.65 | 8.36  | 9.94  | 10.20 | 11.19 | 13.42 |
| Disipadores BRB                     | 2.03                       | 2.52 | 3.14 | 6.06 | 6.90 | 8.35 | 9.12 | 9.92  | 11.67 | 13.02 | 15.23 | 18.35 |
| Disipadores Viscosos                | 0.80                       | 0.83 | 0.89 | 2.81 | 2.90 | 3.03 | 5.80 | 5.88  | 6.31  | 8.62  | 9.31  | 10.35 |

### 3.1.1.2 Diseño de Disipadores de Energía.

Los datos de la *tabla 3.3* sobre los disipadores friccionales son esenciales para el diseño y modelación de estructuras contra cargas sísmicas, ya que reflejan las fuerzas axiales en cada nivel, permitiendo determinar el perfil adecuado para cada disipador por nivel en este caso. Se observa que las fuerzas axiales aumentan a medida que se descende en la estructura, lo que enfatiza la necesidad de utilizar perfiles más robustos en los niveles inferiores, responsables de absorber mayores cargas durante un evento sísmico (Bustos Hernández, 2019).

Esta selección de perfiles y sus correspondientes áreas impacta directamente en la rigidez ( $K_0$ ) y eficacia en la disipación de energía, optimizando el comportamiento estructural y asegurando que el sistema cumpla eficazmente su función de minimizar las vibraciones y mejorar la seguridad durante situaciones de carga extrema.

**Tabla 3.3 Fuerzas de activación axiales para Disipadores Friccionales – ANEXO C.**

| # Nivel | Disipadores Friccionales |                     |      |      |      |      |                     | A [cm <sup>2</sup> ] | K0 [Tonf/cm] |
|---------|--------------------------|---------------------|------|------|------|------|---------------------|----------------------|--------------|
|         | Disipador                | Fuerza Axial [Tonf] |      |      |      | Max  | Perfil de Disipador |                      |              |
| Nivel 6 | 1                        | 21.6                | 20.4 | 33.3 | 21.1 | 33.3 | W6x15               | 28.6                 | 106.0        |
|         | 2                        | 23.1                | 18.1 | 27.1 | 30.6 | 30.6 |                     |                      |              |
| Nivel 5 | 3                        | 27.1                | 32.6 | 46.8 | 23.4 | 46.8 | W6X20               | 37.9                 | 140.4        |
|         | 4                        | 34.2                | 29.2 | 41.3 | 44.0 | 44.0 |                     |                      |              |
| Nivel 4 | 5                        | 39.0                | 45.5 | 60.0 | 59.2 | 60.0 | W6X20               | 37.9                 | 140.4        |
|         | 6                        | 45.3                | 42.7 | 55.7 | 45.9 | 55.7 |                     |                      |              |
| Nivel 3 | 7                        | 51.3                | 59.2 | 72.8 | 51.7 | 72.8 | W8x28               | 53.2                 | 197.1        |
|         | 8                        | 58.0                | 57.7 | 69.5 | 56.0 | 69.5 |                     |                      |              |
| Nivel 2 | 9                        | 61.5                | 68.3 | 81.0 | 58.1 | 81.0 | W8x28               | 53.2                 | 197.1        |
|         | 10                       | 64.5                | 66.9 | 79.0 | 61.1 | 79.0 |                     |                      |              |
| Nivel 1 | 11                       | 51.7                | 56.3 | 68.2 | 54.1 | 68.2 | W6X25               | 47.4                 | 175.6        |
|         | 12                       | 51.3                | 56.3 | 67.6 | 54.0 | 67.6 |                     |                      |              |

Los datos de la *tabla 3.4* sobre los disipadores viscosos ofrecen información clave sobre las fuerzas axiales obtenidas del modelo, esenciales para el diseño de los disipadores viscosos con exponente  $\alpha = 0.4$ . Cada nivel muestra variaciones en las fuerzas, lo que permite determinar el disipador más adecuado según la carga que debe resistir.

La velocidad elástica y el coeficiente de amortiguamiento (c) también se incluyen, complementando la información necesaria para optimizar el sistema de disipación. Esto asegura que los disipadores puedan funcionar de manera efectiva y contribuir a mejorar el desempeño sísmico de la estructura durante eventos sísmicos, minimizando desplazamientos y potenciales daños.

**Tabla 3.4 Fuerzas de activación axiales para Disipadores Viscosos – ANEXO C.**

|         | Disipadores Viscosos |                     |      |      |      |      |                            |                          |                   |
|---------|----------------------|---------------------|------|------|------|------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| # Nivel | Diagonal             | Fuerza Axial [Tonf] |      |      |      | Max  | Velocidad Elásticas [cm/s] | Disipador Elegido [Tonf] | c [Tonf-(s/cm) º] |
| Nivel 6 | 1                    | 21.6                | 20.4 | 33.3 | 21.1 | 33.3 | 46.8                       | 25                       | 0.3               |
|         | 2                    | 23.1                | 18.1 | 27.1 | 30.6 | 30.6 |                            |                          |                   |
| Nivel 5 | 3                    | 27.1                | 32.6 | 46.8 | 23.4 | 46.8 | 37.2                       | 50                       | 0.7               |
|         | 4                    | 34.2                | 29.2 | 41.3 | 44.0 | 44.0 |                            |                          |                   |
| Nivel 4 | 5                    | 39.0                | 45.5 | 60.0 | 59.2 | 60.0 | 40.8                       | 50                       | 0.7               |
|         | 6                    | 45.3                | 42.7 | 55.7 | 45.9 | 55.7 |                            |                          |                   |
| Nivel 3 | 7                    | 51.3                | 59.2 | 72.8 | 51.7 | 72.8 | 43.2                       | 75                       | 1.0               |
|         | 8                    | 58.0                | 57.7 | 69.5 | 56.0 | 69.5 |                            |                          |                   |
| Nivel 2 | 9                    | 61.5                | 68.3 | 81.0 | 58.1 | 81.0 | 46.8                       | 75                       | 1.0               |
|         | 10                   | 64.5                | 66.9 | 79.0 | 61.1 | 79.0 |                            |                          |                   |
| Nivel 1 | 11                   | 51.7                | 56.3 | 68.2 | 54.1 | 68.2 | 37.2                       | 75                       | 1.1               |
|         | 12                   | 51.3                | 56.3 | 67.6 | 54.0 | 67.6 |                            |                          |                   |

Para los disipadores conformados por diagonales con pandeo restringido (BRB's), se obtiene la fuerza axial a la que está sometido cada elemento, lo que permite determinar el área del núcleo necesaria para soportar la carga resultante, en conformidad con los requisitos de AISC 341. Esto se refleja en los datos de la *tabla 3.5*, donde se pueden observar las fuerzas axiales en cada nivel junto con el área del núcleo correspondiente a la rigidez inicial (K0) y rigidez post-fluencia (KF) del disipador. Estos valores son fundamentales para el modelado de la estructura.

La rigidez, expresada en unidades de Tonelada por centímetro, también es crucial, ya que determina la respuesta del sistema ante las cargas aplicadas y ayuda a alcanzar los resultados esperados en el comportamiento dinámico de la estructura durante eventos sísmicos.

**Tabla 3.5 Fuerzas de fluencia para Disipadores BRB's – ANEXO C.**

| Disipadores BRB's |          |                     |      |      |      |      |                                    |              |              |
|-------------------|----------|---------------------|------|------|------|------|------------------------------------|--------------|--------------|
| # Nivel           | Diagonal | Fuerza Axial [Tonf] |      |      |      | Max  | Área del Núcleo [cm <sup>2</sup> ] | K0 [Tonf/cm] | KF [Tonf/cm] |
| Nivel 6           | 1        | 16.3                | 15.5 | 26.6 | 15.7 | 26.6 | 12.9                               | 116.8        | 2.3          |
|                   | 2        | 17.8                | 13.2 | 20.4 | 25.3 | 25.3 |                                    |              |              |
| Nivel 5           | 3        | 24.3                | 25.2 | 35.4 | 15.8 | 35.4 | 16.1                               | 146.0        | 2.9          |
|                   | 4        | 26.4                | 21.8 | 29.9 | 22.8 | 29.9 |                                    |              |              |
| Nivel 4           | 5        | 32.9                | 34.8 | 44.4 | 29.6 | 44.3 | 19.4                               | 175.2        | 3.5          |
|                   | 6        | 35.1                | 31.9 | 39.9 | 35.6 | 39.9 |                                    |              |              |
| Nivel 3           | 7        | 38.1                | 44.9 | 52.7 | 38.7 | 52.7 | 25.8                               | 233.6        | 4.7          |
|                   | 8        | 44.8                | 43.4 | 49.3 | 43.1 | 49.3 |                                    |              |              |
| Nivel 2           | 9        | 46.3                | 51.7 | 58.5 | 43.7 | 58.5 | 25.8                               | 233.6        | 4.7          |
|                   | 10       | 49.2                | 50.4 | 56.5 | 46.6 | 56.5 |                                    |              |              |
| Nivel 1           | 11       | 39.3                | 42.6 | 49.4 | 41.8 | 49.4 | 25.8                               | 233.6        | 4.7          |
|                   | 12       | 38.8                | 42.5 | 48.7 | 41.7 | 48.7 |                                    |              |              |

### 3.1.2 Análisis estático no lineal – Pushover

#### 3.1.2.1 Pushover – Estructura original con Muros de Corte

La figura 3.1 muestra el análisis Pushover de la Estructura original con Muros de corte. Este análisis muestra que la capacidad máxima de cortante basal varía para las diferentes direcciones, destacándose la dirección “-Y” con un valor cercano al 26% del peso sísmico de la estructura. Las direcciones “+X” y “+Y” presentan comportamientos similares, alcanzando un cortante basal máximo de aproximadamente 25% del peso sísmico de la estructura. En la dirección “-X” muestra la menor resistencia, con un valor máximo cercano al 20% del peso sísmico de la estructura. En cuanto a la deriva máxima, las direcciones “+Y” y “-Y” alcanzan valores cercanos al 2%, mostrando una mayor capacidad de deformación, mientras que “+X” alcanza aproximadamente 1.8% y “-X” se limita a un 1.5%, evidenciando una menor ductilidad.

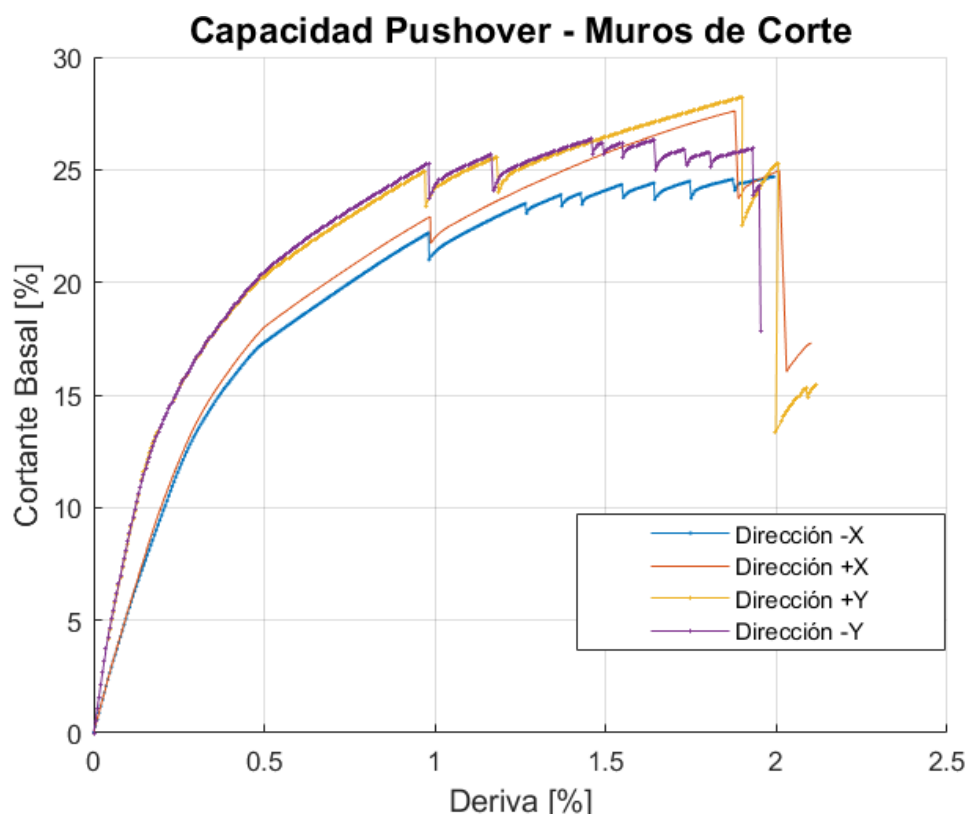


Figura 3.1 Curvas Pushover - Estructura con Muros de Corte – ANEXO D.

### 3.1.2.2 Pushover – Estructura con Disipadores Viscosos.

Las curvas Pushover que se muestra en la *figura 3.2* ilustran la capacidad de respuesta de la estructura implementando los Disipadores Viscosos, bajo cargas estáticas no lineales en función de la deriva. Se observan curvas correspondientes a direcciones de carga “X” e “Y” tanto positivas como negativas, con valores de cortante basal expresados en porcentaje. La dirección “+X” presenta la mayor capacidad resistente, alcanzando un cortante basal de aproximadamente 27% del peso sísmico de la estructura, mientras que las demás direcciones muestran una resistencia menor, alrededor del 25%. Todas las curvas exhiben un comportamiento casi lineal hasta derivas de 0.5%, seguido de un endurecimiento no lineal y una estabilización en derivas cercanas al 2%. Estas características evidencian una distribución uniforme de la capacidad de carga lateral, con ligeras diferencias según la dirección del análisis.

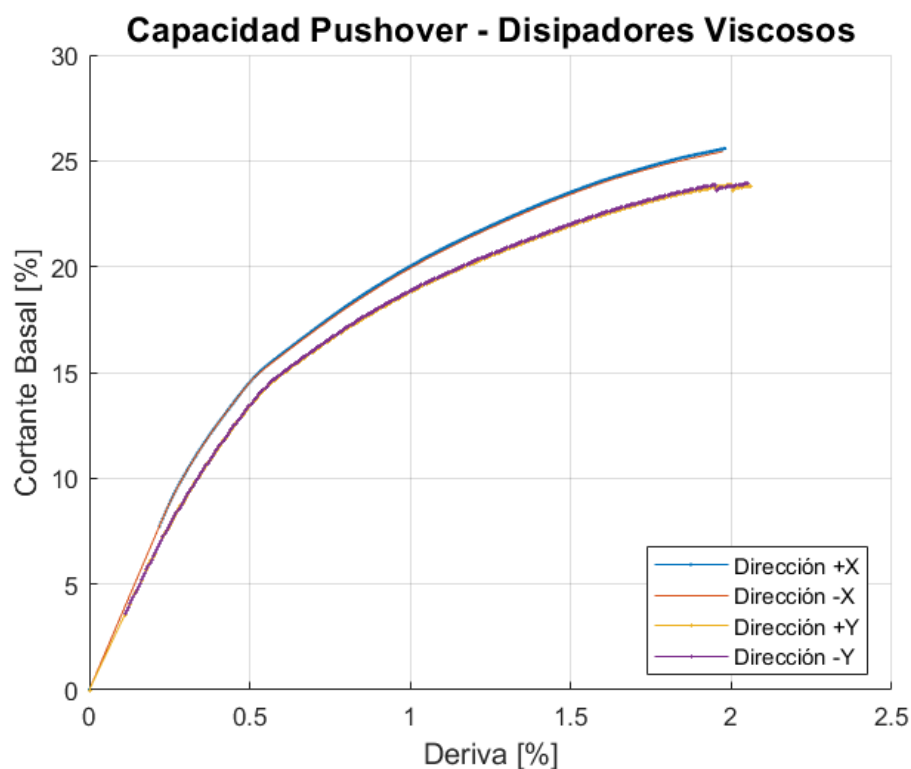


Figura 3.2 Curvas Pushover - Estructura con Disipadores Viscosos – ANEXO D.

### 3.1.2.3 Pushover – Estructura con Disipadores de Pandeo Restringido (BRB).

La figura 3.3 muestra los resultados de un análisis estático no lineal Pushover de la Estructura con Disipadores tipo Diagonales con Pandeo Restringido (BRB). Se puede destacar que los resultados clave del análisis indican que la estructura exhibe la mayor capacidad lateral en las direcciones “+X” y “-X”, alcanzando aproximadamente un 28% del peso sísmico de la estructura, con una capacidad de deriva de aproximadamente 2.5%, mientras que la capacidad lateral en las direcciones “+Y” y “-Y” es menor, con valores máximos alrededor del 24% del peso sísmico a una deriva de aproximadamente el 2%. Las curvas de capacidad muestran un comportamiento no lineal, con una rigidez inicial seguida de una reducción gradual en la rigidez y la capacidad a medida que aumenta la deriva, lo que indica los mecanismos de cedencia progresiva y daño del sistema estructural. Este análisis proporciona información importante sobre el rendimiento estructural y los modos de degradación del edificio bajo cargas laterales, que se puede utilizar para informar el diseño, el refuerzo o la rehabilitación de la estructura con el fin de mejorar su resiliencia sísmica.

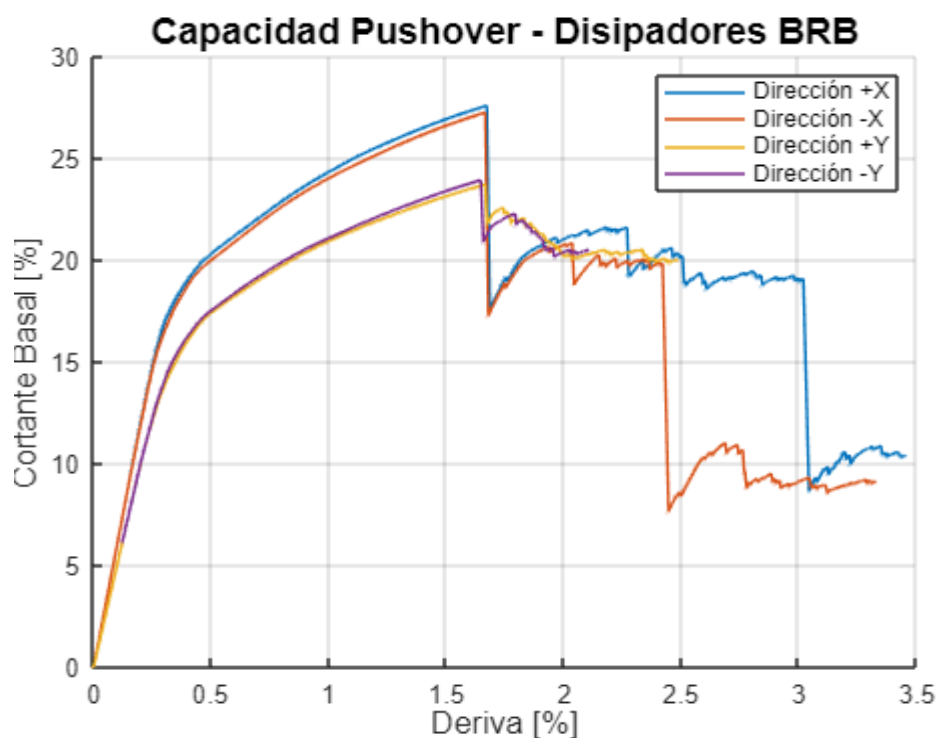


Figura 3.3 Curvas Pushover - Estructura con Disipadores – ANEXO D.



#### 3.1.2.4 Pushover – Estructura con Disipadores Friccionales.

La figura 3.4 presenta los resultados de un análisis estático no lineal Pushover para una estructura equipada con disipadores friccionales. Se observa que la capacidad lateral máxima de la estructura se alcanza en las direcciones “+X” y “-X”, con un cortante basal que llega al 25% del peso sísmico de la estructura, aproximadamente y una deriva máxima de 2.5%. Por otro lado, las direcciones “+Y” y “-Y” muestran un desempeño ligeramente inferior, con un cortante basal máximo cercano al 20% del peso y una deriva máxima de alrededor del 2%.

Las curvas exhiben un comportamiento no lineal característico: una fase inicial de alta rigidez, seguida por una disminución progresiva en la rigidez a medida que se incrementa la deriva, lo que refleja los mecanismos de cedencia y degradación de la capacidad resistente del sistema estructural. Este análisis pone en evidencia la interacción de los disipadores friccionales en las diferentes direcciones.

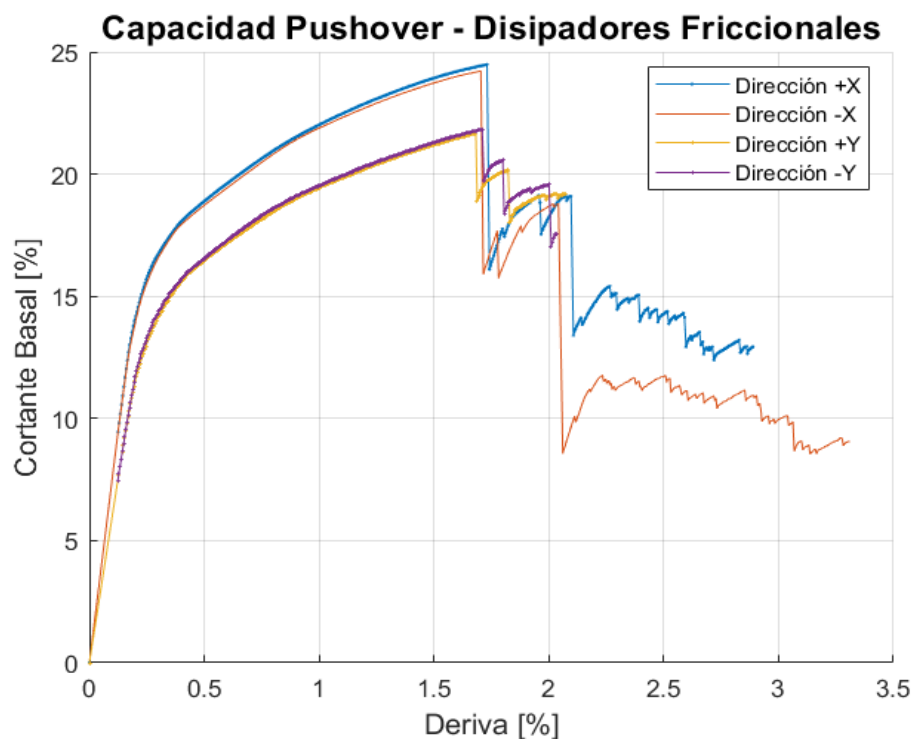


Figura 3.4 Curva Pushover - Estructura con Disipadores Friccionales – ANEXO D.

### **3.1.3 Análisis no lineal de repuesta en el tiempo.**

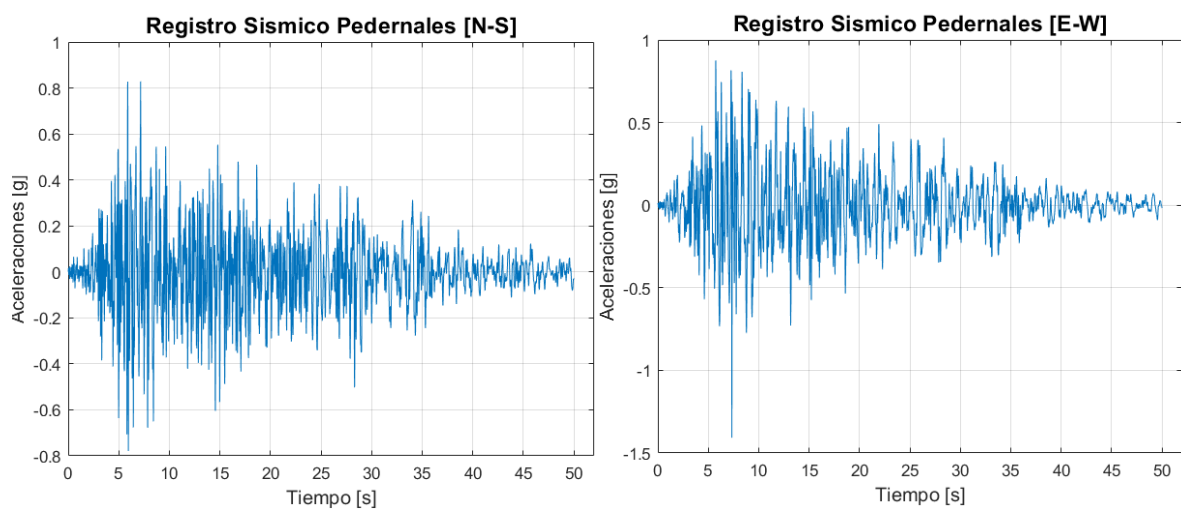
#### **3.1.3.1 Registros Sísmicos.**

El análisis no lineal de respuesta en el tiempo de este Proyecto de Titulación, se basa en un análisis comparativo de tres registros sísmicos presentados en los gráficos, los cuales muestran la aceleración en unidades de gravedad en función del tiempo. Este análisis permite estudiar las características dinámicas de la excitación sísmica y evaluar sus posibles efectos sobre diferentes configuraciones estructurales.

El análisis se aplica inicialmente a la estructura original, que incluye muros de corte. Posteriormente, se analiza la respuesta estructural al modificar dicha configuración, eliminando los muros de corte e implementando los tres sistemas de disipación de energía, disipadores friccionales, con pandeo restringido (BRB) y disipadores viscosos, para analizar su efectividad en mejorar el desempeño estructural frente a los mismos registros sísmicos.

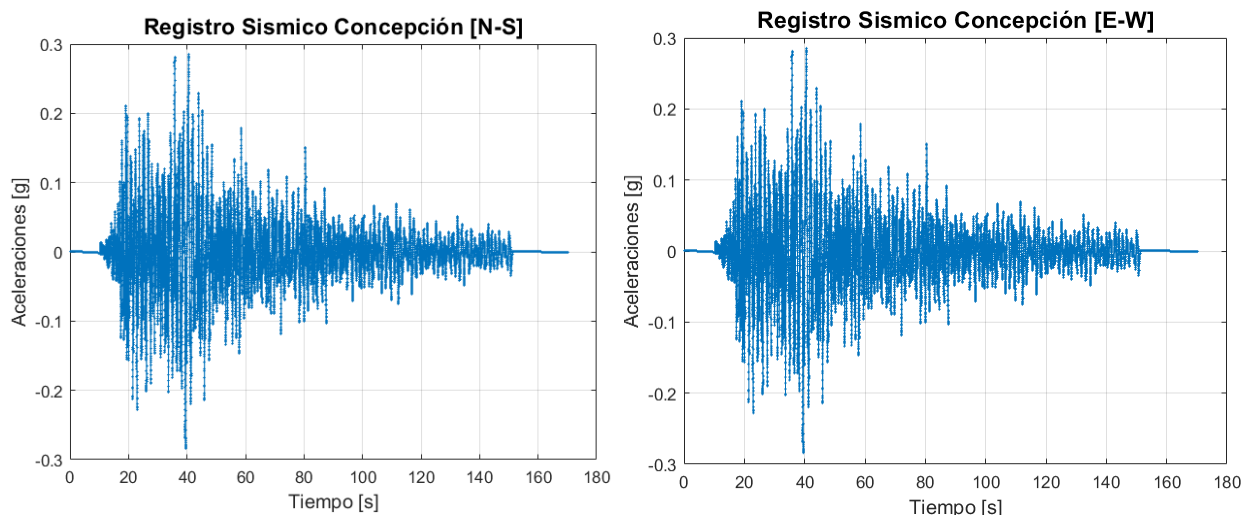
El procedimiento consiste analizar individualmente cada registro sísmico para identificar sus principales características con respecto al tiempo, compararlos para resaltar similitudes y diferencias que permitan evaluar variaciones en la respuesta estructural bajo diferentes condiciones del sitio, aplicar estos registros a la estructura original con pórticos resistentes a momento y muros de corte para estudiar su respuesta dinámica, e implementar de manera individual sistemas de disipación de energía friccionales, con pandeo restringido BRB's y viscosos, evaluando su efectividad en la mitigación de demandas sísmicas y mejora del comportamiento estructural.

En la *figura 3.5* se puede observar el registro sísmico de ambas direcciones que ocurrió en la ciudad de Pedernales de Ecuador en el año 2016, una de las ciudades más afectadas por el terremoto devastador que ocurrió en esta locación. Este registro demuestra las grandes aceleraciones que se registraron. Como se puede observar tuvo una aceleración máxima del suelo (PGA) de 1.41g, lo cual demuestra porqué fue Pedernales una de las ciudades con más pérdidas de todo el Ecuador por el evento telúrico.



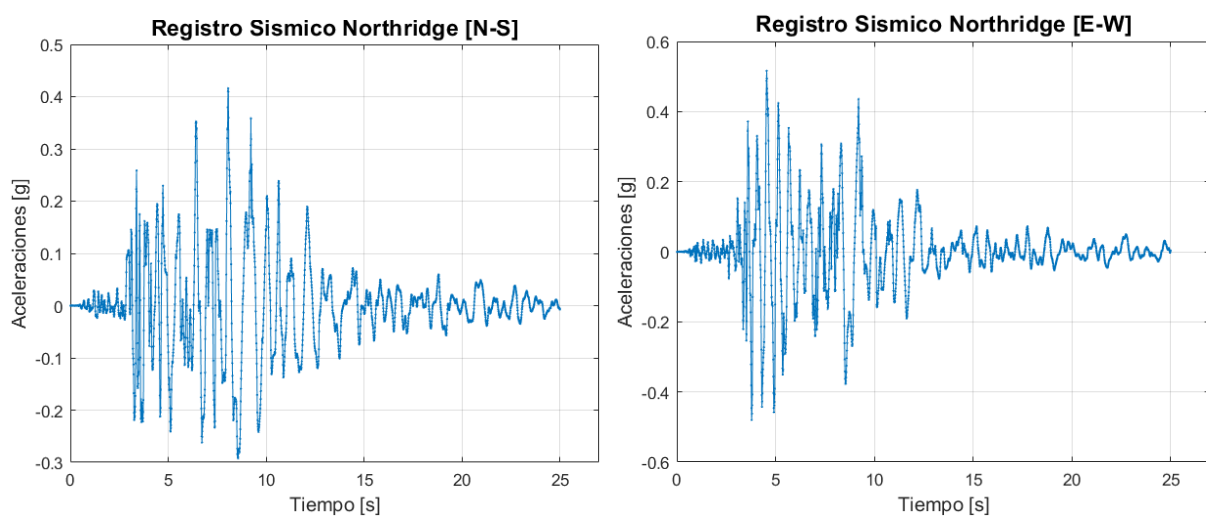
**Figura 3.5 Registro sísmico de Pedernales - Ecuador 2016 – ANEXO D.**

El segundo registro sísmico que se escogió para este proyecto de titulación fue el que ocurrió en Concepción – Chile en el año de 2010, mostrado en la *figura 3.6*. Este fue uno de los terremotos más severos en Chile, no por su PGA que es de 0.4g, sino por la duración aproximada de 3 minutos. Este registro sísmico indica un evento de muy alta intensidad, con el potencial de causar graves daños estructurales en edificios con diseños inadecuados. Comprender las características de este registro es crucial para evaluar la vulnerabilidad sísmica del entorno construido y mejorar el diseño sísmico y la modernización de las estructuras en esta región.



**Figura 3.6 Registro sísmico de Concepción – Chile 2010 – ANEXO D.**

El tercer y último registro sísmico representado en la *figura 3.7*, con el que se realiza el análisis no lineal de respuesta en el tiempo es el de Northridge – USA que ocurrió en el año de 1994, uno de los terremotos que marcó un hito en la historia del diseño sismorresistente. Este evento tuvo un PGA de 0.51g y unas amplitudes de aceleración que varían significativamente con el tiempo, con grandes picos y valles que indican la naturaleza altamente dinámica del movimiento del suelo. Esto refleja los complejos efectos de la propagación de las ondas.



**Figura 3.7 Registro sísmico de Northridge – USA 1994 – ANEXO D.**

### ***3.1.3.2 Análisis comparativo de respuestas en el Tiempo de la estructura antes y después de la implementación de Disipadores de Energía.***

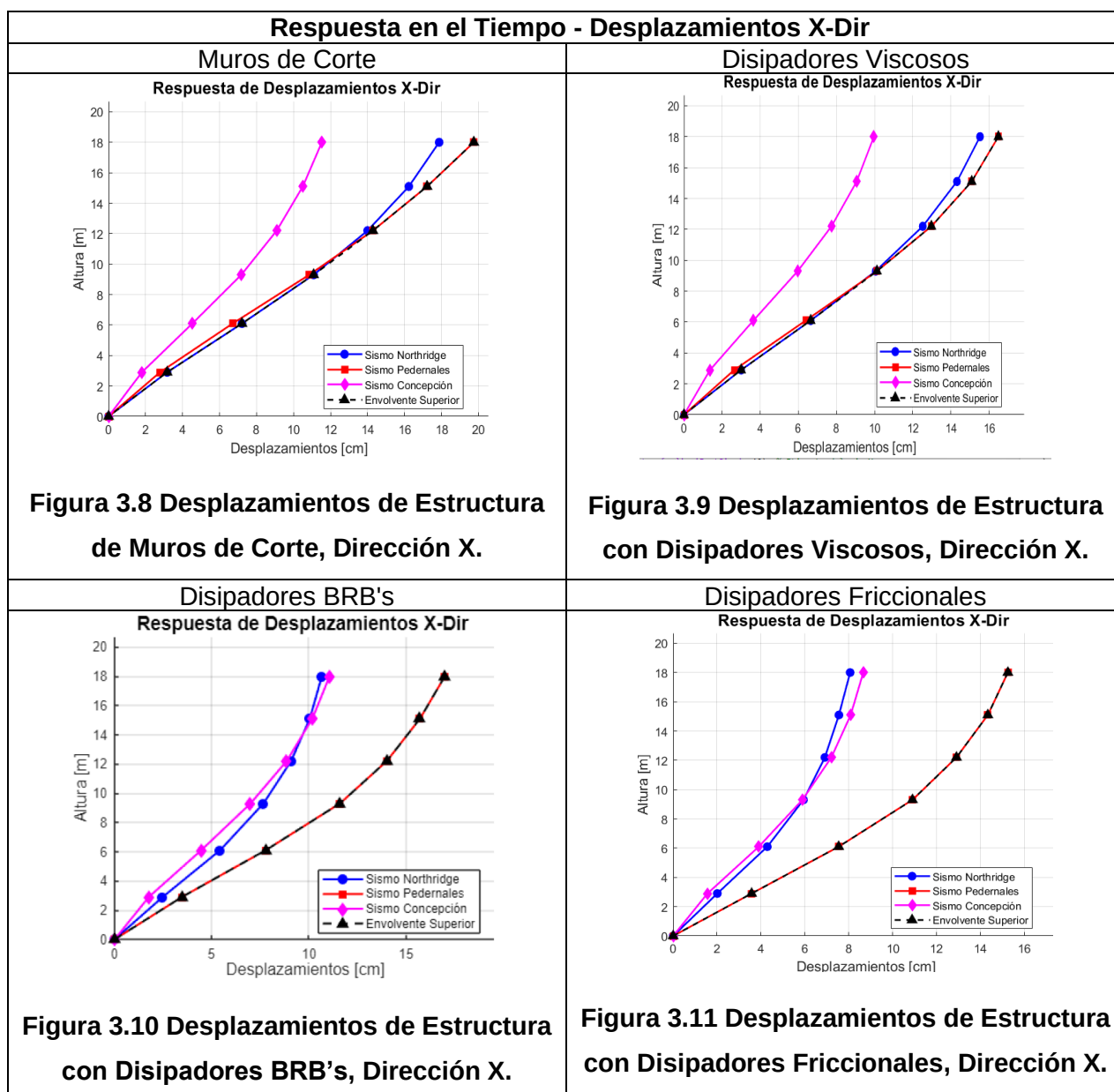
El análisis comparativo de respuestas en el tiempo de una estructura antes y después de la implementación de disipadores de energía es una herramienta clave para evaluar su efectividad en la mejora del comportamiento dinámico frente a eventos sísmicos. Este tipo de análisis permite identificar cómo los sistemas de disipación influyen en las principales variables que determinan la respuesta estructural, como desplazamientos, derivas, aceleraciones absolutas, cortantes por nivel, deformaciones permanentes e incursiones inelásticas de los elementos estructurales. En el caso de las estructuras tradicionales sin disipadores, la energía introducida por el sismo es absorbida principalmente por la deformación de los elementos estructurales, lo que puede conducir a incursiones significativas en el rango inelástico, daños acumulativos y, en algunos casos, daños severos, que pueden requerir la demolición de las estructuras. Por otro lado, la inclusión de disipadores de energía, como los viscosos, con pandeo restringido BRB's y friccionales, están diseñados para redistribuir y disipar esta energía de manera más eficiente, limitando los daños en los componentes primarios de la estructura.

Dentro de las variables a analizar, los desplazamientos y derivas representan indicadores directos de la deformación global de la estructura, y su reducción es uno de los principales objetivos al implementar sistemas de disipación de energía. Las aceleraciones absolutas son igualmente importantes, ya que influyen directamente en la seguridad de los ocupantes y en la preservación de contenidos, incluyendo elementos arquitectónicos, equipamiento y otros componentes y sistemas no estructurales. Asimismo, los cortantes por nivel proporcionan una medida del esfuerzo transmitido entre pisos, permitiendo identificar cómo los disipadores distribuyen las fuerzas sísmicas a lo largo de la altura de la estructura. Además, el análisis de las deformaciones permanentes permite evaluar el nivel de daño residual tras un evento sísmico, mientras que el comportamiento histerético de los elementos estructurales ofrece información sobre la energía disipada a través de incursiones inelásticas y posibles concentraciones de daño. Los resultados después del análisis exhaustivo para cada sistema de protección sísmica se muestran a continuación.

- **Respuesta de Desplazamientos.**

Los resultados obtenidos del análisis no lineal de respuesta en el tiempo para los desplazamientos en dirección X de la estructura base, considerando diferentes configuraciones de protección sísmica, serán utilizados para el estudio de su comportamiento. Las configuraciones evaluadas incluyen muros de corte, disipadores viscosos, disipadores con pandeo restringido BRB's y disipadores friccionales.

Todas las respuestas representadas gráficamente del análisis no lineal tiempo historia, están visualizadas de mejor manera en el ANEXO D.



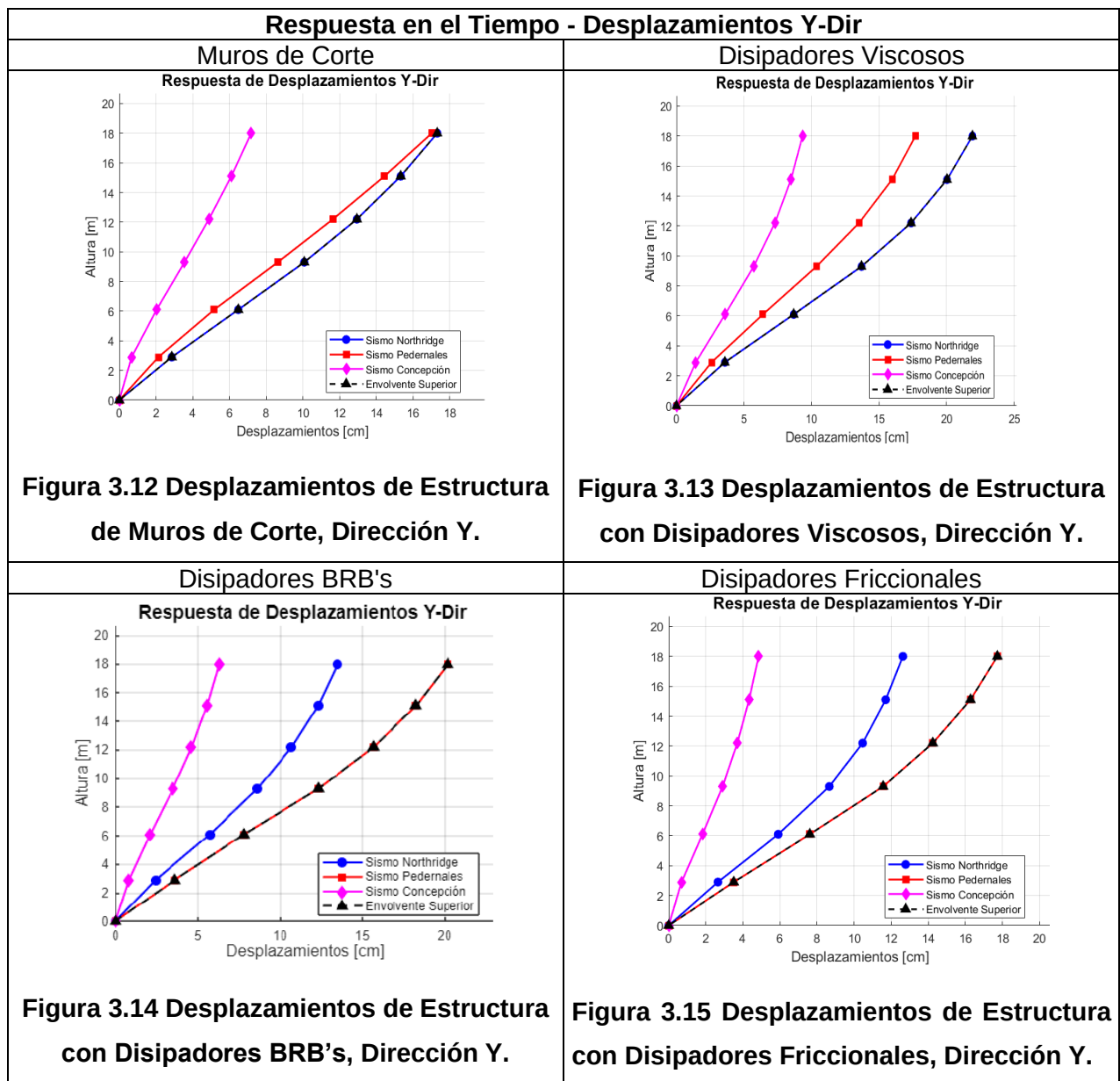
A continuación, se detalla la comparación de los resultados de los desplazamientos en dirección “X”, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base:

1. **Muros de Corte:** La estructura con muros de corte muestra mayores desplazamientos mostrados en la *figura 3.8*, en los niveles superiores bajo los sismos Northridge y Pedernales, alcanzando valores de entre 18 a 20 cm. Este comportamiento es consistente con una estructura rígida que tiende a acumular desplazamientos en los pisos altos.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa en la *figura 3.9* una reducción generalizada en los desplazamientos respecto a los muros de corte, especialmente en los niveles superiores. Sin embargo, los desplazamientos bajo el sismo de Pedernales siguen siendo los más altos, lo que indica que estos disipadores ofrecen una mejor respuesta en términos de disipación de energía.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, logran una reducción significativa de los desplazamientos mostrados en la *figura 3.10* en comparación con los muros de corte y los disipadores viscosos. Este sistema presenta un desempeño más uniforme, manteniendo los desplazamientos en los niveles superiores por debajo de los 16 cm incluso para el caso más crítico. Esto sugiere que los BRB son altamente efectivos en la reducción de demandas de desplazamiento.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un comportamiento intermedio entre los viscosos y los BRB's, mostrado en la *figura 3.11*. Los desplazamientos son menores que en el caso de los muros de corte, aunque ligeramente superiores a los registrados con los BRB's. Este sistema logra controlar los desplazamientos en los niveles superiores, alcanzando valores máximos de aproximadamente 16 cm bajo el sismo de Concepción.



A diferencia del análisis de la dirección “X” la estructura que tiene muros de corte son más eficientes, debido a que en la dirección “Y”, hay 2 muros y están ubicados en una mejor posición de modo que ayudan a mitigar mejor los efectos de los sismos.

La comparación de los resultados de los desplazamientos en dirección “Y”, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base se muestran en las siguientes figuras.



**Figura 3.12 Desplazamientos de Estructura de Muros de Corte, Dirección Y.**

**Figura 3.13 Desplazamientos de Estructura con Disipadores Viscosos, Dirección Y.**

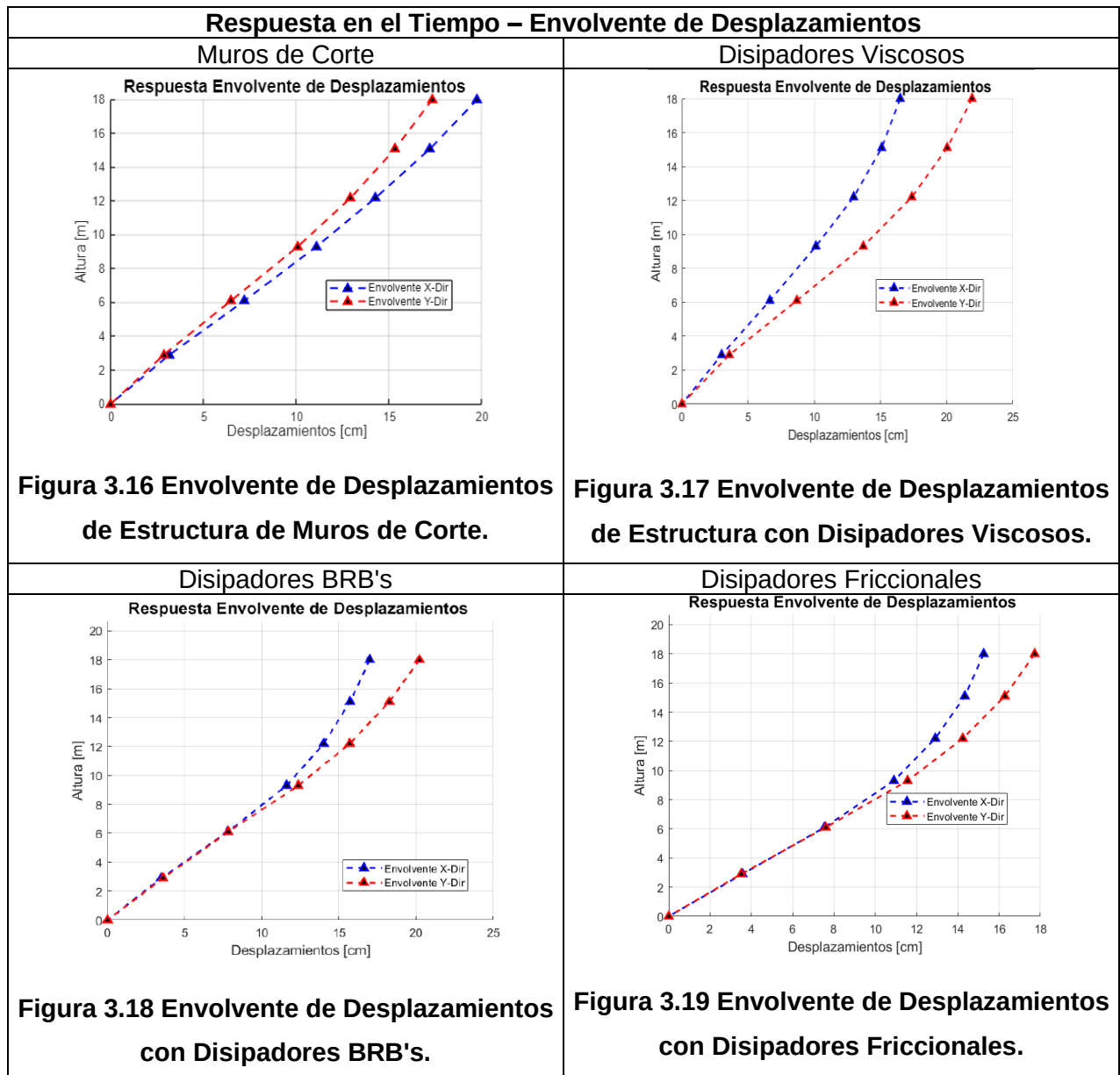
**Figura 3.14 Desplazamientos de Estructura con Disipadores BRB's, Dirección Y.**

**Figura 3.15 Desplazamientos de Estructura con Disipadores Friccionales, Dirección Y.**

Los resultados de los desplazamientos en dirección “Y” se interpretan a continuación:

1. **Muros de Corte:** Los muros de corte muestran un mejor comportamiento con respecto a los desplazamientos mostrados en la *figura 3.12*, en los niveles superiores bajo los sismos Northridge y Pedernales, alcanzando valores de entre 16 y 18 cm. Este comportamiento es consistente con una estructura rígida que tiende a acumular desplazamientos en los pisos altos.
2. **Disipadores Viscosos:** El comportamiento que describe la estructura con los disipadores viscosos, se muestra en la *figura 3.13*. Se observa un aumento en los desplazamientos respecto a los muros de corte, especialmente en los niveles superiores. Sin embargo, los desplazamientos provocados por el sismo de Northridge son los más críticos.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, al igual que los otros disipadores resultan en aumentos de desplazamientos. En la *figura 3.14* se observa este comportamiento. Los desplazamientos se mantienen, en los niveles superiores por debajo de los 20 cm.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un mejor comportamiento que los viscosos y los BRB,s, con desplazamientos que alcanzan los 18cm, como se puede visualizar en la *figura 3.15*.

En los gráficos presentados se comparan las envolventes de desplazamientos en ambas direcciones para una estructura con diferentes configuraciones de protección sísmica: muros de corte, disipadores viscosos, BRB's y friccionales. A continuación, se detalla la comparación correspondiente entre estos.

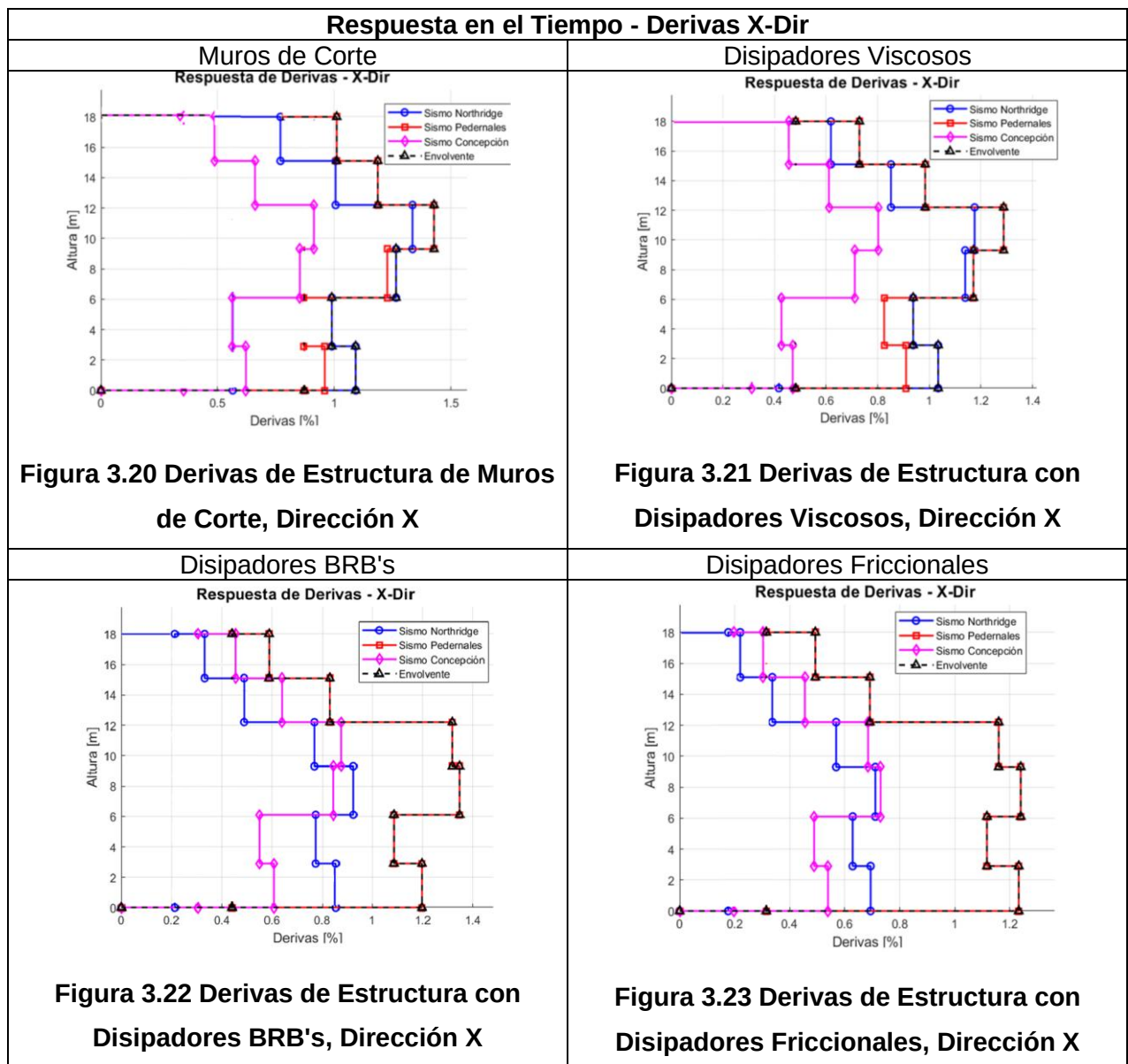


Los resultados a detalle de la envolvente de los desplazamientos se pueden interpretar de la siguiente manera.

1. **Muros de Corte:** Las envolventes de la figura 3.16 muestran desplazamientos máximos en dirección X de los muros de corte. Estos desplazamientos son aproximadamente de 18 cm, mientras que en dirección Y son de 20 cm. Este comportamiento evidencia que los muros de corte presentan mayor rigidez en una dirección, mientras que en la otra dirección acumulan mayores desplazamientos.
2. **Disipadores Viscosos:** Con la implementación de disipadores viscosos, las envolventes alcanzan valores máximos de desplazamiento cercanos a 22 cm en dirección Y. Por otro lado, en la dirección X presenta desplazamientos de 18 cm, mostrados en la *figura 3.17*. Esto indica que los disipadores viscosos son efectivos para reducir los desplazamientos en ambas direcciones.
3. **Disipadores BRB:** Las envolventes con disipadores BRB que se visualizan en la *figura 3.18*, muestran un control eficiente de desplazamientos, con valores máximos de aproximadamente 18 cm en dirección X y 20 cm en dirección Y. El comportamiento es más equilibrado entre ambas direcciones, lo que refuerza la efectividad de este sistema en mitigar desplazamientos en estructuras con demandas sísmicas elevadas.
4. **Disipadores Friccionales:** La *figura 3.19* destaca las envolventes que presentan desplazamientos máximos de cerca de 16 cm en dirección X y 18 cm en dirección Y. Los disipadores friccionales son efectivos en la reducción de desplazamientos, logrando valores inferiores a los obtenidos con los muros de corte y los disipadores viscosos.

- **Respuesta de Derivas.**

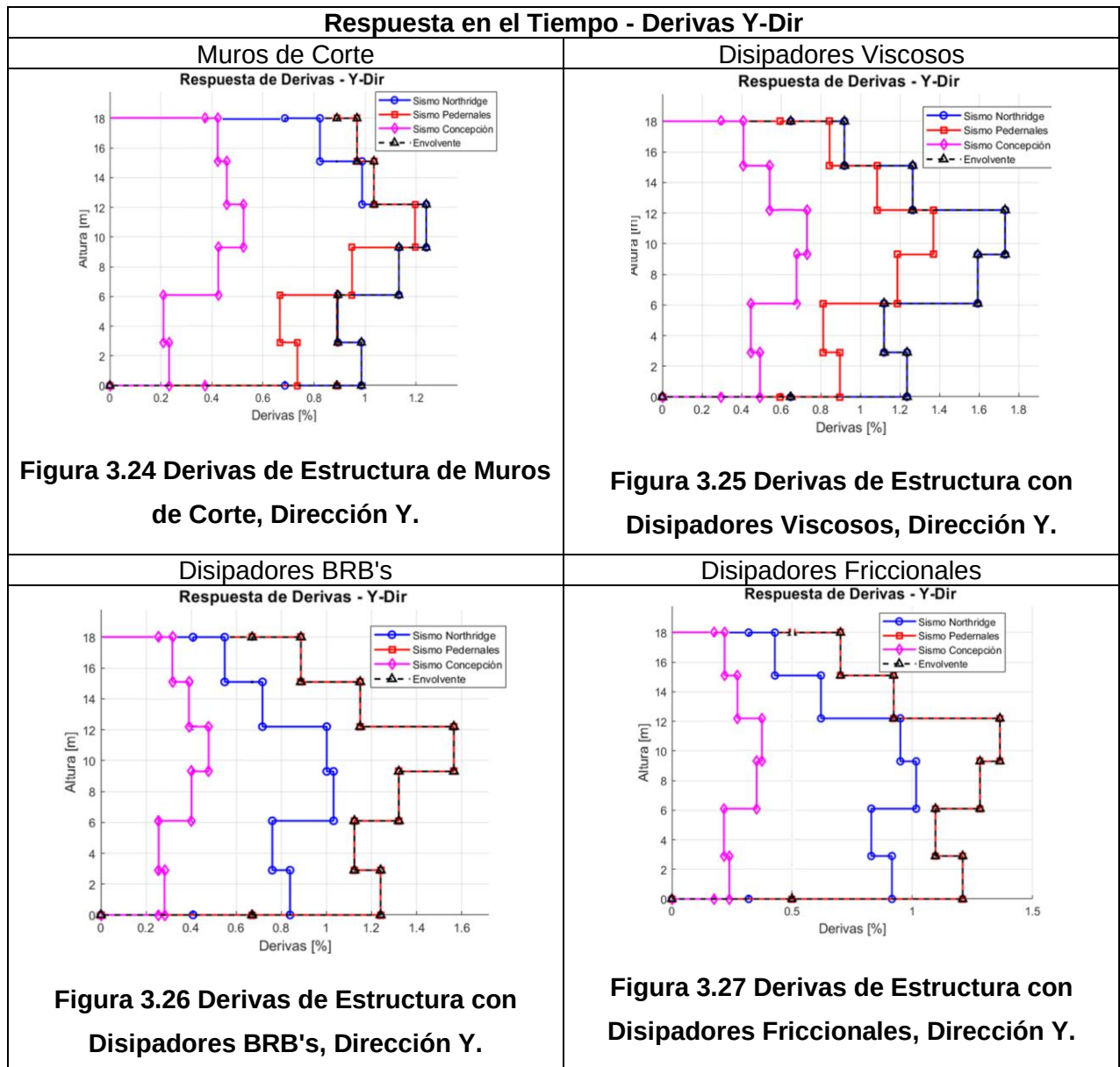
Los resultados muestran que las diferentes configuraciones de protección sísmica impactan de manera significativa en el comportamiento de la estructura en términos de derivas. Esto permite seleccionar la solución más adecuada para el diseño de la edificación.



Los resultados de derivas de entre piso en dirección “X” se interpretan a continuación:

1. **Muros de Corte:** Los muros de corte muestran una respuesta en deriva que es no lineal, observándose derivas de hasta aproximadamente 1.4% que se pueden visualizar en la *figura 3.20*.
2. **Disipadores Viscosos:** El comportamiento que describe la estructura con los disipadores viscosos, se observa en la *figura 3.21*. Las derivas más críticas están alrededor de 1.3 %, siendo el sismo de Pedernales el evento controlador.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, al igual que los otros disipadores hacen que las derivas disminuyan ligeramente, en la *figura 3.22* se observa este comportamiento, en comparación. Las derivas se mantienen en los niveles superiores por debajo 1.4%.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un mejor comportamiento que los viscosos y los BRB's, con derivas que alcanzan 1.22%, como se puede visualizar en la *figura 3.23*.

En los gráficos presentados se comparan las derivas de cada tipo de estructura en dirección Y, para una estructura con diferentes configuraciones de protección sísmica: muros de corte, disipadores viscosos, BRB y friccionales. A continuación, se detalla la comparación entre sistema de protección sísmica.

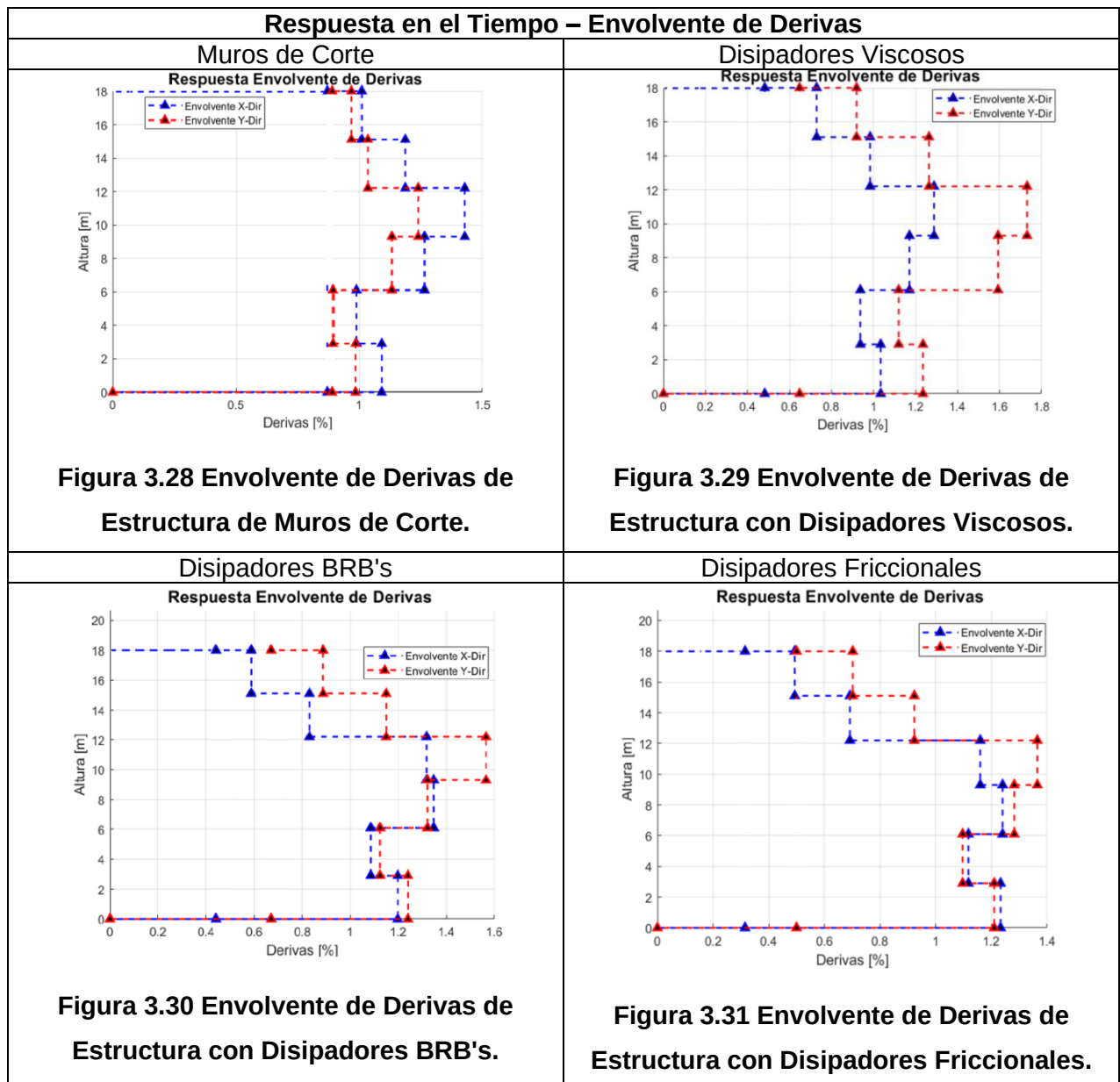


Los resultados de derivas de entre piso en dirección “Y” se interpretan a continuación:

1. **Muros de Corte:** Los muros de corte muestran una respuesta en deriva que es no lineal, observándose derivas de hasta aproximadamente 1.25% que se pueden visualizar en la *figura 3.24*.
2. **Disipadores Viscosos:** El comportamiento que describe la estructura con los disipadores viscosos, se observa en la *figura 3.25*. Las derivas más críticas están alrededor de 1.75%, siendo el sismo de Northridge el más crítico.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, al igual que los otros disipadores resultan en que las derivas aumenten ligeramente. En la *figura 3.26* se observa este comportamiento. Las derivas se mantienen en los niveles superiores por debajo 1.6%.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un mejor comportamiento que los viscosos y los BRB,s, con derivas que alcanzan 1.46%, como se puede visualizar en la *figura 3.27*.



Los resultados muestran que las diferentes configuraciones de protección sísmica tienen un impacto significativo en el comportamiento de la estructura en términos de las envolventes de derivas de entrepiso.

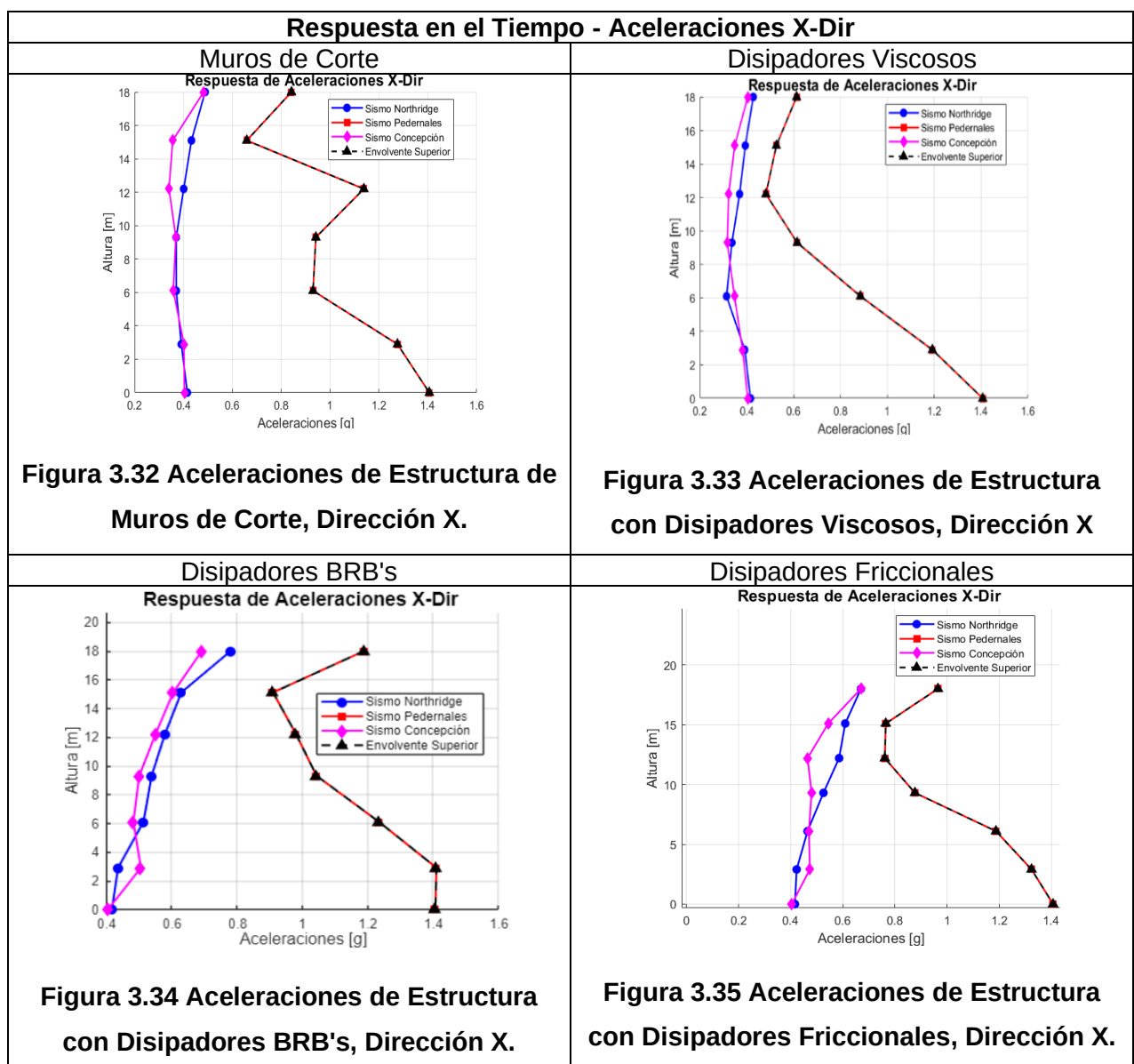


A continuación, se detalla la comparación de los resultados de la envolvente de las derivas de entre piso, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.28* demuestra que la estructura con muros de corte muestra menor deriva máxima de 1.4% y la forma en que difieren según su nivel es más uniforme que las estructuras que se implementaron disipadores, pero en el último nivel supera la deriva de los disipadores de energía con un valor de 0.9%.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa un incremento generalizado en las derivas respecto a los muros de corte, como se muestra en la *figura 3.29*. Cabe recalcar la dirección Y de la estructura denota un mayor resultado de deriva del 1.75%
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, permite un resultado cercano a la estructura con muros de corte visualizados en la *figura 3.30*, a diferencia de que las derivas del último nivel se reducen considerablemente a 0.42 % en dirección X , y 0.65% en la dirección Y.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales exhiben un comportamiento intermedio entre los viscosos y los BRB,s, como se muestra en la *figura 3.31*. Las derivas de entre piso se mantienen menores al 1.4% como la estructura con los muros estructurales, a diferencia que en los últimos niveles llega a una deriva máxima de 1.38%.

- **Respuesta de Aceleraciones.**

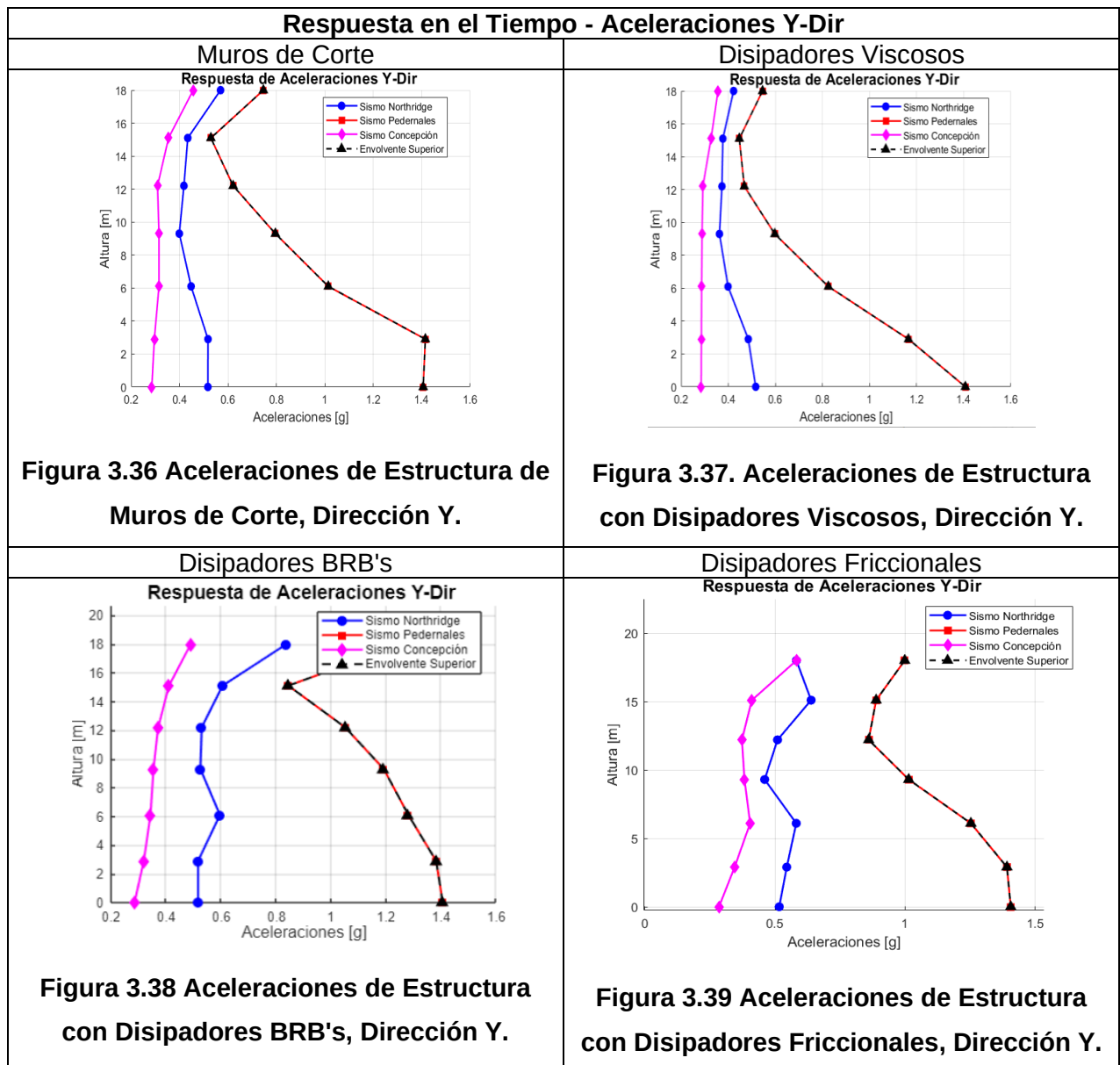
Los resultados de las aceleraciones en Dirección X, indican que los sistemas de protección sísmica, como los disipadores BRB's y los disipadores friccionales, son efectivos para reducir las aceleraciones en la estructura y mejorar su respuesta sísmica. Los muros de corte también ofrecen cierta protección, pero las aceleraciones son significativamente mayores en comparación con las estructuras con disipadores.



Los resultados de Aceleraciones en Dirección X, se detallan a continuación:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.32* muestra las aceleraciones en Dirección X de la estructura con muros de corte. Estas aceleraciones son mayores en la base de la estructura y disminuyen con respecto a la altura de la edificación, siendo el sismo de Pedernales el más crítico con una aceleración de 1.41 g.
2. **Disipadores Viscosos:** La estructura con disipadores viscosos visualizados en la *figura 3.33*, muestra un comportamiento similar a la estructura con muros de corte, con una alta aceleración en la base que disminuye con la altura.
3. **Disipadores BRB's:** En la *figura 3.34* que muestra la respuesta de la estructura con disipadores BRB's, presenta un comportamiento significativamente diferente al de las estructuras anteriores. Las aceleraciones son mayores en todos los niveles. Además, la distribución de aceleraciones es más disperso a lo largo de la altura de la estructura.
4. **Disipadores Friccionales:** La *figura 3.35* muestra la respuesta de aceleraciones de la estructura con Disipadores Friccionales, Este es un comportamiento similar al de los BRB's, diferenciando en que varían en la forma en que la altura de la estructura aumenta.

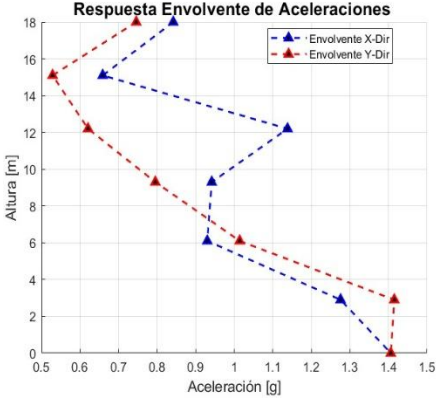
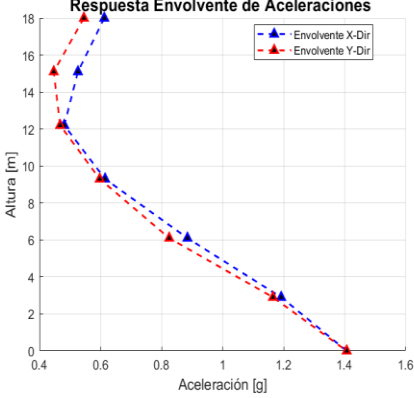
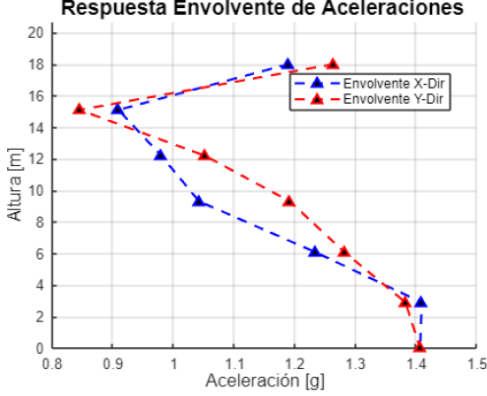
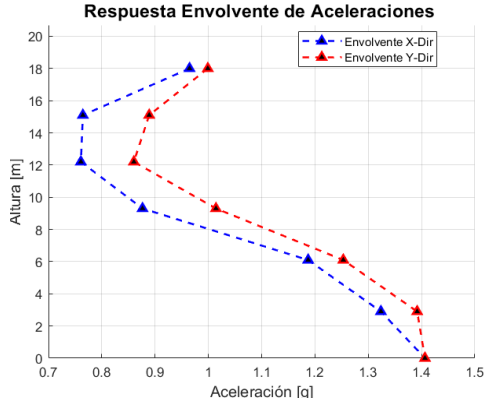
Los resultados de las aceleraciones en la dirección Y, muestran que las diferentes configuraciones de protección sísmica tienen un impacto significativo en el comportamiento de la estructura con respecto a las aceleraciones.



Los resultados de Aceleraciones en Dirección Y, se detallan a continuación:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.36* muestra las aceleraciones en Dirección Y de la estructura con muros de corte. Estas aceleraciones son mayores en la base de la estructura y van disminuyendo con respecto a la altura de la edificación, siendo el sismo de Pedernales el más crítico con una aceleración de 1.41 g.
2. **Disipadores Viscosos:** La estructura con disipadores viscosos visualizados en la *figura 3.37*, muestra un comportamiento similar a la estructura con muros de corte, a diferencia de que la diferencia de aceleraciones por piso es un poco más homogénea.
3. **Disipadores BRB's:** En la *figura 3.38* que muestra la respuesta de la estructura con disipadores BRB's, presenta un comportamiento significativamente diferente al de las estructuras anteriores. Las aceleraciones son mayores en todos los niveles. Además, la distribución de aceleraciones es más disperso a lo largo de la altura de la estructura.
4. **Disipadores Friccionales:** La *figura 3.39* muestra la respuesta de aceleraciones de la estructura con Disipadores Friccionales. Este es un comportamiento similar al de los BRB's, diferenciando en que varían en la forma en que la altura de la estructura aumenta.

Los resultados muestran que las diferentes configuraciones de protección sísmica tienen un impacto significativo en el comportamiento de la estructura en términos de las envolventes de aceleraciones.

| Respuesta en el Tiempo – Envolvente de Aceleraciones.                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Muros de Corte</p>  <p>Figura 3.40 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Muros de Corte.</p>         | <p>Disipadores Viscosos</p>  <p>Figura 3.41 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Disipadores Viscosos.</p>          |
| <p>Disipadores BRB's</p>  <p>Figura 3.42 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Disipadores BRB's.</p> | <p>Disipadores Friccionales</p>  <p>Figura 3.43 Envolvente de Aceleraciones de Estructura con Disipadores Friccionales.</p> |

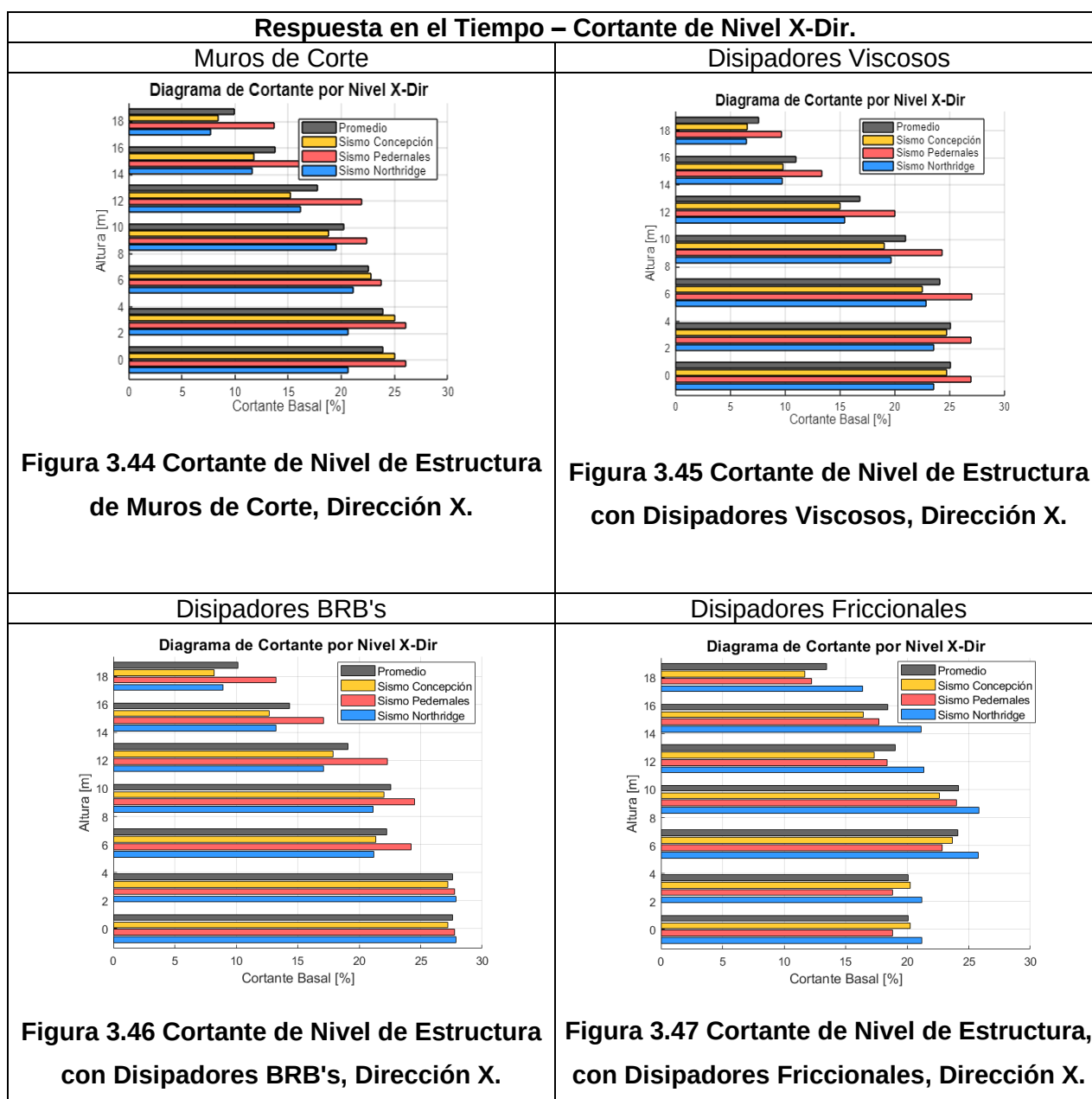
A continuación, se detalla la comparación de los resultados de la envolvente de aceleraciones, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.40* demuestra que la estructura con muros de corte tiene aceleraciones bajas con respecto a los disipadores con pandeo restringido y friccionales, con aceleraciones máximas en el último nivel de 0.88g.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa una disminución generalizada en las aceleraciones respecto a los muros de corte, como se muestra en la *figura 3.41*. Estos dispositivos reducen significativamente las aceleraciones a valores de 0.62g.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, debido a su aumento de rigidez en la estructura como se observa en la *figura 3.42*, causa que las aceleraciones varíen bruscamente por cada nivel y aumenten hasta 1.25g.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un comportamiento intermedio entre los viscosos y los BRB,s, como se muestra en la *figura 3.43*, Se observa que los cambios de aceleraciones son menos bruscos y son menores que las de los disipadores BRB's con valores alrededor de 1.0g.



