

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA



Diseño por desempeño sísmico de un edificio aporticado de 7 niveles con y sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca-2020

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Juan Carlos Perez Julca

ASESOR

Alcibiades Bances Meza

Rioja, Perú

2022

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Nombres | JUAN CARLOS |
| Apellidos | PEREZ JULCA |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número del documento de identidad | 70421082 |
| Número de Orcid (opcional) | |

Datos del asesor

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| Nombres | ALCIBIADES |
| Apellidos | BANCES MEZA |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número del documento de identidad | 44127737 |
| Número de Orcid (obligatorio) | 0000-0003-0158-3407 |

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Nombres | VICTOR |
| Apellidos | GARCES DIAZ |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número del documento de identidad | 32860015 |

Datos del segundo miembro

| | |
|-----------------------------------|----------------|
| Nombres | MANUEL ISMAEL |
| Apellidos | LAURENCIO LUNA |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número del documento de identidad | 42362708 |

Datos del tercer miembro

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Nombres | FELIX GERMAN |
| Apellidos | DELGADO RAMIREZ |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número del documento de identidad | 22264222 |

Datos de la obra

| | |
|---|---|
| Materia | Diseño sísmico, Método Pushover, Desempeño sísmico, Disipadores de Fluido Viscoso |
| Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace | https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 |
| Idioma (Normal ISO 639-3) | SPA - español |
| Tipo de trabajo de investigación | Tesis |
| País de publicación | PE - PERÚ |
| Recurso del cual forma parte (opcional) | |
| Nombre del grado | Ingeniero Civil <input type="checkbox"/> |
| Grado académico o título profesional | Título Profesional <input type="checkbox"/> |
| Nombre del programa | Ingeniería Civil <input type="checkbox"/> |
| Código del programa Consultar el listado: enlace | 732016 |



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 008-2022-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
FILIAL RIOJA: NUEVA CAJAMARCA**

Los Olivos, 05 de julio de 2022

Siendo las 08:30 horas del 05 de julio de 2022, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

"Diseño por desempeño sísmico de un edificio aporricado de 7 niveles con y sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca – 2020"

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

PEREZ JULCA, JUAN CARLOS

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Mgr. GARCES DIAZ, Víctor

Presidente

MSc. LAURENCIO LUNA, Manuel Ismael

Secretario

Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix German

Miembro

Siendo las 10:00 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller PEREZ JULCA, JUAN CARLOS el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Dr. DELGADO RAMIREZ, Félix German
Miembro

.....
MSc. LAURENCIO LUNA, Manuel Ismael
Secretario

.....
Mgr. GARCES DIAZ, Víctor
Presidente

DEDICATORIA

A Elena y Lauro, por haberme apoyado en todo momento y encaminarme a ser una persona de bien.

A Valentín, mi padre quien vive por siempre en mi memoria y su ejemplo habita en mis recuerdos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, porque somos obra suya, fuimos creados por Cristo para hacer el bien tal como Dios ya lo tenía planeado (Efesios 2:10).

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo, que a través de Beca 18 obtuve la oportunidad de acceder a una educación de calidad y ser parte del cambio.

A mi asesor de tesis, el Ing. Alcibiades Bances Meza por compartirme sus experiencias y conocimientos.

Al Ing. Ronald Joseph Purca Sucasaca, a quien le debo gran parte de este aprendizaje.

A mis docentes de la Facultad de Ingeniería, familiares y amigos que formaron parte de este proceso, en especial a mi amigo Juan Joel.

RESUMEN

La presente tesis consiste en el diseño y análisis de un edificio de 7 niveles, cuya zona de estudio se ubica en el distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, Región San Martín; el terreno cuenta con un área total de 1 106,83 m² el cual tiene características de suelo flexible y topografía relativamente plana.

El objetivo principal es determinar el comportamiento sísmico de la estructura en un rango no lineal, incorporando disipadores de fluido viscoso. Realizado en base a los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones, cumpliendo los requisitos mínimos arquitectónicos señalados en la Norma A.030, verificando que el modelo matemático esté acorde a lo solicitado por la Norma E.030, cumpliendo con los requisitos de resistencia y rigidez establecidos en la Norma E.060 y analizado el desempeño sísmico en función a la norma de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 440).

Basado en los criterios mencionados, resultó que el comportamiento post-sismo de la estructura en la dirección “X”, es de funcionalidad; sin embargo, en la dirección “Y”, el desempeño sísmico se ubicó en el rango de pre-colapso, por lo tanto, fue necesario la incorporación de disipadores de fluido viscoso para alcanzar un nivel de funcionalidad.

Palabras Clave: Diseño sísmico, Método Pushover, Desempeño sísmico, Disipadores de Fluido Viscoso.

ABSTRACT

This thesis comprises the design and analysis of 7-level building, whose study area is in the Nueva Cajamarca district, Rioja Province, San Martín Region; the land has a total area of 1 106,83 m², with flexible soil characteristics and relatively plain topography.

The main objective is to determine the fluid seismic behavior of the structure in a non-linear range, incorporating viscous dissipators. Made based on the parameters of the National Building Regulations, complying with the minimum architectural requirements indicated in Standard A.030, verifying that the mathematical model is in accordance with the requirements of Standard E.030, complying with the strength and rigidity requirements established in Standard E.060 and analyzed the seismic performance according to the Federal Emergency Management Agency FEMA 440 standard.

Based on the aforementioned criteria, it turned out that the post-earthquake behavior of the structure in the “X” direction is of functionality; However, in the “Y” direction, the seismic performance was in the pre-collapse range, therefore, the incorporation of viscous fluid dissipators was necessary to achieve a level of functionality.

Keywords: Seismic Design, Pushover Method, Seismic Performance, Viscous Fluid Dissipators.

INDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| INDICE..... | vi |
| Índice de Tablas..... | ix |
| Índice de Figuras..... | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | xiv |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1. Formulación del Problema..... | 1 |
| 1.1.1. Problema Principal..... | 2 |
| 1.1.2. Problemas Secundarios..... | 2 |
| 1.2. Objetivos de la Investigación..... | 2 |
| 1.2.1. Objetivo principal..... | 2 |
| 1.2.2. Objetivos secundarios..... | 2 |
| 1.3. Justificación e Importancia de la Investigación..... | 2 |
| 1.4. Delimitación del Área de Investigación..... | 3 |
| 1.5. Limitaciones de la Investigación..... | 3 |
| CAPÍTULO 2..... | 4 |
| MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales..... | 4 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales..... | 4 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... | 5 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 7 |
| 2.2.1. Consideraciones Básicas de Diseño Estructural..... | 7 |
| 2.2.2. Diseño estructural..... | 11 |
| 2.2.3. Desempeño Sísmico..... | 22 |
| 2.2.4. Disipadores de Fluido Viscoso..... | 34 |
| 2.3. Definición de Términos Básicos:..... | 38 |
| CAPÍTULO 3..... | 40 |
| HIPOTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 40 |
| 3.1. Hipótesis general..... | 40 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| 3.1.1. | Hipótesis específicas | 40 |
| 3.2. | Variables e Indicadores. | 40 |
| 3.3. | Operacionalización de las Variables..... | 41 |
| CAPÍTULO 4 | | 42 |
| DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | | 42 |
| 4.1. | Diseño de Ingeniería..... | 42 |
| 4.2. | Métodos y Técnicas del Proyecto..... | 42 |
| Fuente: Elaboración propia..... | | 43 |
| 4.3. | Técnicas y herramientas estadísticas..... | 44 |
| 4.4. | Población y Muestra..... | 44 |
| CAPÍTULO 5 | | 45 |
| DESARROLLO..... | | 45 |
| 5.1. | Generalidades del Proyecto | 45 |
| 5.1.1. | Ubicación..... | 45 |
| 5.1.2. | Generalidades climatológicas y geotécnicas..... | 46 |
| 5.1.3. | Descripción Arquitectónica | 46 |
| 5.2. | Estructuración y Pre - dimensionamiento..... | 47 |
| 5.2.1. | En función a la Norma E.020. Cargas: | 47 |
| 5.2.2. | En función a la Norma E.060. Concreto Armado: | 47 |
| 5.3. | Pre - Dimensionamiento | 49 |
| 5.3.1. | Columnas..... | 49 |
| 5.3.2. | Vigas | 49 |
| 5.3.3. | Placas:..... | 49 |
| 5.4. | Modelación estructural asistido con el Software ETABS V16.1.0 | 50 |
| 5.5. | Análisis Sísmico | 52 |
| 5.5.1. | Análisis Estático:..... | 52 |
| 5.5.2. | Análisis Dinámico Modal Espectral | 59 |
| 5.6. | Diseño en Concreto Armado. | 62 |
| 5.6.1. | Diseño de Losas y Vigas..... | 62 |
| 5.12.2. | Ejemplo de Diseño de Vigas- Tipo Dual II..... | 67 |
| 5.12.3. | Diseño de Columnas..... | 73 |
| 5.12.4. | Diseño de placa Ascensor..... | 80 |
| 5.12.5. | Análisis y Diseño de la Cimentación | 83 |
| 5.12.6. | Diseño de Escalera..... | 95 |
| 5.13. | Análisis no Lineal de la edificación sin disipadores | 98 |
| 5.13.1. | Definición de materiales en el rango inelástico | 98 |

| | | |
|--------------------------------|---|-----|
| 5.13.2. | Rótulas Plásticas:..... | 104 |
| 5.13.3. | Desempeño sísmico en la dirección X | 109 |
| 5.13.4. | Desempeño sísmico en la dirección Y | 121 |
| 5.14. | Diseño de Disipadores..... | 134 |
| 5.15. | Análisis Pushover con la incorporación de disipadores de fluido viscoso. | 142 |
| 5.16. | Dispositivo de Fluido Viscoso y sus Accesorios | 147 |
| 5.17. | Incidencia presupuestal de los disipadores de fluido viscoso..... | 152 |
| CAPÍTULO 6 | | 153 |
| ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO | | 153 |
| CAPÍTULO 7 | | 159 |
| RESULTADOS | | 159 |
| CAPÍTULO 8 | | 167 |
| CONCLUSIONES..... | | 167 |
| RECOMENDACIONES | | 169 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 169 |
| ANEXOS..... | | 173 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Cargas Vivas | 9 |
| Tabla 2: Coeficientes a usar en ecuaciones para amortiguamiento efectivo. | 30 |
| Tabla 3: Coeficientes para ecuaciones de periodo efectivo..... | 31 |
| Tabla 4: Cuadro de Operacionalización de Variables | 41 |
| Tabla 5: Métodos y técnicas del Proyecto en fase de campo | 43 |
| Tabla 6: Métodos y técnicas del Proyecto en fase de gabinete | 43 |
| Tabla 7: Parámetros sísmicos..... | 52 |
| Tabla 8: Análisis de cortantes en el eje X-X, para definir el sistema estructural..... | 53 |
| Tabla 9: Análisis de cortantes en el eje Y-Y, para definir el sistema estructural..... | 53 |
| Tabla 10: Irregularidad de piso blando en el eje X | 54 |
| Tabla 11: Irregularidad de piso blando en el eje Y | 55 |
| Tabla 12: Análisis de irregularidad de masa | 56 |
| Tabla 13: Irregularidad por sismo en X | 57 |
| Tabla 14: Irregularidad por sismo en Y | 57 |
| Tabla 15: Derivas eje X..... | 58 |
| Tabla 16: Deriva en el eje Y..... | 58 |
| Tabla 17: Excentricidades | 59 |
| Tabla 18: Modos y periodos..... | 60 |
| Tabla 19: Verificación de cortantes | 60 |
| Tabla 20: Diseño a flexión del eje 5-5 del primer nivel..... | 67 |
| Tabla 21: Diseño a cortante del eje 5-5 del primer nivel | 72 |
| Tabla 22: Fuerza Axial en Relación al Esfuerzo y Área Bruta de la Columna | 73 |
| Tabla 23: Momentos y axiales de acuerdo a las combinaciones..... | 74 |
| Tabla 24: Momento nominal de la columna parte superior t-m (Mncs)..... | 77 |
| Tabla 25: Momento nominal de la columna parte inferior t-m (Mnci) | 77 |
| Tabla 26: Fuerzas en el nodo 1..... | 78 |
| Tabla 27: Fuerzas en el nodo 2..... | 78 |
| Tabla 28: Cargas | 81 |
| Tabla 29: Combinaciones..... | 81 |
| Tabla 30: Momentos por carga de servicio 2 | 87 |
| Tabla 31: Valores de Rigidez Efectiva..... | 104 |
| Tabla 32: Normalización de modos para fines de carga lateral..... | 106 |
| Tabla 33: Fuerzas y desplazamiento de pushover en la dirección X..... | 109 |
| Tabla 34: Coordenadas para la bilineal, eje X..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 35: Desplazamientos y masas en el primer modo de vibración, eje X..... | 110 |
| Tabla 36: Desplazamiento y cortante en función a la participación modal y peso efectivo, respectivamente..... | 111 |
| Tabla 37: Valores de reducción de espectro..... | 113 |
| Tabla 38: Tabla de velocidades angulares y pseudo-desplazamiento | 117 |
| Tabla 39: Fuerzas y desplazamientos de pushover en la dirección Y | 121 |
| Tabla 40: Coordenadas para la bilineal, eje Y..... | 122 |
| Tabla 41: Desplazamientos y masas en el primer modo de vibración, eje Y | 123 |
| Tabla 42: Desplazamiento y cortante en función a la participación modal y peso efectivo, respectivamente..... | 124 |
| Tabla 43: Tabla de reducción del espectro..... | 126 |
| Tabla 44: Tabla de velocidades angulares y pseudo-desplazamiento | 129 |
| Tabla 45: Iteración para encontrar "Cj" en el eje A-A/1-2, eje D-D/1-2: | 136 |
| Tabla 46: Iteración para encontrar "Cj" en los ejes A-A/5-6 y eje D-D/5-6 | 137 |
| Tabla 47: Derivas con la incorporación de Disipadores..... | 142 |
| Tabla 48: Tabla de fuerzas vs desplazamientos con disipadores | 144 |
| Tabla 49: Fuerzas axiales por pushover en los disipadores..... | 148 |
| Tabla 50: Fuerzas axiales por espectro de respuesta en los disipadores | 149 |
| Tabla 51: Propiedades geométricas de perfil metálico tubular HSS9.625-HSS6.875..... | 151 |
| Tabla 52: Costo de disipadores de Fluido Viscoso | 152 |
| Tabla 53: Costo estimado de la obra | 152 |
| Tabla 54: Matriz de evaluación ambiental | 155 |
| Tabla 55: Flujo de análisis de costos..... | 157 |
| Tabla 56: Flujo de análisis de beneficios | 157 |
| Tabla 57: Flujo económico de la implementación de disipadores sísmicos..... | 158 |
| Tabla 58: Tabla de fuerzas vs desplazamientos sin disipadores, producto del análisis Pushover. | 159 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Vista en planta del edificio con mucha rigidez en un extremo y con reducción de losa en planta | 8 |
| Figura 2: Coeficientes de Pre - dimensionamiento | 10 |
| Figura 3: Tabla de cuantías para diseño de estructuras sometidas a esfuerzos de flexión. | 11 |
| Figura 4: Elevación de una viga que muestra las zonas de confinamiento | 13 |
| Figura 5: Zonas de confinamiento en columnas..... | 16 |
| Figura 6: Profundidad del eje neutro como sección crítica "C" | 18 |
| Figura 7: Factores de capacidad de carga..... | 20 |
| Figura 8: Factores de capacidad de carga para zapatas en contacto con suelo arcilloso | 21 |
| Figura 9: Curva de capacidad..... | 23 |
| Figura 10: Curva de capacidad según el comité VISION 2000 | 23 |
| Figura 11: Intersección de curva de capacidad con el espectro elástico | 24 |
| Figura 12: Ubicación de los puntos api, dpi..... | 24 |
| Figura 13: Factores de Participación Modal y Coeficiente de Masa Modal | 25 |
| Figura 14: Representación de la bilineal | 26 |
| Figura 15: Curva histerética desplazamiento espectral vs aceleración espectral. | 27 |
| Figura 16: Espectro reducido. | 28 |
| Figura 17: Punto de intersección con el espectro reducido. | 28 |
| Figura 18: Espectro de respuesta aceleración vs desplazamiento modificado, para uso con periodo secante, Tsec. | 29 |
| Figura 19: Disipador de energía TAYLOR DEVICES INC | 34 |
| Figura 20: Comportamiento externo de un disipador de fluido viscoso | 35 |
| Figura 21: Macro - localización del Proyecto | 45 |
| Figura 22: Ubicación del Proyecto..... | 46 |
| Figura 23: Modelo tridimensional estructural del edificio en ETABS..... | 51 |
| Figura 24: Planta del arquetipo, ETABS..... | 51 |
| Figura 25: Etiqueta de las placas para captar fuerzas..... | 53 |
| Figura 26: Espectro de diseño | 59 |
| Figura 27: Deformada por sismo estático en Y..... | 61 |
| Figura 28: Deformada por sismo estático en X..... | 61 |
| Figura 29: Losa de techo a diseñar, entre ejes 4 y 5..... | 62 |
| Figura 30: Cargas para el diseño, SAP 2000..... | 62 |
| Figura 31: Diagrama de momentos flectores, SAP 2000 | 63 |

| | |
|---|-----|
| Figura 32: Diagrama de fuerzas cortantes..... | 64 |
| Figura 33: Análisis y longitud de ensanche..... | 64 |
| Figura 34: Sección transversal del diseño final de la losa aligerada | 64 |
| Figura 35: Modelo matemático para la losa maciza..... | 65 |
| Figura 36: Diagrama de envolventes de momentos flectores de la viga ubicada en el eje N° 5. | 67 |
| Figura 37: Sección transversal del diseño final de la viga | 68 |
| Figura 38: Diagrama de fuerzas cortantes..... | 70 |
| Figura 39: Diagrama de interacción en “X” considerando combinaciones de cargas..... | 75 |
| Figura 40: Diagrama de interacción en “Y” considerando combinaciones de cargas..... | 75 |
| Figura 41: Análisis de momentos nominales en nodos | 76 |
| Figura 42: Ilustración de las coordenadas y longitudes a tener en cuenta..... | 78 |
| Figura 43: Distribución del acero en planta. | 80 |
| Figura 44: Diseño definitivo de placa-ascensor | 83 |
| Figura 45: Momentos por carga de servicio N° 1 | 84 |
| Figura 46: Momentos por carga de servicio N° 2 | 85 |
| Figura 47: Ilustración de momentos por carga de servicio N° 2, dirección Y. | 87 |
| Figura 48: Ilustración de momentos por carga de servicio N° 2, dirección X. | 88 |
| Figura 49: Acero en platea de cimentación | 93 |
| Figura 50: Área de Influencia para analizar el puzonamiento en columna sobre pilote. | 94 |
| Figura 51: Planta de la escalera en el primer nivel..... | 96 |
| Figura 52: Carga repartida de diseño | 97 |
| Figura 53: Modelo Mander para concreto confinado y no confinado | 99 |
| Figura 54: Esfuerzo de formación de un material dúctil típico | 100 |
| Figura 55: Parámetros del concreto para rangos no lineales en ETABS..... | 101 |
| Figura 56: Curva Del Concreto Confinado Y No Confinado..... | 102 |
| Figura 57: Restricciones del acero para rangos no lineales en ETABS | 103 |
| Figura 58: Curva del acero en función al esfuerzo y deformación..... | 103 |
| Figura 59: Asignación de rótulas plásticas a los elementos estructurales | 105 |
| Figura 60: Carga lateral para Pushover en X | 106 |
| Figura 61: Carga lateral para Pushover en Y | 107 |
| Figura 62: Transformada de un elemento Shell thick a Frame | 107 |
| Figura 63: Transformada de un elemento Shell thick a Frame en ETABS | 108 |
| Figura 64: Curva de Capacidad..... | 110 |
| Figura 65: Espectro de respuesta modificado (MADRS)..... | 117 |
| Figura 66: Punto de desempeño | 120 |

| | |
|--|-----|
| Figura 67: Evaluación de desempeño según VISION 2000..... | 121 |
| Figura 68: Curva Pushover en el eje Y..... | 122 |
| Figura 69: Reducción de espectros según FEMA 440, para el eje Y..... | 129 |
| Figura 70: Punto de desempeño, eje Y..... | 133 |
| Figura 71: Nivel de desempeño, según VISION 2 000..... | 133 |
| Figura 72: Ángulo de inclinación..... | 134 |
| Figura 73: Valores de Cj y Rigidez para el amortiguador en el eje A-A/1-2, eje D-D/1-2..... | 136 |
| Figura 74: Valores de Cj y Rigidez para el amortiguador en el eje A-A/5-6 y eje D-D/5-6..... | 137 |
| Figura 75: Disipadores a lo largo del eje D-D..... | 138 |
| Figura 76: Disipadores a lo largo del eje A-A..... | 139 |
| Figura 77: Fuerza axial de los disipadores en el eje D-D, con sismo dinámico Y..... | 140 |
| Figura 78: Fuerza axial de los disipadores en el eje A-A, con sismo dinámico Y..... | 141 |
| Figura 79: Modelo en 3D con disipadores de fluido viscoso..... | 143 |
| Figura 80: Curva de Capacidad con Disipadores..... | 145 |
| Figura 81: Reducción de espectros considerando el aporte de amortiguamiento del disipador..... | 146 |
| Figura 82: Punto de desempeño considerando la incorporación de disipadores..... | 146 |
| Figura 83: Nivel de desempeño sísmico considerando disipadores de fluido viscoso..... | 147 |
| Figura 84: Propiedades del dispositivo Taylor Devices Inc..... | 150 |
| Figura 85: Comparación de las curvas de capacidad con la incorporación de disipadores de fluido viscoso..... | 160 |
| Figura 86: Comparativo de Fuerzas..... | 161 |
| Figura 87: Primeras rótulas plásticas en la dirección X..... | 162 |
| Figura 88: Eje más afectado con el mecanismo de rotulación plástica, push X..... | 163 |
| Figura 89: Primeras rótulas plásticas en la dirección Y..... | 164 |
| Figura 90: Eje más afectado con el mecanismo de rotulación plástica, push Y..... | 165 |
| Figura 91: Derivas inelásticas con y sin disipadores en "Y"..... | 166 |

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se desarrolló el diseño de un edificio de 7 niveles de acuerdo a los requerimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica E 0.30 Diseño Sismorresistente, el mismo diseño se sometió a un análisis no lineal estático, con la finalidad de evaluar su desempeño sísmico y establecer la necesidad estructural para la aplicación de los disipadores de fluido viscoso. Esta investigación se divide en 8 capítulos y sus anexos correspondientes.

En el capítulo 1 se desarrolla el planteamiento del problema, el cual se desagrega en la formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, delimitación y limitaciones de la investigación, con la finalidad de establecer la situación a resolver y los lineamientos a seguir en esta tesis.

En el capítulo 2 se muestran los antecedentes y marco teórico, que son la base para la aplicación de procedimientos en la búsqueda de los objetivos propuestos.

En el capítulo 3, se encontrarán las hipótesis y el desarrollo de la operacionalización de las variables, en donde se definen los métodos a aplicar en la resolución de problemas.

En el capítulo 4, se realiza el diseño de la investigación, del cual nace el diseño metodológico de ingeniería, métodos y técnicas del proyecto, herramientas estadísticas, población y muestra.

En el capítulo 5, se realiza el desarrollo de la presente investigación, en el marco de la Norma Técnica E 0.30 Diseño Sismorresistente y Norma de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 440).

El capítulo 6, 7 y 8, describe los resultados, conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del Problema.

Los sismos son vibraciones en la corteza terrestre producto de las fuerzas que ejercen las ondas sísmicas provenientes de un lugar o zona donde han ocurrido oscilaciones repentinas de la corteza terrestre, dejando daños materiales y pérdidas de vidas como fue el caso del sismo de setiembre de 1985 en la ciudad de México, que dejó al menos a 30000 personas sin hogar y 7000 muertos (Goytia & Villanueva, 2001).

Investigaciones realizadas señalaron que el Perú es vulnerable a estos fenómenos naturales; asimismo, la historia demostró que solo es cuestión de tiempo para que ocurran ese tipo de catástrofes. En consecuencia, los grandes terremotos en nuestro país, tienen su origen en el proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca que se introduce por debajo de la placa Sudamericana (Rojas & Paredes, 2013); es así que a lo largo del tiempo ocurrieron diversos sismos desastrosos, como el de Chimbote 1970, Pisco 2007, Moyobamba 1990, 1991 y 2007, entre otros.

La región San Martín, no es ajena a esta actividad sísmica, geográficamente se ubica sobre las fallas geológicas de Angaiza y Pucatanbo, caracterizándola como una zona de alta vulnerabilidad sísmica; muestra de ello tenemos el terremoto de Moyobamba de setiembre del 2005 de 7 grados de magnitud (Instituto Nacional de Defensa Civil & Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2006; Tavera, 2005). Asimismo, en la ciudad de Nueva Cajamarca, región San Martín, por lo general el suelo es típicamente poco compacto, donde se esperan altas aceleraciones sísmicas; motivo por el cual, el gobierno municipal no permite construcciones mayores a 5 niveles (Marzal, 2006), en consecuencia, existen edificios de baja altura, que expanden a la ciudad de manera horizontal. Frente a esta problemática, resulta necesario conocer el desempeño sísmico de una estructura, con estas características geotécnicas.

Por otro lado, cabe mencionar que el crecimiento vertical que tiene la región San Martín, es sólo del 0,5 % (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017), dato que ubica a San Martín en el último departamento con menor crecimiento vertical, la misma que hace mayores usos de suelos agrícolas.

1.1.1. Problema Principal

¿Cuál es el comportamiento de un diseño por desempeño sísmico de un edificio aporticado de 7 niveles y sus diferencias con o sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca?

1.1.2. Problemas Secundarios

- a. ¿Cómo evaluar la respuesta estructural de la edificación de 7 niveles?
- b. ¿Cómo diseñar una estructura en función a parámetros de resistencia y rigidez?
- c. ¿Cómo determinar el efecto de rótulas plásticas de la estructura?
- d. ¿Cómo conocer los desplazamientos máximos de la estructura convencional versus la incorporación de disipadores de fluido viscoso?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo principal

Determinar el comportamiento de un diseño por desempeño sísmico de un edificio aporticado de 7 niveles y sus diferencias con o sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca.

1.2.2. Objetivos secundarios

- a. Determinar un análisis sísmico-dinámico por espectro de respuesta, de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismoresistente E.030.
- b. Dimensionar los elementos estructurales conforme a los parámetros de la Norma Peruana de Concreto Armado E.060 y de Cargas E.020.
- c. Realizar el modelamiento no lineal estático de la estructura, según los lineamientos de la Agencia Federal de manejo de emergencia (FEMA 440).
- d. Calcular los desplazamientos máximos de la estructura incorporando los dispositivos de fluido viscoso.

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

Analizar el comportamiento no lineal de la estructura sometida a cargas laterales (sísmicas), permitirá obtener información sobre los puntos débiles de la estructura o zonas de probable rotura; conocido estos mecanismos de falla se propondrá establecer medidas de reforzamiento estructural. Una de las alternativas para evitar fallas estructurales, es añadir disipadores de fluido viscoso; el cual pretenderá mejorar el desempeño de la estructura ante el suceso de sismos.

Una edificación del cual se conozca el nivel de carga máxima sísmica, ofrecerá mayor garantía respecto a la protección de seguridad de vidas humanas y generará menores costos de reparación post-sísmicas. Este proyecto también se justifica académicamente, pues mostrará procedimientos de análisis adicionales al alcance de la Norma E.030.

Es importante diseñar por desempeño sísmico para evitar cualquier especulación sobre el estado actual de diseño y posible comportamiento sísmico a futuro que tendrá una edificación; a esto se suma que el Perú es un país sísmico activo y resulta necesario aplicar técnicas modernas de diseño como la del análisis no lineal estático que ha tenido acogida en muchos países latinoamericanos. Por otro lado, su importancia radica en generar una propuesta de diseño con visión a futuro para el crecimiento moderno de la ciudad de Nueva Cajamarca.

1.4. Delimitación del Área de Investigación

La metodología del desempeño sísmico se puede determinar a través de dos procedimientos: análisis por espectro de capacidad (análisis estático no lineal o Pushover) y el análisis dinámico incremental (análisis tiempo-historia no lineal), esta investigación tomará el procedimiento del análisis no lineal estático, apoyado del software ETABS para el modelamiento respectivo.

El proyecto de investigación se realizará en la intersección del Jr. Tacna con el Jr. San Luis, lote 4G, manzana N° 5 de la ciudad de Nueva Cajamarca; asimismo, cabe precisar, que el sitio mencionado es una zona comercial, lugar donde se han realizado los estudios básicos de ingeniería (topografía y suelos).

1.5. Limitaciones de la Investigación

En esta tesis se logró realizar el diseño de un edificio de 7 niveles para uso de Hotel y través del Análisis Pushover se logró conocer su respuesta estructural ante los suelos blandos de Nueva Cajamarca.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Salcedo, (2017). Desempeño Sísmico por el Método de Push - Over de un Edificio Construido en la Ciudad de Barranquilla Bajo la Norma NSR-10. En su tesis obtuvo como resultados que se formaron una cantidad de rotulas plásticas tanto en vigas como en columnas y el mecanismo de falla no es el más adecuado, pero el nivel de desempeño es bueno ya que la formación de rotulas plásticas se mantiene en el nivel de Ocupación Inmediata lo cual implica que el nivel de riesgo para la seguridad de la vida es muy bajo, y espera que en caso de presentarse un sismo los daños a los elementos estructurales sean mínimos y el edificio se pueda habitar nuevamente. Por lo tanto, concluyó que, para un sismo de intensidad alta, la deriva esperada de su estructura es del 2,59 % y espera que sea necesario reparación y limpieza de algunos de sus sistemas estructurales después de un sismo.

Sinisterra, (2017). Determinación del Desempeño Sísmico para Edificios en Porticos de Concreto Reforzado Diseñado Bajo la Norma de Diseño Sísmorresistente. En su tesis determinó el desempeño sísmico para 7 edificios (3 de cinco pisos, 2 de cuatro pisos y 2 de tres pisos) de pórticos de concreto reforzado que están ubicadas en la ciudad de Santiago de Cali y diseñadas bajo la norma de diseño sísmorresistente *C.C.C.S.R.84*¹, para lo cual empleó el método de Espectro de Capacidad; obtuvo como resultados que el 86 % de las edificaciones que analizó en su proyecto alcanzan niveles de desempeño entre ocupación inmediata (IO) y seguridad de vida (LS) para un suelo tipo C de la norma sísmo resistente - 10 (NSR-10), 3 de ellos alcanzaron niveles de colapso preventivo (CP) para un suelo tipo D y ninguno de los edificios analizados alcanzaron niveles de desempeño para un suelo E. Por lo tanto, concluyó que muchas edificaciones construidas bajo la norma *C.C.C.S.R.84* y que no han sido intervenidas, ni actualizadas a la Norma Sísmo Resistente (NSR-10), podrían estar, incursionando en el rango no Lineal, durante la ocurrencia de un sismo moderado a severo y presentar posibles fallas en sus elementos estructurales.

¹ *C.C.C.S.R.84*: Código Colombiano de Construcciones Sísmo-resistentes referida al año de 1984

Cabrera & Sánchez (2016). Evaluación de Desempeño Sísmico de un Edificio Aporticado de Hormigón Armado Usando el Método Actualizado del Espectro de Capacidad FEMA 440. Estimaron el rendimiento sísmico de una estructura aporticada de 4 pisos, ubicado en la ciudad de Cuenca, para lo cual empleó el método MEC-FEMA 440; obtuvo como resultado que el desempeño sísmico en los edificios de hormigón armado está directamente relacionado con mecanismos de disipación de energía por medio del proceso de formación de rotulas plásticas. Concluyó que el programa de la agencia Federal de Manejo de Emergencia (FEMA 440) permite considerar dos modelos: un modelo bilineal histerético y un modelo con degradación de rigidez; además, observó que la aplicación del modelo con degradación de rigidez no representó una diferencia significativa en términos de demanda máxima de desplazamiento con respecto al bilineal histerético.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Silva (2018). Desempeño Sísmico de Muros de Quincha Tradicional Mediante el Método del Espectro de Capacidad. En su investigación realizada en la ciudad de Lima verificó de forma cuantitativa que el sistema estructural de los muros de quincha, construidos con las técnicas y los materiales tradicionales, sea el adecuado para resistir solicitaciones sísmicas y reconocer su desempeño, para lo cual realizó ensayos en 12 muros de quincha, empleando métodos de análisis No Lineal Estático, obteniendo como resultados que a través del método del Espectro de Capacidad denominado; Punto de Desempeño, el cual estima el desplazamiento que demanda un sismo determinado en una estructura y lo contrasta con la capacidad que posee. Para el caso de los muros de quincha que analizó, todos mostraron tener la capacidad suficiente para afrontar sismos ocasionales, raros y muy raros. Por lo tanto, concluyó que el método del espectro de capacidad se muestra como una opción a considerar al realizar análisis sísmicos de estructuras cuyo comportamiento es complejo, si se desea un resultado rápido y coherente; a pesar de las simplificaciones que considera, este método permite obtener resultados con un nivel de confiabilidad aceptada en el ámbito profesional y puede ser útil para reconocer de manera rápida estructuras en las que sea necesario realizar una intervención estructural.

Huapaya (2017). Evaluación de los Indicadores de Comportamiento Sísmico de Edificios con Sistema Aporticado a Traves del Método Estático No Lineal. Desarrolló una investigación descriptiva, en la cual evaluó la resistencia y ductilidad de cada edificio con un sistema estructural aporticado que funcionan como hoteles de 3, 6, 9, 12, 15 y 18 pisos; este arquetipo de edificios lo evaluó mediante el método estático no lineal y comparó su capacidad con la demanda propuesta en la Norma de Diseño Sísmico E. 030, obtuvo que los resultados del análisis no lineal son muy superiores debido a que consideran un cortante último donde las estructuras fallan, mientras que el análisis lineal dinámico se mostró muy por debajo de la curva de capacidad. Concluyó que el espectro de capacidad de las estructuras es superior al espectro de demanda solicitado por la Norma de Diseño Sismo E. 030, además la resistencia al cortante última es superior al cortante de diseño presentado por los códigos peruanos.

Intor & Martos (2017). Desempeño Sísmico del Módulo “A” de la Institución Educativa San Ramón en la ciudad de Cajamarca. Determinaron el nivel de desempeño sísmico del módulo “A” de la Institución Educativa San Ramón ante la ocurrencia de un sismo raro (sismos con un periodo de retorno de 475 años aprox.), para lo cual empleó el método de Espectro Capacidad – demanda analizando por ejes a la edificación (ejes X y Y), obteniendo como resultados que la estructura tanto en el eje “X” y “Y” no llega al colapso para un nivel de sismo raro (sismos con un periodo de retorno de 475 años aprox.). Por lo tanto, concluyó que el nivel de desempeño sísmico del módulo A, fue de funcional a seguridad de vida frente a la ocurrencia de un sismo raro cumpliendo parcialmente con lo establecido en la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC VISION 2000), debido a que los puntos de desempeño (determinados a partir de los niveles sísmicos de diseño) se tenían que encontrar en el nivel funcional para edificaciones esenciales, cuyos rangos fueron calculados a partir de los desplazamientos y ubicados en la curva de capacidad.

Castañeda & Manrique (2019). Evaluación de los Niveles de Desempeño Sísmico de un Edificio Aporticado Empleando Disipadores de Fluido Viscoso. Determinaron el comportamiento estructural de una edificación ubicada en la ciudad de Lima, añadiéndole disipadores de fluido viscoso por medio de la

obtención de los niveles de desempeño sísmico propuestos en el Consejo de Tecnología Aplicadas (ATC- 40) y la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC VISION 2000). Para el análisis consideraron la dirección de sismos en los ejes “X-X” y “Y-Y”, obteniendo como resultados que los disipadores de fluido viscoso en la estructura aporticada, lograron alcanzar una reducción máxima de la deriva del orden de 54,53 % en el Eje X-X y 61,24 % en el Eje Y-Y. Por lo tanto, concluyó que los amortiguadores de energía de fluido viscoso permiten obtener diseños que cumplan con los objetivos de desempeño propuestos por la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC, 1995).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Consideraciones Básicas de Diseño Estructural

a. Sistema Estructural Aporticado.

Este sistema está constituido por vigas y columnas conectadas entre sí por nodos rígidos que permiten la transferencia de cargas hacia la cimentación.

b. Simetría y Torsión.

Simetría se denota a la configuración del edificio que está relacionado con la ubicación de los ambientes y elementos estructurales. Un edificio es simétrico cuando se observa que su geometría en un lado del edificio, es idéntica y presenta similitud respecto a su lado opuesto. Cuando el edificio no es simple y presenta asimetría o irregularidad, se da un fenómeno muy destructivo conocido como el efecto torsional; esto se produce cuando la coordenada del punto de rigidez y centro de masa no coinciden (Arnold & Reitherman, 1987). En la figura 1 se observa la planta de un edificio que presenta asimetría en la estructuración y discontinuidad en la losa, ocasionando que el centro de masa este demasiado lejos del centro de rigidez provocando efectos de traslación y giro en planta (torsión).

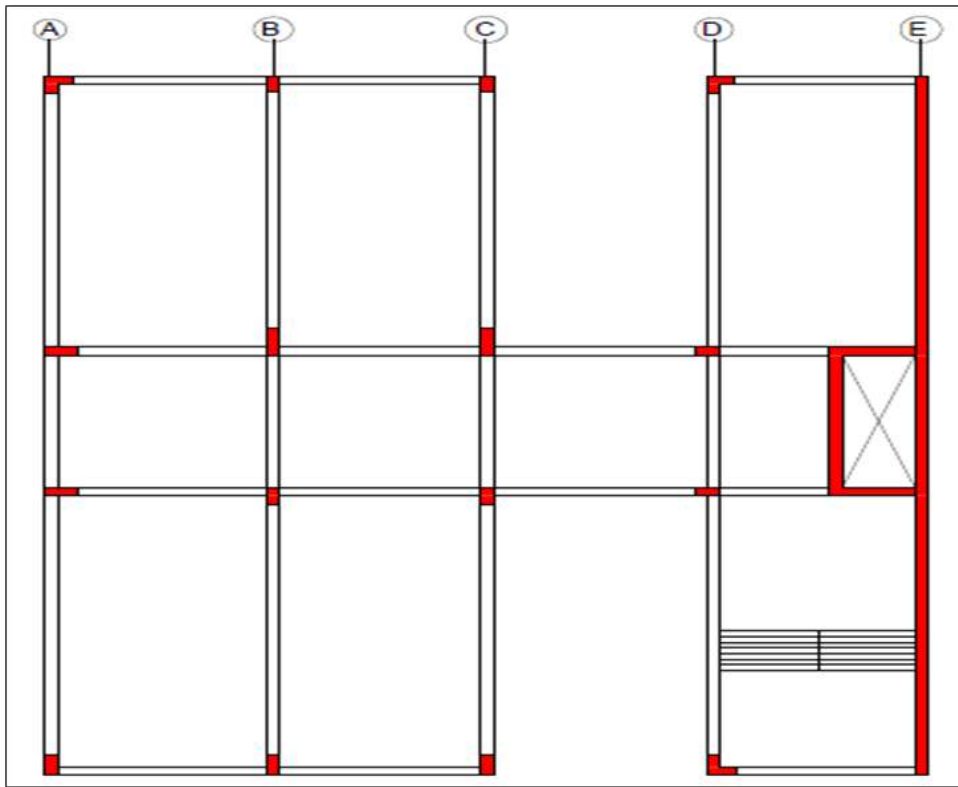


Figura 1: Vista en planta del edificio con mucha rigidez en un extremo y con reducción de losa en planta
Fuente: Adaptado de Blanco,1997. Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado (p.6)

c. Resistencia y Rigidez.

La resistencia se define como la capacidad de soportar esfuerzos generados por carga gravitacional sin pasar los límites estructurales al que fue diseñado (aplastamiento, rotura, flexo-compresión, etc). La rigidez es la resistencia lateral que se opone a fuerzas horizontales (sismo, viento y cualquier otra fuerza dinámica en sentido horizontal) y su función principal es evitar el desplazamiento lateral y extensas derivas en una estructura.

d. Amortiguamiento.

Es una propiedad de los materiales de construcción (todo material tiene amortiguamiento) y también de los sistemas de protección sísmica, para absorber energía y disiparla. En caso del concreto, este tiene como coeficiente del 5 % de amortiguamiento (Villareal, 2013).

e. Metrado de Cargas y Pre-dimensionamiento de Elementos Estructurales.

El metrado de cargas, es una técnica que consiste en cuantificar las cargas actuantes (estáticas y dinámicas) sobre los elementos estructurales del edificio mediante un modelo físico (San Bartolomé, 1998). En la tabla se muestra las cargas vivas, las cuales están consideradas como una carga dinámica.

Tabla 1: Cargas Vivas

| TIPO DE EDIFICACIÓN | CARGA VIVA (kg/m ²) |
|---|---------------------------------|
| Viviendas (incluye comedor y escaleras) | 200 |
| Oficinas: | |
| Ambientes comunes. | 250 |
| Sala de archivo. | 500 |
| Sala de computación. | 350 |
| Corredores y escaleras. | 400 |
| Centros Educativos: | |
| Aulas. | 200 |
| Talleres. | 350 |
| Auditorios, gimnasios. | 300 |
| Laboratorios. | 300 |
| Corredores y escaleras. | 400 |
| Hospitales: | |
| Sala de Operación, Laboratorios y Áreas de Servicio | 300 |
| Cuartos | 200 |
| Corredores y escaleras. | 400 |
| Bibliotecas: | |
| Sala de estudio. | 300 |
| Sala de almacenaje. | 750 |
| Corredores y escaleras. | 400 |
| Hoteles: | |
| Cuartos. | 200 |
| Almacenaje y servicio. | 500 |
| Corredores y escaleras. | 400 |
| Azoteas Planas (no utilizable) | 100 |
| Baño (emplear s/c promedio de las áreas vecinas) | |
| Instituciones penales (cuartos) | 200 |

Fuente: Adaptado de Chavez, 2003. Concreto Armado (p.24)

Para el modelado de una estructura, es necesario entrar con unas secciones o cuantías preliminares, que posteriormente serán verificados de acuerdo a las solicitudes establecidos en las Normas E. 030 y E. 060; para ello mostramos algunas alternativas de pre - dimensionamiento:

- Pre - dimensionamiento en columnas

Según Chávez (2003, p.202-203), se muestran los siguientes criterios:

El primer criterio está definido en función a dos casos, el primero para columnas con estribos, usar: $Ag \geq \frac{p(\text{Servicio})}{0.45f'c}$ y seguidamente, para columnas con estribos excéntricas o esquineras: $Ag \geq \frac{p(\text{Servicio})}{0.35f'c}$

El segundo criterio, trata acerca del método de factor de corrección de momentos, el cual se fundamenta en desprestigiar el momento, pero incrementar la carga axial con el llamado factor de correlación de momentos. En la Figura 2 se muestra los coeficientes para pre-dimensionar columnas de una edificación aporricada de 7 pisos; cabe mencionar que “A” idealiza una columna de fachada propiamente dicha, “B” columna interior y a ambos lados de ellos hay columnas exteriores, “C” columna de fachada con voladizos de vigas.

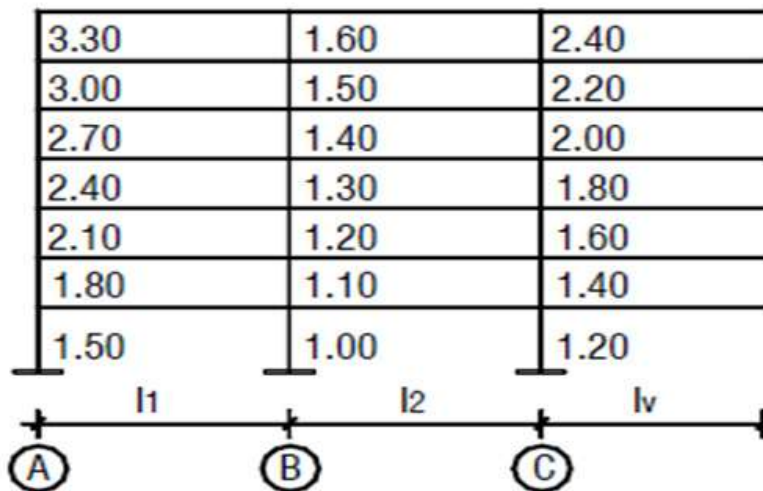


Figura 2: Coeficientes de Pre - dimensionamiento

Fuente: Adaptado de Chavez, 2003. Concreto Armado (p.24)

$$\text{Fórmula a aplicar: } Ag \geq \frac{CPu}{\phi(0,829f'c+105)}$$

Donde $C > 1$, parámetro que sirve para incrementar Pu axial externo, debido a que se desconoce el momento flexionante.

Pu = es el resultado del metrado de cargas ya sea por reacción de viga o por áreas de influencia.

Ag = área total de la columna

$f'c$ = Esfuerzo a compresión

$\Phi = 0,70$ para columnas con estribos

- f. Pre-dimensionamiento en vigas: Teniendo en cuenta, que estos son elementos estructurales que trabajan a flexión, “generalmente se dimensionan considerando un décimo o un duodécimo de la luz libre, $h = a \cdot L$, donde a : $[1/10, 1/12]$; asimismo, debe aclararse que la altura incluye el espesor de la losa del techo o piso” (Blanco, 1997, p.39).
- g. Pre - dimensionamiento en losas: Se realiza considerando un espesor del orden de $1/10$ a $1/12$ de la luz libre (Villareal, 2013).

2.2.2. Diseño estructural

- a. Criterios generales para el diseño de losas y vigas.

En la Norma elaborada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009) se señala que este tipo de estructuras, deben verificarse a flexión y corte.

Flexión: Se tiene la siguiente propiedad, el cual permitirá usar la figura 3 y obtener la cuantía de acero de refuerzo.

$$Ku = \frac{Mu}{b \cdot d^2}$$

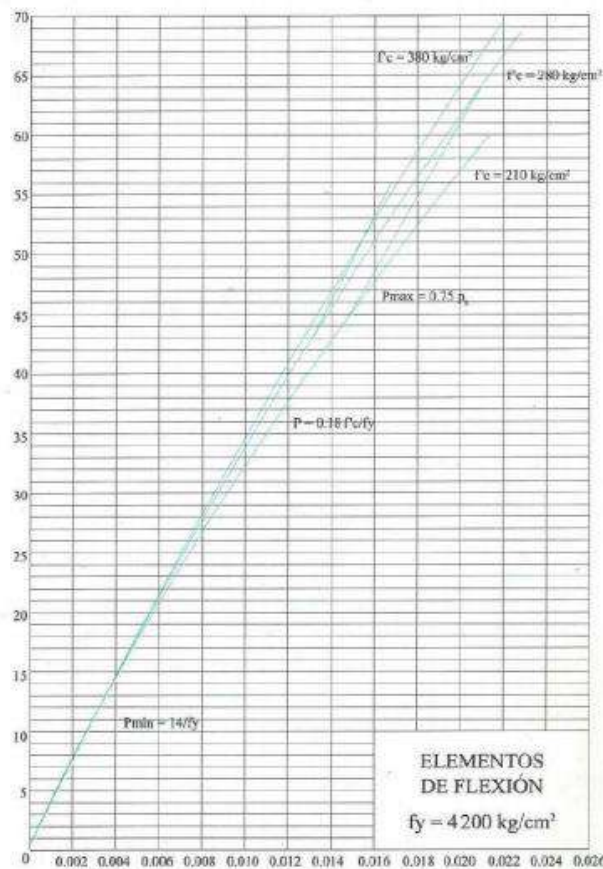


Figura 3: Tabla de cuantías para diseño de estructuras sometidas a esfuerzos de flexión. Fuente: Adaptado de Ortega ,2015. Diseño de estructuras de concreto armado (p.66).

Asimismo, para el diseño por flexión, también se puede emplear la siguiente fórmula.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot \frac{Mu}{0,9}}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$As = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

Donde:

$\frac{Mu}{0,9}$: Momento último actuante incrementado siempre en valor absoluto,

kg-cm.

Fy: Esfuerzo de fluencia del acero, 4200 kg/cm².

d: Peralte efectivo, cm.

\emptyset : diámetro de la barra, cm.

f'c: Esfuerzo a compresión del concreto, kg/cm².

b: base del elemento a analizar, cm.

Cuando el acero de refuerzo por cuantía calculada, sea menor que el AS_{min} , se debe emplear el acero que resulta de la siguiente ecuación.

$$AS_{min} = \frac{0,70 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d}{fy}$$

Donde:

f'c: Esfuerzo de compresión del concreto, kg/cm².

b: base del elemento a analizar, cm.

d: Peralte efectivo, cm.

fy: Esfuerzo de fluencia, 4200 kg/cm².

Corte: Las fuerzas cortantes, son fuerzas perpendiculares al eje de la viga y son soportadas por el concreto y acero del elemento y se analiza encontrando la capacidad al corte del concreto (V_c) con capacidad al corte del acero transversal (V_s), esto comparándolo con el cortante obtenido del modelo matemático

empleado la fuerza cortante de diseño amplificado (V_u). Indicando que, para el diseño por corte el valor que toma $\phi = 0,85$.

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

El aporte del concreto, que contribuye al soporte de fuerzas cortantes, viene dado mediante la siguiente ecuación:

$$\phi V_c = \phi \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Luego se calcula la separación del estribo, con la siguiente fórmula:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

Donde:

A_v : Área de las ramas de los estribos que atraviesan el alma, kg.

S : Espaciamiento de estribos, cm.

f_y : Resistencia a la fluencia del acero, kg/cm².

Asimismo, también se tiene la contribución máxima limitante, dada por la siguiente ecuación:

$$V_{smax} = 2,10 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Asimismo, se debe tener en cuenta que los criterios de verificación, están en función a la zona de confinamiento, de acuerdo al detalle mostrado en la figura 4.

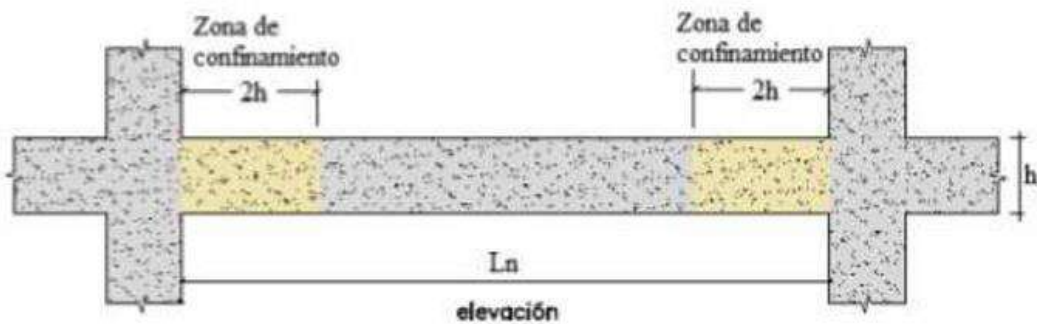


Figura 4: Elevación de una viga que muestra las zonas de confinamiento

Fuente: Adaptado de Purca ,2016. Sistema de protección sísmica mediante el uso de Disipadores metálicos de fluencia por corte (p.66)

Finalmente, verificar la separación mínima del estribo de acuerdo al capítulo 21.5 de la Norma E. 060:

- $S = \frac{d}{4}$; el peralte efectivo dividido entre 4, cm.
- $S = 8 \cdot db$; 8 veces el diámetro de la barra longitudinal, cm.
- $S = 24 \cdot de$; 24 veces el diámetro del estribo, cm.
- $S = 30$ cm.

b. Criterios generales para el diseño de columnas

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009), en la Norma E. 060, capítulo 21.6, indica las siguientes consideraciones:

- La fuerza amplificada de compresión axial P_u , excede de $0,1 \cdot f'c \cdot A_g$.
- La menor dimensión, medida en cualquier línea recta que pase por su centroide geométrico, no debe ser menor de 25 cm.
- Se debe cumplir la relación $4 \cdot bc > hc$, 4 veces la base del elemento debe ser mayor al peralte del elemento en flexión.

Refuerzo por Flexocompresión:

Según el numeral 10.9.1 de la norma E. 060, el área de refuerzo longitudinal total (A_s), para elementos en compresión no compuestos debe estar entre el $0,01 A_g$ y $0,01 A_g$ del área bruta de la sección de la columna (A_g); $0,01 \cdot A_g \leq A_s \leq 0,01 \cdot A_g$.

A continuación, se muestran las combinaciones de carga las cuales están en función de la carga permanente (CP), carga viva (CV) y carga de sismo (CS) a considerar en el análisis:

- Combinación 1: $1,4 \cdot CP + 1,7 \cdot CV$
- Combinación 2: $1,25 (CP + CV) + CS$
- Combinación 3: $0,9 \cdot CP + CS$

Con una sección de columna y área de acero respectivamente estimada, se puede calcular y definir el diagrama de iteración (momentos vs carga axial), en donde se debe controlar, que las combinaciones de carga se encuentren dentro del diagrama de diseño (ϕM_n , ϕP_n) (Luna & García, 2017).

Refuerzo por Corte:

La fuerza cortante de diseño amplificado (V_u) se debe determinar considerando las máximas fuerzas que se puedan generar en las caras de los nudos en cada extremo del elemento, de la siguiente forma:

$$V_u = \frac{1,25 (M_{ns} + M_{ni})}{L_n}$$

Donde:

M_{ns} : Momento nominal superior, t + m.

M_{ni} : Momento nominal inferior, t - m.

L_n : Longitud de la columna, m.

Asimismo, se debe calcular el aporte del concreto que contribuye a la resistencia al corte:

$$\phi V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'_c} \left(1 + \frac{P_u}{140 A_g} \right) b \cdot d$$

Donde:

ϕ : Factor de reducción a cortante (0.85), valor adimensional.

f'_c : Esfuerzo a compresión, kg/cm².