- **Respuesta de Cortante de Piso.**

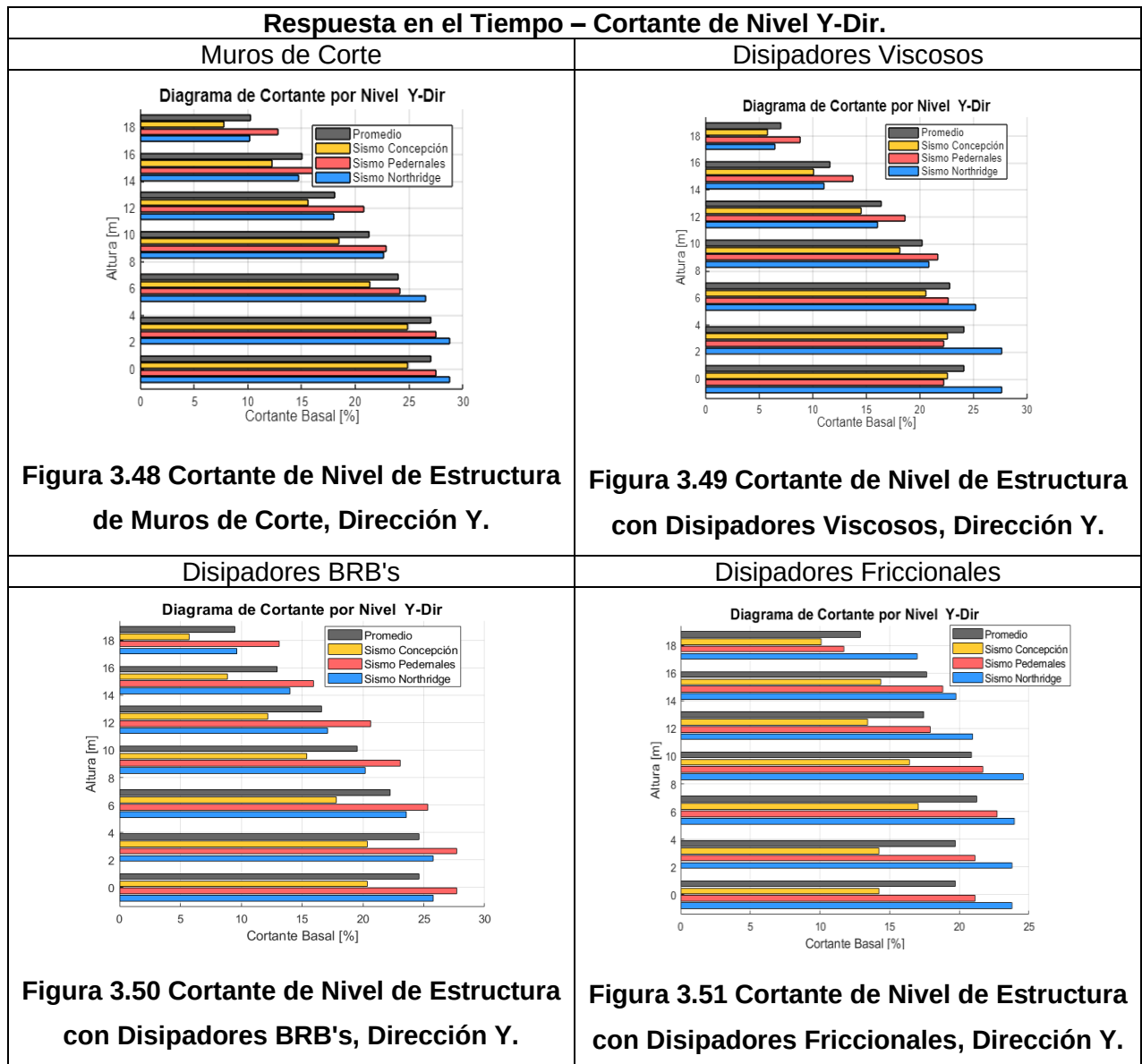
Los resultados del análisis no lineal de respuesta en el tiempo muestran que la incorporación de los diferentes sistemas de disipación de energía como los viscosos, con pandeo restringido BRB's y friccionales, permiten igualar los cortantes basales en comparación con la estructura de muros de corte. Esto se traduce en menores demandas sísmicas sobre la estructura, lo que facilita su diseño y construcción.



A continuación, se considera la comparación de los resultados de los cortantes por nivel en dirección X, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.44* demuestra que la estructura con muros de corte alcanza valores cercanos de 26% normalizados por el peso sísmico de la estructura.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa que los cortantes por nivel se mantienen de manera similar que la estructura con muros de corte, diferenciándose con un cortante máximo de 28% del peso sísmico de la estructura, como se muestra en la *figura 3.41*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, causa que los esfuerzos de corte por nivel, mostrados en la *figura 3.46*, sean relativamente iguales a los de la estructura con muros de corte, siendo un poco menores a ellos en niveles superiores, pero en la base de la edificación, aumenta a un 28% normalizado al peso de la estructura.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un comportamiento diferente a los demás sistemas de protección sísmica, tal y como se observa en la *figura 3.47*, siendo inusualmente menor en la base con un 21% del peso sísmico de la estructura, pero aumentan al 25% en los niveles superiores, y volviendo a reducirse en su último nivel con un valor de 14%.

Los Cortante por nivel en la dirección Y para cada tipo de sistema de protección sísmica se muestra a continuación:

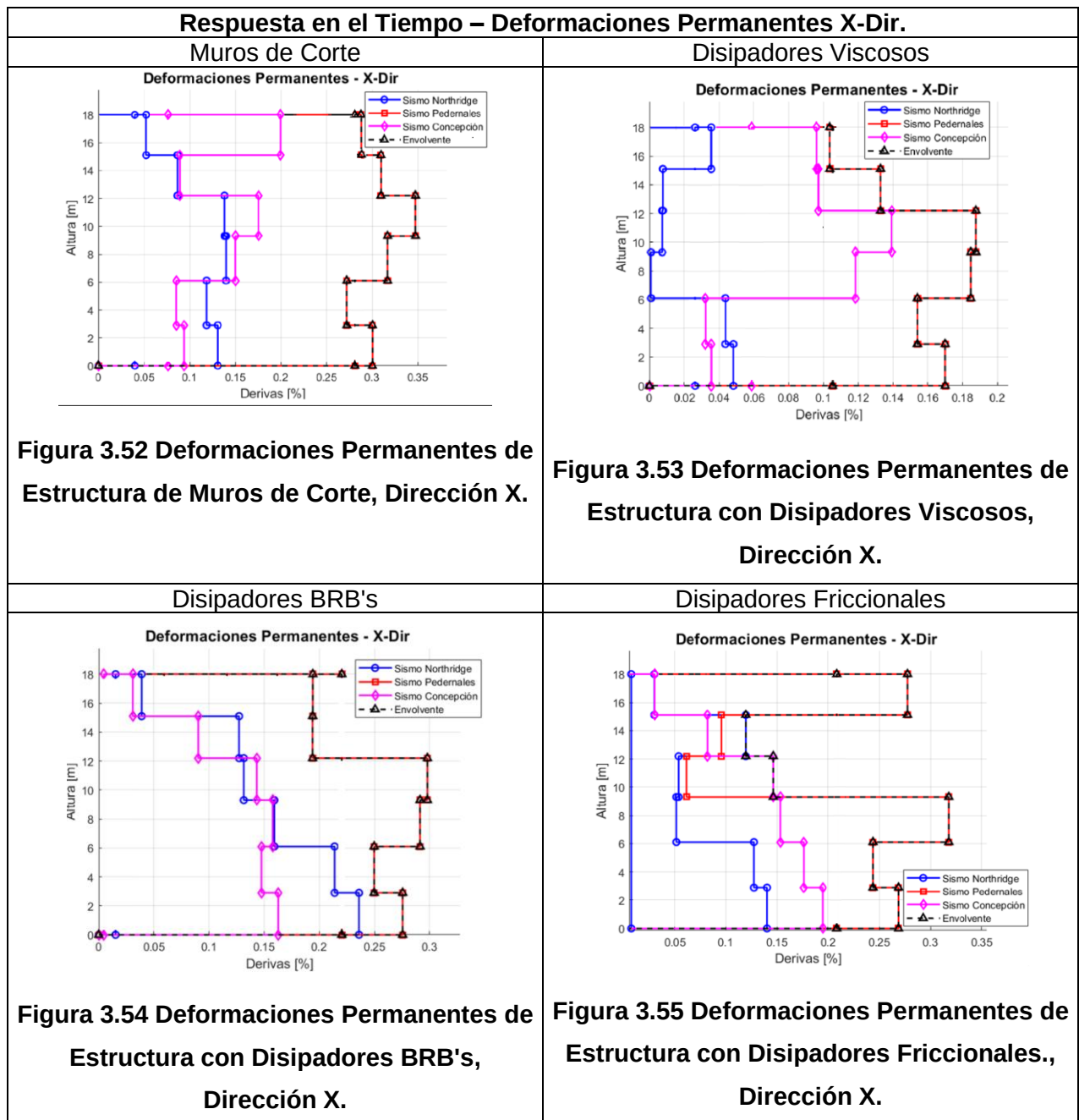


La comparación de los resultados de los cortantes por nivel en dirección Y se detallan a continuación, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.48* demuestra que la estructura con muros de corte alcanza valores cercanos de 28% normalizados por el peso de la estructura. La distribución de cortantes a lo alto de la estructura es relativamente uniforme.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa en la *figura 3.49* los cortantes por nivel se mantienen de manera similar que la estructura con muros de corte, diferenciándose con un cortante máximo de 27% del peso sísmico de la estructura.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, causan que los esfuerzos de corte por nivel mostrados en la *figura 3.50* sean relativamente iguales a los de la estructura con muros de corte, siendo un poco menores a ellos en niveles superiores, pero en la base de la edificación disminuye a un 25.5% normalizado al peso sísmico de la estructura.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales muestran un comportamiento diferente a los demás sistemas de protección sísmica, tal y como se observa en la *figura 3.51*, siendo inusualmente menor en la base con un 24% del peso de la estructura, manteniéndose con valores relativamente cercanos hasta el tercer nivel y luego disminuye hasta alcanzar cortantes de 14%.

- **Respuesta de Deformaciones Permanentes.**

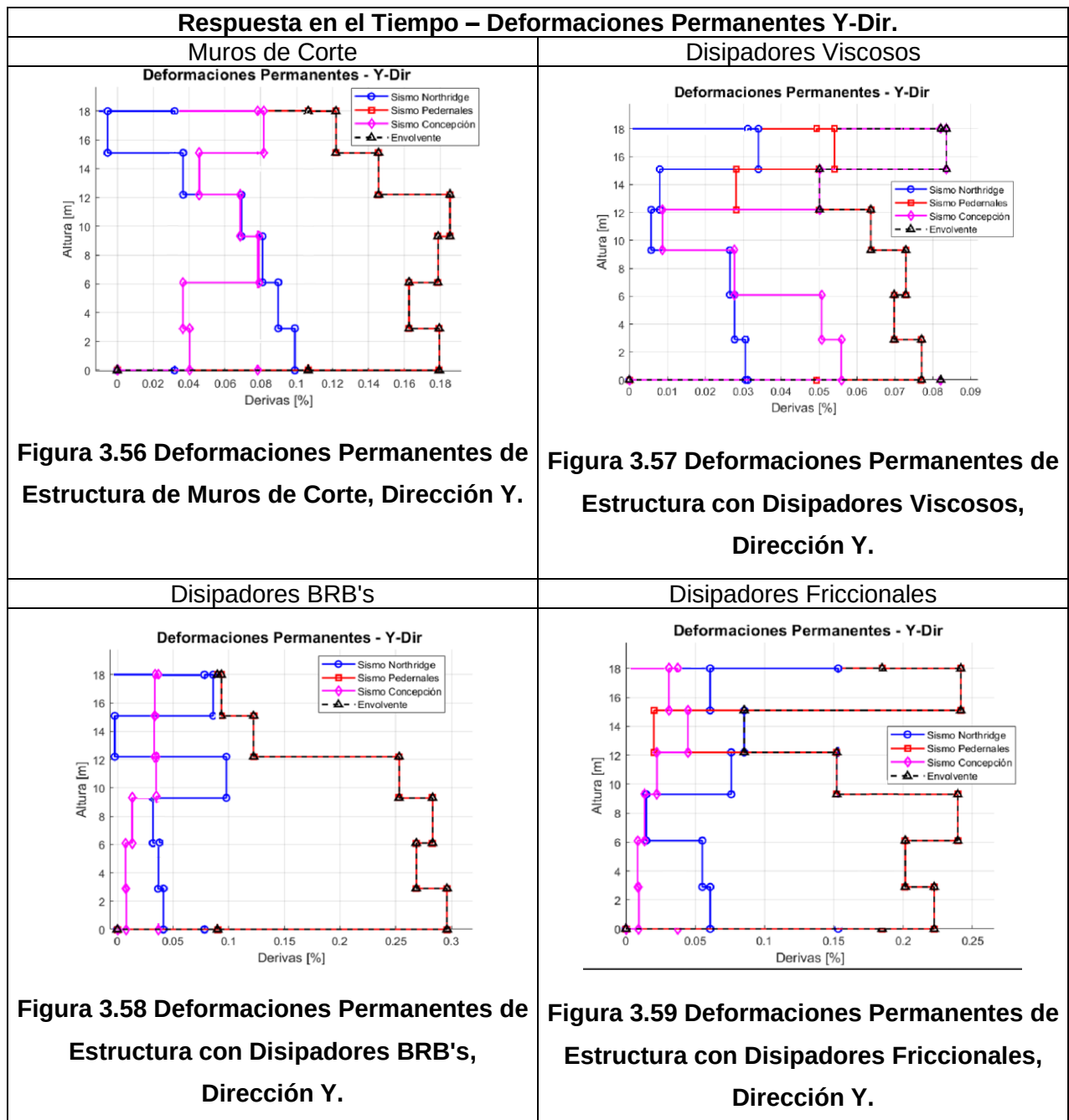
Los resultados muestran que la incorporación de los sistemas de disipación de energía, ya sean viscosos, con pandeo restringido BRB's o friccionales, permite reducir las deformaciones permanentes de la estructura en comparación con la configuración de muros de corte. Esto es un aspecto muy relevante para evaluar el desempeño estructural y la seguridad de la edificación después de un evento sísmico.



La comparación de los resultados de las deformaciones permanentes en dirección X se detallan a continuación, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base. Cabe recalcar que debido a la gran magnitud del sismo que ocurrió en Pedernales el año de 2016, las estructuras que fueron estudiadas con este registro sísmico demuestran que son las más afectadas en el análisis comparativo realizado con respecto a las deformaciones permanentes que experimentaron.

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.52* demuestra que la estructura con muros de corte alcanza valores cercanos de 0.35% de deformaciones permanentes. Las deformaciones a lo alto de la estructura son relativamente uniformes, excluyendo al sismo de Concepción.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa en la *figura 3.53* las deformaciones permanentes disminuyeron a 0.19%, siguiendo con el sismo de Pedernales el más crítico entre este y los sismos de Northridge y Concepción.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, causan que las deformaciones permanentes mostradas en la *figura 3.54* sean relativamente iguales a los de la estructura con muros de corte, con una disminución de 0.05% entre ambas, pero con la diferencia que no cambian abruptamente las deformaciones como en las estructuras con muros de corte y disipadores viscosos.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales denotan un comportamiento diferente a los demás sistemas de protección sísmica, tal y como se observa en la *figura 3.55*, mostrando el cambio más pronunciado acerca sus deformaciones conforme la altura del edificio es mayor.

A continuación, se considera la comparación de los resultados de las deformaciones permanentes en dirección Y, según el sistema de protección sísmica implementado en la estructura base.



Las deformaciones permanentes de las estructuras en la dirección Y, según el sistema de protección sísmica se pueden mencionar con detalle a continuación:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.56* demuestra que la estructura con muros de corte alcanza valores cercanos de 0.18% de deformaciones permanentes, siendo menor que en la Dirección X. La diferencia recae en que sus deformaciones a lo alto de la estructura no son uniformes, como las observadas en la dirección Y.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa que las deformaciones permanentes se reducen significativamente con el 0.081%, siguiendo con el sismo de Pedernales el más crítico entre este y los sismos de Northridge y Concepción, como se muestra en la *figura 3.57*
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, causan que las deformaciones permanentes mostradas en la *figura 3.58* aumentan significativamente para el sismo de Pedernales aumentando al 0.3%, pero en su último nivel recae a 0.1%, para el sismo de Pedernales, mientras los sismos de Northridge y Concepción se mantienen en valores de 0.1%.
4. **Disipadores Friccionales:** Los disipadores friccionales denotan un comportamiento diferente a los demás sistemas de protección sísmica, como se observa en la *figura 3.59*, mostrando el cambio más pronunciado conforme la altura del edificio es mayor.



La respuesta en el tiempo Envolvente de las Deformaciones Permanentes, señala la importancia del análisis comparativo entre estructuras con diferentes tipos de protección sísmica y los registros sísmicos considerados. Estos resultados se muestran en la siguiente información.

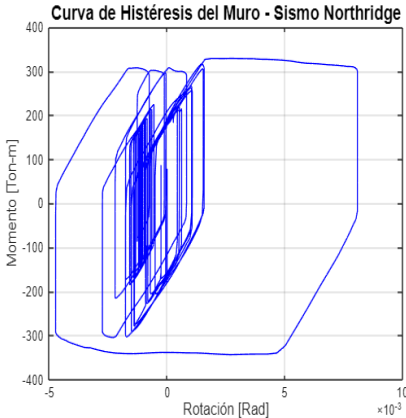
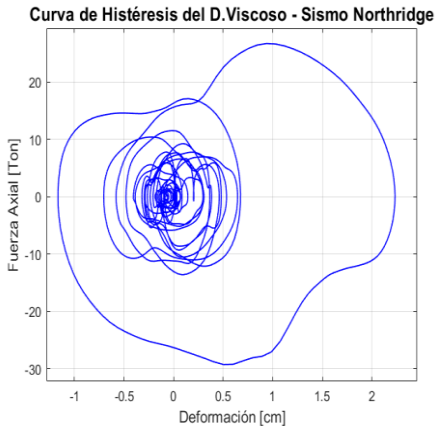
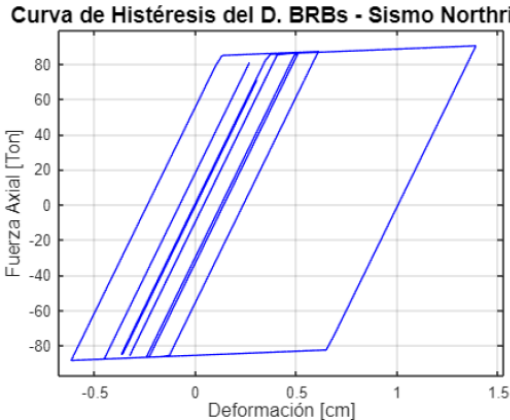
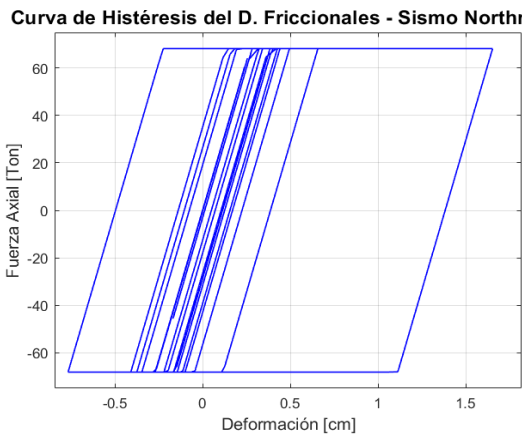
| Respuesta en el Tiempo – Envolvente de Deformaciones Permanentes.                                                                 |                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Muros de Corte</p> <p>Figura 3.60 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura de Muros de Corte.</p>                 | <p>Disipadores Viscosos</p> <p>Figura 3.61 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Viscosos.</p>         |
| <p>Disipadores BRB's</p> <p>Figura 3.62 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura de Muros con Disipadores BRB's.</p> | <p>Disipadores Friccionales</p> <p>Figura 3.63 Envolvente de Deformaciones Permanentes de Estructura con Disipadores Friccionales.</p> |

La envolvente de las Deformaciones permanentes, de las estructuras según el sistema de protección sísmica se pueden mencionar con detalle a continuación:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.60* demuestra que la estructura con muros de corte alcanza deformaciones permanentes con valores cercanos a 0.35% para la dirección X, y 0.2% para la dirección Y.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa que la envolvente de las deformaciones reduce significativamente con el 0.19% para la dirección X, en contraste a la dirección Y que exhibe deformaciones permanentes de hasta 0.09%, como se muestra en la *figura 3.61*
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, causa que la envolvente de las deformaciones permanentes mostradas en la *figura 3.62* se asemejen a la Estructura con Muros de corte, con una pequeña reducción de estas y llevando un cambio abrupto a partir del 4 Nivel de la edificación.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores de pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales denotan un comportamiento diferente a los demás sistemas de protección sísmica, como se observa en la *figura 3.63*, mostrando el cambio más pronunciado acerca sus deformaciones conforme la altura del edificio es mayor, pero con valores de envolvente de las deformaciones Permanentes mayores que cualquier otro sistema llegando a valores máximos de 0.33%.

- **Respuesta de Histéresis de los elementos estructurales.**

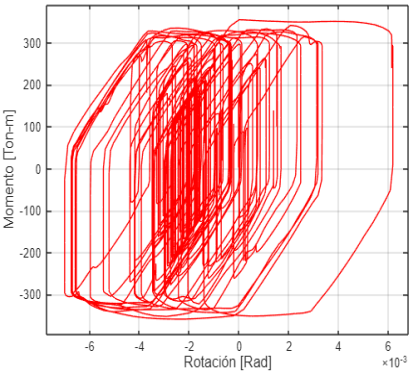
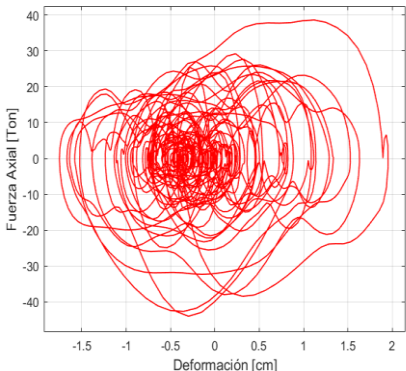
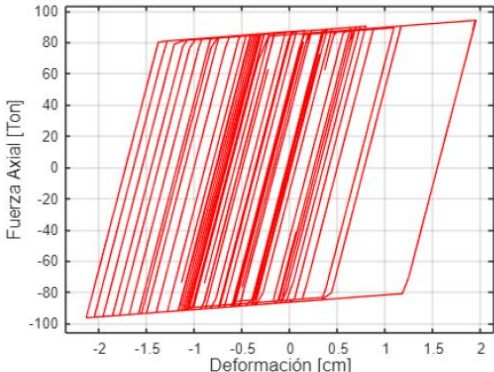
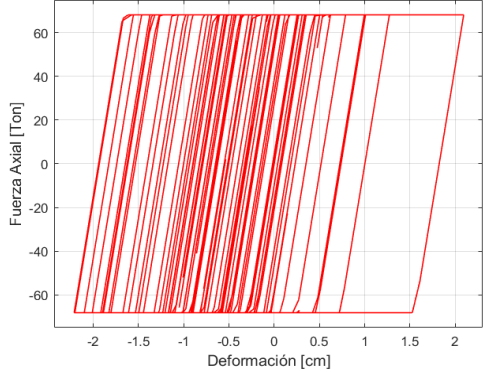
Los diferentes sistemas de protección sísmica presentan curvas de histéresis con características distintivas que reflejan su comportamiento y capacidad de disipación de energía. Estos resultados serán fundamentales para seleccionar la solución más adecuada para el diseño de la estructura. Las curvas histeréticas mostradas a continuación hacen referencia al comportamiento del sistema de protección sísmica correspondiente al sismo de Northridge.

| <b>Curva de Histéresis del sistema de Protección sísmica – Sismo Northridge</b>                                                                                         |                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muros de Corte</b>                                                                                                                                                   | <b>Disipadores Viscosos</b>                                                                                                                                                     |
|  <p><b>Figura 3.64</b> Curva de Histéresis de Muros de Corte – S. Northridge.</p>     |  <p><b>Figura 3.65</b> Curva de Histéresis de Disipadores Viscosos – S. Northridge.</p>      |
| <b>Disipadores BRB's</b>                                                                                                                                                | <b>Disipadores Friccionales</b>                                                                                                                                                 |
|  <p><b>Figura 3.66</b> Curva de Histéresis de Disipadores BRB's – S. Northridge.</p> |  <p><b>Figura 3.67</b> Curva de Histéresis de Disipadores Friccionales – S. Northridge.</p> |

El estudio del comportamiento histerético de los sistemas de protección y disipación de energía en estructuras es fundamental para el diseño sísmico. Estas curvas de histéresis proporcionan información valiosa sobre la capacidad de deformación, disipación de energía y resistencia de los diferentes elementos estructurales y dispositivos de control. A continuación, se detalla los resultados de estos sistemas.

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.64* hace referencia curva de histéresis los elementos de muros de corte. La curva presenta un comportamiento no lineal y lazo de histéresis amplio, lo que indica una alta disipación de energía. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 350 Tonf-m y 0.009 rad, respectivamente.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa el comportamiento histerético del Disipador viscoso, con una fuerza máxima que alcanza 30 Tonf y con una deformación de 2.02 cm aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.65*
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, visualizados en la *figura 3.66*, causan que la curva de histéresis del dispositivo disipe energía desarrollando una fuerza axial de hasta 83 Tonf, con deformaciones de los dispositivos de hasta 1.49 cm.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales exhiben una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado fuerzas axiales de 62 Tonf con deformaciones de hasta 1.51 cm, estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.67*.

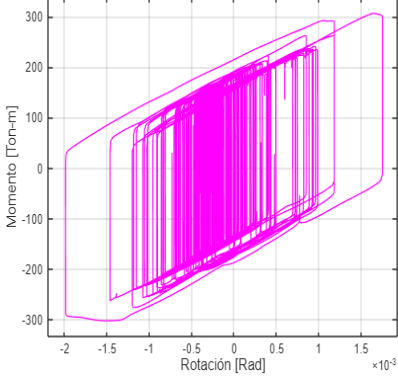
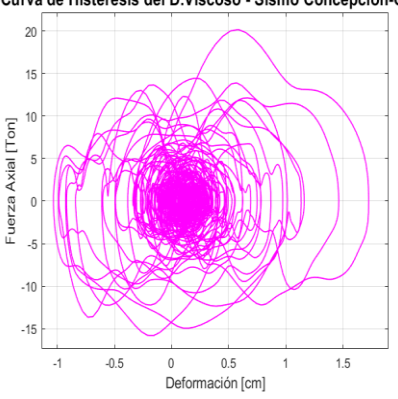
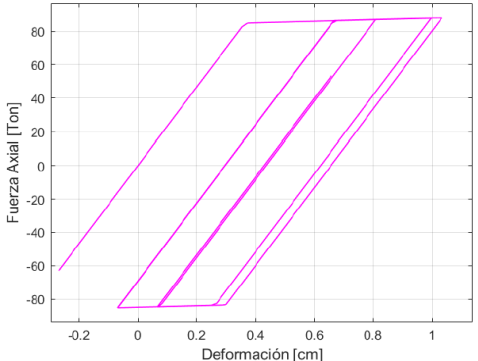
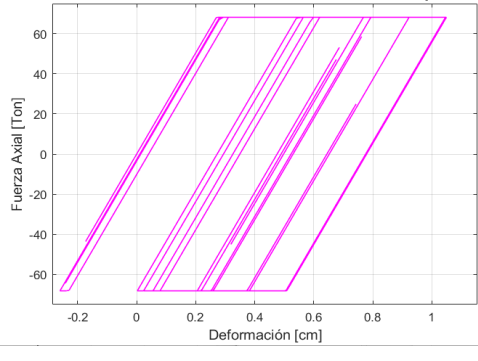
A continuación, se presentan las curvas de histéresis correspondientes a los sistemas de protección y disipación sísmica, tomando en cuenta el sismo de Pedernales.

| <b>Curva de Histéresis del sistema de Protección sísmica – Sismo Pedernales.</b>                                                                    |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muros de Corte</b>                                                                                                                               | <b>Disipadores Viscosos</b>                                                                                                                                |
| <p><b>Curva de Histéresis del Muro - Sismo Pedernales</b></p>      | <p><b>Curva de Histéresis del D.Viscoso - Sismo Pedernales</b></p>       |
| <p><b>Figura 3.68 Curva de Histéresis de Muros de Corte – S. Pedernales.</b></p>                                                                    | <p><b>Figura 3.69 Curva de Histéresis de Disipadores Viscosos – S. Pedernales.</b></p>                                                                     |
| <b>Disipadores BRB's</b>                                                                                                                            | <b>Disipadores Friccionales</b>                                                                                                                            |
| <p><b>Curva de Histéresis del D.BRBs - Sismo Pedernales</b></p>  | <p><b>Curva de Histéresis del D.Friccional - Sismo Pedernales</b></p>  |
| <p><b>Figura 3.70 Curva de Histéresis de Disipadores BRB's – S. Pedernales.</b></p>                                                                 | <p><b>Figura 3.71 Curva de Histéresis de Disipadores Friccionales – S. Pedernales.</b></p>                                                                 |

Los resultados detallados de las curvas de histéresis de estos sistemas con respecto al sismo de Pedernales se interpretan como:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.68* muestra la curva de histéresis de los muros de corte. La curva presenta un comportamiento no lineal y lazo de histéresis amplio, lo que indica una alta disipación de energía. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 340 Tonf-m y 0.006 rad, respectivamente.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa el comportamiento histerético del Disipador viscoso, con fuerza máxima que alcanza 38 Tonf y con una deformación de 1.85 cm aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.69*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, mostrados en la *figura 3.70*, causan que la curva de histéresis de este dispositivo desarrolle una fuerza axial de hasta 98 Tonf, con deformaciones de los dispositivos de hasta 2.1 cm.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales exhiben una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado fuerzas axiales de 65 Tonf con deformaciones de hasta 2.05 cm. Estas diferencias se pueden observar en la *figura 3.71*.

A continuación, se presentan las curvas de histéresis correspondientes a los sistemas de protección y disipación sísmica, tomando en cuenta el sismo de Concepción.

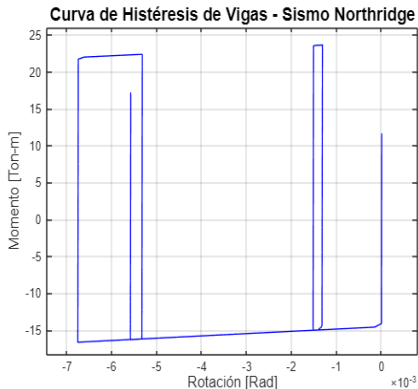
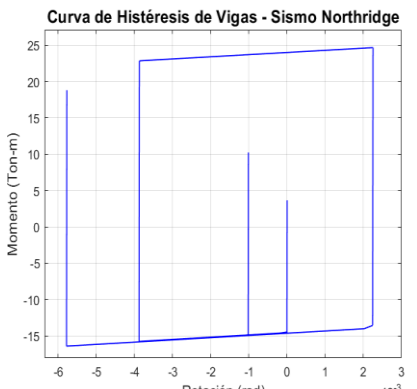
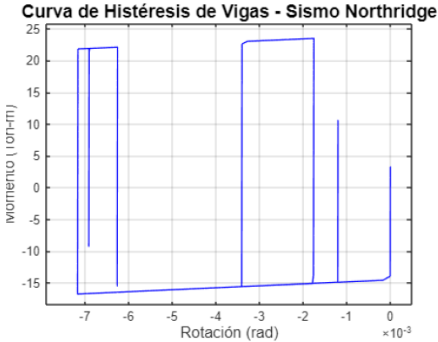
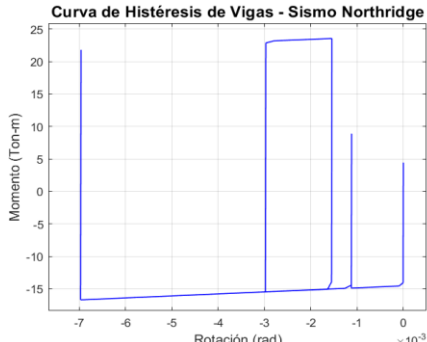
| <b>Curva de Histéresis del sistema de Protección sísmica – Sismo Concepción.</b>                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muros de Corte</b>                                                                                                                                                                                                                         | <b>Disipadores Viscosos</b>                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>Curva de Histéresis del Muro - Sismo Concepción-Chile</b></p>  <p><b>Figura 3.72 Curva de Histéresis de Muros de Corte – S. Concepción.</b></p>        | <p><b>Curva de Histéresis del D.Viscoso - Sismo Concepción-Chile</b></p>  <p><b>Figura 3.73 Curva de Histéresis de Disipadores Viscosos – S. Concepción.</b></p>         |
| <b>Disipadores BRB's</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>Disipadores Friccionales</b>                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>Curva de Histéresis del D.BRBs - Sismo Concepción-Chile</b></p>  <p><b>Figura 3.74 Curva de Histéresis de Disipadores BRB's – S. Concepción.</b></p> | <p><b>Curva de Histéresis del D.Friccional - Sismo Concepción-Chile</b></p>  <p><b>Figura 3.75 Curva de Histéresis de Disipadores Friccionales – S. Concepción.</b></p> |

Los resultados detallados de las curvas de histéresis de estos elementos estructurales con respecto al sismo de Concepción se interpretan como:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.72* muestran la curva de histéresis de los muros de corte, La curva presenta un comportamiento no lineal y lazo de histéresis amplio, con diferencias significativas en la forma característica del comportamiento histerético, en comparación a los registros sísmicos de Pedernales y Northridge. Esto indica una alta disipación de energía y los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 300 Tonf-m y 0.0015 rad, haciendo referencia a que no alcanza la fluencia los muros de corte para el sismo de Concepción.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa que el comportamiento histerético del Disipador viscoso, exhibe una fuerza máxima que alcanza 20 Tonf y con una deformación de 1.7 cm aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.73*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, , mostrados en la *figura 3.74*, causan que la curva de histéresis de este dispositivo alcance a disipar energía con una fuerza axial máxima de hasta 81 Tonf, con deformaciones de los dispositivos de hasta 1.05 cm.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales tienen una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado fuerzas axiales de 63 Tonf con deformaciones de hasta 1.05 cm. Estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.75*.



También se analizaron las incursiones inelásticas de los elementos vigas para cada caso de estudio, para diferenciar y analizar cómo se comportan estos elementos secuencialmente con respecto al sistema de disipación de energía adoptado. Se comienza a analizar las estructuras con el registro sísmico de Northridge demostrando los siguientes resultados.

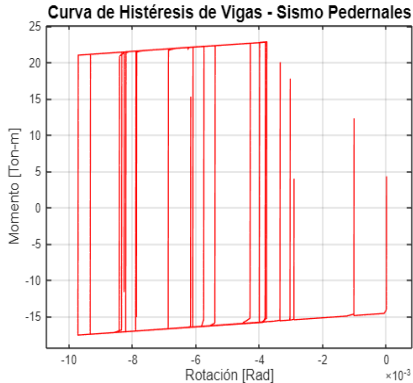
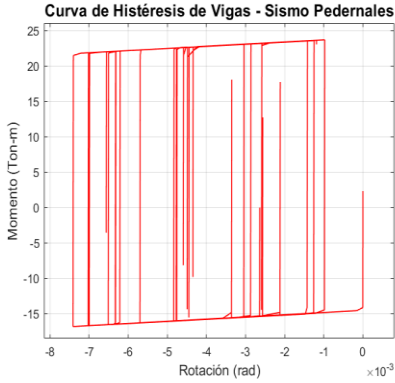
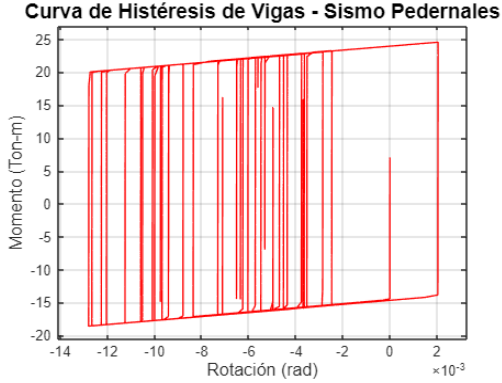
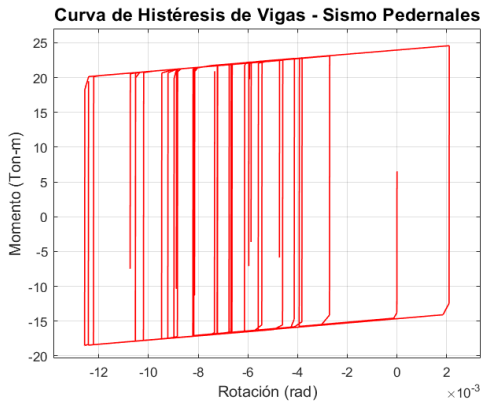
| Curva de Histéresis de Vigas – Sismo Northridge.                                                    |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muros de Corte                                                                                      | Disipadores Viscosos                                                                                       |
|                   |                         |
| <b>Figura 3.76 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Muros de Corte – S. Northridge.</b>    | <b>Figura 3.77 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Northridge.</b>     |
| Disipadores BRB's                                                                                   | Disipadores Friccionales                                                                                   |
|                  |                        |
| <b>Figura 3.78 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Northridge.</b> | <b>Figura 3.79 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Northridge.</b> |

Los resultados detallados de las curvas de histéresis de estos sistemas con respecto al sismo de Northridge se interpretan como:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.76* muestra la curva de histéresis de las Vigas de la estructura con muros de corte. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 22.5 Tonf-m y 0.0068 rad.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa en la *figura 3.77* el comportamiento histerético de la viga, con una capacidad que alcanza 24 Tonf-m y con una rotación de 0.0058 rad aproximadamente.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, visualizados en la *figura 3.78*, causan que la curva de histéresis de la viga, desarrolle un momento de hasta 24 Tonf-m, con rotaciones de hasta 0.0071 rad.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores de pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales hacen que las vigas tengan una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado Momentos de 23 Tonf-m y rotaciones de hasta 0.007 rad, estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.79*.

Es necesario mencionar que los elementos viga para el sismo de Northridge constan de una curva histerética irregular, debido a factores dependientes del registro sísmico como las amplitudes, frecuencias y valores de aceleraciones particulares del sismo.

Se analizaron las incursiones inelásticas de los elementos vigas para cada caso de estudio, para diferenciar y analizar cómo se comportan estos elementos secuencialmente con respecto al sistema de disipación de energía adoptado. Se prosigue analizando las estructuras con el registro sísmico de Pedernales demostrando los siguientes resultados:

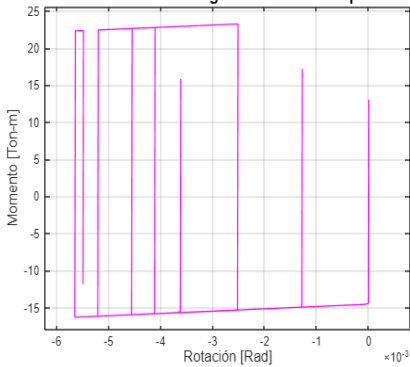
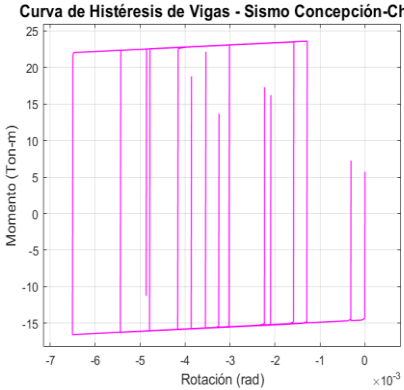
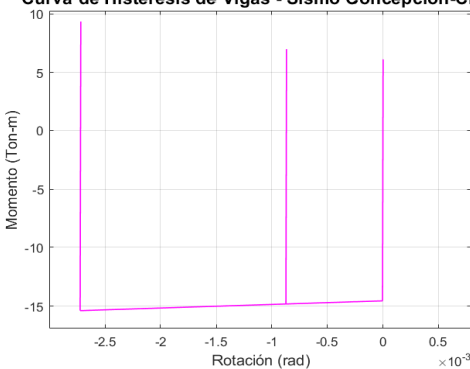
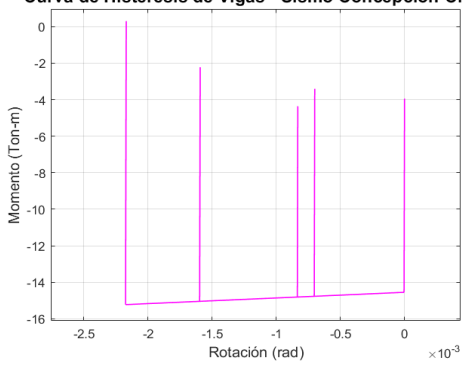
| Curva de Histéresis de Vigas – Sismo Pedernales.                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muros de Corte                                                                                                                                                                                 | Disipadores Viscosos                                                                                                                                                                                   |
|  <p><b>Figura 3.80</b> Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Muros de Corte – S. Pedernales.</p>     |  <p><b>Figura 3.81</b> Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Pedernales.</p>      |
| Disipadores BRB's                                                                                                                                                                              | Disipadores Friccionales                                                                                                                                                                               |
|  <p><b>Figura 3.82</b> Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Pedernales.</p> |  <p><b>Figura 3.83</b> Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Pedernales.</p> |

Los resultados detallados de las curvas de histéresis de estos sistemas con respecto al sismo de Pedernales se interpretan como:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.80* muestra la curva de histéresis de las Vigas para la estructura con muros de corte, los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 22.5 Tonf-m y 0.0098 rad, resultados propios acerca disipación de energía en elementos viga.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa el comportamiento histerético de la viga, con una capacidad que alcanza 24 Tonf-m y con una rotación de 0.0073 rad. Aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.81*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, visualizados en la *figura 3.82*, causa que la curva de histéresis de la viga, disipe energía con un momento de hasta 24.8 Tonf-m, con rotaciones de hasta 0.013 rad.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales causan que las vigas alcancen una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado momentos de 24.8 Tonf-m y rotaciones de hasta 0.0125 rad. Estas diferencias se muestran en la *figura 3.83*.

A diferencia de los resultados proporcionados por el sismo de Northridge, las incursiones inelásticas de las vigas por el sismo de Pedernales son más consistentes, debido a que, estos elementos disipan mayor energía mientras más carga reciben.

El sismo de Concepción es el último registro que se utilizó para analizar las incursiones inelásticas y corroborar cómo se comportan estos elementos secuencialmente con respecto al sistema de disipación de energía adoptado. Se prosigue analizar las estructuras con el registro sísmico de Concepción obteniendo los siguientes resultados:

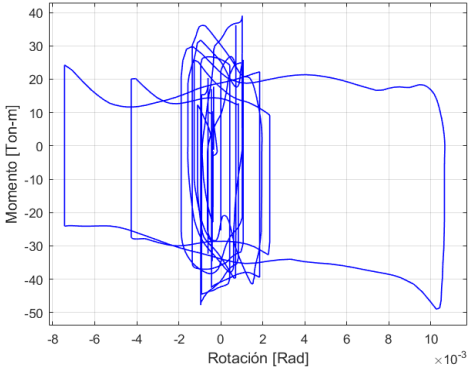
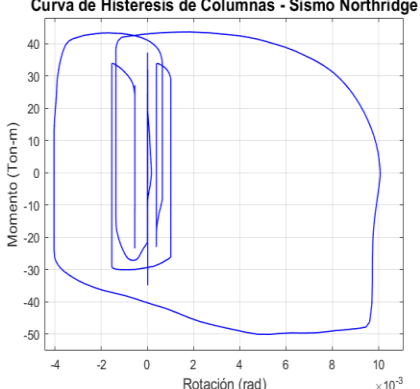
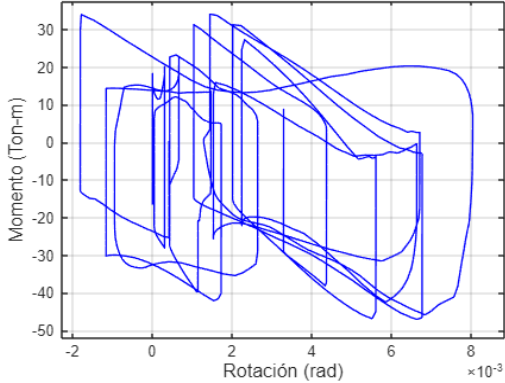
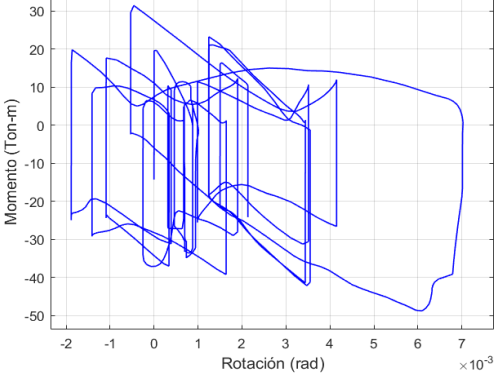
| Curva de Histéresis de Vigas – Sismo Concepción.                                                                                                 |                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muros de Corte                                                                                                                                   | Disipadores Viscosos                                                                                                                              |
| <p>Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile</p>   | <p>Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile</p>   |
| <p><b>Figura 3.84 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Muros de Corte – S. Concepción.</b></p>                                          | <p><b>Figura 3.85 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Concepción.</b></p>                                     |
| Disipadores BRB's                                                                                                                                | Disipadores Friccionales                                                                                                                          |
| <p>Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile</p>  | <p>Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile</p>  |
| <p><b>Figura 3.86 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Concepción.</b></p>                                       | <p><b>Figura 3.87 Curva de Histéresis de Vigas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Concepción.</b></p>                                 |

Los resultados detallados de las curvas de histéresis de estos sistemas con respecto al sismo de Concepción se interpretan como:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.84* muestra la curva de histéresis de las Vigas para la estructura con muros de corte. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 22.5 Tonf-m y 0.0058 rad.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se el comportamiento histerético de la viga, con una capacidad que alcanza 24 Tonf-m y con una rotación de 0.0065 rad. Aproximadamente, como se muestra observa en la *figura 3.85*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, visualizados en la *figura 3.86*, causan que la curva de histéresis de la viga, desarrolle un momento de hasta 15 Tonf-m, con rotaciones de hasta 0.0025 rad.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales causan que las vigas exhiban una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado momentos de 15 Tonf-m y rotaciones de hasta 0.0023 rad. Estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.87*.

Se puede notar que para el sismo de Concepción los elementos vigas no tienen una gran incursión inelástica. Esto se debe a que este registro, aunque cuente con una larga duración, sus amplitudes, frecuencias y aceleraciones no son determinantes para que estos elementos incursionen en la no linealidad

Por último, las columnas también se analizaron con respecto a las incursiones inelásticas para cada caso de estudio, y así diferenciar el comportamiento de estos elementos secuencialmente con respecto al sistema de disipación de energía adoptado. Se comienza a analizar las estructuras con el registro sísmico de Northridge demostrando los siguientes resultados:

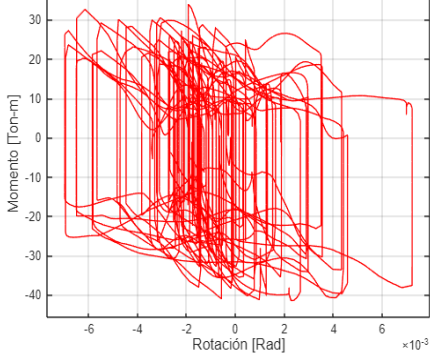
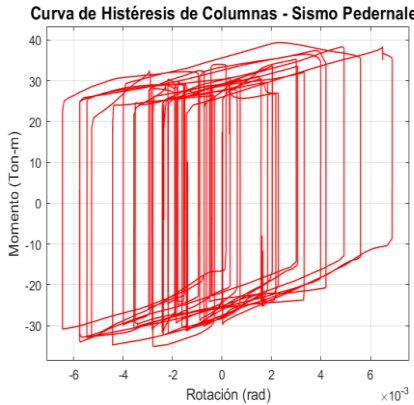
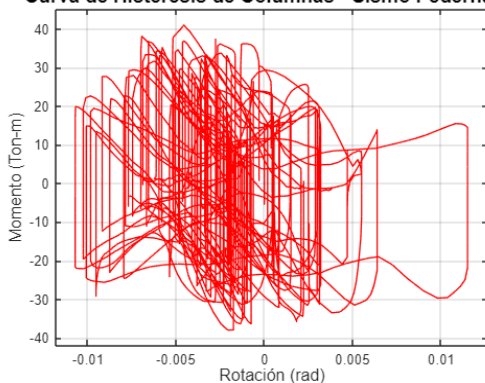
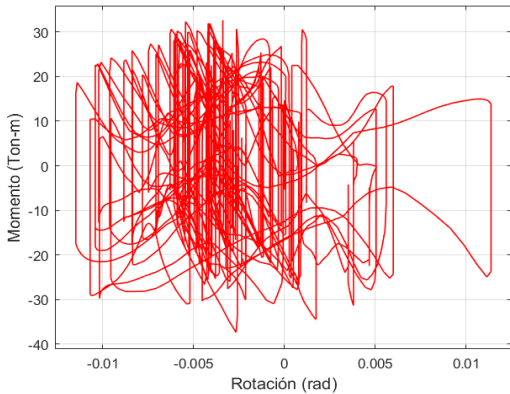
| <b>Curva de Histéresis de Columnas – Sismo Northridge.</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muros de Corte</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Disipadores Viscosos</b>                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge</b></p>  <p><b>Figura 3.88 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Muros de Corte – S. Northridge.</b></p>    | <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge</b></p>  <p><b>Figura 3.89 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Northridge.</b></p>      |
| <b>Disipadores BRB's</b>                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Disipadores Friccionales</b>                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge</b></p>  <p><b>Figura 3.90 Curva de Histéresis de Columna de Estructura de Disipadores BRB's – S. Northridge.</b></p> | <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge</b></p>  <p><b>Figura 3.91 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Northridge.</b></p> |

Los resultados detallados de las curvas de histéresis de estos sistemas con respecto al sismo de Northridge se interpretan como:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.88* muestra la curva de histéresis de las Columnas para la estructura con muros de corte. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 50 Tonf-m y 0.012 rad.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa el comportamiento histerético de la columna, con una capacidad que alcanza 50 Tonf-m y con una rotación de 0.010 rad, aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.89*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, mostrados en la *figura 3.90*, causan que la curva de histéresis de la columna, desarrolle un momento de hasta 48 Tonf-m, con rotaciones de hasta 0.008 rad.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales causan que las columnas exhiban una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado momentos de 15 Tonf-m y rotaciones de hasta 0.007 rad. Estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.91*.



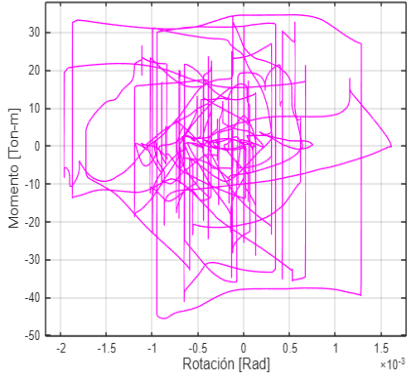
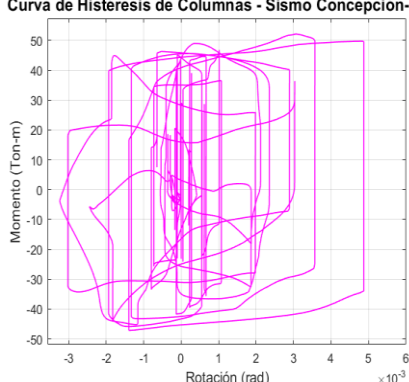
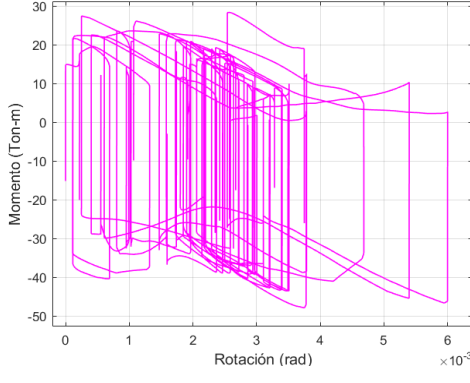
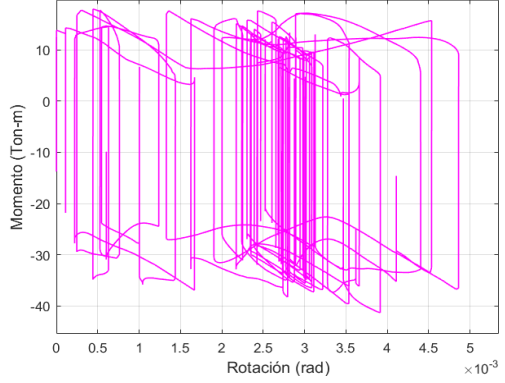
Las incursiones inelásticas de las columnas para cada caso de estudio se muestran en los siguientes resultados del análisis no lineal de respuesta en el tiempo, con respecto al sismo de Pedernales:

| <b>Curva de Histéresis de Columnas – Sismo Pedernales.</b>                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muros de Corte                                                                                                                                                                                                                                                     | Disipadores Viscosos                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales</b></p>  <p><b>Figura 3.92 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Muros de Corte – S. Pedernales.</b></p>      | <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales</b></p>  <p><b>Figura 3.93 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Pedernales.</b></p>      |
| Disipadores BRB's                                                                                                                                                                                                                                                  | Disipadores Friccionales                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales</b></p>  <p><b>Figura 3.94 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Pedernales.</b></p> | <p><b>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales</b></p>  <p><b>Figura 3.95 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Pedernales.</b></p> |

El sismo de Pedernales por su gran magnitud a diferencia de los otros 2 sismos, hacen que las columnas disipen mayor energía de la estructura en cuestión, estos resultados se los puede interpretar de la siguiente manera:

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.92* muestra la curva de histéresis de las Columnas para la estructura con muros de corte. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 41 Tonf-m y 0.0068 rad.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa el comportamiento histerético de la columna, con una capacidad que alcanza 40 Tonf-m y con una rotación de 0.0065 rad. Aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.93*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, mostrados en la *figura 3.94*, causan que la curva de histéresis de la columna, desarrolle un momento de hasta 40 Tonf-m, con rotaciones de hasta 0.017 rad.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales causan que las columnas exhiban una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado momentos de 38 Tonf-m y rotaciones de hasta 0.018 rad. Estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.95*.

Las incursiones inelásticas de las columnas para cada caso de estudio se muestran en los siguientes resultados del análisis no lineal de respuesta en el tiempo, abarcando el registro sísmico de Concepción.

| <b>Curva de Histéresis de Columnas – Sismo Concepción.</b>                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Muros de Corte</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Disipadores Viscosos</b>                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile</p>  <p><b>Figura 3.96 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Muros de Corte – S. Concepción.</b></p>      | <p>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile</p>  <p><b>Figura 3.97 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Viscosos – S. Concepción.</b></p>       |
| <b>Disipadores BRB's</b>                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Disipadores Friccionales</b>                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile</p>  <p><b>Figura 3.98 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores BRB's – S. Concepción.</b></p> | <p>Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile</p>  <p><b>Figura 3.99 Curva de Histéresis de Columnas de Estructura de Disipadores Friccionales – S. Concepción.</b></p> |

El sismo de concepción cuenta con curvas histeréticas más controversiales debido a su larga duración de evento telúrico, pero se pueden representar con los siguientes resultados detallados a continuación.

1. **Muros de Corte:** La *figura 3.96* muestra la curva de histéresis de las Columnas para la estructura con muros de corte. Los valores máximos de resistencia y rotación alcanzan aproximadamente 45 Tonf-m y 0.002 rad, lo que indica que no incursiona inelásticamente.
2. **Disipadores Viscosos:** Al implementar disipadores viscosos, se observa el comportamiento histerético de la columna, con una capacidad que alcanza 52 Tonf-m y con una rotación de 0.005 rad. Aproximadamente, como se muestra en la *figura 3.97*.
3. **Disipadores BRB:** La implementación de disipadores con pandeo restringido BRB's, visualizados en la *figura 3.98*, causan que la curva de histéresis de la columna, desarrolle un Momento de hasta 48 Tonf-m, con rotaciones de hasta 0.006 rad.
4. **Disipadores Friccionales:** Al igual que los Disipadores con pandeo restringido BRB's, los disipadores friccionales causan que las columnas exhiban una curva de histéresis característica similar, con la diferencia de que disipan menos energía, alcanzado momentos de 40 Tonf-m y rotaciones de hasta 0.0048 rad. Estas diferencias se pueden evidenciar en la *figura 3.99*.

# CONCLUSIONES

En base a los análisis realizados a lo largo de este proyecto, se presentan las siguientes conclusiones que sintetizan los resultados más relevantes sobre la implementación de sistemas de disipación de energía. Estas conclusiones reflejan la efectividad de las tecnologías estudiadas y su aplicación en la mejora del desempeño estructural ante eventos sísmicos.

1. Se concluye este proyecto de titulación que la implementación de sistemas de disipación de energía, como los disipadores con pandeo restringido (BRB), los disipadores friccionales y los viscosos, son una alternativa tecnológica confiable para la absorción y disipación de energía. Las variables analizadas dependen de muchos factores como la configuración y ubicación de estos dispositivos, la magnitud o duración de los sismos a los que pueden ser aplicados, entre otros. Por este motivo en algunos escenarios el desempeño sísmico de la estructura mejora o iguala al de la estructura base de Pórticos resistentes a momento y muros de corte.
2. Los resultados indican que las estructuras equipadas con sistemas de disipación de energía presentan una mayor resiliencia ante eventos sísmicos, lo que se traduce en una reducción del riesgo de daños estructurales y colapsos durante terremotos de gran magnitud.
3. La correcta distribución y dimensionamiento de los dispositivos de disipación de energía son cruciales para maximizar su efectividad. Un diseño adecuado permite que los sistemas de protección sísmica operen dentro de sus límites de diseño, optimizando el comportamiento estructural.
4. Los análisis correspondientes de desplazamientos durante los sismos de Northridge, Pedernales y Concepción, mostraron que los disipadores friccionales fueron los más efectivos, manteniendo valores por debajo de 17.7 cm en los niveles superiores. Los disipadores BRB's tuvieron un comportamiento

intermedio, con desplazamientos máximos de aproximadamente 20.2 cm. Los dispositivos viscosos presentaron los desplazamientos más altos de 21.9 cm, especialmente bajo el sismo de Pedernales. Estos resultados indican que los sistemas de disipación de energía, como los friccionales son más eficientes en la reducción de desplazamientos que los muros de corte.

5. Los disipadores friccionales consiguieron menores derivas, alcanzando un máximo de 1.40%, lo que indica un buen control de la deformación entre pisos. Los muros de corte, siendo uno de los sistemas más utilizados en Ecuador, mostraron derivas de hasta 1.43% lo que detalla que, en ciertas configuraciones pueden ser menos eficientes que los sistemas de disipación de energía. Estos resultados demuestran que los dispositivos friccionales son superiores en el control de las derivas en comparación con los muros de corte.
6. Los sistemas de disipación de energía viscosos fueron los más efectivos en la reducción de aceleraciones, mostrando una reducción de 23.75% en comparación a la estructura con muros de corte. Los dispositivos BRB's y friccionales por otro lado aumentaron las aceleraciones en 57.5% y 25% respectivamente. Estos resultados indican que los sistemas de disipación de energía, como los viscosos, son óptimos en la reducción de aceleraciones.
7. La implementación de disipadores de energía BRB's, friccionales y viscosos, permitió disminuir los cortantes por nivel de la estructura. En particular, la implementación con disipadores de energía BRB's permitió reducir el cortante en un 3.22%, los disipadores de energía friccionales en un 10.2%, y los disipadores de energía viscosos en un 3.8%, en comparación a la estructura de pórticos resistentes a momentos con muros de corte.
8. Los disipadores de energía BRB's, friccionales y viscosos mostraron menores deformaciones permanentes, mejorando la estructura en un 14.3, 8.6 y 45.7% respectivamente. Estos resultados demuestran que los sistemas de disipación de energía, como los BRB's, friccionales y viscosos, son superiores en la

reducción de deformaciones permanentes en comparación a la estructura de pórticos resistentes a momentos con muros de corte.

9. Las incursiones inelásticas de los elementos estructurales fueron menores en las estructuras equipadas con BRB's y friccionales, lo que indica una mejor capacidad de los dispositivos para absorber y disipar energía durante un evento sísmico. Las estructuras con muros de corte mostraron un comportamiento más crítico en términos de incursiones inelásticas, lo que puede llevar a un mayor riesgo de fallas estructurales. Estos resultados detallan que los sistemas de disipación de energía, como los BRB's y friccionales, son más eficientes en la reducción de incursiones inelásticas que los muros de corte.

# RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en este estudio sobre el comportamiento sísmico de estructuras con sistemas de disipación de energía, se presenta una serie de recomendaciones que pueden guiar la implementación y optimización de estas tecnologías en la construcción y rehabilitación de edificaciones en zonas sísmicamente vulnerables de Ecuador. Estas recomendaciones buscan mejorar la resiliencia de las estructuras frente a eventos sísmicos, y minimizar el riesgo de daños severos, asegurando un diseño más eficiente. A continuación, se detallan las recomendaciones pertinentes:

1. Se recomienda implementar sistemas de disipación de energía, como dispositivos viscosos, BRB y friccionales, en edificaciones ubicadas en zonas sísmicamente vulnerables de Ecuador, ya que los resultados demostraron una mejora significativa en el desempeño sísmico, en especial con los dispositivos friccionales y viscosos, reduciendo el riesgo de daños severos de la estructura durante eventos sísmicos.
2. Es importante optimizar la distribución y características de los disipadores en la estructura, considerando la capacidad de disipación y rigidez de los dispositivos, para maximizar su efectividad en cada tipo de edificación. El análisis detallado de estas características debe realizarse en función de las particularidades de cada proyecto.
3. Dado que de los tres sismos considerados (Northridge, Pedernales y Concepción), dos no son registrados del Ecuador y presentaron diferencias en el comportamiento sísmico de las estructuras, se recomienda realizar simulaciones adicionales con registros sísmicos representativos de otras zonas de Ecuador. Esto permitirá evaluar el desempeño de los sistemas de disipación en distintos tipos de sismos y alcanzar una mayor resiliencia de las estructuras.



4. Se sugiere realizar análisis de costos-beneficios para evaluar la viabilidad económica de implementar sistemas de disipación de energía en proyectos de construcción, considerando tanto la inversión inicial como los ahorros en costos de reparación y mantenimiento a largo plazo.
5. Se recomienda establecer un programa de monitoreo, inspección periódica para los sistemas de disipación de energía instalados, para verificar su correcto funcionamiento y efectividad a lo largo del tiempo.
6. Es necesario fomentar la investigación continua para el desarrollo de nuevos dispositivos de disipación de energía y en para mejora de los existentes, al fin de adaptarse a las necesidades cambiantes de las estructuras empleadas en zonas sísmicas.

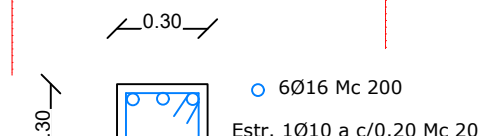
# BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, S. A., & Wallace, J. (2021). *New no linear modeling parameters and acceptence criteria for RC structural walls*. Los Angeles: University of California.
- ASCE 41-17, A. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. USA.
- BBC\_NEWS. (2016). *BBC NEWS MUNDO*. Obtenido de [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416\\_ecuador\\_terremoto\\_magnitud\\_colombia\\_peru\\_bm](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416_ecuador_terremoto_magnitud_colombia_peru_bm)
- Bustos Hernández, F. (2019). *Diseño de Disipadores Histeréticos de energía sísmica para un Pórtico de 5 plantas*. Cricó.
- CDT, C. C. (2011). *Protección Sísmica de Estructuras, Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*. Santiago de Chile: Marchant Pereira.
- Cevallos Velásquez, O. A., Guerra Valladares, M. D., Marcillo Zapata, C. A., & Quintoa Martinez, J. G. (2024). Evolución Histórica de las normativas de diseño sismo resistente en América latina. Casos de estudio: Colombia, Ecuador, Perú, Chile. *“INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación.*, 25.
- Coronel, B. A. (2019). *Análisis de la influencia de aisladores sísmicos en la respuesta*. Machala.
- Fabiana Cunalata, P. C. (2022). *Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador*. Ambato.
- Hernández, F. B. (2019). *DISEÑO DE DISIPADORES HISTERÉTICOS DE ENERGÍA SÍSMICA PARA UN PÓRTICO DE 5 PLANTAS*. Curicó.
- MIDUVI , M. (2015). *Normativa Ecuatoriana de la Contruccion 2015*. Quito.

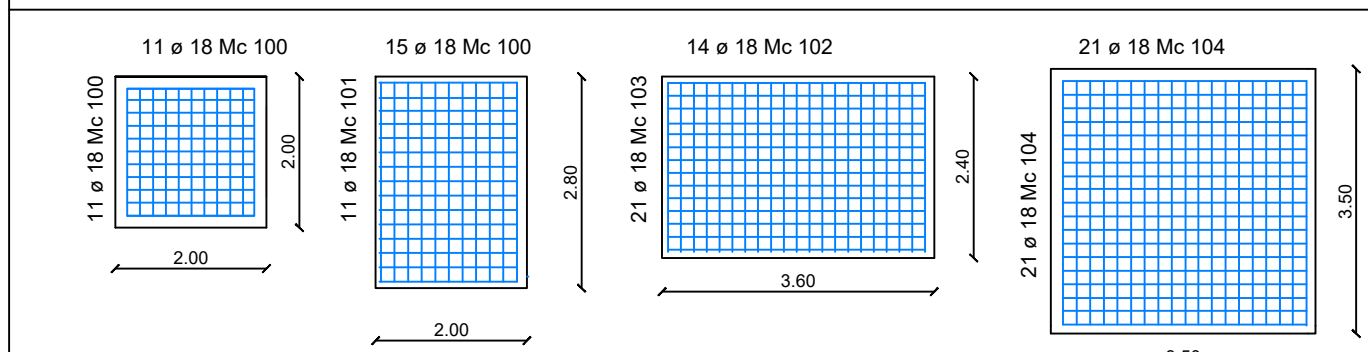
- Quinatoa Martínez, J. G. (2022). *Evolución Histórica de las normativas de Diseño sísmico resistente en América latina. Casos de estudio: Colombia, Ecuador, Perú y Chile*. Riobamba.
- Rivadeneira, F. S. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Corporación Editora Nacional. ISBN: 978-9978-84-460-1. Riobamba.
- Roberto Aguiar, D. M. (2015).
- Sadowski, J. F. (2015). *Análisis Sísmico de una Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso*. Lima.
- SGR, M. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC 2015*. Quito.
- Tena-Colunga, A. &.-H. (2015). *Assesment of seismic design parameters of moment resisting RC braced frames with metallic fuses*. *Engineering Structures*.
- Tolou Kian, M. J., & Cruz Noguez, C. A. (2023). Plastic hinge length and inelastic rotational capacity of reinforced concrete shear walls detailed with Sel-Centering reinforcement. *Engineering Structures* 273, 16.
- Valdez, M. Q. (2024). *Análisis de Desempeño Estructural en una Estructura de Hormigón Armado con sistemas de Disipación Sísmica*. Guayaquil.
- Velastegui Cáceres, L. A., Velastegui Cáceres, J. D., & Chamorro Sevilla, H. E. (2022). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica apoyada en tecnologías de información geográfica*. Ambato: Ciecniá Digital.

# **ANEXOS Y PLANOS**

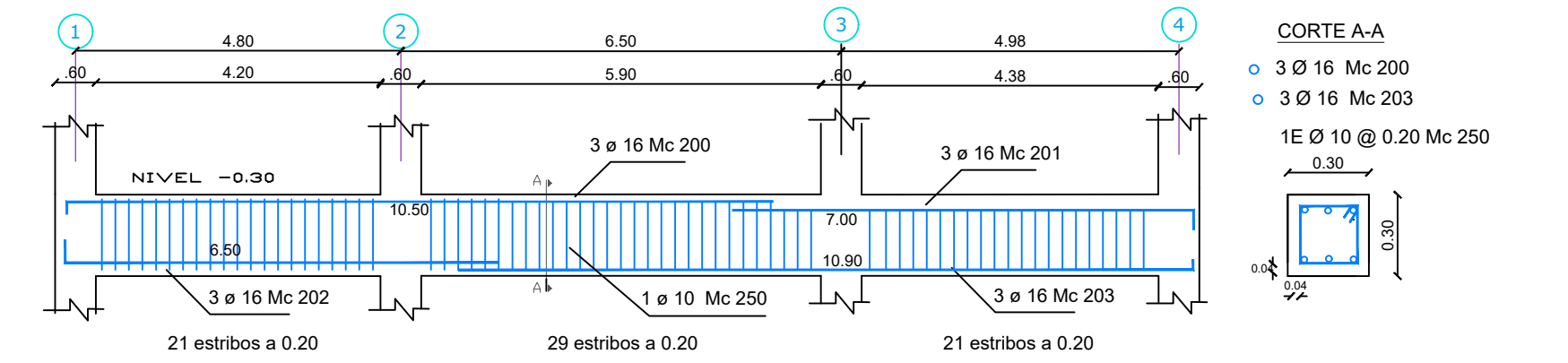
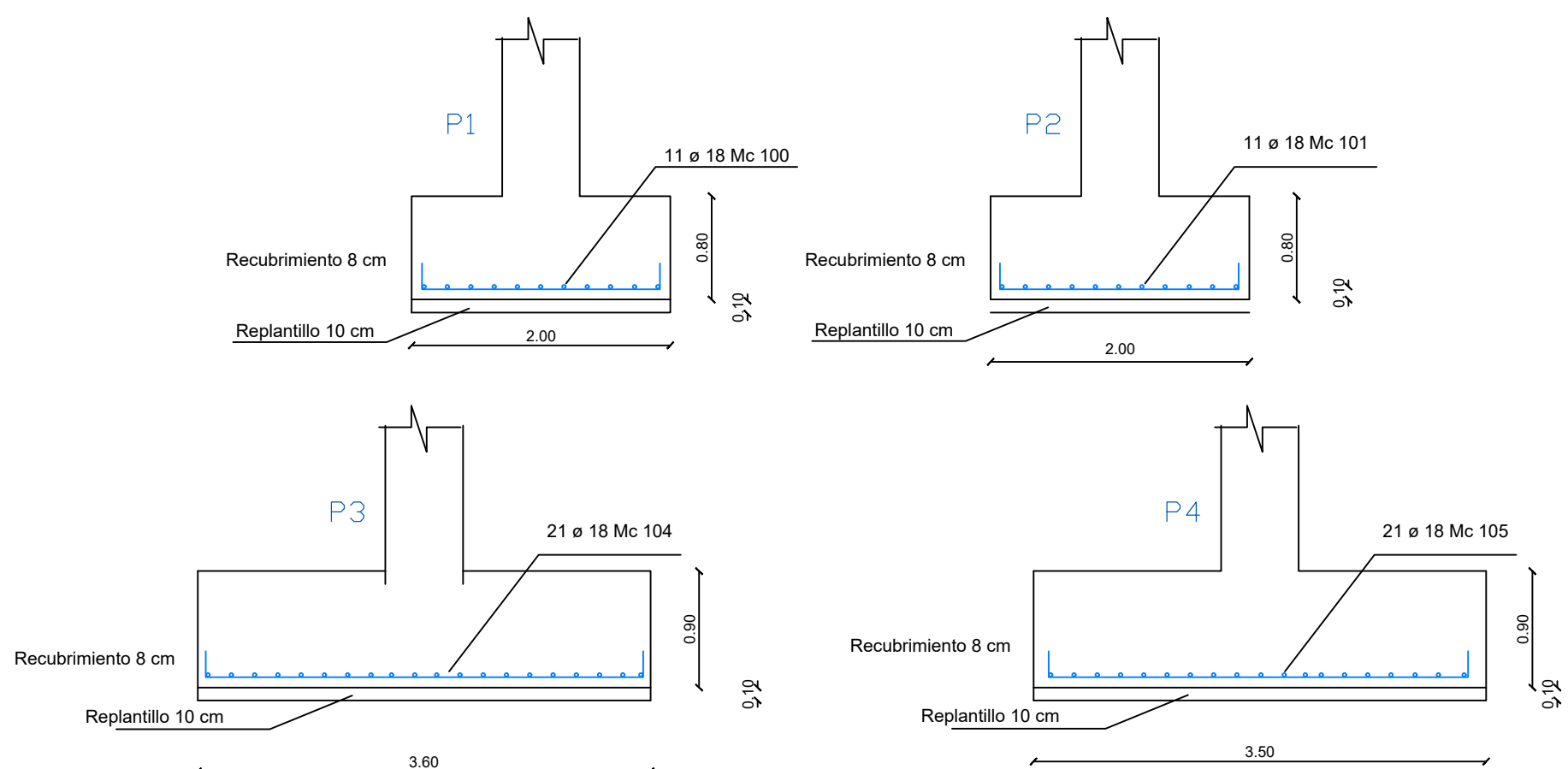
## **ANEXO A – PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES.**



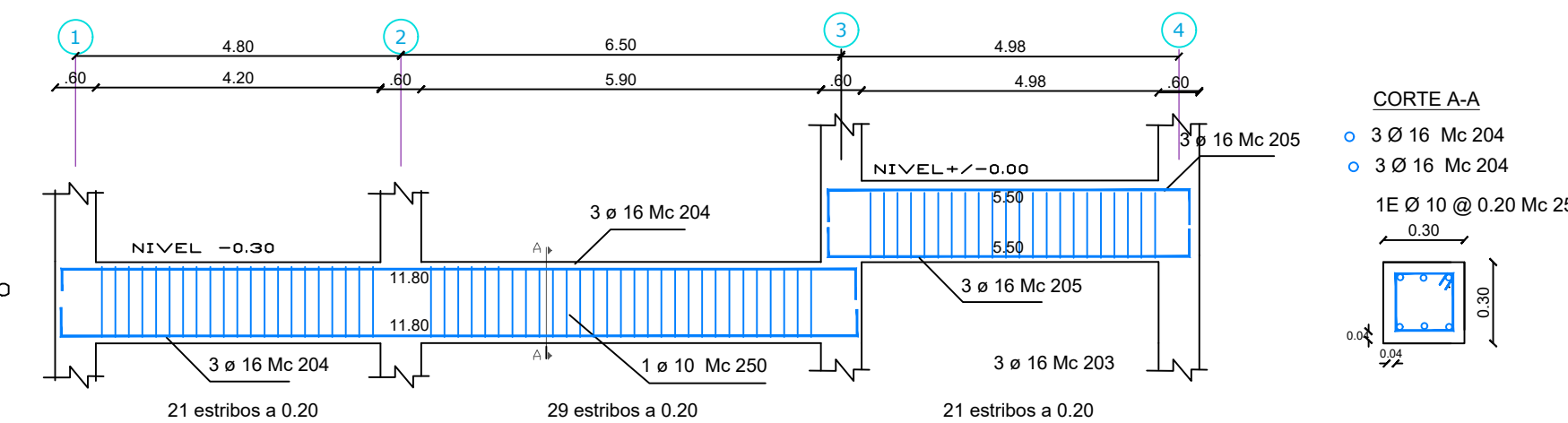
| CUADRO DE PLINTOS |     |
|-------------------|-----|
| 1                 | 2   |
| 3                 | 4   |
| 5                 | 6   |
| 7                 | 8   |
| 9                 | 10  |
| 11                | 12  |
| 13                | 14  |
| 15                | 16  |
| 17                | 18  |
| 19                | 20  |
| 21                | 22  |
| 23                | 24  |
| 25                | 26  |
| 27                | 28  |
| 29                | 30  |
| 31                | 32  |
| 33                | 34  |
| 35                | 36  |
| 37                | 38  |
| 39                | 40  |
| 41                | 42  |
| 43                | 44  |
| 45                | 46  |
| 47                | 48  |
| 49                | 50  |
| 51                | 52  |
| 53                | 54  |
| 55                | 56  |
| 57                | 58  |
| 59                | 60  |
| 61                | 62  |
| 63                | 64  |
| 65                | 66  |
| 67                | 68  |
| 69                | 70  |
| 71                | 72  |
| 73                | 74  |
| 75                | 76  |
| 77                | 78  |
| 79                | 80  |
| 81                | 82  |
| 83                | 84  |
| 85                | 86  |
| 87                | 88  |
| 89                | 90  |
| 91                | 92  |
| 93                | 94  |
| 95                | 96  |
| 97                | 98  |
| 99                | 100 |



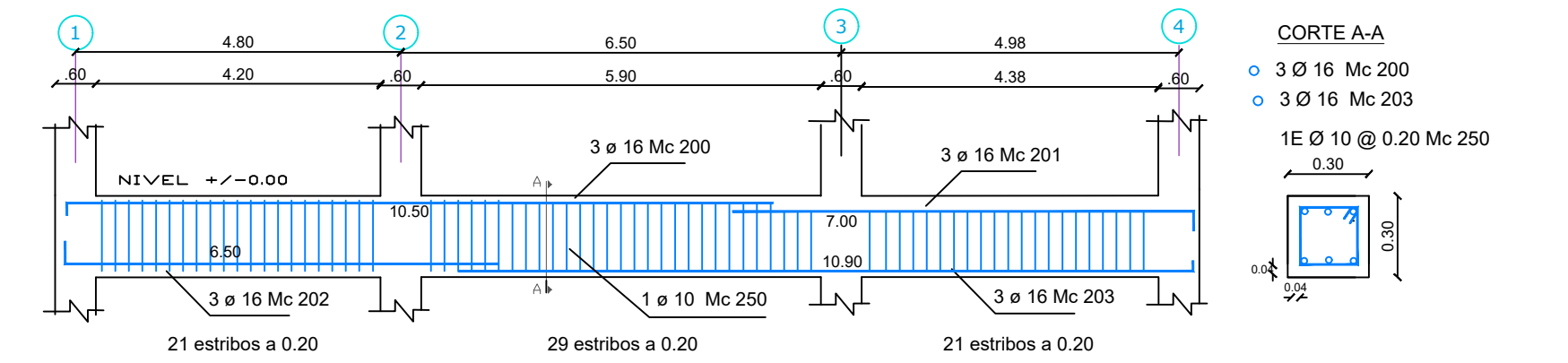
| P1     |     | P2   |      |      | P3 |          |            | P4          |
|--------|-----|------|------|------|----|----------|------------|-------------|
| PLINTD | No. | b    | L    | h    | ø  | #        | Mc         | PLINTDS     |
| P1     | 4   | 2.00 | 2.00 | 0.80 | 18 | 88       | 100        | 1A-1D-4A-4D |
| P2     | 4   | 2.00 | 2.80 | 0.80 | 18 | 44<br>60 | 101<br>102 | 1B-1C-4B-4C |
| P3     | 4   | 2.40 | 3.60 | 0.90 | 18 | 56<br>84 | 103<br>104 | 2A-3A-2D-3D |
| P4     | 4   | 3.50 | 3.50 | 0.90 | 18 | 168      | 105        | 2B-2C-3B-3C |



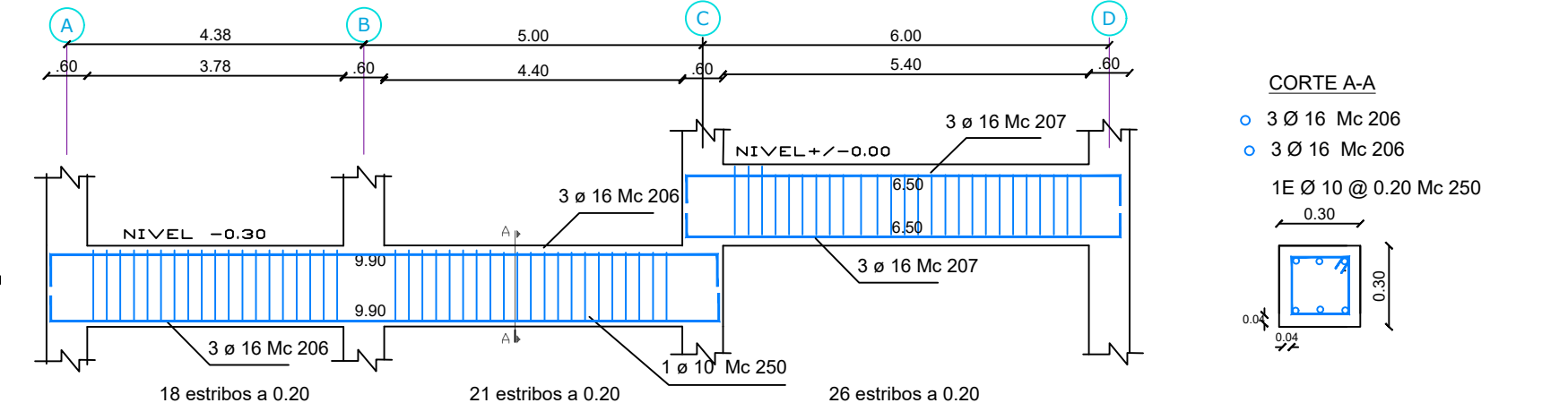
CADENA DE AMARRE 1  
EJES A  
NIVEL -0.30  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



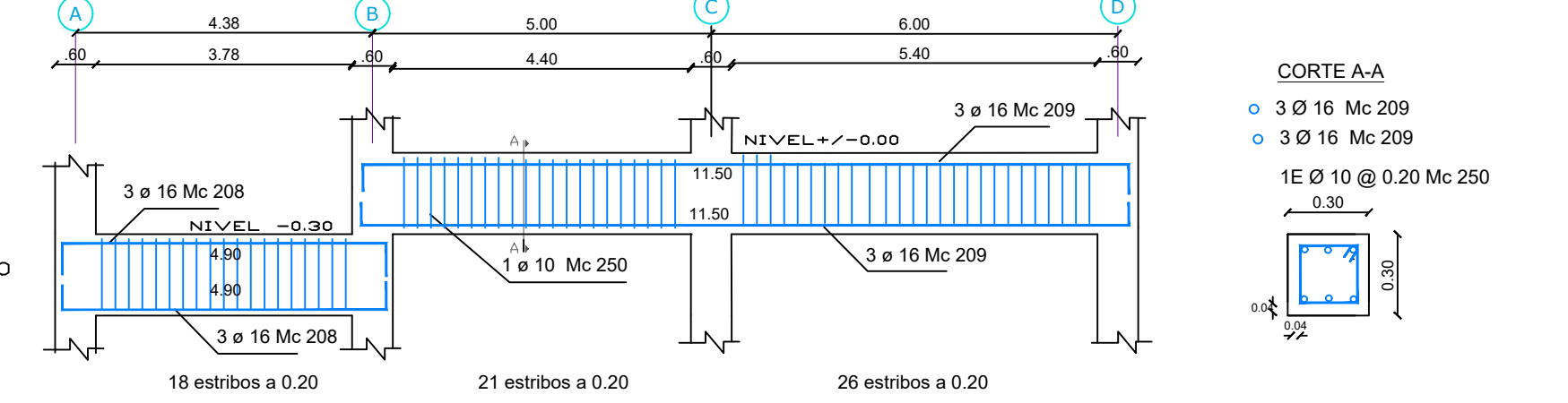
CADENA DE AMARRE 2  
EJES B-C  
NIVEL -0.30 a  $\pm 0.00$   
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



CADENA DE AMARRE 3  
EJES D  
NIVEL +/-0.00  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



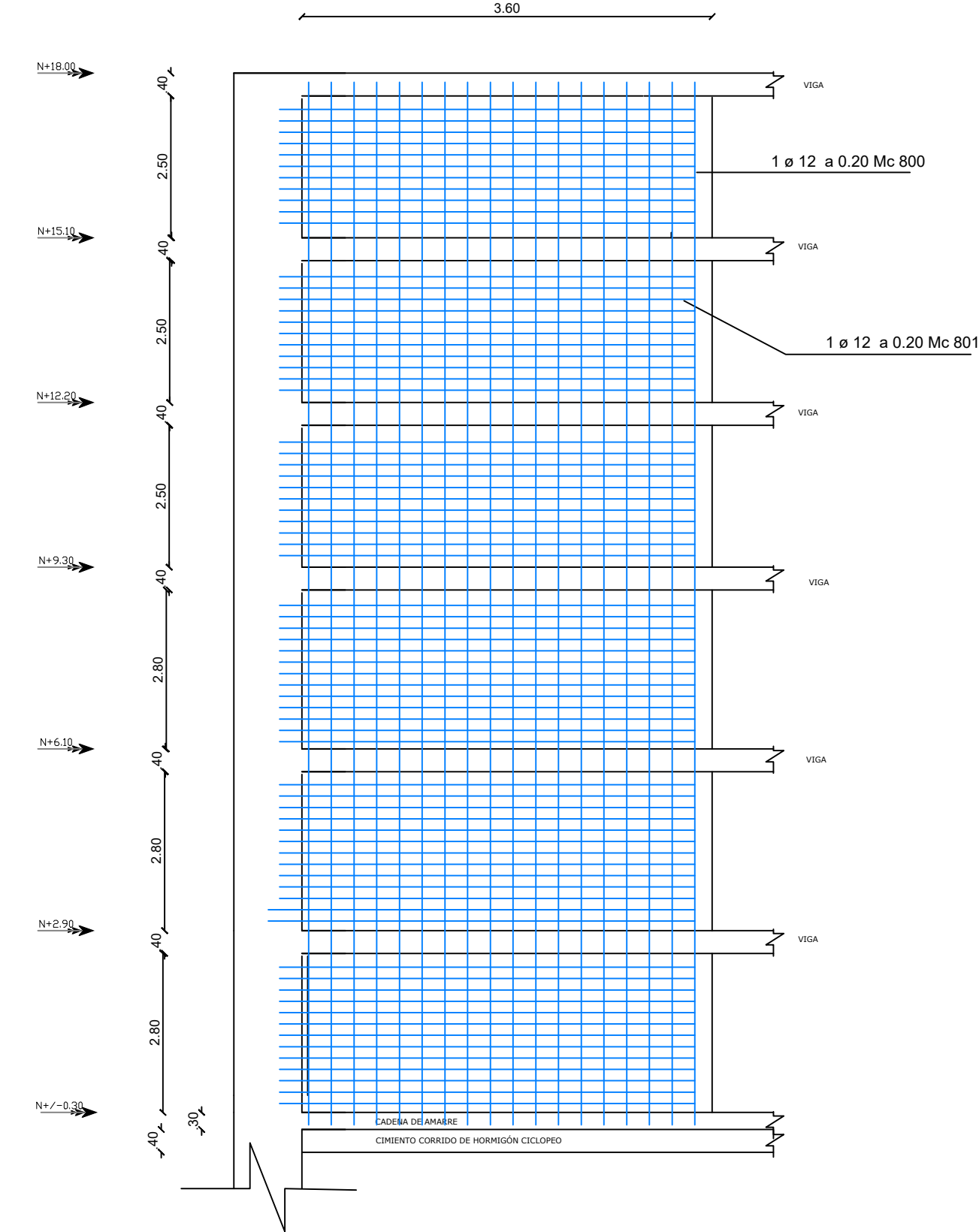
CADENA DE AMARRE 4  
EJES 1 - 2  
NIVEL -0.30 a +/-0.00  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



CADENA DE AMARRE 5  
EJES 3 - 4  
NIVEL -0.30 a +/-0.00  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25

ESCALA H: 1 50  
V: 1 50

| PLANILLA DE HIERROS |    |      |     |                 |      |      |               |      |                |               |                 |            |         |
|---------------------|----|------|-----|-----------------|------|------|---------------|------|----------------|---------------|-----------------|------------|---------|
| MARCA               | Ø  | TIPO | N   | DIMENSIONES (m) |      |      |               |      | L.PARCIAL<br>m | L. TOTAL<br>m | PESO/ML<br>Kg/m | PESO<br>Kg |         |
|                     |    |      |     | a               | b    | c    | d             | g    |                |               |                 |            |         |
| PLINTOS             |    |      |     |                 |      |      |               |      |                |               |                 |            |         |
| 100                 | 18 | C    | 132 | 1.85            | 0.35 | 0.35 |               |      |                | 2.55          | 336.60          | 1.998      | 672.53  |
| 101                 | 18 | C    | 44  | 2.65            | 0.35 | 0.35 |               |      |                | 3.35          | 147.40          | 1.998      | 294.51  |
| 102                 | 18 | C    | 56  | 3.45            | 0.35 | 0.35 |               |      |                | 4.15          | 232.40          | 1.998      | 464.34  |
| 103                 | 18 | C    | 84  | 2.25            | 0.35 | 0.35 |               |      |                | 2.95          | 247.80          | 1.998      | 495.10  |
| 104                 | 18 | C    | 168 | 3.35            | 0.35 | 0.35 |               |      |                | 4.05          | 680.40          | 1.998      | 1359.44 |
| CADENAS             |    |      |     |                 |      |      |               |      |                |               |                 |            |         |
| 200                 | 16 | L    | 6   | 10.50           | 0.20 |      |               |      |                | 10.70         | 64.20           | 1.578      | 101.31  |
| 201                 | 16 | L    | 6   | 7.00            | 0.20 |      |               |      |                | 7.20          | 43.20           | 1.578      | 68.17   |
| 202                 | 16 | L    | 6   | 6.50            | 0.20 |      |               |      |                | 6.70          | 40.20           | 1.578      | 63.44   |
| 203                 | 16 | L    | 6   | 10.90           | 0.20 |      |               |      |                | 11.10         | 66.60           | 1.578      | 105.09  |
| 204                 | 16 | C    | 12  | 11.80           | 0.20 | 0.20 |               |      |                | 12.20         | 146.40          | 1.578      | 231.02  |
| 205                 | 16 | C    | 12  | 5.50            | 0.20 | 0.20 |               |      |                | 5.90          | 70.80           | 1.578      | 111.72  |
| 206                 | 16 | C    | 6   | 9.90            | 0.20 | 0.20 |               |      |                | 10.30         | 61.80           | 1.578      | 97.52   |
| 207                 | 16 | C    | 6   | 6.50            | 0.20 | 0.20 |               |      |                | 6.90          | 41.40           | 1.578      | 65.33   |
| 208                 | 16 | C    | 6   | 4.90            | 0.20 | 0.20 |               |      |                | 5.30          | 31.80           | 1.578      | 50.18   |
| 209                 | 16 | C    | 6   | 11.50           | 0.20 | 0.20 |               |      |                | 11.90         | 71.40           | 1.578      | 112.67  |
| 250                 | 10 | O    | 543 | 0.22            | 0.22 | 0.22 | 0.22 (2*0.12) | 0.24 |                | 1.12          | 608.16          | 0.617      | 375.23  |



DIAFRAGMA 20 CM DE ESPESOR L=3.90 m

---

ESC H: ----- 1:50

ESC V: ----- 1:100

---

COLUMNA 1C

DIAFRAGMAS SENTIDO Y-Y

## ESPECIFICACIONES

1. LA RESISTENCIA F'CD DE CILINDRO DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'_{CD} = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DIAS.
2. LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARRILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
3. LOS RECUBRIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 4.00 cm (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARRILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
4. EL RECUBRIMIENTO EN PLINTOS ES 8 cm
5. EL CONSTRUCTOR SE REGIRÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
6. REVISAR DEMAS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO

## PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA



Cell: 0995191606 / 2626-149  
email:  
hmerino\_constructor@hotmail.com

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| MILIO ALEJANDRO AYALA ROBALINO | HUGO MERINO GARZON    |
| CIN 0603224478                 | INGENIERO CIVIL       |
|                                | No. Registro SENESCYT |
|                                | 1005-05-559996        |
| PROPIETARIO                    | DISENO                |

PROPIETARI

PLINTOS VIGAS COLUMNAS  
CADENAS

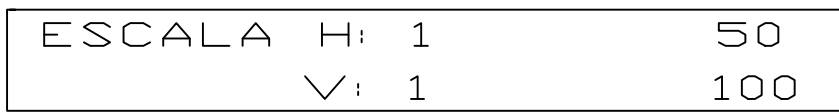
DIRECCIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA

MARZO 2024

1. LAMINA ESTRUCTURAL

 $1/8$

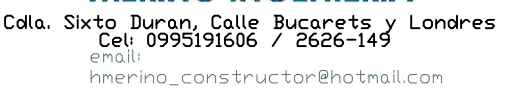


LOSA PLANTA ALTA 1

### ESPECIFICACIONES:

1. LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL CONCRETO SERA  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DIAS.
2. LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUADAS SERA  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
3. LOS RECUBRIMIENTOS EN HIERROS SERAN DE 400 CM (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
4. EL RECUBRIMIENTO EN PLINTOS ES 8 CM.
5. EL CONSTRUCTOR SE REGIRA A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INGENIERO Y LA NORMA CUATROANAL DE LA CONSTRUCCION (NEC-15).
6. REVISAR DEMAS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CALCULO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA

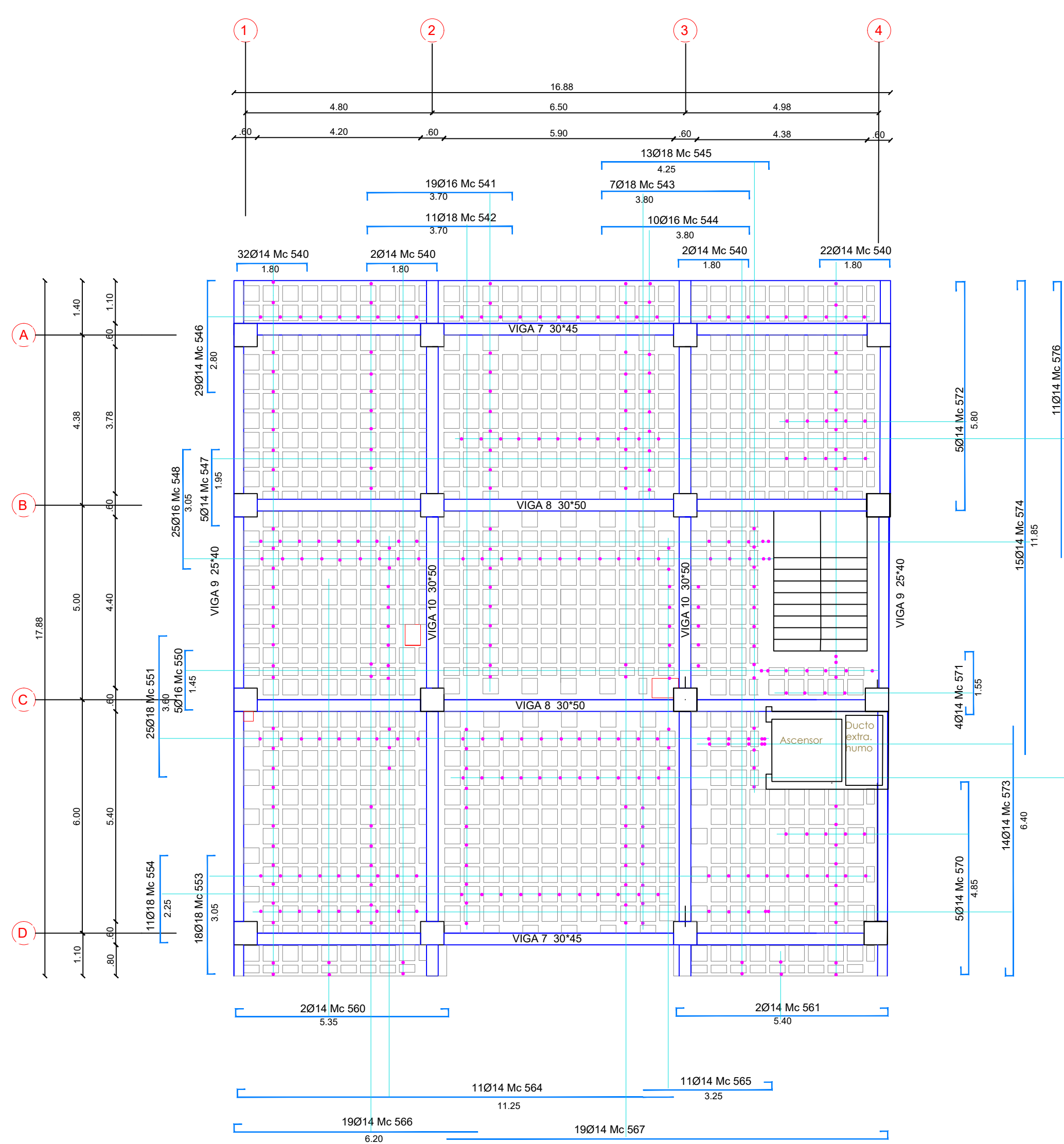


HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
No. Registro SENESCYT  
1005-05-559996  
DISEÑO

| PLINTOS | VIGAS | COLUMNA |
|---------|-------|---------|
| CADENAS | LOSAS |         |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| LIBRO CATASTRAL 06010100010030230130000000000 |    |
| MARZO 2024                                    |    |
| LAMINA ESTRUCTURAL                            | 2/ |

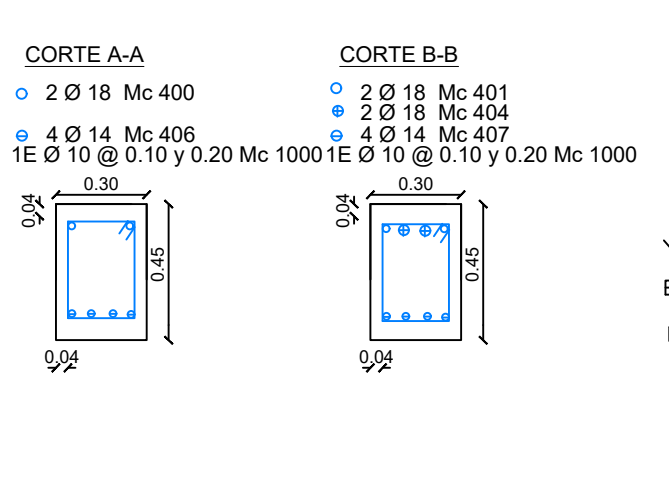
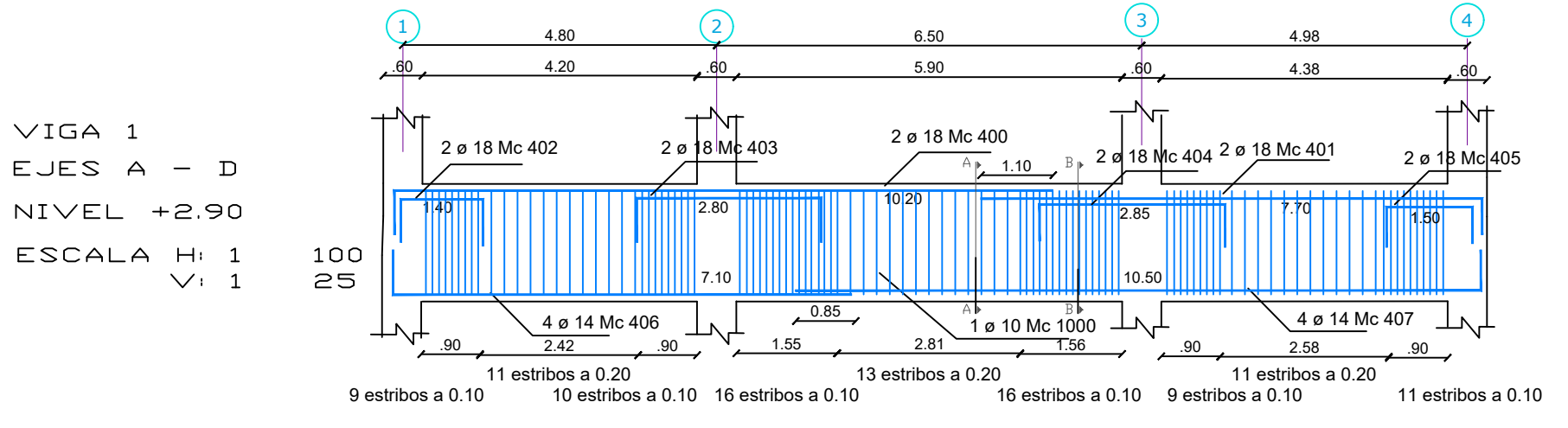




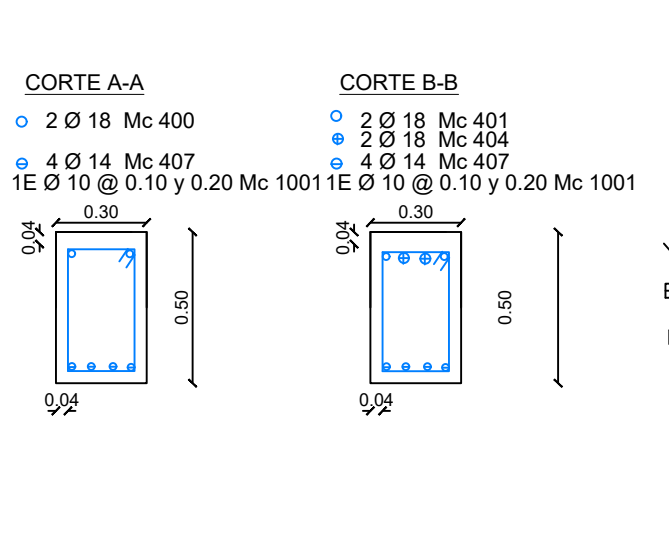
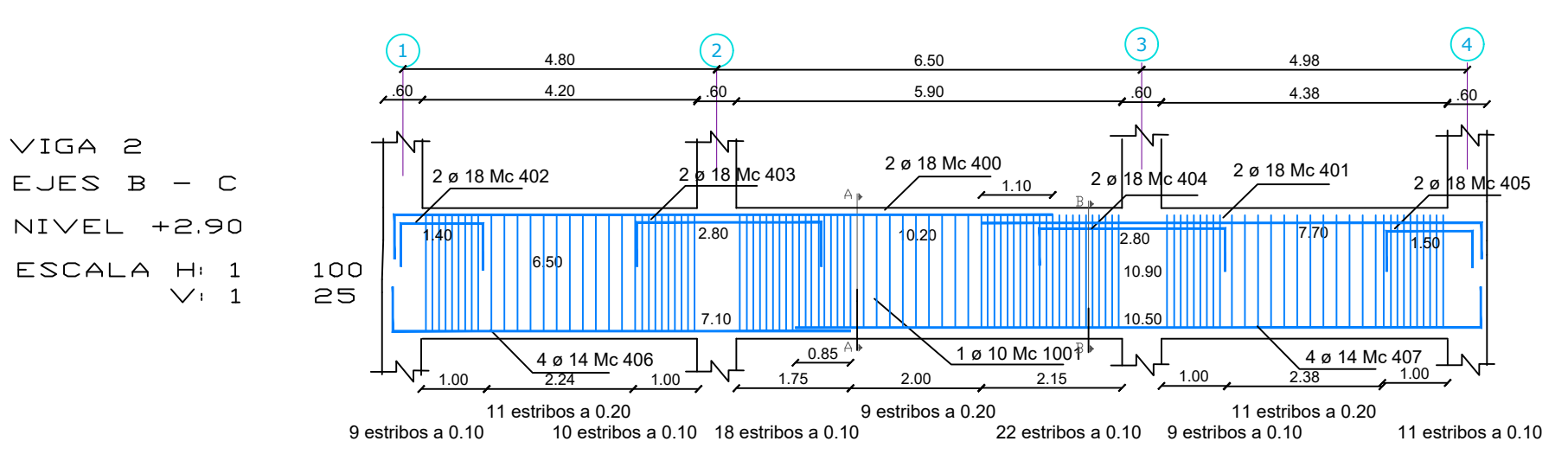
PLANTA VIGAS Y LOSA N +6.10  
ESC H: 1:100

## LOSA PLANTA ALTA 2

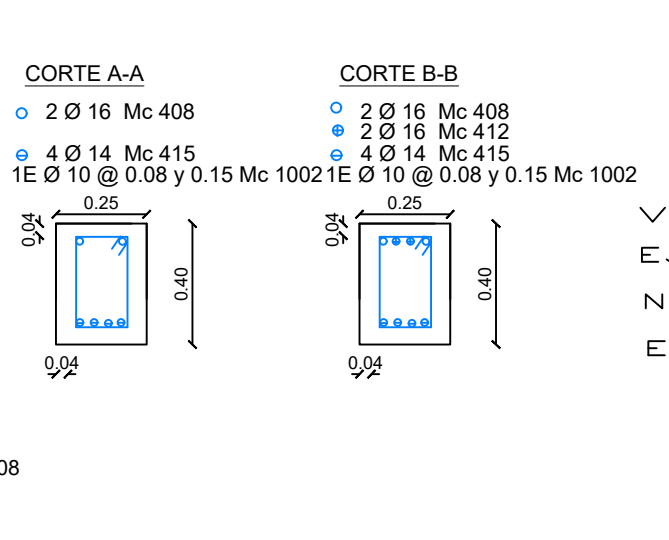
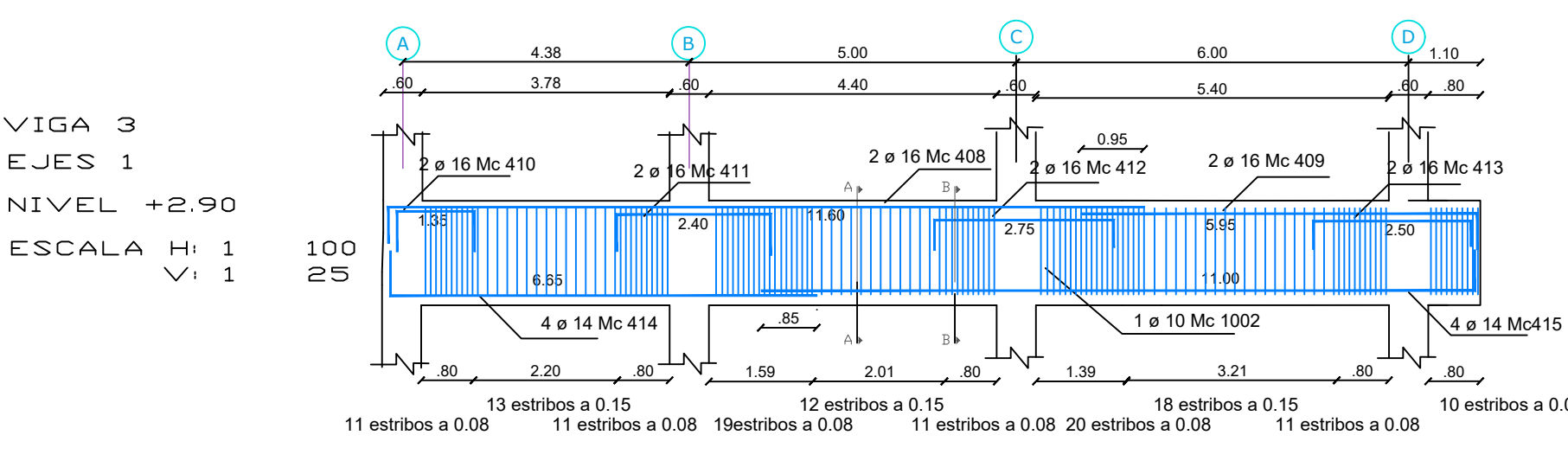
### VIGAS PLANTA ALTA 1



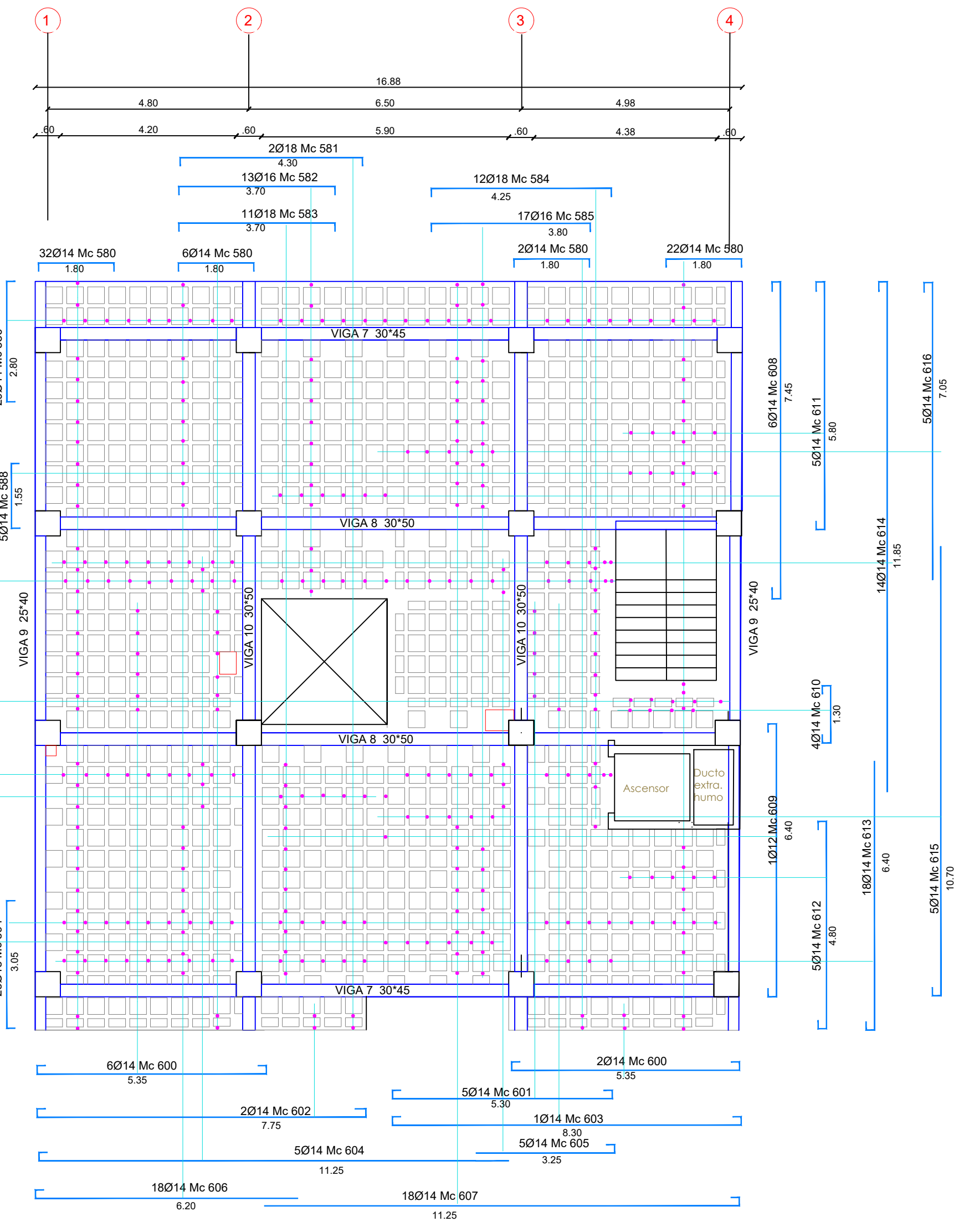
VIGA 4  
EJES 2  
NIVEL +2.90  
ESCALA H: 1  
V: 1



VIGA 5  
EJES 3  
NIVEL +2.90  
ESCALA H: 1  
V: 1



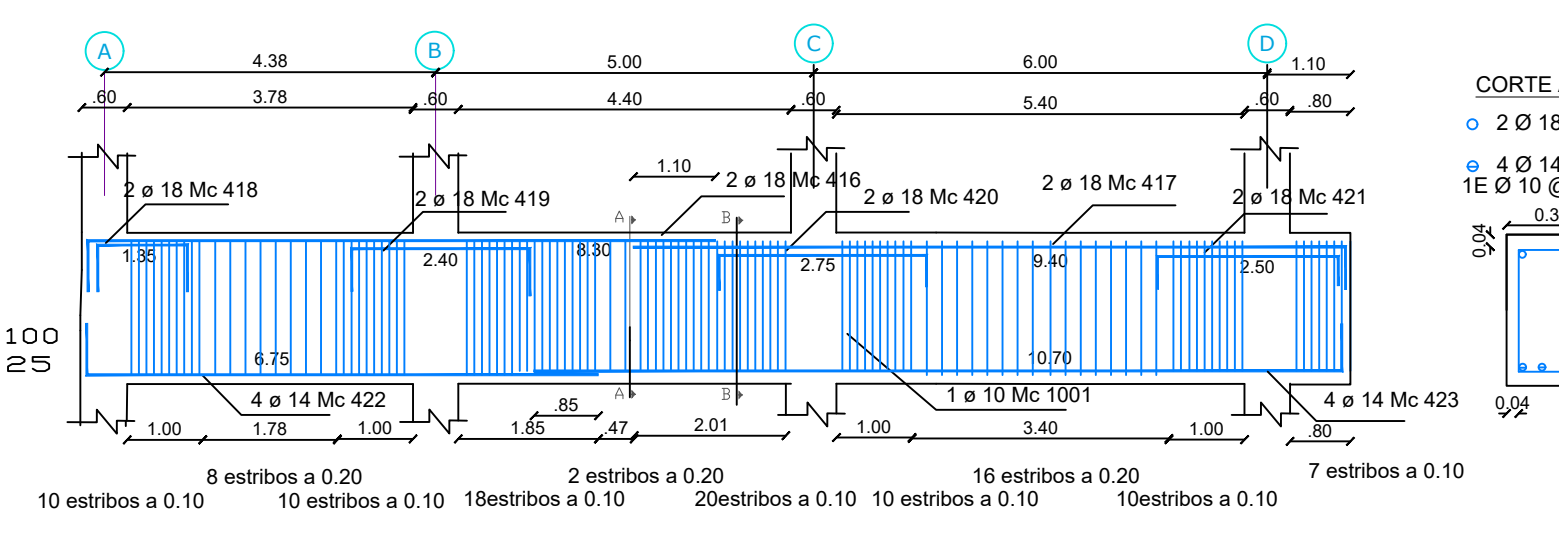
VIGA 6  
EJES 4  
NIVEL +2.90  
ESCALA H: 1  
V: 1



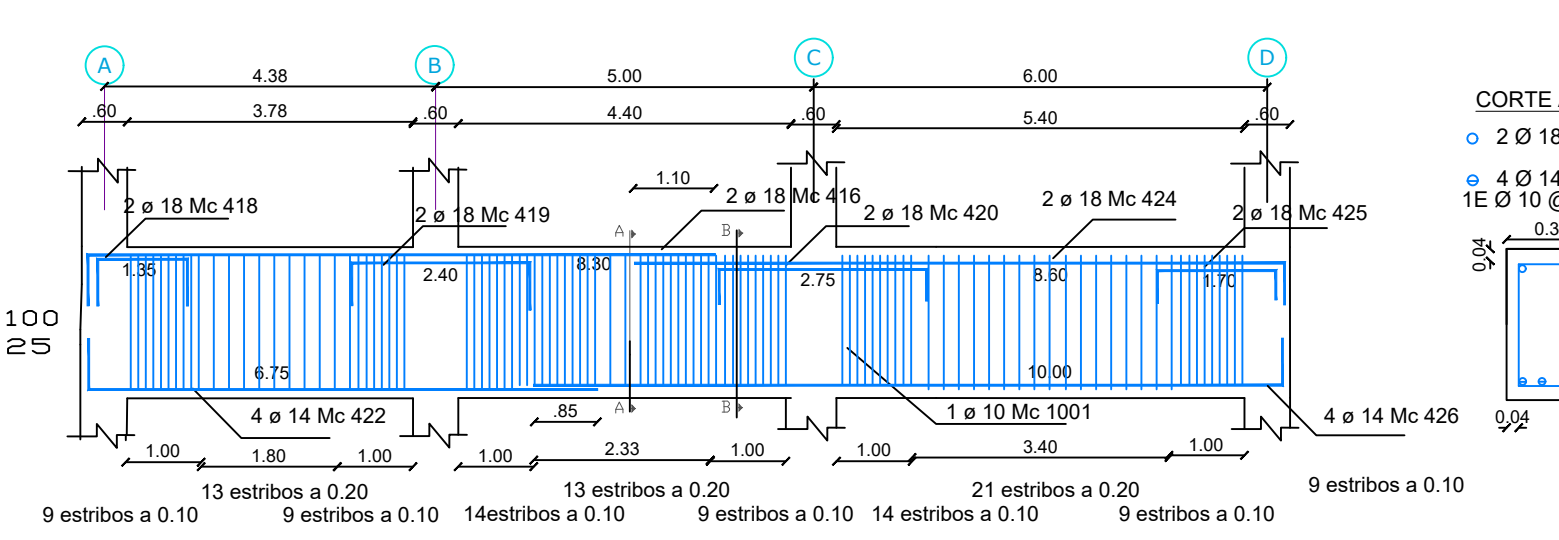
PLANTA VIGAS Y LOSA N +9.30  
ESC H: 1:100

## LOSA PLANTA ALTA 3

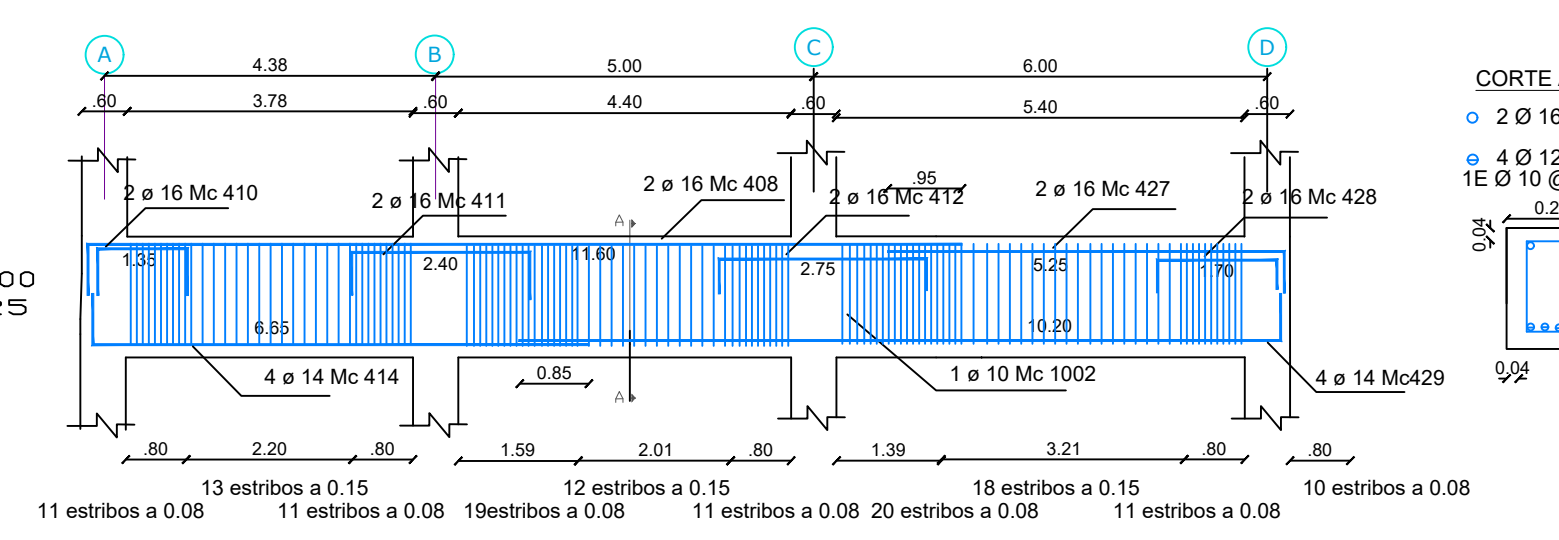
### VIGAS PLANTA ALTA 1



VIGA 4  
EJES 2  
NIVEL +2.90  
ESCALA H: 1  
V: 1



VIGA 5  
EJES 3  
NIVEL +2.90  
ESCALA H: 1  
V: 1



VIGA 6  
EJES 4  
NIVEL +2.90  
ESCALA H: 1  
V: 1

| LOSA |    | N+6.10 |    | PLANTA ALTA 2 |      |      |          |      |       |        |        |        |        |
|------|----|--------|----|---------------|------|------|----------|------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 540  | 14 | C      | 58 | 1.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 2.20   | 127.60 | 1.208  | 154.14 |
| 541  | 16 | C      | 19 | 3.70          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.10   | 77.90  | 1.578  | 122.93 |
| 542  | 18 | C      | 11 | 3.70          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.10   | 45.10  | 1.998  | 90.11  |
| 543  | 18 | C      | 7  | 3.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.20   | 29.40  | 1.998  | 58.74  |
| 544  | 16 | C      | 10 | 3.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.20   | 42.00  | 1.578  | 66.28  |
| 545  | 18 | C      | 13 | 4.25          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.65   | 60.45  | 1.998  | 120.78 |
| 546  | 14 | C      | 29 | 2.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.20   | 92.80  | 1.208  | 112.10 |
| 547  | 14 | C      | 5  | 1.95          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 2.35   | 11.75  | 1.208  | 14.19  |
| 548  | 16 | C      | 25 | 3.05          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.45   | 86.25  | 1.578  | 136.10 |
| 550  | 16 | C      | 7  | 1.45          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 1.85   | 12.95  | 1.578  | 20.40  |
| 551  | 18 | C      | 25 | 3.60          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.00   | 100.00 | 1.998  | 199.80 |
| 553  | 18 | C      | 18 | 3.05          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.45   | 62.10  | 1.998  | 124.08 |
| 554  | 18 | C      | 11 | 2.25          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 2.65   | 29.15  | 1.998  | 58.24  |
| 560  | 14 | G      | 2  | 3.35          |      |      | (2*0.15) | 0.30 |       | 3.65   | 7.30   | 1.208  | 8.82   |
| 561  | 14 | G      | 2  | 5.40          |      |      | (2*0.15) | 0.30 |       | 5.70   | 11.40  | 1.208  | 13.77  |
| 564  | 14 | H      | 11 | 11.25         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40 | 125.40 | 1.208  | 151.48 |        |
| 565  | 14 | H      | 11 | 3.25          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 3.40  | 37.40  | 1.208  | 45.18  |        |
| 566  | 14 | H      | 19 | 6.20          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.35  | 120.65 | 1.208  | 145.75 |        |
| 567  | 14 | H      | 19 | 11.25         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40 | 216.60 | 1.208  | 261.65 |        |
| 570  | 14 | G      | 5  | 4.85          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.15  | 25.75  | 1.208  | 31.11  |        |
| 571  | 14 | G      | 4  | 1.55          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 1.85  | 7.40   | 1.208  | 8.94   |        |
| 572  | 14 | G      | 5  | 5.80          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.10  | 30.50  | 1.208  | 36.84  |        |
| 573  | 14 | H      | 14 | 6.40          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.55  | 91.70  | 1.208  | 110.77 |        |
| 574  | 14 | H      | 15 | 11.85         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 12.00 | 180.00 | 1.208  | 217.44 |        |
| 575  | 14 | H      | 11 | 10.70         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 10.85 | 119.35 | 1.208  | 144.17 |        |
| 576  | 14 | H      | 11 | 7.05          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 7.20  | 79.20  | 1.208  | 95.67  |        |
| LOSA |    | N+9.30 |    | PLANTA ALTA 3 |      |      |          |      |       |        |        |        |        |
| 580  | 14 | C      | 64 | 1.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 2.20   | 140.80 | 1.208  | 170.09 |
| 581  | 18 | C      | 2  | 4.30          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.70   | 9.40   | 1.998  | 18.78  |
| 582  | 16 | C      | 13 | 3.70          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.10   | 53.30  | 1.578  | 84.11  |
| 583  | 18 | C      | 11 | 3.70          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.10   | 45.10  | 1.998  | 90.11  |
| 584  | 18 | C      | 12 | 4.25          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.65   | 55.80  | 1.998  | 111.49 |
| 585  | 16 | C      | 17 | 3.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.20   | 71.40  | 1.578  | 112.67 |
| 586  | 14 | C      | 29 | 2.80          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.20   | 92.80  | 1.208  | 112.10 |
| 587  | 16 | C      | 25 | 3.08          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.48   | 87.00  | 1.578  | 137.29 |
| 588  | 14 | C      | 5  | 1.55          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 1.95   | 9.75   | 1.208  | 11.78  |
| 589  | 18 | C      | 6  | 2.60          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.00   | 18.00  | 1.998  | 35.96  |
| 590  | 18 | C      | 19 | 3.60          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 4.00   | 76.00  | 1.998  | 151.85 |
| 591  | 16 | C      | 5  | 1.50          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 1.90   | 9.50   | 1.578  | 14.99  |
| 593  | 18 | C      | 6  | 2.25          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 2.65   | 15.90  | 1.998  | 31.77  |
| 594  | 18 | C      | 23 | 3.05          | 0.20 | 0.20 |          |      |       | 3.45   | 79.35  | 1.998  | 158.54 |
| 600  | 14 | G      | 8  | 5.35          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.65  | 45.20  | 1.208  | 54.60  |        |
| 601  | 14 | G      | 5  | 5.30          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.60  | 28.00  | 1.208  | 33.82  |        |
| 602  | 14 | G      | 2  | 7.75          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.05  | 16.10  | 1.208  | 19.45  |        |
| 603  | 14 | G      | 1  | 8.30          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.60  | 8.60   | 1.208  | 10.39  |        |
| 604  | 14 | H      | 5  | 11.25         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40 | 57.00  | 1.208  | 68.86  |        |
| 605  | 14 | H      | 5  | 3.25          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 3.40  | 17.00  | 1.208  | 20.54  |        |
| 606  | 14 | H      | 18 | 6.20          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.35  | 114.30 | 1.208  | 138.07 |        |
| 607  | 14 | H      | 18 | 11.29         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.44 | 205.92 | 1.208  | 248.75 |        |
| 608  | 14 | G      | 6  | 7.45          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 7.75  | 46.50  | 1.208  | 56.17  |        |
| 609  | 14 | G      | 1  | 6.40          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.70  | 6.70   | 1.208  | 8.09   |        |
| 610  | 14 | G      | 4  | 1.30          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 1.60  | 6.40   | 1.208  | 7.73   |        |
| 611  | 14 | G      | 5  | 5.80          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.10  | 30.50  | 1.208  | 36.84  |        |
| 612  | 14 | G      | 5  | 4.80          |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.10  | 25.50  | 1.208  | 30.80  |        |
| 613  | 14 | H      | 18 | 6.40          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.55  | 117.90 | 1.208  | 142.42 |        |
| 614  | 14 | H      | 14 | 11.85         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 12.00 | 168.00 | 1.208  | 202.94 |        |
| 615  | 14 | H      | 5  | 10.70         |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 10.85 | 54.25  | 1.208  | 65.53  |        |
| 616  | 14 | H      | 5  | 7.05          |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 7.20  | 36.00  | 1.208  | 43.49  |        |

### ESPECIFICACIONES:

- LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.
- LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- LOS RECURRIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 400 cm (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
- EL RECURRIMIENTO EN PLINTOS ES 8 cm.
- EL CONSTRUCTOR SE REGISTRARÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
- REVISAR DEMÁS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO.

### PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA

**MERINO INGENIERIA**  
Calle Sixto Duran, Calle Bucageta y Londres  
Tel: 0999595666 / 2556-145  
email: merino\_constructor@hotmail.com

HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
No. Registro: SEN3017  
1005-05-959996

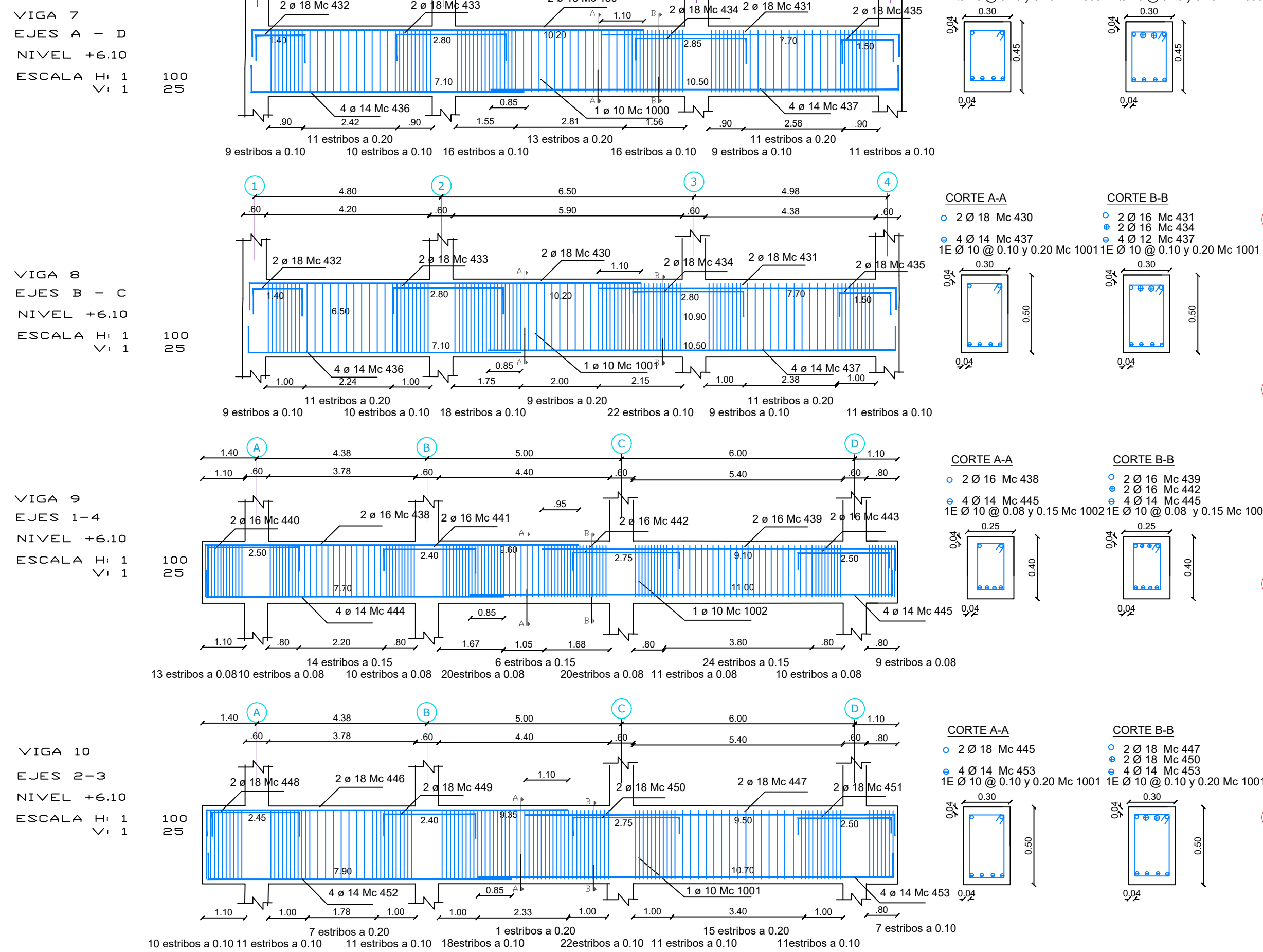
PROPIETARIO: \_\_\_\_\_  
DISEÑO: \_\_\_\_\_

|                                              |                                         |     |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|
| PLINTOS VIGAS COLUMNAS<br>CADENAS LOSAS      | MARZO 2024                              | 3/8 |
| UBICACIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA | LAMINA ESTRUCTURAL<br>ESCALAS INDICADAS |     |

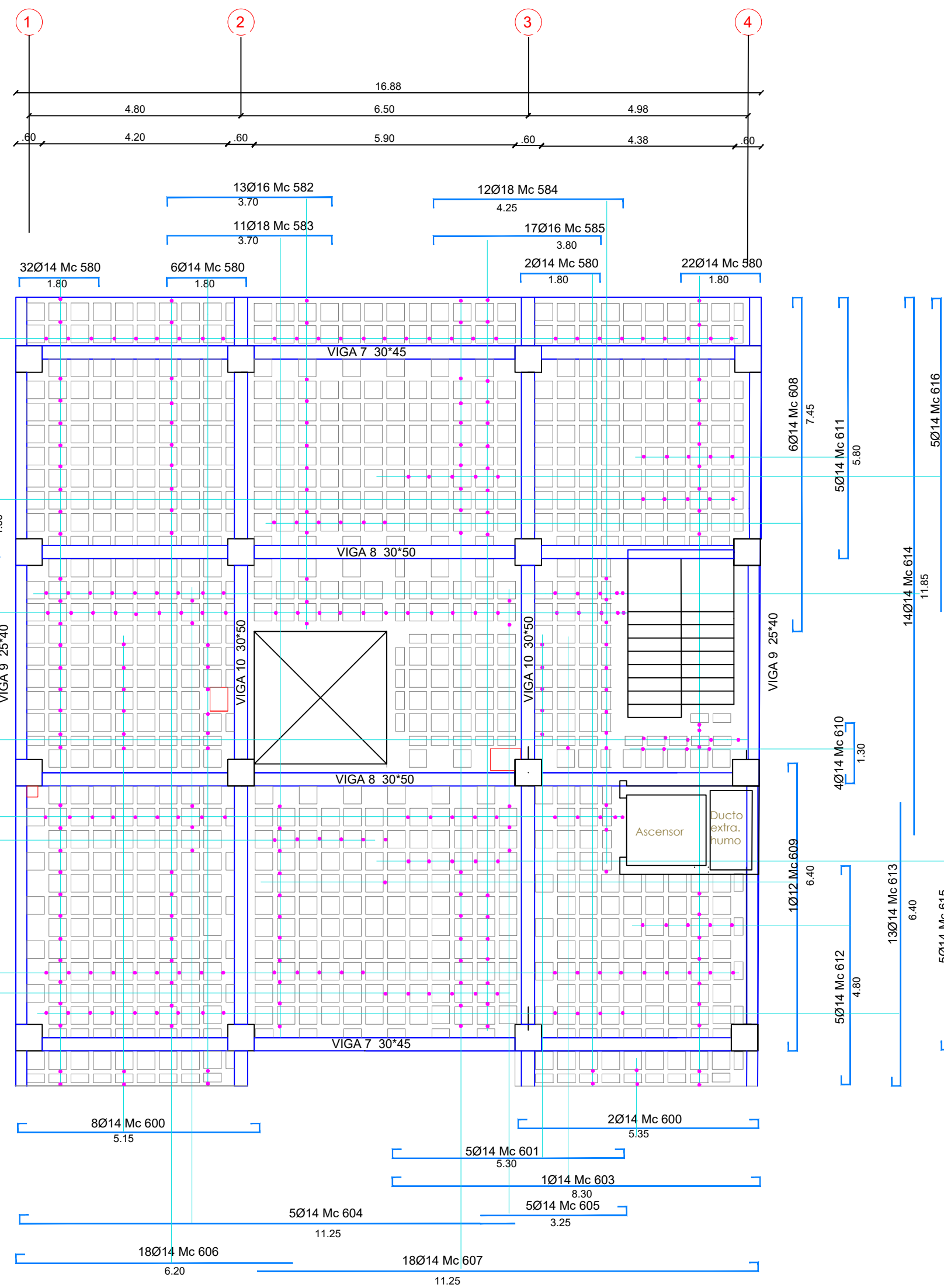
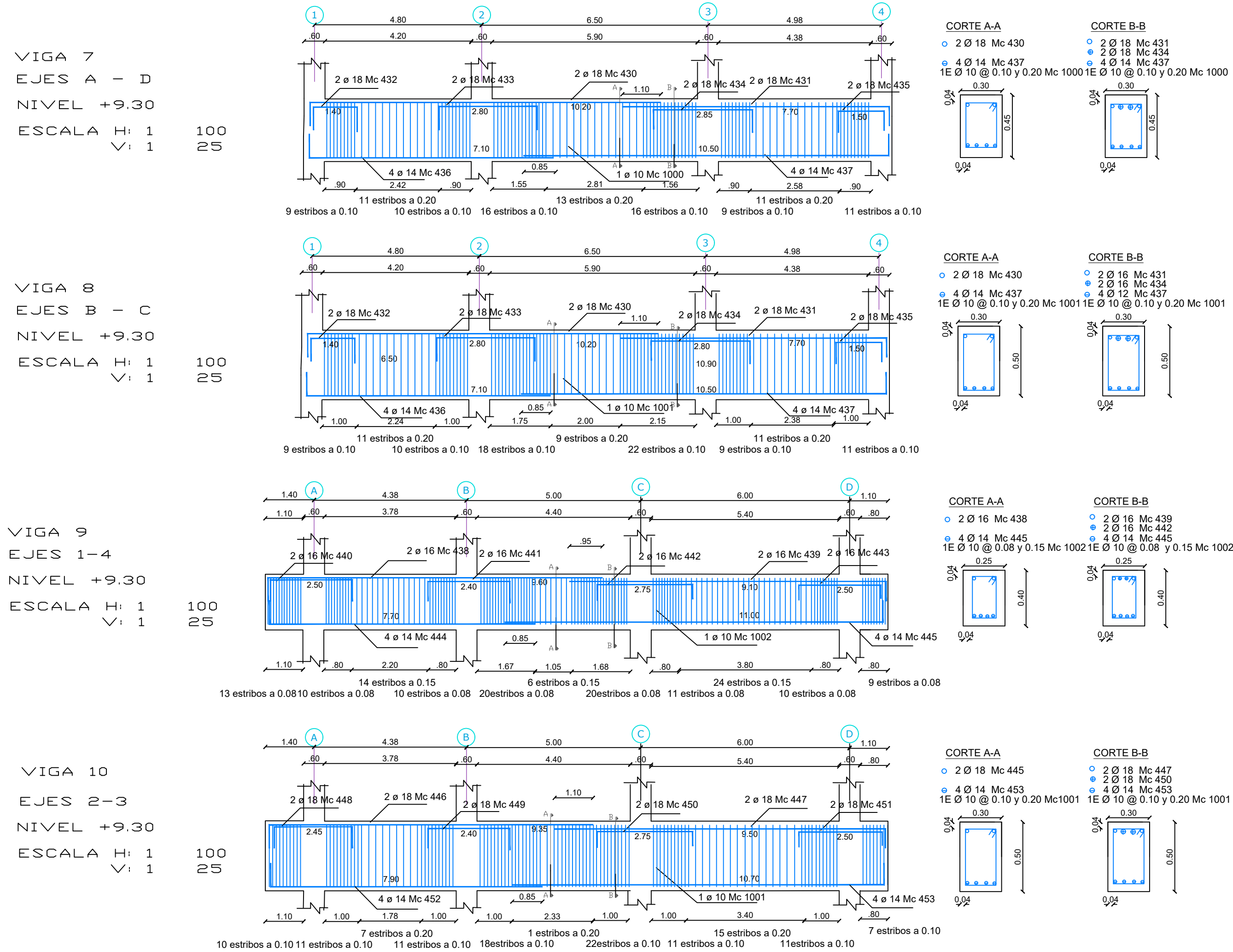
CODIGO CATASTRAL: 0661010010003023013000000000



## VIGAS PLANTA ALTA 2



## VIGAS PLANTA ALTA 3



## LOSA PLANTA ALTA 4

| PLANILLA DE HIERROS |    |      |    |                 |      |      |          |      |           |          |         |        |
|---------------------|----|------|----|-----------------|------|------|----------|------|-----------|----------|---------|--------|
| MARCA               | Ø  | TIPO | N  | DIMENSIONES (m) |      |      |          |      | L.PARCIAL | L. TOTAL | PESO/ML | PESO   |
|                     |    |      |    | a               | b    | c    | d        | g    | m         | m        | Kg/m    | Kg     |
| LOSA N+12.20        |    |      |    | PLANTA ALTA 4   |      |      |          |      |           |          |         |        |
| 580                 | 14 | C    | 61 | 1.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.20      | 134.20   | 1.208   | 162.11 |
| 582                 | 16 | C    | 13 | 3.70            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.10      | 53.30    | 1.578   | 84.11  |
| 583                 | 18 | C    | 11 | 3.70            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.10      | 45.10    | 1.998   | 90.11  |
| 584                 | 18 | C    | 12 | 4.25            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.65      | 55.80    | 1.998   | 111.49 |
| 585                 | 16 | C    | 17 | 3.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.20      | 71.40    | 1.578   | 112.67 |
| 586                 | 14 | C    | 29 | 2.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.20      | 92.80    | 1.208   | 112.10 |
| 587                 | 16 | C    | 25 | 3.08            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.48      | 87.00    | 1.578   | 137.29 |
| 588                 | 14 | C    | 5  | 1.55            | 0.20 | 0.20 |          |      | 1.95      | 9.75     | 1.208   | 11.78  |
| 589                 | 18 | C    | 6  | 2.60            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.00      | 18.00    | 1.998   | 35.96  |
| 590                 | 18 | C    | 19 | 3.60            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.00      | 76.00    | 1.998   | 151.85 |
| 591                 | 16 | C    | 5  | 1.50            | 0.20 | 0.20 |          |      | 1.90      | 9.50     | 1.578   | 14.99  |
| 593                 | 18 | C    | 6  | 2.25            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.65      | 15.90    | 1.998   | 31.77  |
| 594                 | 18 | C    | 23 | 3.05            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.45      | 79.35    | 1.998   | 158.54 |
| 600                 | 14 | G    | 8  | 5.15            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.45      | 43.60    | 1.208   | 52.67  |
| 601                 | 14 | G    | 5  | 5.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.60      | 28.00    | 1.208   | 33.82  |
| 603                 | 14 | G    | 1  | 8.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.60      | 8.60     | 1.208   | 10.39  |
| 604                 | 14 | H    | 5  | 11.25           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40     | 57.00    | 1.208   | 68.86  |
| 605                 | 14 | H    | 5  | 3.25            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 3.40      | 17.00    | 1.208   | 20.54  |
| 606                 | 14 | H    | 18 | 6.20            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.35      | 114.30   | 1.208   | 138.07 |
| 607                 | 14 | H    | 18 | 11.29           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.44     | 205.92   | 1.208   | 248.75 |
| 608                 | 14 | G    | 6  | 7.45            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 7.75      | 46.50    | 1.208   | 56.17  |
| 609                 | 14 | G    | 1  | 6.40            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.70      | 6.70     | 1.208   | 8.09   |
| 610                 | 14 | G    | 4  | 1.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 1.60      | 6.40     | 1.208   | 7.73   |
| 611                 | 14 | G    | 5  | 5.80            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.10      | 30.50    | 1.208   | 36.84  |
| 612                 | 14 | G    | 5  | 4.80            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.10      | 25.50    | 1.208   | 30.80  |
| 613                 | 14 | H    | 13 | 6.40            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.55      | 85.15    | 1.208   | 102.86 |
| 614                 | 14 | H    | 13 | 11.85           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 12.00     | 156.00   | 1.208   | 188.45 |
| 615                 | 14 | H    | 5  | 10.70           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 10.85     | 54.25    | 1.208   | 65.53  |
| 616                 | 14 | H    | 5  | 7.05            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 7.20      | 36.00    | 1.208   | 43.49  |

### PLANILLA DE HIERROS

| MARCA              | Ø  | TIPO | N  | DIMENSIONES (m)           |      |      |   |   | L.PARCIAL | L. TOTAL | PESO/ML | PESO   |
|--------------------|----|------|----|---------------------------|------|------|---|---|-----------|----------|---------|--------|
|                    |    |      |    | a                         | b    | c    | d | g | m         | m        | Kg/m    | Kg     |
| VIGAS NIVEL +6.10  |    |      |    | PLANTA ALTA 2 - 3 - 4 - 6 |      |      |   |   |           |          |         |        |
| 430                | 18 | L    | 32 | 10.20                     | 0.30 |      |   |   | 10.50     | 336.00   | 1.998   | 671.33 |
| 431                | 18 | L    | 32 | 7.70                      | 0.30 |      |   |   | 8.00      | 256.00   | 1.998   | 511.49 |
| 432                | 18 | C    | 32 | 1.40                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 2.00      | 64.00    | 1.998   | 127.87 |
| 433                | 18 | C    | 32 | 2.80                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.40      | 108.80   | 1.998   | 217.38 |
| 434                | 18 | C    | 32 | 2.85                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.45      | 110.40   | 1.998   | 220.58 |
| 435                | 18 | C    | 32 | 1.50                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 2.10      | 67.20    | 1.998   | 134.27 |
| 436                | 14 | L    | 64 | 7.10                      | 0.30 |      |   |   | 7.40      | 473.60   | 1.208   | 572.11 |
| 437                | 14 | L    | 64 | 10.50                     | 0.30 |      |   |   | 10.80     | 691.20   | 1.208   | 834.97 |
| 438                | 16 | L    | 16 | 9.60                      | 0.30 |      |   |   | 9.90      | 158.40   | 1.578   | 249.96 |
| 439                | 16 | L    | 16 | 9.10                      | 0.30 |      |   |   | 9.40      | 150.40   | 1.578   | 237.33 |
| 440                | 16 | C    | 16 | 2.50                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.10      | 49.60    | 1.578   | 78.27  |
| 441                | 16 | C    | 16 | 2.40                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.00      | 48.00    | 1.578   | 75.74  |
| 442                | 16 | C    | 16 | 2.75                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.35      | 53.60    | 1.578   | 84.58  |
| 443                | 16 | C    | 16 | 2.50                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.10      | 49.60    | 1.578   | 78.27  |
| 444                | 14 | L    | 32 | 7.70                      | 0.30 |      |   |   | 8.00      | 256.00   | 1.208   | 309.25 |
| 445                | 14 | L    | 32 | 11.00                     | 0.30 |      |   |   | 11.30     | 361.60   | 1.208   | 436.81 |
| 446                | 18 | L    | 16 | 9.35                      | 0.30 |      |   |   | 9.65      | 154.40   | 1.998   | 308.49 |
| 447                | 18 | L    | 16 | 9.50                      | 0.30 |      |   |   | 9.80      | 156.80   | 1.998   | 313.29 |
| 448                | 18 | C    | 16 | 2.45                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.05      | 48.80    | 1.998   | 97.50  |
| 449                | 18 | C    | 16 | 2.40                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.00      | 48.00    | 1.998   | 95.90  |
| 450                | 18 | C    | 16 | 2.75                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.35      | 53.60    | 1.998   | 107.09 |
| 451                | 18 | C    | 16 | 2.50                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 3.10      | 49.60    | 1.998   | 99.10  |
| 452                | 14 | L    | 32 | 7.90                      | 0.30 | 0.30 |   |   | 8.50      | 272.00   | 1.208   | 328.58 |
| 453                | 14 | L    | 32 | 10.70                     | 0.30 | 0.30 |   |   | 11.30     | 361.60   | 1.208   | 436.81 |
| VIGAS NIVEL +15.10 |    |      |    | PLANTA ALTA 5             |      |      |   |   |           |          |         |        |

### ESPECIFICACIONES:

- LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DIAS.
- LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- LOS RECURBIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 4.00 CM (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
- EL RECURBIMIENTO EN PLINTOS ES 8 CM.
- EL CONSTRUCTOR SE REGISTRARÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
- REVISAR DEMÁS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO.

### PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA



HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
Calle Sixto Duran, Calle Bugereta y Londres  
Cav. OPPSIRIGAS / 2656-145  
email: hmerino\_constructor@hotmail.com

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_  
DISEÑO: \_\_\_\_\_

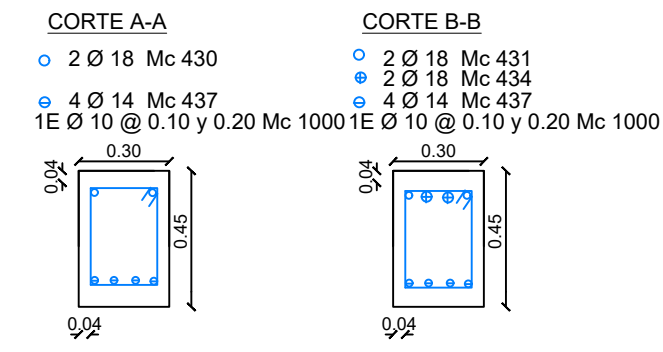
PLINTOS VIGAS COLUMNAS  
CADENAS

UBICACIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA

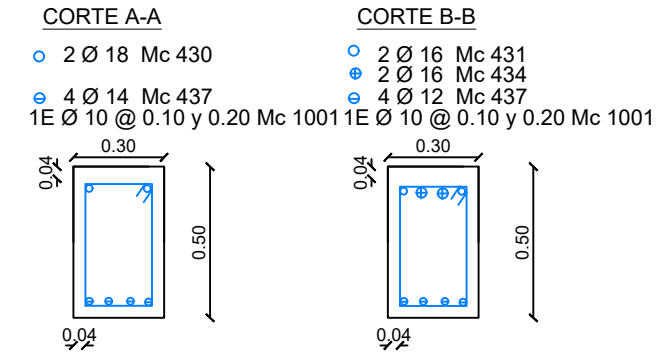
MARZO 2024  
LAMINA ESTRUCTURAL  
ESCALAS INDICADAS



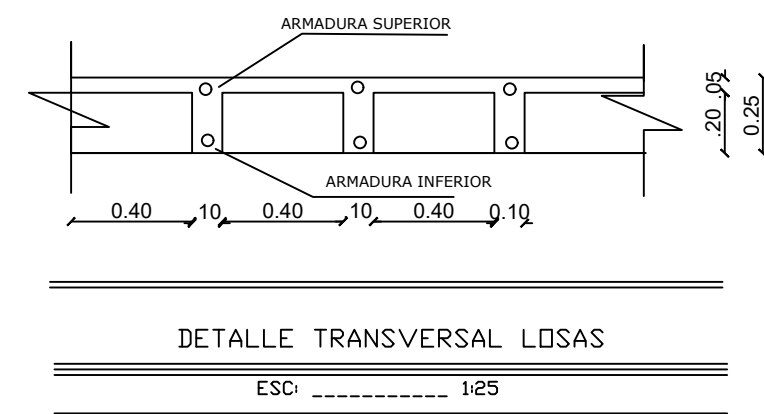
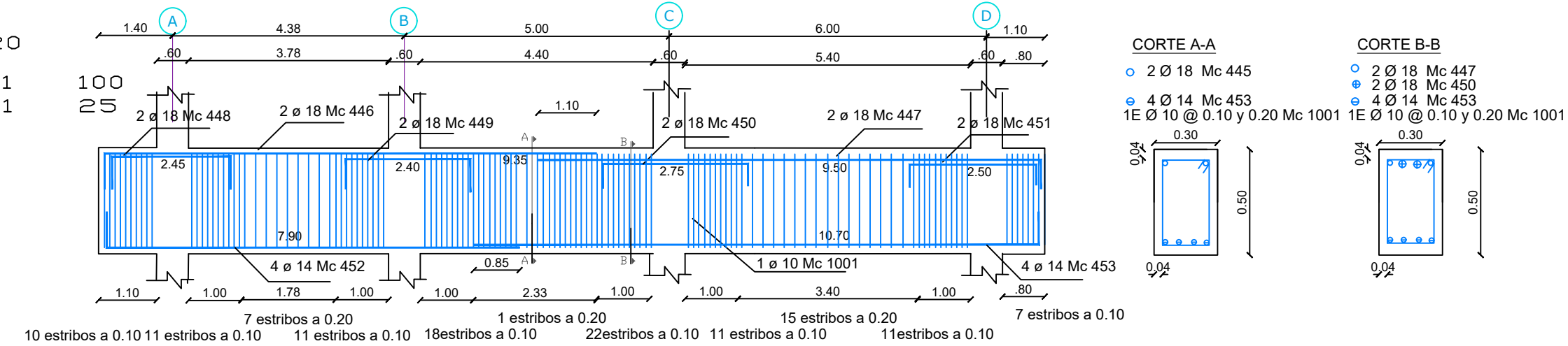
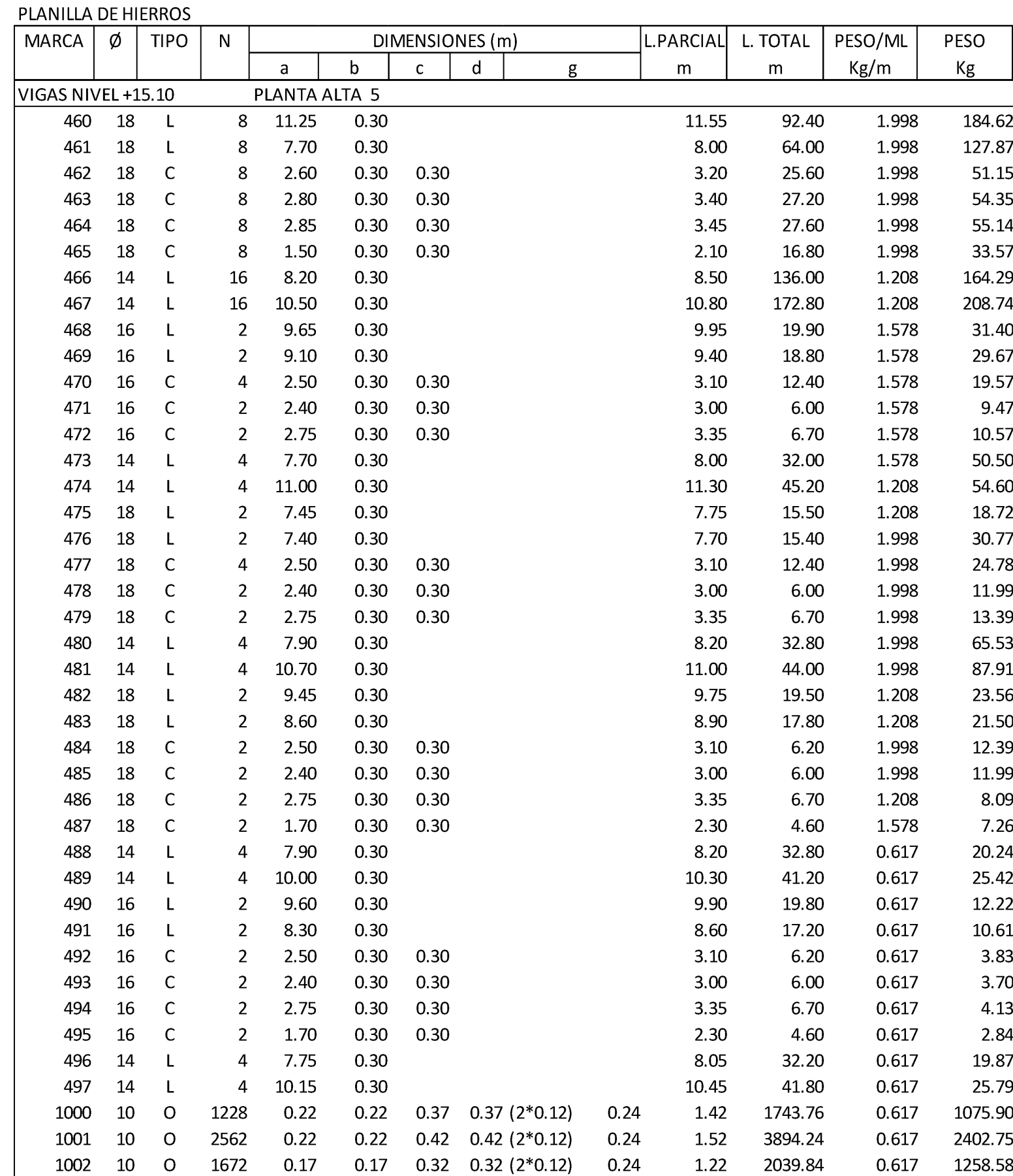
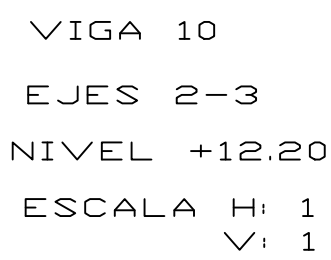
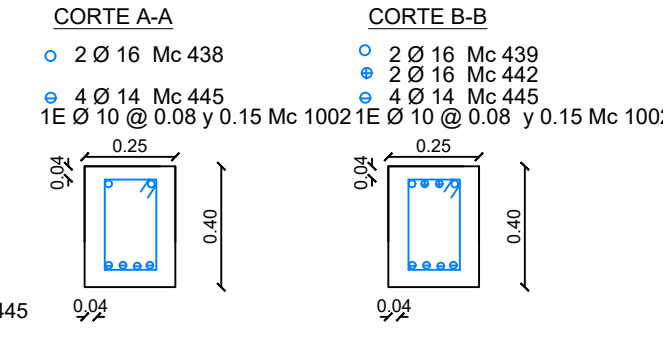
```
VIGA 7
EJES A - D
NIVEL +12.20
ESCALA H: 1
      V: 1
```



VIGA 8  
EJES B - C  
NIVEL +12.20  
ESCALA H: 1  
V: 1



```
VIGA 9
EJES 1-4
NIVEL +12.20
ESCALA H: 1
      V: 1
```



| MARCA | Ø       | TIPO | N  | DIMENSIONES (m) |      |      |          |      | L.PARCIAL | L. TOTAL | PESO/ML | PESO   |
|-------|---------|------|----|-----------------|------|------|----------|------|-----------|----------|---------|--------|
|       |         |      |    | a               | b    | c    | d        | g    |           |          |         |        |
| LOSA  | N+15.10 |      |    | PLANTA ALTA 5   |      |      |          |      |           |          |         |        |
| 620   | 14      | C    | 55 | 1.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.20      | 121.00   | 1.208   | 146.17 |
| 621   | 18      | C    | 2  | 4.30            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.70      | 9.40     | 1.998   | 18.78  |
| 622   | 16      | C    | 13 | 3.70            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.10      | 53.30    | 1.578   | 84.11  |
| 623   | 18      | C    | 9  | 3.70            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.10      | 36.90    | 1.998   | 73.73  |
| 624   | 18      | C    | 11 | 4.30            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.70      | 51.70    | 1.998   | 103.30 |
| 625   | 16      | C    | 25 | 3.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.20      | 105.00   | 1.578   | 165.69 |
| 626   | 18      | C    | 7  | 2.30            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.70      | 18.90    | 1.998   | 37.76  |
| 627   | 16      | C    | 2  | 2.65            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.05      | 6.10     | 1.578   | 9.63   |
| 628   | 14      | C    | 29 | 2.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.20      | 92.80    | 1.208   | 112.10 |
| 629   | 16      | C    | 24 | 3.05            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.45      | 82.80    | 1.578   | 130.66 |
| 630   | 14      | C    | 5  | 1.50            | 0.20 | 0.20 |          |      | 1.90      | 9.50     | 1.208   | 11.48  |
| 631   | 18      | C    | 15 | 3.60            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.00      | 60.00    | 1.998   | 119.88 |
| 632   | 16      | C    | 9  | 1.75            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.15      | 19.35    | 1.578   | 30.53  |
| 633   | 18      | C    | 6  | 2.25            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.65      | 15.90    | 1.998   | 31.77  |
| 634   | 18      | C    | 14 | 3.05            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.45      | 48.30    | 1.998   | 96.50  |
| 640   | 14      | G    | 8  | 5.25            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.55      | 44.40    | 1.208   | 53.64  |
| 641   | 14      | G    | 2  | 7.75            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.05      | 16.10    | 1.208   | 19.45  |
| 642   | 14      | G    | 5  | 5.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.60      | 28.00    | 1.208   | 33.82  |
| 643   | 14      | G    | 3  | 8.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.60      | 25.80    | 1.208   | 31.17  |
| 644   | 14      | H    | 4  | 11.25           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40     | 45.60    | 1.208   | 55.08  |
| 645   | 14      | H    | 4  | 3.25            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 3.40      | 13.60    | 1.208   | 16.43  |
| 646   | 14      | H    | 10 | 6.20            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.35      | 63.50    | 1.208   | 76.71  |
| 647   | 14      | H    | 10 | 11.25           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40     | 114.00   | 1.208   | 137.71 |
| 648   | 14      | G    | 7  | 11.70           |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 12.00     | 84.00    | 1.208   | 101.47 |
| 650   | 14      | G    | 6  | 7.45            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 7.75      | 46.50    | 1.208   | 56.17  |
| 651   | 14      | G    | 5  | 4.90            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.20      | 26.00    | 1.208   | 31.41  |
| 652   | 14      | G    | 5  | 5.70            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.00      | 30.00    | 1.208   | 36.24  |
| 653   | 14      | G    | 5  | 5.80            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.10      | 30.50    | 1.208   | 36.84  |
| 654   | 14      | G    | 5  | 1.55            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 1.85      | 9.25     | 1.208   | 11.17  |
| 655   | 14      | H    | 9  | 6.60            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.75      | 60.75    | 1.208   | 73.39  |
| 656   | 14      | H    | 9  | 11.85           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 12.00     | 108.00   | 1.208   | 130.46 |
| 657   | 14      | H    | 1  | 10.70           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 10.85     | 10.85    | 1.208   | 13.11  |
| 658   | 14      | H    | 1  | 7.05            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 7.20      | 7.20     | 1.208   | 8.70   |
| 659   | 14      | G    | 4  | 11.00           |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 11.30     | 45.20    | 1.208   | 54.60  |
| 660   | 14      | H    | 5  | 2.10            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 2.25      | 11.25    | 1.208   | 13.59  |
| 661   | 14      | H    | 5  | 11.85           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 12.00     | 60.00    | 1.208   | 72.48  |

1. LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'_{c} = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.
2. LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
3. LOS RECURTIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 4.00 cm (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
4. EL RECURTIMIENTO EN PLINTOS ES 8 cm
5. EL CONSTRUCTOR SE REGIRÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECuatoriana DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
6. REVISAR DEMÁS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO

  
**MERINO INGENIERIA**  
Calle. Sixto Duran, Calle Bucarets y Lora  
Celi 0995191606 / 2626-149  
email:  
hmerino\_constructor@hotmail.com

HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
No. Registro SENESCYT  
1005-05-559996

---

**DISEÑO**

PLINTOS VIGAS COLUMNAS  
CADENAS

|                    |       |
|--------------------|-------|
| MARZO 2024         | 5 / 8 |
| LAMINA ESTRUCTURAL |       |

UBICACIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA

|                   |       |
|-------------------|-------|
| ESCALAS INDICADAS | - / - |
|-------------------|-------|

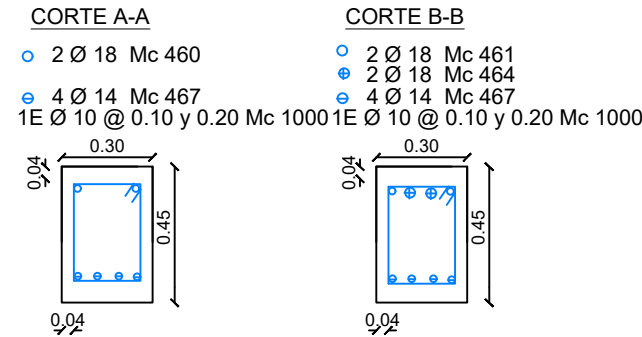
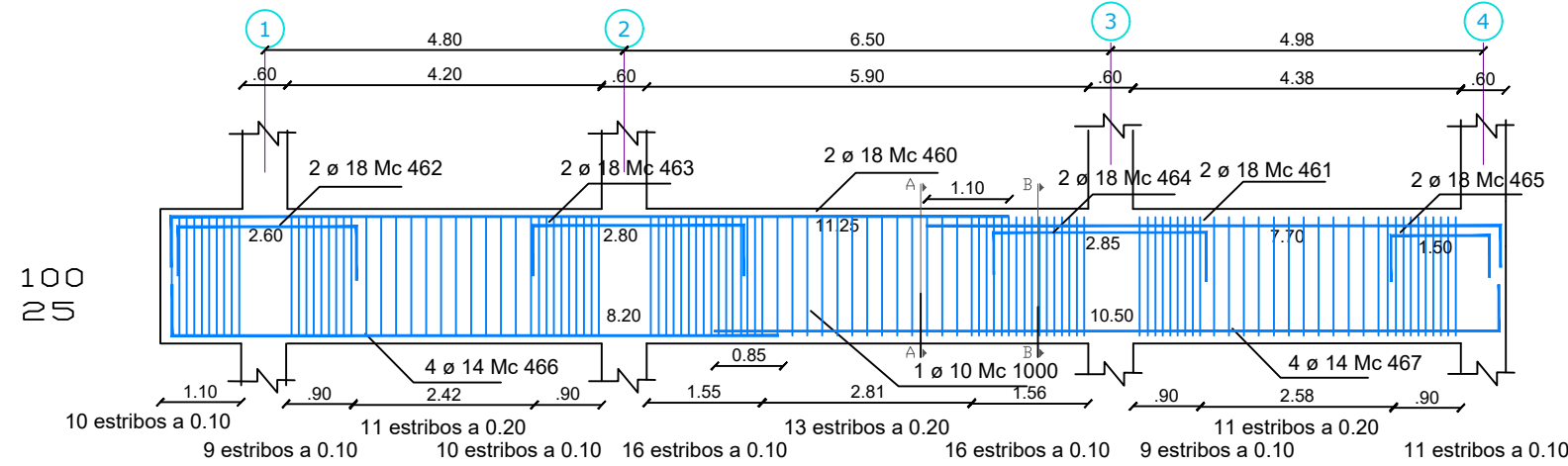
---

\_\_\_\_\_

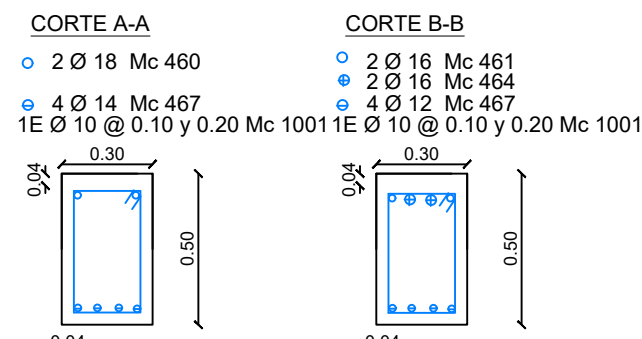
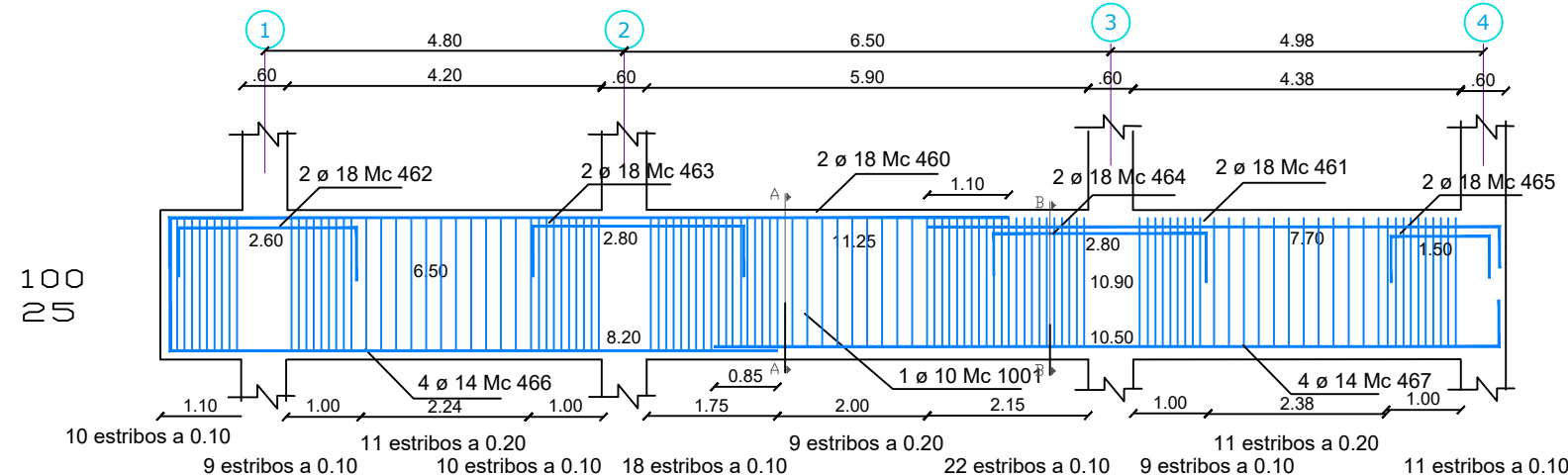