P_u : Fuerza axial, kg.

A_g : Área bruta de la columna, cm².

b : Base, cm.

d : Peralte efectivo, cm.

Luego, se procede a calcular el valor de V_s :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Finalmente, se emplea la siguiente ecuación, para estimar la separación de los estribos:

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Donde:

A_v : área total de la sección transversal del estribo, cm^2 .

f_y : Esfuerzo de fluencia, 4200 kg/cm^2 .

d : Peralte efectivo, cm .

V_s : Cortante que deben absorber los estribos, kg .

Longitud de confinamiento

En la siguiente figura, se describe visualmente las zonas de confinamiento críticas (L_o) y zonas de confinamiento no críticas (L_i):

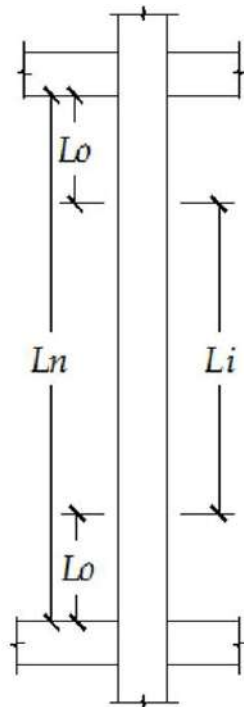


Figura 5: Zonas de confinamiento en columnas.

Fuente: Elaboración propia.

- La mayor sección en la cara de los nodos o zonas donde puede incurrir la flexión.

- $L_o = \frac{1}{6} \cdot L_n$

- $L_o = 0,50 \text{ m}$

Separación máxima del estribo en zona de confinamiento

- S_{L_o} : La tercera parte de la dimensión mínima del elemento, cm .

- SLo: 6 veces el diámetro del refuerzo longitudinal, cm.
- SLo = 10 cm

Separación máxima del estribo en zona no confinada

- SLi: 10 veces el diámetro el diámetro de las barras longitudinales de la columna, cm.
- SLi: 25 cm

c. Criterios generales para diseño de placas

Los criterios de Diseño para Muro Estructurales se detallan en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma Técnica E. 060, capítulo 21.9. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009).

- El espesor del alma de los muros de corte no deberá ser menor de 1/25 de la altura entre elementos que le proporcionen apoyo lateral ni menor de 150 mm.
- La contribución del concreto (V_c), no debe exceder de $v_c = 31,9 \cdot A_{cv} \cdot (\alpha \cdot \sqrt{f'c})$ donde el coeficiente $\alpha \cdot c$ es 0,25 para la altura de muro entre longitud de muro (hm / lm) $\leq 1,5$; 0,17 para la altura de muro entre longitud de muro (hm / lm) $\geq 2,0$ y varia linealmente entre 0,25 y 0,17 para la altura de muro entre longitud de muro (hm / lm) entre 1,5 y 2,0. Por otro lado, A_{cv} es el área de la sección de la placa, $f'c$ es la resistencia a compresión y el valor de 31,9 sólo es un factor de conversión.
- El límite inferior de resistencia $V_{min} < 31,9 \cdot 0,085 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'c}$
- Amplificación del cortante: $V_u \geq V_{ua} \cdot \frac{M_n}{M_{ua}}$; donde M_n , es el momento nominal que se extrae del diagrama de iteración y M_{ua} , es el momento último actuante.
- Fuerza cortante que debe ser asumido por el refuerzo horizontal: $V_s = A_{cv} \cdot \rho_h \cdot f_y$, donde A_{cv} es el área de la sección de la placa, ρ_h , es la cuantía horizontal y el esfuerzo de fluencia, f_y , se trabajará a un valor de 4200 kg/cm².
- Cálculo de la cuantía de refuerzo vertical:

$$\rho_h = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hm}{lm} \right) (\rho_h - 0,0025) \geq 0,0025$$
 Donde: hm , es el valor de la altura total del muro; lm , es la longitud del muro; ρ_h , cuantía horizontal.
- La cuantía de refuerzo horizontal no debe ser menor a 0,002.
- La cuantía de refuerzo vertical no debe ser menor a 0,0015.

- La separación de las barras de acero en cada dirección de los muros, no debe exceder de 3 veces el espesor del muro, ni de 40 cm.
- Los elementos de borde, en zonas de compresión debe ser confinado cuando la profundidad del eje neutro exceda a:

$$c \geq \frac{l_m}{600 \cdot \left(\frac{\delta u}{h_m}\right)}; \text{ donde, } l_m, \text{ es la longitud del muro; } \delta u, \text{ es el desplazamiento}$$

inelástico; h_m , es la altura del muro.

- Para encontrar la longitud de confinamiento (l_c) se debe elegir el mayor valor de:

$$l_c \geq c - 10 \% \cdot l_m$$

$$l_c \geq \frac{c}{2}$$

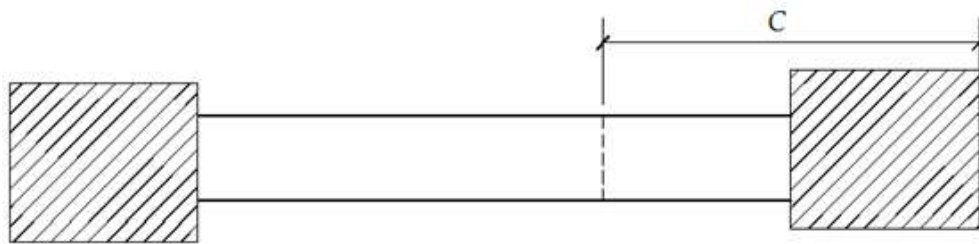


Figura 6: Profundidad del eje neutro como sección crítica "C"

Fuente: Adaptado de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009. Norma E 060 (p.182)

- El área de acero por flexión, en los núcleos:

$$A_s = \frac{M_{max}}{0,90 \cdot f_y \cdot d}$$

$$d = 0,8 \cdot l_m$$

Donde:

M_{max} : Momento máximo, kg - cm.

f_y : Esfuerzo de fluencia, kg/cm^2 .

d : Peralte efectivo, cm.

l_m : Longitud del muro, cm.

d. Cimentación con platea

Se realizará la verificación de que los momentos por carga de servicio sean menores a los momentos resistentes que aporte el concreto, para ello se asumirá una losa de cimentación de sección rectangular y se analizará su estado elástico no agrietado.

Según Ortega (2015), las propiedades para determinar el estado elástico no agrietado en secciones rectangulares, son las siguientes:

$$Fr = \frac{M \cdot y}{I}; \quad Fr = 2 \cdot \sqrt{f'c}; \quad I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Donde:

Y: Distancia al eje neutro; cm.

Fr: Esfuerzo de Rotura; kg/cm².

M: Momento resistente; kg-cm.

I: Inercia de la sección a analizar; cm⁴.

f'c: Esfuerzo a compresión del concreto; kg/cm².

b: Base de la sección a analizar; cm.

h: Altura de la sección a analizar; cm.

e. Cimentación con Pilotes

Lambe & Whitman (2001) en el capítulo 33 de su libro titulado Mecánica de Suelos, desarrolla la metodología para diseñar cimentaciones profundas, en la que se basará el desarrollo de este capítulo.

- Capacidad de carga de un pilote único.

$$Q = Q_p + Q_s$$

Q_p: resistencia por la punta, kg.

Q_s: resistencia por el fuste, kg.

Para un suelo permeable con drenaje libre.

$$Q = A_p \cdot \sigma_{vo} \cdot N_q + \sum \Delta l_p \cdot a_s \cdot K \cdot \sigma_{vo} \cdot tg(\epsilon)$$

Donde:

A_p: área de la sección del pilote.

σ_{vo}: Longitud del pilote que multiplica al peso específico del terreno restado en 1; Δl_p · (γ-1); cuyas unidades son $\frac{t \cdot m^3}{m^2}$.

K: varía de 1 a 3.

ε: ángulo de fricción máxima; utilizar el ángulo de fricción entre partículas para pilotes metálicos y el ángulo de fricción residual para pilotes de madera o concreto.

a_s: Longitud de circunferencia; m.

Δl_p: Longitud del pilote; m.

N_q : debe emplearse los factores de capacidad de carga, que se presentan en la siguiente figura:

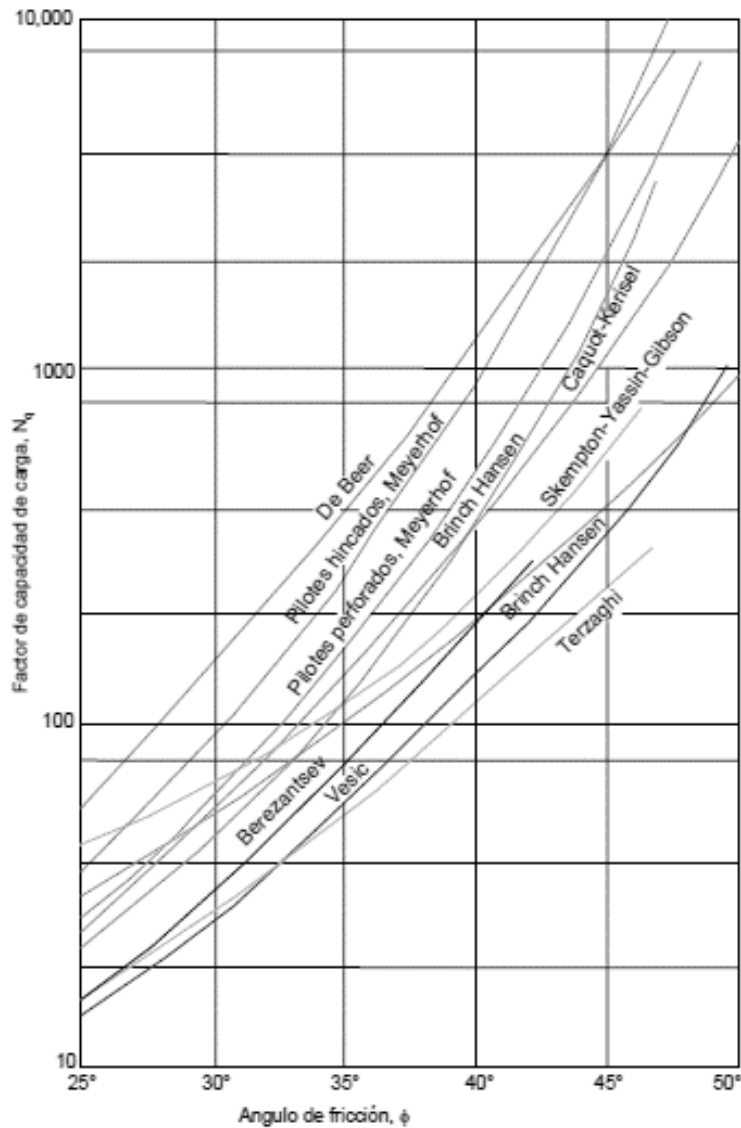


Figura 7: Factores de capacidad de carga

Fuente: Adaptado de Vesic (1967), citado por Lambe & Whitman (2001). Mecánica de suelos (p.526).

Para suelos impermeable

$$Q = Ap(s_u \cdot N_c + \sigma_{voi}) + \sum \Delta lp \cdot a_s \cdot s_u$$

Donde:

Ap : área de la sección del pilote; m^2 .

σ_{voi} : Longitud del pilote que multiplica al peso específico del terreno;

$\Delta lp \cdot (\gamma)$; cuyas unidades son $\frac{t}{m^2}$.

a_s : Longitud de circunferencia; m.

s_u : Un tercio de la longitud del pilote que multiplica al peso específico del terreno restado en 1; $\frac{1}{3}\Delta lp(\gamma - 1)$; cuyas unidades son $\frac{t-m^3}{m^2}$.

Δlp : Longitud del pilote; m.

N_c : debe emplearse los factores de capacidad de carga para zapatas en arcilla, que se presentan en la siguiente figura:

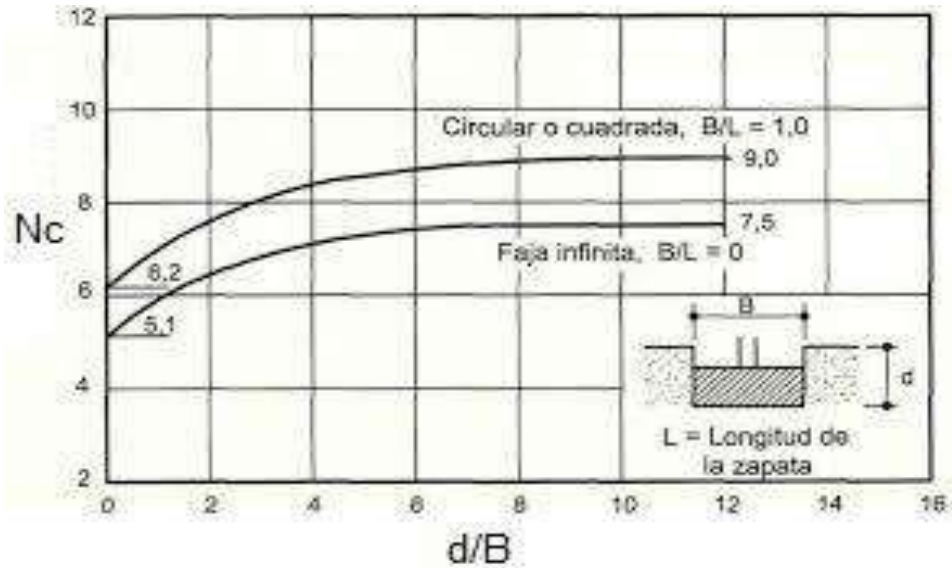


Figura 8: Factores de capacidad de carga para zapatas en contacto con suelo arcilloso
Fuente: Adaptado de Skempton (1951), citado por Lambe & Whitman (2001). Mecánica de suelos (p.511).

▪ Número de Pilotes

Para encontrar el número de pilotes, se iniciará de la inequación que permita asegurar que la carga admisible del pilote sea mayor a las cargas solicitadas, como se muestra a continuación:

$$\# \text{ Pilotes} > \frac{\text{Pedificio} + \text{Pplatea}}{\Sigma Q_{adm}}$$

Donde:

Pedificio: Sumatoria de las cargas permanentes (cp) y vivas (cv); t.

Pplatea: Peso de platea; t.

Qadm: Carga admisible por pilote; t.

2.2.3. *Desempeño Sísmico*

a. Análisis No Lineal Estático (Pushover):

Esta metodología, comprende cuatro fases de evaluación que son: el análisis de peligrosidad, el análisis estructural, el análisis de daño y el análisis de pérdidas; en este procedimiento la estructura “se idealiza como un conjunto de componentes capaces de representar las características monotónicas no lineales de fuerza-deformación y un patrón de cargas laterales (o una adaptación), el cual es aplicado a la estructura con la finalidad de producir roturas que son directamente proporcionales a las deformaciones inelásticas, hasta que un valor objetivo es alcanzado en un punto de referencia, que usualmente es el centro de masas en el techo del edificio y empujar la estructura al desplazamiento esperado bajo el diseño sísmico, dicho desplazamiento será el esperado, y posteriormente evaluar las derivas de demanda, deformación en los componentes y fuerzas de demanda en este estado; entonces, estas solicitaciones son comparadas con los parámetros aceptables para evaluar el desempeño”. (Toledo, 2011, p.17)

b. Curva de Capacidad

El Consejo de Tecnología Aplicadas ATC-40 (1996). En el capítulo 8, presenta la metodología de estimar el desempeño sísmico mediante el análisis no lineal estático, el cual relaciona la fuerza con el desplazamiento, tal como se puede apreciar en la figura 9 donde muestra que en la base se presenta la cizalla y en el techo el desplazamiento; asimismo, la figura 10 muestra la curva de capacidad asociada a un estado de daño de la estructura; en el cual, la zona elástica (Δ_e) corresponde a un estado operacional de la estructura y se determina con el punto de fluencia efectivo mediante una idealización bilineal de la curva de capacidad . Cabe mencionar, que “La zona inelástica (Δ_p), se divide cuantitativamente en 4 partes de: 30 %, 30 %, 20 % y 20 % a los que se asocian los cuatro últimos niveles de desempeño” (Loa, 2017, p.13).

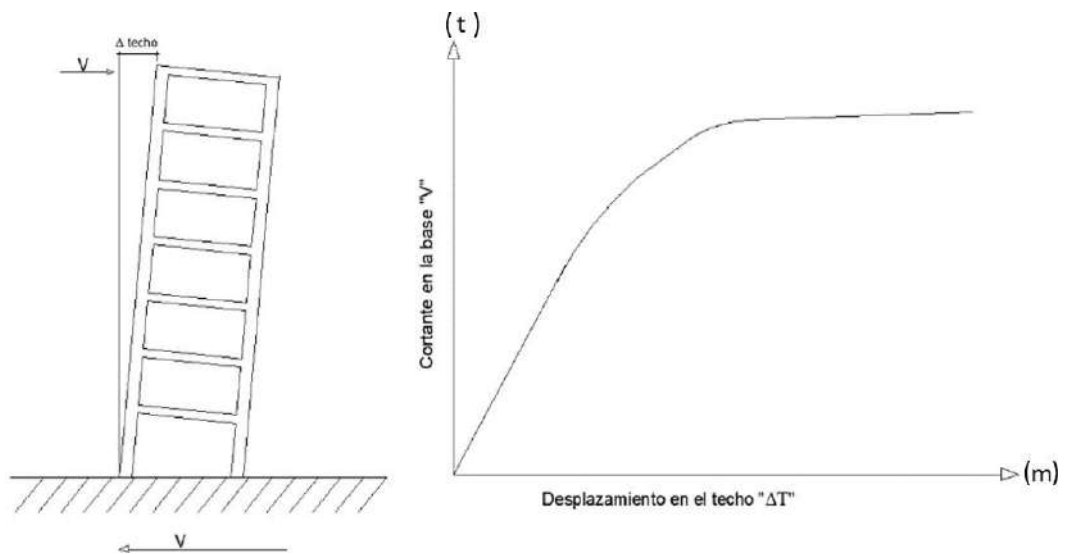


Figura 9: Curva de capacidad

Fuente: Adaptado de Applied Technology Council 40 (2014). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (P.8-3).

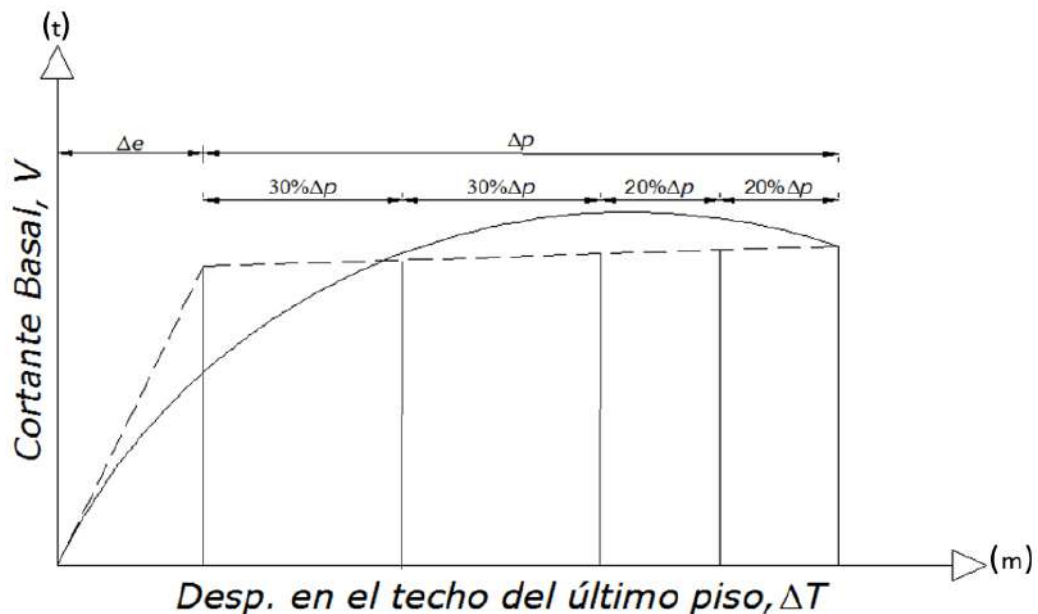


Figura 10: Curva de capacidad según el comité VISION 2000

Fuente: Adaptado de Loa, 2017. Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997 (p.13)

c. Espectro de demanda y punto de desempeño:

Según la Evaluación Sísmica y modernización de Edificios de Hormigón, realizado por el Consejo de Tecnología Aplicada, ATC-40 (1996). el espectro de demanda se obtiene de la siguiente forma:

Paso 1. Con la curva de capacidad en función al desplazamiento vs fuerza cortante, se tendrá que transformar en un espectro de capacidad, que esté en función al desplazamiento vs la aceleración, tal como se aprecia en la figura 11.

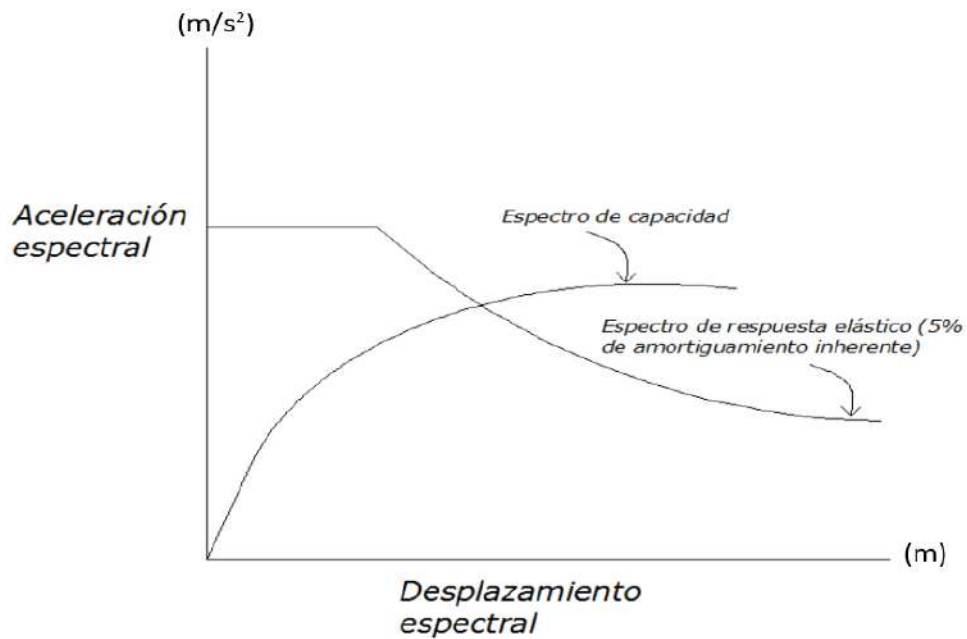


Figura 11: Intersección de curva de capacidad con el espectro elástico
 Fuente: Adaptado del Consejo de Tecnología Aplicada ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-8)

Paso 2. El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-40) recomienda seleccionar un punto probable de desempeño, api , dpi ; donde el primer punto (api , dpi) puede ser el desplazamiento que resulta del análisis dinámico modal, o podría ser el punto final del espectro de capacidad o cualquier otro punto obtenido sobre la base filosófica de la ingeniería.

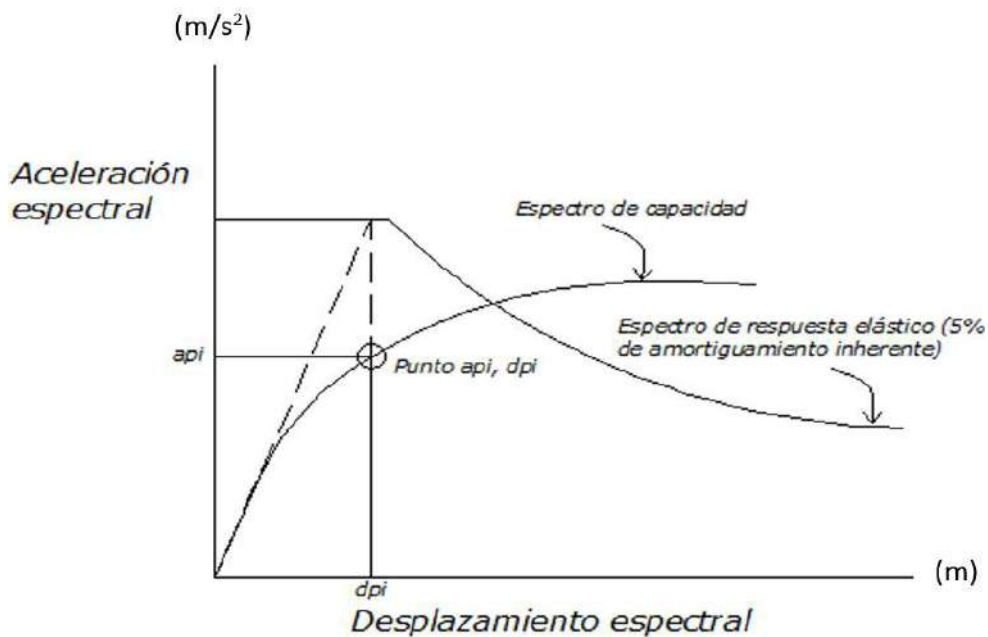


Figura 12: Ubicación de los puntos api , dpi
 Fuente: Adaptado del Consejo de Tecnología Aplicadas ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-22)

Paso 3. Desarrollar la representación bilineal del espectro de capacidad, empleando las siguientes fórmulas y lo ilustrado en la siguiente figura 13.

$$PF1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N wi\phi_{i1}/g}{\sum_{i=1}^N wi(\phi_{i1})^2/g} \right]$$

$$\alpha_1 = \left[\frac{[\sum_{i=1}^N wi\phi_{i1}/g]^2}{[\sum_{i=1}^N wi/g][\sum_{i=1}^N wi(\phi_{i1})^2/g]} \right]$$

$$Sa = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

$$Sd = \frac{\Delta_{techo}}{PF1\phi_{techo.1}}$$

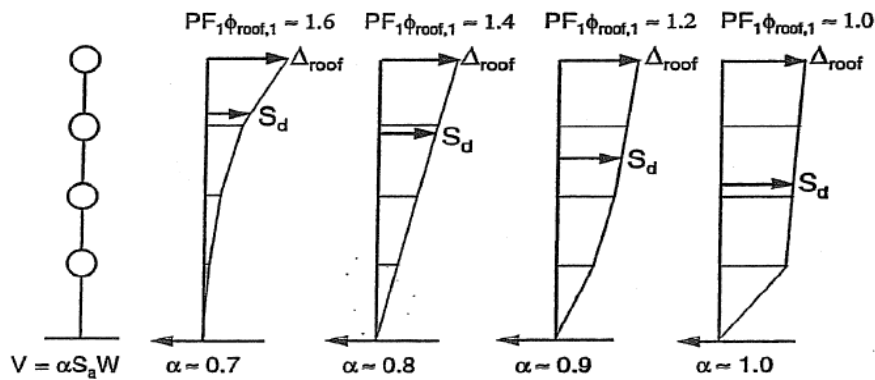


Figura 13: Factores de Participación Modal y Coeficiente de Masa Modal
Fuente: Adaptado de Consejo de Tecnología Aplicadas ATC-40,1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-10).

Donde:

- PF1: Factor de participación modal para el primer modo natural.
- α : Coeficiente de masa modal para el primer modo natural.
- Wi/g : Masa asignada al nivel i , $\frac{t \cdot s^2}{m}$.
- ϕ_{i1} : Amplitud del modo 1, en el nivel i , m .
- N : Nivel N , el nivel que es el superior en la parte principal de la estructura.
- V : Cortante basal, t .
- W : Peso muerto de construcción, t .
- $\Delta_{roof} = \Delta_{techo}$: Desplazamiento en el techo, m .
- Sa : Aceleración espectral, $\frac{m}{s^2}$.
- Sd : Desplazamiento espectral, m .

Ø techo.1: Primer modo en el techo, m.

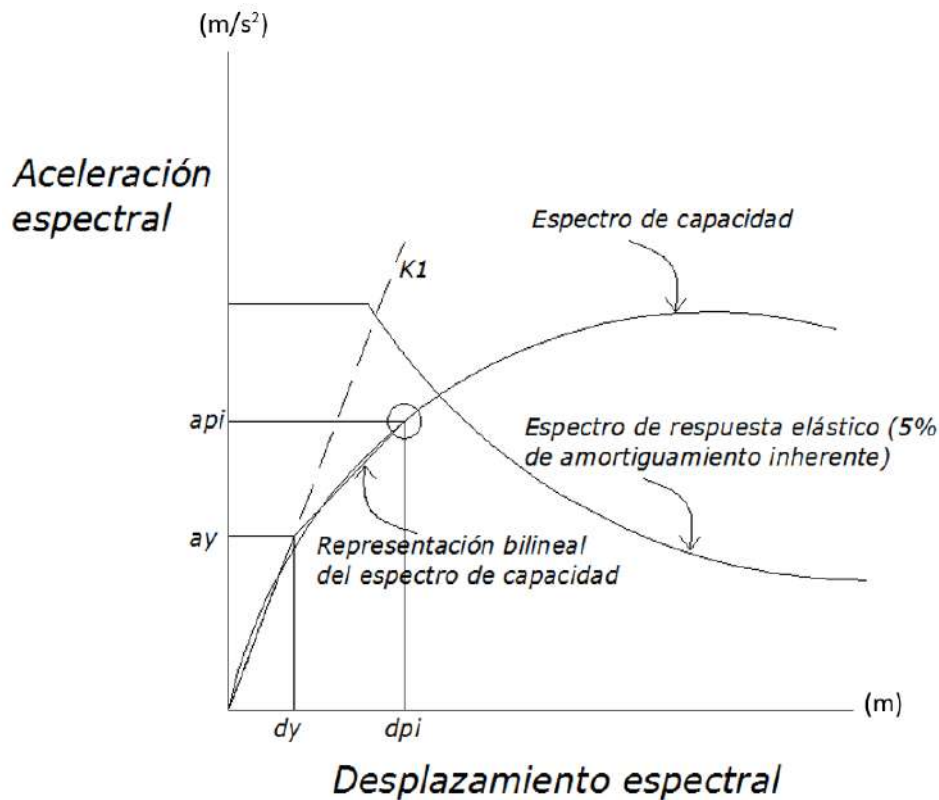


Figura 14: Representación de la bilineal

Fuente: Adaptado del Consejo de Tecnología Aplicadas ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-23)

Paso 4. Encontrar los factores de reducción de espectro. Para ello, se debe calcular el amortiguamiento equivalente (B_{eq}), el cual ocurre cuando una fuerza externa conduce a la estructura a un rango inelástico, esto puede verse como la suma del amortiguamiento inherente a la estructura (5 %) y la amortiguación histerética representada como la amortiguación viscosa equivalente (B_o), el cual se puede definir mediante la siguiente ecuación:

$$B_{eq} = B_o + 0,05$$

Teniendo en cuenta que B_o , se puede calcular como: $B_o = \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{ED}{E_{SO}}$; donde; “ED” es la energía disipada por amortiguación y “Eso” es la energía máxima de deformación. En la siguiente Figura 15 se observa una curva histerética en función a variables geométricas, que permiten calcular de manera inmediata la energía de amortiguación y la energía de máxima deformación. La ecuación que resulta de este análisis es la siguiente:

$$B_o = \frac{0,637 \cdot (a_y \cdot d_{pi} - d_y \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}}$$

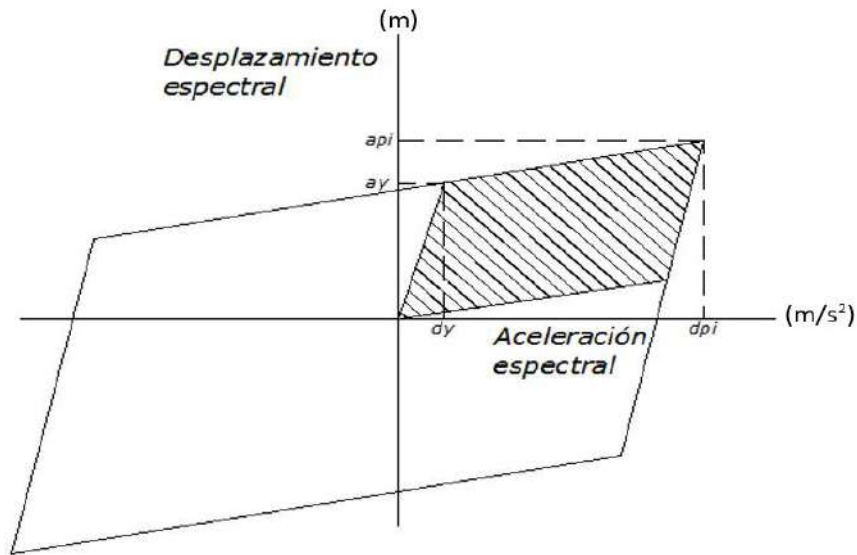


Figura 15: Curva histerética desplazamiento espectral vs aceleración espectral.
 Fuente: Adaptado del Consejo de Tecnología Aplicadas ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-15).

Con los valores de B_0 , se procede a calcular los factores de reducción espectral en el rango de aceleración (SRA) y factores de reducción espectral en el rango de velocidad (SRV).

$$SRA = \frac{1}{B_s} \approx \frac{3,21 - 0,68 \cdot \ln(B_{eq})}{2,12}$$

$$SRV = \frac{1}{B_L} \approx \frac{2,31 - 0,41 \cdot \ln(B_{eq})}{1,65}$$

Donde:

B_s : Factor de reducción del espectro en el rango de SRA.

B_L : Factor de reducción del espectro en el rango de SRV.

Paso 5. Calcular el espectro de respuesta elástico y reducirlo con los factores SRA y SRV, como se muestra en la figura:

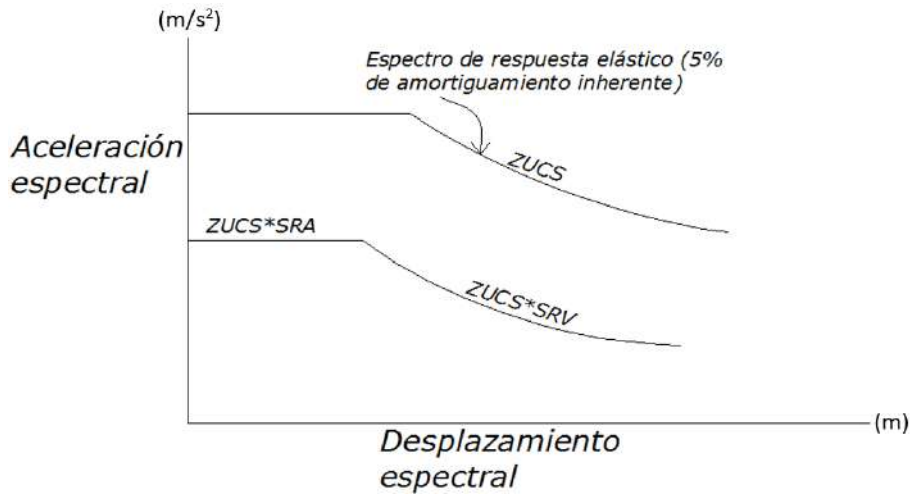


Figura 16: Espectro reducido.

Fuente: Adaptado del Consejo de Tecnología Aplicadas ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-16).

Paso 6. Determinar si el espectro de demanda interseca con el espectro de capacidad en los puntos a_{pi} y d_{pi} , o si el desplazamiento en que el espectro de demanda se cruza con el espectro de capacidad, d_i , está dentro de la tolerancia aceptable de d_{pi} , tal como se muestra en la siguiente figura.

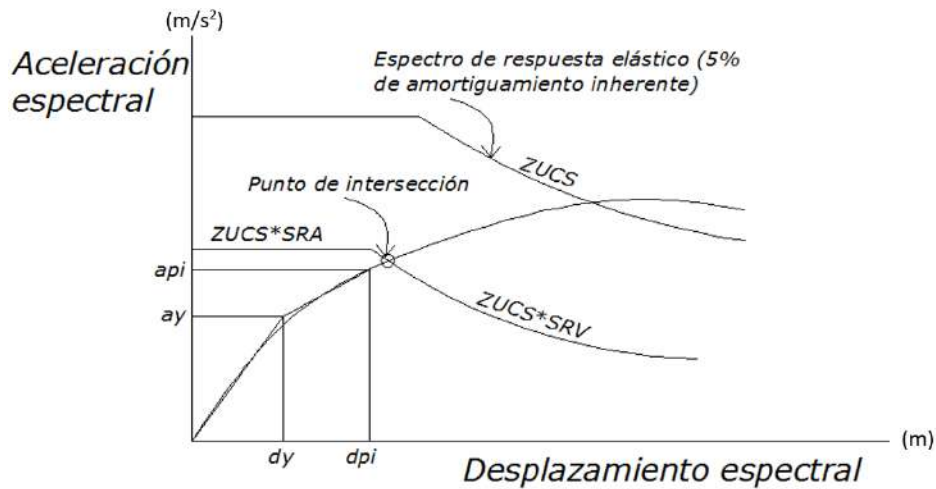


Figura 17: Punto de intersección con el espectro reducido.

Fuente: Adaptado de ATC-40, 1996. Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings (Cap. 8-21).

- d. Espectro de Capacidad y Punto de Desempeño Según la Agencia Federal de Manejos de Emergencia FEMA 440.

FEMA-440 (2005). En esta metodología se emplea el periodo secante como periodo lineal efectivo para definir el máximo desplazamiento (Punto de Desempeño). El resultado de esta hipótesis es el máximo desplazamiento que ocurre en el encuentro de la curva de capacidad para la estructura con la curva de

demanda para el amortiguamiento efectivo en formato de la Aceleración Desplazamiento Espectro de Respuesta (ADRS). En la siguiente figura se puede observar la intersección del máximo desplazamiento con la curva de Aceleración Desplazamiento Espectro de Respuesta (ADRS), dichos términos se explicarán a mayor detalle en el ítem “d”, punto de desempeño.

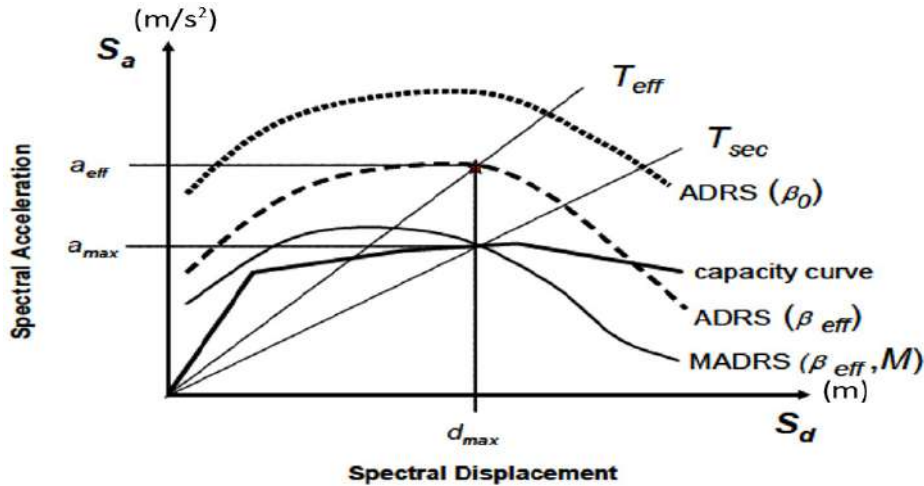


Figura 18: Espectro de respuesta aceleración vs desplazamiento modificado, para uso con periodo secante, T_{sec} .

Fuente: Adaptado de la Agencia Federal de Manejos de Emergencia FEMA-440, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures (Cap. 6-4).

FEMA-440 (2005) define al punto de desempeño como la intersección del espectro de capacidad con la curva de Aceleración-Desplazamiento Espectro de Respuesta (ADRS), que a su vez es modificada por el Aceleración-Desplazamiento Espectro de Respuesta Modificado (MADRS), las mismas que están en función a los valores del amortiguamiento efectivo (β_{eff}), periodo efectivo (T_{eff}) y periodo obtenido del modelamiento lineal (T_0), como se explica a continuación.

- Amortiguamiento Efectivo (β_{eff}): El amortiguamiento efectivo depende de la ductilidad de la estructura (μ), expresados como porcentaje de amortiguamiento crítico.

Para $1.0 < \mu < 4.0$:

$$\beta_{eff} = A(\mu - 1)^2 + B(\mu - 1)^3 + B_0$$

Para $4.0 \leq \mu \leq 6.5$:

$$\beta_{eff} = C + D(\mu - 1) + B_0$$

Para $\mu > 6.5$:

$$B_{eff} = E \left[\frac{F(\mu - 1) - 1}{[F(\mu - 1)]^2} \right] \left[\frac{T_{eff}}{T_o} \right]^2 + B_o$$

Donde los valores de A, B, C, D, E, F, son coeficientes que la norma de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 440) facilita para usar en ecuaciones de amortiguamiento efectivo, cuyos valores se encuentran en la tabla 2.

Tabla 2: Coeficientes a usar en ecuaciones para amortiguamiento efectivo.

| Modelo | a (%) | A | B | C | D | E | F |
|----------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|
| Bilineal Histerético | 0,00 | 3,20 | -0,66 | 11,00 | 0,12 | 19,00 | 0,73 |
| Bilineal Histerético | 2,00 | 3,30 | -0,64 | 9,40 | 1,10 | 19,00 | 0,43 |
| Bilineal Histerético | 5,00 | 4,20 | -0,83 | 10,00 | 1,60 | 22,00 | 0,40 |
| Bilineal Histerético | 10,00 | 5,10 | -1,10 | 12,00 | 1,60 | 24,00 | 0,36 |
| Bilineal Histerético | 20,00 | 4,60 | -0,99 | 12,00 | 1,10 | 25,00 | 0,37 |

Fuente: Adaptado de la Agencia Federal de Manejos de Emergencia FEMA-440, 2005. (Cap. 6-3).

- Periodo Efectivo (T_{eff}): Los valores de periodo efectivo aplicado a cualquier modelo histerético, son los siguientes:

Para $1,0 < \mu < 4,0$:

$$T_{eff} = [G(\mu - 1)^2 + H(\mu - 1)^3 + 1]T_o$$

Para $4,0 \leq \mu \leq 6,5$:

$$T_{eff} = [I + J(\mu - 1) + 1]T_o$$

Para $\mu > 6,5$:

$$T_{eff} = \left\{ K \left[\sqrt{\frac{(\mu-1)}{1+L(\mu-2)}} - 1 \right] + 1 \right\} T_o$$

Donde los valores de G, H, I, J, K, L, son coeficientes que la norma de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 440) facilita para usar en ecuaciones de periodo efectivo, cuyos valores se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3: Coeficientes para ecuaciones de periodo efectivo.

| Modelo | α (%) | G | H | I | J | K | L |
|-------------------------|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Bilineal Histerético | 0,00 | 0,110 | -0,017 | 0,270 | 0,090 | 0,570 | 0,000 |
| Bilineal Histerético | 2,00 | 0,100 | -0,014 | 0,170 | 0,120 | 0,670 | 0,020 |
| Bilineal Histerético | 5,00 | 0,110 | -0,018 | 0,090 | 0,140 | 0,770 | 0,050 |
| Bilineal Histerético | 10,00 | 0,130 | -0,022 | 0,270 | 0,100 | 0,870 | 0,100 |
| Bilineal Histerético | 20,00 | 0,100 | -0,015 | 0,170 | 0,094 | 0,980 | 0,200 |

Fuente: Adaptado de la Agencia Federal de Manejos de Emergencia FEMA-440, 2005. (Cap. 6-4).

▪ Aceleración-Desplazamiento Espectro de Respuesta (ADRS).

Consiste en usar factores de reducción espectral para ajustar un espectro de respuesta inicial a un nivel de amortiguación efectiva (B_{eff}). Los factores de reducción se denominan amortiguación de coeficientes $B(B_{eff})$ y se calculan de la siguiente manera:

$$S_a = \frac{(S_a)_o}{B(B_{eff})}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \log_e(B_{eff}(\text{in } \%))}$$

Donde:

$(S_a)_o$: Aceleración espectral inicial.

$B(B_{eff})$: Amortiguamiento por coeficientes.

in %: Indica que el amortiguamiento efectivo debe ingresar en porcentaje.

▪ Aceleración-Desplazamiento Espectro de Respuesta Modificado (MADRS).

La curva de demanda de Aceleración-Desplazamiento espectro de Respuesta Modificada (MADRS), es la que debe intersecar con la curva de capacidad en el punto de desempeño; el cual se encuentra con las siguientes ecuaciones:

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 \quad \text{y} \quad \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1+\alpha(\mu-1)}{\mu}$$

Donde:

T_{eff} : Periodo efectivo; s.

T_o : Periodo inicial; s.

T_{sec} : Periodo secante; s.

μ : Ductilidad.

α : Coeficiente de rigidez post elástica, ver tabla 3.

e. Niveles de Desempeño

FEMA-356 (2000) establece criterios técnicos para el control de daños de infraestructura y niveles de seguridad los cuales a continuación se detallan:

- Niveles de desempeño o rendimiento de componentes estructurales.
 - ✓ Ocupación inmediata, nivel de rendimiento (S-1): En este rango están todas aquellas estructuras que después de un sismo permanecen garantizando la seguridad estructural para seguir siendo ocupada, en cuanto a la rigidez y resistencia estos se conservan tal cual como han sido diseñados y construidos; es decir, no hubo daños en los elementos estructurales.
 - ✓ Control de Daños Estructurales, Rango de Rendimiento (S-2): Este rango varía entre el parámetro de daño entre el rendimiento estructural de seguridad de vida Nivel (S-3) y la ocupación inmediata estructural Nivel de rendimiento (S-1).
 - ✓ Seguridad de Vida, Nivel de Rendimiento Estructural (S-3): Se define como el daño estructural bajo, con un margen de seguridad significativo, que evita el colapso total de la estructura; sin embargo, los ocupantes pueden llegar a tener lesiones graves y las reparaciones post-sísmicas pueden llegar a demandar de costos elevados no prácticos.
 - ✓ Seguridad estructural limitada, Rango de rendimiento (S-4): se definirá como el rango de daño estados entre el rendimiento estructural de seguridad de vida Nivel (S-3) y la prevención estructural de colapso Nivel de rendimiento (S-5), donde las reparaciones post sísmicas no son económicamente rentables ni viables.
 - ✓ Prevención de colapso estructural, Nivel de rendimiento (S-5): Se define como la degradación significativa en la rigidez, gran deformación lateral permanente en la estructura y degradación en la capacidad de carga vertical.

- ✓ No Considerado, Rendimiento Estructural (S-6): En este rango de evaluación, no se aborda el rendimiento de la estructura, por lo que solo sirve para evaluar las reparaciones estructurales y reforzamientos que no tengan que ver directamente con el desempeño del edificio.

- Niveles de desempeño para los elementos no estructurales.

Define a los elementos no estructurales a la arquitectura, particiones, revestimiento exterior y techos, componentes mecánicos, eléctricos, incluyendo sistemas de climatización, fontanería, sistemas contra incendios, sistemas de iluminación, etc., Detallándolos en 5 grupos en función al desempeño esperado, que a continuación se presentan:

- ✓ Operativo no Estructural, Nivel de Rendimiento (N-A): daño posterior al terremoto en que los componentes no estructurales pueden soportar la demanda sísmica, sin sufrir daños; los cuales siguen operativos y en funcionamiento, sin tener la necesidad de realizar acciones de reparaciones post - sísmicas.
- ✓ Ocupación inmediata no estructural, Nivel de rendimiento (N-B): Para este nivel de daño, el sismo afecta el acceso al edificio y seguridad vital de sistemas, incluidas puertas, escaleras, ascensores, iluminación de emergencia y alarmas contra incendios, generalmente estos permanecen disponibles y operables, pero siempre y cuando haya energía disponible.
- ✓ Ocupación inmediata no estructural, Nivel de rendimiento (N-B): Este nivel de desempeño mide el riesgo de lesiones mortales debido a daños no estructurales, pero a un nivel muy bajo, el número de víctimas está en función a las roturas en ventanas, desalineaciones en los sistemas eléctricos, gas, agua, desagüe u otros componentes que no aportan rigidez al edificio.
- ✓ Seguridad de vida no estructural, Nivel de rendimiento (N-C): Se definirá como el estado de daño posterior al terremoto que ha dejado significativos daños, en el que se puede evidenciar escombros ligeros y rutas de acceso u evacuación se encuentran parcialmente bloqueadas.
- ✓ Amenaza reducida, Nivel de rendimiento (N-D): En este nivel de daño los elementos no estructurales han sufrido daños severos causando lesiones de herida a los ocupantes (ejemplo: caída de parapetos, revestimientos, acabados, etc.).

- ✓ No Considerado, Rendimiento no estructural (N-E): Aquel análisis que no considere el desempeño estructural de los elementos no estructurales.

2.2.4. Disipadores de Fluido Viscoso

Son amortiguadores viscosos similares a los que usan los autos, con la única diferencia de que estos soportan más fuerza y tienen como característica fundamental de depender sólo de la velocidad, razón por la que no altera, ni varía la esencia estructural a la que fue diseñado un edificio (rigidez lateral, resistencia, esfuerzos, etc.) [Carranza & Calderón (2015); Villareal & La Rosa (2016)].

a. Esquema del dispositivo:

Guevara & Torres (2012), señalan que las partes de un disipador de energía de fluido viscoso (ver figura 19) son las siguientes: (1) vástago de acero inoxidable, (2) cabeza del pistón de acero sólido o de bronce, (3) sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas, (4) fluido viscoso, silicona incompresible, (5) cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura, (6) tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura, (7) extender, acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión, (8) horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión, (9) cojinete esférico forjado con aleación de acero de calidad aeronáutica, (10) fuelle, nylon reforzado de inicio de neopreno.

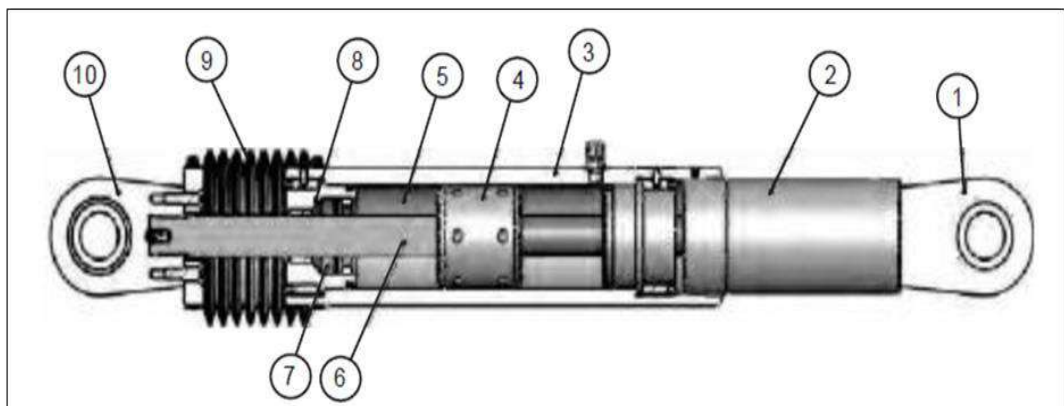


Figura 19: Disipador de energía TAYLOR DEVICES INC

Fuente: Adaptado de Guevara & Torres, 2012. Diseño de un edificio aporricado con amortiguadores de fluido- viscoso en disposición diagonal (p.16)

En la figura 20 se observa el comportamiento externo de un disipador de fluido viscoso; asimismo también se hace mención al fenómeno físico interno del disipador, es cual es convertir la energía cinética en calor (Navarro, 2017).

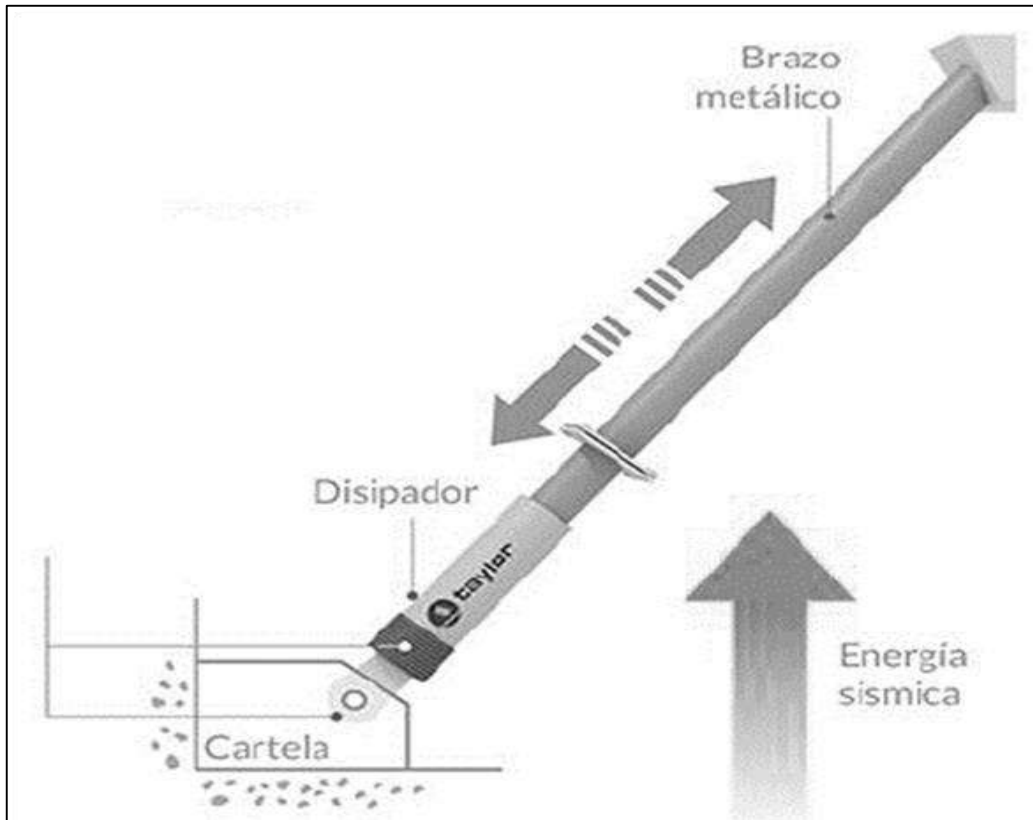


Figura 20: Comportamiento externo de un disipador de fluido viscoso

Fuente: Adaptado de Navarro, 2017. Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro (p.20)

b. Ecuación general de la fuerza generada en cada disipador viscoso

Villareal & La Rosa (2016), señalan que cuando una estructura experimenta una fuerza externa causada por un sismo, viento o cualquier otra fuerza que produzca desplazamiento en la estructura resultará que los amortiguadores generen movimientos y aceleraciones en su interior, amortiguando y estabilizando toda la estructura, cuya fuerza en el disipador se calcula de la siguiente manera.

$$F = C \cdot V^\alpha$$

Donde:

F: fuerza en el disipador, t.