## VIGAS PLANTA ALTA 5

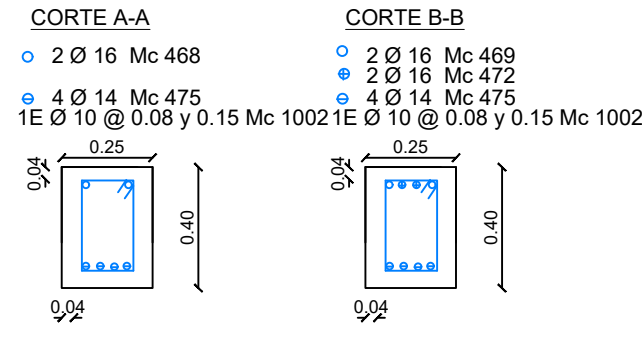
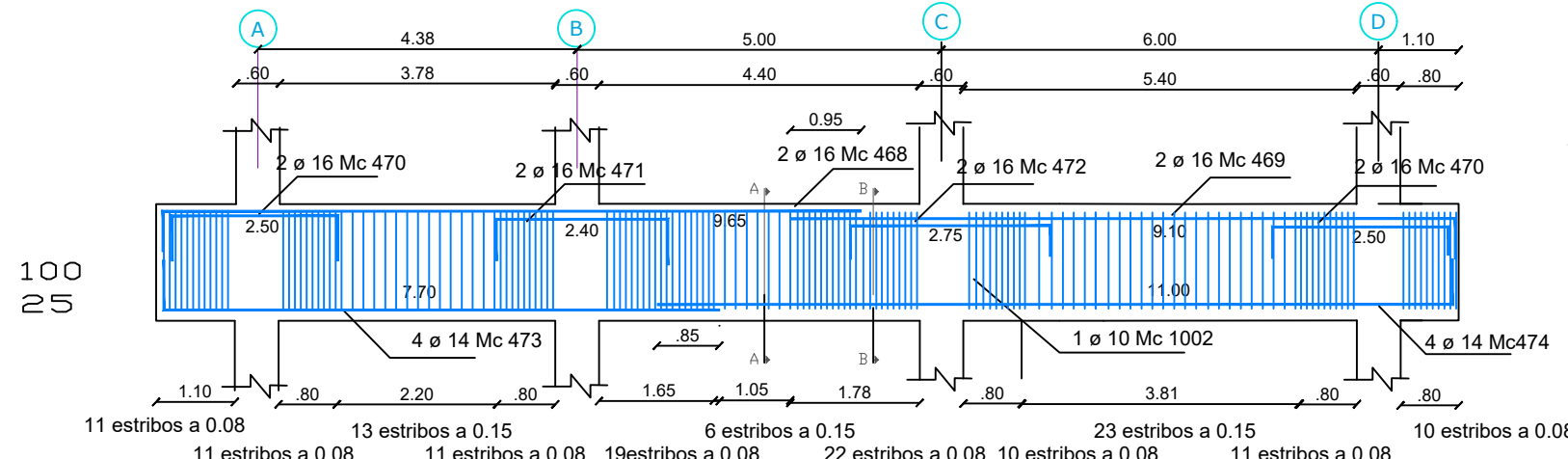
VIGA 11  
EJES A - D  
NIVEL +15.10  
ESCALA H: 1  
V: 1



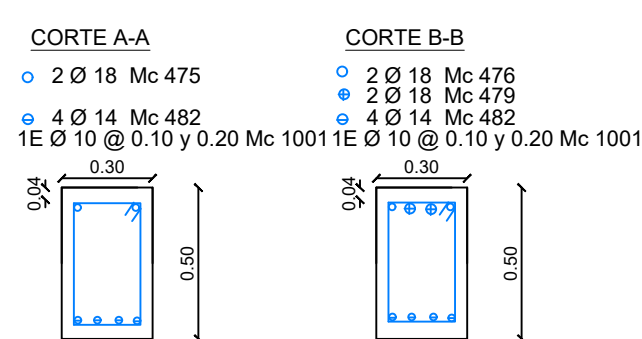
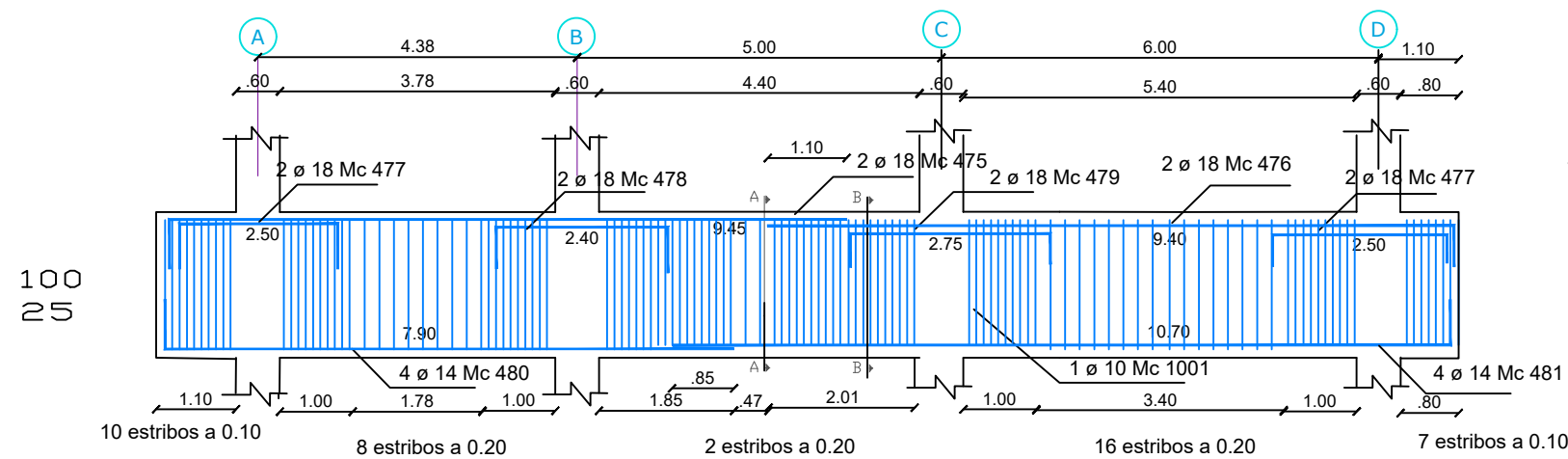
VIGA 12  
EJES B - C  
NIVEL +15.10  
ESCALA H: 1  
V: 1



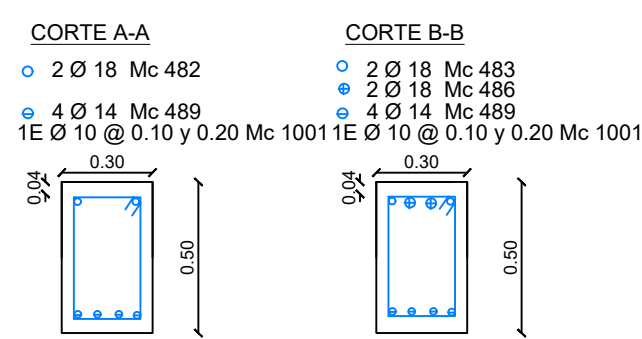
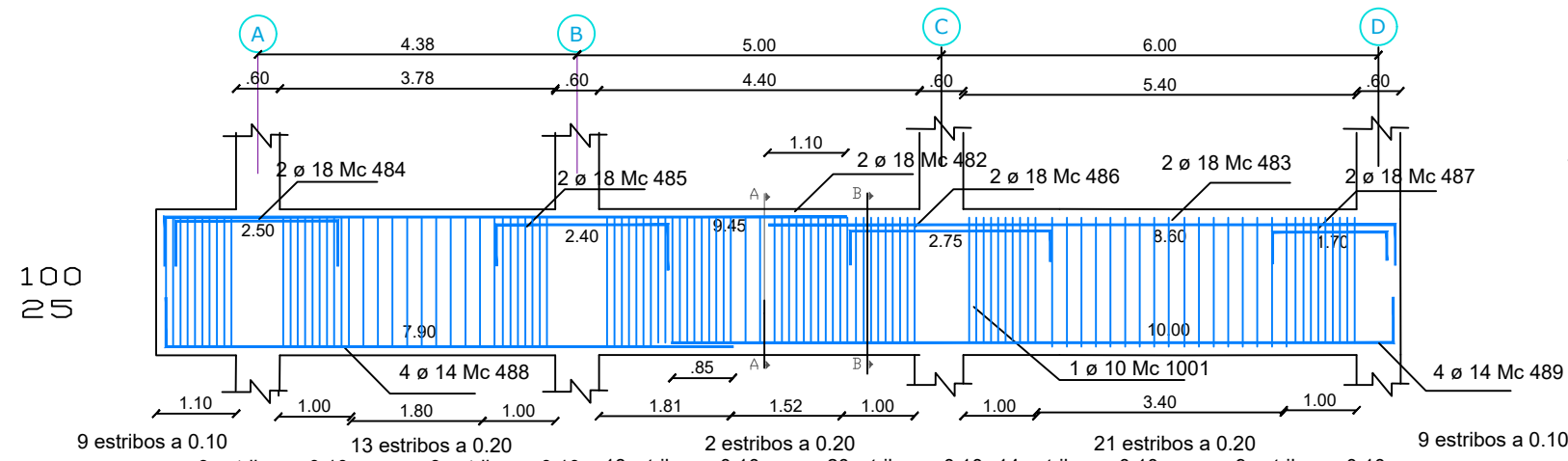
VIGA 13  
EJES 1  
NIVEL +15.10  
ESCALA H: 1  
V: 1



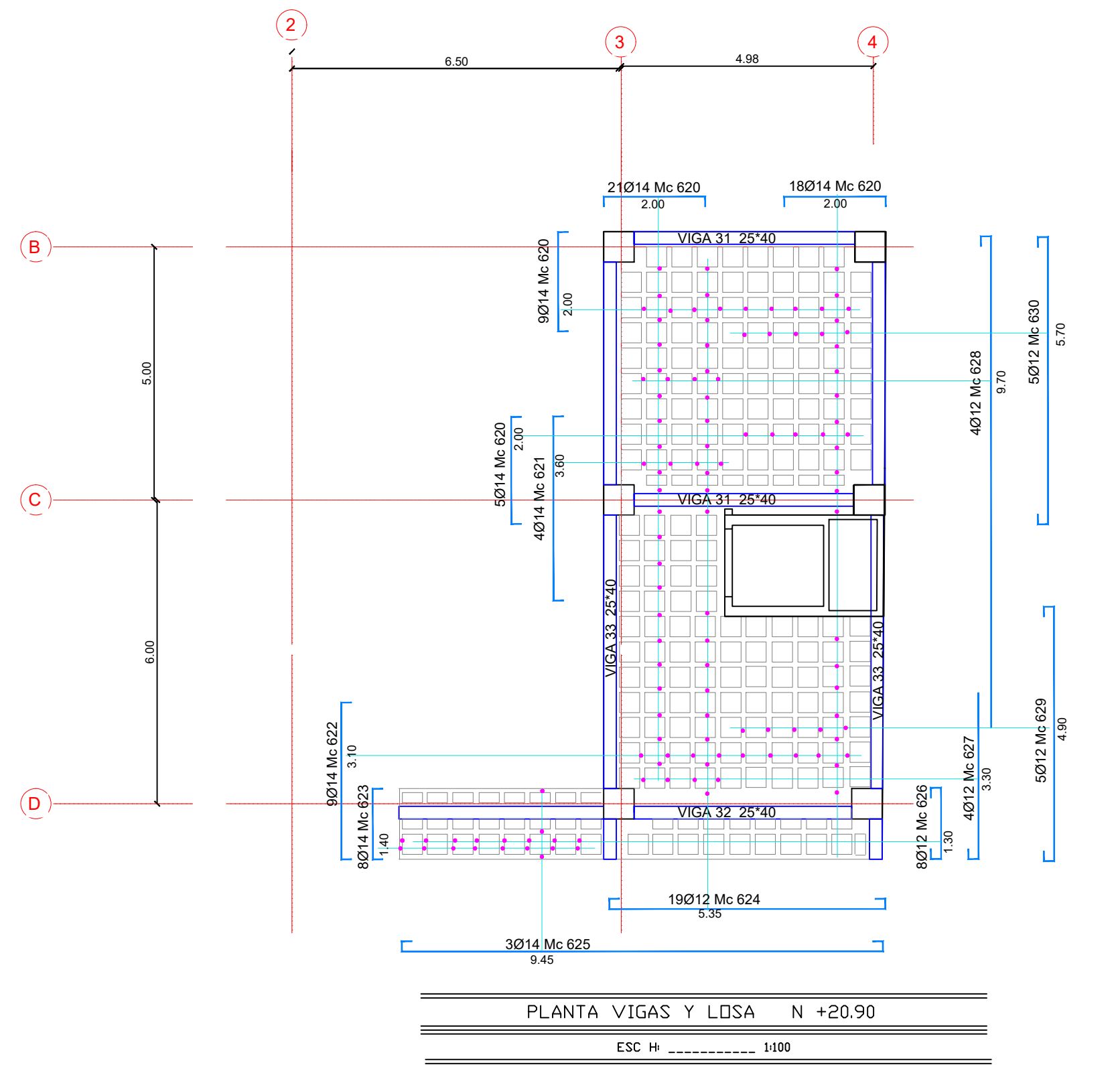
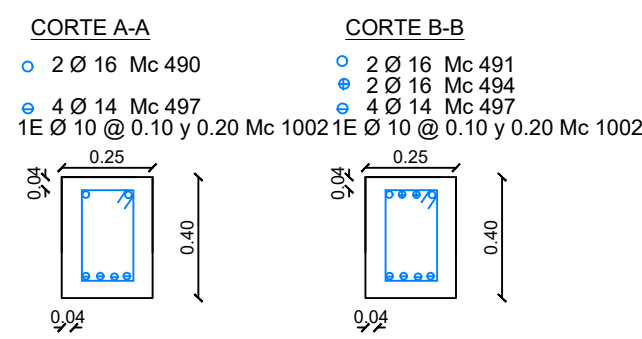
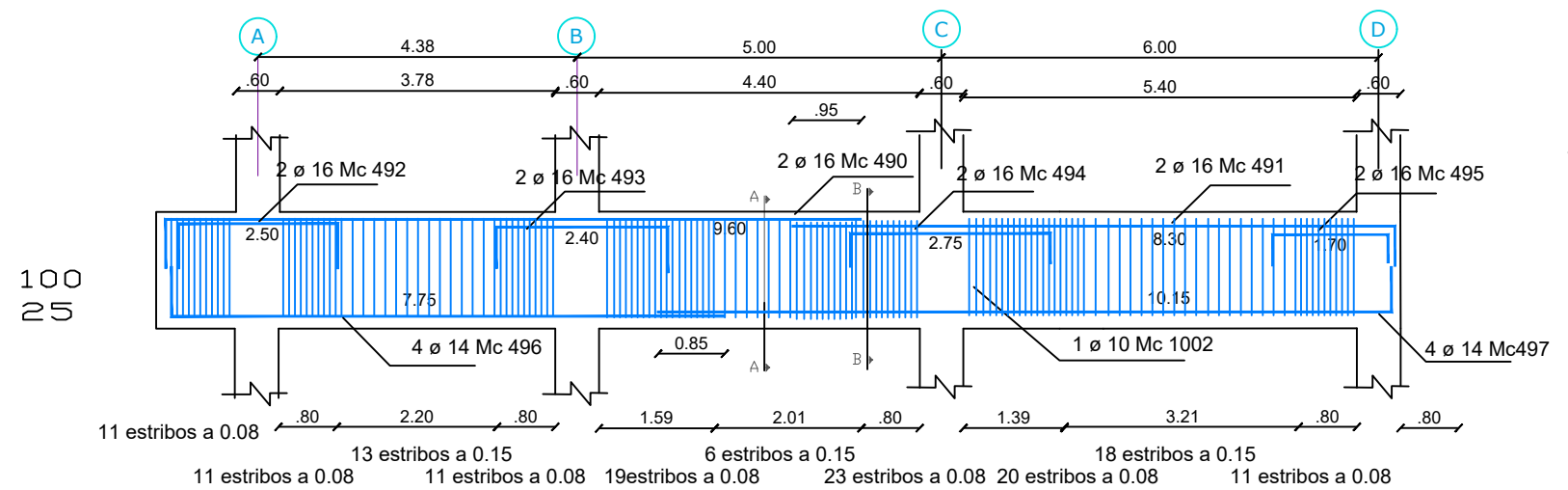
VIGA 14  
EJES 2  
NIVEL +15.10  
ESCALA H: 1  
V: 1



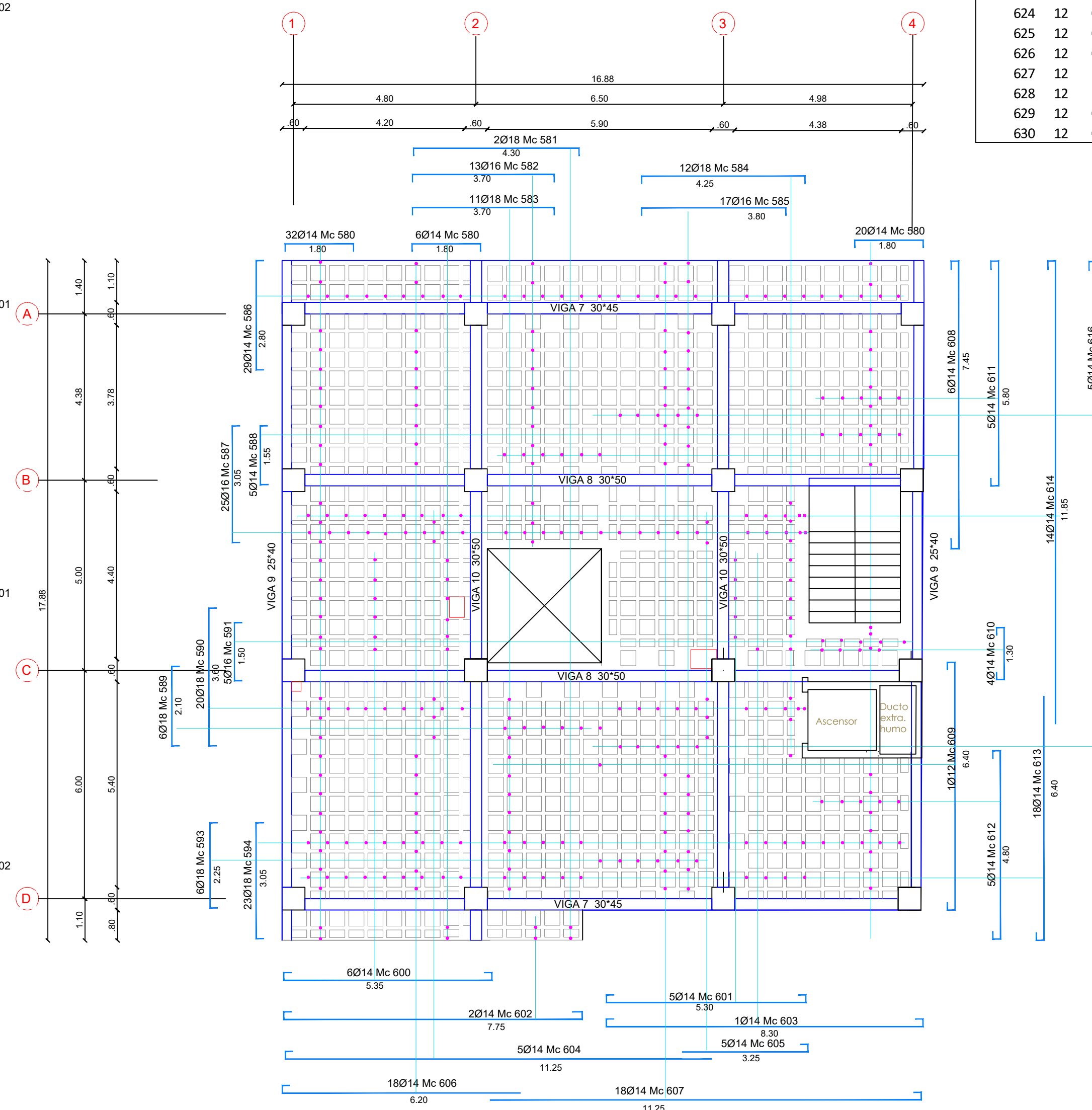
VIGA 15  
EJES 3  
NIVEL +15.10  
ESCALA H: 1  
V: 1



VIGA 16  
EJES 4  
NIVEL +15.10  
ESCALA H: 1  
V: 1



## TAPAGRADA



## PLANTA VIGAS Y LOSA N +18.00

PLANTA VIGAS Y LOSA  
N +18.00

## PLANILLA DE HIERROS

| MARCA | Ø       | TIPO          | N  | DIMENSIONES (m) |      |      |          |      | L.PARCIAL | L. TOTAL | PESO/ML | PESO   |
|-------|---------|---------------|----|-----------------|------|------|----------|------|-----------|----------|---------|--------|
|       |         |               |    | a               | b    | c    | d        | g    |           |          |         |        |
| LOSA  | N+18.00 | PLANTA ALTA 6 |    |                 |      |      |          |      |           |          |         |        |
| 580   | 14      | C             | 58 | 1.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.20      | 127.60   | 1.208   | 154.14 |
| 581   | 18      | C             | 2  | 4.30            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.70      | 9.40     | 1.998   | 18.78  |
| 582   | 16      | C             | 13 | 3.70            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.10      | 53.30    | 1.578   | 84.11  |
| 583   | 18      | C             | 11 | 3.70            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.10      | 45.10    | 1.998   | 90.11  |
| 584   | 18      | C             | 12 | 4.25            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.65      | 55.80    | 1.998   | 111.49 |
| 585   | 16      | C             | 17 | 3.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.20      | 71.40    | 1.578   | 112.67 |
| 586   | 14      | C             | 29 | 2.80            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.20      | 92.80    | 1.208   | 112.10 |
| 587   | 16      | C             | 25 | 3.08            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.48      | 87.00    | 1.578   | 137.29 |
| 588   | 14      | C             | 5  | 1.55            | 0.20 | 0.20 |          |      | 1.95      | 9.75     | 1.208   | 11.78  |
| 589   | 18      | C             | 6  | 2.60            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.00      | 18.00    | 1.998   | 35.96  |
| 590   | 18      | C             | 20 | 3.60            | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.00      | 80.00    | 1.998   | 159.84 |
| 591   | 16      | C             | 5  | 1.50            | 0.20 | 0.20 |          |      | 1.90      | 9.50     | 1.578   | 14.99  |
| 593   | 18      | C             | 6  | 2.25            | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.65      | 15.90    | 1.998   | 31.77  |
| 594   | 18      | C             | 23 | 3.05            | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.45      | 79.35    | 1.998   | 158.54 |
| 600   | 14      | G             | 6  | 5.35            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.65      | 33.90    | 1.208   | 40.95  |
| 601   | 14      | G             | 5  | 5.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.60      | 28.00    | 1.208   | 33.82  |
| 602   | 14      | G             | 2  | 7.75            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.05      | 16.10    | 1.208   | 19.45  |
| 603   | 14      | G             | 1  | 8.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 8.60      | 8.60     | 1.208   | 10.39  |
| 604   | 14      | H             | 5  | 11.25           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.40     | 57.00    | 1.208   | 68.86  |
| 605   | 14      | H             | 5  | 3.25            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 3.40      | 17.00    | 1.208   | 20.54  |
| 606   | 14      | H             | 18 | 6.20            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.35      | 114.30   | 1.208   | 138.07 |
| 607   | 14      | H             | 18 | 11.29           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 11.44     | 205.92   | 1.208   | 248.75 |
| 608   | 14      | G             | 6  | 7.45            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 7.75      | 46.50    | 1.208   | 56.17  |
| 609   | 14      | G             | 1  | 6.40            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.70      | 6.70     | 1.208   | 8.09   |
| 610   | 14      | G             | 4  | 1.30            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 1.60      | 6.40     | 1.208   | 11.73  |
| 611   | 14      | G             | 5  | 5.80            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.10      | 30.50    | 1.208   | 36.84  |
| 612   | 14      | G             | 5  | 4.80            |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.10      | 25.50    | 1.208   | 30.80  |
| 613   | 14      | H             | 18 | 6.40            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 6.55      | 117.90   | 1.208   | 142.42 |
| 614   | 14      | H             | 14 | 11.85           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 12.00     | 168.00   | 1.208   | 202.94 |
| 615   | 14      | H             | 5  | 10.70           |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 10.85     | 54.25    | 1.208   | 65.53  |
| 616   | 14      | H             | 5  | 7.05            |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 7.20      | 36.00    | 1.208   | 43.49  |

| LOSA +20.82 | TAPAGRADA |   |    |      |      |      |          |      |      |        |       |        |
|-------------|-----------|---|----|------|------|------|----------|------|------|--------|-------|--------|
| 620         | 14        | C | 53 | 2.00 | 0.20 | 0.20 |          |      | 2.40 | 127.20 | 1.208 | 153.66 |
| 621         | 14        | C | 4  | 3.60 | 0.20 | 0.20 |          |      | 4.00 | 16.00  | 1.208 | 19.33  |
| 622         | 14        | C | 9  | 3.10 | 0.20 | 0.20 |          |      | 3.50 | 31.50  | 1.208 | 38.05  |
| 623         | 14        | C | 8  | 1.40 | 0.20 | 0.20 |          |      | 1.80 | 14.40  | 1.208 | 17.40  |
| 624         | 12        | G | 19 | 5.35 |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.65 | 107.35 | 0.888 | 95.33  |
| 625         | 12        | G | 3  | 9.45 |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 9.75 | 29.25  | 0.888 | 25.97  |
| 626         | 12        | G | 8  | 1.30 |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 1.60 | 12.80  | 0.888 | 11.37  |
| 627         | 12        | H | 4  | 3.30 |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 3.45 | 13.80  | 0.888 | 12.25  |
| 628         | 12        | H | 4  | 9.70 |      |      | (1*0.15) | 0.15 | 9.85 | 39.40  | 0.888 | 34.99  |
| 629         | 12        | G | 5  | 4.90 |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 5.20 | 26.00  | 0.888 | 23.09  |
| 630         | 12        | G | 5  | 5.70 |      |      | (2*0.15) | 0.30 | 6.00 | 30.00  | 0.888 | 26.64  |

## ESPECIFICACIONES:

- LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.
- LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- LOS RECURBIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 4.00 cm (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
- EL RECURBIMIENTO EN PLINTOS ES 8 cm.
- EL CONSTRUCTOR SE REGISTRARÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
- REVISAR DEMÁS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO

## PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA



**MERINO INGENIERIA**  
Calle Sixto Duran, Calle Buergetz y Londres  
Cav. OPPS1606 / 2656-145  
Email: merino\_constructor@hotmail.com

HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
No. Registro: SNEC-117  
1005-05-559996  
DISEÑO

PLINTOS VIGAS COLUMNAS  
CADENAS

MARZO 2024  
LAMINA ESTRUCTURAL

6/8

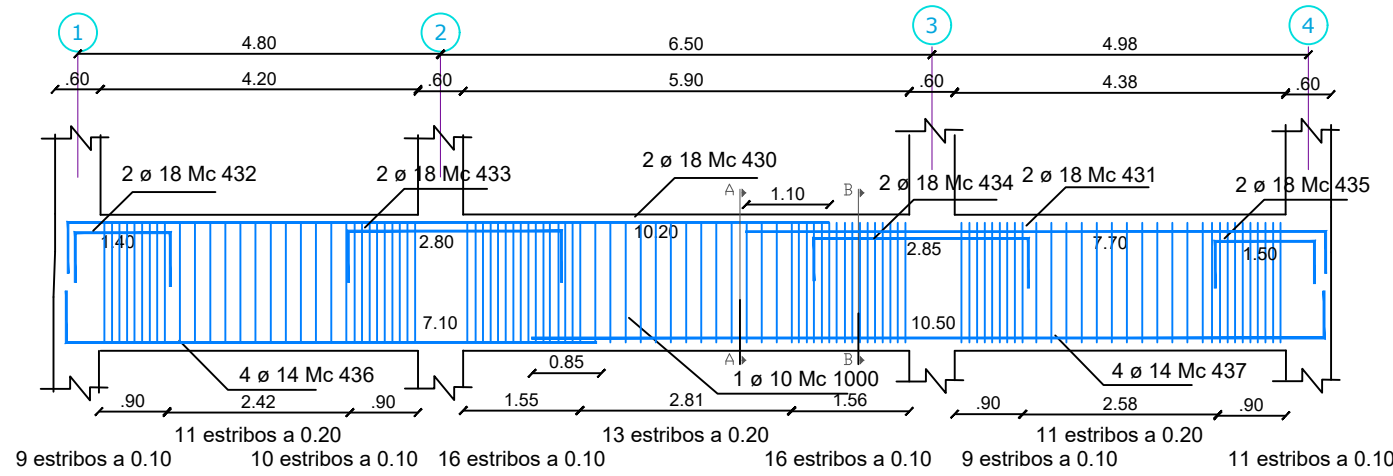
UBICACIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA

ESCALAS INDICADAS

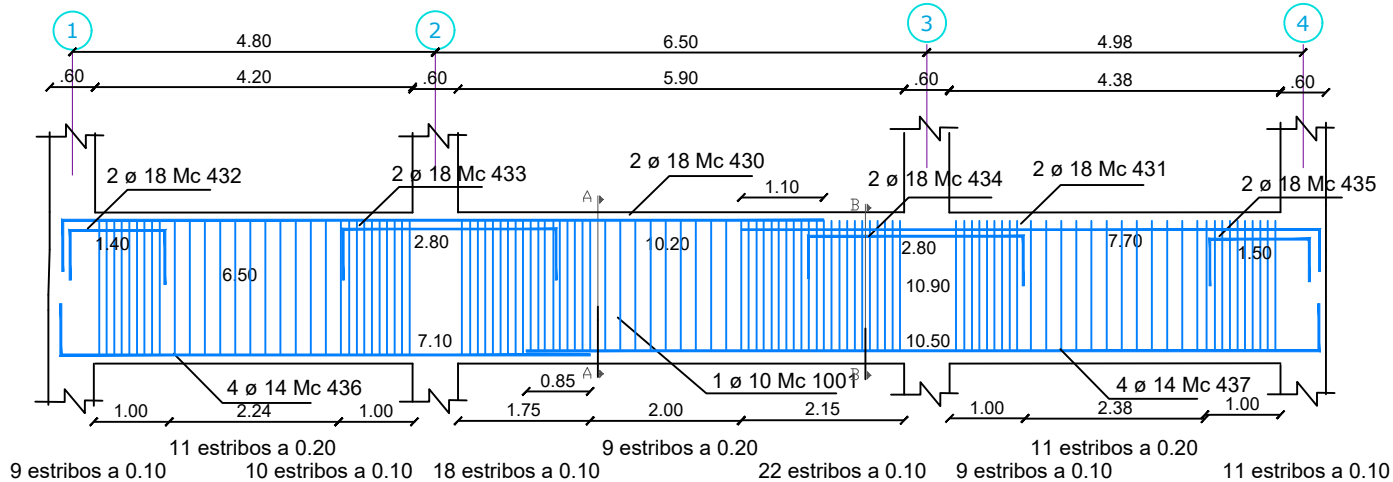


VIGAS PLANTA ALTA 6

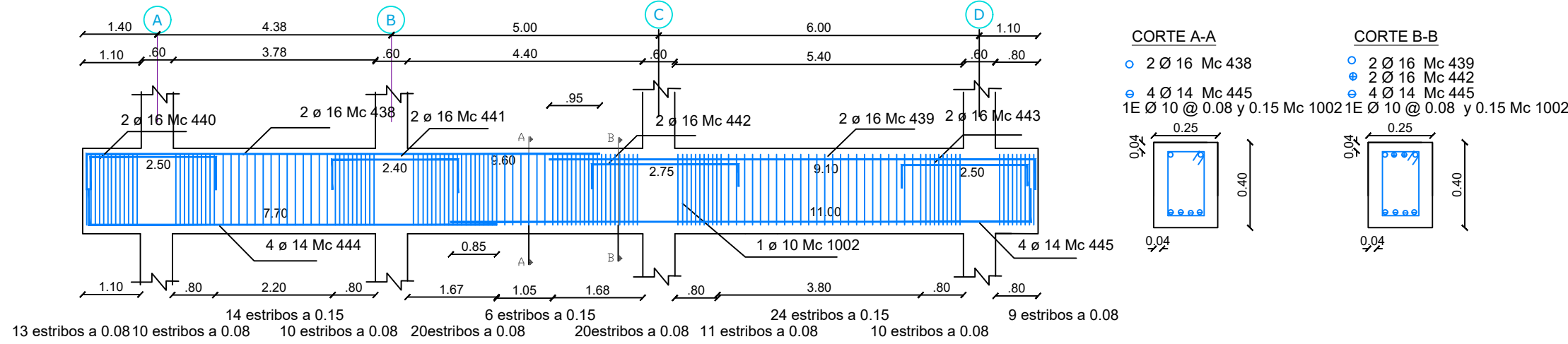
VIGA 7  
EJES A - D  
NIVEL +6.10  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



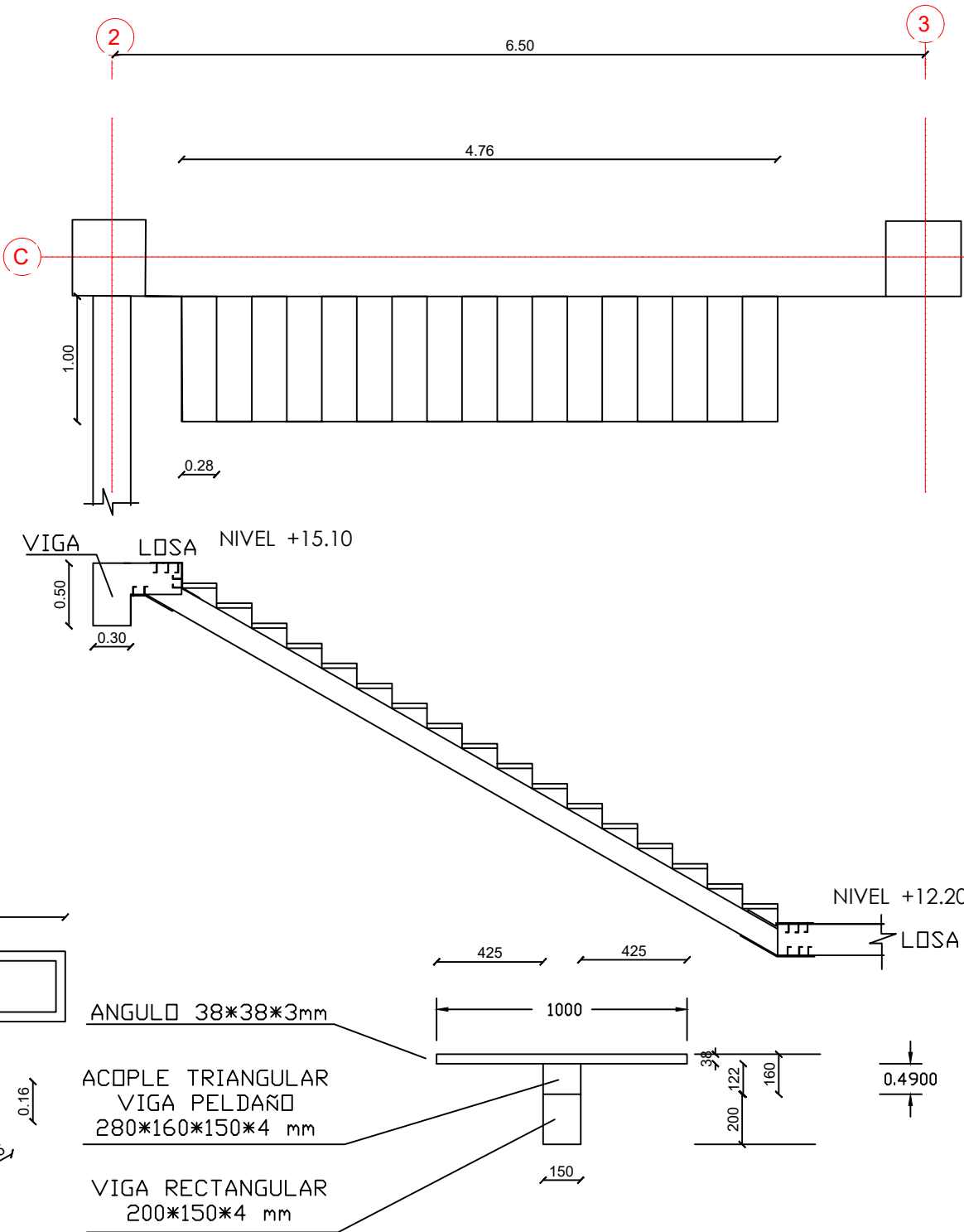
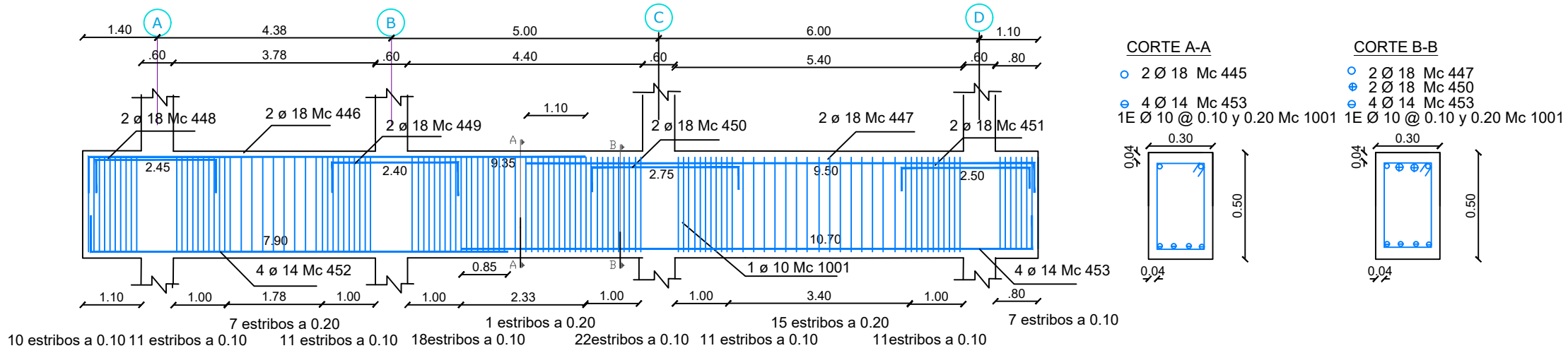
VIGA 8  
EJES B - C  
NIVEL +6.10  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



VIGA 9  
EJES 1-4  
NIVEL +6.10  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



VIGA 10  
EJES 2-3  
NIVEL +6.10  
ESCALA H: 1 100  
V: 1 25



PLANTA ALTA 5

GRADAS NIVEL 12.20 a NIVEL +15.10  
ESC H: 1 150

PLANILLA DE HIERROS

| MARCA                                      | Ø  | TIPO | N  | DIMENSIONES (m) |      |      |      |   | L.PARCIAL<br>m | L. TOTAL<br>m | PESO/ML<br>Kg/m | PESO<br>Kg |
|--------------------------------------------|----|------|----|-----------------|------|------|------|---|----------------|---------------|-----------------|------------|
|                                            |    |      |    | a               | b    | c    | d    | g |                |               |                 |            |
| GRADAS N+0.00 a N+2.90                     |    |      |    |                 |      |      |      |   |                |               |                 |            |
| 2000                                       | 14 | M    | 6  | 0.80            | 0.60 | 0.05 | 0.05 |   | 1.50           | 9.00          | 0.888           | 7.99       |
| 2001                                       | 14 | P    | 6  | 1.00            | 1.00 | 0.05 | 0.05 |   | 2.10           | 12.60         | 0.888           | 11.19      |
| 2002                                       | 14 | C    | 6  | 1.50            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.60           | 9.60          | 0.888           | 8.52       |
| 2003                                       | 14 | C    | 6  | 0.90            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.00           | 6.00          | 0.888           | 5.33       |
| 2004                                       | 14 | T    | 6  | 1.00            | 0.50 |      |      |   | 1.50           | 9.00          | 0.888           | 7.99       |
| 2005                                       | 12 | I    | 6  | 0.70            |      |      |      |   | 0.70           | 4.20          | 0.888           | 3.73       |
| 2006                                       | 12 | U    | 6  | 3.05            | 1.30 |      |      |   | 4.35           | 26.10         | 0.888           | 23.18      |
| 2007                                       | 12 | I    | 6  | 1.25            |      |      |      |   | 1.25           | 7.50          | 0.888           | 6.66       |
| 2008                                       | 12 | N    | 6  | 2.90            | 0.30 | 0.05 |      |   | 3.25           | 19.50         | 0.888           | 17.32      |
| 2050                                       | 10 | I    | 31 | 1.10            |      |      |      |   | 1.10           | 34.10         | 0.617           | 21.04      |
| 2051                                       | 10 | W    | 5  | 1.10            | 1.15 | 0.18 |      |   | 2.43           | 12.15         | 0.617           | 7.50       |
| 2052                                       | 10 | W    | 4  | 1.05            | 1.25 | 0.18 |      |   | 2.48           | 9.92          | 0.888           | 8.81       |
| GRADAS N+2.92 a N+6.10 N+6.10 a N+9.30     |    |      |    |                 |      |      |      |   |                |               |                 |            |
| 2009                                       | 14 | I    | 12 | 0.80            |      |      |      |   | 0.80           | 9.60          | 1.208           | 11.60      |
| 2010                                       | 14 | C    | 12 | 1.30            |      |      |      |   | 1.30           | 15.60         | 1.208           | 18.84      |
| 2011                                       | 14 | P    | 12 | 1.00            | 1.00 | 0.05 | 0.05 |   | 2.10           | 25.20         | 1.208           | 30.44      |
| 2012                                       | 14 | I    | 12 | 1.50            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.60           | 19.20         | 1.208           | 23.19      |
| 2013                                       | 14 | C    | 12 | 0.90            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.00           | 12.00         | 1.208           | 14.50      |
| 2014                                       | 14 | T    | 12 | 1.00            | 0.05 |      |      |   | 1.05           | 12.60         | 1.208           | 15.22      |
| 2015                                       | 12 | I    | 12 | 0.70            |      |      |      |   | 0.70           | 8.40          | 0.888           | 7.46       |
| 2016                                       | 12 | U    | 12 | 3.05            | 1.30 |      |      |   | 4.35           | 52.20         | 0.888           | 46.35      |
| 2017                                       | 12 | I    | 12 | 1.25            |      |      |      |   | 1.25           | 15.00         | 0.888           | 13.32      |
| 2018                                       | 12 | U    | 12 | 3.40            | 0.70 |      |      |   | 4.10           | 49.20         | 0.888           | 43.69      |
| 2053                                       | 10 | I    | 62 | 1.10            |      |      |      |   | 1.10           | 68.20         | 0.617           | 42.08      |
| 2054                                       | 10 | W    | 10 | 1.10            | 1.15 | 0.18 |      |   | 2.43           | 24.30         | 0.617           | 14.99      |
| 2055                                       | 10 | W    | 8  | 1.05            | 1.25 | 0.18 |      |   | 2.48           | 19.84         | 0.617           | 12.24      |
| GRADAS N+9.30 a N+12.20                    |    |      |    |                 |      |      |      |   |                |               |                 |            |
| 2019                                       | 14 | I    | 6  | 1.10            |      |      |      |   | 1.10           | 6.60          | 1.208           | 7.97       |
| 2020                                       | 14 | C    | 6  | 1.00            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.10           | 6.60          | 1.208           | 7.97       |
| 2021                                       | 14 | M    | 6  | 1.00            | 1.00 | 0.05 | 0.05 |   | 2.10           | 12.60         | 1.208           | 15.22      |
| 2022                                       | 14 | C    | 6  | 1.50            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.60           | 9.60          | 1.208           | 11.60      |
| 2023                                       | 14 | C    | 6  | 0.90            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.00           | 6.00          | 1.208           | 7.25       |
| 2024                                       | 14 | T    | 6  | 1.00            | 0.05 |      |      |   | 1.05           | 6.30          | 1.208           | 7.61       |
| 2025                                       | 12 | I    | 6  | 0.70            |      |      |      |   | 0.70           | 4.20          | 0.888           | 3.73       |
| 2026                                       | 12 | U    | 6  | 3.05            | 1.30 |      |      |   | 4.35           | 26.10         | 0.888           | 23.18      |
| 2027                                       | 12 | I    | 6  | 1.25            |      |      |      |   | 1.25           | 7.50          | 0.888           | 6.66       |
| 2028                                       | 12 | U    | 6  | 3.10            | 0.70 |      |      |   | 3.80           | 22.80         | 0.888           | 20.25      |
| 2056                                       | 10 | I    | 31 | 1.10            |      |      |      |   | 1.10           | 34.10         | 0.617           | 21.04      |
| 2057                                       | 10 | W    | 5  | 1.10            | 1.15 | 0.18 |      |   | 2.43           | 12.15         | 0.617           | 7.50       |
| 2058                                       | 10 | W    | 4  | 1.05            | 1.25 | 0.18 |      |   | 2.48           | 9.92          | 0.617           | 6.12       |
| GRADAS N+12.20 a N+15.10 N+15.10 a N+18.00 |    |      |    |                 |      |      |      |   |                |               |                 |            |
| 2029                                       | 14 | I    | 12 | 1.10            |      |      |      |   | 1.10           | 13.20         | 1.208           | 15.95      |
| 2030                                       | 14 | C    | 12 | 1.00            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.10           | 13.20         | 1.208           | 15.95      |
| 2031                                       | 14 | M    | 12 | 1.00            | 1.00 | 0.05 | 0.05 |   | 2.10           | 25.20         | 1.208           | 30.44      |
| 2032                                       | 14 | C    | 12 | 1.50            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.60           | 19.20         | 1.208           | 23.19      |
| 2033                                       | 14 | C    | 12 | 0.90            | 0.05 | 0.05 |      |   | 1.00           | 12.00         | 1.208           | 14.50      |
| 2034                                       | 14 | T    | 12 | 1.00            | 0.05 |      |      |   | 1.05           | 12.60         | 1.208           | 15.22      |
| 2035                                       | 12 | I    | 12 | 0.70            |      |      |      |   | 0.70           | 8.40          | 0.888           | 7.46       |
| 2036                                       | 12 | U    | 12 | 3.05            | 1.30 |      |      |   | 4.35           | 52.20         | 0.888           | 46.35      |
| 2037                                       | 12 | I    | 12 | 1.25            |      |      |      |   | 1.25           | 15.00         | 0.888           | 13.32      |
| 2038                                       | 12 | U    | 12 | 3.10            | 0.70 |      |      |   | 3.80           | 45.60         | 0.888           | 40.49      |
| 2059                                       | 10 | I    | 62 | 1.10            |      |      |      |   | 1.10           | 68.20         | 0.617           | 42.08      |
| 2060                                       | 10 | W    | 10 | 1.10            | 1.15 | 0.18 |      |   | 2.43           | 24.30         | 0.617           | 14.99      |
| 2061                                       | 10 | W    | 8  | 1.05            | 1.25 | 0.18 |      |   | 2.48           | 19.84         | 0.617           | 12.24      |
| DIAFRAGMAS                                 |    |      |    |                 |      |      |      |   |                |               |                 |            |

PLANILLA DE HIERROS

| MARCA                        | Ø  | TIPO | N   | DIMENSIONES (m) |      |      |               |      | L.PARCIAL<br>m | L. TOTAL<br>m | PESO/ML<br>Kg/m | PESO<br>Kg |
|------------------------------|----|------|-----|-----------------|------|------|---------------|------|----------------|---------------|-----------------|------------|
|                              |    |      |     | a               | b    | c    | d             | g    |                |               |                 |            |
| VIGAS NIVEL +20.82 TAPAGRADA |    |      |     |                 |      |      |               |      |                |               |                 |            |
| 1010                         | 14 | C    | 4   | 5.40            | 0.30 | 0.30 |               |      | 6.00           | 24.00         | 1.208           | 28.99      |
| 1011                         | 14 | C    | 8   | 1.50            | 0.30 | 0.30 |               |      | 2.10           | 16.80         | 1.208           | 20.29      |
| 1012                         | 12 | C    | 8   | 5.40            | 0.30 | 0.30 |               |      | 6.00           | 48.00         | 0.888           | 42.62      |
| 1013                         | 18 | C    | 2   | 9.50            | 0.30 | 0.30 |               |      | 10.10          | 20.20         | 0.998           | 20.16      |
| 1014                         | 18 | C    | 2   | 5.50            | 0.30 | 0.30 |               |      | 6.10           | 12.20         | 0.998           | 12.18      |
| 1015                         | 16 | C    | 2   | 1.50            | 0.30 | 0.30 |               |      | 2.10           | 4.20          | 0.578           | 2.43       |
| 1016                         | 14 | C    | 4   | 9.50            | 0.30 | 0.30 |               |      | 10.10          | 40.40         | 1.208           | 48.80      |
| 1017                         | 14 | L    | 4   | 3.95            | 0.30 |      |               |      | 4.25           | 17.00         | 1.208           | 20.54      |
| 1018                         | 14 | L    | 4   | 8.70            | 0.30 |      |               |      | 9.00           | 36.00         | 1.208           | 43.49      |
| 1019                         | 14 | C    | 4   | 2.40            | 0.30 | 0.30 |               |      | 3.00           | 12.00         | 1.208           | 14.50      |
| 1020                         | 14 | C    | 4   | 2.75            | 0.30 | 0.30 |               |      | 3.35           | 13.40         | 1.208           | 16.19      |
| 1021                         | 14 | C    | 4   | 2.50            | 0.30 | 0.30 |               |      | 3.10           | 12.40         | 1.208           | 14.98      |
| 1022                         | 12 | L    | 8   | 2.10            | 0.30 |      |               |      | 2.40           | 19.20         | 0.888           | 17.05      |
| 1023                         | 12 | L    | 8   | 11.00           | 0.30 |      |               |      | 11.30          | 90.40         | 0.888           | 80.28      |
| 1050                         | 10 | O    | 315 | 0.17            | 0.17 | 0.32 | 0.32 (2*0.12) | 0.24 | 1.22           | 384.30        | 0.617           | 237.11     |

| DIAMETRO | PESO     |
|----------|----------|
| 10       | 18037.62 |
| 12       | 4905.67  |
| 14       | 13671.77 |
| 16       | 4256.49  |
| 18       | 12615.55 |

TOTAL 53487.1018

ESPECIFICACIONES:

- LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.
- LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- LOS RECURBIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 400 cm (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
- EL RECURBIMIENTO EN PLINTOS ES 8 cm.
- EL CONSTRUCTOR SE REGISTRARÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
- REVISAR DEMÁS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA



HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
Cala. Sixto Duran, Calle Bugerets y Londres  
Cav. OPP01606 / 8866-149  
email: hmerino\_constructor@hotmail.com

PROPIETARIO

DISEÑO

PLINTOS VIGAS COLUMNAS

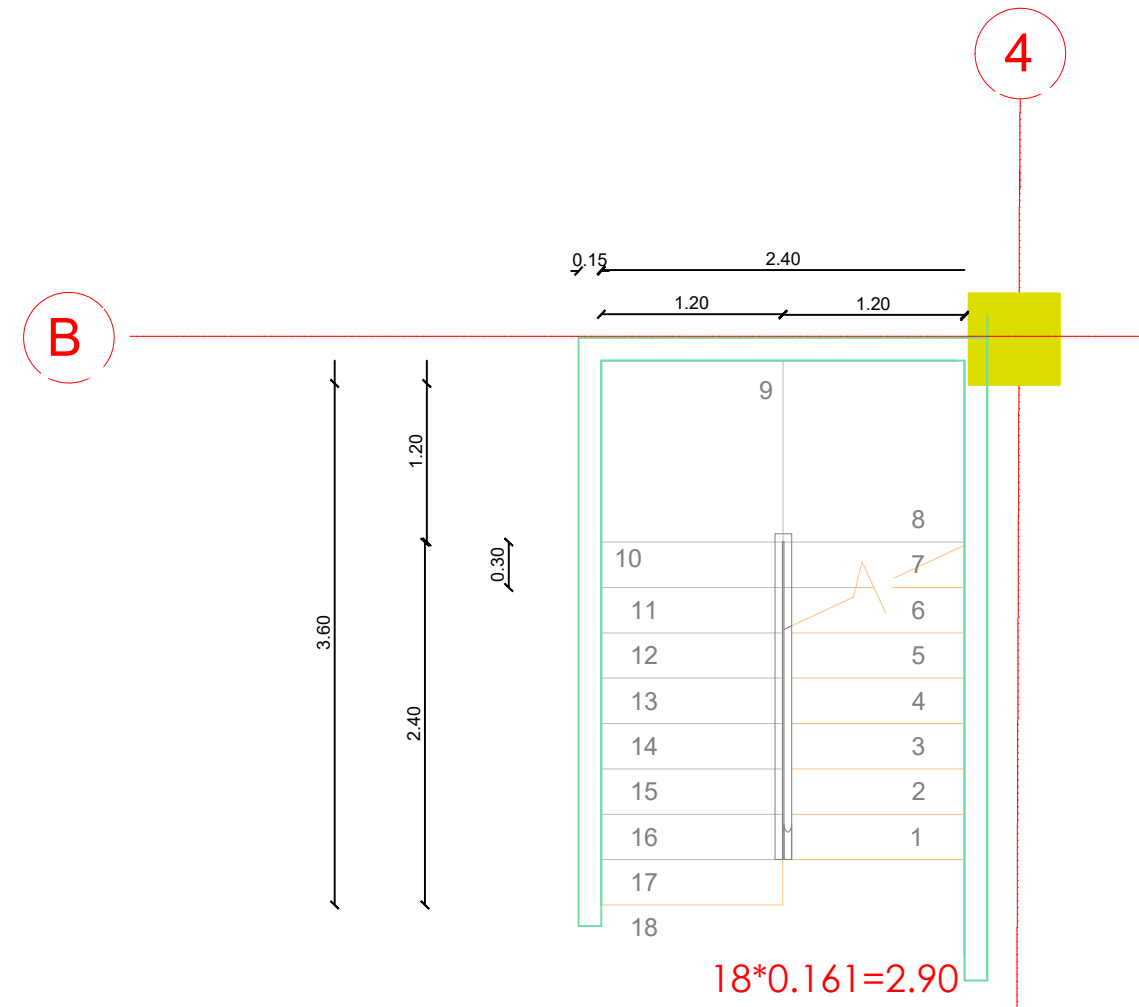
MARZO 2024

LAMINA ESTRUCTURAL

ESCALAS INDICADAS

UBICACIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA

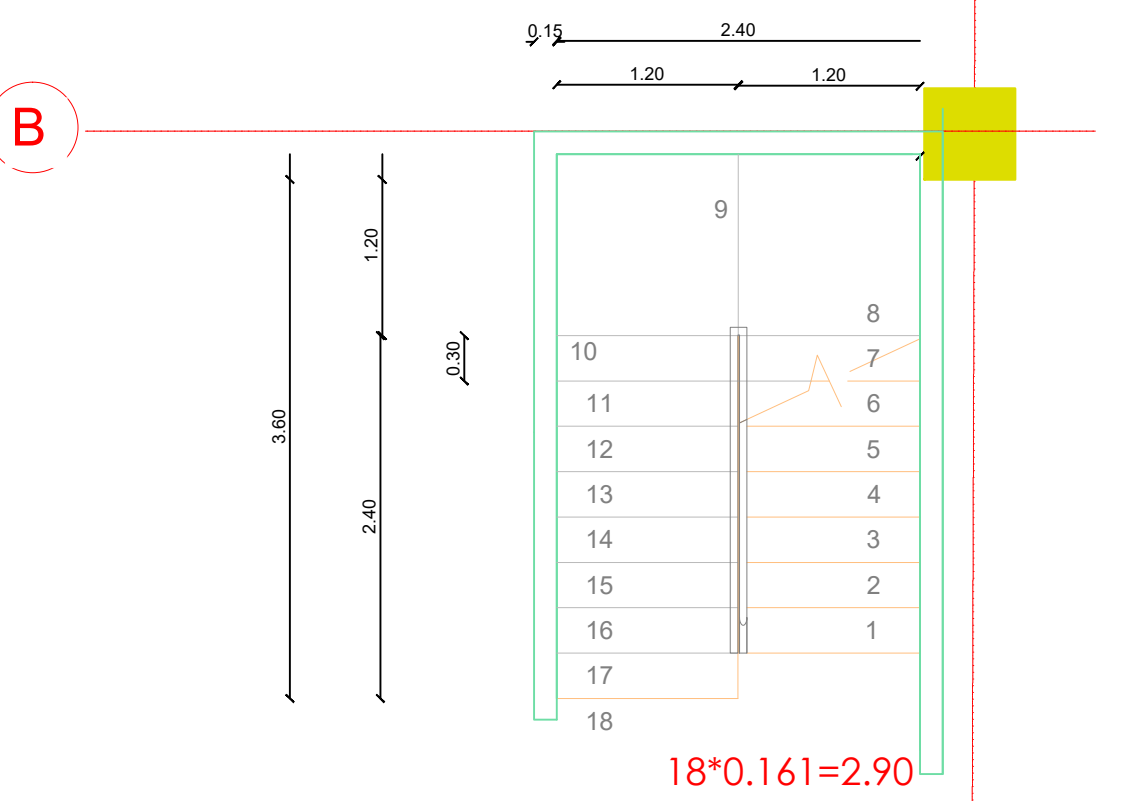
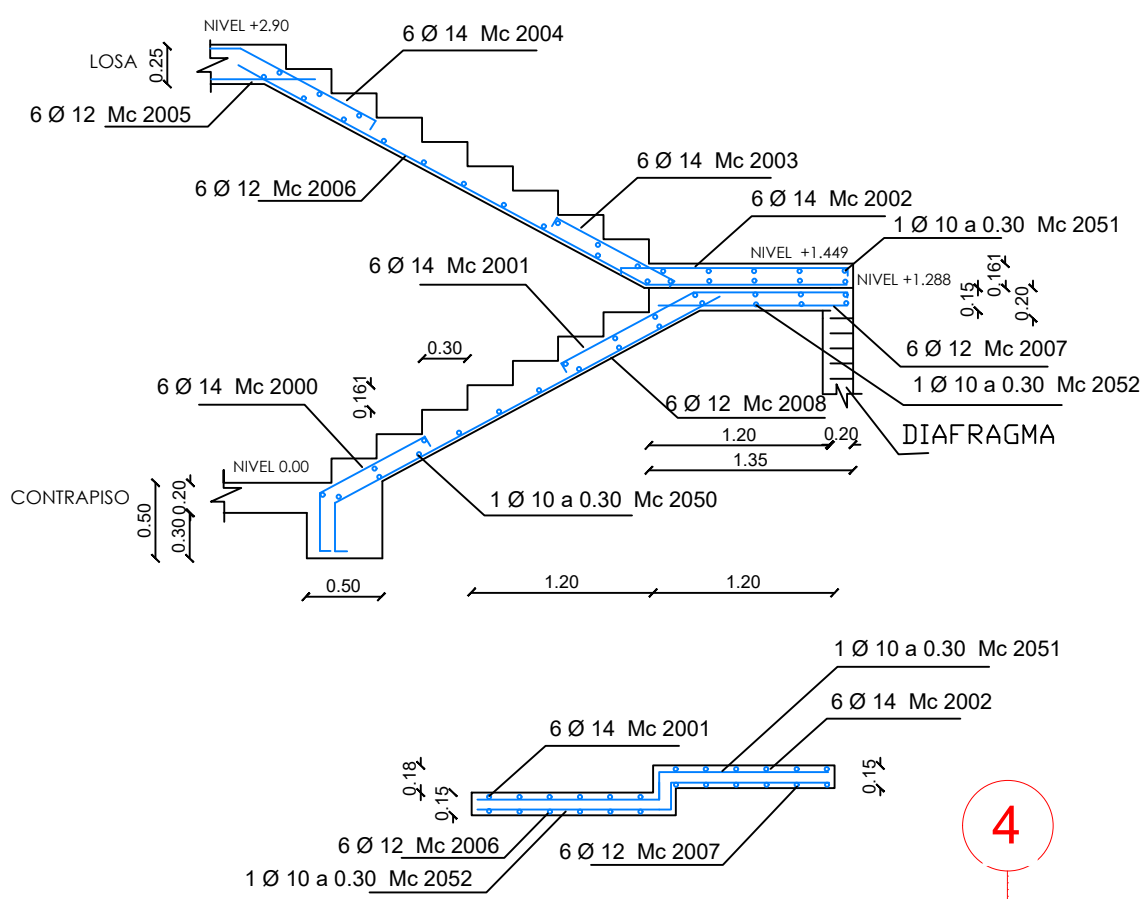




PLANTA ALTA 1

GRADAS NIVEL +0.00 a NIVEL +2.90

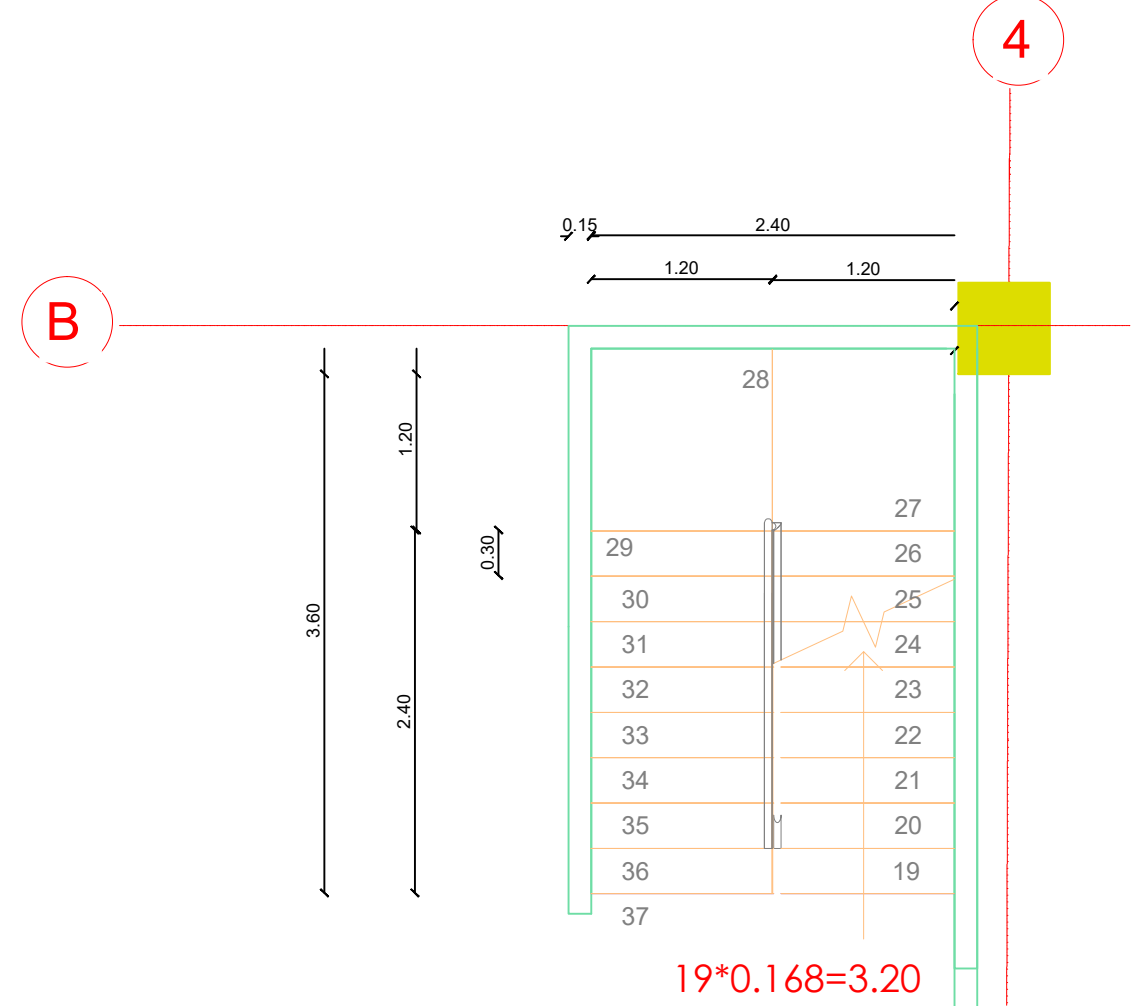
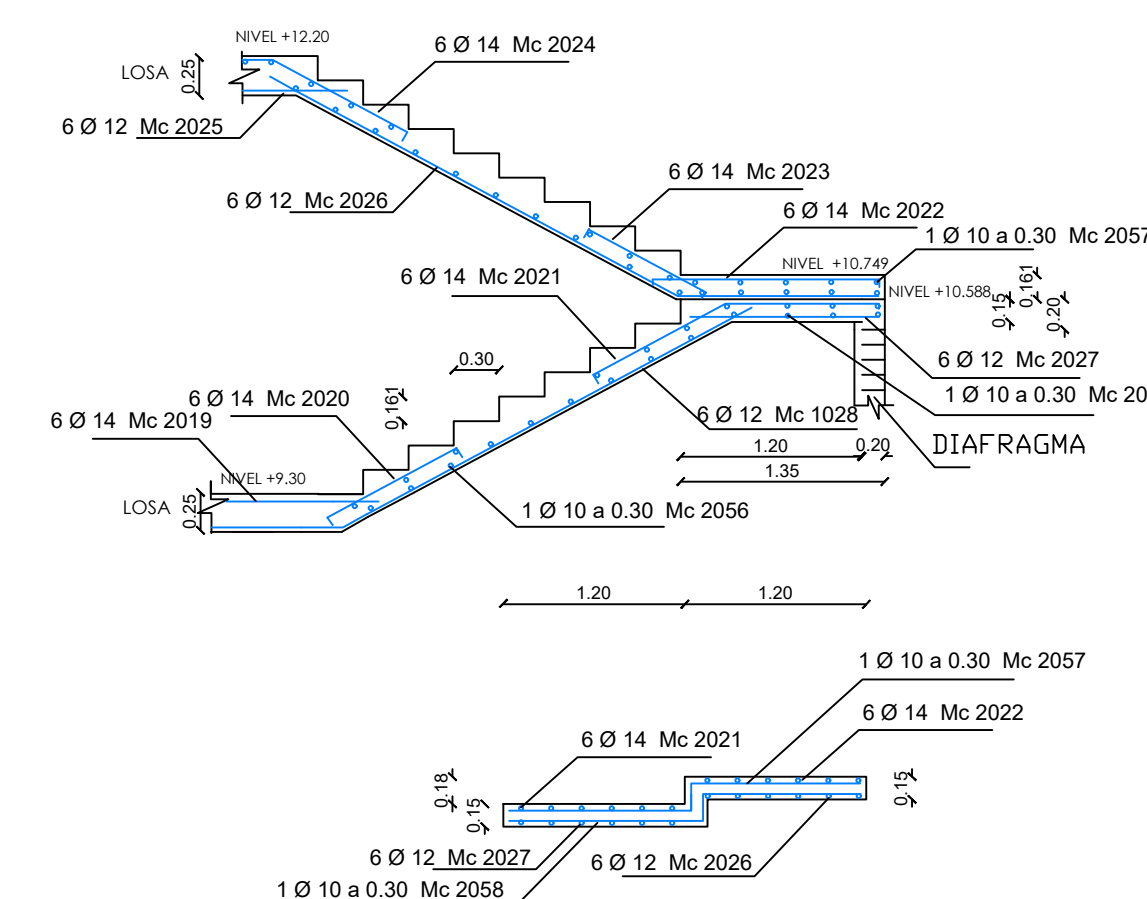
ESC H ----- 1:50



PLANTA ALTA 4

GRADAS NIVEL 9.30 a NIVEL +12.20

ESC H ----- 1:50

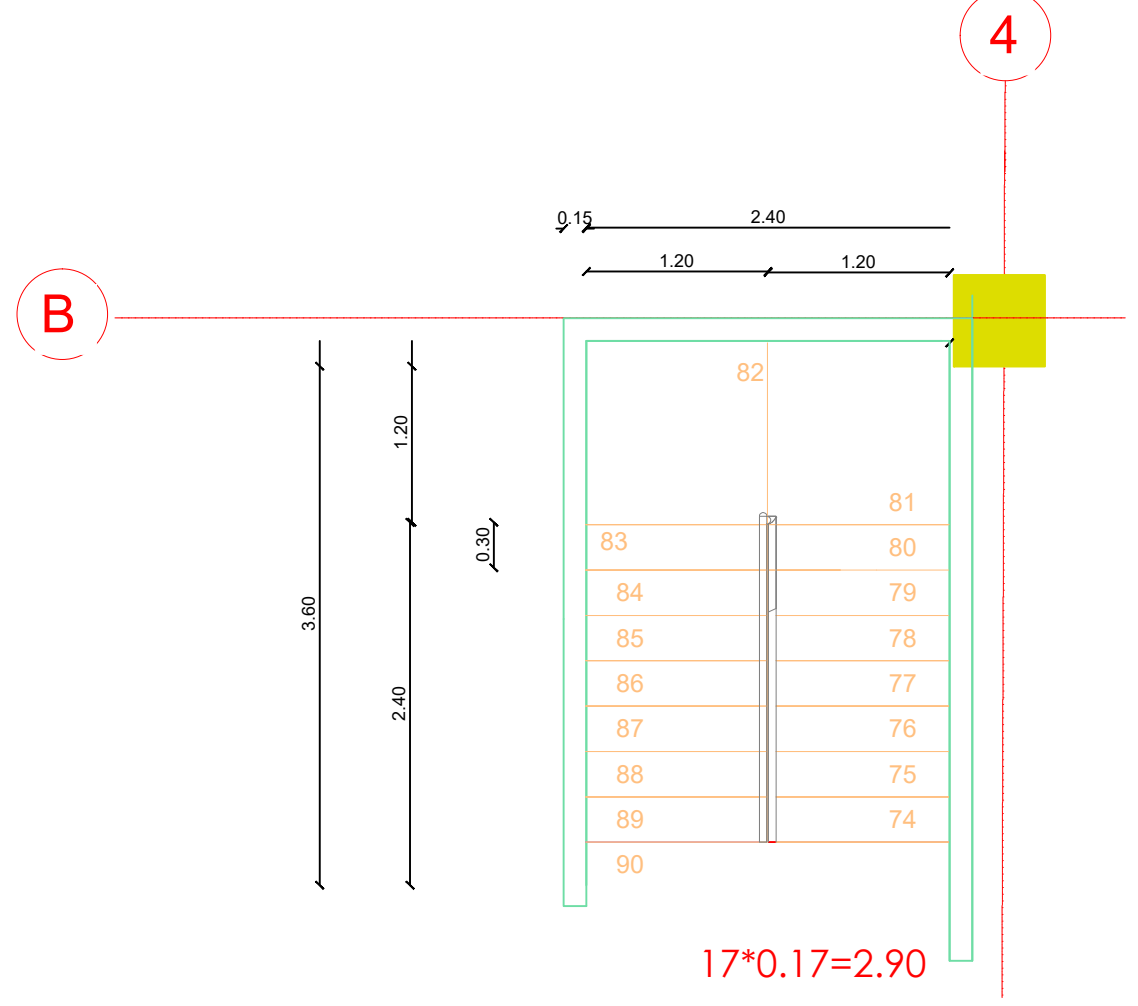
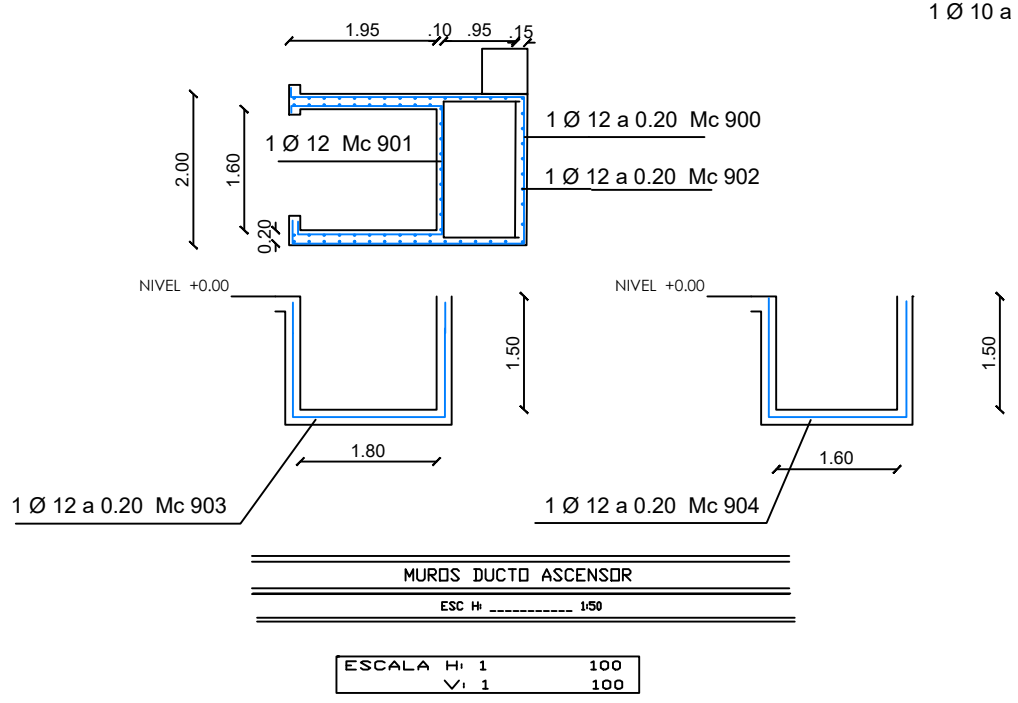
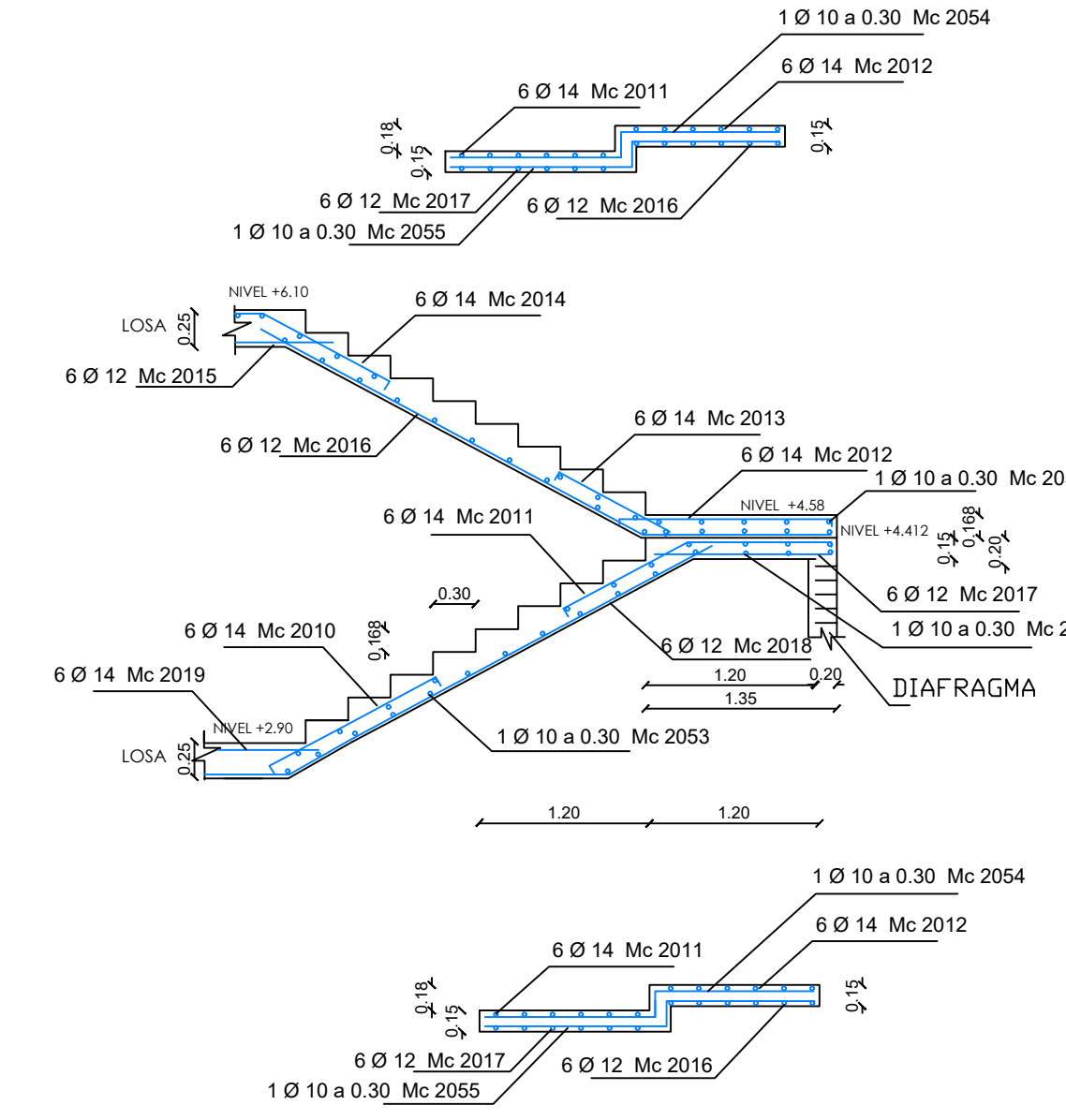
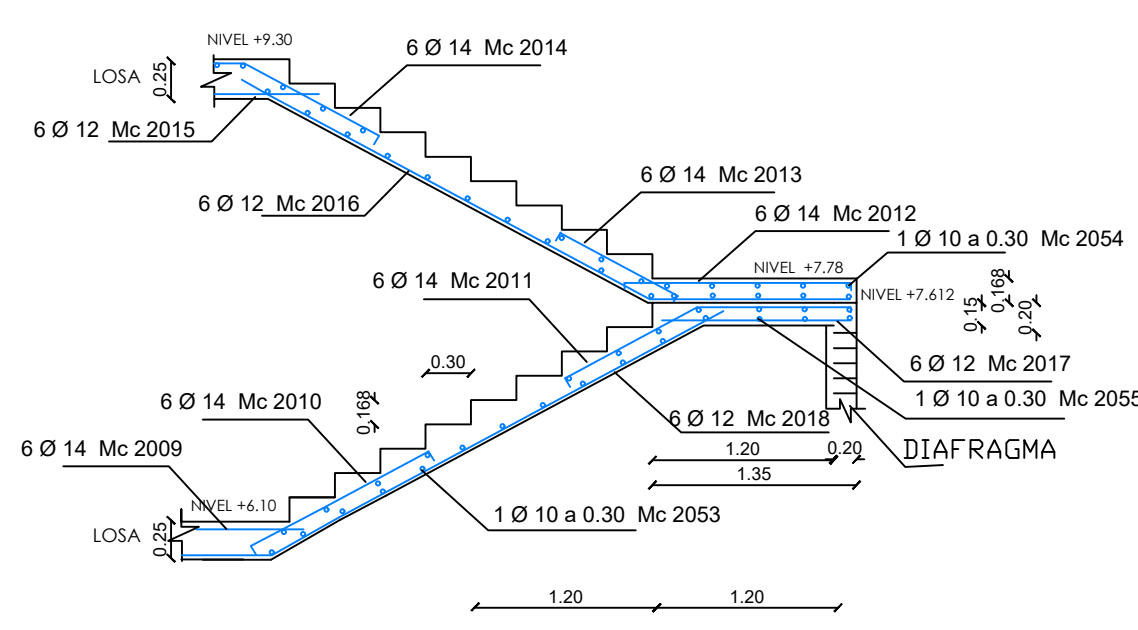