C: Constante de amortiguamiento, t. s/m.

V: velocidad relativa en el amortiguador, m/s.

α : Coeficiente que varía entre 0,4 y 0,6 para edificaciones.

c. Determinación de los objetivos de diseño

(Purca, 2016; Villareal & La Rosa, 2016) plantean las siguientes consideraciones y propiedades.

La distorsión objetivo (Dobjetivo) viene a ser la distorsión de entrepiso máxima, definida por la Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente E. 030 o por medio de la relación de daño-distorsión de la metodología Hazus; asimismo, la D_{max} (distorsión máxima) toma el valor del pseudo-desplazamiento del techo, el cual será obtenido del análisis por espectro de respuesta, análisis tiempo historia o del análisis no lineal estático (punto de desempeño o demanda). Entonces, de esta manera se expresa la siguiente fórmula, en el que se determinará el factor de reducción de respuesta ($B_{(x,y)}$).

$$B(x,y) = \frac{D_{m\acute{a}x(x,y)}}{D_{objetivo}}$$

Amortiguamiento efectivo:

$$B(x,y) = \frac{2,31 - 0,41 \cdot \ln(B_0)}{2,31 - 0,41 \cdot \ln(B_{eff}(x,y))}$$

Donde:

B_0 : amortiguamiento inherente a la estructura (5 % para edificaciones de concreto armado).

B_{eff} : amortiguamiento efectivo.

Amortiguamiento Viscoso requerido (BH): Al amortiguamiento efectivo, se debe restar el amortiguamiento inherente de la estructura (5 % para estructuras de concreto armado).

$$BH = B_{eff}(x,y) - 5 \%$$

Coeficiente de Amortiguamiento “C”

Villareal & La Rosa (2016); indican lo siguiente:

En función a la distorsión objetivo, el proyectista a través de un proceso iterativo define la constante de amortiguamiento “C”; sin embargo, el calculista debe identificar el tipo de disipador a emplear (lineal o no lineal) y emplear la fórmula correcta, como se explica a continuación:

Amortiguador lineal: Inicialmente se puede entrar con el resultado que se obtenga de la siguiente ecuación:

$$BH. = \frac{T \sum_j C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Donde:

BH : Amortiguamiento Viscoso; kg/s.

T : Periodo de la estructura; s.

ϕ_i : Modo de vibración del periodo fundamental; m.

ϕ_{rj} : Desplazamiento relativo del modo de vibración fundamental; m.

θ_j : Ángulo de inclinación del disipador respecto al pórtico.

M_i : Masa de entrepiso; kg.

Amortiguador no lineal: Inicialmente se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$B(H) = \frac{\sum_j (\lambda C_j \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Donde:

B_h : Amortiguamiento viscoso; kg/s.

λ : Parámetro lambda.

C_j : Coeficiente de amortiguamiento del disipador j; kg . s/m.

Φ_{rj} : Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j; m.

θ_j : Ángulo de inclinación del disipador.

A : Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del último nivel); m.

ω : Frecuencia angular; 1/s.

m_i : Masa del nivel j; kg.

ϕ_i : desplazamiento del nivel i; m.

α : Exponente de velocidad (se utilizará un valor conservado de 0,5 por tratarse de una edificación)

Rigidez del Brazo Metálico

Villareal & La Rosa (2016); indica que para el cálculo del brazo metálico se tiene en cuenta dos consideraciones importantes, como tener pre - dimensionado un perfil metálico y la configuración geométrica de la estructura; para ello se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{EA}{L}$$

Donde:

K: Rigidez del sistema; N . m

E: Elasticidad del acero; kg/ (m . s²).

A: área; m².

L: Longitud del brazo metálico; m.

“Los expertos de Miyamoto International recomiendan iniciar el proceso de iteración con un valor de 23,043 t/m, el cual posteriormente tendrá que ser replanteado de acuerdo a las solicitaciones técnicas requeridas” (Navarro, 2017, p.37).

2.3. Definición de Términos Básicos:

- Elementos estructurales: Son aquellos que soportan los esfuerzos y deformaciones que tiene una determinada estructura, siendo parte de ella (Villareal, 2013, p.7).
- Capacidad portante: Capacidad del suelo para resistir esfuerzos.
- Cargas vivas: “Son cargas de magnitud variable y/o de posición causadas por el uso de la estructura” (Kassimali, 2014, p.31).
- Cargas muertas: “Son cargas de gravedad de magnitud constante y en posiciones fijas” (Kassimali, 2014, p.29).
- Placas: “Son aquellos elementos estructurales que transmiten las cargas a los cimientos, soportan las losas y los techos, además de su propio peso y resisten fuerzas horizontales causadas por un sismo o viento” (Villareal, 2013, p.24).
- Tabique: Es un elemento no estructural que sirve para dividir ambientes.
- Torsión: Es ingeniería se define como la acción de torcer o giro generado por un momento, producto de una fuerza aplicada en un punto determinado.
- Periodo: Tiempo para que la edificación de un ciclo completo de vibración.
- Comportamiento sísmico: Es la respuesta de la estructura frente a una fuerza externa.
- Rótula Plástica: Zona donde se espera la rotura de los elementos estructurales.
- Nivel de desempeño sísmico: Comportamiento asociado a los niveles de daño en la estructura, el cual puede ser de colapso, pre-colapso, seguridad de vida, funcional y operacional.

- Amortiguamiento: Se entenderá como amortiguamiento a la capacidad de disipar energía.
- Amortiguamiento viscoso: Capacidad de un elemento para transformar la energía cinética en energía térmica.

CAPÍTULO 3

HIPOTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis general.

Mediante el análisis de desempeño sísmico en una edificación de 7 niveles en la ciudad de Nueva Cajamarca, se podrá estimar el desempeño sísmico de una estructura que se diseñará de manera convencional, pudiendo ubicarse en un rango funcional; donde la misma edificación se diseñará con disipadores de fluido viscoso el cual mejoraría su nivel de desempeño ubicándose en un rango de seguridad de vida.

3.1.1. Hipótesis específicas

- Al determinar el análisis sísmico-dinámico por espectro de respuesta, podría estimar el beneficio de la incorporación de los disipadores de fluido viscoso.
- Al diseñar los elementos estructurales de la superestructura, estos responderán adecuadamente ante un evento sísmico.
- Se podrá determinar el desempeño de la estructura al realizar el análisis no lineal estático según los lineamientos de FEMA 440.
- Al determinar los desplazamientos máximos, se podrá conocer el nivel de desempeño sísmico de la estructura.

3.2. Variables e Indicadores.

- Variable Independiente: Diseño de un Edificio aporticado de 7 niveles con y sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca.
- Variable Dependiente: Desempeño sísmico de un edificio.

3.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 4: Cuadro de Operacionalización de Variables

| Variables de la investigación | Dimensiones de las variables | Indicadores de las variables | Unidad de medida | Métodos, técnicas e instrumentos |
|--|--|--|-----------------------------------|---|
| Variable independiente: Diseño de un Edificio aporticado de 7 niveles con y sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca. | Comportamiento en rango Lineal | Desplazamientos relativos | metros, centímetros o milímetros | Método de elementos finitos a través del software ETABS |
| Variable Dependiente: Desempeño sísmico de un edificio. | Curva de Capacidad | Fuerzas y Desplazamientos | Toneladas y metros | Norma ATC-40 |
| | Comportamiento en rango no lineal y Capacidad estructural del edificio | Seudoaceleración y Seudodesplazamiento | m/s^2 y metros respectivamente. | Norma FEMA 440 |
| | Nivel de desempeño | Desplazamiento máximo | metros | Norma ATC-40 |
| | | Relación de rotura y deriva | Toneladas y metros | Comité VISIÓN 2000 (SEAOC, 1995) |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de Ingeniería

La investigación desarrollada corresponde al modelo aplicativo, de tipo no experimental – descriptiva y de acuerdo a los tipos de datos que se analizaron, es una investigación cuantitativa ya que los resultados obtenidos son de estudios de laboratorio que están determinados en forma numérica y en base a porcentajes y estos se usaron para lograr un buen diseño de la estructura. Para el análisis de los datos que se obtuvieron de los estudios básicos en el lugar, se utilizó la estadística descriptiva, la cual se utilizó para comprender y seleccionar la información de campo. Por su finalidad es una investigación pura ya que tiene como propósito resolver un problema, difundiendo una nueva metodología de diseño por desempeño sísmico a través de un Análisis No Lineal Estático (Pushover) y de esta forma avanzar en el conocimiento de la ingeniería civil (Zapatero, 2010).

4.2. Métodos y Técnicas del Proyecto

El diseño que se desarrolló en el proyecto de investigación, se realizó empleando la metodología de diseño por desempeño sísmico a través de un Análisis No Lineal Estático, para ser aplicado, se diseñó la estructura conforme a las Normas A 030, E 020, E 030 y E 060; luego a través de un análisis no lineal estático, se conoció el desempeño estructural en función a un nivel de sismo dado. Se determinó el desempeño sísmico por medio de un análisis no lineal estático el cual se basó en un sistemas de fuerzas, que fueron aplicados en nodos laterales del modelo estructural idealizado, estas fuerzas fueron monótonas, crecientes y aumentaron proporcionalmente a la resistencia que ofreció la estructura de manera constante; asimismo, se tomó como control el desplazamiento en la parte del techo del edificio, hasta que éste alcanzo un cierto nivel de deformación irreparable que signifique el colapso de la estructura (Peralta, 2012). Además, se hizo la incorporación de dispositivos de fluido viscoso a fin de comparar el desempeño estructural con el diseño convencional.

A continuación, se describen las actividades realizadas:

Tabla 5: Métodos y técnicas del Proyecto en fase de campo

| MÉTODO | TÉCNICA | FUENTE |
|---------------------------|--|--|
| Levantamiento Topográfico | Levantamiento Planimétrico | Flexómetro, Nivel de ingeniero y GPS |
| Estudio de suelos | de Ensayos de laboratorio (corte de directo y granulometría) | Norma E. 050 (suelos y cimentaciones) y normas técnicas de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Métodos y técnicas del Proyecto en fase de gabinete

| | | |
|---|--|---|
| Distribución general de ambientes del diseño. | Distribución arquitectónica de delambientes. | Norma A.030: Hospedaje |
| Diseño Estructural | Metrado de Cargas Idealización estructural Cálculo de fuerzas, esfuerzos, momentos, etc. Diseño en concreto y acero estructural | Norma E 020: Cargas. Norma E 060: Concreto Armado |
| Diseño Sísmico | Simulación del Diseño. Análisis estático o de fuerzasresistente equivalentes Análisis modal espectral Análisis Pushover Simulación de la estructura con amortiguadores de fluido viscoso | Norma E 030: Diseño Sismo- Agencia Federal para la Gestión de Emergencias (FEMA 440) FEMA 356 Comité VISIÓN 2000 y ATC-40 |
| Informe Final | Interpretación de Resultados | Levantamiento Topográfico Estudio de mecánica de suelos Distribución general de ambientes del diseño. Diseño Estructural Diseño Sísmico |

Fuente: Elaboración propia

4.3. Técnicas y herramientas estadísticas

Se emplearon herramientas de estadística como diagramas de frecuencia, diagramas de interacción, tabulación de datos, polígonos de frecuencias y formulas. Además, se utilizaron técnicas de modelamiento y diseño estructural tales como: (AutoCAD, ETABS y SAP 2000).

4.4. Población y Muestra

En el presente trabajo de investigación toma como referencia las características geotécnicas y sísmicas de un terreno de 1 096,00 m², descritas en el informe de estudio de suelo realizado por (Consultoria Selva Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales, 2020) con la finalidad de diseñar un edificio de 7 niveles de concreto armado con y sin disipadores de fluido viscoso.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO

5.1. Generalidades del Proyecto

5.1.1. Ubicación

En cuanto a la macro - localización del proyecto de investigación, este se encuentra ubicado en la ciudad de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, departamento de San Martín, Perú. Como se observa en la figura 21.

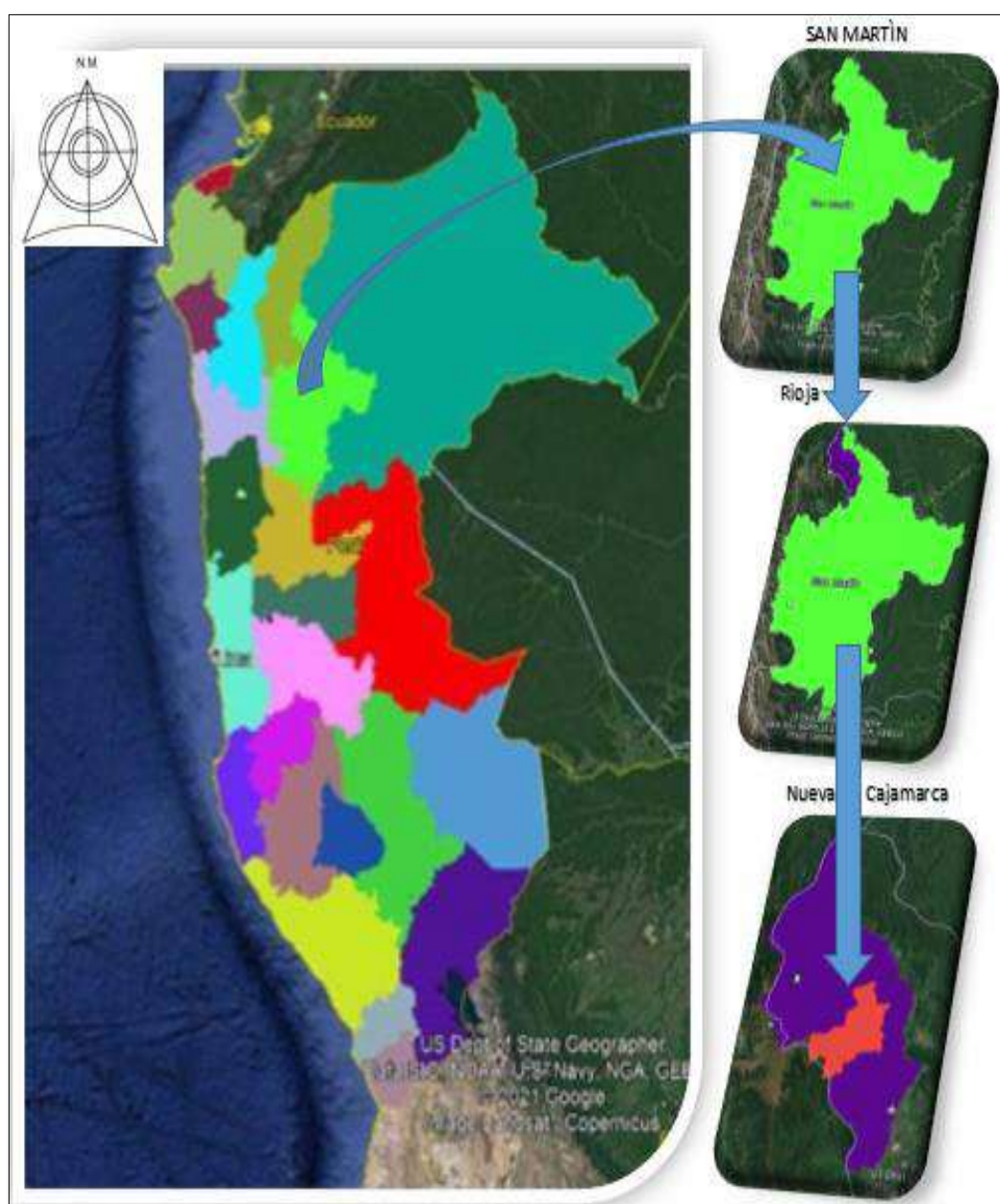


Figura 21: Macro - localización del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

Por su micro - localización, el proyecto se ubica en la intersección de los jirones Tacna y San Luis, Manzana N° 05, lote 4 G, de la ciudad de Nueva Cajamarca, Rioja, San Martín, Perú; y cuenta con un terreno de área total 1 096,20 m² y un perímetro de 135,74 m. Como se muestra a continuación:

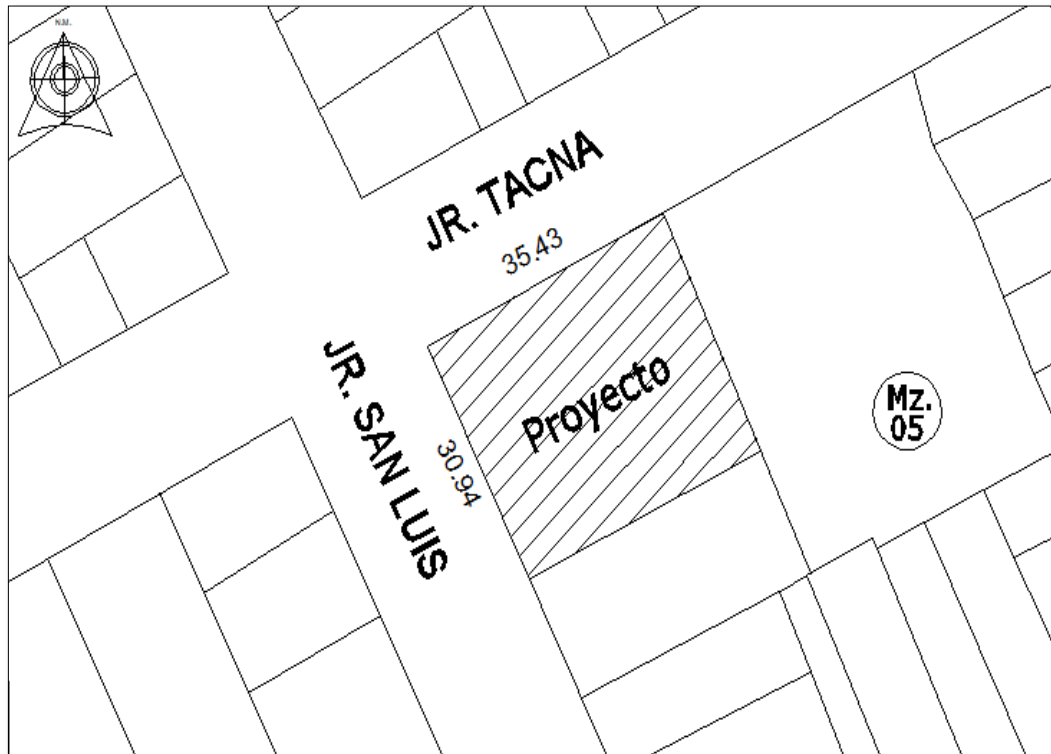


Figura 22: Ubicación del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Generalidades climatológicas y geotécnicas

El clima en Nueva Cajamarca es ligero a moderadamente húmedo y semicálido, con temperaturas que varían entre 18° a 24° grados Celsius. Por otro lado, el Instituto Nacional de Defensa Civil y el Programa de las Naciones Unidas (INDECI & PNUD, 2006) señalan:

Que la manzana 5, lote 4G del distrito de Nueva Cajamarca se encuentra ubicada en un suelo cuyas características geotécnicas son: gravoso arcilloso (GC), de baja plasticidad, con presencia del nivel freático de 1,20 metros a 2,50 metros.

5.1.3. Descripción Arquitectónica

El proyecto propuesto corresponde a un edificio para uso “HOTEL”, en cual está compuesto de 7 niveles y distribución arquitectónica es la siguiente:

- a. Planta del Primer Nivel: Cuenta con ingreso para huéspedes separado del personal de servicio, área de recepción, conserjería, cocina, comedor, bar, sala estar, ascensor de dos cajas, oficio de piso y/o almacén, servicios higiénicos diferenciado (SS. HH varones, SS. HH mujeres), depósito para residuos sólidos, sala de usos múltiples (SUM), estacionamiento, caseta de vigilancia, área verde externa. Además cuenta con una escalera de acceso principal, una escalera de emergencias o evacuación y un vano para la luminosidad, esto en relación a todos los niveles. Ver Plano N° A - 01.
- b. Planta del Segundo Nivel hasta el Séptimo nivel (sección típica): Se tiene gimnasio, oficio de piso, área de lavandería, almacén, tres habitaciones simples, dos habitaciones dobles, dos habitaciones suite, ascensor de dos cajas. Todo esto contabilizado para 6 niveles de manera unitaria. Cabe recalcar que cada habitación cuenta con: Closet, servicio higiénico y bañera. En caso de ser una habitación suite, esta contará además de lo señalado anteriormente, con una sala separada de la habitación. Ver Plano N° A - 01.
- c. Respecto a las áreas techadas se tiene lo siguiente:
 - Área techada total de la edificación considerada es: 4 249,00 m².
 - Área techada por nivel es de 607,00 m².

5.2. Estructuración y Pre - dimensionamiento

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el Reglamento Nacional de Edificaciones (2009) establece las siguientes Normas técnicas:

5.2.1. En función a la Norma E.020. Cargas:

- Sobrecarga en cuartos: 200 kg/m²
- Sobrecarga en Almacenes y servicios: 500 kg/m²
- Sobrecarga en Corredores y escaleras: 400 kg/m²
- Sobrecarga en Techo: 100 kg/m²
- Carga muerta de piso terminado: 100 kg/m²
- Tabiquería: 150 kg/m²
- Peso específico del concreto armado: 2 400 kg/m³
- Peso específico del bloque de poliestireno expandido (etsapol): 10 kg/m³

5.2.2. En función a la Norma E.060. Concreto Armado:

- a. Disposiciones de resistencia: De acuerdo a los códigos peruanos, los elementos estructurales deben cumplir la siguiente ecuación:

$$\phi Rn \geq Ru$$

Donde:

- ϕRn : Resistencia de diseño
- Ru : Resistencia requerida

La resistencia de diseño se obtiene de cálculos numéricos correspondientes al diseño y la resistencia requerida se obtiene de las siguientes combinaciones de carga:

- $U = 1,4 CM + 1,7 CV$
- $U = 1,25 (CM + CV) \pm CS$
- $U = 0,9 CM \pm CS$

Dónde: CM (carga muerta), CV (carga Viva) y CS (Carga de sismo).

Además, para encontrar la resistencia de diseño la Norma recomienda considerar los siguientes factores de reducción:

- Flexión sin carga axial: $\phi=0,90$.
- Carga axial de tracción con o sin flexión: $\phi=0,90$.
- Cortante y torsión: $\phi=0,85$.
- Aplastamiento en el concreto: $\phi=0,70$.

b. Materiales del diseño:

- Acero de refuerzo AG15 GRADO 60
- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$.
- Deformación unitaria antes que el acero fluya: $E_s = 0,0021$.
- Módulo de elasticidad: $E_c = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$.

Concreto:

- Esfuerzo a la compresión en los elementos que cumplen función estructural: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Esfuerzo a la compresión, considerada para la losa aligerada y maciza: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Deformación unitaria máxima: $E_{cu} = 0,003$.
- Módulo de elasticidad: $E_c = 15\,000 \cdot \text{raíz}(f'_c)$.
- Módulo de Poisson: $V = 0,15$.

5.3. Pre - Dimensionamiento

5.3.1. Columnas

Se debe definir las áreas tributarias por cada columna, teniendo en cuenta el metrado de cargas (estimación referencial en función a la carga muerta, sobrecarga de entrepiso y peso de losa de techo), con estas condiciones tenemos un promedio de carga de servicio de 1 000 kg/m².

- Área: 40,97 m².
- Número de Pisos: 7.
- Factor K: 0,45.
- P (servicio)= Carga unitaria. Área. Número de pisos.
- P (servicio)= 286 790 kg.
- Área de la columna: $36\ 000\ \text{cm}^2 > \frac{P_{\text{servicio}}}{0,45 \cdot f'c}$.

∴ La sección de columna es de 60 cm x 60 cm (esta sección estará sujeta a cambios, en función a las sollicitaciones sísmicas).

5.3.2. Vigas

Se pre - dimensionaron teniendo en cuenta la relación de peralte (h) y base (b) de la viga, en función a la luz libre (ln) sin considerar los espesores de las columnas.

$$h \geq l_n/12; \quad 0.3 h < b < 0.6 h$$

Entonces:

$$h = 728/12 = 60,67\ \text{cm} = 60\ \text{cm};$$

$$b = (0,6) \cdot (60) = 36\ \text{cm}, \text{ aproximando, } b = 35\ \text{cm}.$$

∴ Se usará:

$$h = 60\ \text{cm};$$

$$b = 35\ \text{cm}.$$

5.3.3. Placas:

En la Norma publicada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009) indica: “El espesor del alma de los muros (e) de corte no deberá ser menor de 1/25 de la altura entre elementos que le proporcionen apoyo lateral ni menor de 150 mm (...)”

$$e = L/25 = 400/25 = 16\ \text{cm}$$

∴ Se usará e = 20 cm

5.4. Modelación estructural asistido con el Software ETABS V16.1.0

- Para el análisis se ha considerado un modelo matemático tridimensional de tres grados de libertad; del cual, dos grados de libertad están en función a las componentes ortogonales de desplazamiento horizontal (X, Y) y una de rotación (Z).
- Las vigas y columnas se modelaron como elementos “FRAME SECTIONS”.
- La caja del ascensor se modeló como muros de corte “SHELL-THICK”.
- Se consideró un muro perimétrico en la base del edificio, para absorber con mayor eficiencia las fuerzas cortantes; el cual fue modelado como elementos “SHELL-THICK”.
- Las losas aligeradas se modelaron como elementos “SHELL-THIN”.
- Se definió el peso sísmico en función al criterio recomendado de la norma: Carga permanente + 0,25 Carga Viva.
- Se definieron las combinaciones de cargas en función a la Norma E. 020.
- Se definieron las combinaciones de cargas en función a la Norma E. 060.
- Se consideró brazo rígido de 0,95 en los nodos de los pórticos.
- Del análisis estático se determinó el sistema estructural e irregularidades.
- Se definió las aceleraciones en función al suelo, zona, categoría de edificación y sistema estructural.
- Se consideró diafragma rígido en las losas, el cual implica que estas se moverán de manera monolítica, comprometiendo a sus nodos moverse en relación al movimiento del centro de masas.
- La escalera tendrá un comportamiento sísmico independiente, razón por lo que no se ha considerado en el modelo general.