PLANTA ALTA 2-3

GRADAS NIVEL 2.90 a NIVEL +6.10

GRADAS NIVEL 6.10 a NIVEL +9.30

ESC H ----- 1:50

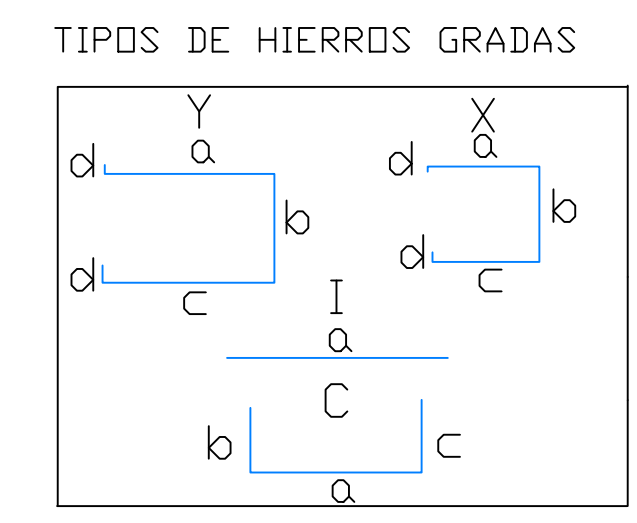
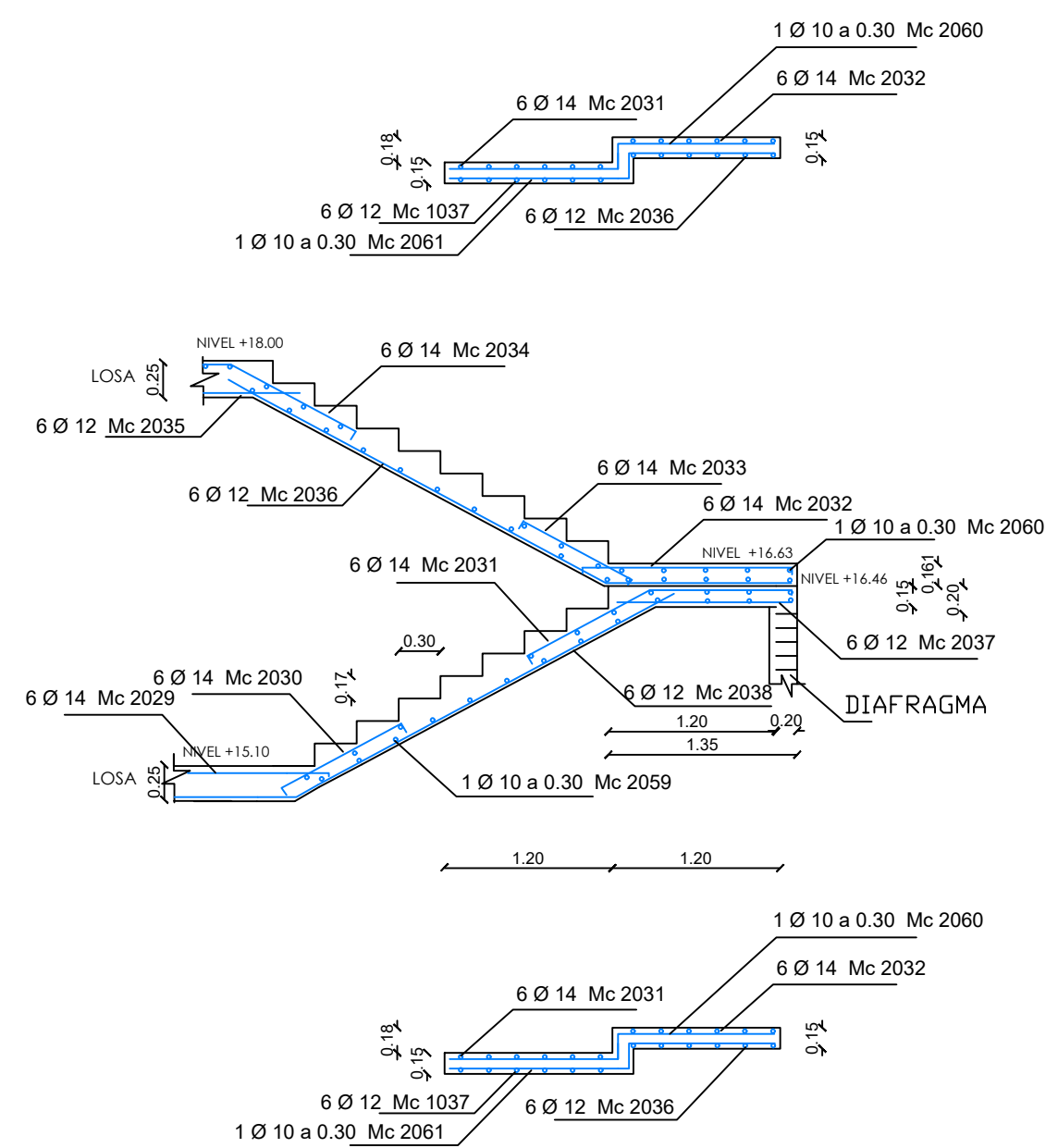
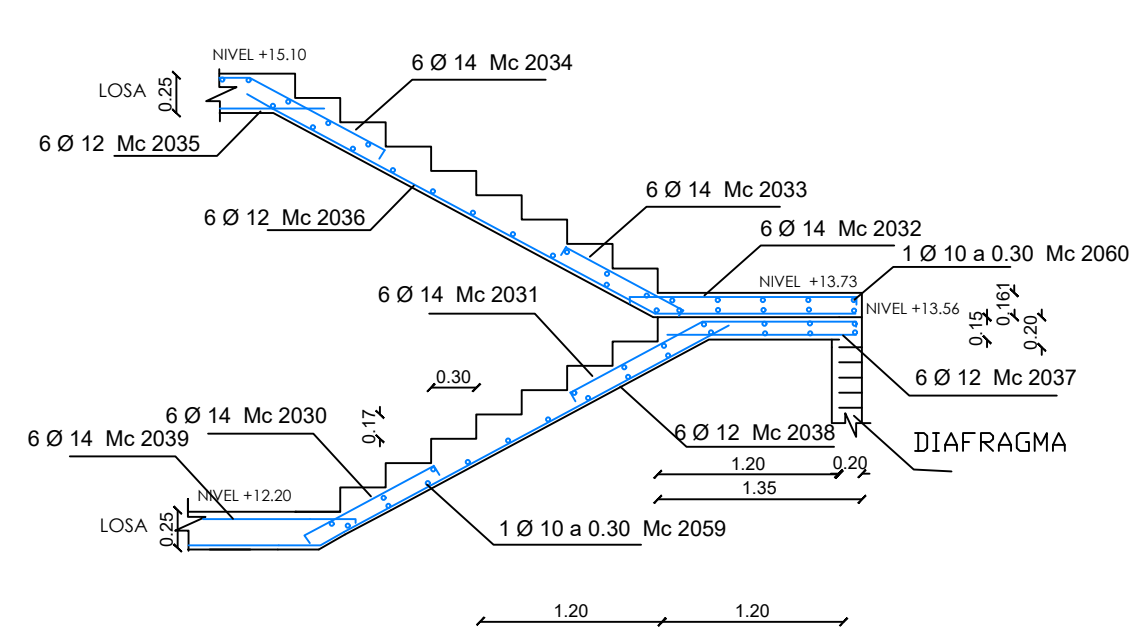


PLANTA ALTA 5 - 6

GRADAS NIVEL 12.20 a NIVEL +15.10

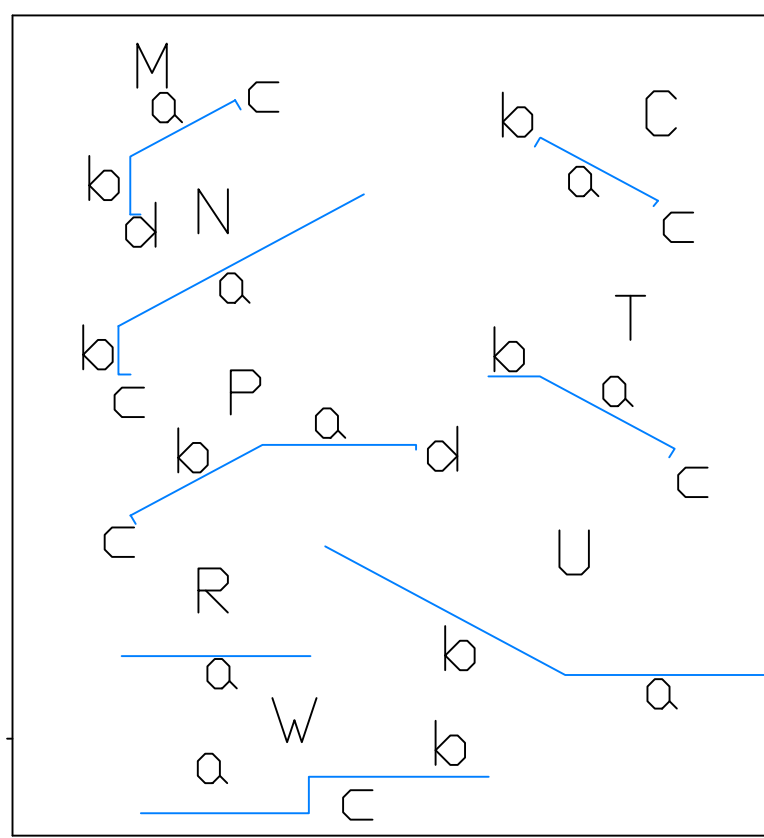
GRADAS NIVEL 15.10 a NIVEL +18.00

ESC H ----- 1:50



| PLANILLA DE HIERROS |    |      |     |                 |      |      |          |      |                |               |                 |            |
|---------------------|----|------|-----|-----------------|------|------|----------|------|----------------|---------------|-----------------|------------|
| MARCA               | Ø  | TIPO | N   | DIMENSIONES (m) |      |      |          |      | L.PARCIAL<br>m | L. TOTAL<br>m | PESO/ML<br>Kg/m | PESO<br>Kg |
|                     |    |      |     | a               | b    | c    | d        | g    |                |               |                 |            |
| MUROS ASCENSOR      |    |      |     |                 |      |      |          |      |                |               |                 |            |
| 900                 | 12 | Y    | 100 | 3.05            | 1.95 | 3.05 | (2*0.12) | 0.24 | 8.29           | 829.00        | 0.888           | 736.15     |
| 901                 | 12 | Y    | 100 | 1.95            | 1.95 | 1.95 | (2*0.12) | 0.24 | 6.09           | 609.00        | 0.888           | 540.79     |
| 902                 | 12 | I    | 69  | 22.50           |      |      |          |      | 22.50          | 1552.50       | 0.888           | 1378.62    |
| 903                 | 12 | C    | 7   | 2.00            | 1.50 | 1.50 |          |      | 5.00           | 35.00         | 0.888           | 31.08      |
| 904                 | 12 | C    | 9   | 1.80            | 1.50 | 1.50 |          |      | 4.80           | 43.20         | 0.888           | 38.36      |

TIPOS DE HIERROS GRADAS



ESPECIFICACIONES:

1. LA RESISTENCIA CILINDRICA DEL HORMIGÓN SERÁ  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DIAS.
2. LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA DE LAS VARILLAS CORRUGADAS SERÁ  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
3. LOS RECUBRIMIENTOS EN HIERROS SERÁN DE 4.00 cm (MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA VARILLA) PARA LAS VIGAS Y COLUMNAS.
4. EL RECUBRIMIENTO EN PLINTOS ES 8 cm
5. EL CONSTRUCTOR SE REGISTRARÁ A TODAS LAS NORMAS DICTADAS POR EL INEN Y LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15).
6. REVISAR DEMÁS ESPECIFICACIONES EN LA MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO TORRE PICHINCHA



HUGO MERINO GARZON  
INGENIERO CIVIL  
Cota. Sixto Duran, Calle Bugre y Londres  
Cel. 0993161666 / 2656-145  
Email: hmerino\_constructor@hotmail.com

PROPIETARIO  
DISEÑO

PLINTOS VIGAS COLUMNAS

LAMINA ESTRUCTURAL

UBICACIÓN: CALLE PICHINCHA No 11-15 RIOBAMBA

MARZO 2024

ESCALAS INDICADAS

**ANEXO B – DESARROLLO DE RÓTULAS PLÁSTICAS,  
SEGÚN LA NORMATIVA ASCE/SEI 41-17.**

## Diagrama Simplificado Momento - Rotación /Rotulas plasticas en COLUMNAS

### LUMNA P1 - C24

|       |   |    |
|-------|---|----|
| b(cm) | = | 60 |
| h(cm) | = | 60 |

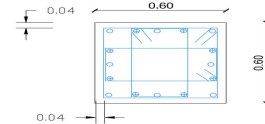
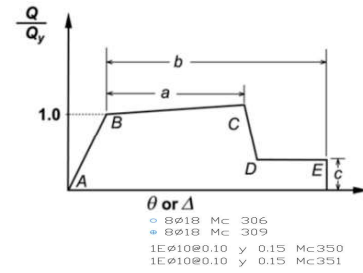
|        |   |    |
|--------|---|----|
| d'(cm) | = | 5  |
| d(cm)  | = | 55 |

|                                      |   |        |
|--------------------------------------|---|--------|
| My (tn-m)                            | = | 42.58  |
| Vs (tn)                              | = | 72.571 |
| f'c(kg/cm <sup>2</sup> )             | = | 210    |
| f <sub>y</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | = | 4200   |

|                       |   |      |
|-----------------------|---|------|
| As'(cm <sup>2</sup> ) | = | 20.4 |
| As(cm <sup>2</sup> )  | = | 20.4 |
| Av(cm <sup>2</sup> )  | = | 3.1  |
| s(cm)                 | = | 10.0 |

|                                        |   |          |
|----------------------------------------|---|----------|
| P (Ton)                                | = | 60.84    |
| As <sub>L</sub> (cm <sup>2</sup> )     | = | 40.715   |
| NUD (kg)                               | = | 60840    |
| f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )   | = | 210      |
| f <sub>y</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )   | = | 4200     |
| Av(cm <sup>2</sup> )                   | = | 3.1416   |
| b (cm)                                 | = | 60.00    |
| d (cm)                                 | = | 55       |
| Ag (cm <sup>2</sup> )                  | = | 3600     |
| Ro <sub>t</sub>                        | = | 0.001    |
| Ro <sub>i</sub>                        | = | 0.0113   |
| E (kg/cm)                              | = | 21530500 |
| f <sub>ce</sub> (kg/cm)                | = | 210      |
| f <sub>ytE</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | = | 4200     |
| f <sub>ylE</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | = | 4200     |

|                         |   |       |
|-------------------------|---|-------|
| Es(kg/cm <sup>2</sup> ) | = | 2E+06 |
| β <sub>1</sub>          | = | 0.85  |



$$\left( \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} \right) 0.0805$$

$$\frac{V_{yE}}{V_{ColOE}} = 0.465$$

| Angulo de Rotación Plastica |       |
|-----------------------------|-------|
| a                           | b     |
| 0.0284                      | 0.039 |
| OK                          | OK    |

| Performance level |        |       |
|-------------------|--------|-------|
| IO                | LS     | CP    |
| 0.0043            | 0.0193 | 0.027 |
| OK                |        |       |

| Valores de Momento - Rotación |             |               |
|-------------------------------|-------------|---------------|
| Condición                     | θ (Rad/m)   | Momento (T-m) |
| Inicial                       | 0           | 0             |
| Estado de fluencia            | 0.000885064 | 42.58         |
| Estado ultimo                 | 0.029329346 | 75.6507       |
| Estado Residual               | 0.029329346 | 8.84853       |
| Estado de Colapso             | 0.03950723  | 8.84853       |

| Valores de Momento - Rotación |             |           |
|-------------------------------|-------------|-----------|
| Condición                     | Rotation/SF | Moment/SF |
| Inicial                       | 0           | 0         |
| Estado de fluencia            | 0           | 1         |
| Estado ultimo                 | 0.028444    | 1.78      |
| Estado Residual               | 0.028444    | 0.21      |
| Estado de Colapso             | 0.038622    | 0.21      |

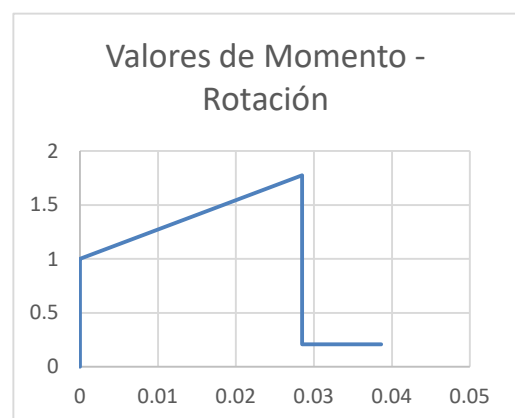
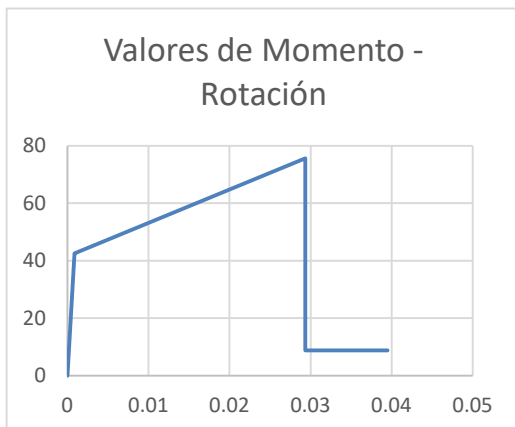


Table 10-8. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Columns Other Than Circular with Spiral Reinforcement or Seismic Hoops as Defined in ACI 318

| Modeling Parameters                                                                                                                                                     | Acceptance Criteria              |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                                                                                                                         | Plastic Rotation Angle (radians) |           |           |
|                                                                                                                                                                         | Performance Level                |           |           |
| Plastic Rotation Angles, $a$ and $b$ (radians)<br>Residual Strength Ratio, $c$                                                                                          | IO                               | LS        | CP        |
| Columns not controlled by inadequate development or splicing along the clear height <sup>a</sup>                                                                        |                                  |           |           |
| $a = \left( 0.042 - 0.043 \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} + 0.63 \rho_t - 0.023 \frac{V_{yE}}{V_{Co/OE}} \right) \geq 0.0$                                                   | 0.15 $a$<br>$\leq 0.005$         | 0.5 $b^b$ | 0.7 $b^b$ |
| For $\frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} \leq 0.5$ $\left\{ b = \frac{0.5}{5 + \frac{N_{UD}}{0.8 A_g f'_{cE}} \frac{1}{\rho_t} \frac{f'_{cE}}{f_{ytE}}} - 0.01 \geq a^a \right.$ |                                  |           |           |
| $c = 0.24 - 0.4 \frac{N_{UD}}{A_g f'_{cE}} \geq 0.0$                                                                                                                    |                                  |           |           |

|    |   |       |       |
|----|---|-------|-------|
| My | = | 42.58 | Ton-m |
| L  | = | 2.9   | m     |

acion de Fluencia

|    |   |        |     |
|----|---|--------|-----|
| I  | = | 0.0108 | m4  |
| Ec | = | 2E+06  | T/m |
| EI | = | 23253  |     |

$$\theta_Y = \frac{L M_Y}{6 EI}$$

|            |   |        |     |
|------------|---|--------|-----|
| $\theta_Y$ | = | 0.0009 | rad |
|------------|---|--------|-----|

$$\theta_U = \theta_Y + a :$$

|            |   |        |     |
|------------|---|--------|-----|
| $\theta_U$ | = | 0.0293 | rad |
|------------|---|--------|-----|

$$M_U = M_Y + 0.05 EI (\theta_U - \theta_Y)$$

|    |   |        |       |
|----|---|--------|-------|
| Mu | = | 75.651 | Ton-m |
|----|---|--------|-------|

$$M_R = c M_Y$$

|    |   |        |       |
|----|---|--------|-------|
| MR | = | 8.8485 | Ton-m |
|----|---|--------|-------|

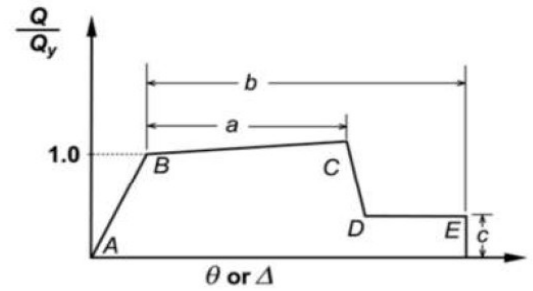
$$\theta_R = \theta_Y + b$$

|            |   |        |     |
|------------|---|--------|-----|
| $\theta_R$ | = | 0.0395 | rad |
|------------|---|--------|-----|

# Diagrama Simplificado Momento - Rotación /Rotulas plasticas en MUROS DE CORTE

## M3-PROMEDIO

|             |   |          |            |   |          |
|-------------|---|----------|------------|---|----------|
| b(cm)       | = | 20       | d'(cm)     | = | 5        |
| h(cm)       | = | 270      | d(cm)      | = | 265      |
| My (tn-m)   | = | 174.4367 | As'(cm2)   | = | 20.35752 |
| V2 (tn)     | = | 1.34     | As(cm2)    | = | 20.35752 |
| V3 (tn)     | = | 0.01     | Av(cm2)    | = | 2.261947 |
| Vs (tn)     | = | 125.88   | s(cm)      | = | 20       |
|             |   | 96.08    |            |   |          |
|             |   | 223.46   |            |   |          |
| f'c(kg/cm2) | = | 210      | Es(kg/cm2) | = | 2000000  |
| fy(kg/cm2)  | = | 4200     | β1         | = | 0.85     |



## Carga Axial

$$\frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y + P}{t_w L_w f_c} \quad \text{P (Ton)} = 36.63$$

$$0.03 \leq 0.10$$

## Fuerza Cortante

$$\frac{V_1}{t_w L_w \sqrt{f_c}} \quad 0.065669 \leq 4$$

## Confined Boundary

$$\frac{3/8''}{8 d_b} \quad s \leq \frac{d}{3} y \quad V_s > \frac{3}{4} V_2$$

|                             |   |          |
|-----------------------------|---|----------|
| 0.37795296                  | < | 7.874016 |
| No Se Consideran Confinados |   | No       |

$$\frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y + P}{t_w L_w f_c} \leq 0.1$$

$$\frac{V_2}{b \cdot d \sqrt{f_c}} \leq 4$$

Confined Boundary  
No

| Angulo de Rotacion Plastica |       | Rotacion Plastica | Performance level |       |       |
|-----------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|-------|
| a                           | b     | c                 | IO                | LS    | CP    |
| 0.008                       | 0.015 | 0.6               | 0.002             | 0.008 | 0.015 |

## Valores de Momento - Rotación

| Condición          | θ (Rad/m)   | Momento (T-m) |
|--------------------|-------------|---------------|
| Inicial            | 0           | 0             |
| Estado de fluencia | 0.000119369 | 174.436667    |
| Estado ultimo      | 0.008119369 | 456.959877    |
| Estado Residual    | 0.008119369 | 104.662       |
| Estado de Colapso  | 0.015119369 | 104.662       |

## Valores de Momento - Rotación

| Condición          | Rotation/SF | Moment/SF |
|--------------------|-------------|-----------|
| Inicial            | 0           | 0         |
| Estado de fluencia | 0           | 1         |
| Estado ultimo      | 0.008       | 2.62      |
| Estado Residual    | 0.008       | 0.60      |
| Estado de Colapso  | 0.015       | 0.60      |

|                      |   |          |     |
|----------------------|---|----------|-----|
| My                   | = | 174.4367 | T*m |
| L                    | = | 2.9      | m   |
| Rotacion de Fluencia |   |          |     |
| I                    | = | 0.32805  | m4  |
| Ec                   | = | 2153050  | T/m |
| EI                   | = | 706308.1 |     |

$$\theta_Y = \frac{L M_Y}{6 EI}$$

|    |   |          |     |
|----|---|----------|-----|
| θY | = | 0.000119 | rad |
|----|---|----------|-----|

$$\theta_U = \theta_Y + \alpha :$$

|    |   |          |     |
|----|---|----------|-----|
| θU | = | 0.008119 | rad |
|----|---|----------|-----|

$$M_U = M_Y + 0.05 EI (\theta_U - \theta_Y)$$

|    |   |          |       |
|----|---|----------|-------|
| Mu | = | 456.9599 | Ton-m |
|----|---|----------|-------|

$$M_R = c M_Y$$

|    |   |         |       |
|----|---|---------|-------|
| MR | = | 104.662 | Ton-m |
|----|---|---------|-------|

$$\theta_R = \theta_Y + b$$

|    |   |          |     |
|----|---|----------|-----|
| θR | = | 0.015119 | rad |
|----|---|----------|-----|



## Diagrama Simplificado Momento - Rotación /Rotulas plasticas en VIGAS - PISO 1 - V30X50

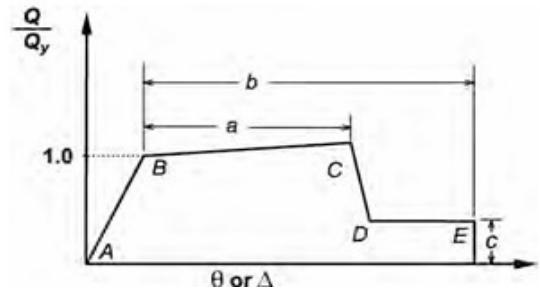
### VIGA P1 - B12

|       |   |    |        |   |    |
|-------|---|----|--------|---|----|
| b(cm) | = | 30 | d'(cm) | = | 5  |
| h(cm) | = | 50 | d(cm)  | = | 45 |

|           |   |          |                       |   |          |
|-----------|---|----------|-----------------------|---|----------|
| My (tn-m) | = | 24.04732 | As'(cm <sup>2</sup> ) | = | 10.17876 |
| Vp (tn)   | = | 8.5262   | As(cm <sup>2</sup> )  | = | 6.157522 |

|                          |   |      |                         |   |         |
|--------------------------|---|------|-------------------------|---|---------|
| f'c(kg/cm <sup>2</sup> ) | = | 210  | Es(kg/cm <sup>2</sup> ) | = | 2000000 |
| fy(kg/cm <sup>2</sup> )  | = | 4200 | β <sub>1</sub>          | = | 0.85    |

|   |   |         |    |   |          |
|---|---|---------|----|---|----------|
| p | = | 0.00754 | p' | = | 0.004561 |
|---|---|---------|----|---|----------|



|      |   |         |
|------|---|---------|
| pbal | = | 0.02125 |
|------|---|---------|

Refuerzo transversal:

|          |   |   |
|----------|---|---|
| 0.140174 | ≥ | 0 |
|----------|---|---|

|          |   |       |
|----------|---|-------|
| 10.00    | < | 15.00 |
| Conforme |   |       |

|        |   |             |                 |
|--------|---|-------------|-----------------|
| Av     | = | 1.570796327 | cm <sup>2</sup> |
| s(cm)  | = | 10          |                 |
| Vs(tn) | = | 29.68805058 |                 |

|         |   |      |
|---------|---|------|
| 0.13649 | ≤ | 0.25 |
|---------|---|------|

|           |   |         |
|-----------|---|---------|
| 29.688051 | > | 6.39465 |
| Conforme  |   |         |

C

|    | Refuerzo Transversal |       | Angulo de Rotacion Plastica |      | Angulo de Rotacion Plastica | Performance level |       |      |
|----|----------------------|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|-------------------|-------|------|
|    |                      |       | a                           | b    |                             | IO                | LS    | CP   |
| ≥0 | C                    | ≤0.25 | 0.025                       | 0.05 | 0.2                         | 0.01              | 0.025 | 0.05 |

| Valores de Momento - Rotación |             |               |
|-------------------------------|-------------|---------------|
| Condición                     | θ (Rad/m)   | Momento (T-m) |
| Inicial                       | 0           | 0             |
| Estado de fluencia            | 0.002859253 | 24.04732097   |
| Estado ultimo                 | 0.027859253 | 32.45767253   |
| Estado Residual               | 0.027859253 | 4.809464193   |
| Estado de Colapso             | 0.052859253 | 4.809464193   |

| Valores de Momento - Rotación |             |           |
|-------------------------------|-------------|-----------|
| Condición                     | Rotation/SF | Moment/SF |
| Inicial                       | 0           | 0         |
| Estado de fluencia            | 0           | 1         |
| Estado ultimo                 | 0.025       | 1.35      |
| Estado Residual               | 0.025       | 0.20      |
| Estado de Colapso             | 0.05        | 0.20      |

|    |   |        |
|----|---|--------|
| ey | = | 0.0021 |
| eu | = | 0.003  |
| e0 | = | 0.002  |
| ec | = | 0.002  |

Deformacion de fluencia del acero

Deformacion ultima

Deformacion de resistencia max de hormigon

Deformacion de Acero a Compresion ec debe ser menor a eu

|         |   |          |
|---------|---|----------|
| Bc      | = | 0.111111 |
| gamma_y | = | 1.05     |
| n       | = | 0.365854 |
| no      | = | 0        |
| Pt      | = | 0.150796 |
| Pt'     | = | 0.091223 |
| gamma_c | = | 0.73545  |
| c2      | = | 1.45418  |
| k       | = | 0.301564 |

ok

|    |   |          |       |
|----|---|----------|-------|
| My | = | 1633340  | kg*cm |
| My | = | 24.04732 | T*m   |

|            |   |          |     |
|------------|---|----------|-----|
| $\theta Y$ | = | 0.002859 | rad |
| $\theta U$ | = | 0.027859 | rad |
| $\theta R$ | = | 0.052859 | rad |

|   |   |     |   |
|---|---|-----|---|
| L | = | 4.8 | m |
|---|---|-----|---|

Rotacion de Fluencia

|    |   |            |                |
|----|---|------------|----------------|
| I  | = | 0.003125   | m <sup>4</sup> |
| Ec | = | 2153050    | T/m            |
| EI | = | 6728.28125 |                |

|    |   |             |     |
|----|---|-------------|-----|
| Mu | = | 32.45767253 | T*m |
| MR | = | 4.809464193 | T*m |

**ANEXO C – RESPUESTAS TABULADAS DE TODOS LOS  
ANÁLISIS.**

Tabulacion de mosaico de cargas y masas de la estructura Base.

| SECCION | VIGA | BASE (m) | ALTURA (m) | LONGITUD(m) | DEAD (Ton/m) | LIVE (Ton/m) | PP (Ton/m) | CARGA MODELO (Ton*m) |
|---------|------|----------|------------|-------------|--------------|--------------|------------|----------------------|
| V30X45  | A12  | 0.3      | 0.45       | 4.8         | 1.5          | 0.4          | 0.3        | 2.0                  |
| V30X45  | A23  | 0.3      | 0.45       | 6.5         | 1.5          | 0.4          | 0.3        | 2.0                  |
| V30X45  | A34  | 0.3      | 0.45       | 4.9         | 1.5          | 0.4          | 0.3        | 2.0                  |
| V30X50  | B12  | 0.3      | 0.5        | 4.8         | 1.5          | 0.4          | 0.3        | 2.0                  |
| V30X50  | B23  | 0.3      | 0.5        | 6.5         | 1.5          | 0.4          | 0.3        | 2.0                  |
| V30X50  | B34  | 0.3      | 0.5        | 4.9         | 1.5          | 0.4          | 0.3        | 2.0                  |
| V30X50  | C12  | 0.3      | 0.5        | 4.8         | 1.7          | 0.4          | 0.3        | 2.2                  |
| V30X50  | C23  | 0.3      | 0.5        | 6.5         | 2.2          | 0.6          | 0.3        | 2.8                  |
| V30X50  | C34  | 0.3      | 0.5        | 4.9         | 1.2          |              | 0.3        | 1.2                  |
| V30X45  | D12  | 0.3      | 0.45       | 4.8         | 2.1          | 0.5          | 0.3        | 2.7                  |
| V30X45  | D23  | 0.3      | 0.45       | 6.5         | 2.0          | 0.5          | 0.3        | 2.6                  |
| V30X45  | D34  | 0.3      | 0.45       | 4.9         | 0            | 0            | 0.3        | 0                    |
| V25X40  | 1AB  | 0.2      | 0.4        | 4.3         | 1.5          | 0.43         | 0.2        | 2.0                  |
| V25X40  | 1BC  | 0.2      | 0.4        | 5           | 1.1          |              | 0.2        | 1.1                  |
| V25X40  | 1CD  | 0.2      | 0.4        | 6           | 1.7          | 0.4          | 0.2        | 2.1                  |
| V25X40  | 1DV  | 0.2      | 0.4        | 1.1         | 0.3          | 0.01         | 0.2        | 0.4                  |
| V30X50  | 2AB  | 0.3      | 0.5        | 4.3         | 3.1          | 0.8          | 0.3        | 4.0                  |
| V30X50  | 2BC  | 0.3      | 0.5        | 5           | 2.2          |              | 0.3        | 2.2                  |
| V30X50  | 2CD  | 0.3      | 0.5        | 6           | 3.4          | 0.9          | 0.3        | 4.4                  |
| V30X50  | 2DV  | 0.3      | 0.5        | 1.1         | 0.7          | 0.02         | 0.3        | 0.81                 |
| V30X50  | 3AB  | 0.3      | 0.5        | 4.38        | 3.1          | 0.8          | 0.3        | 4.0                  |
| V30X50  | 3BC  | 0.3      | 0.5        | 5           | 1.2          |              | 0.3        | 1.2                  |
| V30X50  | 3CD  | 0.3      | 0.5        | 6           | 2.1          | 0.6          | 0.3        | 2.7                  |
| V25X40  | 4AB  | 0.2      | 0.4        | 4.3         | 1.5          | 0.4          | 0.2        | 2.0                  |
| V25X40  | 4BC  | 0.2      | 0.4        | 5           | 0.05         |              | 0.2        | 0.05                 |
| V25X40  | 4CD  | 0.2      | 0.4        | 6           | 0            | 0            | 0.2        | 0                    |

| Nivel  | Diafragma | Masa X<br>kgf-<br>s <sup>2</sup> /cm | Masa Y<br>kgf-<br>s <sup>2</sup> /cm | Momento de Inercia<br>de Masa<br>kgf-cm-s <sup>2</sup> | X Centro de<br>Masa<br>cm | Y Centro de<br>Masa<br>cm |
|--------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Nivel7 | D7        | 44.7                                 | 44.7                                 | 10136921.8                                             | 1379.0                    | 663.7                     |
| Nivel6 | D6        | 273.5                                | 273.5                                | 159475684.8                                            | 818.5                     | 914.3                     |
| Nivel5 | D5        | 286.3                                | 286.3                                | 169096240.2                                            | 802.8                     | 921.0                     |
| Nivel4 | D4        | 288.4                                | 288.4                                | 172312436.4                                            | 813.2                     | 914.5                     |
| Nivel3 | D3        | 292.9                                | 292.9                                | 175668528.0                                            | 811.6                     | 907.7                     |
| Nivel2 | D2        | 292.7                                | 292.7                                | 175326587.9                                            | 813.1                     | 914.6                     |
| Nivel1 | D1        | 269.5                                | 269.5                                | 152247134.7                                            | 804.6                     | 870.0                     |

Tabulación del Diseño de los Disipadores de Energía.

| # Nivel | Disipadores Viscosos |                    |      |      |      |      |
|---------|----------------------|--------------------|------|------|------|------|
|         | Diagonal             | Fuerza Axial [Ton] |      |      |      | Max  |
| Nivel 6 | 1                    | 21.6               | 20.4 | 33.3 | 21.1 | 33.3 |
|         | 2                    | 23.1               | 18.1 | 27.1 | 30.6 | 30.6 |
| Nivel 5 | 3                    | 27.1               | 32.6 | 46.8 | 23.4 | 46.8 |
|         | 4                    | 34.2               | 29.2 | 41.3 | 44.0 | 44.0 |
| Nivel 4 | 5                    | 39.0               | 45.5 | 60.0 | 59.2 | 60.0 |
|         | 6                    | 45.3               | 42.7 | 55.7 | 45.9 | 55.7 |
| Nivel 3 | 7                    | 51.3               | 59.2 | 72.8 | 51.7 | 72.8 |
|         | 8                    | 58.0               | 57.7 | 69.5 | 56.0 | 69.5 |
| Nivel 2 | 9                    | 61.5               | 68.3 | 81.0 | 58.1 | 81.0 |
|         | 10                   | 64.5               | 66.9 | 79.0 | 61.1 | 79.0 |
| Nivel 1 | 11                   | 51.7               | 56.3 | 68.2 | 54.1 | 68.2 |
|         | 12                   | 51.3               | 56.3 | 67.6 | 54.0 | 67.6 |

| # Nivel | Diagonal | Disipador Elegido [Ton] | c [Ton-(s/cm) <sup>α</sup> ] |
|---------|----------|-------------------------|------------------------------|
| Nivel 6 | 1        | 25.00                   | 0.34                         |
|         | 2        |                         |                              |
| Nivel 5 | 3        | 50.00                   | 0.74                         |
|         | 4        |                         |                              |
| Nivel 4 | 5        | 50.00                   | 0.72                         |
|         | 6        |                         |                              |
| Nivel 3 | 7        | 75.00                   | 1.05                         |
|         | 8        |                         |                              |
| Nivel 2 | 9        | 75.00                   | 1.02                         |
|         | 10       |                         |                              |
| Nivel 1 | 11       | 75.00                   | 1.11                         |
|         | 12       |                         |                              |

| Fuerza (kip) | Fuerza (ton) | length (in) | length (m) |
|--------------|--------------|-------------|------------|
| 55           | 25           | 34.13       | 0.866902   |
| 110          | 50           | 42          | 1.0668     |
| 165          | 75           | 47          | 1.1938     |

|                 |     |     |
|-----------------|-----|-----|
| Capacidad Axial | 25  | Ton |
|                 | 50  | Ton |
|                 | 75  | Ton |
|                 | 100 | Ton |
|                 | 150 | Ton |

|         |
|---------|
| Nivel 1 |
|---------|

|                    |             |     |
|--------------------|-------------|-----|
| Pu                 | 68.17533119 | Ton |
| ger Disipador de : | 75          |     |

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 100         | T*(s/m) |
| V    | 0.372       | m/s     |
| F    | 67.33132733 | Ton     |

Interacion 1

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 110.0104667 | T*(s/m) |
| V    | 0.372       | m/s     |
| F    | 74.07150741 | Ton     |

Interacion 2

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 111.3894571 | T*(s/m) |
| V    | 0.372       | m/s     |
| F    | 75          | Ton     |

|         |
|---------|
| Nivel 2 |
|---------|

|                        |          |     |
|------------------------|----------|-----|
| Pu                     | 81.01607 | Ton |
| Escoger Disipador de : | 75       |     |

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 100      | T*(s/m) |
| V    | 0.468    | m/s     |
| F    | 73.80713 | Ton     |

Interacion 1

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 123.4323 | T*(s/m) |
| V    | 0.468    | m/s     |
| F    | 91.10185 | Ton     |

Interacion 2

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 101.6162 | T*(s/m) |
| V    | 0.468    | m/s     |
| F    | 75       | Ton     |

|         |  |  |
|---------|--|--|
| Nivel 3 |  |  |
|---------|--|--|

|                        |             |     |
|------------------------|-------------|-----|
| Pu                     | 72.81104143 | Ton |
| Escoger Disipador de : | 75          |     |

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 100         | T*(s/m) |
| V    | 0.432       | m/s     |
| F    | 71.48147389 | Ton     |

Interacion 1

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 103.0063553 | T*(s/m) |
| V    | 0.432       | m/s     |
| F    | 73.63046093 | Ton     |

Interacion 2

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 104.9222909 | T*(s/m) |
| V    | 0.432       | m/s     |
| F    | 75          | Ton     |

|         |  |  |
|---------|--|--|
| Nivel 5 |  |  |
|---------|--|--|

|                        |             |     |
|------------------------|-------------|-----|
| Pu                     | 46.76125287 | Ton |
| Escoger Disipador de : | 75          |     |

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 100         | T*(s/m) |
| V    | 0.372       | m/s     |
| F    | 67.33132733 | Ton     |

Interacion 1

|      |             |         |
|------|-------------|---------|
| Alfa | 0.4         | -       |
| c    | 106.9261342 | T*(s/m) |
| V    | 0.372       | m/s     |
| F    | 71.99478542 | Ton     |

Interacion 2

|      |            |         |
|------|------------|---------|
| Alfa | 0.4        | -       |
| c    | 74.2596381 | T*(s/m) |
| V    | 0.372      | m/s     |
| F    | 50         | Ton     |

|         |  |  |
|---------|--|--|
| Nivel 4 |  |  |
|---------|--|--|

|                        |          |     |
|------------------------|----------|-----|
| Pu                     | 60.03789 | Ton |
| Escoger Disipador de : | 75       |     |

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 100      | T*(s/m) |
| V    | 0.408    | m/s     |
| F    | 69.86571 | Ton     |

Interacion 1

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 83.28074 | T*(s/m) |
| V    | 0.408    | m/s     |
| F    | 58.18468 | Ton     |

Interacion 2

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 71.56587 | T*(s/m) |
| V    | 0.408    | m/s     |
| F    | 50       | Ton     |

|         |  |  |
|---------|--|--|
| Nivel 6 |  |  |
|---------|--|--|

|                        |          |     |
|------------------------|----------|-----|
| Pu                     | 33.33175 | Ton |
| Escoger Disipador de : | 75       |     |

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 100      | T*(s/m) |
| V    | 0.468    | m/s     |
| F    | 73.80713 | Ton     |

Interacion 1

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 75.00355 | T*(s/m) |
| V    | 0.468    | m/s     |
| F    | 55.35797 | Ton     |

Interacion 2

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| Alfa | 0.4      | -       |
| c    | 33.87206 | T*(s/m) |
| V    | 0.468    | m/s     |
| F    | 25       | Ton     |

|         | Disipadores de Pandeo Restringido BRB's |                   |       |       |       |         |       |
|---------|-----------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|---------|-------|
|         | Brace                                   | Axial Force [Kip] |       |       |       | Average | Max   |
| Story 6 | 1                                       | 35.9              | 34.1  | 58.6  | 34.6  | 40.8    | 58.6  |
|         | 2                                       | 39.2              | 29.1  | 44.9  | 55.7  | 42.2    | 55.7  |
| Story 5 | 3                                       | 53.5              | 55.5  | 78.1  | 34.8  | 55.5    | 78.1  |
|         | 4                                       | 58.1              | 47.9  | 66.1  | 50.3  | 55.6    | 66.1  |
| Story 4 | 5                                       | 72.7              | 76.7  | 97.6  | 65.3  | 78.1    | 97.6  |
|         | 6                                       | 77.4              | 70.5  | 88.0  | 78.5  | 78.6    | 88.0  |
| Story 3 | 7                                       | 84.0              | 98.9  | 116.2 | 85.3  | 96.1    | 116.2 |
|         | 8                                       | 98.7              | 95.7  | 108.8 | 95.0  | 99.5    | 108.8 |
| Story 2 | 9                                       | 102.0             | 114.0 | 129.0 | 96.3  | 110.3   | 129.0 |
|         | 10                                      | 108.5             | 111.1 | 124.5 | 102.8 | 111.7   | 124.5 |
| Story 1 | 11                                      | 86.7              | 93.9  | 108.8 | 92.1  | 95.4    | 108.8 |
|         | 12                                      | 85.6              | 93.8  | 107.5 | 91.9  | 94.7    | 107.5 |

|         | Brace | Capacidad [kip] | Fu0 [kip] | FUH [kip] | K0 [kip/in] | KF [kip/in] | Área de Nucleo [in^2] |
|---------|-------|-----------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------------------|
| Story 6 | 1     | 58.3            | 84.2      | 117.9     | 588.6905    | 11.77381    | 1.8                   |
|         | 2     |                 |           |           |             |             |                       |
| Story 5 | 3     | 81.0            | 117.0     | 163.8     | 817.6257    | 16.35251    | 2.5                   |
|         | 4     |                 |           |           |             |             |                       |
| Story 4 | 5     | 97.2            | 140.4     | 196.6     | 981.1508    | 19.62302    | 3                     |
|         | 6     |                 |           |           |             |             |                       |
| Story 3 | 7     | 119.9           | 173.2     | 242.4     | 1210.086    | 24.20172    | 3.7                   |
|         | 8     |                 |           |           |             |             |                       |
| Story 2 | 9     | 129.6           | 187.2     | 262.1     | 1308.201    | 26.16402    | 4                     |
|         | 10    |                 |           |           |             |             |                       |
| Story 1 | 11    | 110.2           | 159.1     | 222.8     | 1111.971    | 22.23942    | 3.4                   |
|         | 12    |                 |           |           |             |             |                       |



|                     |             |         |
|---------------------|-------------|---------|
| Perfil de Prediseño |             | W10x100 |
| L                   | 150.7413498 | in      |
| E                   | 29000       | kip/in2 |

| Disipadores Friccionales |           |                    |       |       |       |          |          |
|--------------------------|-----------|--------------------|-------|-------|-------|----------|----------|
| # Nivel                  | Disipador | Fuerza Axial [Kip] |       |       |       | Max [Fr] | Fd       |
| Nivel 6                  | 1         | 47.6               | 44.9  | 73.5  | 46.6  | 73.5     | 84.5066  |
|                          | 2         | 50.9               | 39.9  | 59.8  | 67.4  | 67.4     |          |
| Nivel 5                  | 3         | 59.8               | 71.9  | 103.1 | 51.6  | 103.1    | 118.5547 |
|                          | 4         | 75.4               | 64.3  | 91.0  | 97.0  | 97.0     |          |
| Nivel 4                  | 5         | 86.1               | 100.4 | 132.4 | 130.4 | 132.4    | 152.2152 |
|                          | 6         | 99.9               | 94.2  | 122.7 | 101.2 | 122.7    |          |
| Nivel 3                  | 7         | 113.2              | 130.4 | 160.5 | 113.9 | 160.5    | 184.5992 |
|                          | 8         | 127.9              | 127.3 | 153.1 | 123.6 | 153.1    |          |
| Nivel 2                  | 9         | 135.7              | 150.5 | 178.6 | 128.2 | 178.6    | 205.4015 |
|                          | 10        | 142.2              | 147.6 | 174.1 | 134.6 | 174.1    |          |
| Nivel 1                  | 11        | 114.1              | 124.2 | 150.3 | 119.3 | 150.3    | 172.8462 |
|                          | 12        | 113.0              | 124.0 | 148.9 | 119.1 | 148.9    |          |

| # Nivel | Disipador | FU0-FUH [kip] | Perfil de Disipador | A [in2] | K0 [kip/in] | KF [kip/in] |
|---------|-----------|---------------|---------------------|---------|-------------|-------------|
| Nivel 6 | 1         | 112.12        | W6x15               | 4.43    | 852.3       | 0.009       |
|         | 2         |               |                     |         |             |             |
| Nivel 5 | 3         | 156.76        | W6X20               | 5.87    | 1129.3      | 0.011       |
|         | 4         |               |                     |         |             |             |
| Nivel 4 | 5         | 156.76        | W6X20               | 5.87    | 1129.3      | 0.011       |
|         | 6         |               |                     |         |             |             |
| Nivel 3 | 7         | 226.14        | W8x28               | 8.24    | 1585.2      | 0.016       |
|         | 8         |               |                     |         |             |             |
| Nivel 2 | 9         | 226.14        | W8x28               | 8.24    | 1585.2      | 0.016       |
|         | 10        |               |                     |         |             |             |
| Nivel 1 | 11        | 199.99        | W6X25               | 7.34    | 1412.1      | 0.014       |
|         | 12        |               |                     |         |             |             |

| W10x100 |      |       |
|---------|------|-------|
| A =     | 29.4 | in.^2 |
| d =     | 11.1 | in.   |
| tw =    | 0.68 | in.   |
| bf =    | 10.3 | in.   |
| tf =    | 1.12 | in.   |
| rx =    | 4.6  | in.   |
| ry =    | 2.65 | in.   |

|     |         |         |
|-----|---------|---------|
| Fya | 36      | Ksi     |
| Fua | 58      | Ksi     |
| E   | 2100000 | kg/cm2  |
|     | 29000   | kip/in2 |
| Rya | 1.4     | -       |
| Rta | 1.3     | -       |

|         |
|---------|
| Nivel 1 |
|---------|

|    |           |      |
|----|-----------|------|
| a  | 5         | m    |
| b  | 2.9       | m    |
| c  | 3.829     | m    |
| Pu | 150.301   | Kips |
| Fd | 172.84615 | Kips |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| Fcr1 | 39.429713 | Ksi |
| Ag1  | 4.8707247 | in2 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Pu  | 218.93846 | Kips |
| Pu2 | 245.48452 | Kips |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| L    | 150.74773   | in  |
| Lba  | 2.6803      | m   |
|      | 105.523679  | in  |
| K    | 1           | -   |
| KL/r | 56.88593585 | -   |
| Fe   | 88.44798205 | Kip |

|           |           |           |    |
|-----------|-----------|-----------|----|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |    |
| 218.93846 | 172.84615 | 0.7894737 | OK |

---

PROBAR CON W6X25

|      |             |    |
|------|-------------|----|
| K    | 1           |    |
| L    | 150.74773   |    |
| ry   | 1.52        |    |
| kl/r | 99.17613816 | OK |

|    |      |    |
|----|------|----|
| Ag | 7.34 | in |
|----|------|----|

|      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| Fe   | 29.09935461 | ksi           |
|      | 112.980798  | Fcr,Formula 1 |
| Fcr1 | 23.89995034 |               |
| Pu   | 199.9852244 |               |
| Pu2  | 245.4845248 |               |

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |
| 199.98522 | 172.84615 | 0.8642946 |

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| E | 29000     | Kip/in2 |
| A | 7.34      | in2     |
| L | 150.74773 | in      |

|       |
|-------|
| OK    |
| W6X25 |

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| Ki | 1412.027896 | Kip/in |
| Ku | 1412.042016 | Kip/in |

|         |
|---------|
| Nivel 2 |
|---------|

|    |          |      |
|----|----------|------|
| a  | 5        | m    |
| b  | 2.9      | m    |
| c  | 3.829    | m    |
| Pu | 178.61   | Kips |
| Fd | 205.4015 | Kips |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| Fcr1 | 38.23962  | Ksi |
| Ag1  | 5.9682572 | in2 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Pu  | 260.17523 | Kips |
| Pu2 | 300.80016 | Kips |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| L    | 159.88157   | in  |
| Lba  | 2.8427      | m   |
|      | 111.9173833 | in  |
| K    | 1           | -   |
| KL/r | 60.33266792 | -   |
| Fe   | 78.63079789 | Kip |

|           |          |           |    |
|-----------|----------|-----------|----|
| Capacidad | Demanda  | D/C       |    |
| 260.17523 | 205.4015 | 0.7894737 | OK |

---

PROBAR CON W8x28

|      |             |    |
|------|-------------|----|
| K    | 1           |    |
| L    | 159.88157   |    |
| ry   | 1.62        |    |
| kl/r | 98.69232716 | OK |

|    |      |    |
|----|------|----|
| Ag | 8.24 | in |
|----|------|----|

|      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| Fe   | 29.38535649 | ksi           |
|      | 112.980798  | Fcr,Formula 1 |
| Fcr1 | 24.07413841 |               |
| Pu   | 226.1428266 |               |
| Pu2  | 300.800164  |               |

|           |          |           |
|-----------|----------|-----------|
| Capacidad | Demanda  | D/C       |
| 226.14283 | 205.4015 | 0.9082822 |

|       |
|-------|
| OK    |
| W8x28 |

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| E | 29000     | Kip/in2 |
| A | 8.24      | in2     |
| L | 159.88157 | in      |

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| Ki | 1494.606289 | Kip/in |
| Ku | 1494.621235 | Kip/in |

|         |
|---------|
| Nivel 3 |
|---------|

|    |           |      |
|----|-----------|------|
| a  | 5         | m    |
| b  | 3.2       | m    |
| c  | 4.061     | m    |
| Pu | 160.521   | Kips |
| Fd | 184.59915 | Kips |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| Fcr1 | 38.23962  | Ksi |
| Ag1  | 5.3638129 | in2 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Pu  | 233.82559 | Kips |
| Pu2 | 270.33617 | Kips |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| L    | 159.88157   | in  |
| Lba  | 2.8427      | m   |
|      | 111.9173833 | in  |
| K    | 1           | -   |
| KL/r | 60.33266792 | -   |
| Fe   | 78.63079789 | Kip |

|           |           |           |    |
|-----------|-----------|-----------|----|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |    |
| 233.82559 | 184.59915 | 0.7894737 | OK |

PROBAR CON

W8x28

|      |             |    |
|------|-------------|----|
| K    | 1           |    |
| L    | 159.88157   |    |
| ry   | 1.62        |    |
| kl/r | 98.69232716 | OK |

|    |      |    |
|----|------|----|
| Ag | 8.24 | in |
|----|------|----|

|      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| Fe   | 29.38535649 | ksi           |
|      | 112.980798  | Fcr,Formula 1 |
| Fcr1 | 24.07413841 |               |
| Pu   | 226.1428266 |               |
| Pu2  | 270.3361689 |               |

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |
| 226.14283 | 184.59915 | 0.8162945 |

OK

W8x28

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| E | 29000     | Kip/in2 |
| A | 8.24      | in2     |
| L | 159.88157 | in      |

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| Ki | 1494.606289 | Kip/in |
| Ku | 1494.621235 | Kip/in |

|         |
|---------|
| Nivel 4 |
|---------|

|    |           |      |
|----|-----------|------|
| a  | 2.9       | m    |
| b  | 3.829     | m    |
| c  | 132.361   | m    |
| Pu | 152.21515 | Kips |
| Fd | 184.59915 | Kips |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| Fcr1 | 39.429713 | Ksi |
| Ag1  | 4.2893526 | in2 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Pu  | 192.80586 | Kips |
| Pu2 | 216.18337 | Kips |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| L    | 150.74773   | in  |
| Lba  | 2.6803      | m   |
|      | 105.523679  | in  |
| K    | 1           | -   |
| KL/r | 56.88593585 | -   |
| Fe   | 88.44798205 | Kip |

|           |           |           |    |
|-----------|-----------|-----------|----|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |    |
| 192.80586 | 152.21515 | 0.7894737 | OK |

---

PROBAR CON W6X20

|      |             |    |
|------|-------------|----|
| K    | 1           |    |
| L    | 150.74773   |    |
| ry   | 1.5         |    |
| kl/r | 100.4984867 | OK |

|    |      |    |
|----|------|----|
| Ag | 5.87 | in |
|----|------|----|

|      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| Fe   | 28.33862009 | ksi           |
|      | 112.980798  | Fcr,Formula 1 |
| Fcr1 | 23.42601938 |               |
| Pu   | 156.7622365 |               |
| Pu2  | 216.1833733 |               |

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |
| 156.76224 | 152.21515 | 0.9709937 |

|       |
|-------|
| OK    |
| W6X20 |

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| E | 29000     | Kip/in2 |
| A | 5.87      | in2     |
| L | 150.74773 | in      |

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| Ki | 1129.237568 | Kip/in |
| Ku | 1129.24886  | Kip/in |

|         |
|---------|
| Nivel 5 |
|---------|

|    |           |      |
|----|-----------|------|
| a  | 5         | m    |
| b  | 2.9       | m    |
| c  | 3.829     | m    |
| Pu | 103.091   | Kips |
| Fd | 118.55465 | Kips |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| Fcr1 | 39.429713 | Ksi |
| Ag1  | 3.3408153 | in2 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Pu  | 150.16922 | Kips |
| Pu2 | 168.37709 | Kips |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| L    | 150.74773   | in  |
| Lba  | 2.6803      | m   |
|      | 105.523679  | in  |
| K    | 1           | -   |
| KL/r | 56.88593585 | -   |
| Fe   | 88.44798205 | Kip |

|           |           |           |    |
|-----------|-----------|-----------|----|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |    |
| 150.16922 | 118.55465 | 0.7894737 | OK |

PROBAR CON

W6X20

|      |             |    |
|------|-------------|----|
| K    | 1           |    |
| L    | 150.74773   |    |
| ry   | 1.5         |    |
| kl/r | 100.4984867 | OK |

|    |      |    |
|----|------|----|
| Ag | 5.87 | in |
|----|------|----|

|      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| Fe   | 28.33862009 | ksi           |
|      | 112.980798  | Fcr,Formula 1 |
| Fcr1 | 23.42601938 |               |
| Pu   | 156.7622365 |               |
| Pu2  | 168.3770909 |               |

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| Capacidad | Demanda   | D/C       |
| 156.76224 | 118.55465 | 0.7562705 |

OK

W6X20

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| E | 29000     | Kip/in2 |
| A | 5.87      | in2     |
| L | 150.74773 | in      |

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| Ki | 1129.237568 | Kip/in |
| Ku | 1129.24886  | Kip/in |

|         |
|---------|
| Nivel 6 |
|---------|

|    |         |      |
|----|---------|------|
| a  | 5       | m    |
| b  | 2.9     | m    |
| c  | 3.829   | m    |
| Pu | 73.484  | Kips |
| Fd | 84.5066 | Kips |

|      |           |     |
|------|-----------|-----|
| Fcr1 | 39.429713 | Ksi |
| Ag1  | 2.381357  | in2 |

|     |           |      |
|-----|-----------|------|
| Pu  | 107.04169 | Kips |
| Pu2 | 120.02039 | Kips |

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| L    | 150.74773   | in  |
| Lba  | 2.6803      | m   |
|      | 105.523679  | in  |
| K    | 1           | -   |
| KL/r | 56.88593585 | -   |
| Fe   | 88.44798205 | Kip |

|           |         |           |  |
|-----------|---------|-----------|--|
| Capacidad | Demanda | D/C       |  |
| 107.04169 | 84.5066 | 0.7894737 |  |

PROBAR CON W6X25

|      |             |    |
|------|-------------|----|
| K    | 1           |    |
| L    | 150.74773   |    |
| ry   | 1.45        |    |
| kl/r | 103.9639517 | OK |

|    |      |    |
|----|------|----|
| Ag | 4.43 | in |
|----|------|----|

|      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| Fe   | 26.48086611 | ksi           |
|      | 112.980798  | Fcr,Formula 1 |
| Fcr1 | 22.20014559 |               |
| Pu   | 112.1151752 |               |
| Pu2  | 120.0203912 |               |

|           |         |           |
|-----------|---------|-----------|
| Capacidad | Demanda | D/C       |
| 112.11518 | 84.5066 | 0.7537481 |

|       |
|-------|
| OK    |
| W6x15 |

|   |           |         |
|---|-----------|---------|
| E | 29000     | Kip/in2 |
| A | 4.43      | in2     |
| L | 150.74773 | in      |

|    |             |        |
|----|-------------|--------|
| Ki | 852.2184712 | Kip/in |
| Ku | 852.2269934 | Kip/in |

# Tabulacion de Peridos y Frecuencias Modales del Análisis Modal Espectral

| Analsis Modal Espectral con Nec-15 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Periodo de Vibración [s]           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| N°<br>Estructura                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| Porticos Resistentes a Momentos    | 1.25 | 1.20 | 1.12 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| Muros Estructurales                | 0.81 | 0.61 | 0.55 | 0.23 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.06 |
| Disipadores Friccionales           | 0.63 | 0.58 | 0.45 | 0.21 | 0.21 | 0.17 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |
| Disipadores BRB                    | 0.49 | 0.40 | 0.32 | 0.17 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| Disipadores Viscosos               | 1.25 | 1.20 | 1.12 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |

| Analsis Modal Espectral con Nec-15 |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Frecuencia Angular [rad/s]         |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| N°<br>Estructura                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| Porticos Resistentes a Momentos    | 0.80 | 0.83 | 0.89 | 2.81 | 2.90 | 3.03 | 5.80 | 5.88  | 6.31  | 8.62  | 9.31  | 10.35 |
| Muros Estructurales                | 1.23 | 1.63 | 1.82 | 4.33 | 6.20 | 7.19 | 8.40 | 10.03 | 10.60 | 11.95 | 16.37 | 16.65 |
| Disipadores Friccionales           | 1.58 | 1.72 | 2.22 | 4.69 | 4.89 | 6.06 | 7.65 | 8.36  | 9.94  | 10.20 | 11.19 | 13.42 |
| Disipadores BRB                    | 2.03 | 2.52 | 3.14 | 6.06 | 6.90 | 8.35 | 9.12 | 9.92  | 11.67 | 13.02 | 15.23 | 18.35 |
| Disipadores Viscosos               | 0.80 | 0.83 | 0.89 | 2.81 | 2.90 | 3.03 | 5.80 | 5.88  | 6.31  | 8.62  | 9.31  | 10.35 |



Tabulación de Respuestas en el Tiempo correspondientes al sistema de protección sísmica.

**Estructura con Muros de Corte**

| # Nivel | Desplazamientos |                  |      |                  |      |                  |     |
|---------|-----------------|------------------|------|------------------|------|------------------|-----|
|         | Altura          | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |     |
|         |                 | x                | y    | x                | y    | x                | y   |
|         | m               | cm               | cm   | cm               | cm   | cm               | cm  |
| Nivel 6 | 18              | 17.9             | 17.3 | 19.7             | 17.0 | 11.5             | 7.2 |
| Nivel 5 | 15.1            | 16.2             | 15.3 | 17.2             | 14.4 | 10.5             | 6.1 |
| Nivel 4 | 12.2            | 14.0             | 12.9 | 14.3             | 11.6 | 9.1              | 4.9 |
| Nivel 3 | 9.3             | 11.1             | 10.1 | 10.8             | 8.6  | 7.2              | 3.6 |
| Nivel 2 | 6.1             | 7.2              | 6.5  | 6.7              | 5.2  | 4.5              | 2.0 |
| Nivel 1 | 2.9             | 3.2              | 2.9  | 2.8              | 2.1  | 1.8              | 0.7 |
| Base    | 0               | 0.0              | 0.0  | 0.0              | 0.0  | 0.0              | 0.0 |

| # Nivel | Derivas |                  |      |                  |      |                  |      |
|---------|---------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|         | Altura  | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |      |
|         |         | x                | y    | x                | y    | x                | y    |
|         | 18      | 0.6%             | 0.7% | 0.9%             | 0.9% | 0.4%             | 0.4% |
| Nivel 5 | 15.1    | 0.8%             | 0.8% | 1.0%             | 1.0% | 0.5%             | 0.4% |
| Nivel 4 | 12.2    | 1.0%             | 1.0% | 1.2%             | 1.0% | 0.7%             | 0.5% |
| Nivel 3 | 9.3     | 1.3%             | 1.2% | 1.4%             | 1.2% | 0.9%             | 0.5% |
| Nivel 2 | 6.1     | 1.3%             | 1.1% | 1.2%             | 0.9% | 0.9%             | 0.4% |
| Nivel 1 | 2.9     | 1.0%             | 0.9% | 0.9%             | 0.7% | 0.6%             | 0.2% |
| Base    | 0       | 1.1%             | 1.0% | 1.0%             | 0.7% | 0.6%             | 0.2% |

| # Nivel | Cortante por Nivel |                  |      |                  |      |                  |      |
|---------|--------------------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|         | Altura             | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |      |
|         |                    | x                | y    | x                | y    | x                | y    |
|         | m                  | %                | %    | %                | %    | %                | %    |
| Nivel 6 | 18                 | 7.7              | 10.2 | 13.6             | 12.8 | 8.4              | 7.8  |
| Nivel 5 | 15.1               | 11.6             | 14.7 | 18.0             | 18.3 | 11.7             | 12.2 |
| Nivel 4 | 12.2               | 16.1             | 18.0 | 21.9             | 20.8 | 15.2             | 15.6 |
| Nivel 3 | 9.3                | 19.5             | 22.6 | 22.4             | 22.9 | 18.8             | 18.5 |
| Nivel 2 | 6.1                | 21.2             | 26.5 | 23.7             | 24.1 | 22.8             | 21.4 |
| Nivel 1 | 2.9                | 20.6             | 28.8 | 26.1             | 27.5 | 25.0             | 24.9 |
| Base    | 0                  | 20.6             | 28.8 | 26.1             | 27.5 | 25.0             | 24.9 |

| # Nivel | <b>Aceleraciones Absolutas</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|--------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                         | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                              | g                | g        | g                | g        | g                | g        |
| Nivel 6 | 18                             | 0.49             | 0.57     | 0.84             | 0.75     | 0.48             | 0.46     |
| Nivel 5 | 15.1                           | 0.43             | 0.43     | 0.66             | 0.53     | 0.36             | 0.35     |
| Nivel 4 | 12.2                           | 0.40             | 0.42     | 1.14             | 0.62     | 0.34             | 0.31     |
| Nivel 3 | 9.3                            | 0.37             | 0.40     | 0.94             | 0.80     | 0.37             | 0.31     |
| Nivel 2 | 6.1                            | 0.37             | 0.45     | 0.93             | 1.01     | 0.36             | 0.31     |
| Nivel 1 | 2.9                            | 0.39             | 0.52     | 1.28             | 1.41     | 0.40             | 0.30     |
| Base    | 0                              | 0.42             | 0.52     | 1.41             | 1.41     | 0.40             | 0.29     |

| # Nivel | <b>Deformaciones Permanentes</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|----------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                           | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                  | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                                | %                | %        | %                | %        | %                | %        |
| Nivel 6 | 18                               | 0.04%            | 0.03%    | 0.28%            | 0.11%    | 0.08%            | 0.08%    |
| Nivel 5 | 15.1                             | 0.05%            | 0.01%    | 0.29%            | 0.12%    | 0.20%            | 0.08%    |
| Nivel 4 | 12.2                             | 0.09%            | 0.04%    | 0.31%            | 0.15%    | 0.09%            | 0.05%    |
| Nivel 3 | 9.3                              | 0.14%            | 0.07%    | 0.35%            | 0.19%    | 0.18%            | 0.07%    |
| Nivel 2 | 6.1                              | 0.14%            | 0.08%    | 0.32%            | 0.18%    | 0.15%            | 0.08%    |
| Nivel 1 | 2.9                              | 0.12%            | 0.09%    | 0.27%            | 0.16%    | 0.09%            | 0.04%    |
| Base    | 0                                | 0.13%            | 0.10%    | 0.30%            | 0.18%    | 0.09%            | 0.04%    |

## Estructura con Disipadores Viscosos

| # Nivel | Desplazamientos |                  |      |                  |      |                  |     |
|---------|-----------------|------------------|------|------------------|------|------------------|-----|
|         | Altura          | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |     |
|         |                 | x                | y    | x                | y    | x                | y   |
|         | m               | cm               | cm   | cm               | cm   | cm               | cm  |
| Nivel 6 | 18              | 15.5             | 21.9 | 16.5             | 17.7 | 10.0             | 9.3 |
| Nivel 5 | 15.1            | 14.3             | 20.0 | 15.1             | 16.0 | 9.1              | 8.5 |
| Nivel 4 | 12.2            | 12.5             | 17.4 | 13.0             | 13.5 | 7.7              | 7.3 |
| Nivel 3 | 9.3             | 10.1             | 13.7 | 10.1             | 10.4 | 6.0              | 5.7 |
| Nivel 2 | 6.1             | 6.6              | 8.7  | 6.4              | 6.4  | 3.6              | 3.6 |
| Nivel 1 | 2.9             | 3.0              | 3.6  | 2.6              | 2.6  | 1.4              | 1.4 |
| Base    | 0               | 0.0              | 0.0  | 0.0              | 0.0  | 0.0              | 0.0 |

| # Nivel | Derivas |                  |      |                  |      |                  |      |
|---------|---------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|         | Altura  | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |      |
|         |         | x                | y    | x                | y    | x                | y    |
|         | 18      | 0.4%             | 0.6% | 0.5%             | 0.6% | 0.3%             | 0.3% |
| Nivel 5 | 15.1    | 0.6%             | 0.9% | 0.7%             | 0.8% | 0.5%             | 0.4% |
| Nivel 4 | 12.2    | 0.9%             | 1.3% | 1.0%             | 1.1% | 0.6%             | 0.5% |
| Nivel 3 | 9.3     | 1.2%             | 1.7% | 1.3%             | 1.4% | 0.8%             | 0.7% |
| Nivel 2 | 6.1     | 1.1%             | 1.6% | 1.2%             | 1.2% | 0.7%             | 0.7% |
| Nivel 1 | 2.9     | 0.9%             | 1.1% | 0.8%             | 0.8% | 0.4%             | 0.4% |
| Base    | 0       | 1.0%             | 1.2% | 0.9%             | 0.9% | 0.5%             | 0.5% |

| # Nivel | Cortante por Nivel |                  |      |                  |      |                  |      |
|---------|--------------------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|         | Altura             | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |      |
|         |                    | x                | y    | x                | y    | x                | y    |
|         | m                  | %                | %    | %                | %    | %                | %    |
| Nivel 6 | 18                 | 6.5              | 6.5  | 9.7              | 8.8  | 6.6              | 5.8  |
| Nivel 5 | 15.1               | 9.7              | 11.1 | 13.4             | 13.8 | 9.8              | 10.1 |
| Nivel 4 | 12.2               | 15.4             | 16.1 | 20.0             | 18.6 | 15.0             | 14.5 |
| Nivel 3 | 9.3                | 19.7             | 20.9 | 24.3             | 21.7 | 19.0             | 18.1 |
| Nivel 2 | 6.1                | 22.9             | 25.2 | 27.0             | 22.7 | 22.6             | 20.6 |
| Nivel 1 | 2.9                | 23.6             | 27.7 | 27.0             | 22.2 | 24.8             | 22.6 |
| Base    | 0                  | 23.6             | 27.7 | 27.0             | 22.2 | 24.8             | 22.6 |

| # Nivel | <b>Aceleraciones Absolutas</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|--------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                         | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                              | g                | g        | g                | g        | g                | g        |
| Nivel 6 | 18                             | 0.43             | 0.42     | 0.61             | 0.55     | 0.40             | 0.36     |
| Nivel 5 | 15.1                           | 0.39             | 0.38     | 0.53             | 0.45     | 0.35             | 0.33     |
| Nivel 4 | 12.2                           | 0.37             | 0.37     | 0.48             | 0.47     | 0.32             | 0.29     |
| Nivel 3 | 9.3                            | 0.34             | 0.36     | 0.62             | 0.60     | 0.32             | 0.29     |
| Nivel 2 | 6.1                            | 0.31             | 0.40     | 0.88             | 0.83     | 0.35             | 0.29     |
| Nivel 1 | 2.9                            | 0.39             | 0.48     | 1.19             | 1.17     | 0.38             | 0.29     |
| Base    | 0                              | 0.42             | 0.52     | 1.41             | 1.41     | 0.40             | 0.29     |

| # Nivel | <b>Deformaciones Permanentes</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|----------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                           | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                  | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                                | %                | %        | %                | %        | %                | %        |
| Nivel 6 | 18                               | 0.03%            | 0.03%    | 0.11%            | 0.05%    | 0.06%            | 0.08%    |
| Nivel 5 | 15.1                             | 0.04%            | 0.03%    | 0.10%            | 0.05%    | 0.10%            | 0.08%    |
| Nivel 4 | 12.2                             | 0.01%            | 0.01%    | 0.13%            | 0.03%    | 0.10%            | 0.05%    |
| Nivel 3 | 9.3                              | 0.01%            | 0.01%    | 0.19%            | 0.06%    | 0.14%            | 0.01%    |
| Nivel 2 | 6.1                              | 0.00%            | 0.03%    | 0.18%            | 0.07%    | 0.12%            | 0.03%    |
| Nivel 1 | 2.9                              | 0.04%            | 0.03%    | 0.15%            | 0.07%    | 0.03%            | 0.05%    |
| Base    | 0                                | 0.05%            | 0.03%    | 0.17%            | 0.08%    | 0.04%            | 0.06%    |

### Estructura con Disipadores de pandeo restringido BRB's

| # Nivel | Desplazamientos |                  |      |                  |      |                  |     |
|---------|-----------------|------------------|------|------------------|------|------------------|-----|
|         | Altura          | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |     |
|         |                 | x                | y    | x                | y    | x                | y   |
|         | m               | cm               | cm   | cm               | cm   | cm               | cm  |
| Nivel 6 | 18              | 10.7             | 13.5 | 17.0             | 20.2 | 11.1             | 6.3 |
| Nivel 5 | 15.1            | 10.0             | 12.3 | 15.7             | 18.3 | 10.2             | 5.5 |
| Nivel 4 | 12.2            | 9.1              | 10.7 | 14.0             | 15.7 | 8.9              | 4.6 |
| Nivel 3 | 9.3             | 7.7              | 8.6  | 11.6             | 12.4 | 7.0              | 3.5 |
| Nivel 2 | 6.1             | 5.4              | 5.7  | 7.8              | 7.8  | 4.5              | 2.1 |
| Nivel 1 | 2.9             | 2.5              | 2.4  | 3.5              | 3.6  | 1.8              | 0.8 |
| Base    | 0               | 0.0              | 0.0  | 0.0              | 0.0  | 0.0              | 0.0 |

| # Nivel | Derivas |                  |      |                  |      |                  |      |
|---------|---------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|         | Altura  | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |      |
|         |         | x                | y    | x                | y    | x                | y    |
|         | 18      | 0.2%             | 0.4% | 0.4%             | 0.7% | 0.3%             | 0.3% |
| Nivel 5 | 15.1    | 0.3%             | 0.5% | 0.6%             | 0.9% | 0.5%             | 0.3% |
| Nivel 4 | 12.2    | 0.5%             | 0.7% | 0.8%             | 1.1% | 0.6%             | 0.4% |
| Nivel 3 | 9.3     | 0.8%             | 1.0% | 1.3%             | 1.6% | 0.9%             | 0.5% |
| Nivel 2 | 6.1     | 0.9%             | 1.0% | 1.3%             | 1.3% | 0.8%             | 0.4% |
| Nivel 1 | 2.9     | 0.8%             | 0.8% | 1.1%             | 1.1% | 0.6%             | 0.3% |
| Base    | 0       | 0.9%             | 0.8% | 1.2%             | 1.2% | 0.6%             | 0.3% |

| # Nivel | Cortante por Nivel |                  |      |                  |      |                  |      |
|---------|--------------------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
|         | Altura             | Sismo Northridge |      | Sismo Pedernales |      | Sismo Concepción |      |
|         |                    | x                | y    | x                | y    | x                | y    |
|         | m                  | %                | %    | %                | %    | %                | %    |
| Nivel 6 | 18                 | 13.4             | 14.5 | 19.9             | 19.7 | 12.3             | 8.6  |
| Nivel 5 | 15.1               | 19.8             | 21.0 | 25.7             | 23.9 | 19.0             | 13.3 |
| Nivel 4 | 12.2               | 25.7             | 25.6 | 33.5             | 30.9 | 26.8             | 18.2 |
| Nivel 3 | 9.3                | 31.7             | 30.3 | 36.8             | 34.6 | 33.0             | 23.1 |
| Nivel 2 | 6.1                | 31.8             | 35.4 | 36.4             | 38.0 | 32.0             | 26.7 |
| Nivel 1 | 2.9                | 41.8             | 38.6 | 41.7             | 41.6 | 40.8             | 30.5 |
| Base    | 0                  | 41.8             | 38.6 | 41.7             | 41.6 | 40.8             | 30.5 |

| # Nivel | <b>Aceleraciones Absolutas</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|--------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                         | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                              | g                | g        | g                | g        | g                | g        |
| Nivel 6 | 18                             | 0.78             | 0.84     | 1.19             | 1.26     | 0.69             | 0.49     |
| Nivel 5 | 15.1                           | 0.63             | 0.61     | 0.91             | 0.84     | 0.60             | 0.41     |
| Nivel 4 | 12.2                           | 0.58             | 0.53     | 0.98             | 1.05     | 0.55             | 0.37     |
| Nivel 3 | 9.3                            | 0.54             | 0.52     | 1.04             | 1.19     | 0.50             | 0.35     |
| Nivel 2 | 6.1                            | 0.51             | 0.60     | 1.23             | 1.28     | 0.48             | 0.34     |
| Nivel 1 | 2.9                            | 0.43             | 0.52     | 1.41             | 1.38     | 0.50             | 0.32     |
| Base    | 0                              | 0.42             | 0.52     | 1.41             | 1.41     | 0.40             | 0.29     |

| # Nivel | <b>Deformaciones Permanentes</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|----------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                           | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                  | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                                | %                | %        | %                | %        | %                | %        |
| Nivel 6 | 18                               | 0.02%            | 0.08%    | 0.22%            | 0.09%    | 0.00%            | 0.04%    |
| Nivel 5 | 15.1                             | 0.04%            | 0.09%    | 0.19%            | 0.09%    | 0.03%            | 0.03%    |
| Nivel 4 | 12.2                             | 0.13%            | 0.00%    | 0.19%            | 0.12%    | 0.09%            | 0.03%    |
| Nivel 3 | 9.3                              | 0.13%            | 0.10%    | 0.30%            | 0.25%    | 0.14%            | 0.03%    |
| Nivel 2 | 6.1                              | 0.16%            | 0.03%    | 0.29%            | 0.28%    | 0.16%            | 0.01%    |
| Nivel 1 | 2.9                              | 0.21%            | 0.04%    | 0.25%            | 0.27%    | 0.15%            | 0.01%    |
| Base    | 0                                | 0.24%            | 0.04%    | 0.28%            | 0.30%    | 0.16%            | 0.01%    |

## Estructura con Disipadores Friccionales

| # Nivel | Desplazamientos |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|-----------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura          | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                 | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m               | cm               | cm       | cm               | cm       | cm               | cm       |
| Nivel 6 | 18              | 8.1              | 12.6     | 15.3             | 17.7     | 8.7              | 4.8      |
| Nivel 5 | 15.1            | 7.6              | 11.7     | 14.3             | 16.3     | 8.1              | 4.3      |
| Nivel 4 | 12.2            | 6.9              | 10.5     | 12.9             | 14.2     | 7.2              | 3.7      |
| Nivel 3 | 9.3             | 5.9              | 8.7      | 10.9             | 11.6     | 5.9              | 2.9      |
| Nivel 2 | 6.1             | 4.3              | 5.9      | 7.5              | 7.6      | 3.9              | 1.8      |
| Nivel 1 | 2.9             | 2.0              | 2.7      | 3.6              | 3.5      | 1.6              | 0.7      |
| Base    | 0               | 0.0              | 0.0      | 0.0              | 0.0      | 0.0              | 0.0      |

| # Nivel | Derivas |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|---------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura  | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |         | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | 18      | 0.2%             | 0.3%     | 0.3%             | 0.5%     | 0.2%             | 0.2%     |
| Nivel 5 | 15.1    | 0.2%             | 0.4%     | 0.5%             | 0.7%     | 0.3%             | 0.2%     |
| Nivel 4 | 12.2    | 0.3%             | 0.6%     | 0.7%             | 0.9%     | 0.5%             | 0.3%     |
| Nivel 3 | 9.3     | 0.6%             | 1.0%     | 1.2%             | 1.4%     | 0.7%             | 0.4%     |
| Nivel 2 | 6.1     | 0.7%             | 1.0%     | 1.2%             | 1.3%     | 0.7%             | 0.4%     |
| Nivel 1 | 2.9     | 0.6%             | 0.8%     | 1.1%             | 1.1%     | 0.5%             | 0.2%     |
| Base    | 0       | 0.7%             | 0.9%     | 1.2%             | 1.2%     | 0.5%             | 0.2%     |

| # Nivel | Cortante por Nivel |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|--------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura             | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                    | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                  | %                | %        | %                | %        | %                | %        |
| Nivel 6 | 18                 | 16.4             | 17.0     | 12.2             | 11.7     | 11.7             | 10.1     |
| Nivel 5 | 15.1               | 21.1             | 19.8     | 17.7             | 18.8     | 16.5             | 14.4     |
| Nivel 4 | 12.2               | 21.4             | 21.0     | 18.4             | 17.9     | 17.3             | 13.4     |
| Nivel 3 | 9.3                | 25.8             | 24.6     | 24.0             | 21.7     | 22.6             | 16.4     |
| Nivel 2 | 6.1                | 25.8             | 23.9     | 22.8             | 22.7     | 23.7             | 17.1     |
| Nivel 1 | 2.9                | 21.2             | 23.8     | 18.8             | 21.1     | 20.3             | 14.2     |
| Base    | 0                  | 21.2             | 23.8     | 18.8             | 21.1     | 20.3             | 14.2     |

| # Nivel | <b>Aceleraciones Absolutas</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|--------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                         | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                              | g                | g        | g                | g        | g                | g        |
| Nivel 6 | 18                             | 0.67             | 0.58     | 0.96             | 1.00     | 0.67             | 0.58     |
| Nivel 5 | 15.1                           | 0.61             | 0.64     | 0.76             | 0.89     | 0.54             | 0.41     |
| Nivel 4 | 12.2                           | 0.59             | 0.51     | 0.76             | 0.86     | 0.46             | 0.37     |
| Nivel 3 | 9.3                            | 0.53             | 0.46     | 0.88             | 1.01     | 0.48             | 0.38     |
| Nivel 2 | 6.1                            | 0.46             | 0.58     | 1.19             | 1.25     | 0.47             | 0.40     |
| Nivel 1 | 2.9                            | 0.42             | 0.55     | 1.32             | 1.39     | 0.47             | 0.35     |
| Base    | 0                              | 0.42             | 0.52     | 1.41             | 1.41     | 0.40             | 0.29     |

| # Nivel | <b>Deformaciones Permanentes</b> |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------|----------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|         | Altura                           | Sismo Northridge |          | Sismo Pedernales |          | Sismo Concepción |          |
|         |                                  | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> | <b>x</b>         | <b>y</b> |
|         | m                                | %                | %        | %                | %        | %                | %        |
| Nivel 6 | 18                               | 0.01%            | 0.15%    | 0.21%            | 0.18%    | 0.00%            | 0.04%    |
| Nivel 5 | 15.1                             | 0.03%            | 0.06%    | 0.28%            | 0.24%    | 0.03%            | 0.03%    |
| Nivel 4 | 12.2                             | 0.12%            | 0.09%    | 0.10%            | 0.02%    | 0.08%            | 0.04%    |
| Nivel 3 | 9.3                              | 0.05%            | 0.08%    | 0.06%            | 0.15%    | 0.15%            | 0.02%    |
| Nivel 2 | 6.1                              | 0.05%            | 0.01%    | 0.32%            | 0.24%    | 0.15%            | 0.01%    |
| Nivel 1 | 2.9                              | 0.13%            | 0.06%    | 0.24%            | 0.20%    | 0.18%            | 0.01%    |
| Base    | 0                                | 0.14%            | 0.06%    | 0.27%            | 0.22%    | 0.19%            | 0.01%    |

| Resumen de Resultados Finales por tipo de Protección Sísmica |    |                               |                           |                      |                               |
|--------------------------------------------------------------|----|-------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Variables                                                    | U  | Estructura con Muros de Corte | Estructura con D.Viscosos | Estructura con BRB's | Estructura con D.Friccionales |
| Desplazamientos                                              | cm | 19.7                          | 21.9                      | 20.2                 | 17.7                          |
| Derivas                                                      | %  | 1.43                          | 1.73                      | 1.6                  | 1.4                           |
| Aceleraciones                                                | g  | 0.8                           | 0.61                      | 1.26                 | 1                             |
| Cortante Basal                                               | %  | 28.8                          | 27.7                      | 27.87                | 25.85                         |
| Defromaciones Permanentes                                    | %  | 0.35                          | 0.19                      | 0.3                  | 0.32                          |

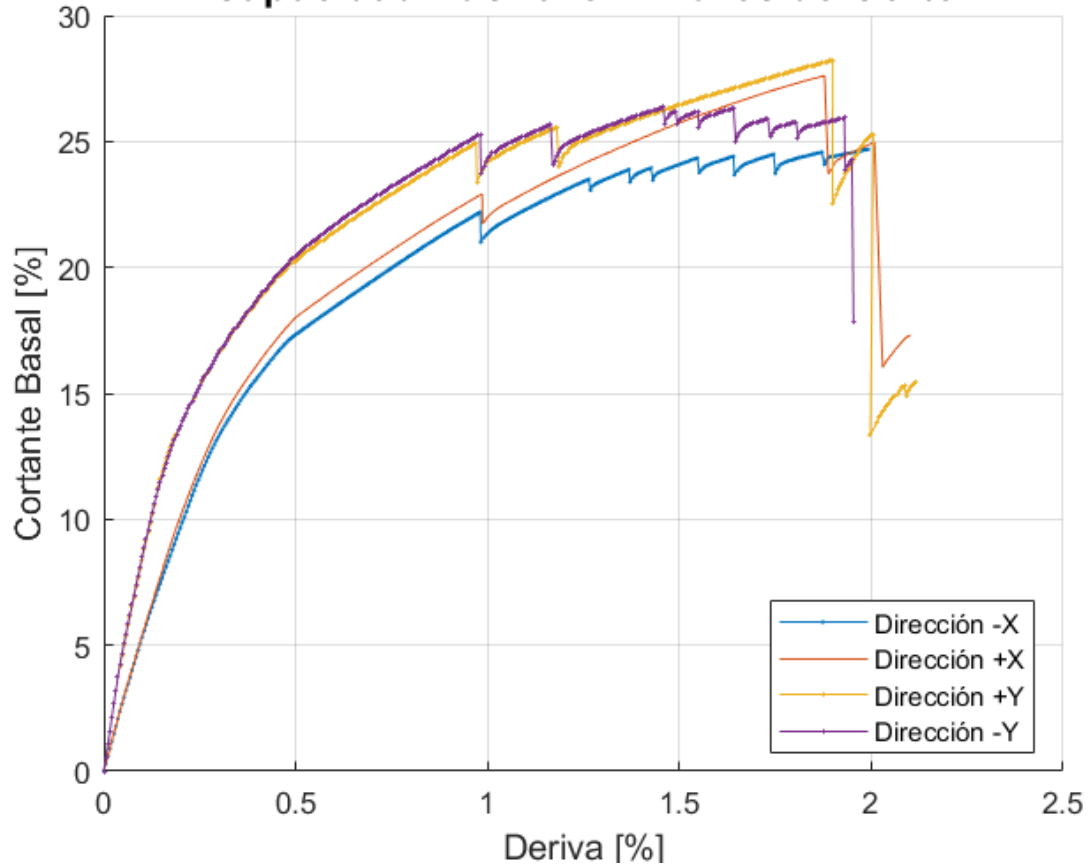


| Porcentaje de Reduccion de Disipadores de Energia. |            |          |                 |
|----------------------------------------------------|------------|----------|-----------------|
| Variables                                          | D.Viscosos | D. BRB's | D. Friccionales |
| Desplazamientos                                    | -11.168    | -2.5381  | 10.15228        |
| Derivas                                            | -20.979    | -11.888  | 2.097902        |
| Aceleraciones                                      | 23.75      | -57.5    | -25             |
| Cortante Basal                                     | 3.8194     | 3.22917  | 10.24306        |
| Defromaciones Permanentes                          | 45.714     | 14.2857  | 8.571429        |

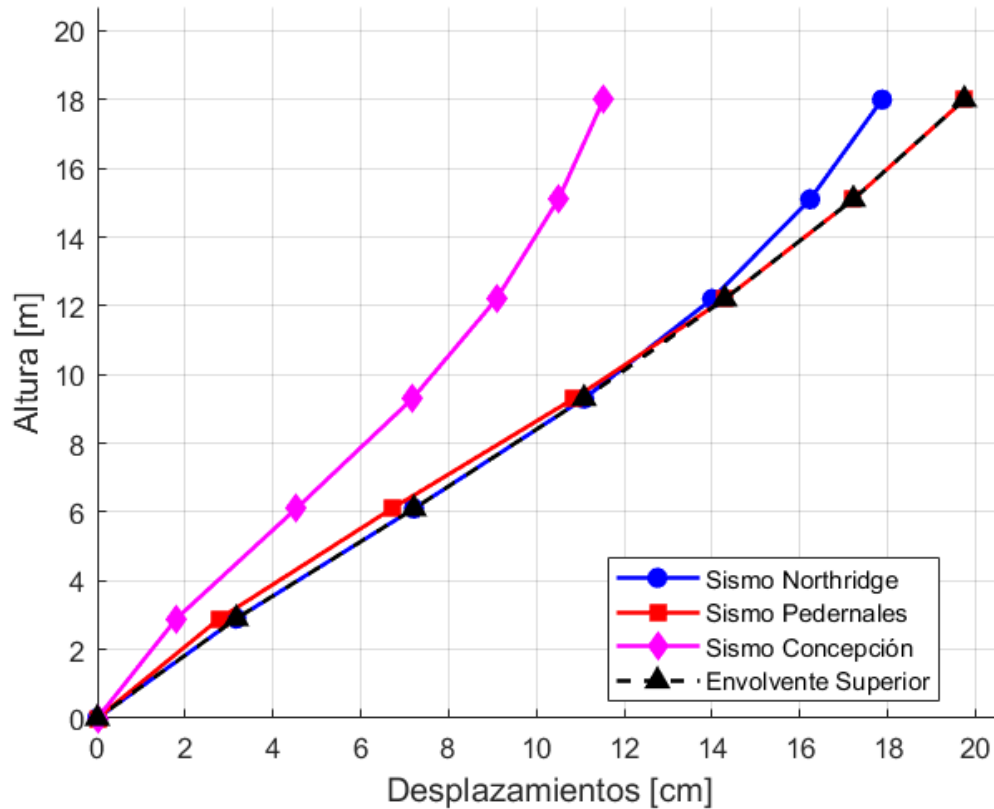
**ANEXO D – RESPUESTAS GRÁFICAS PARA CADA SISTEMA  
DE PROTECCIÓN SÍSMICA.**

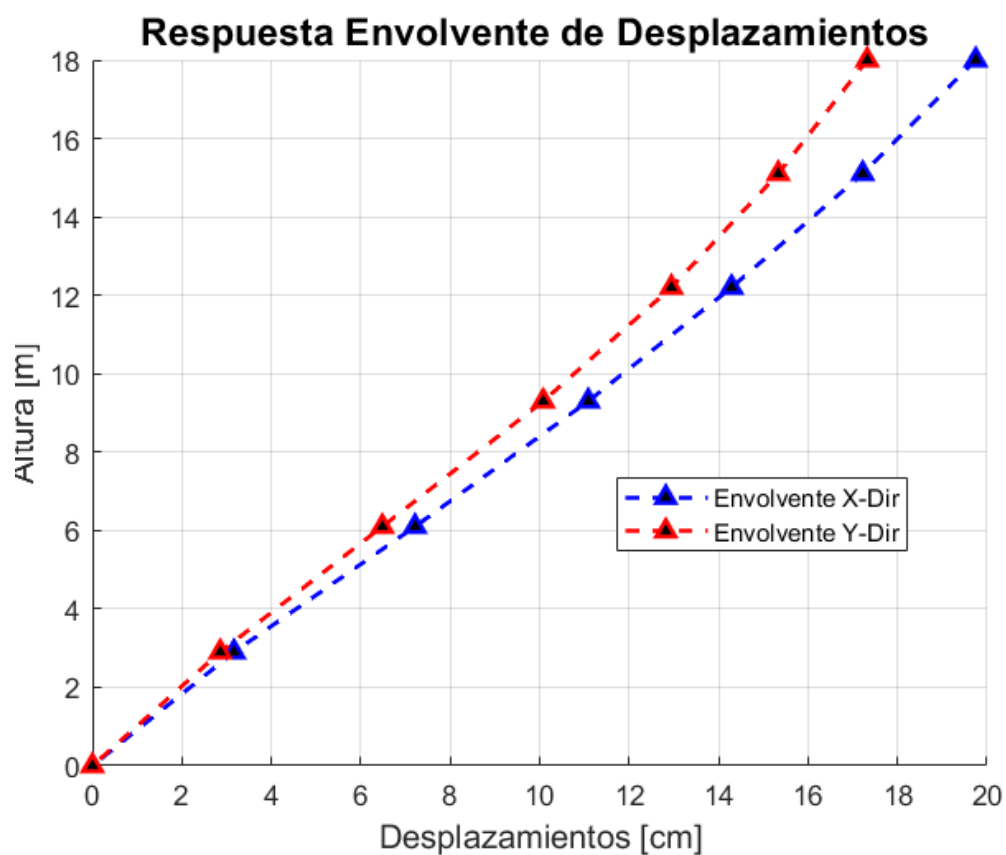
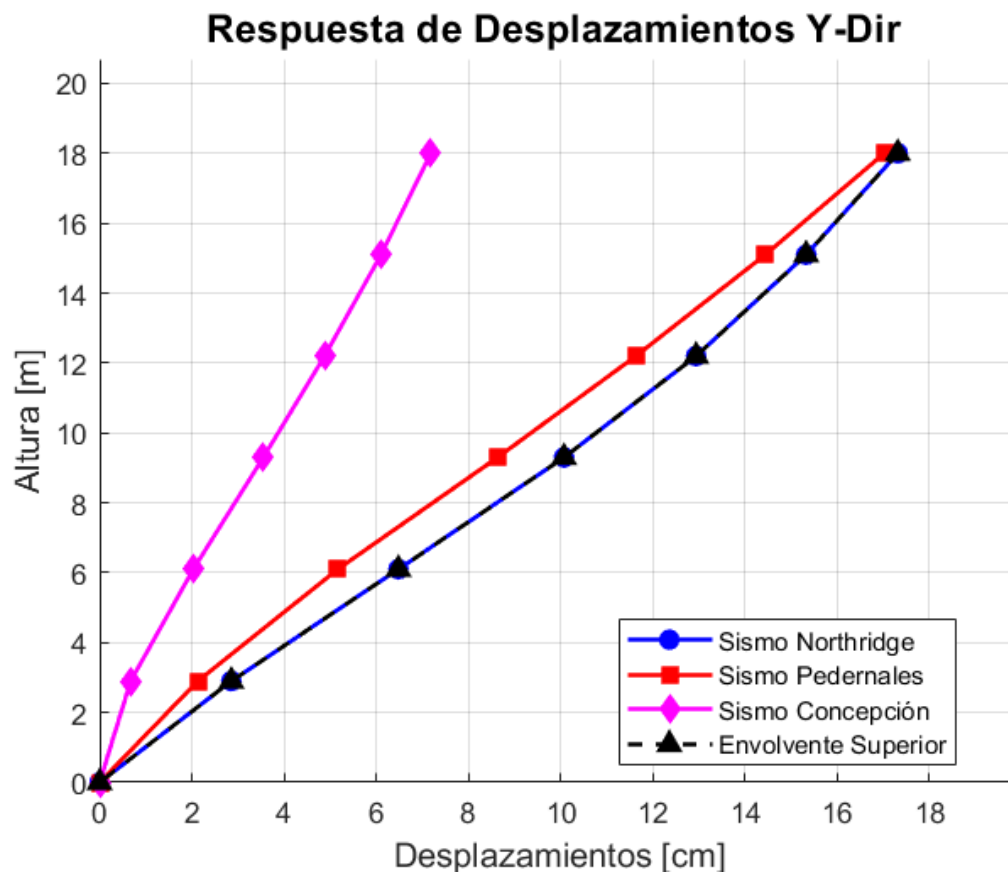
## Resultados de la Estructura con Muros de Corte.

### Capacidad Pushover - Muros de Corte

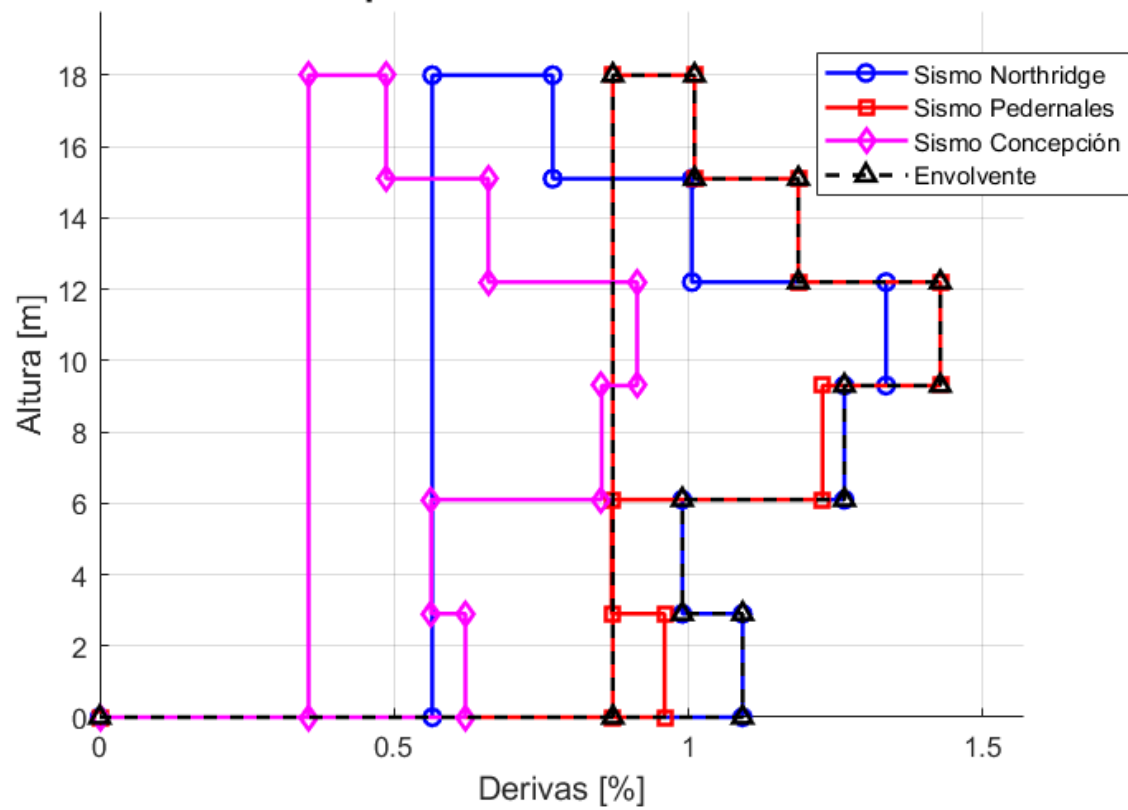


### Respuesta de Desplazamientos X-Dir

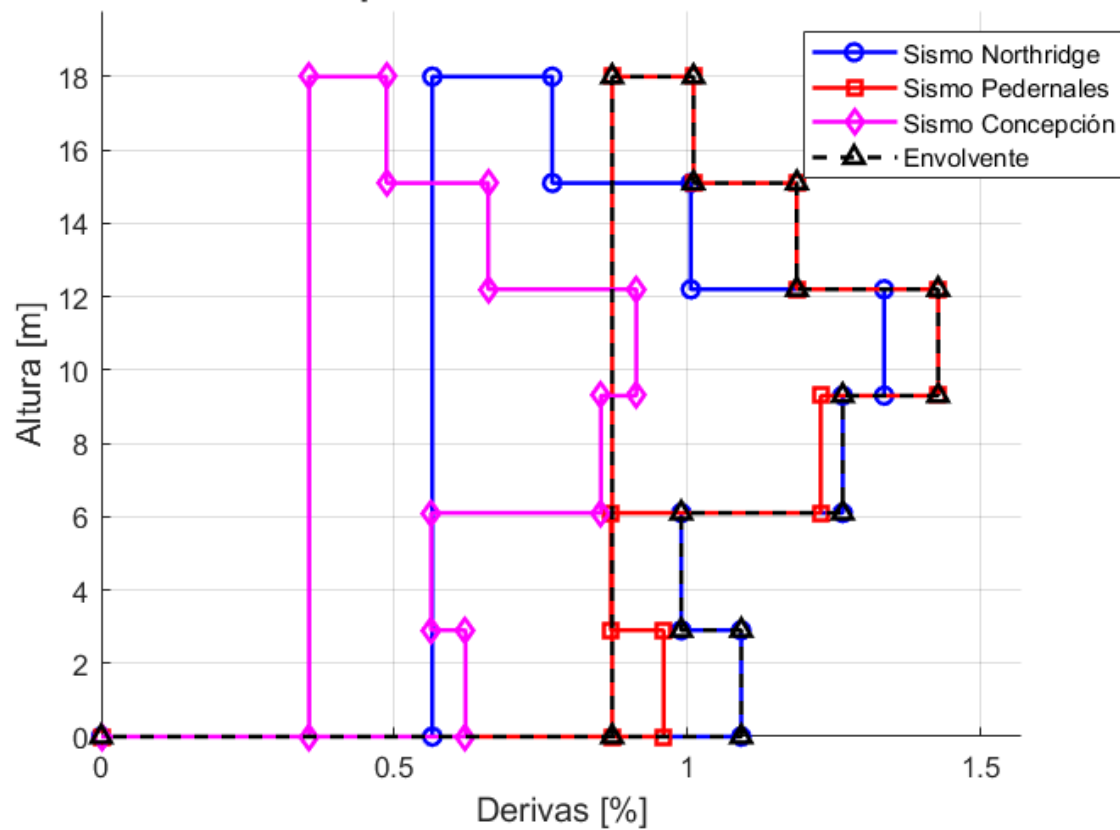




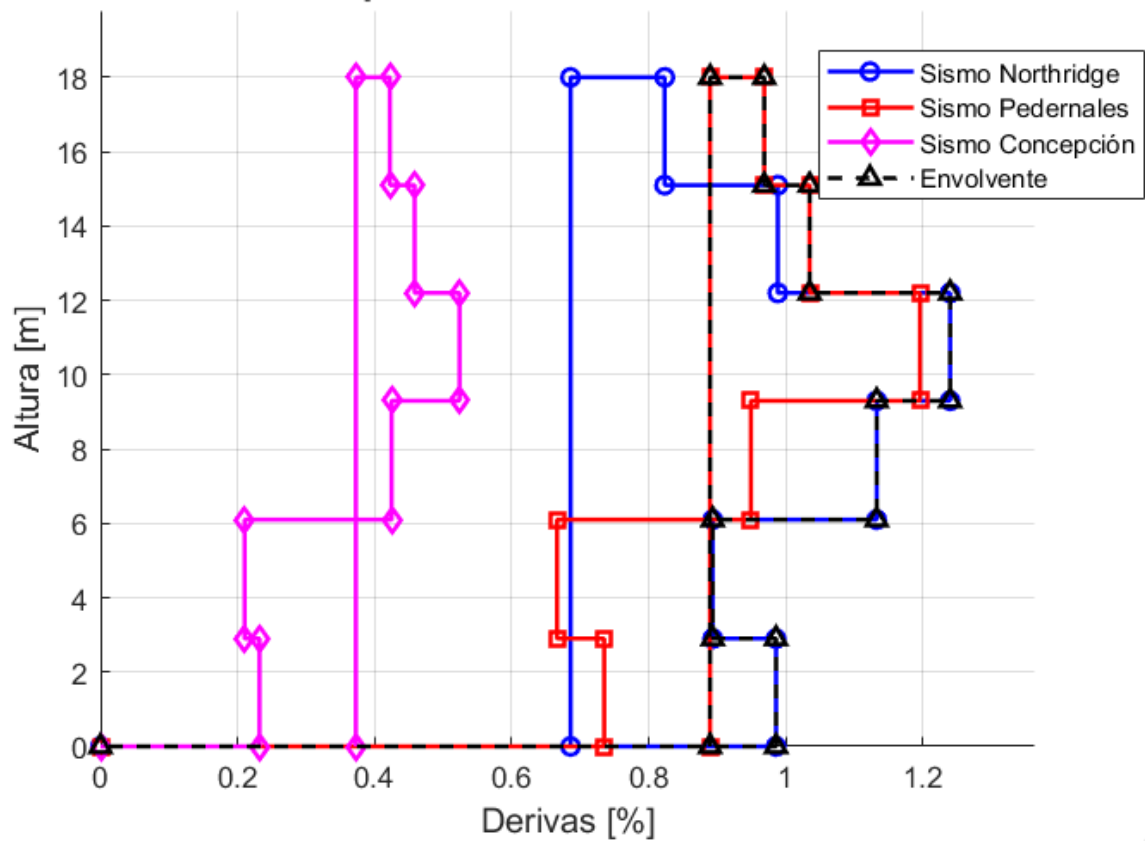
Respuesta de Derivas - X-Dir



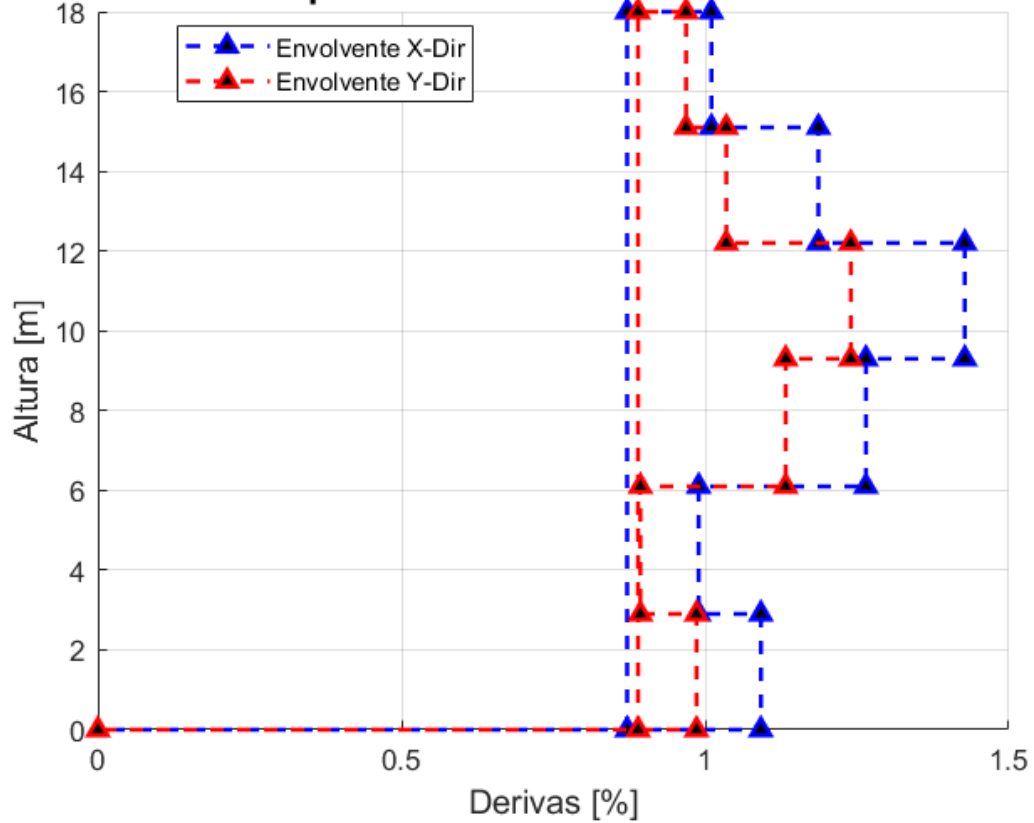
Respuesta de Derivas - X-Dir



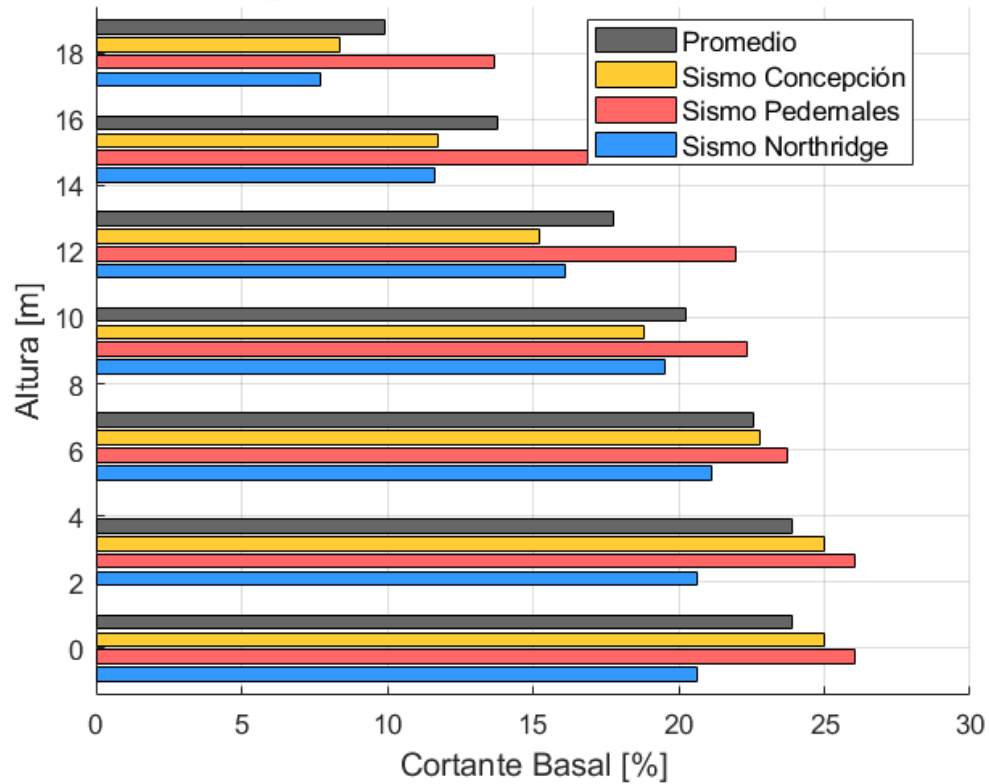
### Respuesta de Derivas - Y-Dir



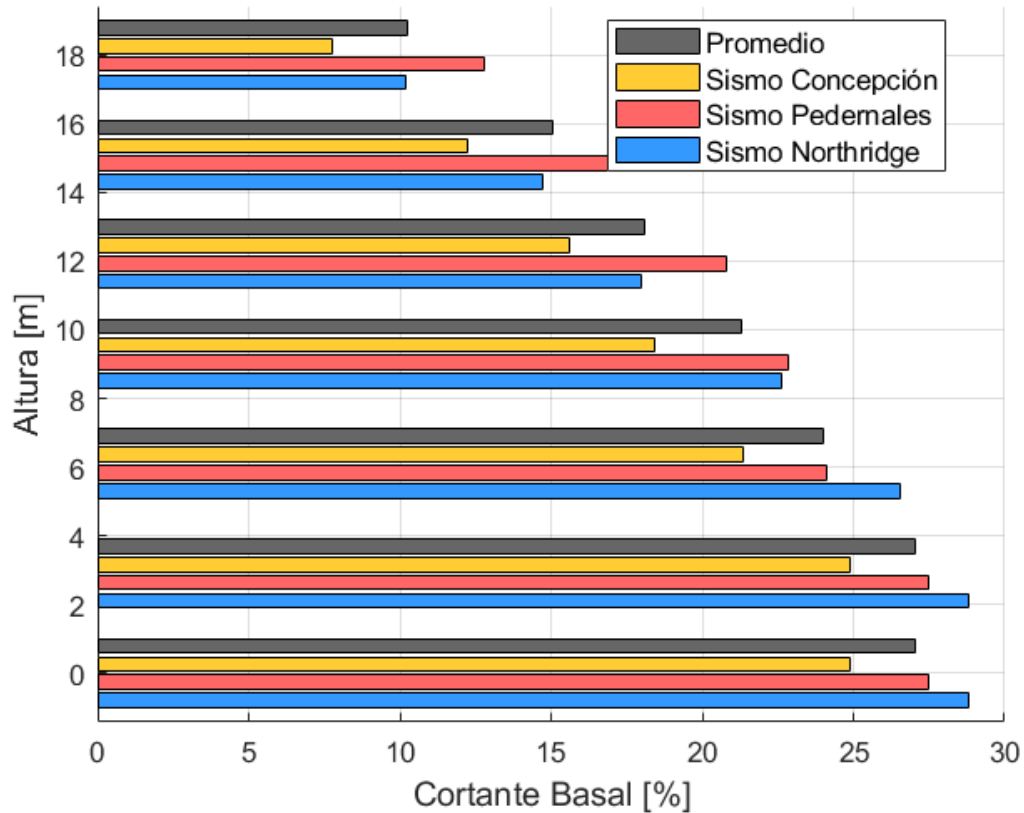
### Respuesta Envolvente de Derivas

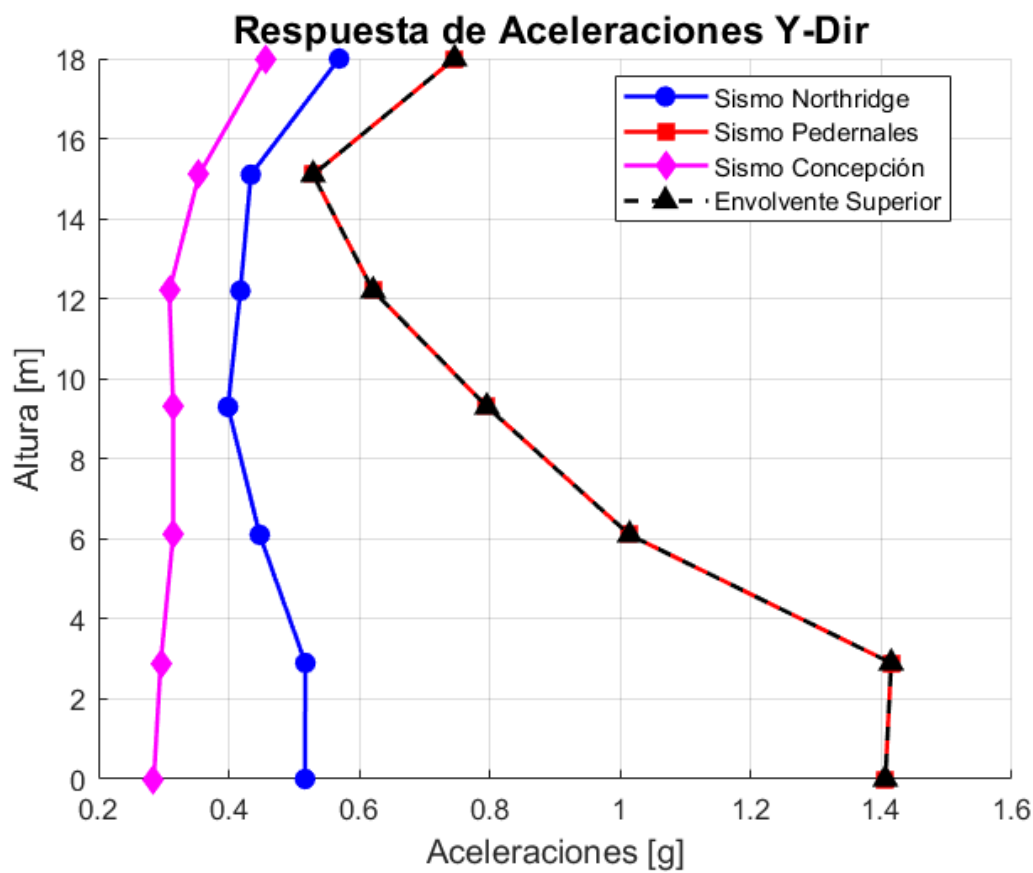
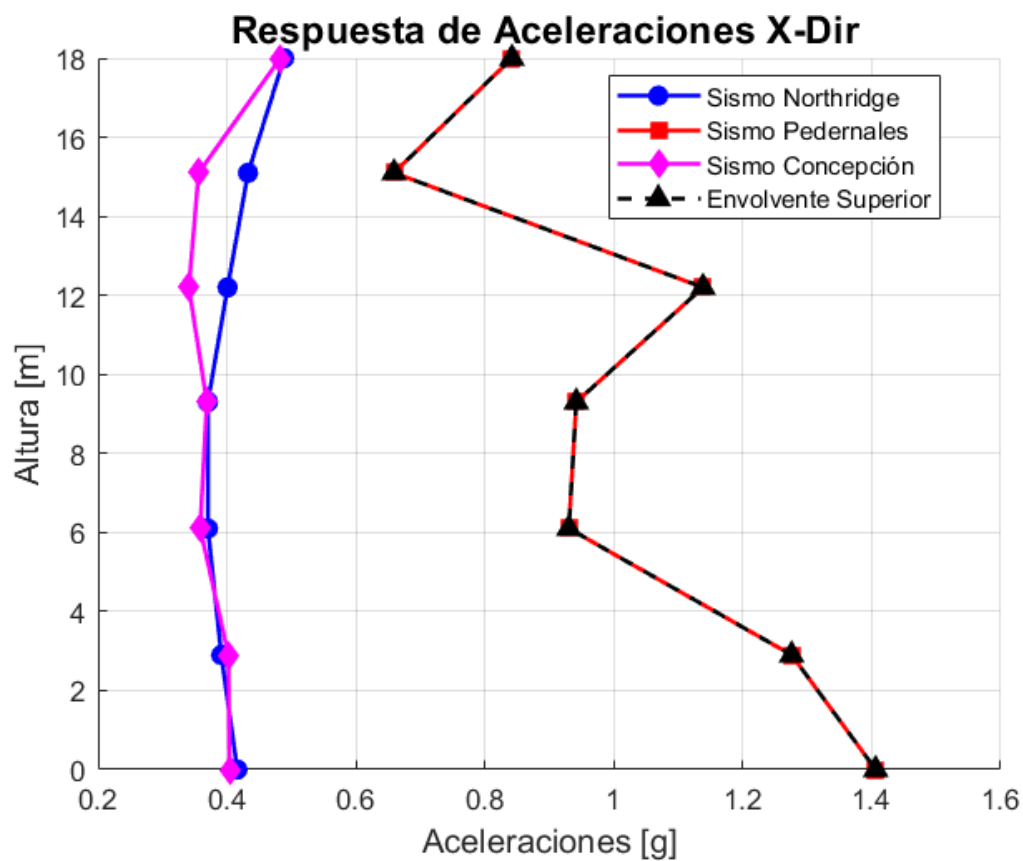


**Diagrama de Cortante por Nivel X-Dir**

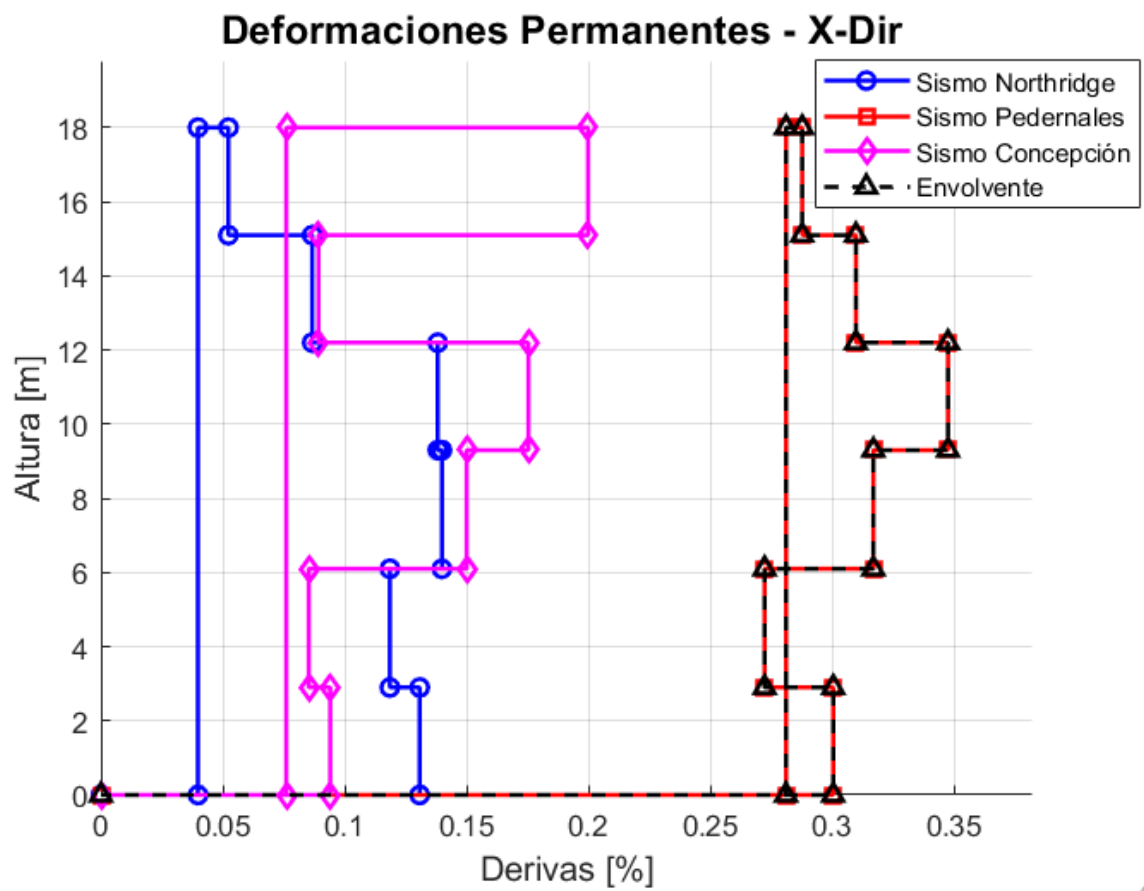
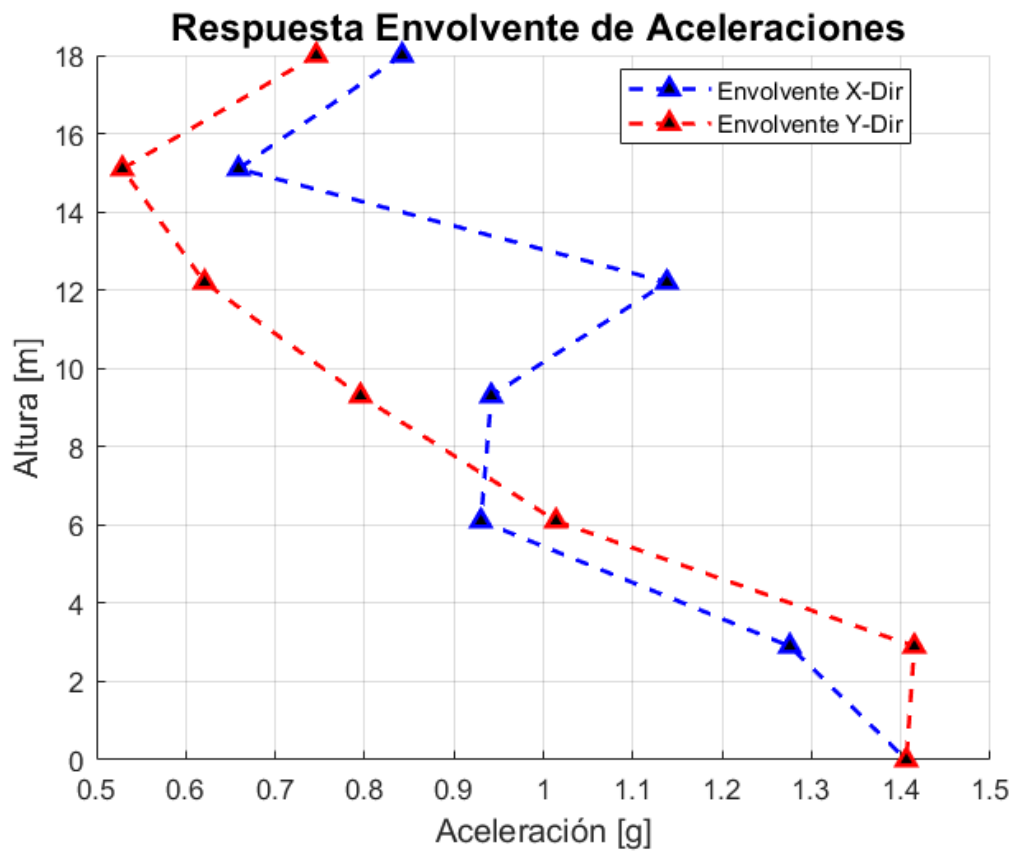


**Diagrama de Cortante por Nivel Y-Dir**

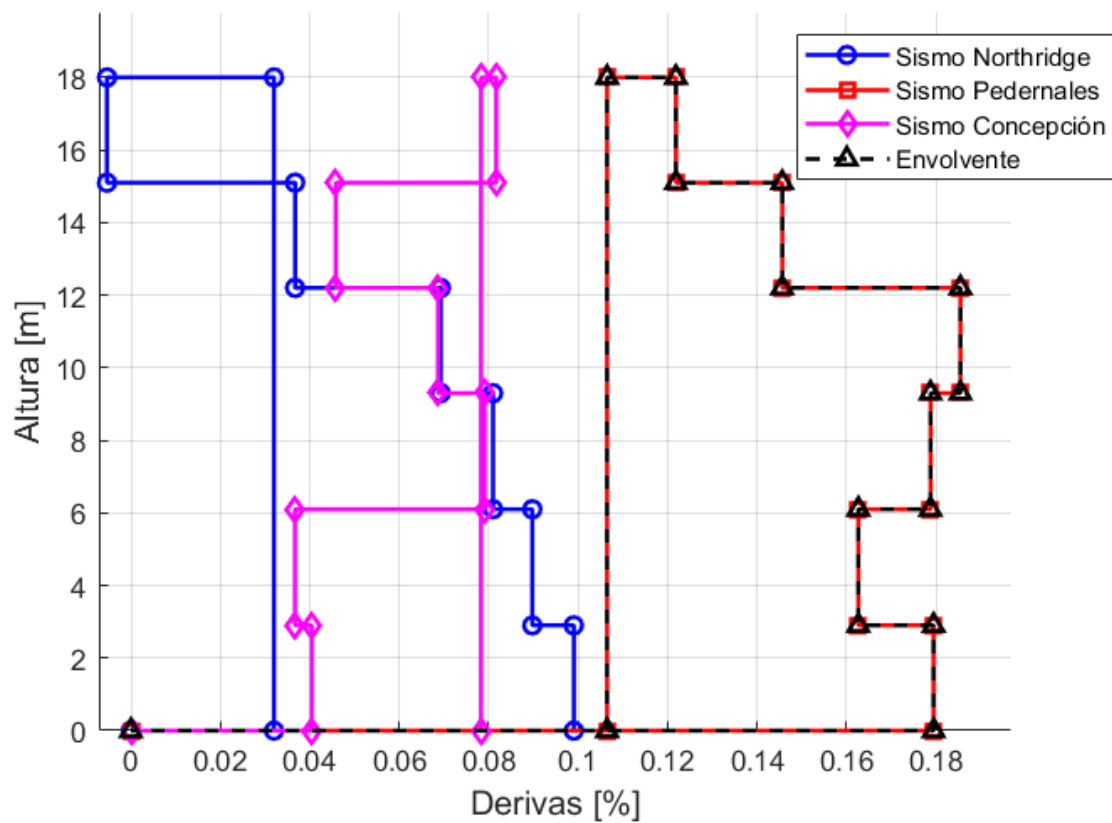




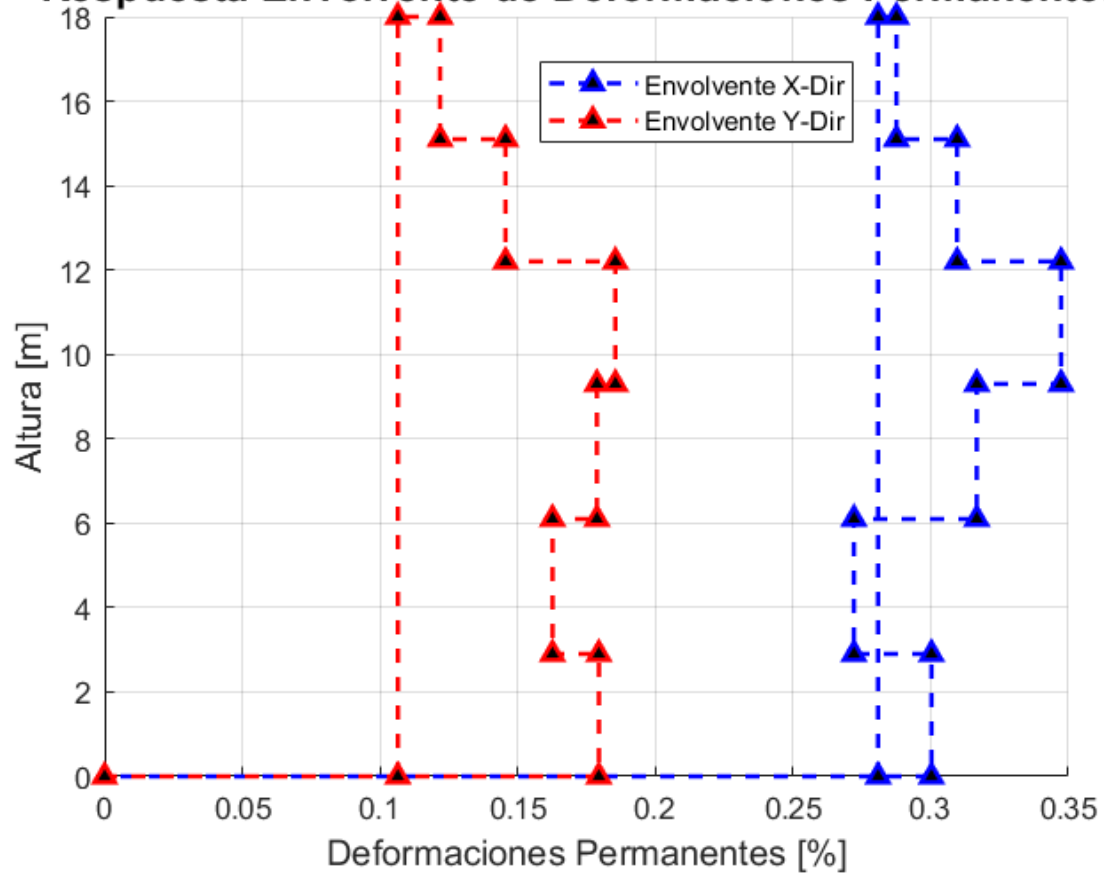




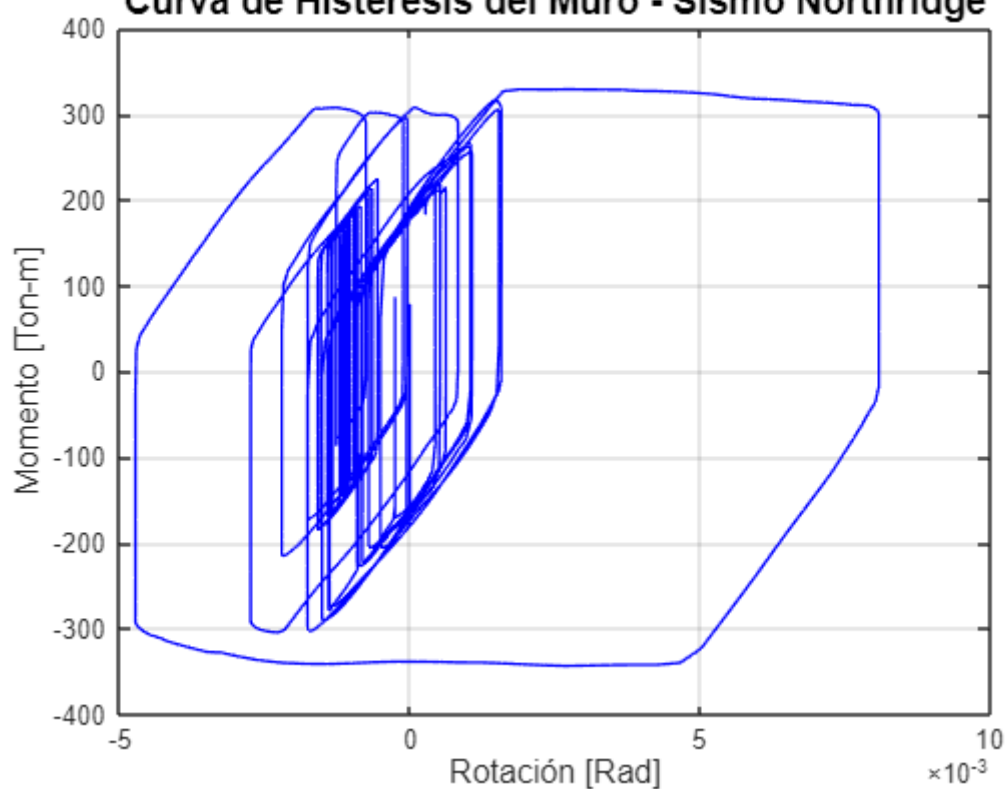
### Deformaciones Permanentes - Y-Dir



### Respuesta Envolvente de Deformaciones Permanentes

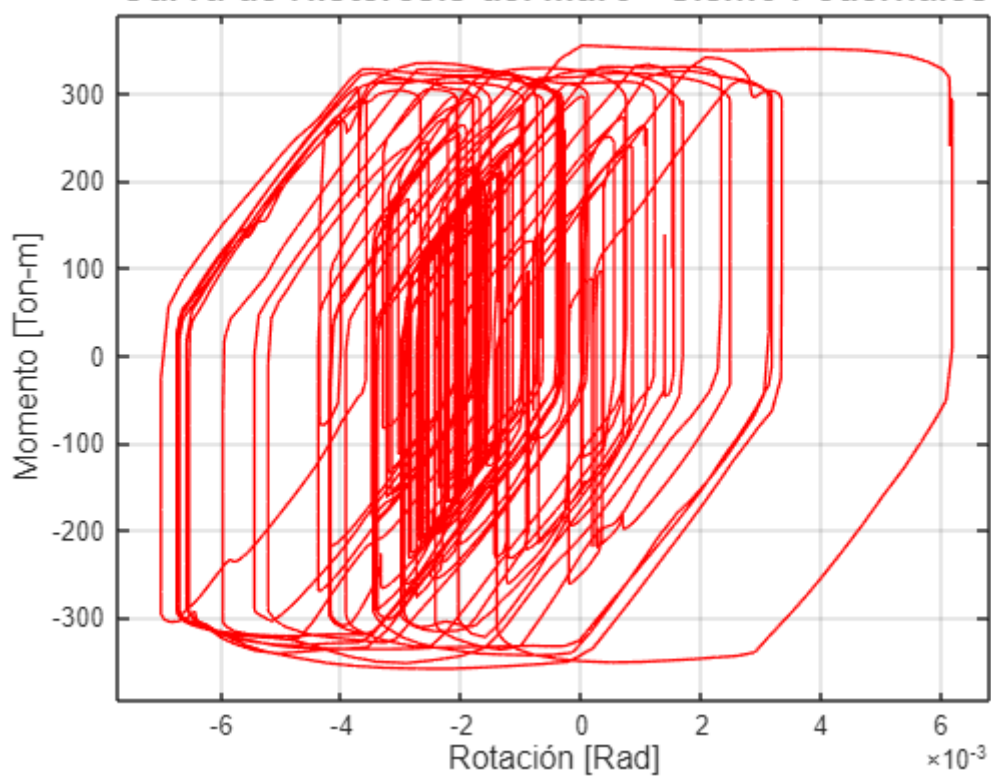


**Curva de Histéresis del Muro - Sismo Northridge**

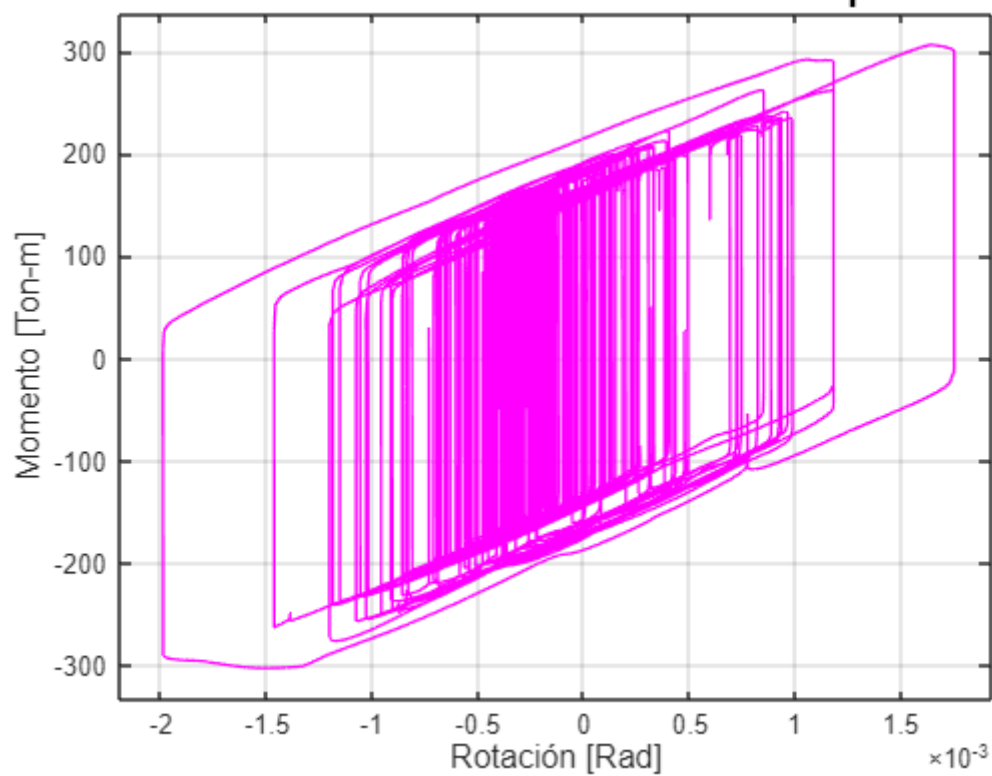


12/02/2023 14:00:00

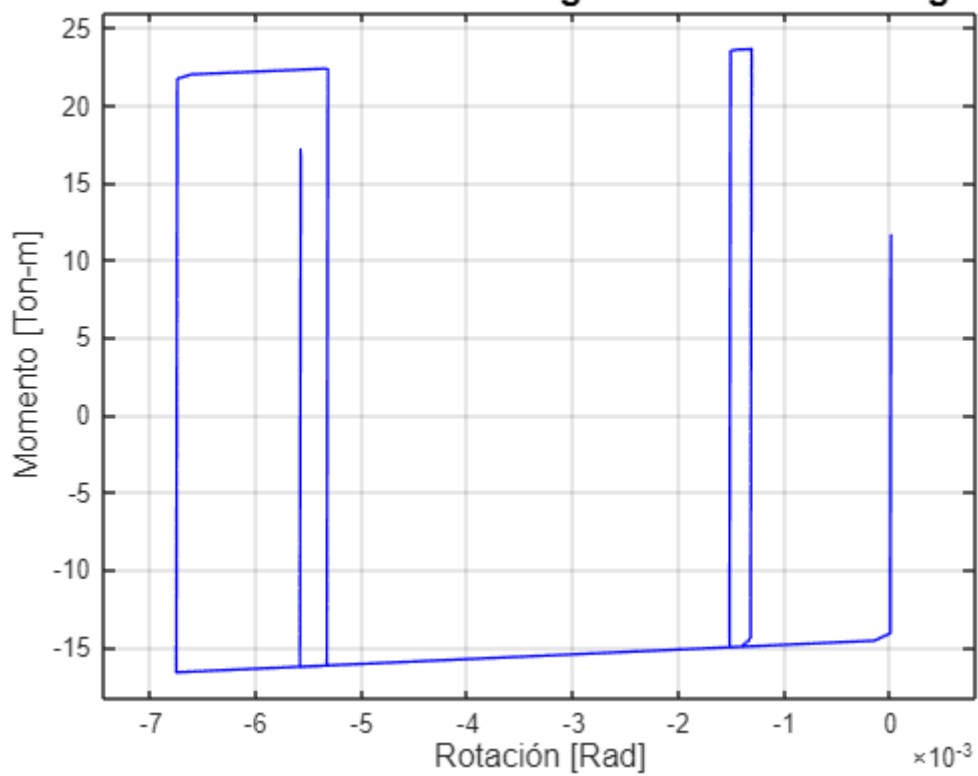
**Curva de Histéresis del Muro - Sismo Pedernales**

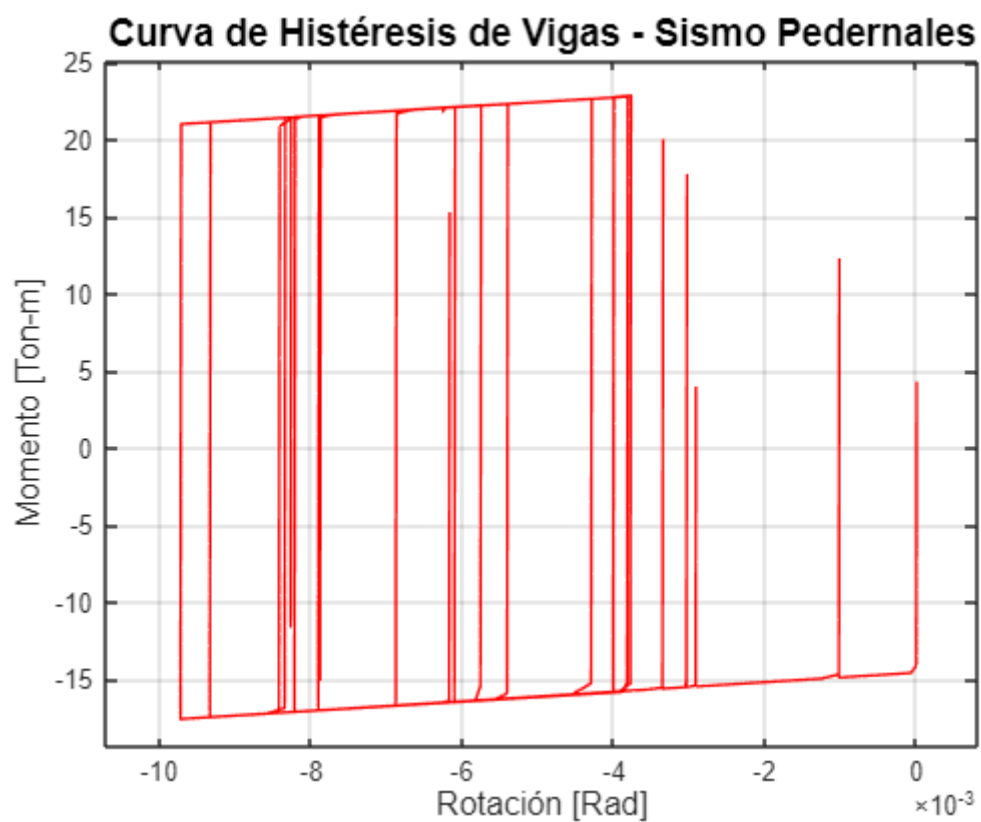


**Curva de Histéresis del Muro - Sismo Concepción-Chile**

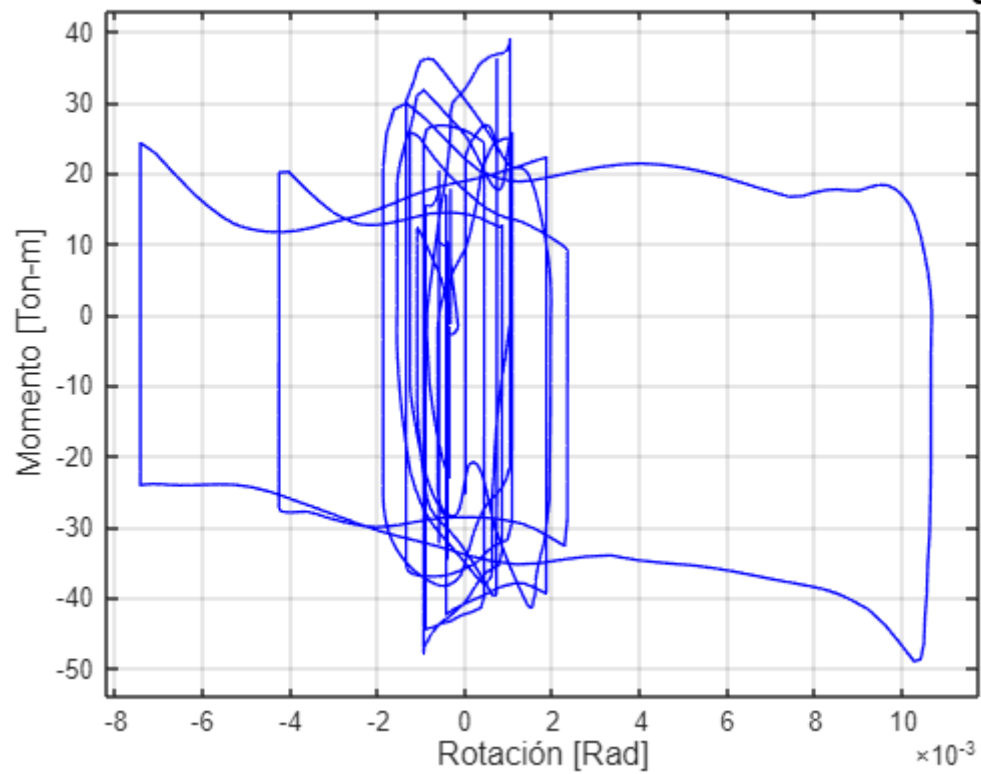


**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Northridge**

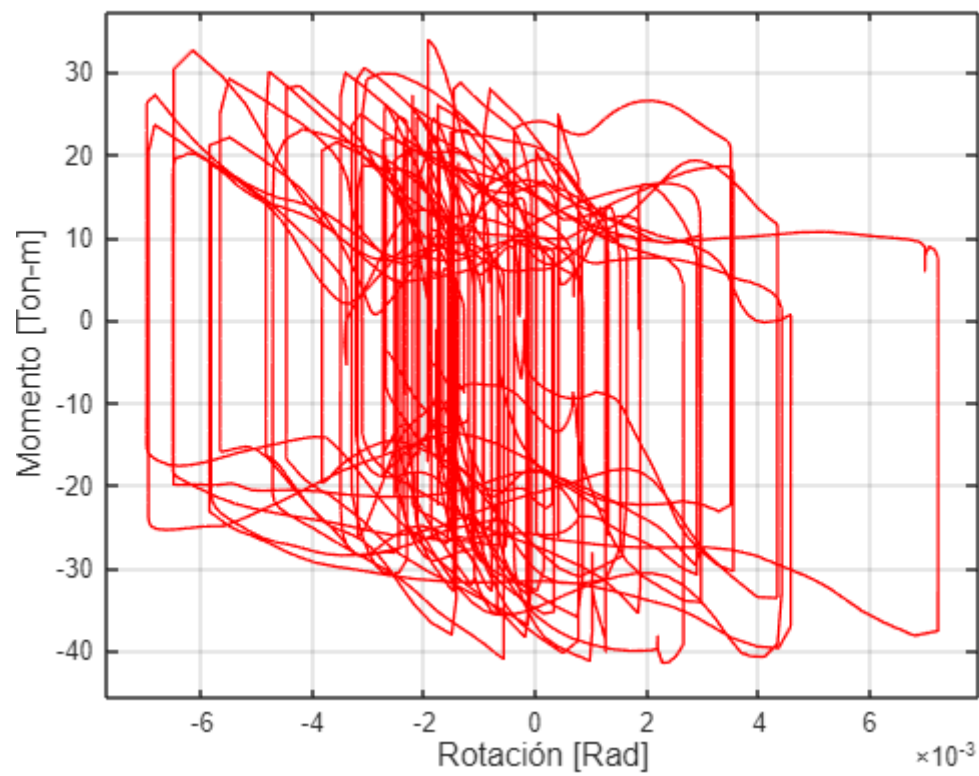




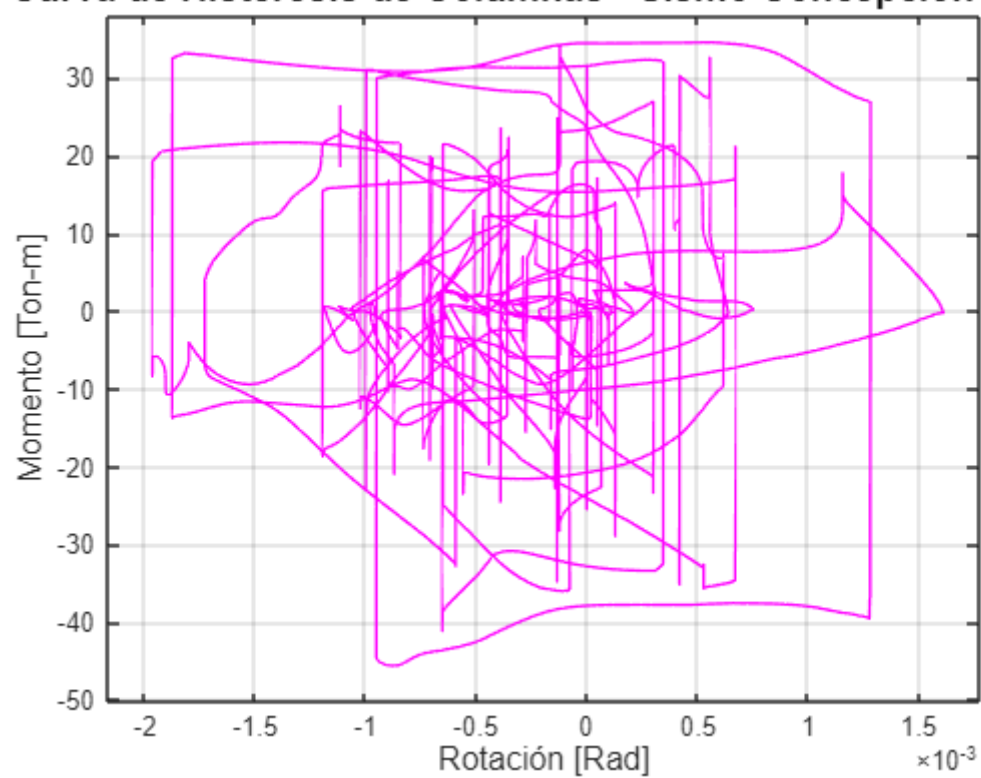
**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge**



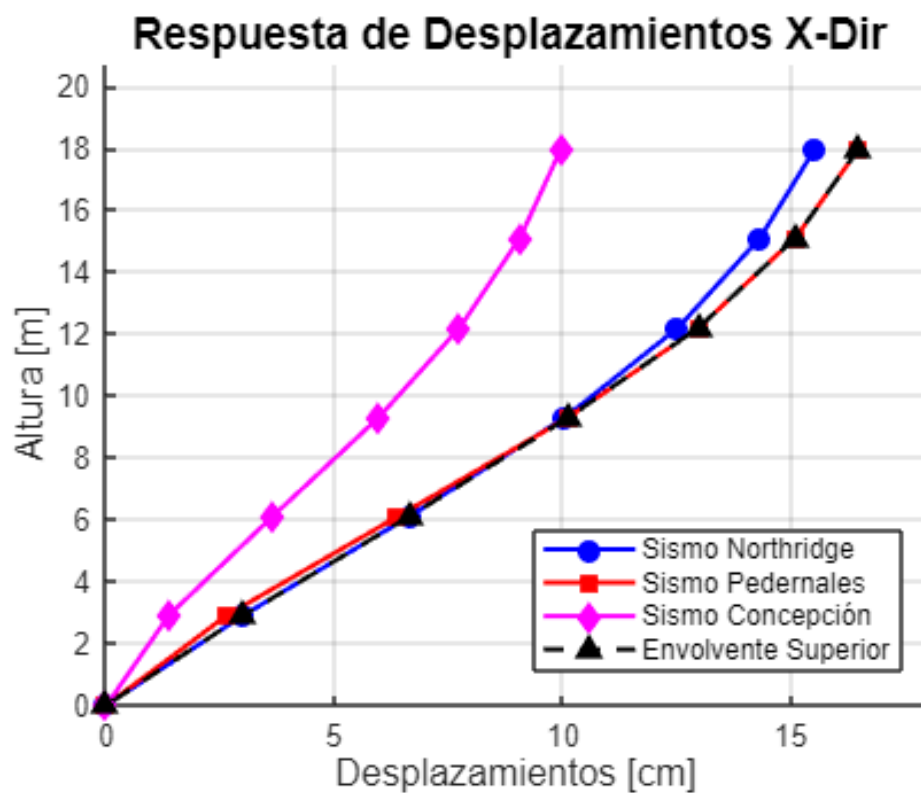
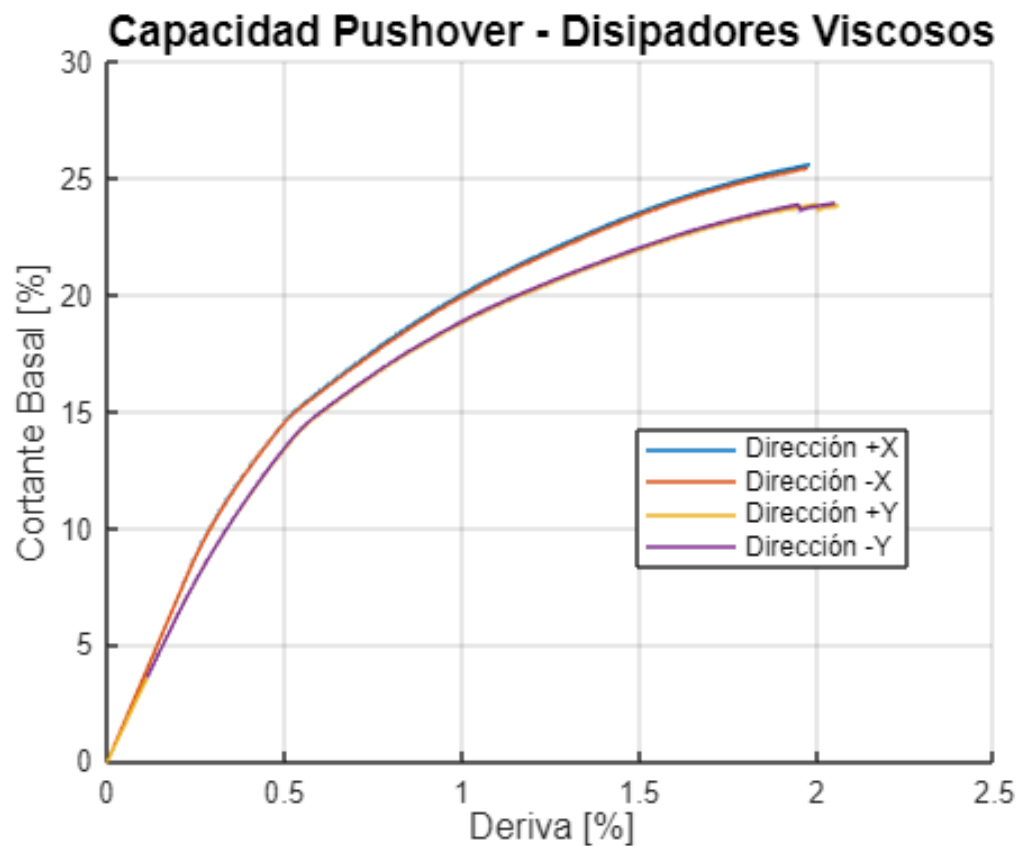
**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales**



### Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile

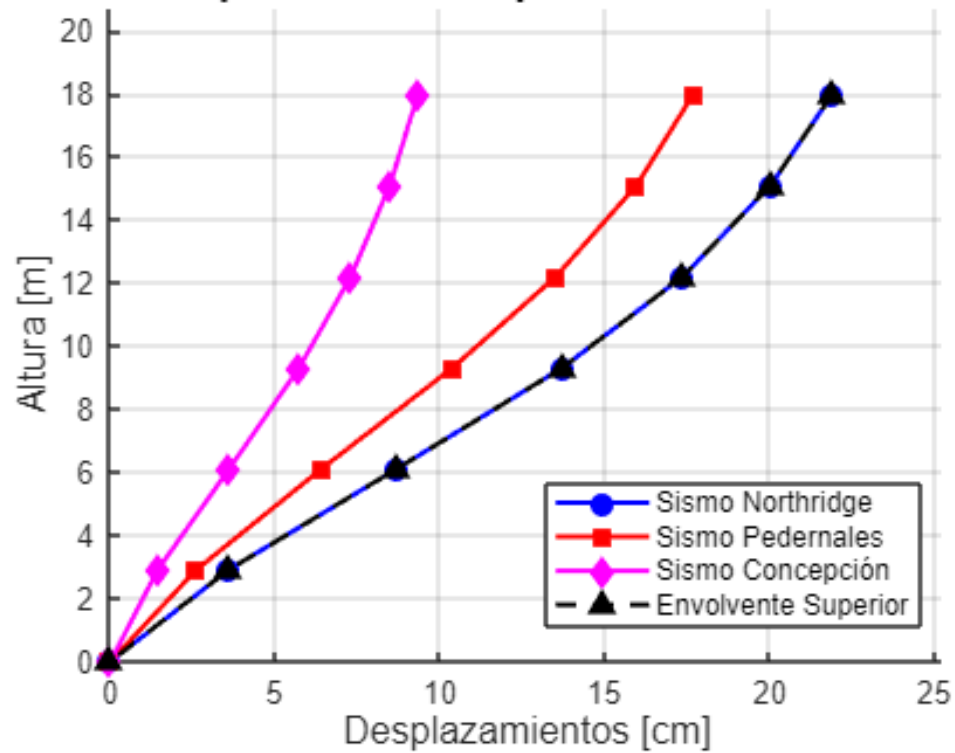


## Resultados de la Estructura con Disipadores Viscosos.

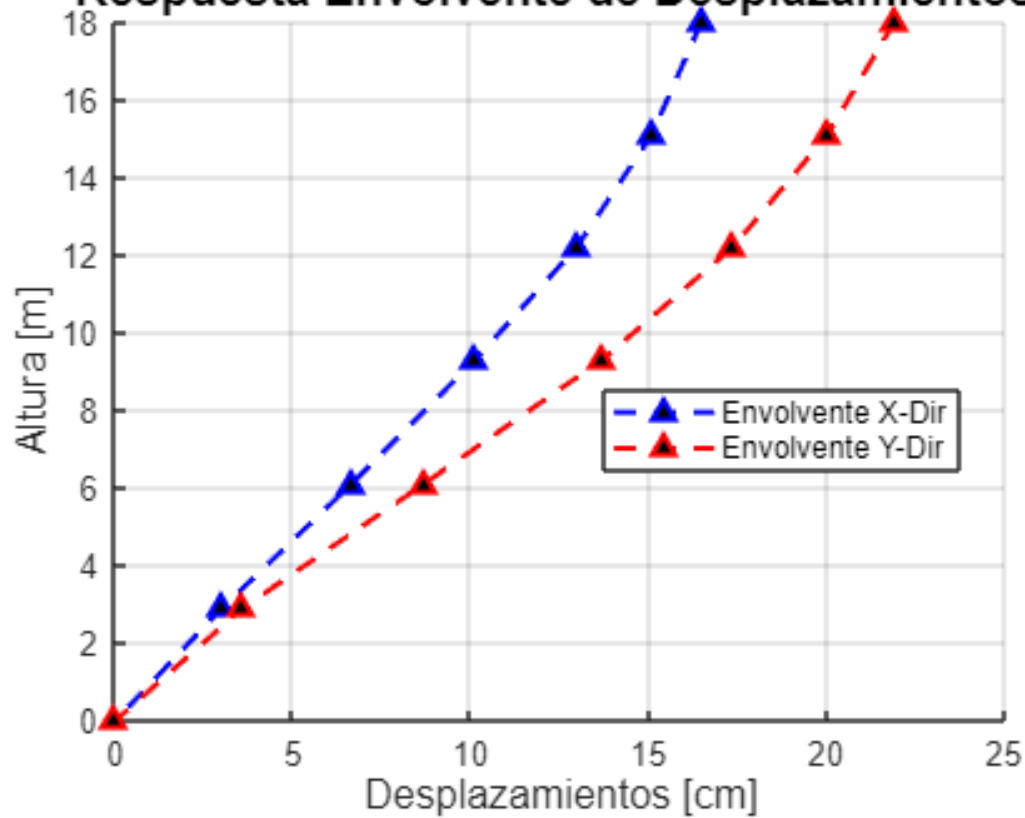




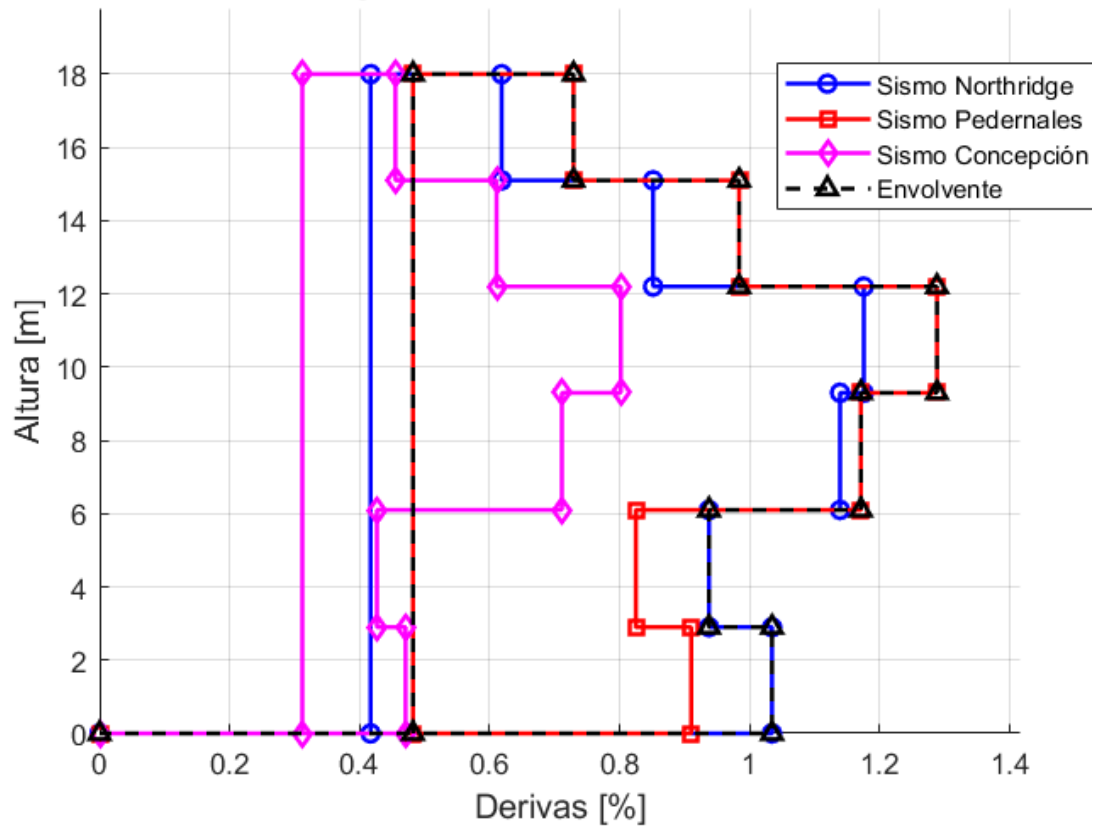
### Respuesta de Desplazamientos Y-Dir



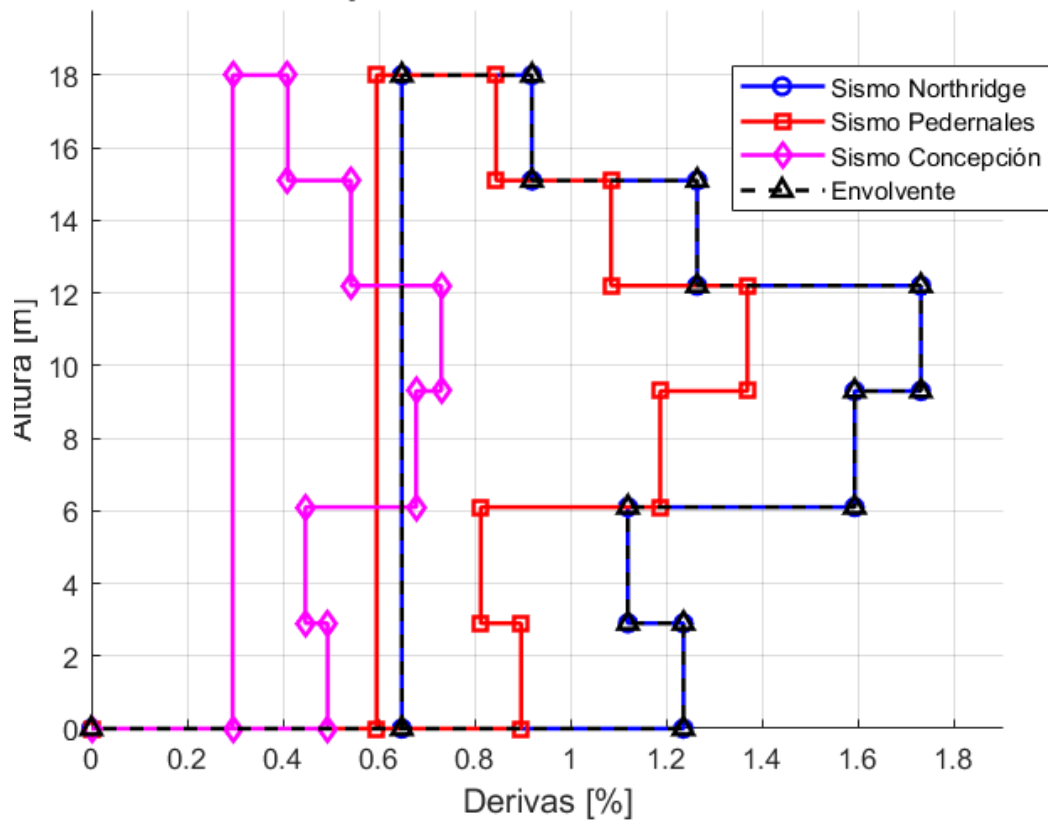
### Respuesta Envolvente de Desplazamientos