A continuación, se presenta el modelo en ETABS, con vista en planta y en tres dimensiones:

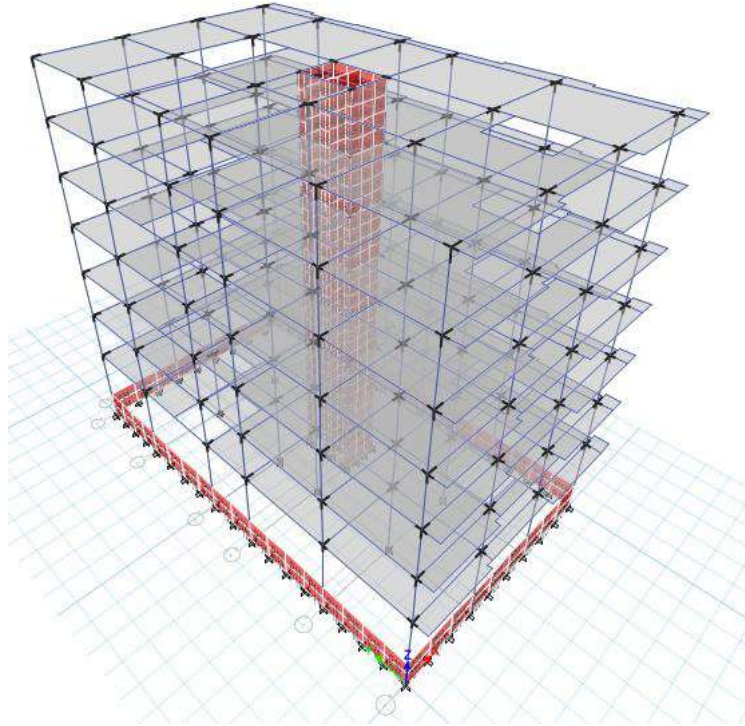


Figura 23: Modelo tridimensional estructural del edificio en ETABS
Fuente: Elaboración propia

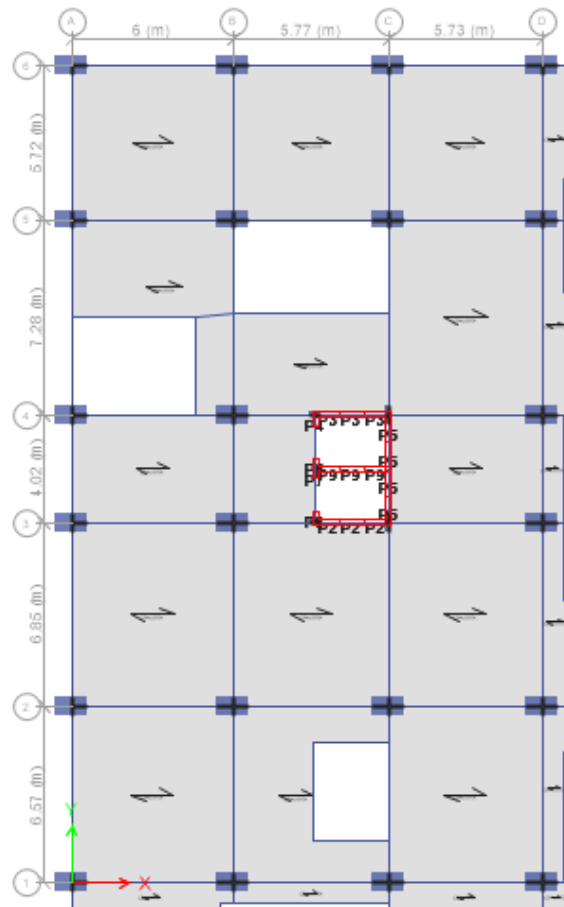


Figura 24: Planta del arquetipo, ETABS
Fuente: Elaboración propia

5.5. Análisis Sísmico

5.5.1. Análisis Estático:

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019) establece lo siguiente:

El análisis estático es la aplicación de un conjunto de fuerzas, aplicadas en el centro de masas de cada nivel de la edificación; estas fuerzas son resultado de la cortante basal (V) en relación a la fuerza que toma cada nivel. En la tabla 7, se muestran los parámetros sísmicos a considerar en el diseño.

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

a. Parámetros sísmicos:

Tabla 7: Parámetros sísmicos

| | |
|--------------------|--|
| Factor de Zona (Z) | Nueva Cajamarca se encuentra en la zona 3, por tanto, le corresponde el valor $Z = 0,35$. |
|--------------------|--|

Factor de uso (U) Un hotel es considerado una edificación común, entonces: $U = 1$.

Parámetros de sitio (S, TP, TL) De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, el suelo es blando, y encontrándose en una zona 3; tenemos un $S = 1,20$. Por tanto, para este perfil de suelo tenemos $TP = 1$ y $TL = 1,6$.

Factores de amplificación sísmica (C)

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| $T < TP$: | $C = 2,5$. |
| $TP < T < TL$: | $C = 2,5 \cdot T_P/T$. |
| $T > TL$: | $C = 2,5 \cdot T_P \cdot T_L/T^2$. |

Los valores que toma “C” deben ser calculados para cada dirección de sismo.

Coefficiente Básico de reducción (R) De acuerdo a la estructuración del edificio se consideró $R = 8$; sin embargo, este coeficiente debe ser replanteado en función a los resultados del análisis estático. En este caso el R modificado resultó igual a 7. Cabe mencionar, que R significa que se tomara una cierta cantidad del total del peso (P) de la estructura.

Fuente: Elaboración propia

b. Sistema Estructural:

La estructura está conformada por vigas y columnas que inician desde la base y llegan hasta el último piso; sin embargo, se tiene la caja del ascensor compuesto por placas (ver figura 25) que concentran alta fuerza sísmica y que a su vez condicionan el sistema estructural en general.

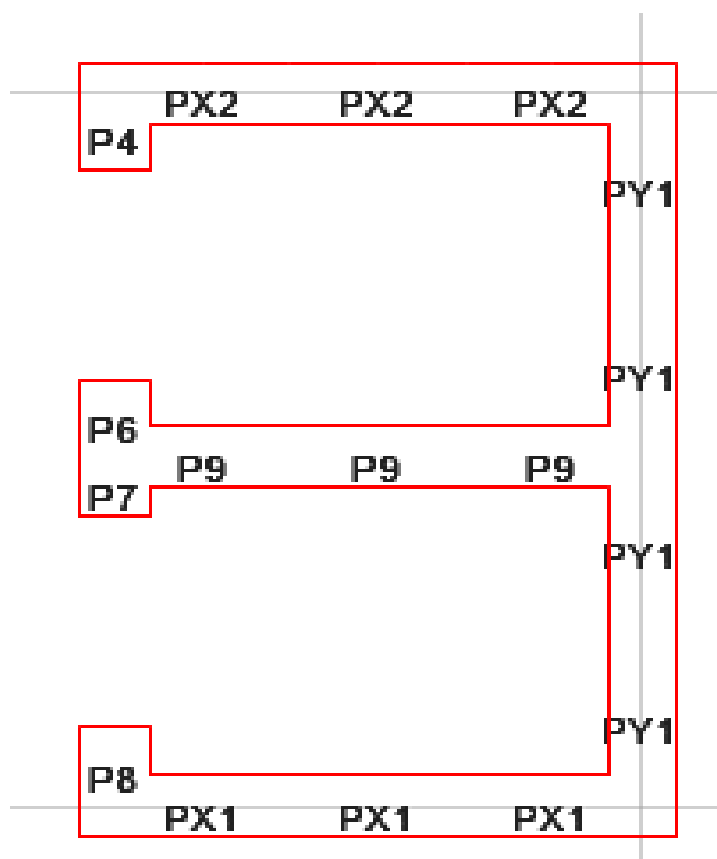


Figura 25: Etiqueta de las placas para captar fuerzas

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a analizar el porcentaje de fuerzas cortante que absorben las placas en el sentido X-X:

Tabla 8: Análisis de cortantes en el eje X-X, para definir el sistema estructural

| NIVEL | PLACA | CORTANTE | SUMA | CORTANTE BASAL | PORCENTAJE QUE ABS. LAS PLACAS | SISTEMA ESTRUCTURAL |
|-------|-------|----------|----------|----------------|--------------------------------|---------------------|
| BASE | P2 | 96,9028 | | | | |
| | P3 | 84,6854 | 268,1094 | 637,13 | 42 % | DUAL TIPO II |
| | P9 | 86,5212 | | | | |

Fuente : Elaboración Propia

Asimismo, se procede a analizar el porcentaje de fuerzas cortante que absorben las placas en el sentido Y-Y:

Tabla 9: Análisis de cortantes en el eje Y-Y, para definir el sistema estructural

| NIVEL | PLACA | CORTANTE | SUMA | CORTANTE BASAL | PORCENTAJE QUE ASB. LAS PLACAS | SISTEMA ESTRUCTURAL |
|-------|-------|----------|----------|----------------|--------------------------------|---------------------|
| | P4 | 0,643 | | | | |
| | P6 | 3,5459 | | | | |
| BASE | P7 | 2,3452 | 323,2503 | 637,13 | 51 % | DUAL TIPO II |
| | P8 | 0,7148 | | | | |
| | PY1 | 316,0014 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

∴ Se concluye, que de acuerdo al capítulo 21 de la Norma E 060, para ambas direcciones del análisis (X, Y) el sistema estructural se define como Dual Tipo II.

c. **Peso Sísmico.**

Se determina adicionando a la carga permanente (carga muerta, peso propio y tabiquería fija) un porcentaje de carga viva o sobrecarga. Para el caso de hoteles que son edificaciones de categoría “C”, se determina de la siguiente manera: $CP + 0,25 \cdot CV$.

Del software trabajado, se tiene que el peso sísmico es de 4735,61 t.

d. **Irregularidades estructurales.**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019), menciona las siguientes irregularidades que se tienen que controlar:

▪ **Irregularidades en Altura.**

- ✓ Irregularidad de pPiso blando: La irregularidad de piso blando está asociado a la rigidez de la estructura y esta se calcula fraccionando la fuerza cortante del entrepiso y el desplazamiento relativo del centro de masas.

Tabla 10: Irregularidad de piso blando en el eje X

| EJE X | | | |
|-------|---------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| PISO | RIGIDEZ (t-m) | RATIO RESPECTO AL PISO SUPERIOR | RATIO RESPECTO A 3 PISOS SUPERIORES |
| 7 | 5499,6 | | |
| 6 | 13514,2 | 2,5 | |
| 5 | 22601,1 | 1,7 | |
| 4 | 34438,5 | 1,5 | 2,5 |
| 3 | 52740,9 | 1,5 | 2,2 |
| 2 | 88081,6 | 1,7 | 2,4 |
| 1 | 187126,0 | 2,1 | 3,2 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Irregularidad de piso blando en el eje Y

| EJE Y | | | |
|-------|---------------|---------------------------|-------------------------------------|
| PISO | RIGIDEZ (t-m) | RATIO | |
| | | RESPECTO AL PISO SUPERIOR | RATIO RESPECTO A 3 PISOS SUPERIORES |
| 7 | 3468,1 | | |
| 6 | 8633,9 | 2,5 | |
| 5 | 14661,0 | 1,7 | |
| 4 | 22654,3 | 1,5 | 2,5 |
| 3 | 35087,4 | 1,5 | 2,3 |
| 2 | 58991,5 | 1,7 | 2,4 |
| 1 | 126021,3 | 2,1 | 3,2 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis: La norma constituye, que existe irregularidad de rigidez, cuando en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes; por tanto, se observa que el edificio no presenta dicha irregularidad.

✓ Irregularidad extrema de rigidez.

La Norma establece que se tiene irregularidad extrema de rigidez, cuando en cualquiera de las direcciones de análisis (X, Y), en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Analizando las tablas N° 8 y N°9; se observa que no se tiene valores menores al 60 % y/o 70 %, quedando descartado dicha irregularidad.

✓ Irregularidad de masa o peso.

El criterio de la Norma, establece que se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente, sin analizar el peso de la azotea. De acuerdo a lo mencionado, se presenta la tabla N° 10 en la que se observa que los pesos son relativamente similares; por tanto, queda descartada dicha irregularidad.

Tabla 12: Análisis de irregularidad de masa

| Nivel | Masa | Peso | 1.5 Veces el peso |
|-------|-------|--------|-------------------|
| 1 | 35,81 | 351,30 | 526,95 |
| 2 | 34,95 | 342,86 | 514,29 |
| 3 | 34,95 | 342,86 | 514,29 |
| 4 | 34,95 | 342,86 | 514,29 |
| 5 | 34,95 | 342,86 | 514,29 |
| 6 | 34,95 | 342,86 | 514,29 |
| 7 | 23,65 | 232,01 | 348,02 |

Fuente: Elaboración propia

✓ Irregularidad Geométrica Vertical

La configuración es irregular cuando la planta de la estructura resistente en un piso sea mayor que la de un piso adyacente, en un porcentaje mayor al 30 %. Se puede determinar que no existe esta irregularidad, debido a que la planta tiene las mismas proporciones (medidas) en todos los pisos.

▪ **Irregularidad en Planta**

✓ Irregularidad Torsional

La norma establece que existe irregularidad torsional cuando en cualquiera de las direcciones de análisis (X, Y), el máximo desplazamiento relativo en un extremo del edificio comparado con la esquina opuesta, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga. En las tablas 11 y 12 respectivamente, se observan que en el análisis sísmico en “X” el máximo factor de torsión es 1,07, mientras en la dirección “Y” es 1,05. Por tanto, se determina que no presenta dicha irregularidad.

Tabla 13: Irregularidad por sismo en X

| Sismo X-X | | | |
|-----------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Piso | Deriva Máxima en Planta | Deriva en Esquina Opuesta | Ratio Máximo/Promedio |
| 7 | 0,0028 | 0,0025 | 1,06 |
| 6 | 0,0036 | 0,0032 | 1,06 |
| 5 | 0,0044 | 0,0039 | 1,06 |
| 4 | 0,0051 | 0,0044 | 1,07 |
| 3 | 0,0054 | 0,0047 | 1,07 |
| 2 | 0,0051 | 0,0045 | 1,07 |
| 1 | 0,0031 | 0,0027 | 1,06 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Irregularidad por sismo en Y

| Sismo Y-Y | | | |
|-----------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Nivel | Deriva Máxima en Planta | Deriva en Esquina Opuesta | Ratio Máximo/Promedio |
| 7 | 0,00465689 | 0,00490378 | 1,03 |
| 6 | 0,00586297 | 0,00593818 | 1,01 |
| 5 | 0,00693709 | 0,00675689 | 1,01 |
| 4 | 0,00770757 | 0,0072748 | 1,03 |
| 3 | 0,00797716 | 0,00732588 | 1,04 |
| 2 | 0,00759689 | 0,00684912 | 1,05 |
| 1 | 0,00450713 | 0,0040985 | 1,05 |

Fuente: Elaboración propia

✓ Irregularidad Torsional Extrema

La Norma establece el mismo procedimiento del análisis de irregularidad torsional, pero con un parámetro de 1.5 como factor de torsión; por lo que se observa que no presenta dicha irregularidad.

Factor de Reducción: Se determina una estructura regular

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p = 7 \cdot 1 \cdot 1 = 7$$

Dónde:

R: Factor de reducción sísmica.

Ia: Irregularidad en altura.

Ip: irregularidad en planta.

e. Derivas

Del análisis obtenemos las derivas elásticas estáticas de la estructura, luego se procede a hallar las derivas máximas esperadas, en el cual empleamos el criterio de la norma, el cual indica que a los resultados hallados con los coeficientes de reducción sísmica (R) debe multiplicarse por el 75 %.

En las tablas 13 y 14 respectivamente, se observan los valores máximos de las derivas inelásticas, en la que se constata que los valores no exceden el 0.007 de distorsión establecida en el artículo 32 de la Norma E.030.

Tabla 15: Derivas eje X

| Deriva elástica | Deriva Inelástica |
|-----------------|-------------------|
| 0,0006 | 0,003 |
| 0,0007 | 0,004 |
| 0,0009 | 0,005 |
| 0,0010 | 0,005 |
| 0,0010 | 0,005 |
| 0,0010 | 0,005 |
| 0,0008 | 0,004 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Deriva en el eje Y

| Deriva elástica | Deriva Inelástica |
|-----------------|-------------------|
| 0,0010 | 0,005 |
| 0,0011 | 0,006 |
| 0,0013 | 0,007 |
| 0,0014 | 0,007 |
| 0,0014 | 0,007 |
| 0,0013 | 0,007 |
| 0,0011 | 0,006 |

Fuente: Elaboración propia

f. Excentricidades

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019), establece que, para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel se considera como el 5 % veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

Para el caso de este diseño, se tiene como dimensiones de 31,14 m y 18,7m en el eje “X, Y” respectivamente, en la que se puede hallar que para el eje “X” se tiene

como excentricidad permisible de 1,56 m y en el eje “Y” 0,94 m. Por tanto, se determina que en la Tabla N° 17, los valores son cercanos a los parámetros mencionados, pero no pasan dicho límite.

Tabla 17: Excentricidades

| Piso | Centro masa X (m) | Centro de masa Y (m) | Centro de rigidez X (m) | Centro de rigidez Y (m) | Diferencia en X (m) | Diferencia en Y (m) |
|------|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 9,1 | 15,08 | 10,50 | 15,34 | -1,40 | -0,26 |
| 2 | 9,1 | 15,07 | 10,65 | 15,31 | -1,55 | -0,23 |
| 3 | 9,1 | 15,07 | 10,62 | 15,28 | -1,52 | -0,21 |
| 4 | 9,1 | 15,07 | 10,51 | 15,26 | -1,41 | -0,19 |
| 5 | 9,1 | 15,07 | 10,35 | 15,24 | -1,25 | -0,17 |
| 6 | 9,1 | 15,07 | 10,17 | 15,23 | -1,07 | -0,16 |
| 7 | 9,1 | 14,95 | 10,01 | 15,21 | -0,91 | -0,26 |

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Análisis Dinámico Modal Espectral

Para proceder a realizar el diseño en concreto armado, se deben usar los resultados del análisis dinámico por combinación modal espectral. A continuación, se muestra el espectro de pseudo-aceleraciones a usar en el análisis dinámico, el cual representa el sismo de diseño, con una probabilidad del 10 % de ser excedida en 50 años de vida útil.

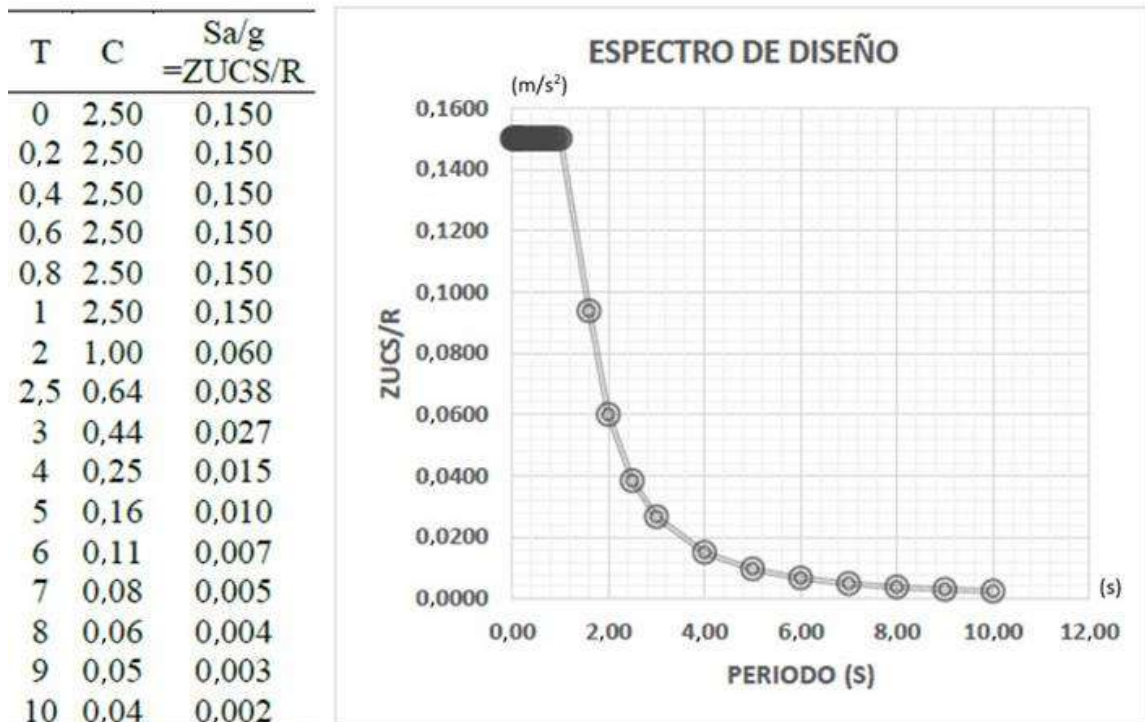


Figura 26: Espectro de diseño

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis modal en cada dirección del edificio se presentan en la tabla 18, en la que se puede apreciar que en el modo 5 y 6 la estructura oscila con más del 90 % de masa, de esta manera cumpliendo con los requerimientos de la norma.

Tabla 18: Modos y periodos

| Modo | Periodo (S) | Sum UX | Sum UY | Sum RX | Sum RY | Sum RZ |
|------|-------------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 1 | 0,745 | 0,03 % | 72,15 % | 0,2417 | 0,0001 | 5,54 % |
| 2 | 0,630 | 4,61 % | 77,23 % | 0,2627 | 0,0149 | 74,27 % |
| 3 | 0,590 | 78,61 % | 77,37 % | 0,2634 | 0,2493 | 78,59 % |
| 4 | 0,215 | 78,62 % | 88,58 % | 0,6638 | 0,2498 | 79,91 % |
| 5 | 0,184 | 79,06 % | 90,90 % | 0,7361 | 0,2679 | 88,79 % |
| 6 | 0,169 | 90,70 % | 90,93 % | 0,7371 | 0,7336 | 89,19 % |
| 7 | 0,107 | 90,70 % | 93,81 % | 0,8006 | 0,7337 | 90,02 % |
| 8 | 0,092 | 90,79 % | 94,61 % | 0,8197 | 0,7357 | 92,91 % |
| 9 | 0,082 | 94,64 % | 94,62 % | 0,8199 | 0,8186 | 93,01 % |

Fuente: Elaboración propia

Luego de desarrollar el análisis dinámico-modal, el software ETABS analiza la respuesta del edificio ante cada modo de vibración y suma dichas respuestas mediante el método de combinación modal “CQC” (Combinación Cuadrática Completa), luego se determina la direccionalidad del sismo mediante el método de combinación direccional SRSS (raíz cuadrada de la suma de cuadrados). A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la cortante basal, en la que se observa que en la dirección “Y” del análisis, la cortante dinámica no toma por lo menos el 80 % del cortante estático, por lo que se ha tenido que escalar el sismo de diseño; en la que se ha considerado un 9 % de incremento para el sismo dinámico en la dirección “Y”.

Tabla 19: Verificación de cortantes

| Casos de Carga | Análisis De Cortantes | | | |
|---------------------|-----------------------|---------|----------|---------|
| | Sin Escalar | | Escalado | |
| | FX (T) | FY (T) | FX (T) | FY (T) |
| Sismo X-X | 621,28 | 0,00 | 621,28 | 0,00 |
| Sismo Y-Y | 0,00 | 621,28 | 0,00 | 621,28 |
| Sismo Dinámico X-X | 515,11 | 75,5799 | 531,39 | 24,20 |
| Sismo Dinámico Y-Y | 75,58 | 486,67 | 26,38 | 552,93 |
| % V_{din}/V_{est} | 82,91 % | 78,33 % | 85,53 % | 89,00 % |

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado; en las figuras 27 y 28, se muestran las deformadas por sismo estático.

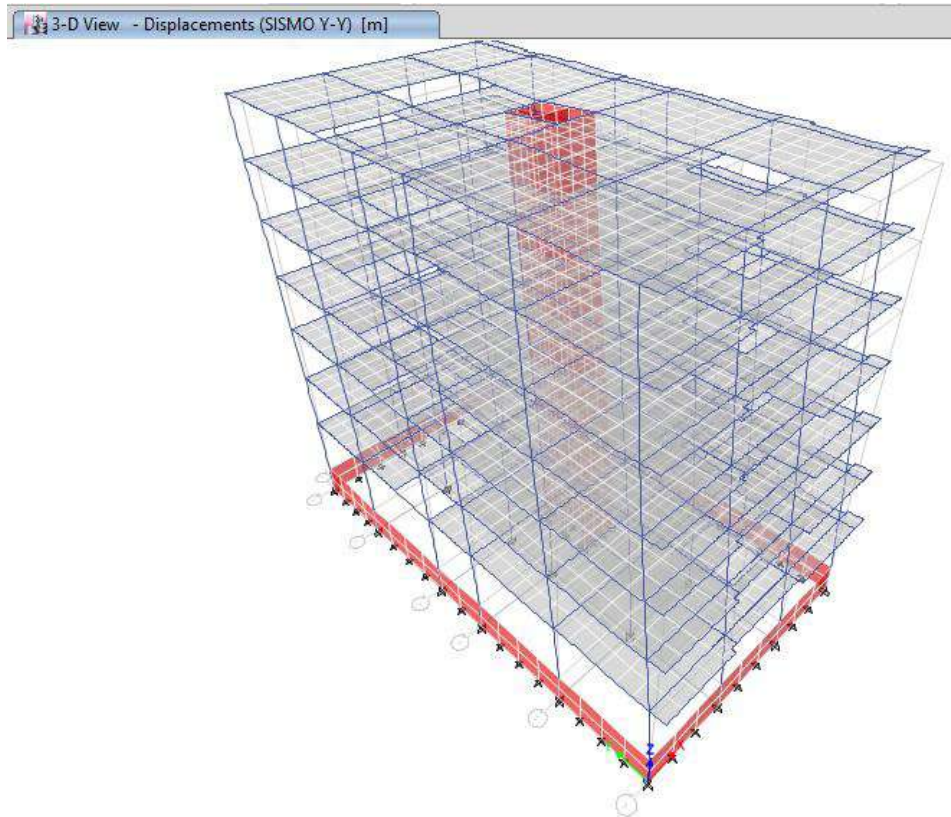


Figura 27: Deformada por sismo estático en Y.
 Fuente: Elaboración propia

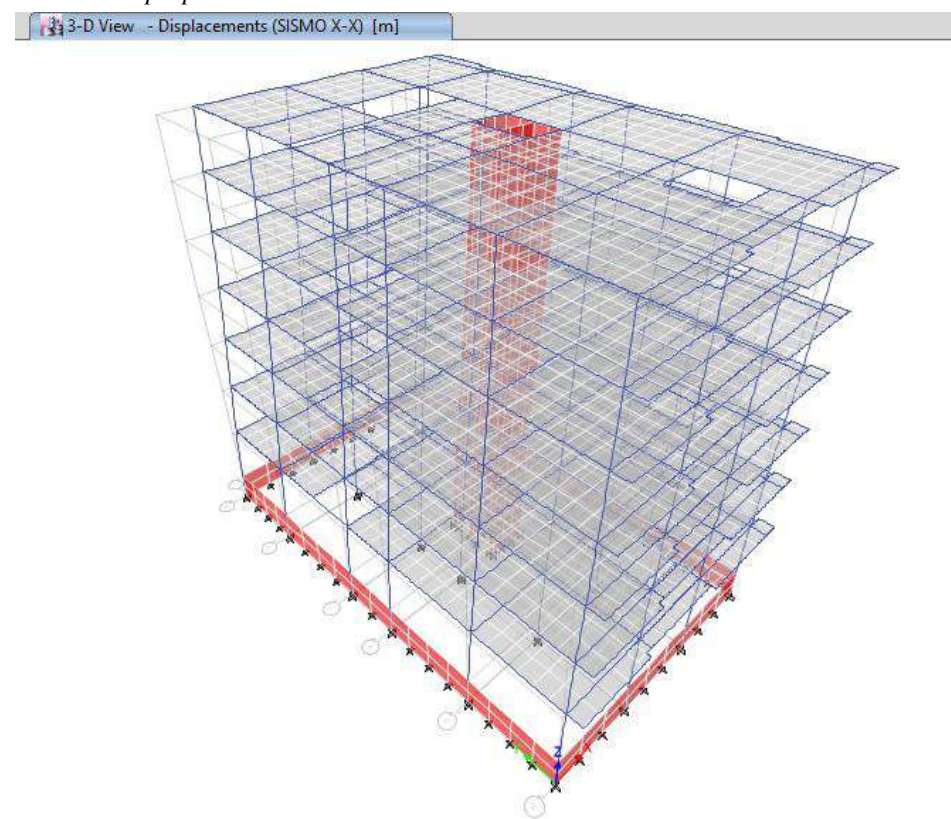


Figura 28: Deformada por sismo estático en X.
 Fuente: Elaboración propia

5.6. Diseño en Concreto Armado.

5.6.1. Diseño de Losas y Vigas.

a. Ejemplo de Diseño de Losa Aligerada.