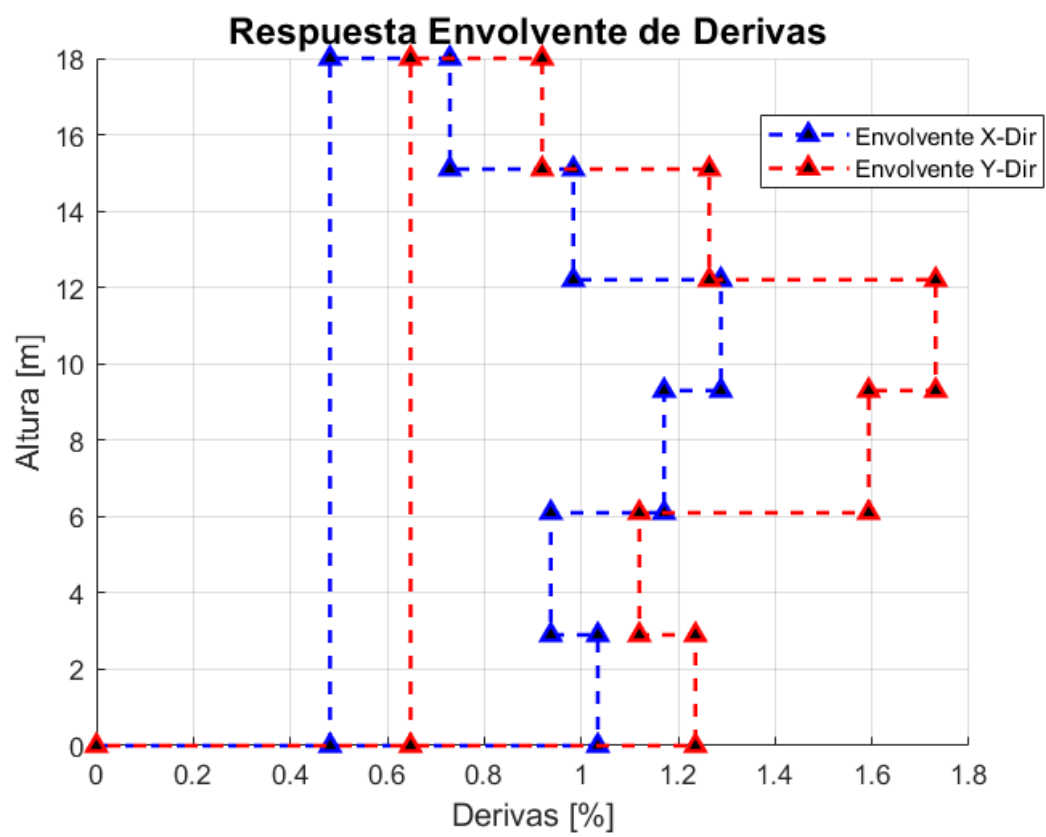


### Respuesta de Derivas - X-Dir

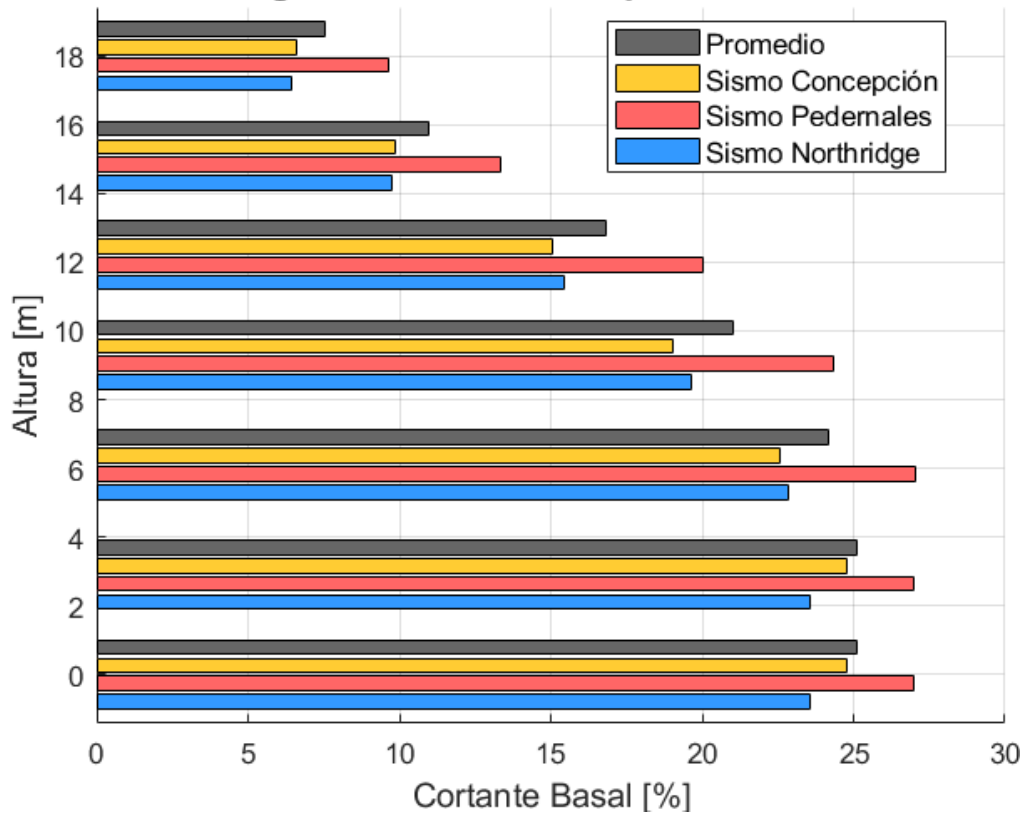


### Respuesta de Derivas - Y-Dir

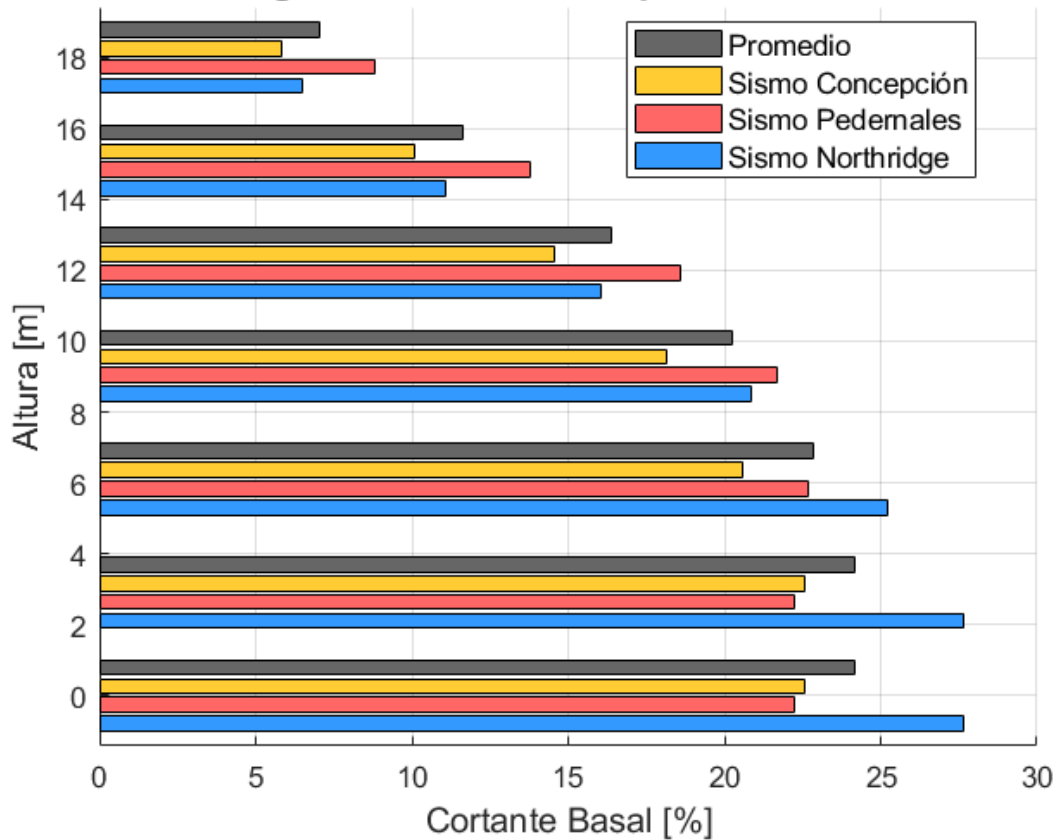


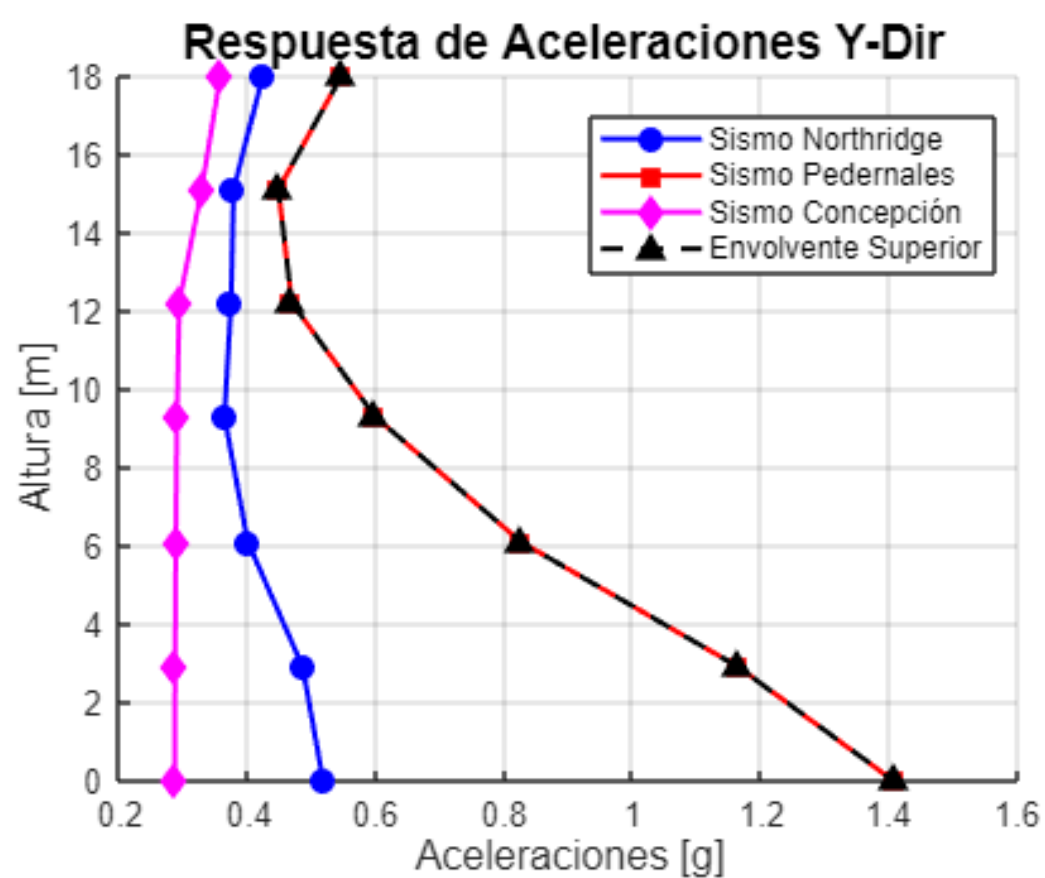
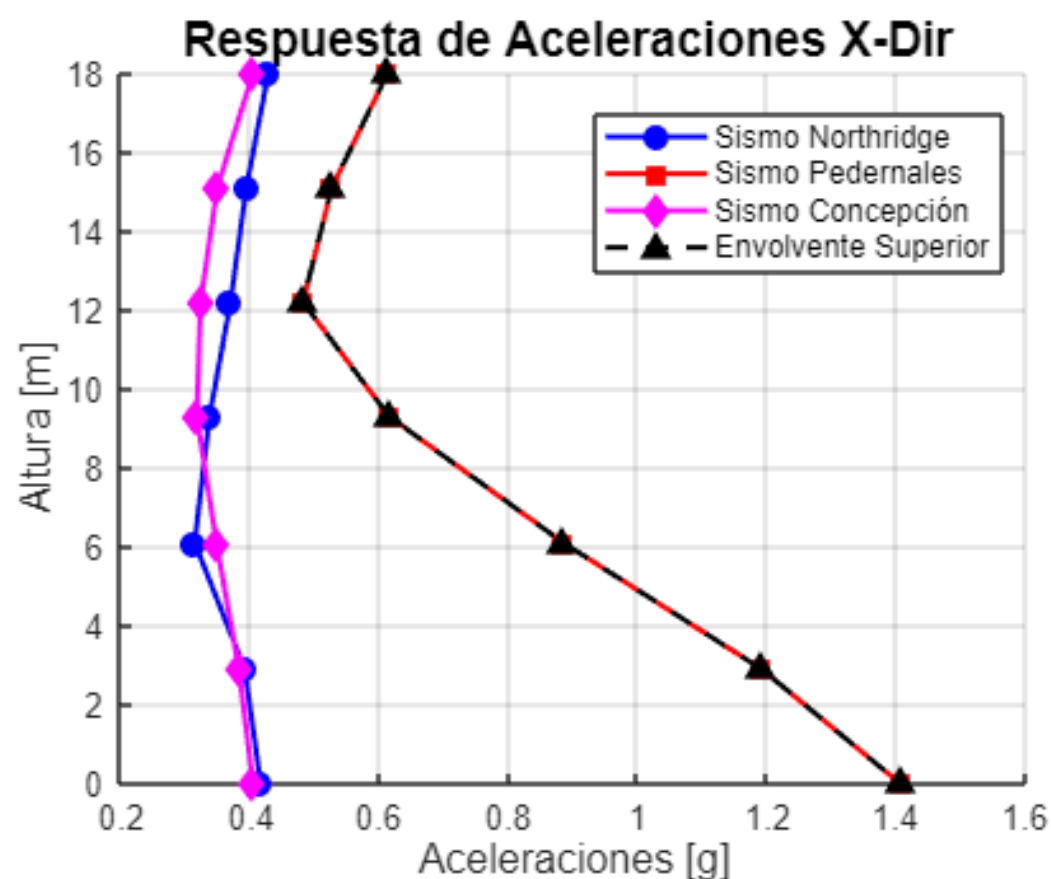


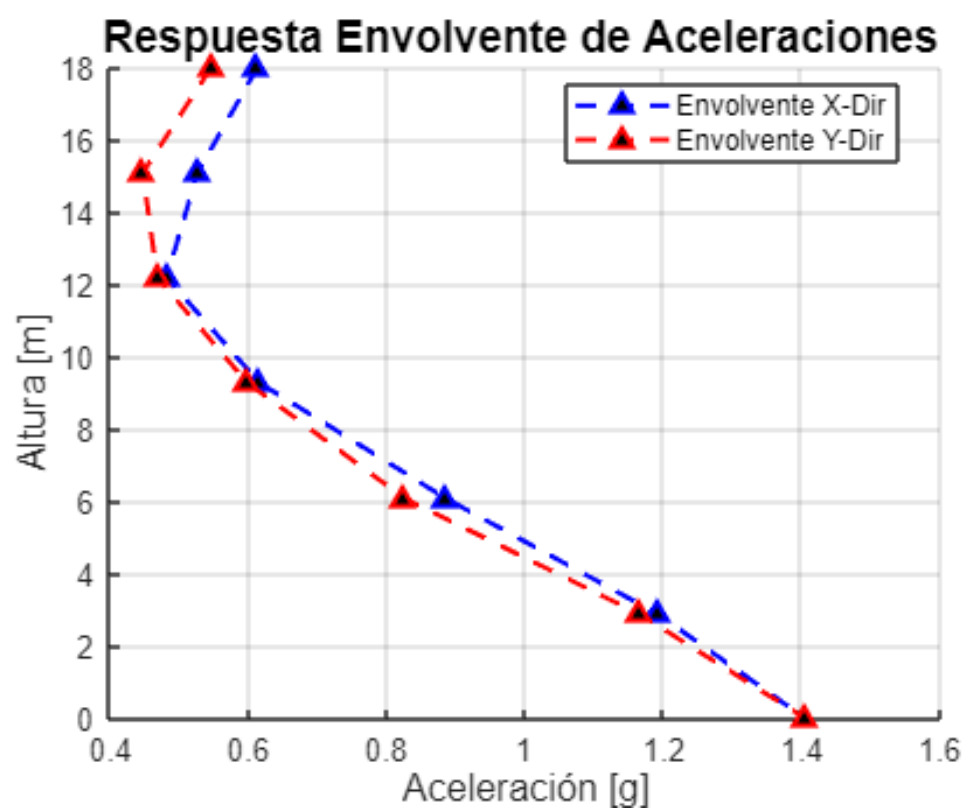
**Diagrama de Cortante por Nivel X-Dir**



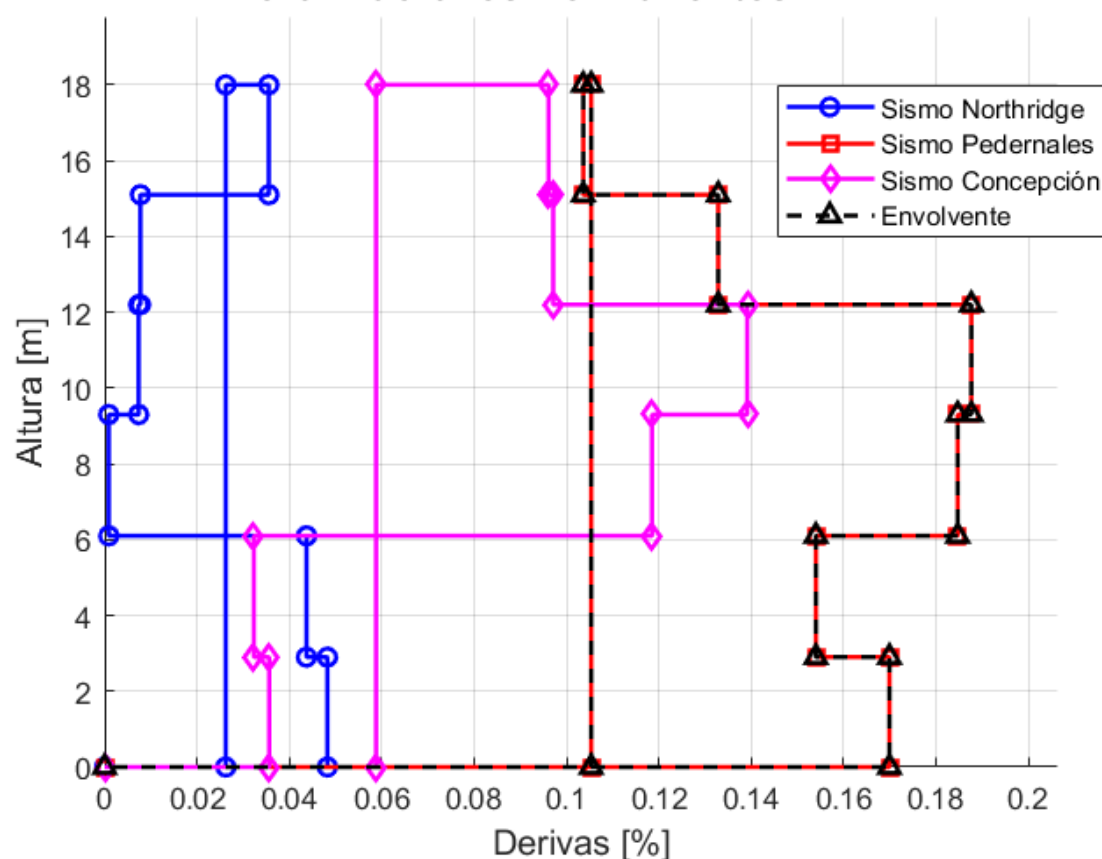
**Diagrama de Cortante por Nivel Y-Dir**



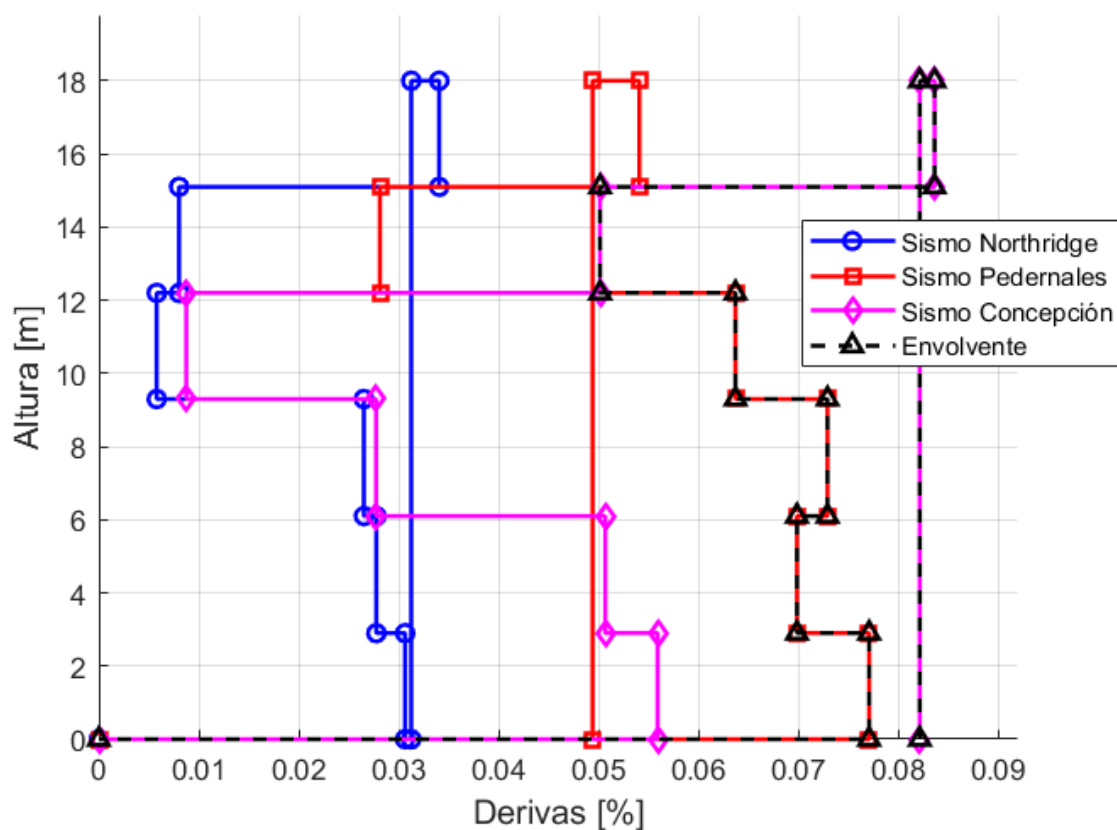




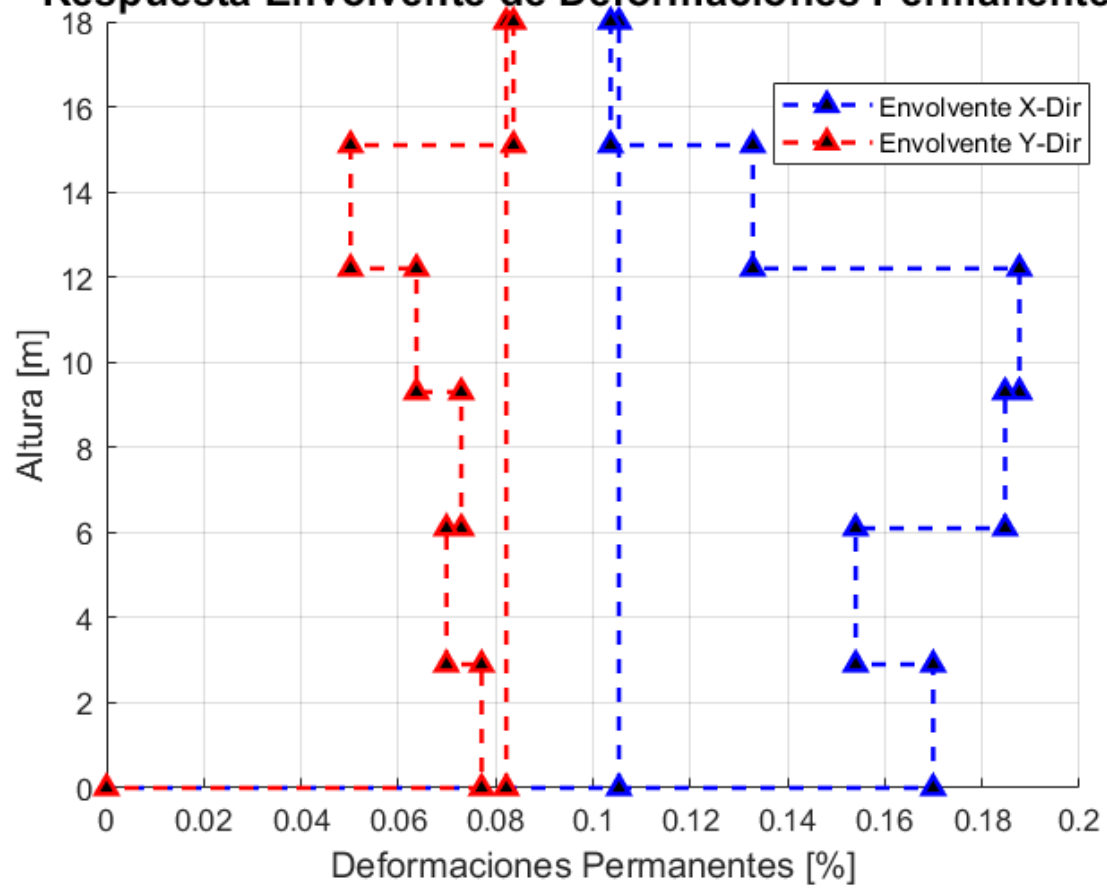
## Deformaciones Permanentes - X-Dir



## Deformaciones Permanentes - Y-Dir

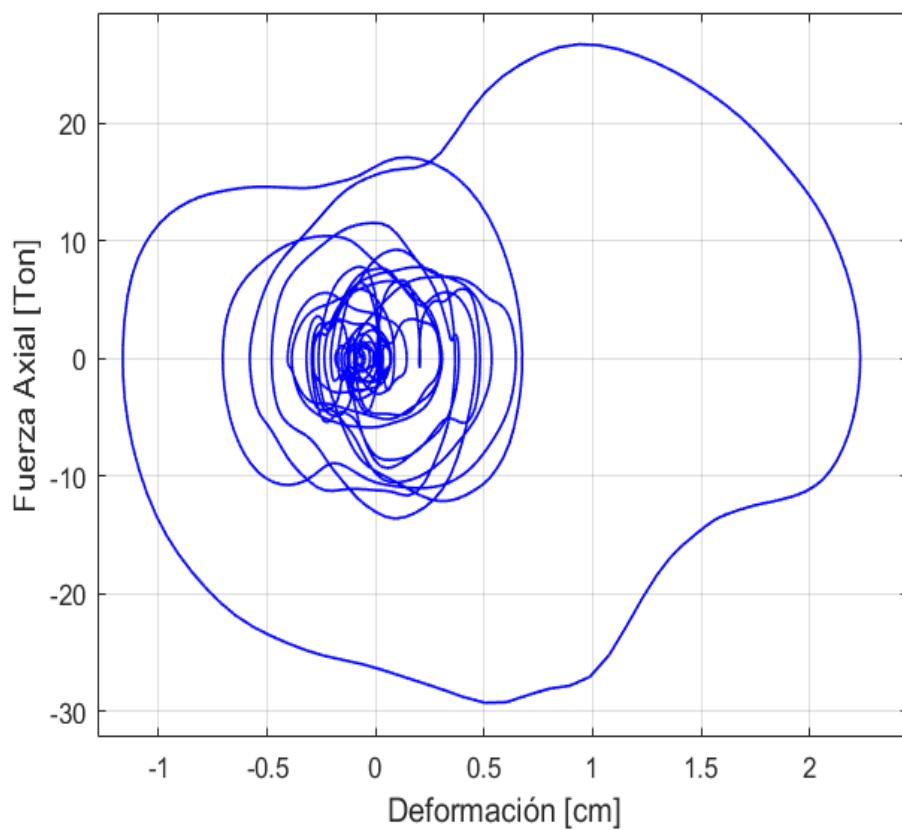


## Respuesta Envolvente de Deformaciones Permanentes

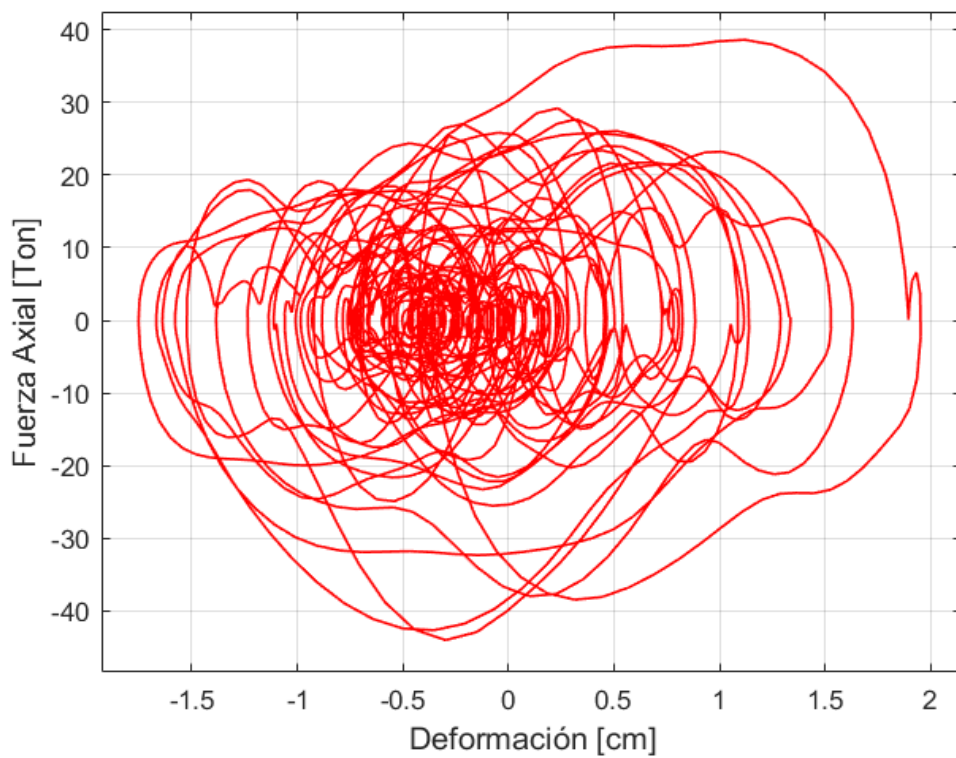




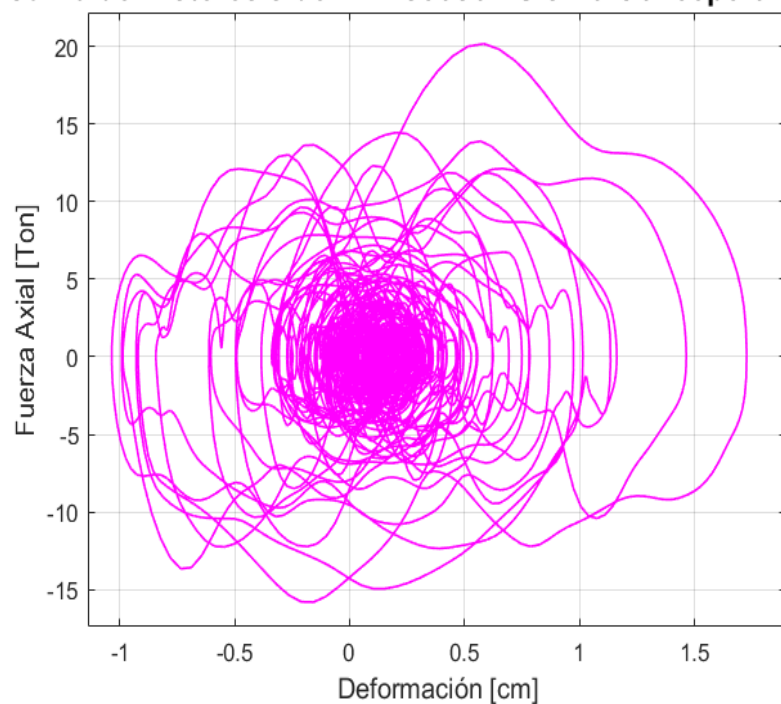
**Curva de Histéresis del D.Viscoso - Sismo Northridge**



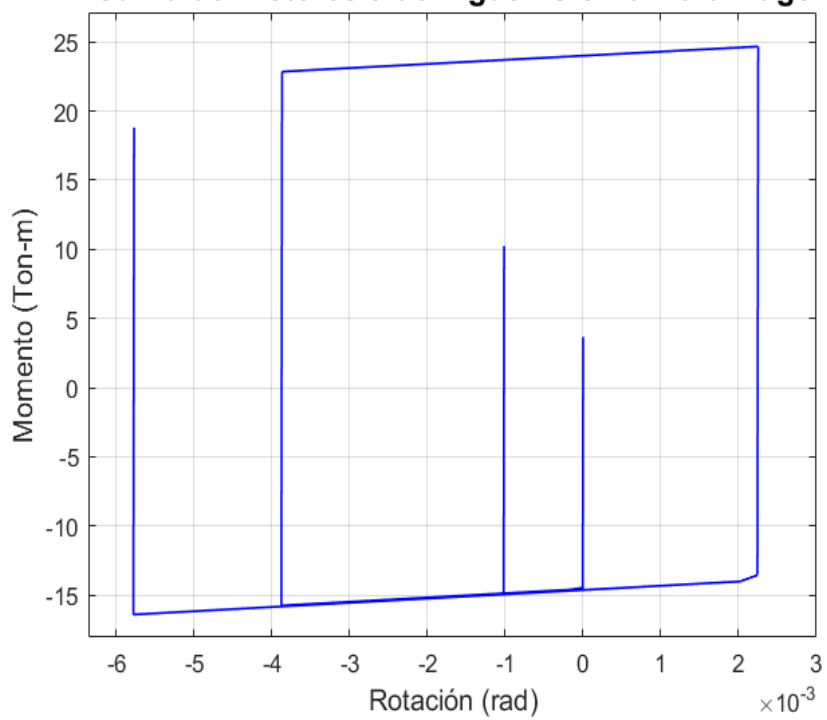
**Curva de Histéresis del D.Viscoso - Sismo Pedernales**



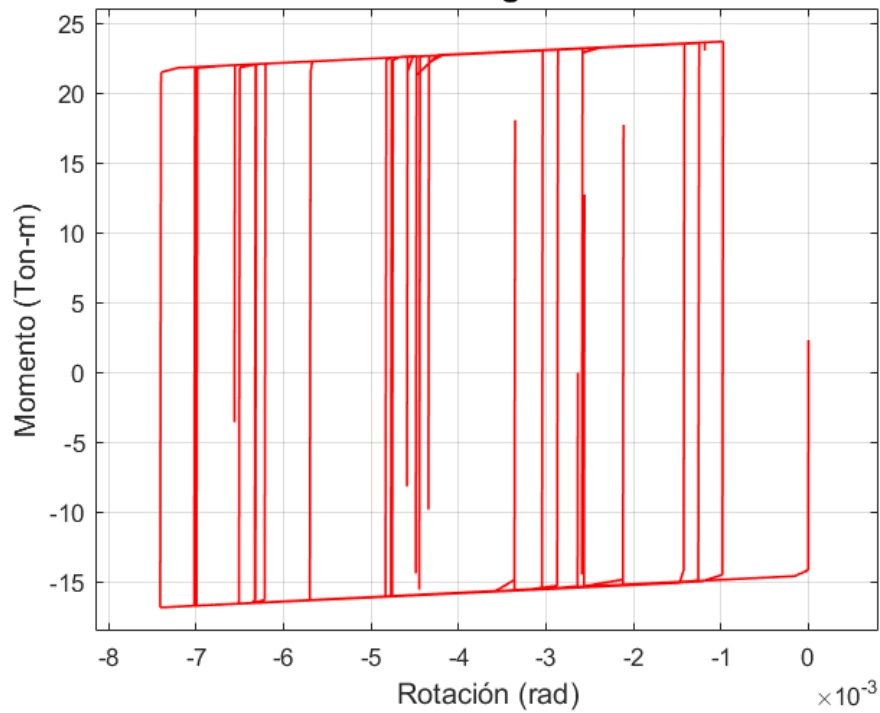
**Curva de Histéresis del D.Viscoso - Sismo Concepción-Chile**



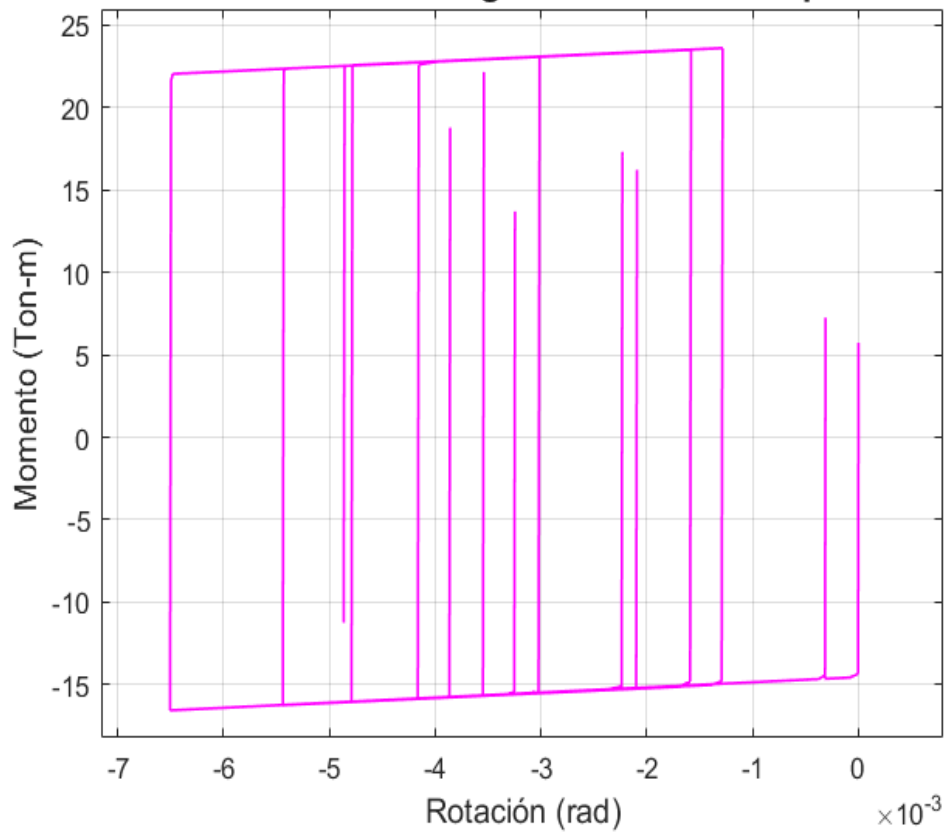
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Northridge**



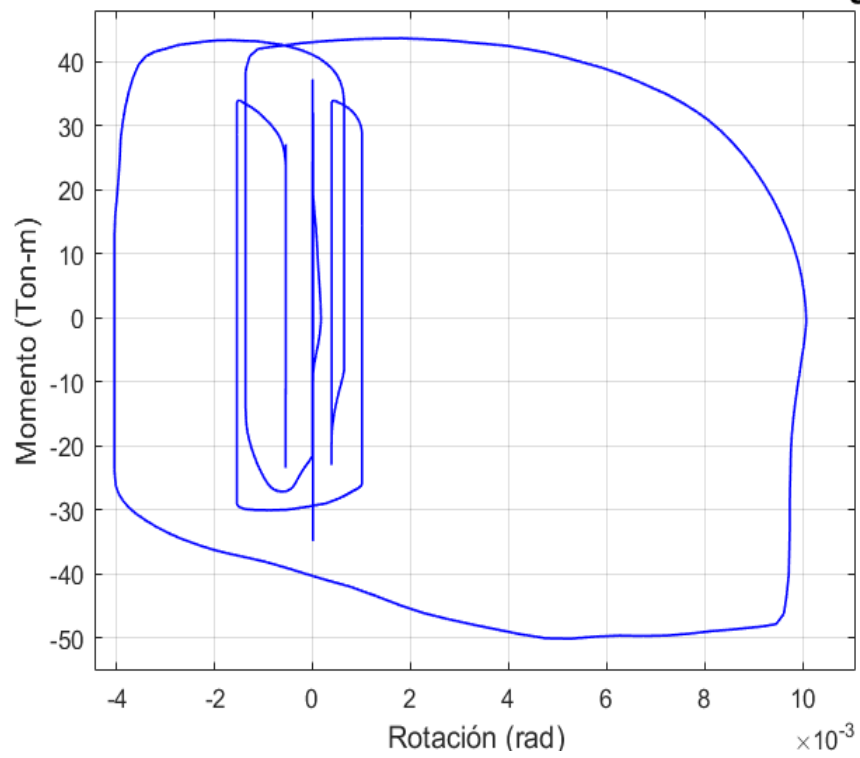
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Pedernales**



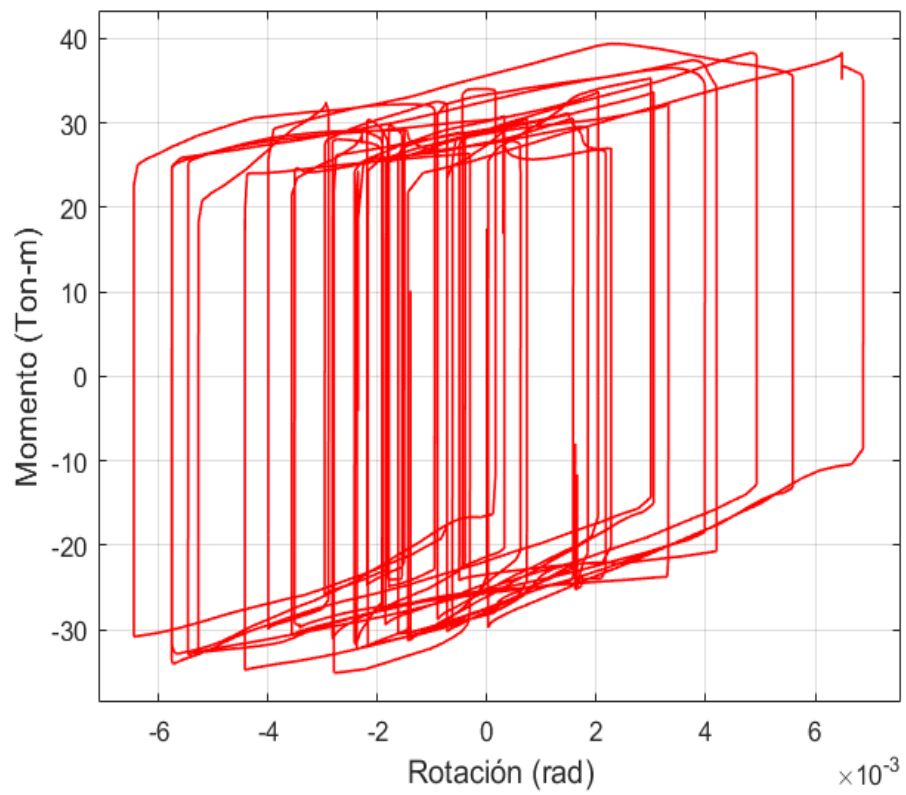
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile**



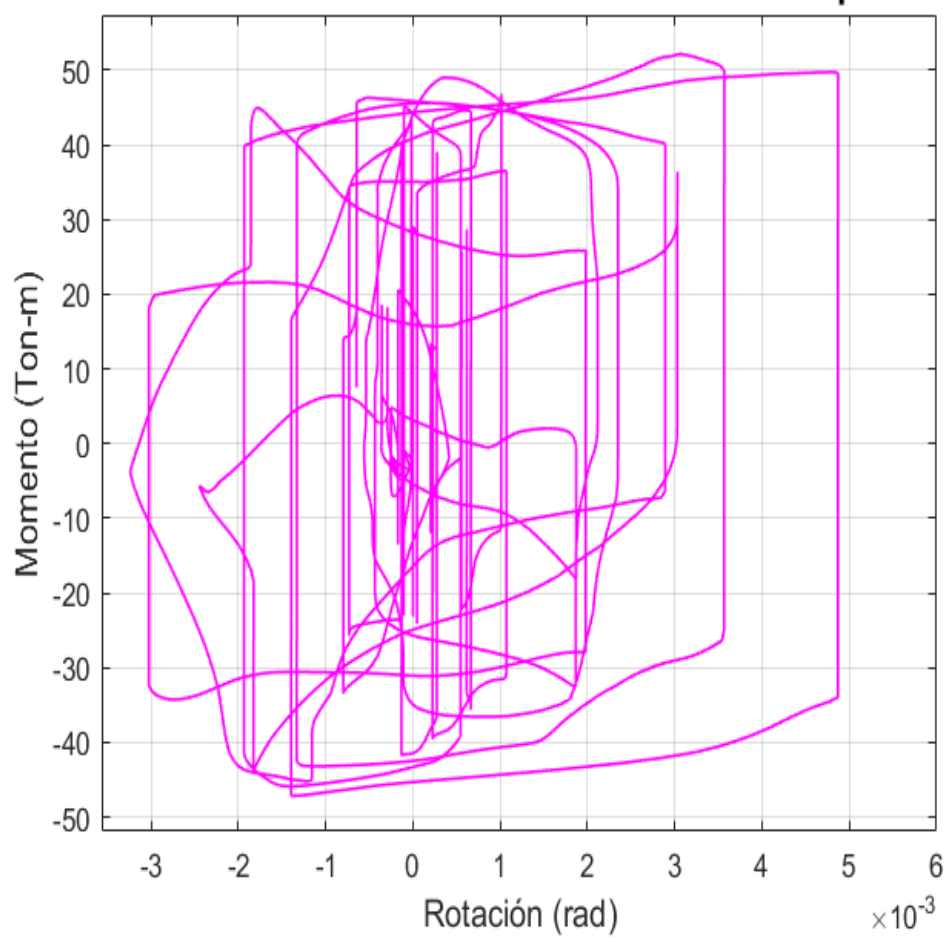
**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge**



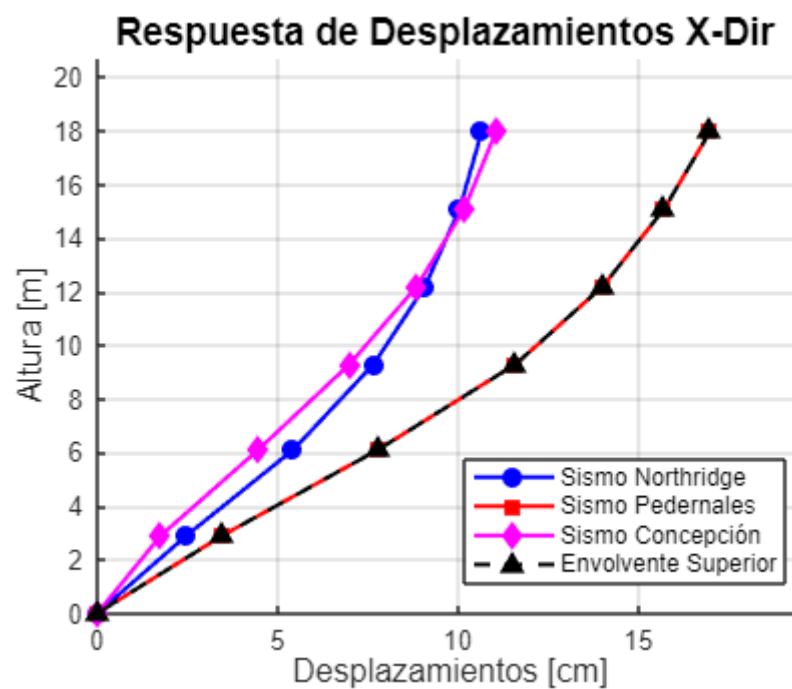
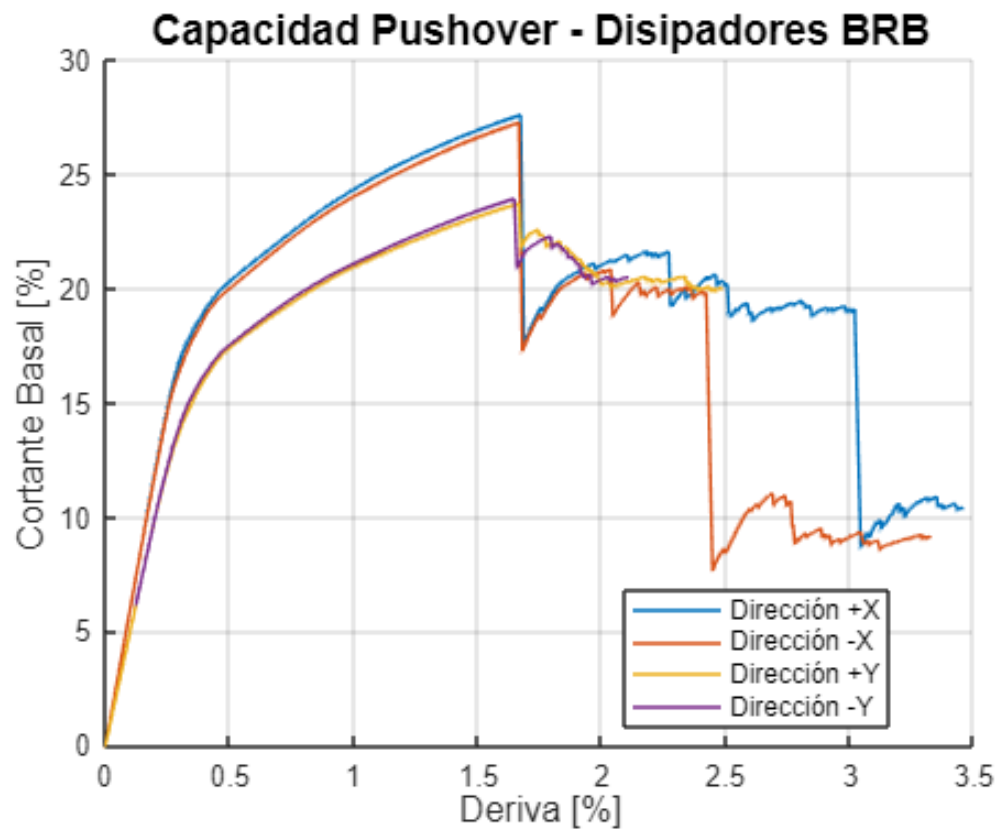
**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales**



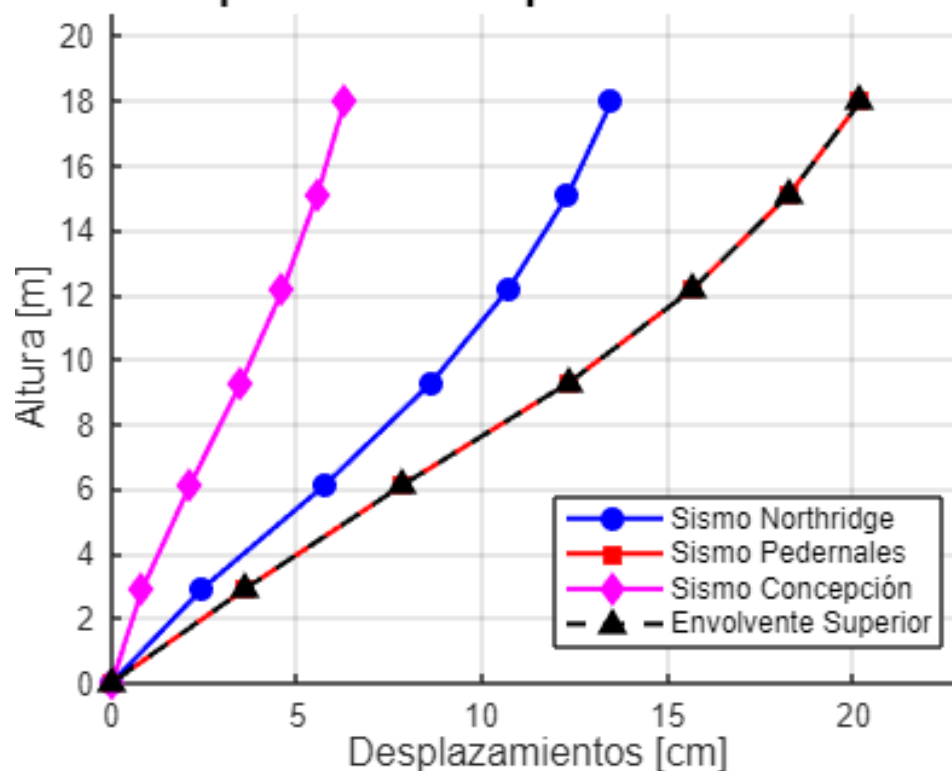
## Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile



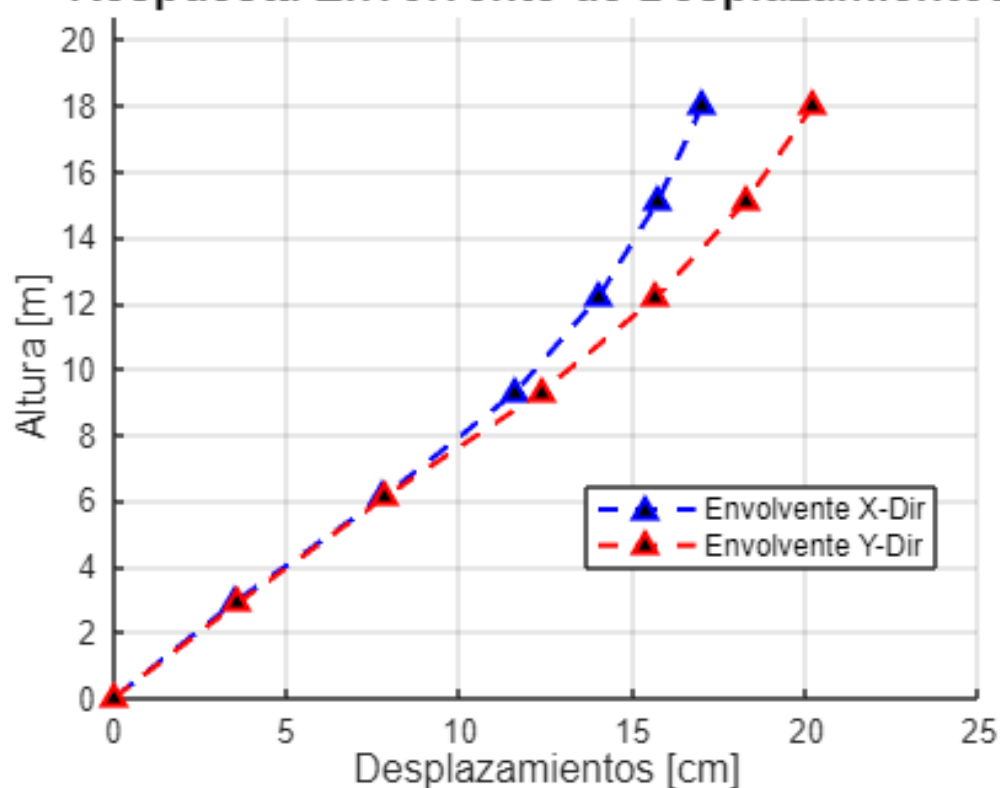
## Resultados de la Estructura con Disipadores BRB's.



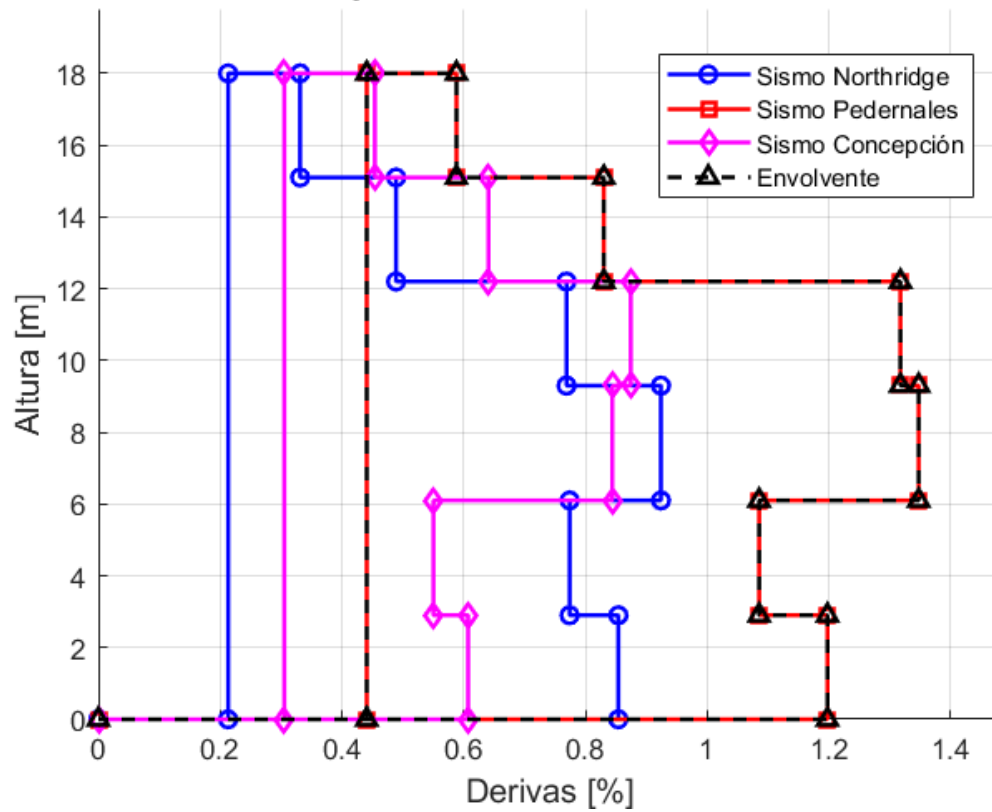
### Respuesta de Desplazamientos Y-Dir



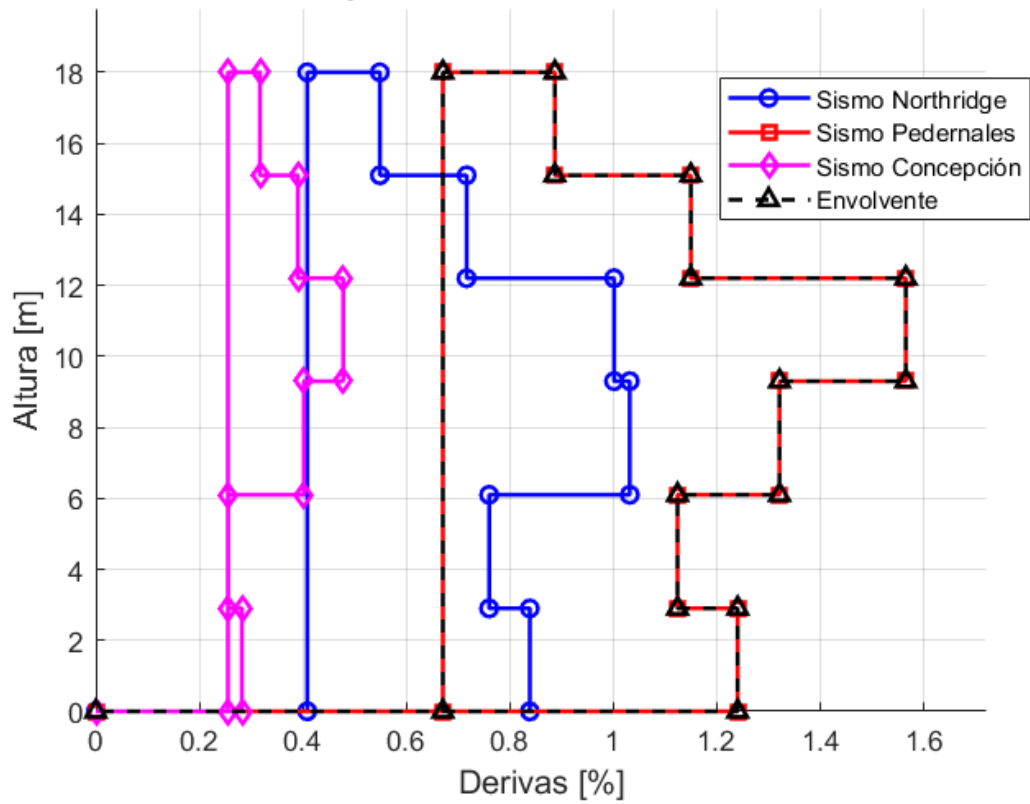
### Respuesta Envolvente de Desplazamientos



### Respuesta de Derivas - X-Dir

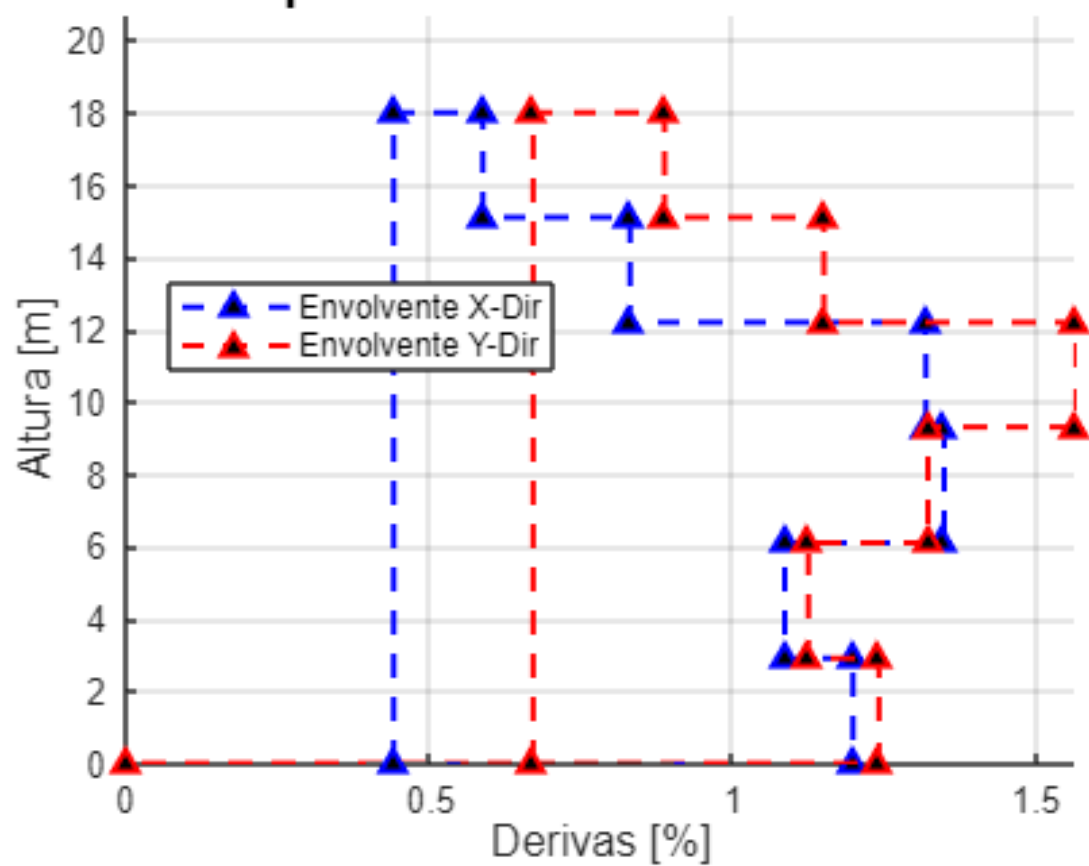


### Respuesta de Derivas - Y-Dir

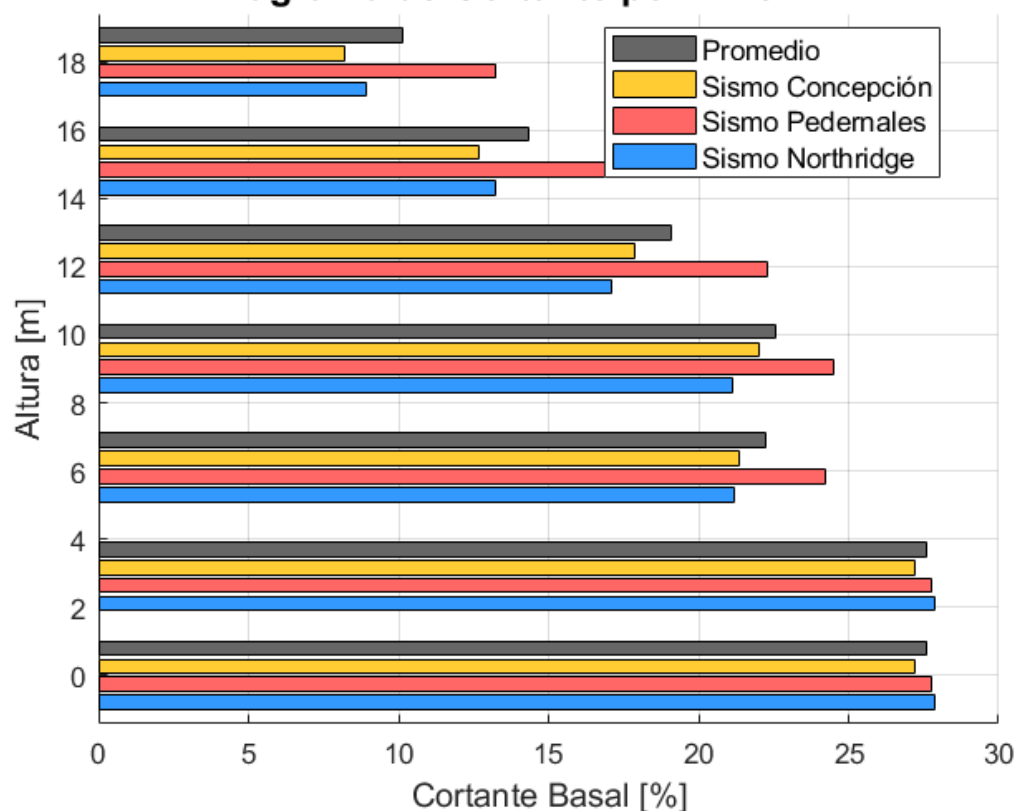




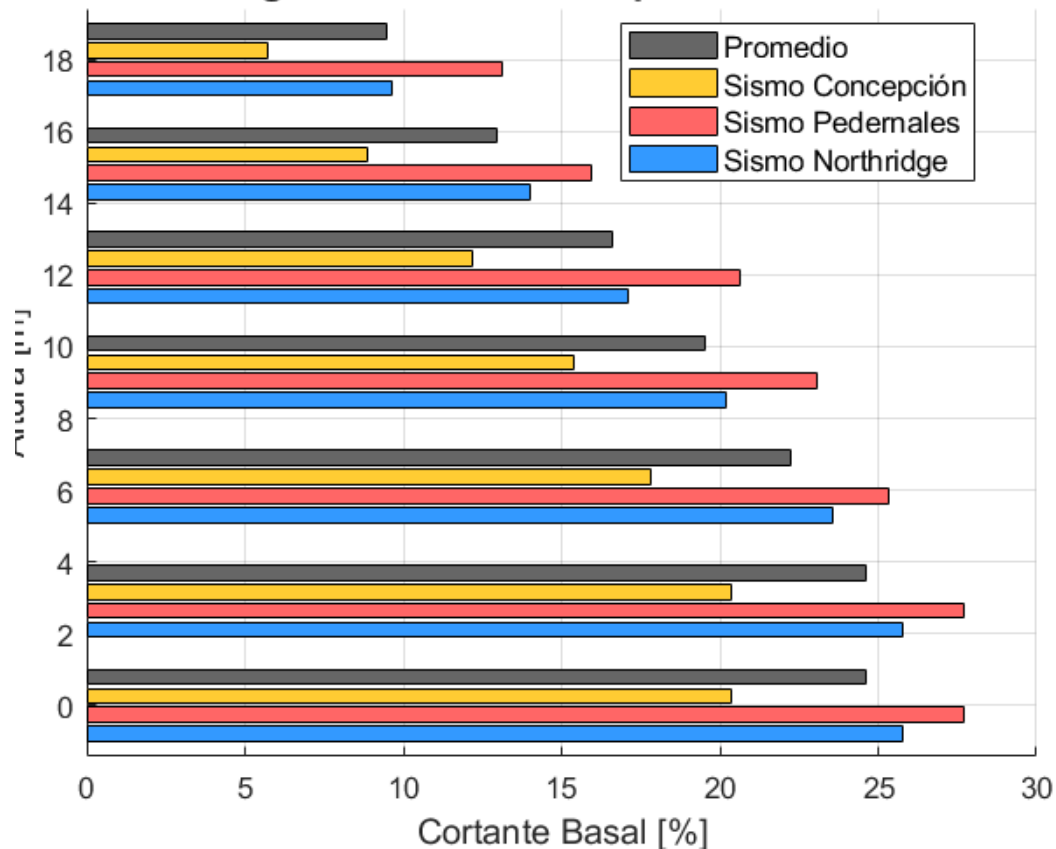
## Respuesta Envolvente de Derivas



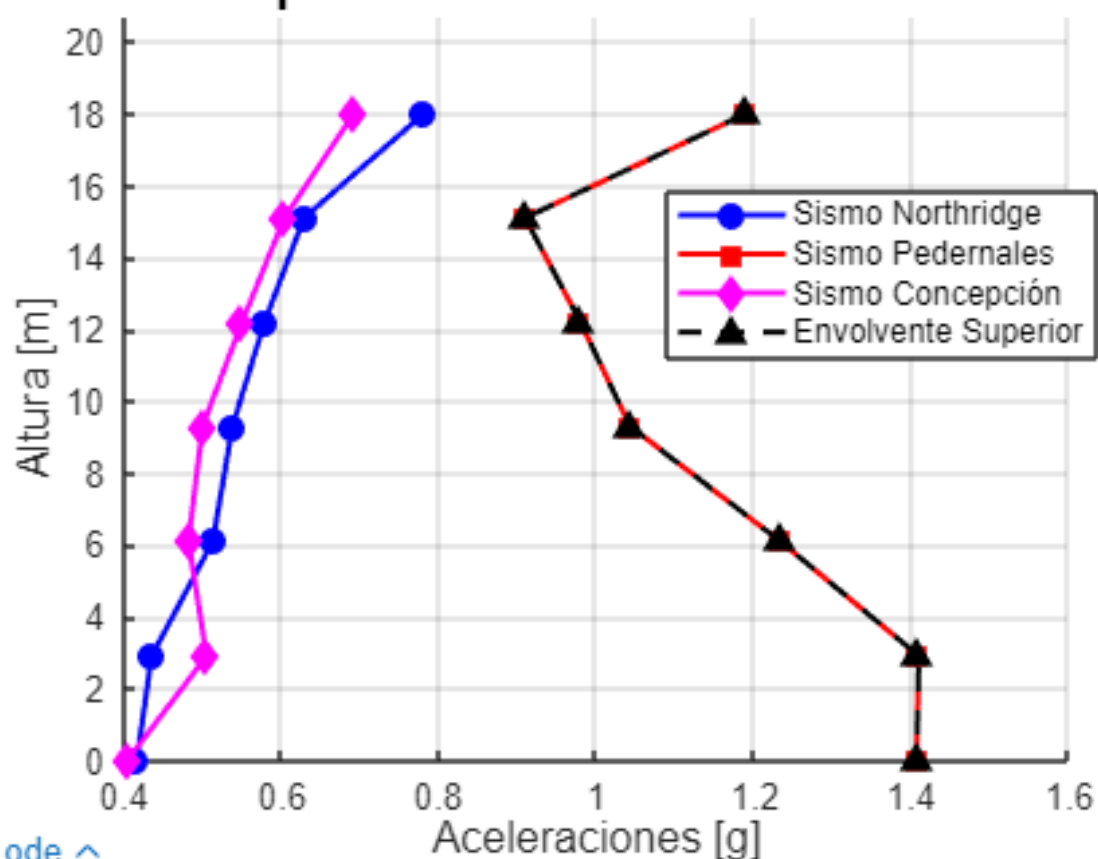
### Diagrama de Cortante por Nivel X-Dir



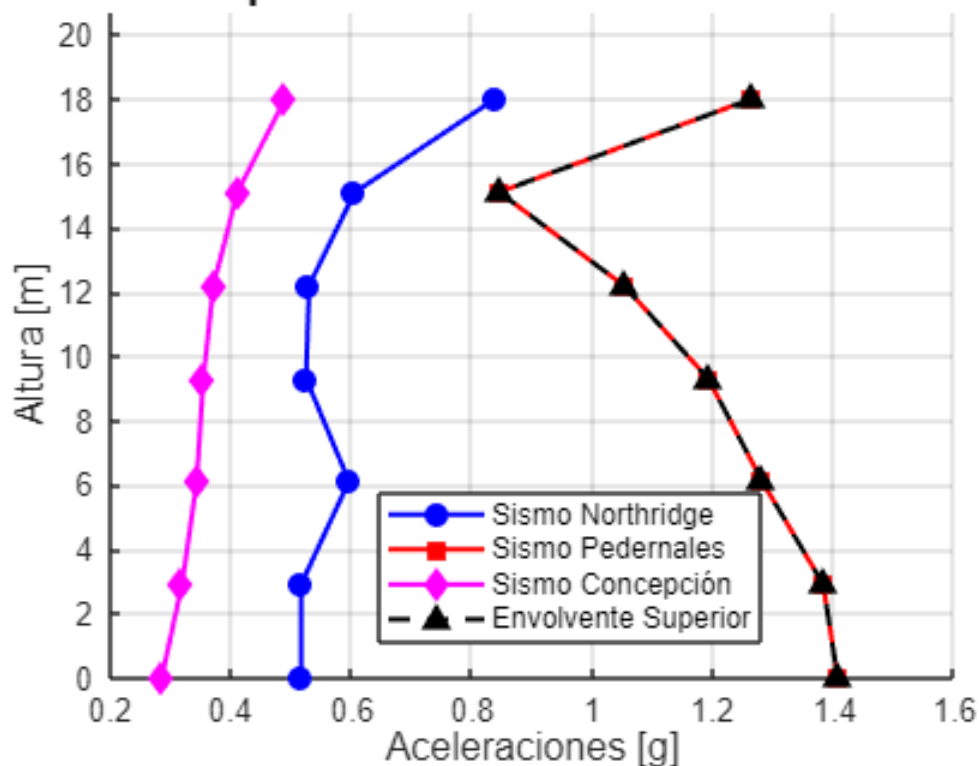
### Diagrama de Cortante por Nivel Y-Dir



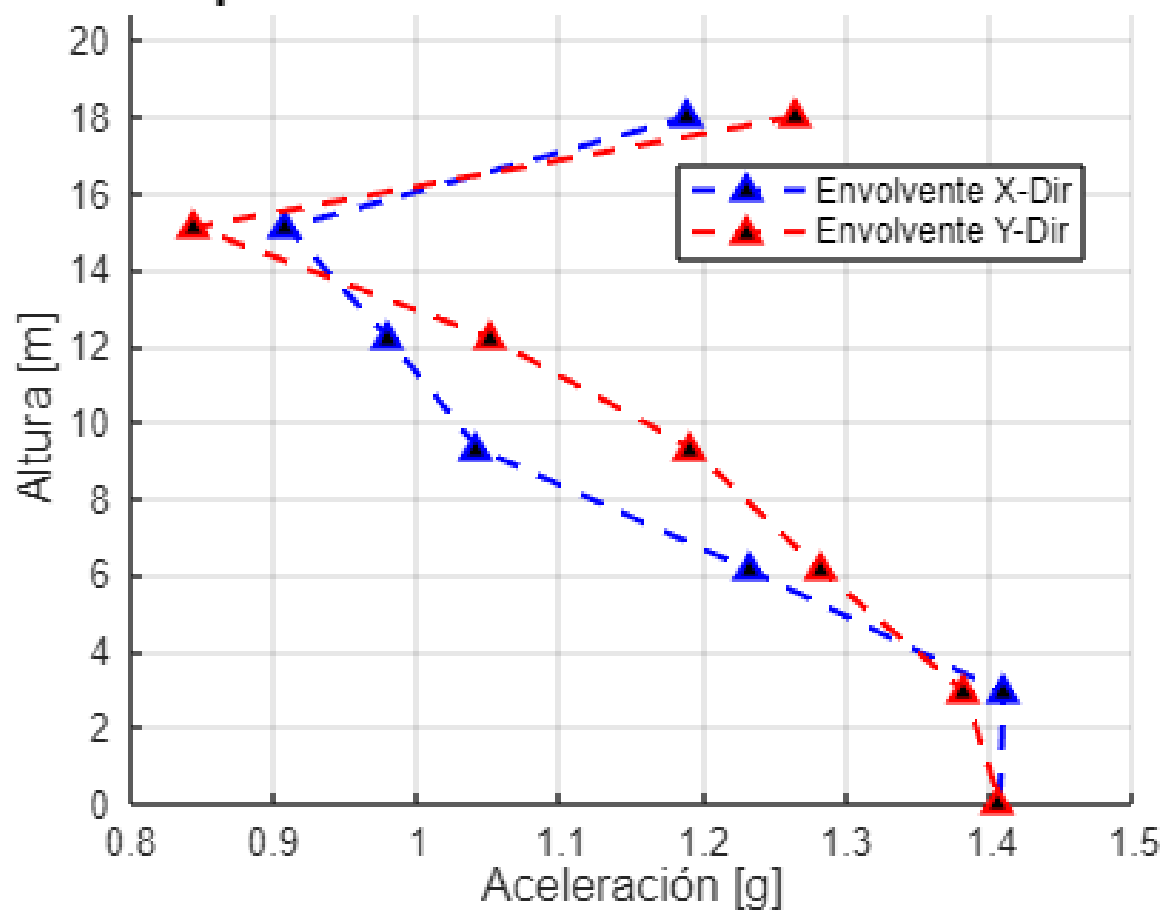
## Respuesta de Aceleraciones X-Dir



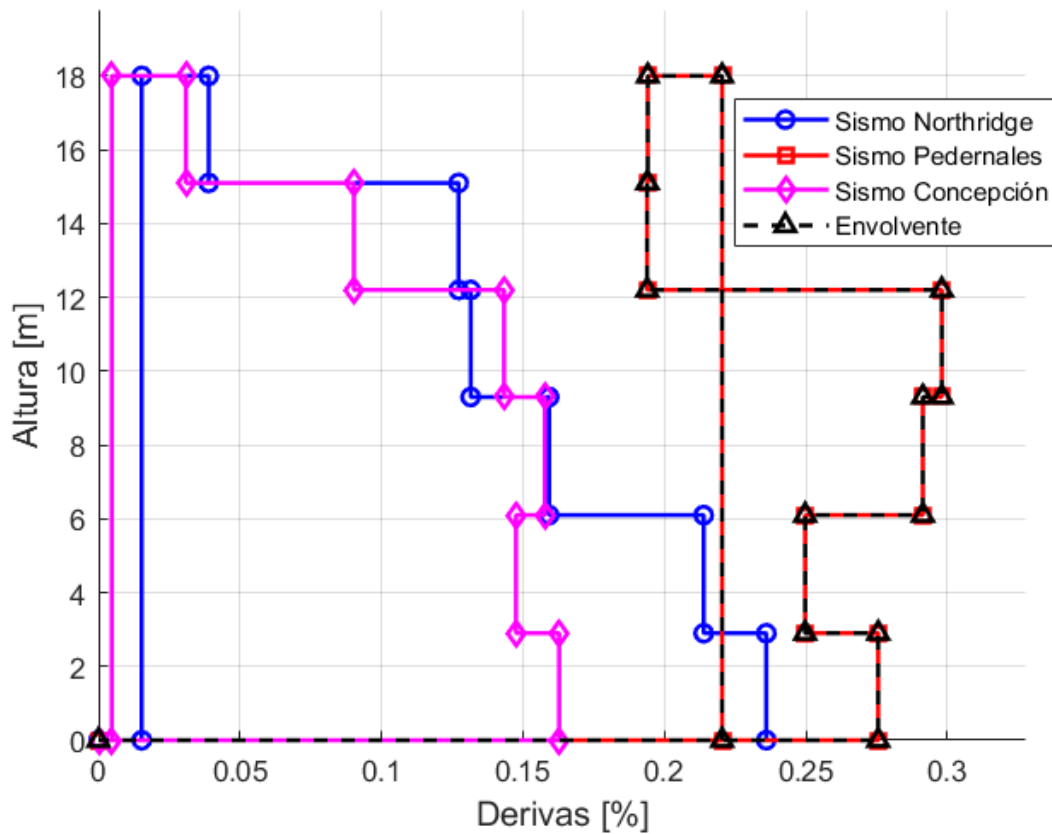
## Respuesta de Aceleraciones Y-Dir



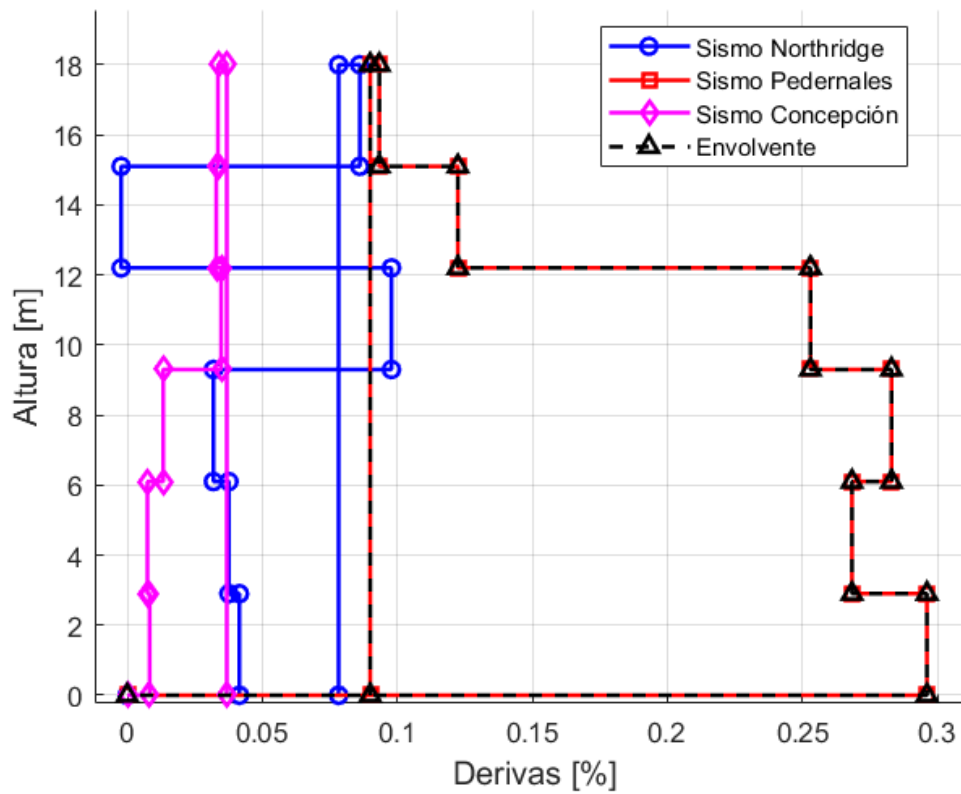
## Respuesta Envolvente de Aceleraciones



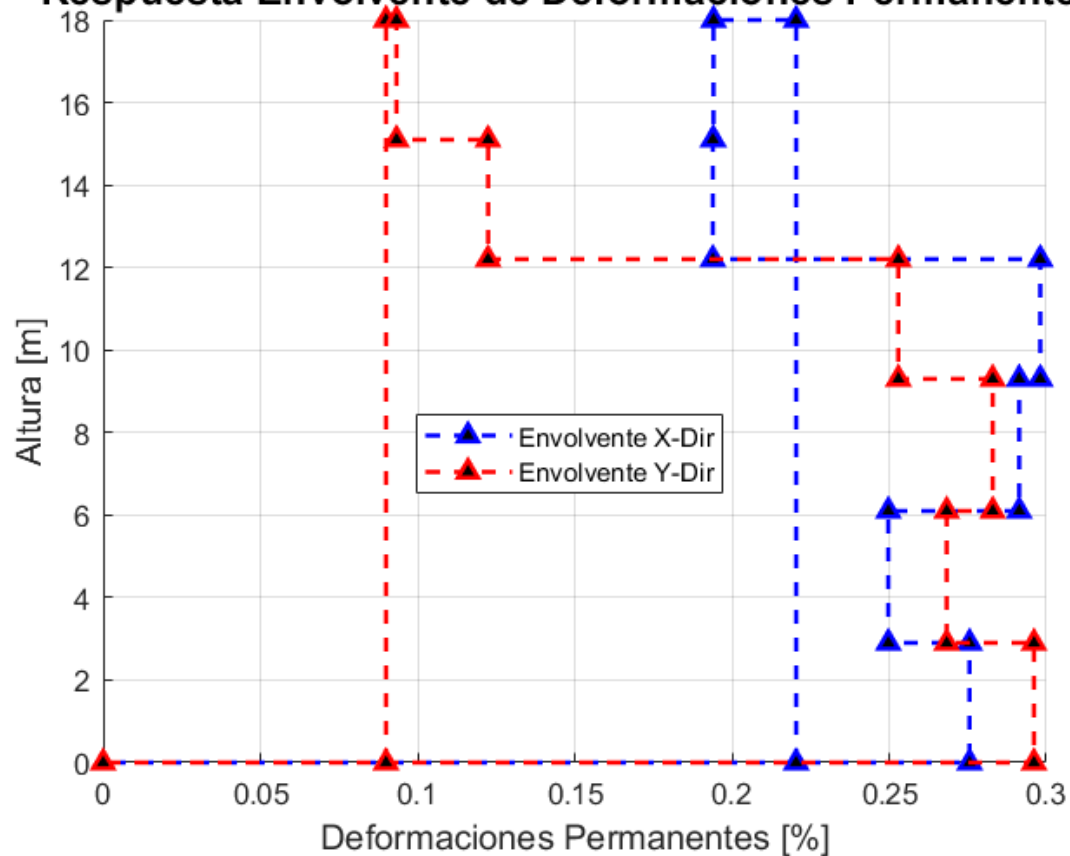
### Deformaciones Permanentes - X-Dir



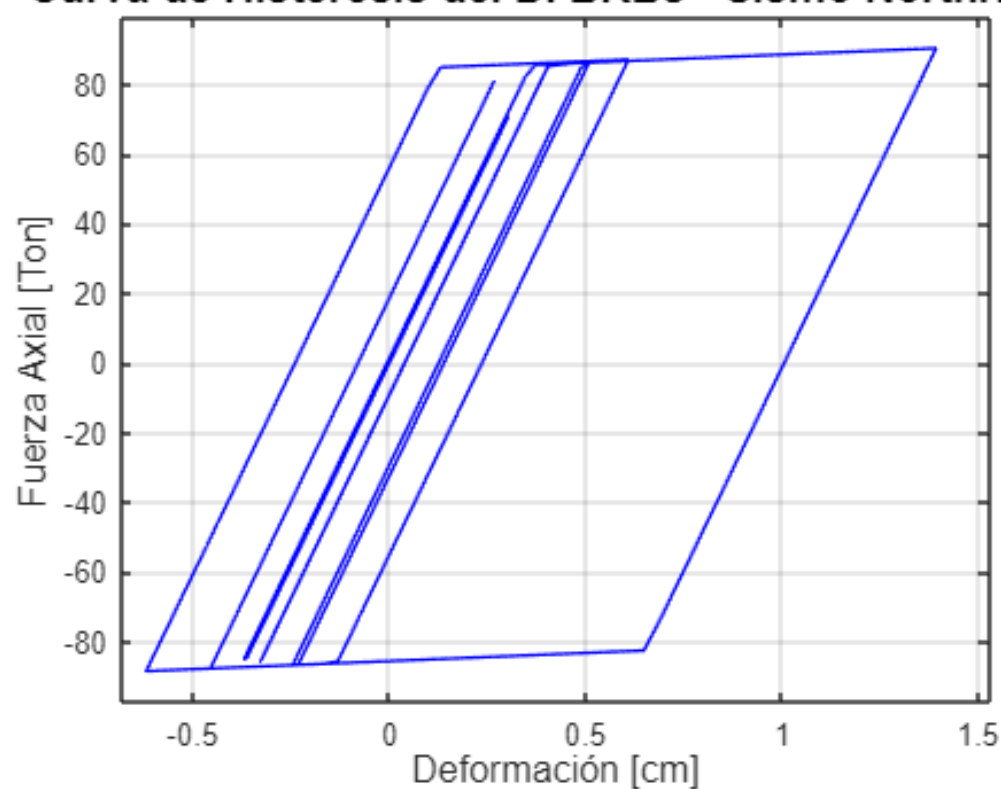
### Deformaciones Permanentes - Y-Dir



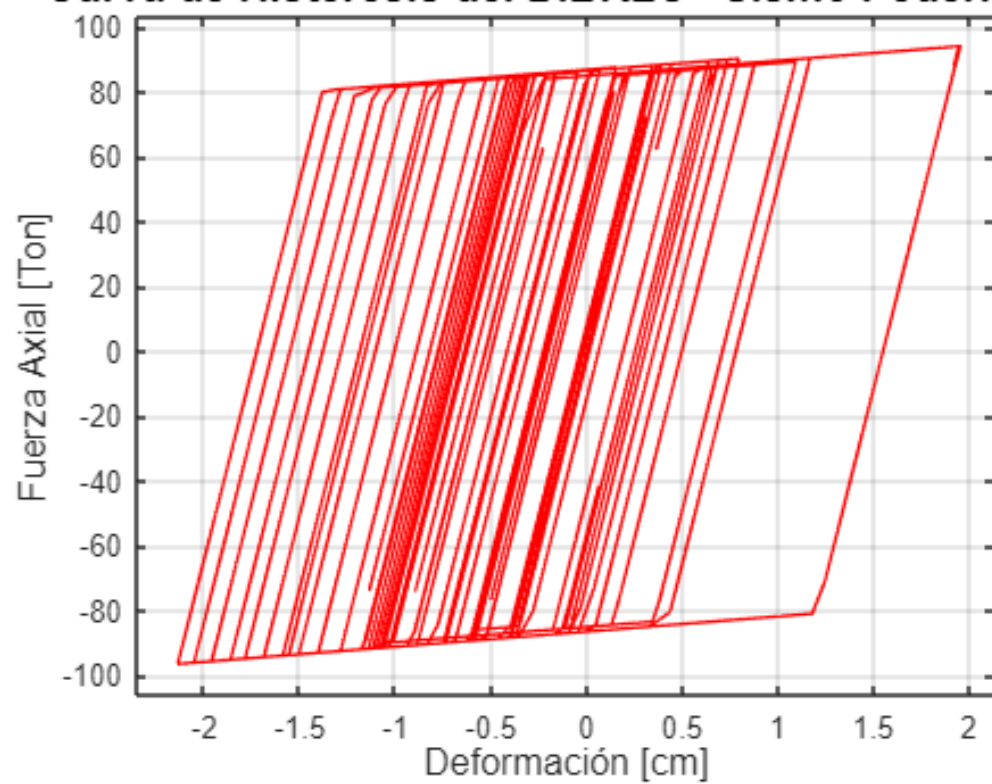
## Respuesta Envolvente de Deformaciones Permanentes