El análisis de losas aligeradas se hará por cargas gravitacionales, con un ancho tributario de 40 cm, y la combinación de cargas se amplificará a $1,4 CM + 1,7 CV$. En función a este criterio, se procede a analizar una vigueta de 20 cm de peralte, y de sección típica, ubicada en el encofrado del primero piso, entre los ejes 4 y 5.

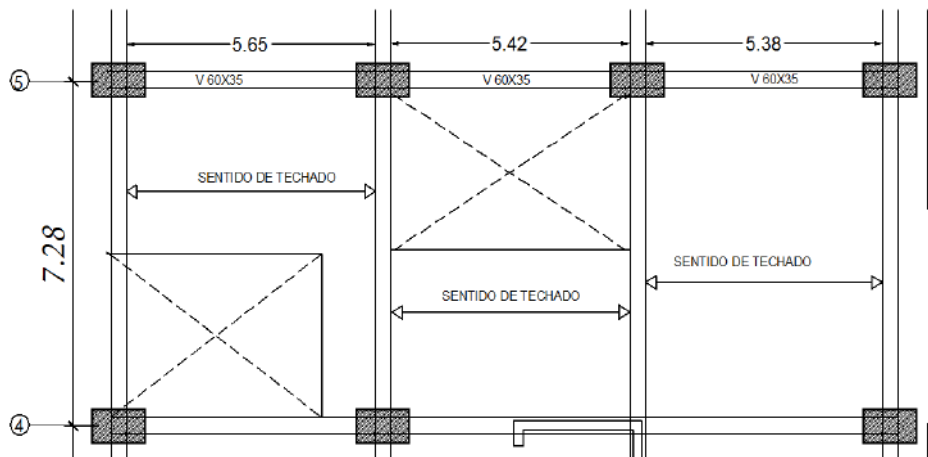


Figura 29: Losa de techo a diseñar, entre ejes 4 y 5

Fuente: Elaboración propia

✓ Metrado de cargas:

Piso terminado: 100 kg/m^2

Tabiquería: 150 kg/m^2

Peso de Losa: 212 kg/m^2 (losa con etsapol de alta densidad)

S/C: 500 kg/m^2 , 400 kg/m^2 , 200 kg/m^2 en el tramo I, II, III respectivamente, como se muestra en la imagen. Cabe mencionar, que cuando la sobrecarga es mayor a 500, no se considera la carga de tabiquería.

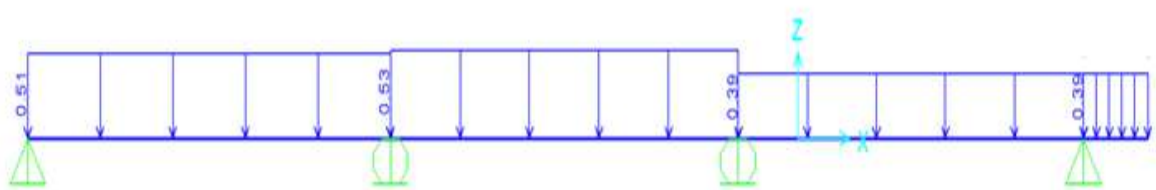


Figura 30: Cargas para el diseño, SAP 2000

Fuente: Elaboración propia

- Diseño por flexión:

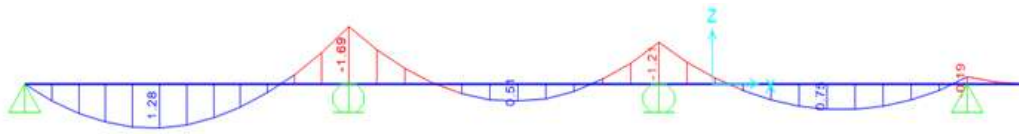


Figura 31: Diagrama de momentos flectores, SAP 2000

Fuente: Elaboración propia

- $M_u^{(+)} = 1,28$ t-m (máximo momento positivo).

$$b = 40 \text{ cm.}$$

$$d = 17 \text{ cm.}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,70 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d / f_y = 1,64 \text{ cm}^2.$$

$K_u = M_u / b d^2 = 11,16$ (relación del momento máximo con la base y peralte, la misma que se puede ver en la figura 3).

$$P = 0,0027.$$

$$A_s^{(+)} = 1,84 \text{ cm}^2.$$

Se usará acero: $2\text{Ø}1/2'' = 2,58 \text{ cm}^2$ (la cantidad de acero a utilizar debe ser igual o mayor al acero calculado y ser equivalente a una varilla comercial).

La altura del bloque comprimido “a” es igual a 1,08 cm, con lo cual se verifica que no supera los 5 cm de compresión asumida.

- $M_u^{(-)} = 1,69$ t-m (máximo momento negativo).

$$b = 10 \text{ cm.}$$

$$d = 17 \text{ cm.}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,70 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d / f_y = 0,41.$$

$$K_u = M / b d^2 = 44,64.$$

$$P = 0,015.$$

$$A_s^{(+)} = 2,55 \text{ cm}^2 \text{ de acero (tabla de acero de la figura 3).}$$

Se usará acero que sea igual o superior a lo calculado: $2\text{Ø}1/2'' = 2,58 \text{ cm}^2$.

$$A_s(\text{temp}) = 0,0018 b \cdot h = 0,0018 \cdot 100 \cdot 5 = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

S (separ. Temp°) = $100 \cdot A_b / A_s = 100 \cdot 0,32 / 0,9 = 36 \text{ cm}$; sin embargo, la separación máxima es $5e = 25 \text{ cm}$. Por lo tanto, se usará acero $\text{Ø}1/4''$ a cada 25 cm.

- Diseño Por Cortante:

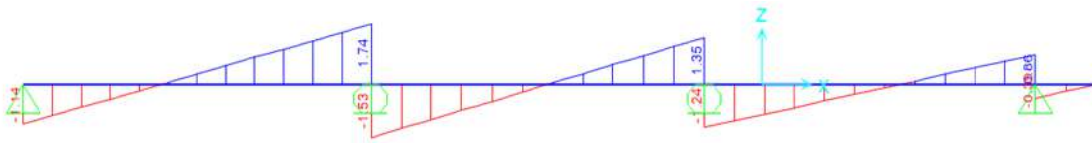


Figura 32: Diagrama de fuerzas cortantes
Fuente: Elaboración propia

- $V_{u1} = 1,74 \text{ t}$.

$$\phi V_C = 1,10 \cdot 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 10 \cdot 17$$

$$\phi V_C = 1.22 \text{ t}$$

En este caso se tiene que $V_{u1} > \phi V_C$. Por lo tanto, sí será necesario colocar ensanche de $b = 15 \text{ cm}$, desde la cara del apoyo con una longitud de $1,15 \text{ m}$ como se puede apreciar en la imagen. A esta distancia, el cortante ϕV_C aumenta a $1,83 \text{ t}$, y esto es mayor a lo solicitado en el diagrama de cortantes.

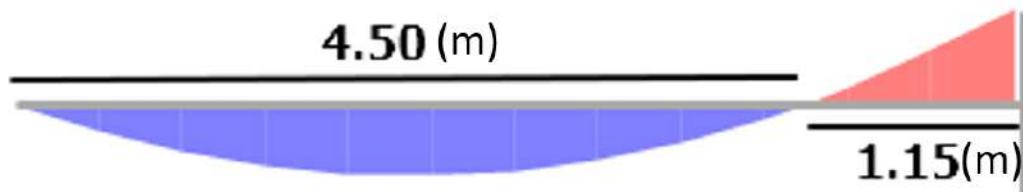


Figura 33: Análisis y longitud de ensanche.

Fuente: Elaboración propia

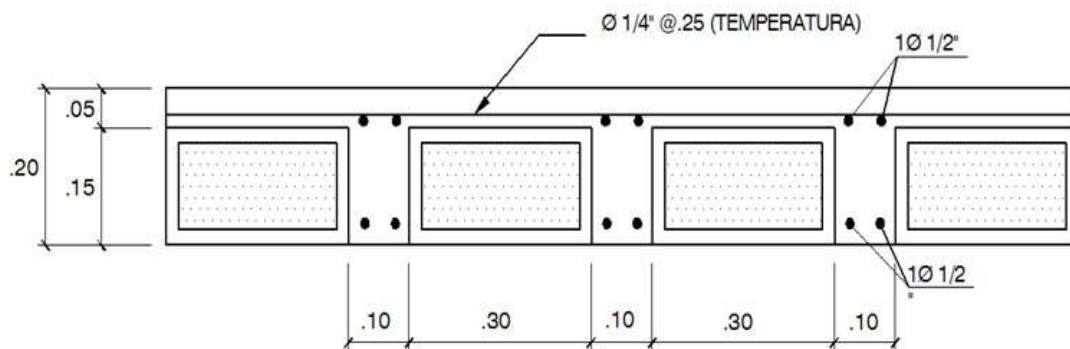


Figura 34: Sección transversal del diseño final de la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

b. Ejemplo de Diseño de Losa Maciza

Se diseñará la losa maciza que se encuentra ubicada en el primer piso en los ejes B-C/3-4, teniendo la siguiente información:

- Piso terminado: 100 kg/m².
- Tabiquería: 150 kg/m².
- Espesor de losa: 0,20 m.
- Las cargas se amplificarán el 40 % adicional respecto a la carga muestra y 70 % de incremento para la carga viva, dicho resultado se observa en la figura 35.

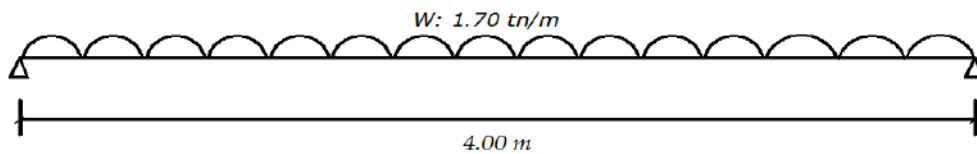


Figura 35: Modelo matemático para la losa maciza

Fuente: Elaboración propia

Momento máximo:

$$M_{\max} = \frac{wl^2}{8} = 4,26 \text{ t} - \text{m}$$

Cortante máximo:

$$V_{\max} = \frac{wl}{2} = 3,40 \text{ t}$$

Acero mínimo:

$$A_{S\text{mín}} = \frac{0,70 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d}{f'y}$$

$$A_{S\text{mín}} = \frac{0,70 \cdot \sqrt{210} \cdot 100 \cdot (20 - 2 - 0,64)}{4\ 200}$$

$$A_{S\text{mín}} = 4,20 \text{ cm}^2$$

Acero calculado:

$$A_s = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

Encontramos en valor de “a”:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{Mu}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$a = 17,36 - \sqrt{17,36^2 - \frac{2 \left| \frac{4,26 \cdot 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 210 \cdot 100}}$$

$$a = 1,7894 \text{ cm.}$$

$$A_s = \frac{M_u/0,9}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{4,26 \cdot 10^5/0,9}{0,9 \cdot 4 \cdot 200 \cdot \left(17,36 - \frac{1,7894}{2}\right)}$$

$$A_s = 6,84 \text{ cm}^2$$

Separación del acero calculado:

$$S = \frac{\text{Ancho} \cdot A_b}{A_s}$$

$$S = \frac{100 \cdot 1,29}{6,84}$$

$S = 18,86 \approx 18 \text{ cm}$ (se redondea al inmediato inferior para ser conservadores en el diseño).

Acero por temperatura:

$$A_{T^\circ} = \rho \cdot e \cdot b = 0,0018 \cdot 20 \cdot 100$$

$$A_{T^\circ} = 3,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Separación del acero por temperatura:

$$S_{T^\circ} = \frac{\text{Ancho} \cdot A_b}{A_s}$$

$$S_{T^\circ} = \frac{100 \cdot 0,71}{3,6}$$

$S_{T^\circ} = 19,72 \approx 19 \text{ cm}$ (se redondea al inmediato inferior para ser conservadores en el diseño).

Verificación por corte:

$$\phi V_c = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_c = 12,47 \text{ t}$$

$$\phi V_c > V_u \dots \text{Ok.}$$

5.12.2. Ejemplo de Diseño de Vigas- Tipo Dual II.

- a. Diseño a flexión: Se tiene una viga sísmica que corresponde al eje N° 5 del primer piso.



Figura 36: Diagrama de envolventes de momentos flectores de la viga ubicada en el eje N° 5
Fuente: Elaboración propia

Se calcula el área de acero mínimo que tendrá que atravesar de manera longitudinal y uniforme todo el tramo de la viga.

$$V 35 . 60: A_{S_{\min}} = \frac{0,70 \sqrt{f'c} . b . d}{f_y} = \frac{0,70 \sqrt{280} . 35 . (60-6)}{4 200} = 5,28 \text{ cm}^2, \text{ equivalente a usar}$$

3Ø5/8" en las partes de tracción y flexión (arriba y debajo de la sección de la viga).

Luego proceder a realizar los cálculos para el área de acero por flexión pura:

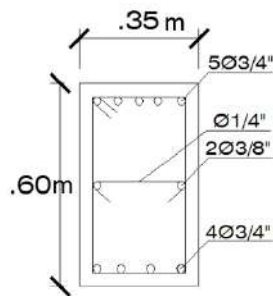
$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{Mu}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}} = 54 - \sqrt{54^2 - \frac{2 \left| \frac{22,37 \cdot 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 280 \cdot 35}} = 6,54 \text{ cm.}$$

$$A_s = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})} = \frac{22,37 \cdot 10^5 / 0,9}{0,9 \cdot 4 200 \cdot (54 - \frac{6,54}{2})} = 12,94 \text{ cm}^2.$$

Tabla 20: Diseño a flexión del eje 5-5 del primer nivel

| PRIMER NIVEL EJE 5-5 | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|------------|------------|---------|------------|-----------|------------|------------|------------|---------|---------|
| Momentos Flectores (t-m) - ETABS (envolvente) | | | | | | | | | | | |
| | 1er Tramo | | 2do Tramo | | | 3er Tramo | | | Voladizo | | |
| Mu(-) | 22,37 | 0,00 | 20,12 | 19,31 | 0,80 | 20,07 | 19,80 | 0,47 | 21,70 | 0,43 | |
| Mu(+) | 15,53 | 2,49 | 16,56 | 16,72 | 2,11 | 16,54 | 17,20 | 2,42 | 16,41 | | |
| Mu/Ø | (-) | 24,86 | 0,00 | 22,36 | 21,46 | 0,89 | 22,30 | 22,00 | 0,52 | 24,11 | 0,48 |
| | (+) | 17,26 | 2,77 | 18,40 | 18,58 | 2,34 | 18,38 | 19,11 | 2,69 | 18,23 | 0,00 |
| AS _{min} | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | 5,28 | |
| a | (-) | 6,52 | 0,00 | 5,83 | 5,58 | 0,22 | 5,81 | 5,73 | 0,13 | 6,31 | 0,12 |
| | (+) | 4,44 | 0,69 | 4,75 | 4,79 | 0,58 | 4,74 | 4,94 | 0,67 | 4,70 | 0,00 |
| As | (-) | 12,94 | 0,00 | 11,56 | 11,06 | 0,44 | 11,53 | 11,36 | 0,26 | 12,52 | 0,23 |
| | (+) | 8,98 | 1,35 | 9,51 | 9,58 | 1,15 | 9,50 | 9,87 | 1,32 | 9,47 | 0,00 |
| AS (pulg) | (-) | 5Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 4Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 4Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 5Ø 3/4" | 5Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 2Ø 3/4" |
| | (+) | 4Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 4Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 4Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 4Ø 3/4" | 4Ø 3/4" | 2Ø 3/4" | 2Ø 3/4" |
| A(cm ²) diseño | (-) | 14,20 | 5,68 | 11,36 | 5,68 | 11,36 | 5,68 | 11,36 | 5,68 | 14,20 | 5,68 |
| As (cm ²) | (+) | 11,36 | 5,68 | 11,36 | 5,68 | 11,36 | 5,68 | 11,36 | 5,68 | 11,36 | 5,68 |
| As(+)>1/2*As | (-) | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok | Ok |

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 37: Sección transversal del diseño final de la viga

b. Diseño por Corte

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019), numeral 21.5.4.1 de la norma técnica E.060, precisa los lineamientos para el diseño por corte en vigas duales tipo II.

Para este caso, se tomará el eje 5-5 del primer nivel

L_n tramo 1: 4,80 m

L_n tramo 2: 4,57 m

L_n tramo 3: 4,53 m

De la tabla 20, se extraerá los valores del acero de diseño para calcular los momentos nominales, cuyos valores se determinarán con la siguiente fórmula:

$$M_n = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{2 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b} \right)$$

Donde:

M_n : Momento nominal, kg – cm.

A_s : área del acero, cm^2

f_y : Esfuerzo del acero, 4200 kg/cm^2 .

d : peralte efectivo, cm.

b : base de la viga, cm.

f'_c : Resistencia del concreto, kg/cm^2 .

Obteniendo los momentos nominales, se procede a calcular el cortante que se empleará en el diseño Vui.

$$V_{ui} = \frac{(M_{prd} + M_{prdi})}{l_n} + \frac{w_u \cdot l_n}{2}$$

Donde:

M_{prd} : Momento nominal multiplicado por 1.25, cuyo valor viene a ser la resistencia probable a flexión de los elementos por el lado derecho, t.

M_{pri} : Momento nominal multiplicado por 1.25, cuyo valor viene a ser la resistencia probable a flexión de los elementos por el lado izquierdo, t.

W_u : 1.25 (CM+CV).

l_n : Luz libre medida entre cara de los apoyos, m.

Entonces, se tiene lo siguiente:

Momentos nominales:

Momento nominal máximo negativo en el tramo 1: 36,92 t -m.

Momento nominal máximo positivo en el tramo 1: 30,07 t -m.

Momento nominal máximo negativo en el tramo 2: 30,07 t -m.

Momento nominal máximo positivo en el tramo 2: 30,07 t -m.

Momento nominal máximo negativo en el tramo 3: 36,92 t -m.

Momento nominal máximo positivo en el tramo 3: 30,07 t -m.

Resistencias probables a flexión:

$$M_{pr} = 1,25 \cdot M_n$$

Momento nominal máximo negativo en el tramo 1: 46,15 t -m.

Momento nominal máximo positivo en el tramo 1: 37,59 t -m.

Momento nominal máximo negativo en el tramo 2: 37,59 t -m.

Momento nominal máximo positivo en el tramo 2: 37,59 t -m.

Momento nominal máximo negativo en el tramo 3: 37,59 t -m.

Momento nominal máximo positivo en el tramo 3: 46,15 t -m.

Combinación de carga a considerar:

$$W_u = 1,25 (CM + CV)$$

Cortante máximo negativo en el tramo 1: 16,75 t.

Cortante máximo positivo en el tramo 1: 5,58 t.

Cortante máximo negativo en el tramo 2: 12,11 t.

Cortante máximo positivo en el tramo 2: 7,57 t.

Cortante máximo negativo en el tramo 3: 15,05 t.

Cortante máximo positivo en el tramo 3: 8,93 t.

Cortantes a emplear en el diseño:

Vui tramo 01:

$$V_{ui} = \frac{(46,15 + 37,59)}{4,80} + \frac{16,75 \cdot 4,80}{2}$$
$$V_{ui} = 57,65 \text{ t}$$

Vui tramo 02:

$$V_{ui} = \frac{(37,59 + 37,59)}{4,57} + \frac{12,11 \cdot 4,57}{2}$$
$$V_{ui} = 44,12 \text{ t}$$

Vui tramo 03:

$$V_{ui} = \frac{(46,15 + 37,59)}{4,53} + \frac{15,05 \cdot 4,53}{2}$$
$$V_{ui} = 52,57 \text{ t}$$

En la siguiente figura, se observan los cortantes del análisis lineal.

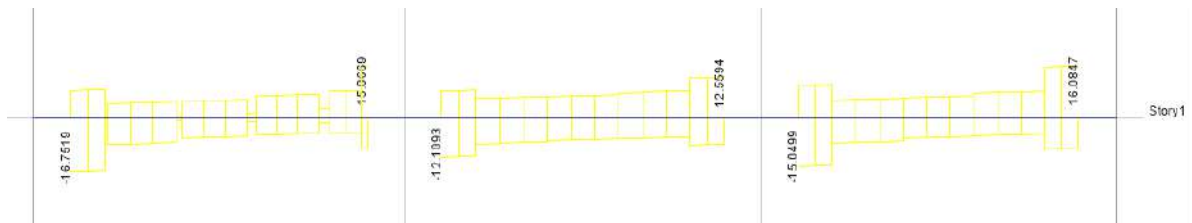


Figura 38: Diagrama de fuerzas cortantes

Fuente: Elaboración propia

Se escogerá el mayor cortante que se muestra en la figura 38 versus el cortante amplificado, $V_u = 16,75 \text{ t} < V_{ui} = 52,57 \text{ t}$.

El aporte del concreto:

$$\emptyset V_c = \emptyset \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$
$$\emptyset V_c = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{280} \cdot 35 \cdot (60 - 6)$$
$$\emptyset V_c = 14\,271,15 \text{ kg}$$
$$\emptyset V_c = 14,27 \text{ t}$$

Cortante que debe ser absorbido:

$$V_s = \frac{V_{ui} - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$V_s = \frac{57.65 - 14,27}{0,85}$$

$$V_s = 51.035 \text{ t}$$

La cortante máxima limitante:

$$V_{smax} = 2,10 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$V_{smax} = 2,10 \cdot \sqrt{280} \cdot 35 \cdot 54$$

$$V_{smax} = 66524,76 \text{ kg}$$

$$V_{smax} = 66,52 \text{ t}$$

$$V_s < V_{smax} \dots Ok$$

Separación del estribo:

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

$$S = \frac{1,42 \cdot 4 \cdot 200 \cdot 54}{51.03}$$

$$S = 6,03 \text{ cm.}$$

Verificamos la separación mínima del estribo de acuerdo al capítulo 21.5 de la Norma E.060:

- $S = \frac{d}{4} = \frac{54}{4} = 13,5 \text{ cm} \approx 12,5 \text{ cm}$
- $S = 8db = 8 \cdot 1,91 = 15,28 \text{ cm}$
- $S = 24de = 8 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ cm}$
- $S = 30 \text{ cm.}$

Luego, se procede a definir la zona confinada (Lo):

- $Lo = 2h = 2 \cdot 60 = 120 \text{ cm.}$

∴ usar: 1@².05,20@.06, resto @.25 c/e.

A continuación, se muestra la tabla 21, donde se detalla el diseño al cortante de todo el tramo del eje 5-5 del primer nivel.

² @: símbolo estandarizado que significa "cada".

Tabla 21: Diseño a cortante del eje 5-5 del primer nivel

| PRIMER NIVEL EJE 5-5 | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| CORTANTES (t) - ETABS (Envolvente) | | | | |
| | 1er Tramo | 2do Tramo | 3er Tramo | Voladizo |
| CRITERIO 1 (d/4) cm | 14 | 14 | 14 | 14 |
| CRIT. 2 pandeo de barra (Cm) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| CRIT. 3 (cm) | 23 | 23 | 23 | 23 |
| CRIT.4 (cm) | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Separación en zona de confinamiento: | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Usar Ø 3/8" | 1@.05,20@.06,resto @.25 C/E | 1@.05, 20@.06, resto @.25 C/E | 1@.05, 20@.06, resto @.25 C/E | Ø 3/8"@.25 |

Fuente: Elaboración propia

c. Análisis de Deflexiones

En la tabla 9.1 de la Norma E. 060 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009) muestra una metodología referencial para estimar si una viga entra en un proceso de deflexión, bajo la siguiente condición se puede obviar los cálculos de deflexiones.

$$h \geq \frac{l}{21}$$

Dónde:

H: peralte de la viga en análisis (m)

l: longitud entre ejes (m)

$$h \geq \frac{6}{21} = 0,29 \Rightarrow 0,60 \geq 0,29$$

Se puede observar que no existen deflexiones en las vigas peraltadas de este diseño.

d. Fisuración

El capítulo 9.9.3, de la Norma E.060 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009) menciona que el refuerzo de tracción por flexión debe distribuirse adecuadamente en las zonas de tracción máximas de un elemento para controlar el ancho de las grietas por flexión; de tal manera que, para conocer este efecto de fisuración, se debe conocer el parámetro Z, el cual debe ser menor a 26 000 kg/cm.

$$Z = fs^3\sqrt{A \cdot dc} < 26\ 000\ kg/cm$$

Donde:

$$fs = 0,6 \cdot fy \text{ (valor estimado)}$$

A = Área de concreto que rodea cada varilla (A=2 . dc . s).

dc = Recubrimiento inferior medido desde el centro de la varilla más cercana al borde del elemento.

De la viga 35. 60 se tiene:

$$dc = re + \emptyset_{est} + \frac{\emptyset_{acero\ principal}}{2} = 4 + 0,95 + \frac{1,91}{2} = 5,91\ cm \approx 6\ cm$$

$$S = \frac{b - 2re - \emptyset_{aceros} - \emptyset_{estribos}}{\# \text{ de espacios}} = \frac{35 - 2 \cdot 4 - 4 \cdot 1,91 - 2 \cdot 0,95}{3} = 5,82\ cm$$

$$\Rightarrow Z = 0,6 \cdot 4\ 200^3 \sqrt{6[2 \cdot (6) \cdot (5.82)]} = 1\ 8857,57 \frac{kg}{cm} < 26\ 000\ kg/cm$$

Se observa que el valor que toma “Z” es menor a lo requerido en la Norma; por tanto, quedan descartadas las fallas por fisuración.