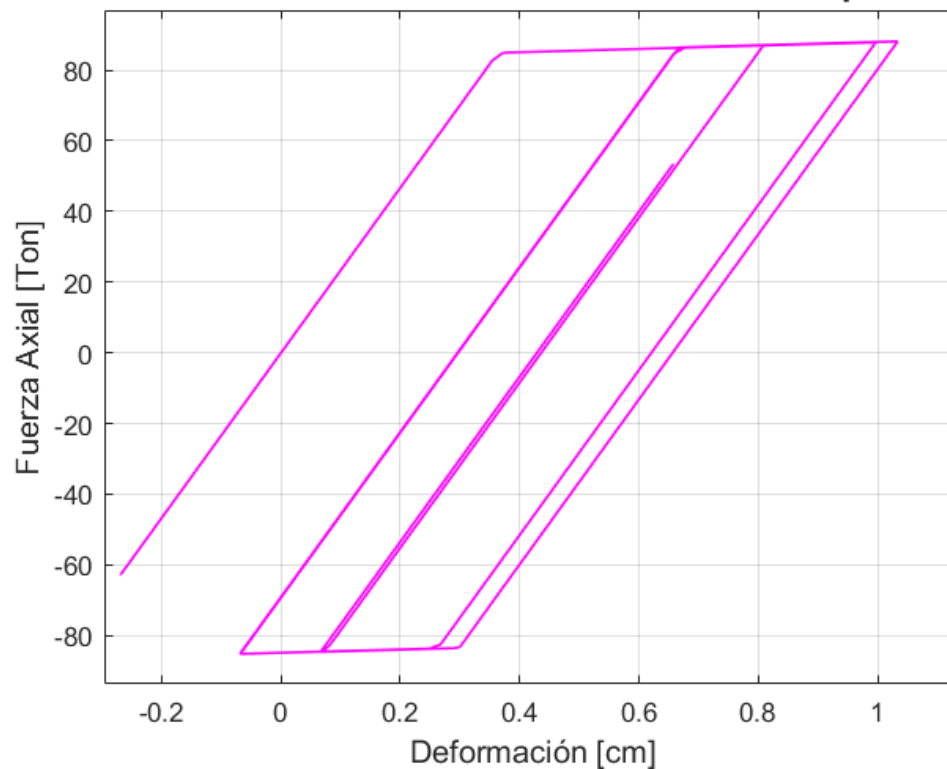
**Curva de Histéresis del D. BRBs - Sismo Northridge**



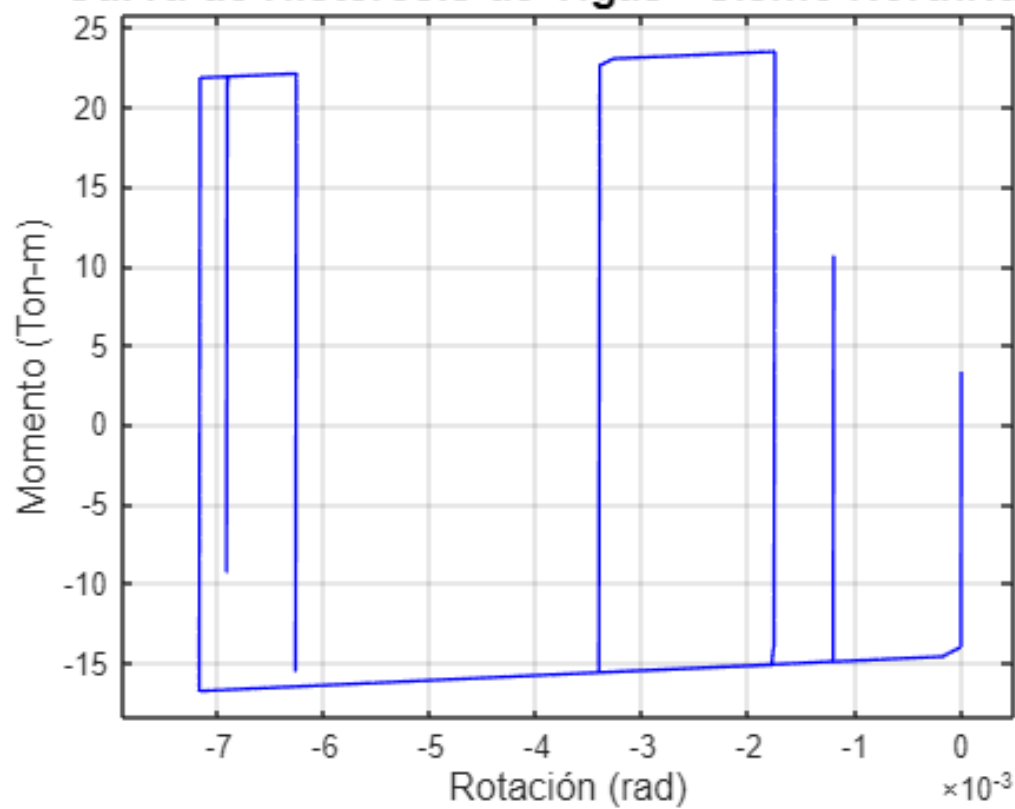
**Curva de Histéresis del D.BRBs - Sismo Pedernales**



**Curva de Histéresis del D.BRBs - Sismo Concepción-Chile**

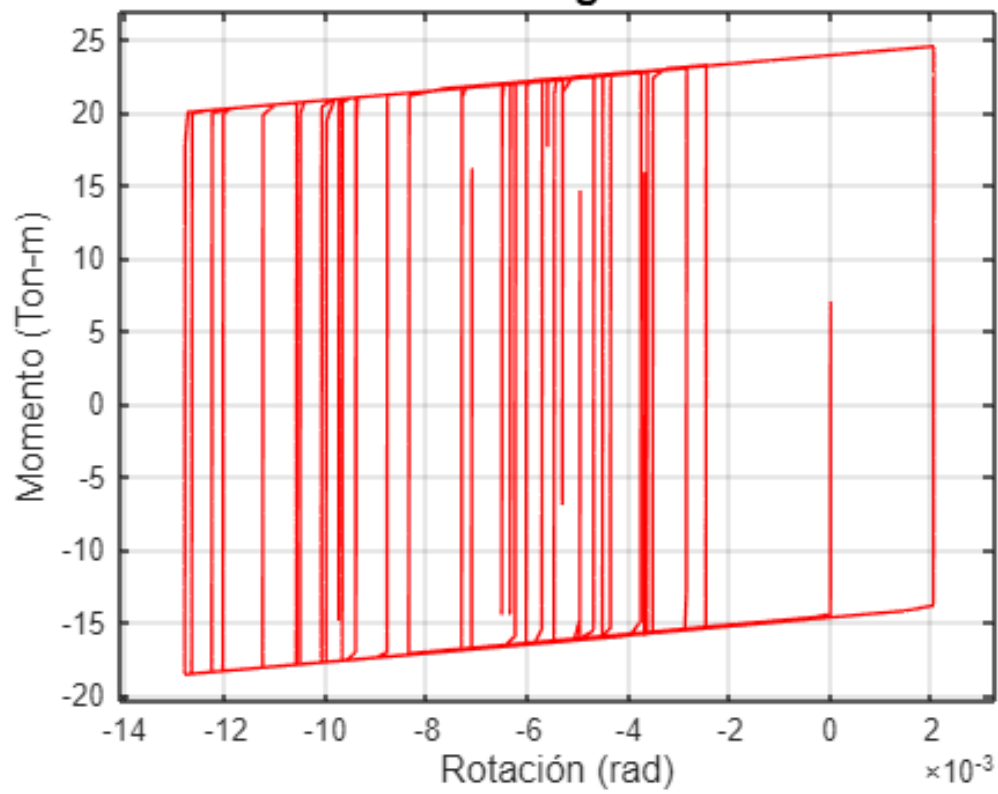


**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Northridge**

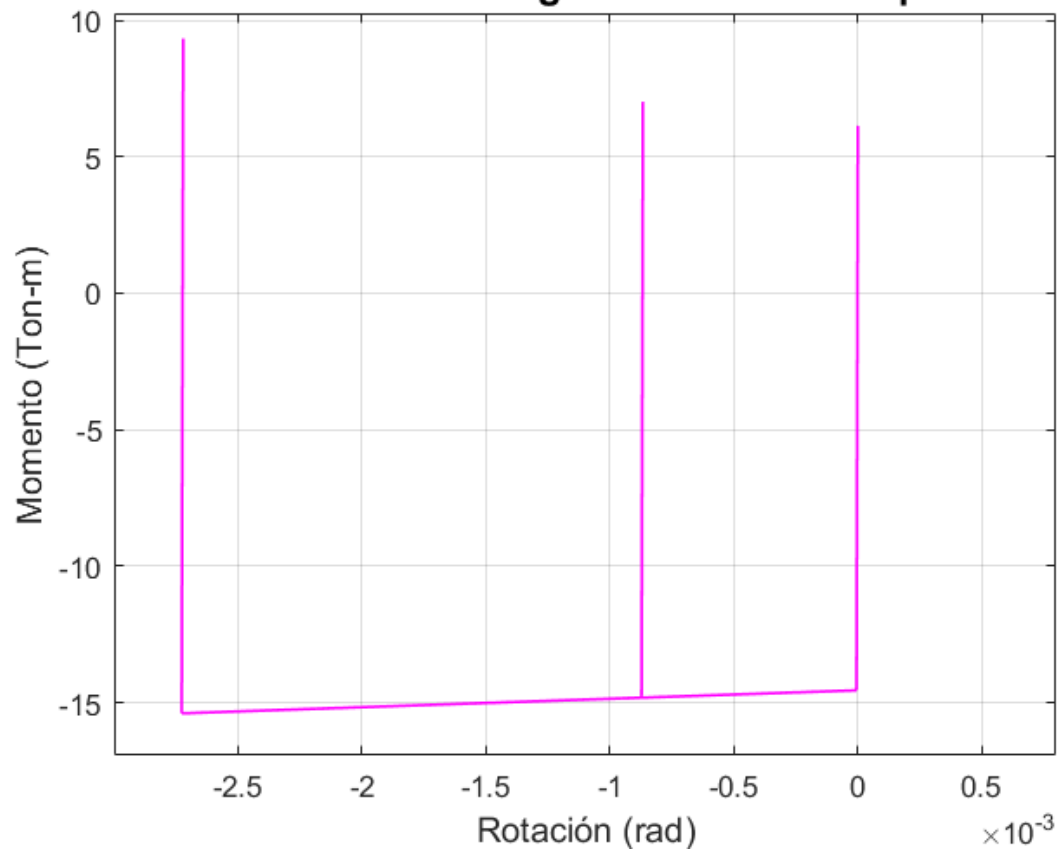




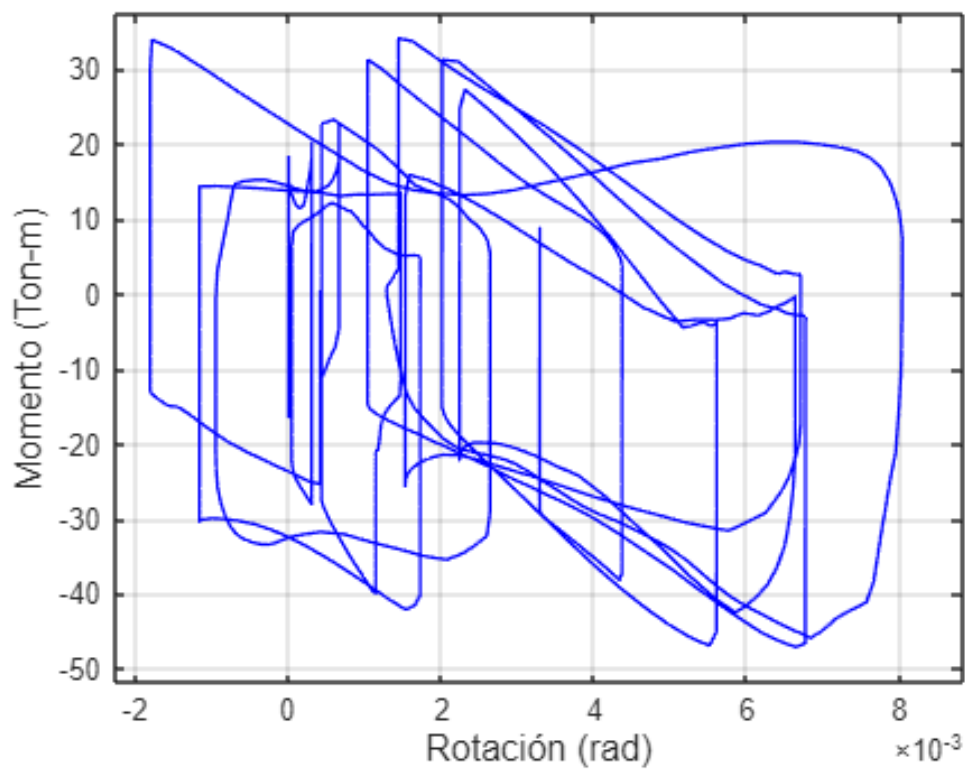
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Pedernales**



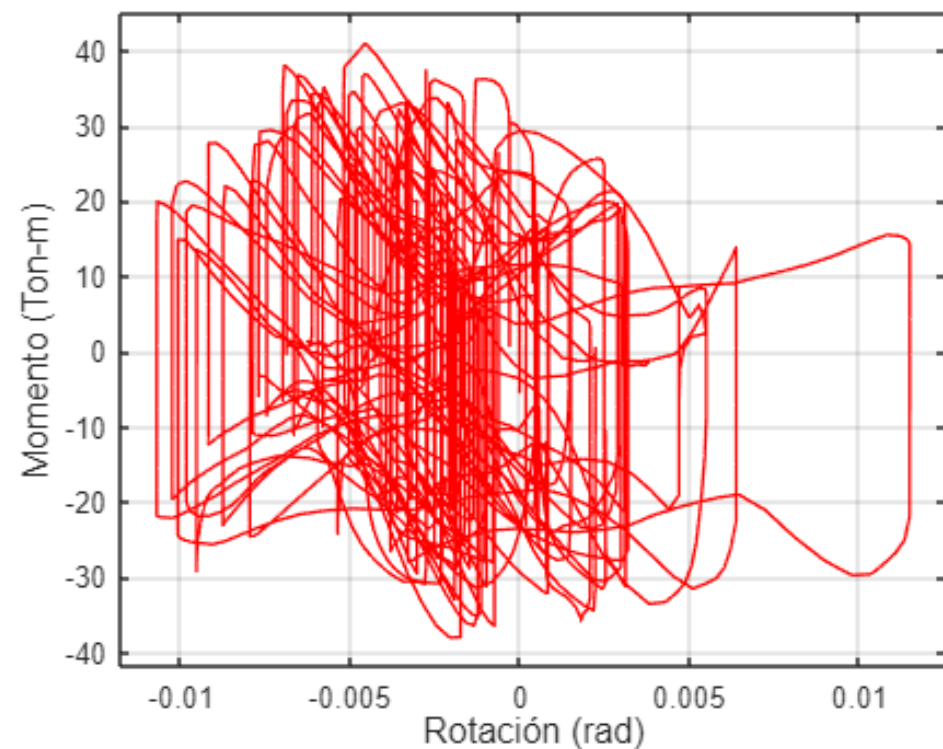
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile**



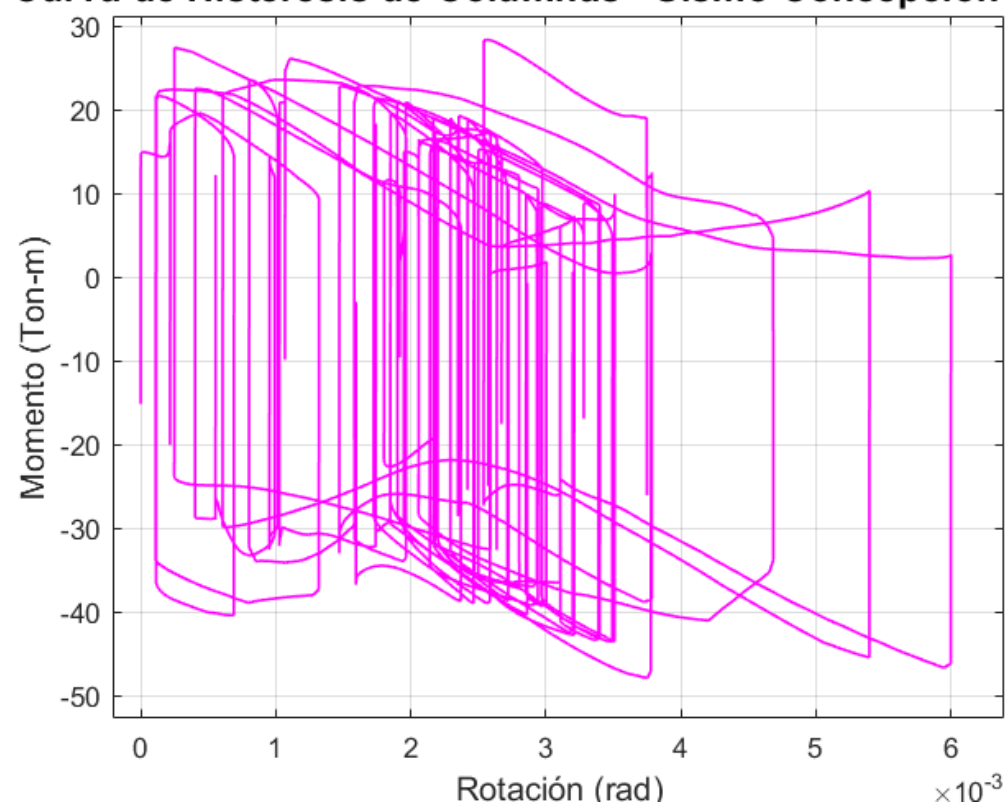
**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge**



**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernales**

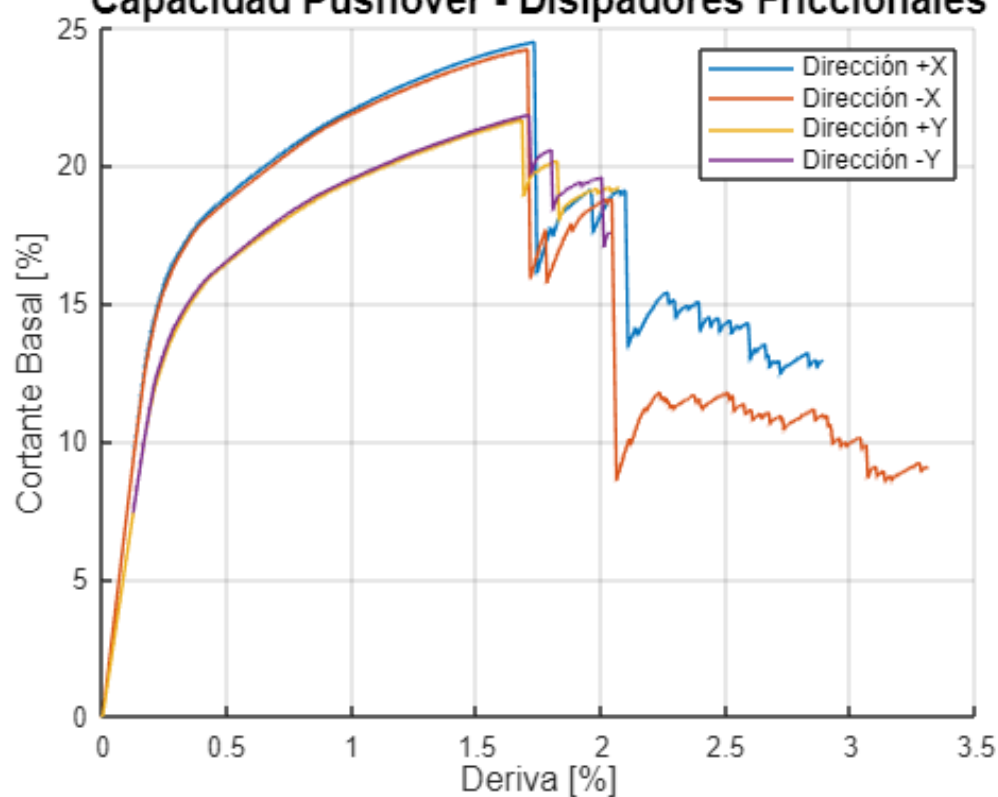


## Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile

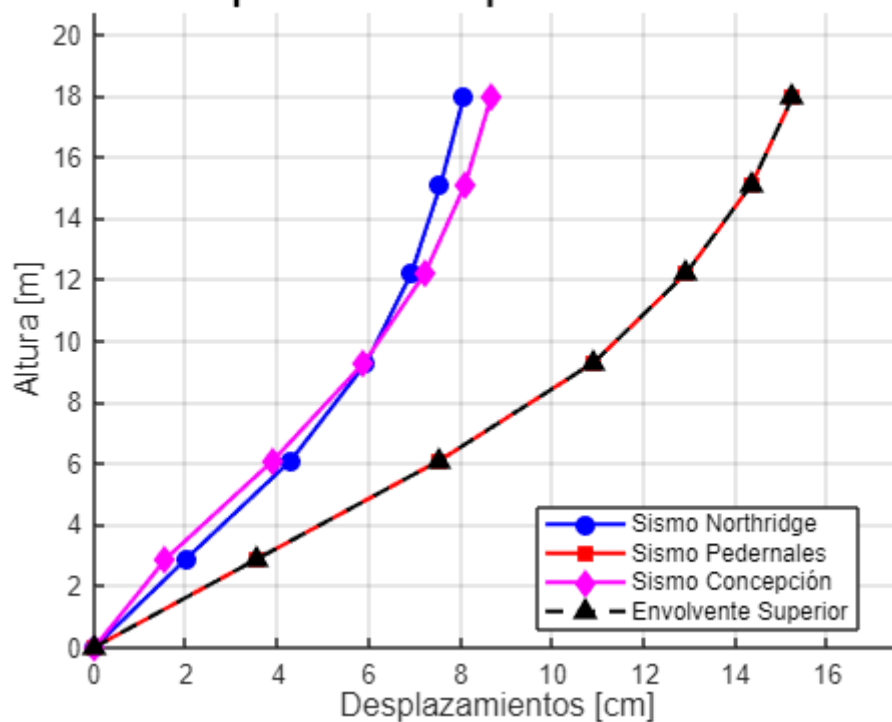


## Resultados de la Estructura con Disipadores Friccionales.

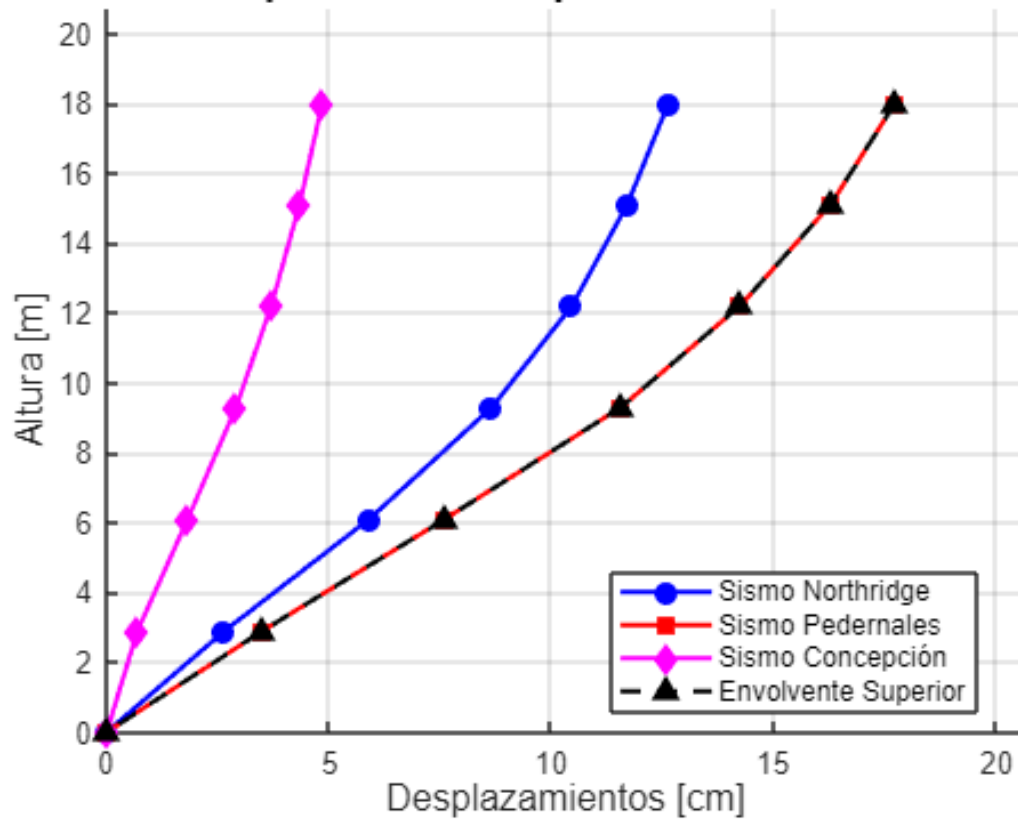
### Capacidad Pushover - Disipadores Friccionales



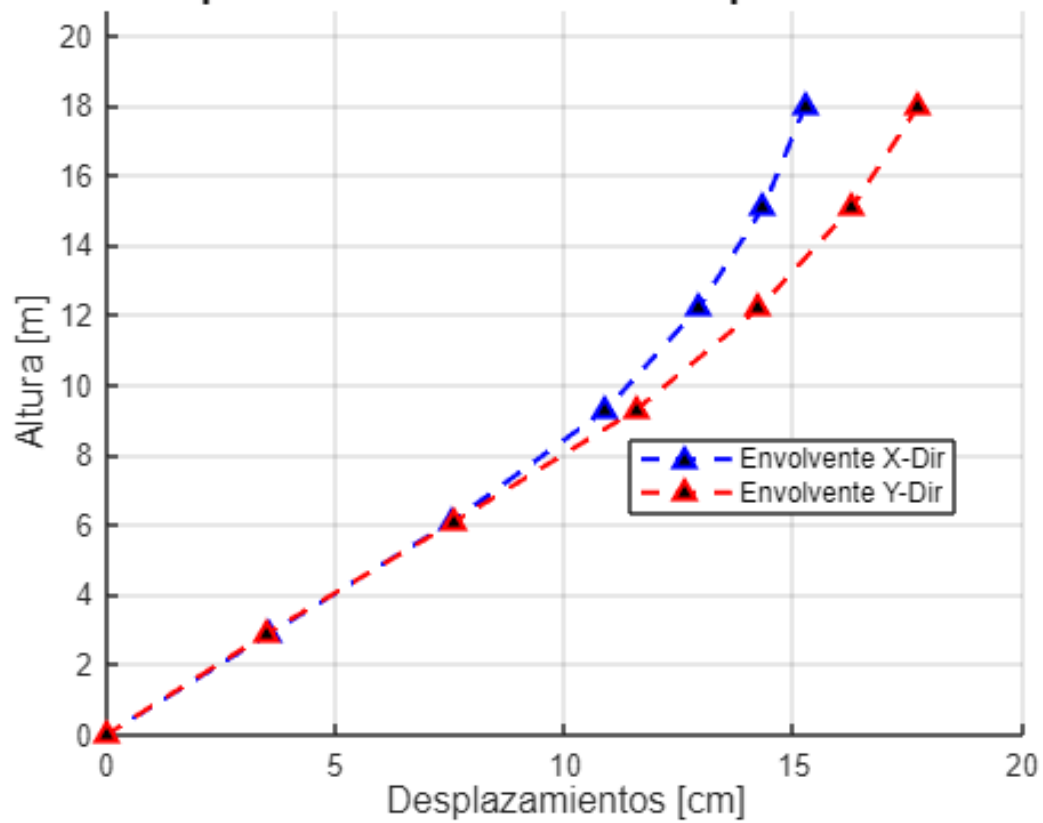
### Respuesta de Desplazamientos X-Dir



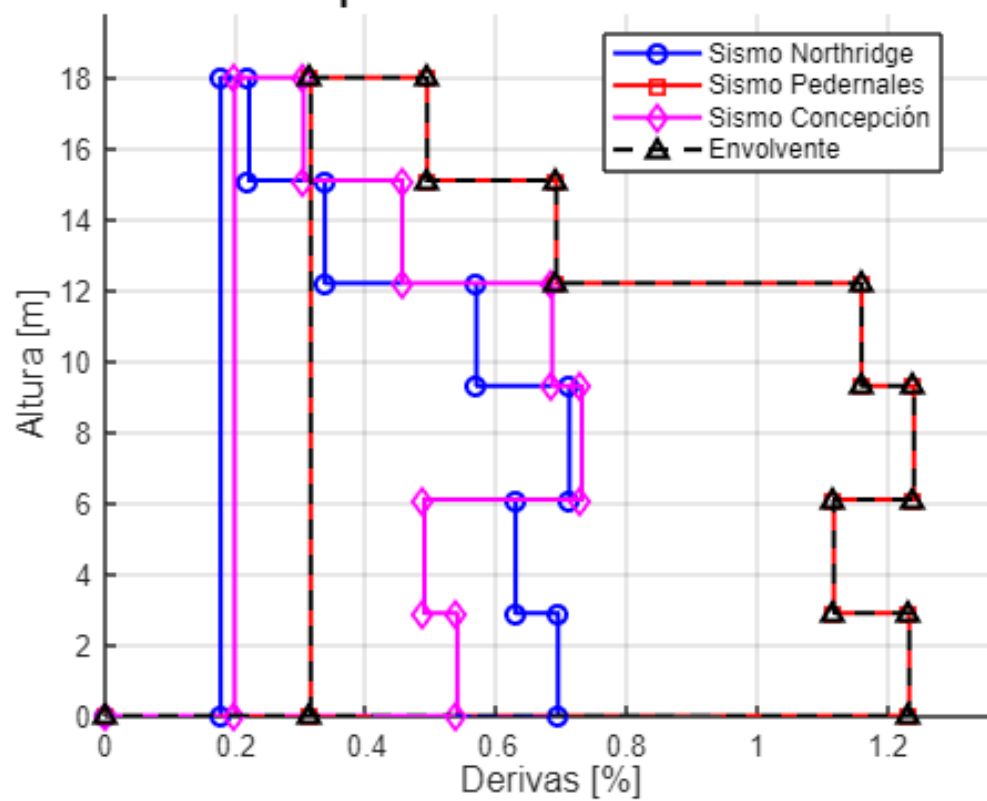
### Respuesta de Desplazamientos Y-Dir



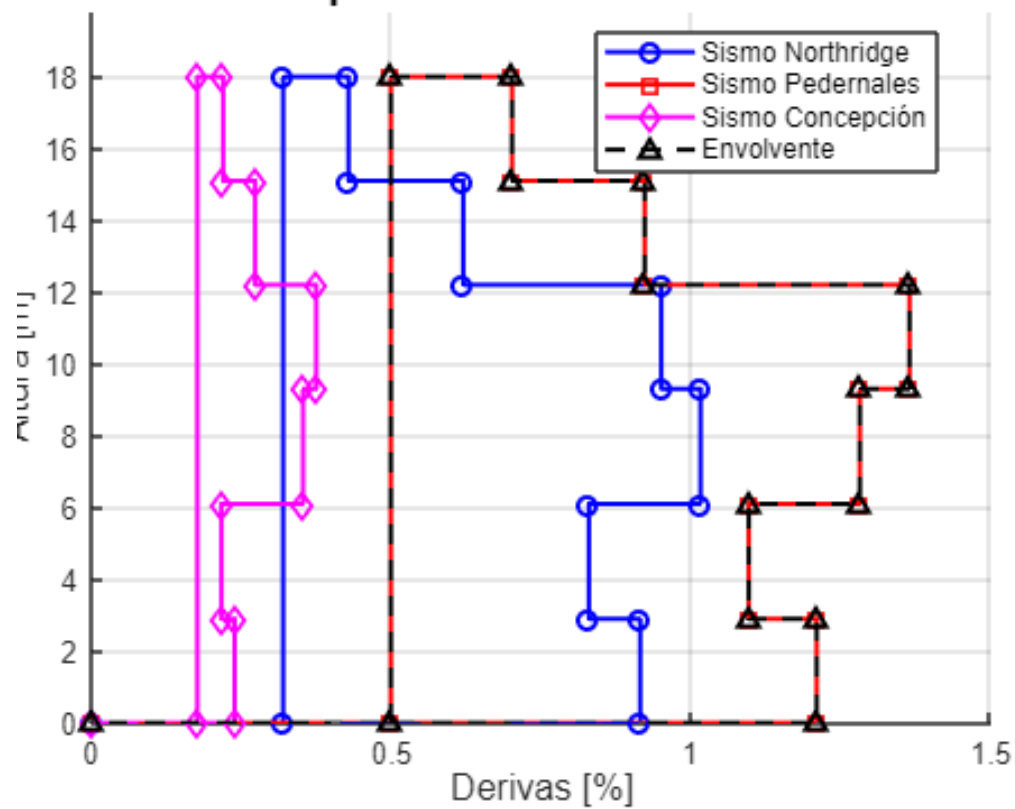
### Respuesta Envolvente de Desplazamientos



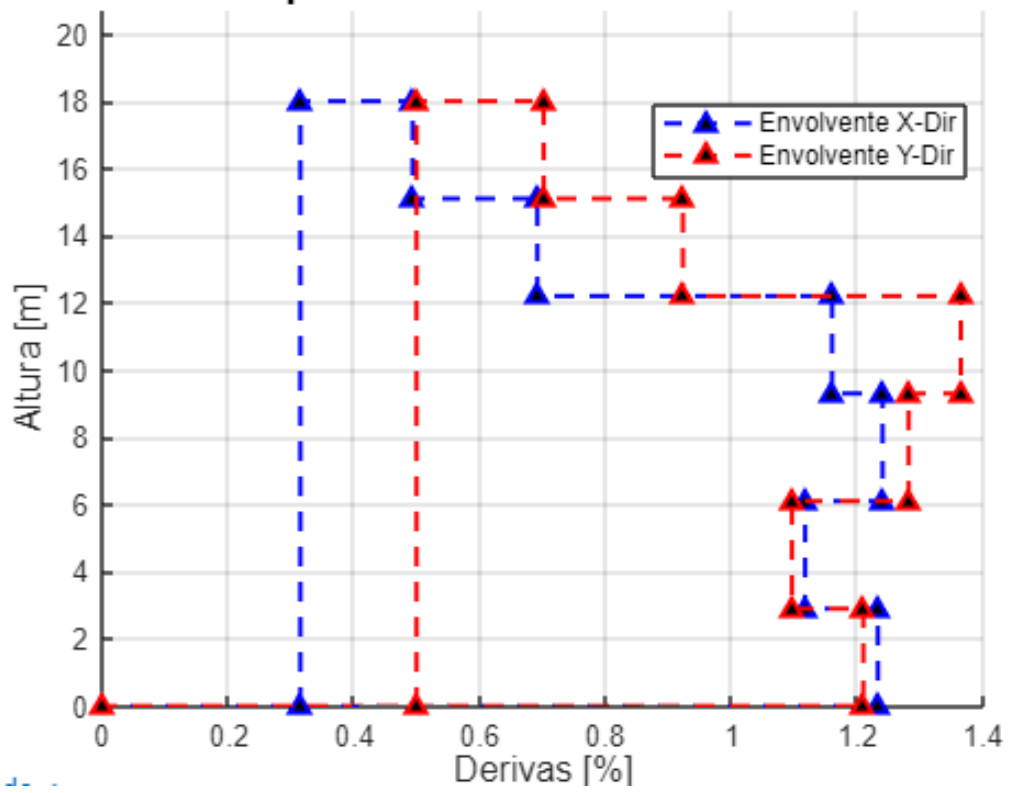
### Respuesta de Derivas - X-Dir



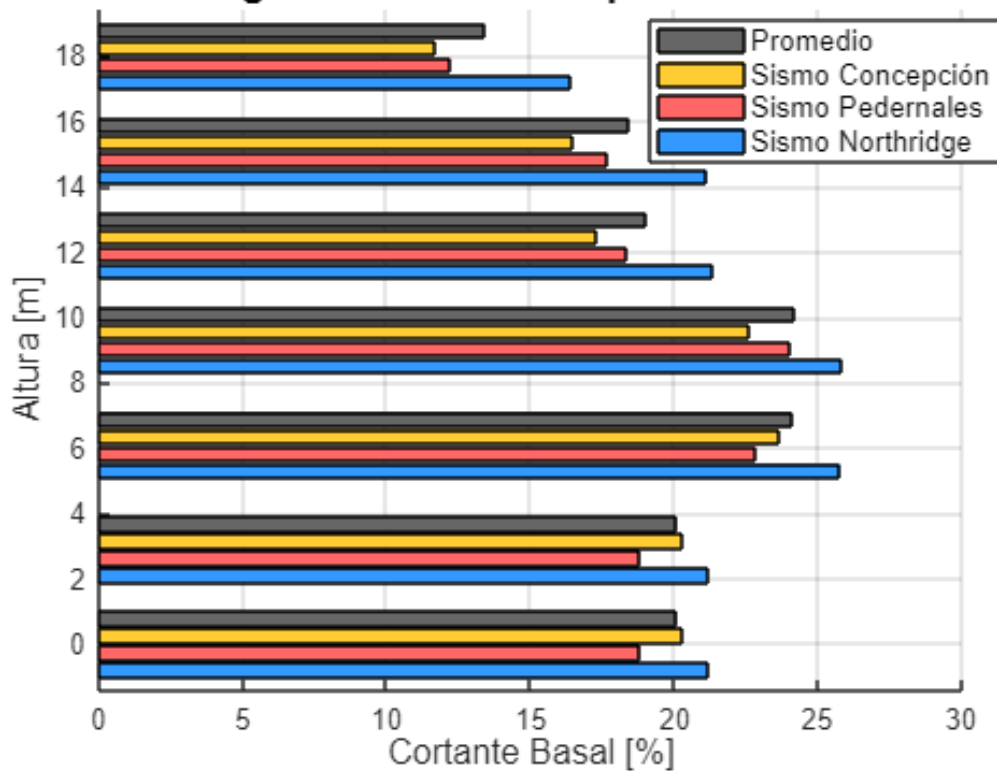
### Respuesta de Derivas - Y-Dir



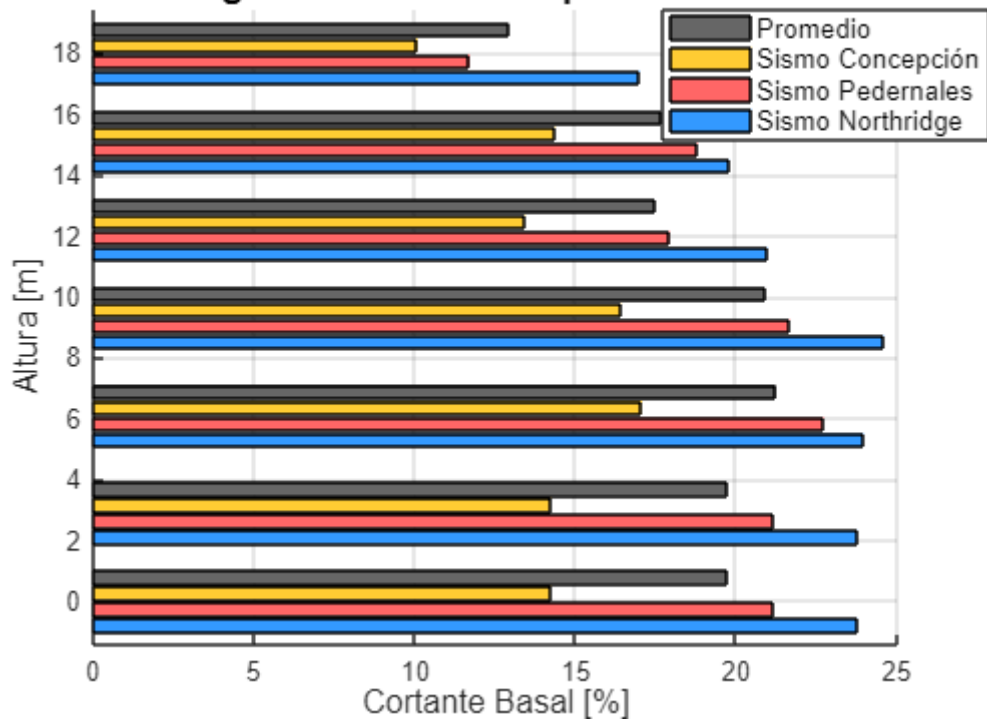
## Respuesta Envolvente de Derivas



### Diagrama de Cortante por Nivel X-Dir

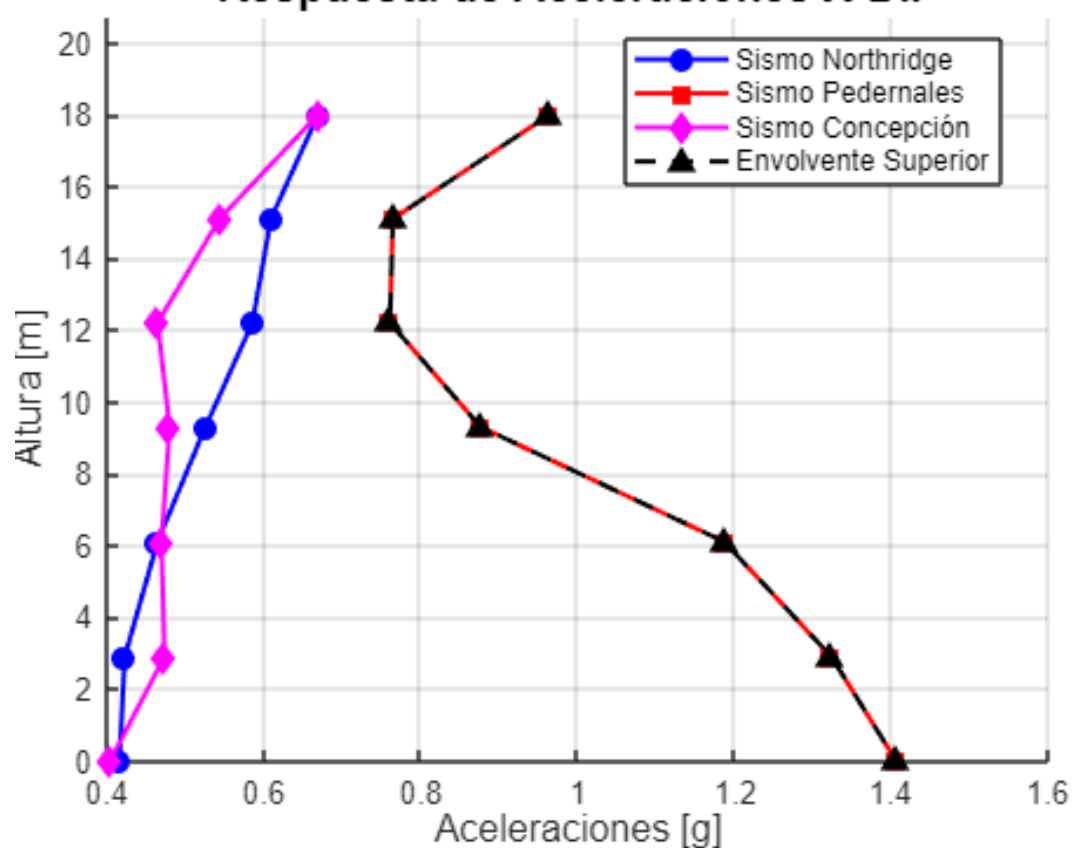


### Diagrama de Cortante por Nivel Y-Dir

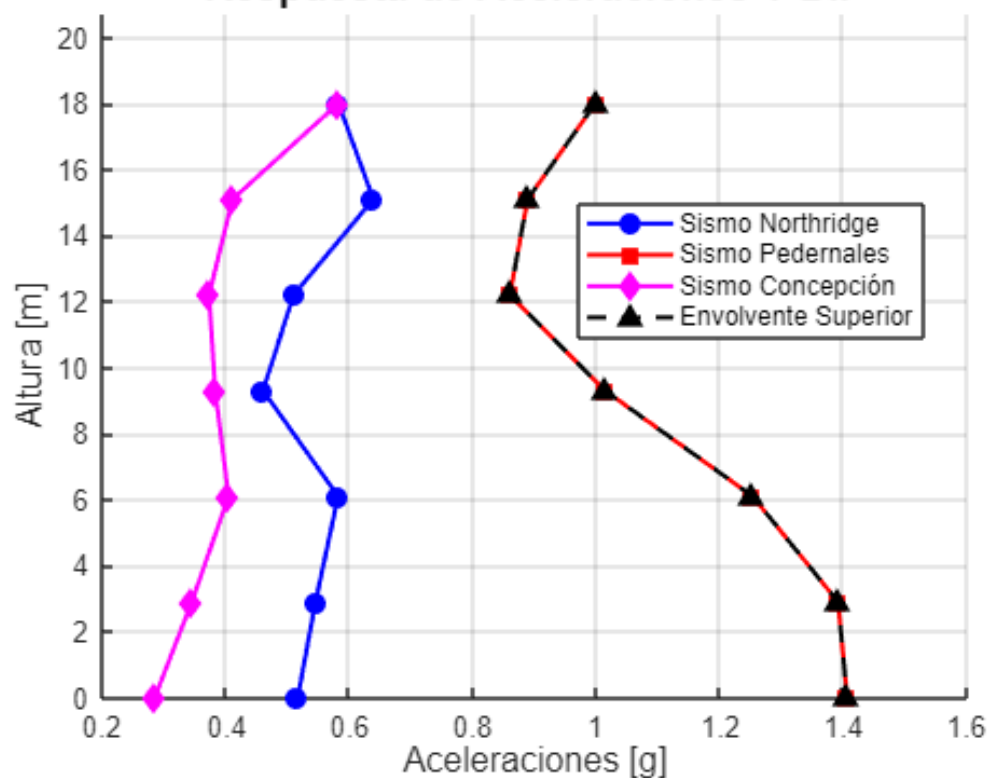




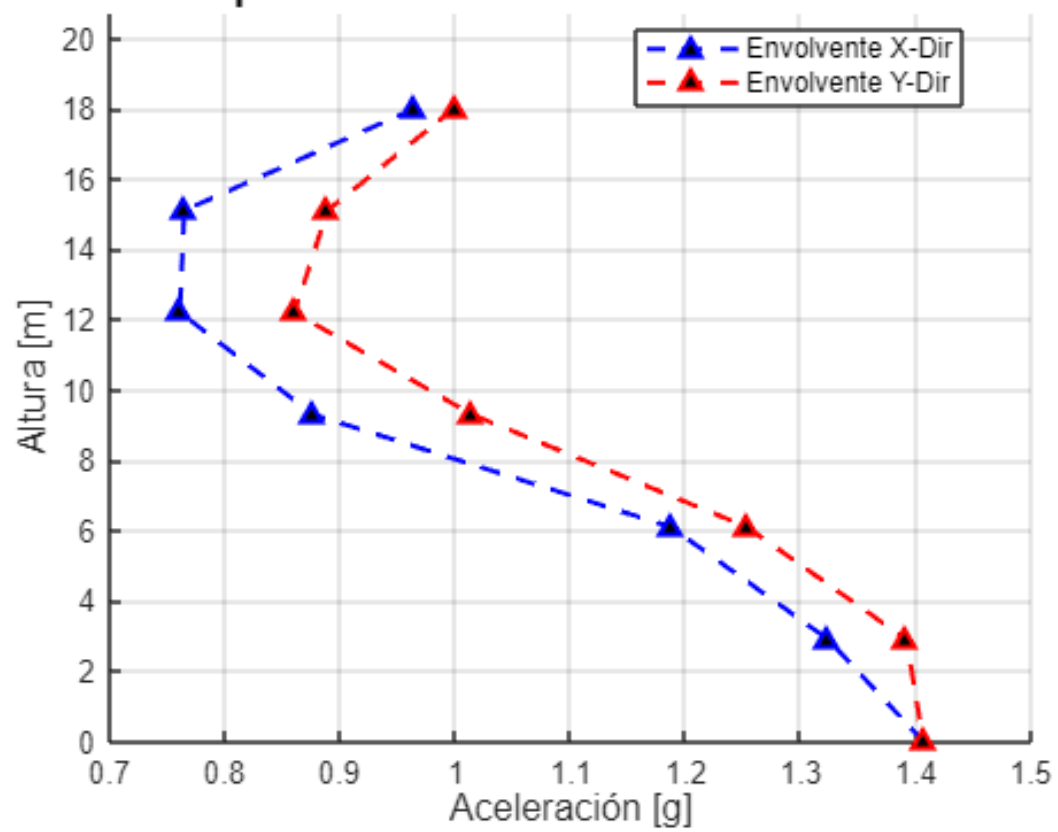
### Respuesta de Aceleraciones X-Dir



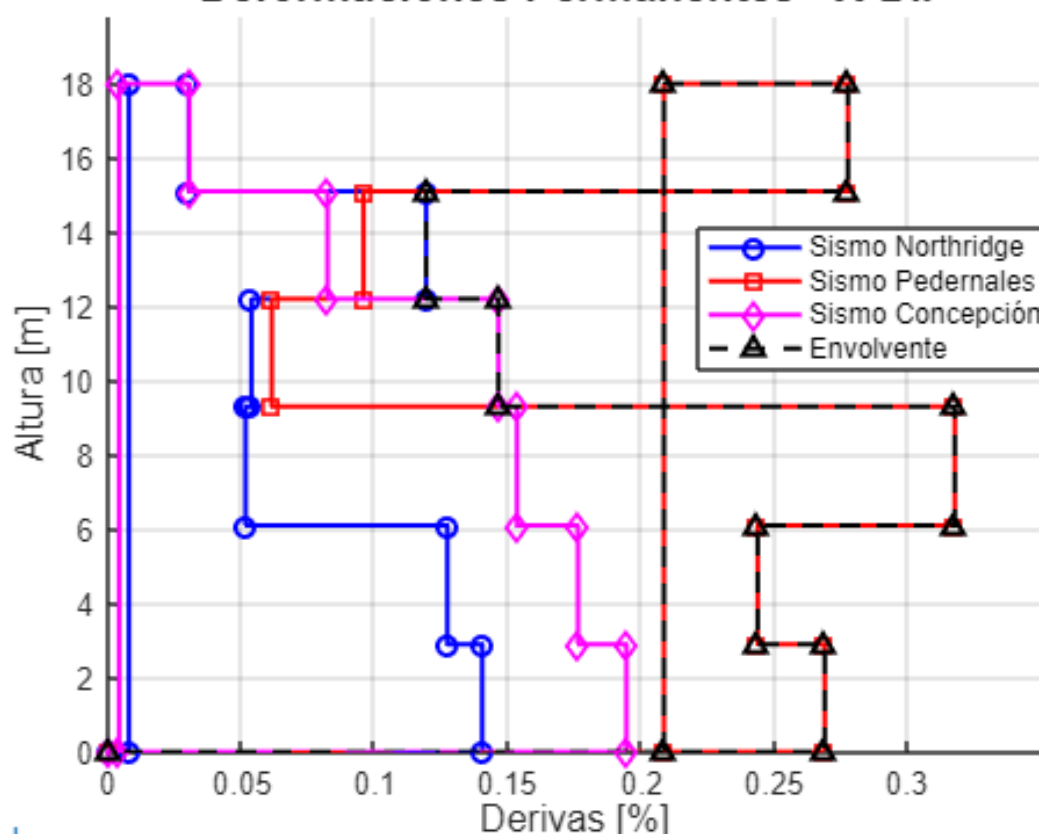
### Respuesta de Aceleraciones Y-Dir



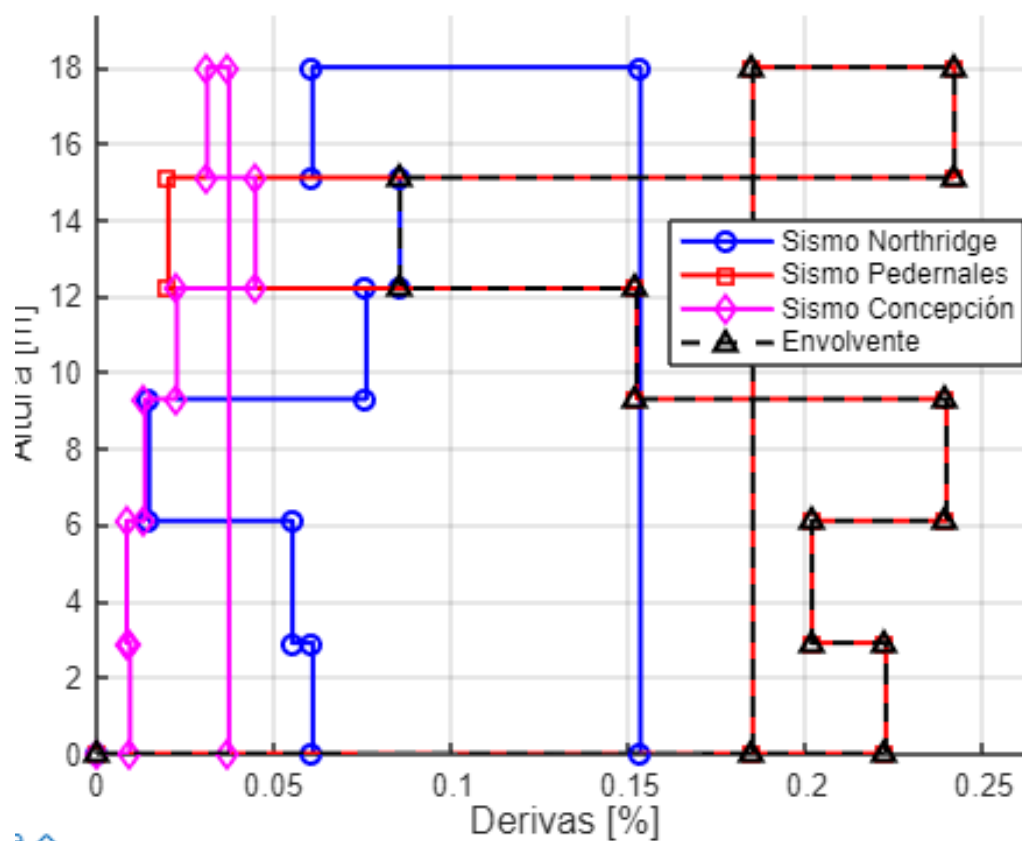
## Respuesta Envolvente de Aceleraciones



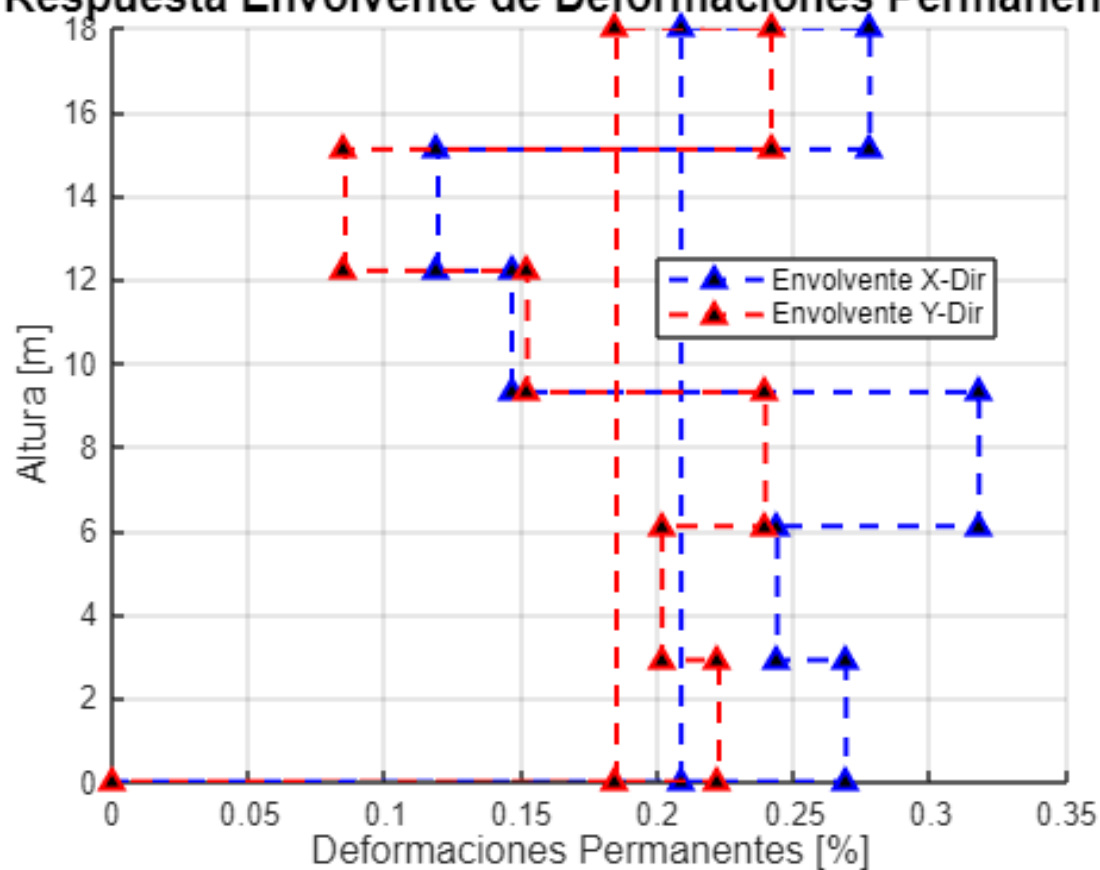
### Deformaciones Permanentes - X-Dir



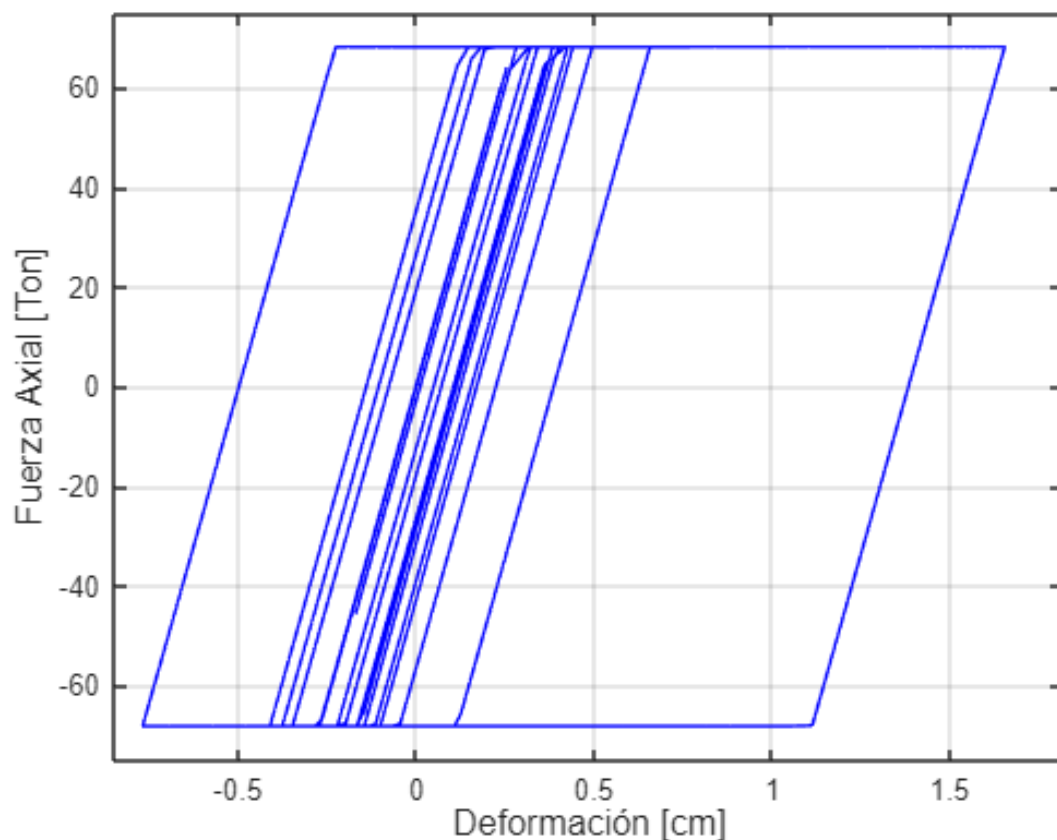
### Deformaciones Permanentes - Y-Dir



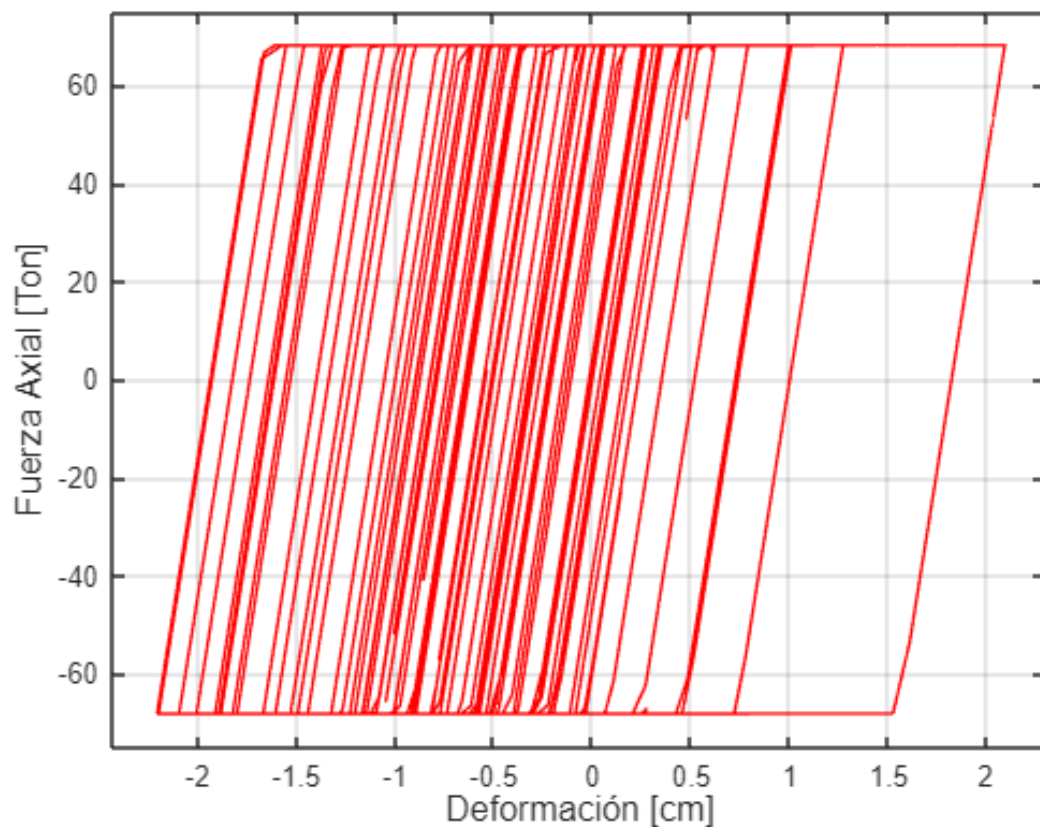
## Respuesta Envolvente de Deformaciones Permanentes



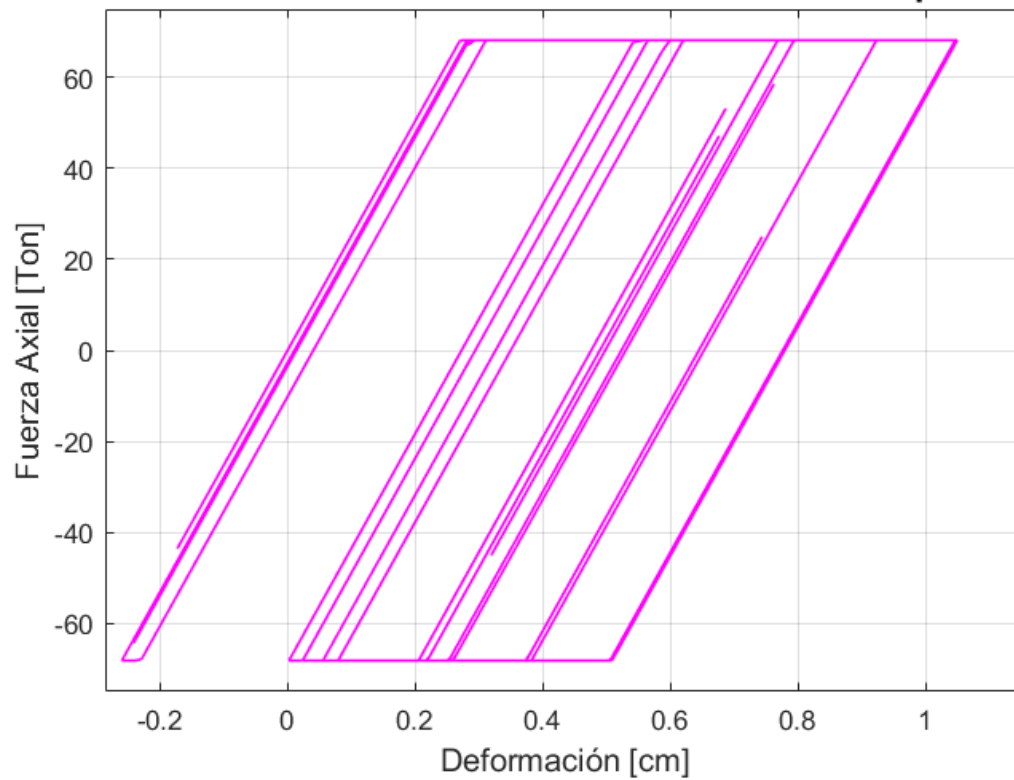
**Curva de Histéresis del D. Friccionales - Sismo Northridge**



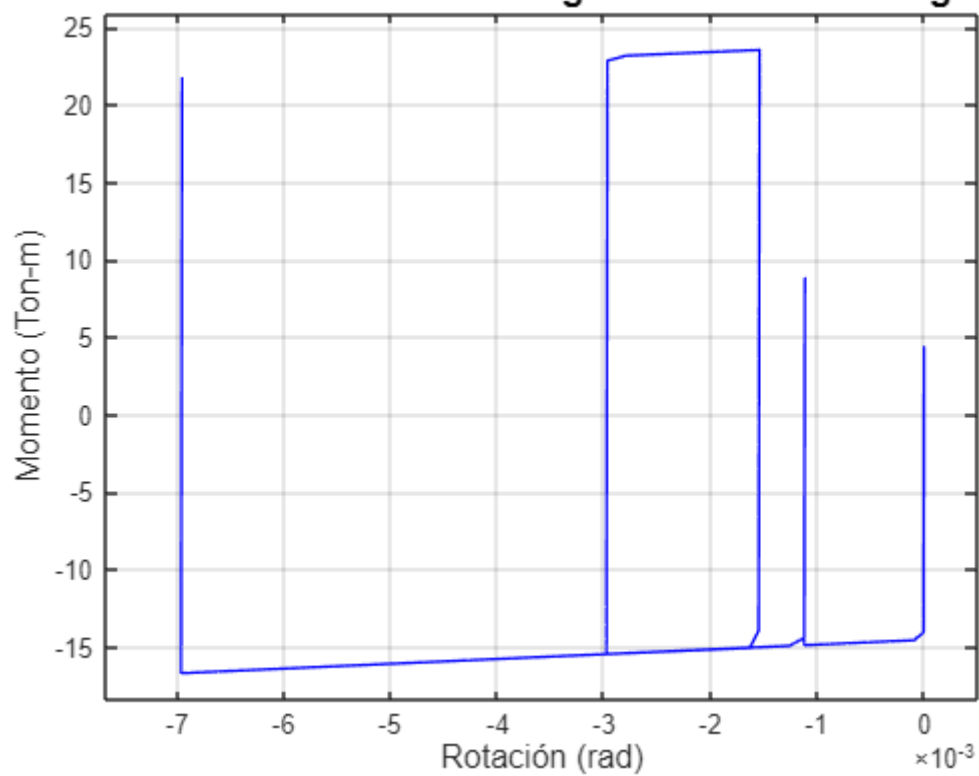
**Curva de Histéresis del D.Friccional - Sismo Pedernales**



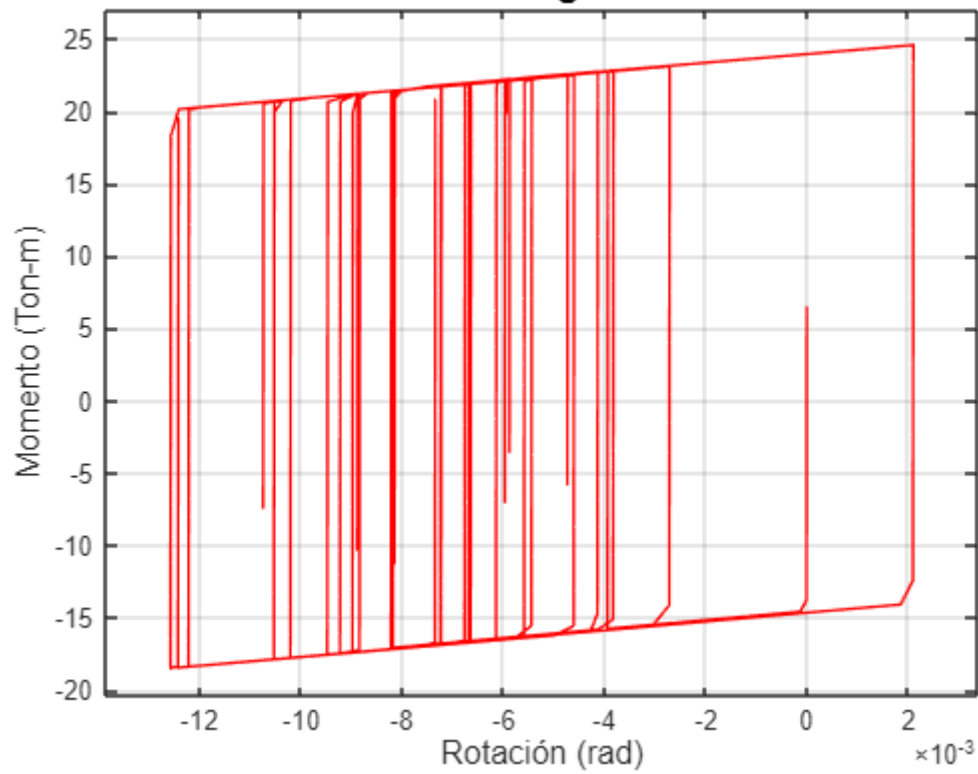
**Curva de Histéresis del D.Friccional - Sismo Concepción-Chile**



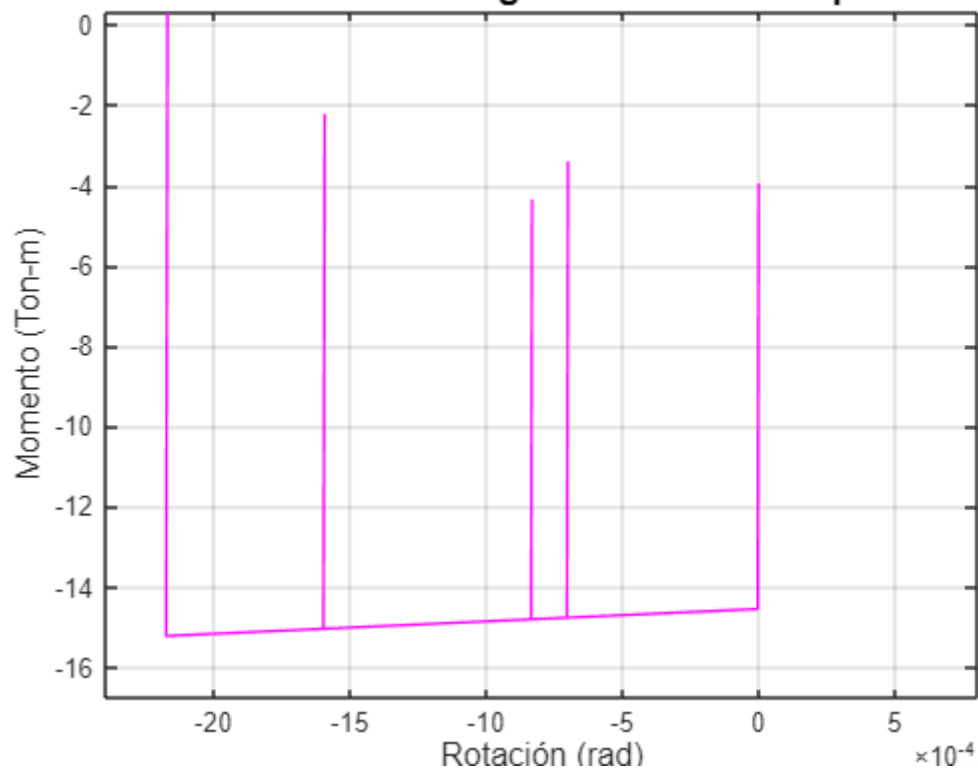
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Northridge**



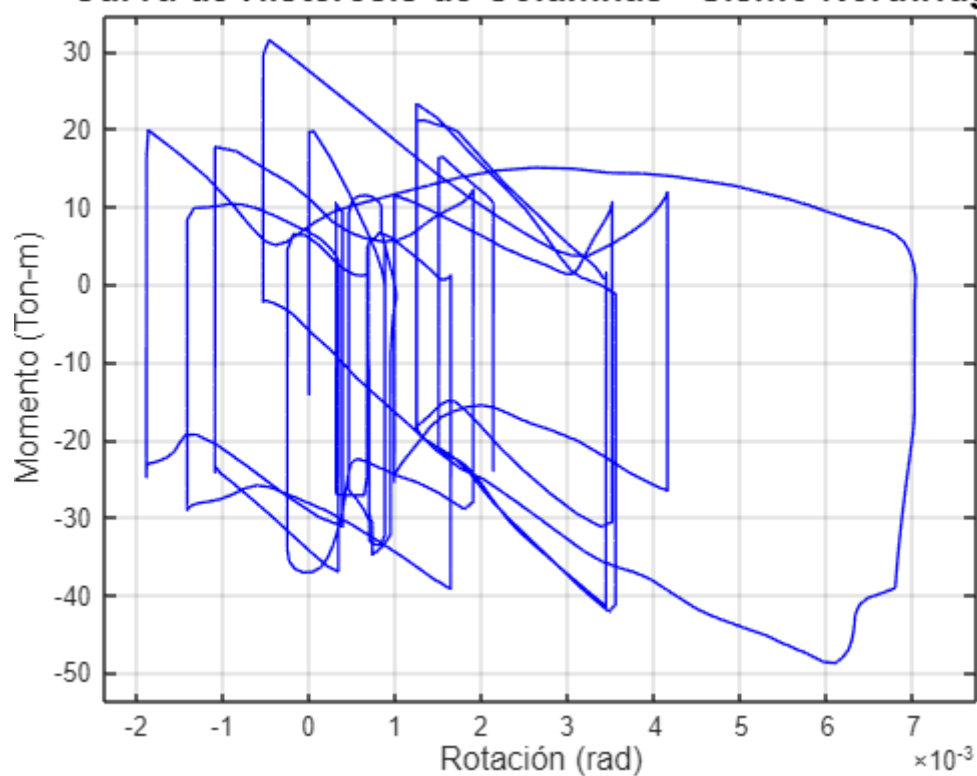
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Pedernales**



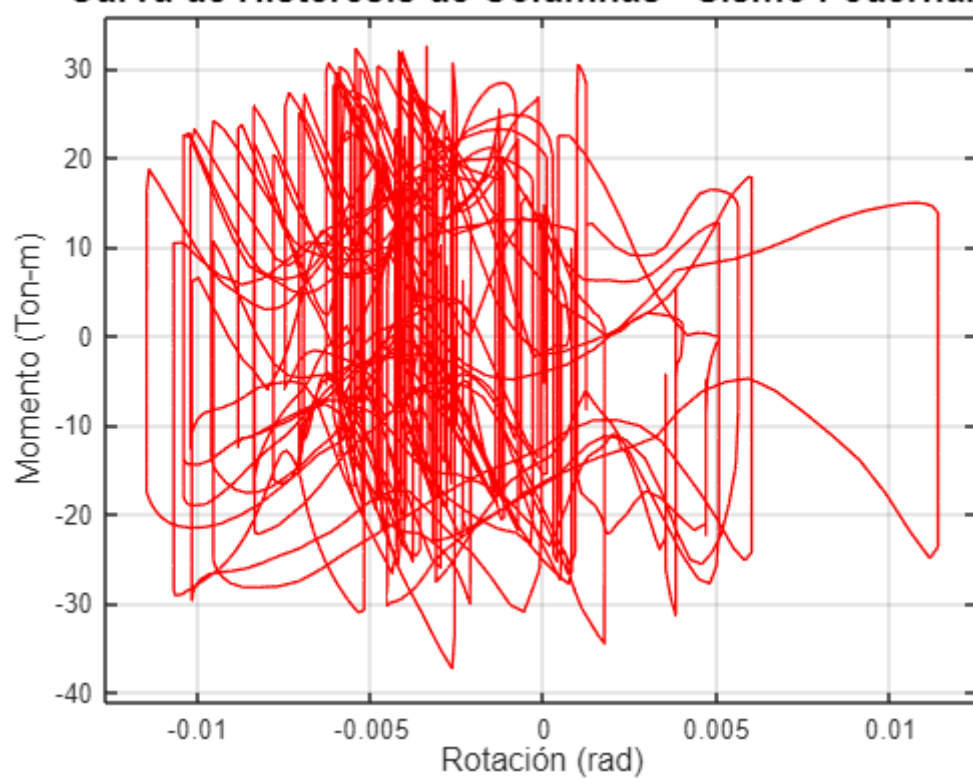
**Curva de Histéresis de Vigas - Sismo Concepción-Chile**



**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Northridge**

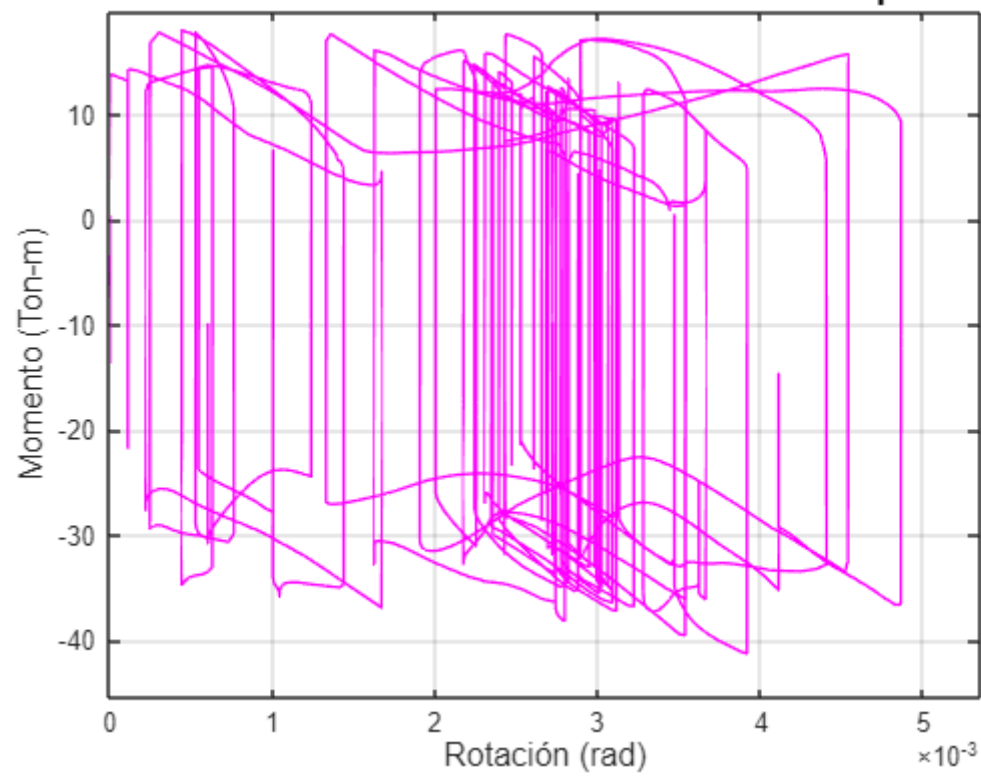


**Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Pedernale**





### Curva de Histéresis de Columnas - Sismo Concepción-Chile



# CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Santiago, 21 de diciembre de 2024

Ph. D.

**Natividad Leonor García Troncoso**

Coordinador(a) del Programa

**Maestría en Estructuras Civiles Sismorresistentes**

En su Despacho

## De mi consideración:

Yo, **Rodrigo Alfonso Retamales Saavedra**, de nacionalidad chilena, portador del pasaporte No. **F57267093**, en mi calidad de Tutor del Proyecto de Titulación correspondiente a la Maestría en **Estructuras Civiles Sismorresistentes**, I Cohorte, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), certifico lo siguiente:

Con fecha 11 de septiembre del 2024, acepté la tutoría de los estudiantes Alexis Fernando Merino Gavilanes con CI: 0604886549, y Anderson Steeven Campoverde Salazar con CI: 0706460151, para el desarrollo del proyecto de titulación denominado: *“Análisis comparativo del desempeño sísmico de una estructura existente de hormigón armado en Riobamba antes y después de la implementación de disipadores de energía”*.

Certifico que este trabajo de titulación fue supervisado de manera continua durante todo su desarrollo, revisado en cada una de sus etapas y, finalmente, aprobado por mi persona en su versión final, entregada el día 17 de diciembre del 2024.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

Atentamente,

Powered by  Firma electrónica avanzada  
**RODRIGO ALFONSO**  
**RETAMALES SAAVEDRA**  
2024.12.21 16:54:14 -0300

**Rodrigo Alfonso Retamales Saavedra**

Tutor del Proyecto

Correo electrónico: roretama@espol.edu.ec; rodrigo.retamales@gmail.com