5.12.3. Diseño de Columnas

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009), Norma E.060, capítulo 21.6, indica las siguientes consideraciones para elementos sometidos por flexión y compresión:

- La fuerza amplificada de compresión axial Pu, excede de 0,1 . f'c . Ag
- La menor dimensión, medida en cualquier línea recta que pase por su centroide geométrico, no debe ser menor de 25 cm.
- Se debe cumplir la relación 4bc > hc

Se tomará como ejemplo la columna ubicada entre los ejes 2-2/B-B:

Tabla 22: Fuerza Axial en Relación al Esfuerzo y Área Bruta de la Columna

| Dirección x-x | | | Dirección y-y | | |
|----------------------------|--------|-----------------|------------------------|--------|-----------------|
| Combinaciones | Pu (t) | Pu/(f'c . Ag) > | Combinaciones | Pu (t) | Pu/(f'c . Ag) > |
| | | 0,1 | | | 0,1 |
| Comb, 1: 1,4 . cp+1,7 . cv | 445,6 | 0,2 | Comb 1: 1.4cp + 1.7 cv | 445,6 | 0,2 |

| | | | | | |
|---|--------|-----|---|--------|-----|
| Comb 2: 1,25 . (cp+cv)+sismo dinámico | 388,24 | 0,2 | Comb 2: 1.25(cp+cv)+si sismo dinámico | 383,85 | 0,2 |
| Comb 3: 0,9 . cp+sismo dinámico | 226,69 | 0,1 | Comb 3: 0.9cp+sismo dinámico | 223,30 | 0,1 |

Fuente: Elaboración propia

a. Refuerzo Longitudinal

Según el numeral 10.9.1 de la Norma E.060, el área de refuerzo longitudinal total (A_s), para elementos en compresión no compuestos debe estar entre el 1 % y 6 % del área bruta de la sección de la columna (A_g), como se describe a continuación: $0,06 A_g \leq A_s \leq 0,06 A_g$. En la tabla que se muestra a continuación se observa las fuerzas de diseño obtenidas del análisis estructural considerando el sismo en ambas direcciones (x, y).

Tabla 23: Momentos y axiales de acuerdo a las combinaciones

| DIRECCION X-X | | | DIRECCION Y-Y | | |
|---------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------|--------|---------|
| COMBINACIONES | Pu (t) | M (t-m) | COMBINACIONES | Pu (t) | M (t-m) |
| COMB 1: 1,4 . CP +1,7 . CV | 445,6 | 0,8 | COMB 1: 1,4 . CP+1,7 . CV | 445,6 | 0,8 |
| COMB 2: 1,25 . (CP+CV)+SISMO DINÁMICO | 388,24 | 66,6 | COMB 2: 1,25 . (CP+CV)+SISMO DINÁMICO | 383,85 | 28,02 |
| COMB 3: 0,9 . CP+SISMO DINÁMICO | 226,69 | 66,44 | COMB 3: 0,9 . CP+SISMO DINÁMICO | 223,3 | 27,85 |

Fuente: Elaboración propia

Teniendo una columna $0,84 \text{ m}^2$ de sección con varillas acero $\emptyset 1''$ y entrando con una cuantía del 1,21 %, se tiene el diagrama de interacción en las direcciones x, y.

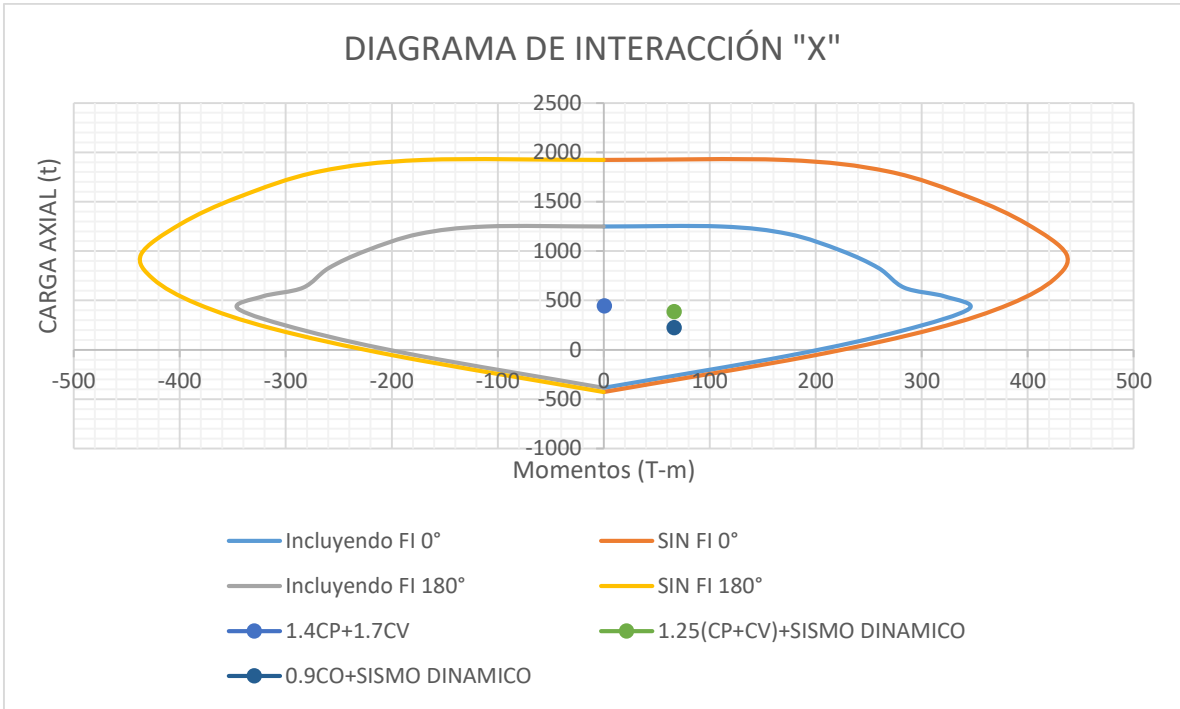


Figura 39: Diagrama de interacción en "X" considerando combinaciones de cargas
 Fuente: Elaboración propia

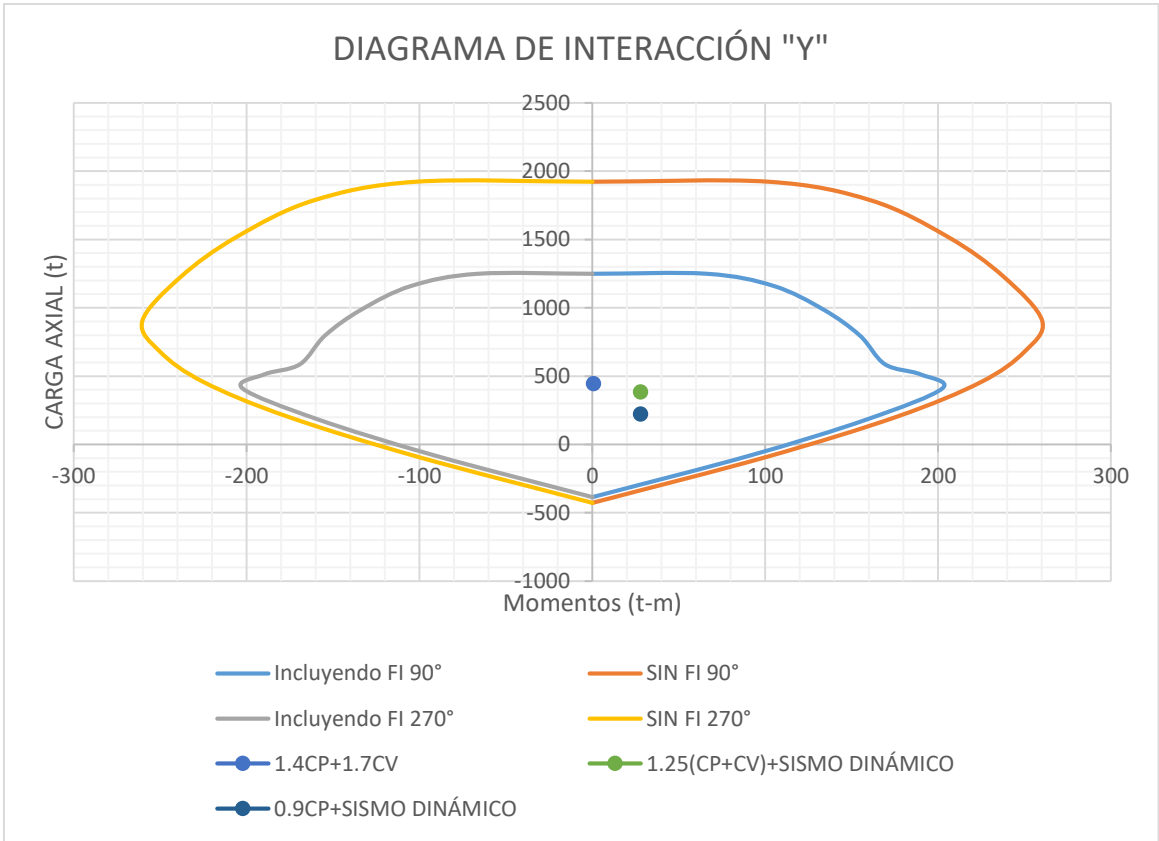


Figura 40: Diagrama de interacción en "Y" considerando combinaciones de cargas
 Fuente: Elaboración propia

Se observa que todos los puntos caen dentro del diagrama de interacción (debajo de la curva del valor nominal “Mn”), con lo cual el diseño de la columna (sección y cuantía) por flexocompresión es adecuado.

b. Análisis por Columna Fuerte Viga Débil

Las estructuras de sistemas aperticados son vulnerables a la formación de articulaciones plásticas, por lo que es importante evaluar el efecto columna fuerte-viga débil, con la finalidad de evitar que las columnas fallen primero frente a un evento sísmico.

$$\sum Mn_{columnas} \geq 1,2 \sum Mn_{vigas}$$

Dónde:

Mnc : Resistencia a la flexión de la columna (provocada por fuerza axial para los distintos casos de carga).

Mnv : La resistencia a la flexión de la viga (proveniente de las caras de vigas que llegan a un nudo).

A continuación, como muestra se tomará la columna ubicada entre los ejes 2-2/B-B del diafragma N° 1 (techo primer nivel):

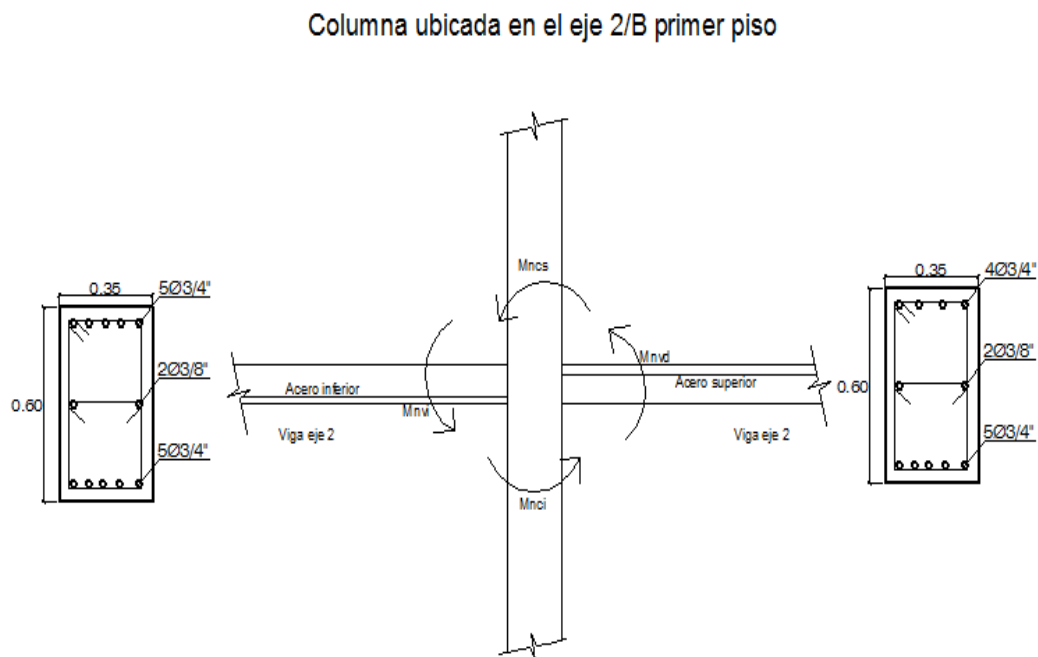


Figura 41: Análisis de momentos nominales en nodos
Fuente: *Elaboración propia*

$$M_n = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{2 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b} \right)$$

$$M_{nvi} = 14,20 \cdot 1,25 \cdot 4 \cdot 200 \cdot \left(54 - \frac{14,20 \cdot 1,25 \cdot 4 \cdot 200}{2 \cdot 0,85 \cdot 280 \cdot 35} \right) = 3692104,412 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\approx 36,92 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_{nvd} = 11,36 \cdot 1,25 \cdot 4 \cdot 200 \cdot \left(54 - \frac{11,36 \cdot 1,25 \cdot 4 \cdot 200}{2 \cdot 0,85 \cdot 280 \cdot 35} \right) = 3007068,824 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\approx 30,10 \text{ t} - \text{m}$$

Tabla 24: Momento nominal de la columna parte superior t-m (Mncs)

| Combinaciones | Pu (t) | Mn (t-m) |
|---------------------------------------|--------|----------|
| COMB 1: 1,4CP +1,7CV | 371,1 | 362 |
| COMB 2: 1,25(CP+CV)+SISMO DINÁMICO | 316,24 | 344.5 |
| COMB 3: 0,9CP+SISMO DINÁMICO | 189,4 | 308 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Momento nominal de la columna parte inferior t-m (Mnci)

| COMBINACIONES | Pu (T) | Mn (t-m) |
|--|--------|----------|
| COMB 1: 1,4CP +1,7CV | 431.62 | 378 |
| COMB 2: 1,25(CP+CV)+SISMO DINÁMICO | 375.91 | 362 |
| COMB 3: 0,9CP+SISMO DINÁMICO | 217.64 | 305 |

Fuente: Elaboración propia

Hacemos la comparación de momentos nominales, de acuerdo a la ecuación mencionada líneas arriba:

$$308+305 \geq 1,2 \cdot (30,92+30,10)$$

$$613 \text{ t} - \text{m} \geq 73,22 \text{ t-m}$$

Por lo tanto, se puede observar que en nuestro modelo lineal no existe el efecto de columna débil, viga fuerte.

c. Diseño por corte

Se tomará la columna del primer piso eje 2-2/B-B descontando la altura que ocupa la columna, como se muestra en la siguiente figura:

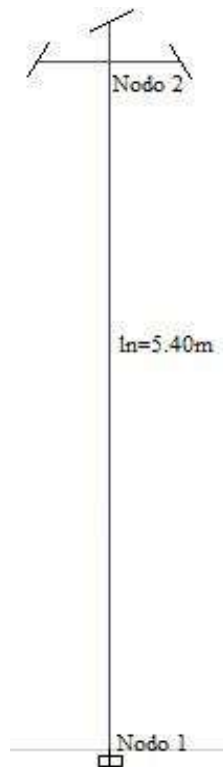


Figura 42: Ilustración de las coordenadas y longitudes a tener en cuenta
Fuente: Elaboración propia

▪ Diseño de estribos: Nodo 1 hasta 2

Datos:

Tabla 26: Fuerzas en el nodo 1

| COMBINACIONES | Pu (T) | M (T-m) | Momento Nominal (t-m) |
|---|--------|---------|-----------------------|
| COMB 1: 1,4 . CP +1,7 . CV | 446,86 | 0,52 | 380 |
| COMB 2: 1,25 . (CP + CV) + SISMO DINÁMICO | 389,52 | 61,53 | 370 |
| COMB 3: 0,9 . CP + SISMO DINÁMICO | 227,44 | 61,46 | 318 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Fuerzas en el nodo 2

| COMBINACIONES | Pu (T) | M (T-m) | Momento Nominal (t-m) |
|---|--------|---------|-----------------------|
| COMB 1: 1,4 . CP +1,7 . CV | 431,62 | 0,85 | 378 |
| COMB 2: 1,25 . (CP + CV) + SISMO DINÁMICO | 375,91 | 3,96 | 362 |

Fuente: *Elaboración propia*

Cálculo del requerimiento de refuerzo transversal, para el cortante V_u :

$$V_u = \frac{1,25(M_{ns} + M_{ni})}{l_n}$$

$$V_u = \frac{1,25(380 + 378)}{5,40}$$

$$V_u = 175,46 \text{ t}$$

El aporte del concreto al cortante es:

$$\phi V_c = \phi \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'c} \left(1 + \frac{P_u}{140 \cdot A_g} \right) b \cdot d$$

$$\phi V_c = 0,85 \cdot 0,53 \sqrt{280} \left(1 + \frac{446,86 \cdot 1000}{140 \cdot 70 \cdot 120} \right) 120 \cdot (70 - 6)$$

$$\phi V_c = 79\,893,01 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 79,89 \text{ t}$$

El cortante por absorber es:

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s = \frac{175,46 - 79,89}{0,85}$$

$$V_s = 112,44 \text{ t}$$

La separación de estribos de diámetro 3/8", se tiene:

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

$$S = \frac{4 \cdot 4 \cdot 200 \cdot (70 - 6)}{112,44}$$

$$S = 9,6 \text{ cm}$$

Luego, en función a los criterios de la Norma E.060, se define la zona de confinamiento:

- La mayor sección en la cara de los nodos o zonas donde puede incurrir la flexión:
 $Lo = 1,20 \text{ m}$

- $Lo = \frac{1}{6}ln = \frac{1}{6} \cdot 2,00 = 0,33 \text{ m}$

- $Lo = 0,50 \text{ m}$

Entonces se tiene la longitud de la zona de refuerzo $Lo = 1,20 \text{ m}$; y dentro de esta longitud, la separación del estribo, no deberá exceder a:

- La tercera parte de la dimensión mínima del elemento,

$$\frac{70}{6} = 11,66 \text{ cm.}$$

- 6 veces el diámetro del refuerzo longitudinal,

$$S=6 \text{ } \varnothing \text{ b}= 6 \cdot 2,54 = 15,24 \text{ cm.}$$

- $S=10 \text{ cm.}$

∴ Usar: estribos $\varnothing 1/2''$, $1@0.05\text{m}$, $12@0.10\text{m}$, R. $@0.25\text{m c/e}$ y grapas $\varnothing 3/8''$, $1@0.05\text{m}$, $12@0.10\text{m}$, R. $@0.25\text{m c/e}$.

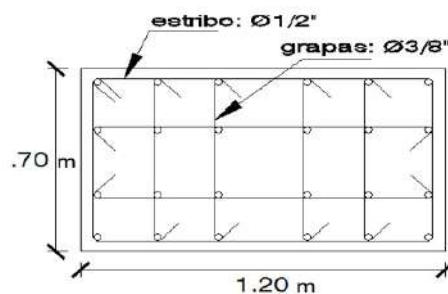


Figura 43: Distribución del acero en planta.
 Fuente: Elaboración propia

5.12.4. Diseño de placa Ascensor

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009) en el capítulo 21.9 de la norma E.060, detalla los criterios de diseño para muros estructurales y como ejemplo se analizará el muro del eje C-C del primer piso, el cual tiene los siguientes datos:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{\text{concreto}} = 217\ 370 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{\text{acero}} = 2\ 000\ 000 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = 35 \text{ cm}$$

$$L_m = 402 \text{ cm}$$

$$h_m = 28,2 \text{ m}$$

Altura de la placa del primer nivel: 6m

Tabla 28: Cargas

| Tipo | Axial | Cortante | Momento |
|----------------|--------|----------|---------|
| D (muerta) | 203,84 | 0,44 | 3,99 |
| L (viva) | 36,8 | 0,014 | 0,64 |
| Sy (sismo y-y) | 41,61 | 260,7 | 777,8 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Combinaciones

| Combinaciones | Axial | Cortante | Momento |
|------------------|---------|----------|----------|
| 1,4D+1.7L | 347,936 | 0,6398 | 6,674 |
| 1,25(D+L)+S | 342,41 | 261,2675 | 783,5875 |
| 0,9D+S | 225,066 | 261,096 | 781,391 |
| 1,25(D+L)-S | 259,19 | 260,1325 | 772,0125 |
| 0,9D-S | 141,846 | 260,304 | 774,209 |
| U _{max} | 347,936 | 261,2675 | 783,5875 |

Fuente: Elaboración propia

Desarrollo:

- El espesor del alma de los muros de corte no deberá ser menor de 1/25 de la altura entre elementos que le proporcionen apoyo lateral ni menor de 150 mm,

$$t_{\text{calculado}} = L/25 = 600/25 = 24 \text{ cm.}$$

$$t_{\text{tejido}} = 35 \text{ cm.}$$

- La contribución del concreto, V_c , no debe exceder de $V_c = 31,9 A_c (\alpha c \sqrt{f'_c})$, donde el coeficiente αc es 0,25 para $(h_m / l_m) \leq 1,5$; 0,17 para $(h_m / l_m) \geq 2,0$ y varía linealmente entre 0,25 y 0,17 para (h_m / l_m) entre 1,5 y 2,0. l_m es la longitud total del muro o del segmento del muro considerado y h_m es la altura total del muro. Por otro lado, cabe precisar que 31,9 sólo es un factor de conversión.

$$\frac{h_m}{l_m} = \frac{2820}{270} = 7,01$$

$$c_v = 402 \cdot 35 = 1,407 \text{ m}^2$$

$$\text{Límite } V_u: 31,9 \cdot 0,17 A_c v (\sqrt{f'_c}) = (31,9) \cdot 0,17 \cdot 1,407 \sqrt{280} = 127,68 \text{ t}$$

$$V_c = (31,9) \cdot 0,17 \cdot 1,407 \cdot \sqrt{280} = 127,68 \text{ t}$$

- En cualquier sección horizontal para cortante en el plano del muro, el límite superior de resistencia $V_n \leq 31,9 \cdot 0,83 A_c v \sqrt{f'_c}$

$$Vn \leq 31,9 \cdot 0,83 \cdot 1,407 \sqrt{280} = 623,36 \text{ t.}$$

- Luego procedemos a calcular el límite inferior de resistencia, $V_{\min} < 31,9 \cdot 0,085 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$.

$$V_{\min} < 31,9 \cdot 0,085 \cdot 1,407 \cdot \sqrt{280} = 63,84 \text{ t.}$$

- Amplificación del cortante:

$V_u \geq V_{ua} \cdot \frac{M_n}{M_{ua}}$, de ETABS, se obtiene el momento nominal por cuantía mínima, el cual asciende a 900 t-m.

$$V_u = 261,27 \cdot \frac{900}{783,59} = 300,08 \text{ t.}$$

- Cálculo de $V_s = A_{cv} \cdot \rho_h \cdot f_y$; para ello tenemos:

$$\phi V_c = 0,85 V_c = 0,85 \cdot 127,7 = 108,54 \text{ t.}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{300,08}{0,85} - 127,68 = 225,36 \text{ t.}$$

Acero como refuerzo horizontal:

$$\rho_h = \frac{V_s}{A_{cv} \cdot f_y} = \frac{225,36 \cdot 1000}{1,407 \cdot 4200 \cdot 10000} = 0,0038 \text{ t.}$$

Acero como refuerzo vertical:

$$\rho_v = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{h_m}{l_m} \right) (\rho_h - 0,0025) \geq 0,0025$$

$$\rho_v = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{28,2}{402} \right) (0,0038 - 0,0025)$$

$$\rho_v = 0,0025 \text{ t.}$$

- Elementos de borde:

Se tiene del desplazamiento inelástico máximo de la placa (δu) es igual a:

$$\delta u = d \cdot (0,75)(7) = 0,023 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,12 \text{ m}$$

Luego, se calcula c:

$$c \geq \frac{l_m}{600 \cdot \left(\frac{\delta u}{h_m} \right)} = \frac{402}{600 \cdot \frac{0,12}{28,2}} = 1,57$$

Tenemos la longitud de confinamiento $c = 0,1 \cdot L_m$.

$$c = 10 \% \cdot l_m = 1,57 \cdot 10 \% \cdot 4,02 = 1,17 \text{ m}$$

$$\frac{c}{2} = \frac{1,57}{2} = 0,785 \text{ m.}$$

Por tanto, la longitud de confinamiento será de 1.20m.

Se procede a calcular el acero en los núcleos:

$$d = 0,8L = 0,8 \cdot 4,02 = 3,216 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M_{max}}{\phi \cdot F_y \cdot x \cdot d}$$

$$A_s = \frac{783,59 \cdot 10^5}{0,9 \cdot 4200 \cdot 3,216 \cdot 100}$$

$$A_s = 64,46 \text{ cm}^2$$

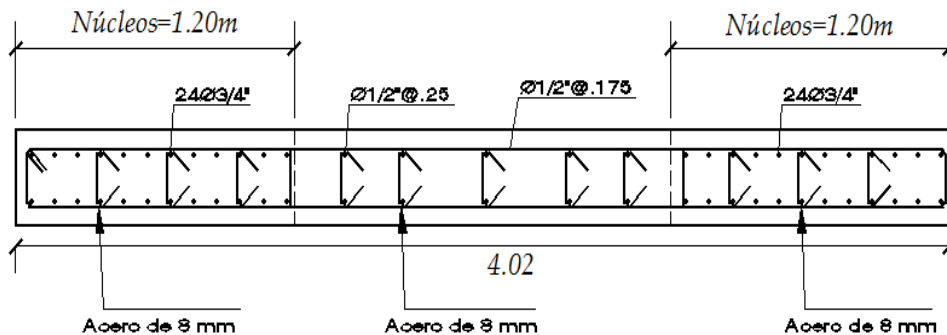


Figura 44: Diseño definitivo de placa-ascensor

Fuente: Elaboración propia

5.12.5. Análisis y Diseño de la Cimentación

De acuerdo al estudio de suelos, tenemos:

- Profundidad de desplante recomendada: 2,00 m
- Carga admisible: 1,12 kg/cm² (suelo flexible)
- Ángulo de Fricción ϕ : 28,80°
- Clasificación SUCS: CL –ML

Para analizar el tipo de cimentación adecuada y ver si le corresponde una cimentación superficial o profunda, se realizará un proceso iterativo, considerando los siguientes pasos:

Paso N° 1: Se asumirá una losa de cimentación de sección rectangular y se analizará su estado elástico no agrietado.

$$b \text{ (cm)} = 100$$

$$h \text{ (cm)} = 85 \text{ cm}$$

$$I = 5\,117\,708,33 \text{ cm}^4$$

$$Y \text{ (cm)} = 42,5 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fr \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2\sqrt{f'c} = 28,98$$

$$Mcr \text{ (t-m)} = \frac{Fr \cdot l}{Y} = 34,90$$

Con el momento resistente se realizará una comparación con los momentos de servicio que resulten del cálculo estructural, asistido con el software SAFE versión 16.0.2.

En la siguiente imagen se puede observar que los momentos por carga de servicio 1 (100 % carga permanente y carga viva), los cuales están sombreados de color azul y morado, son ampliamente superiores al momento resistente calculado, el cual produce rotura.

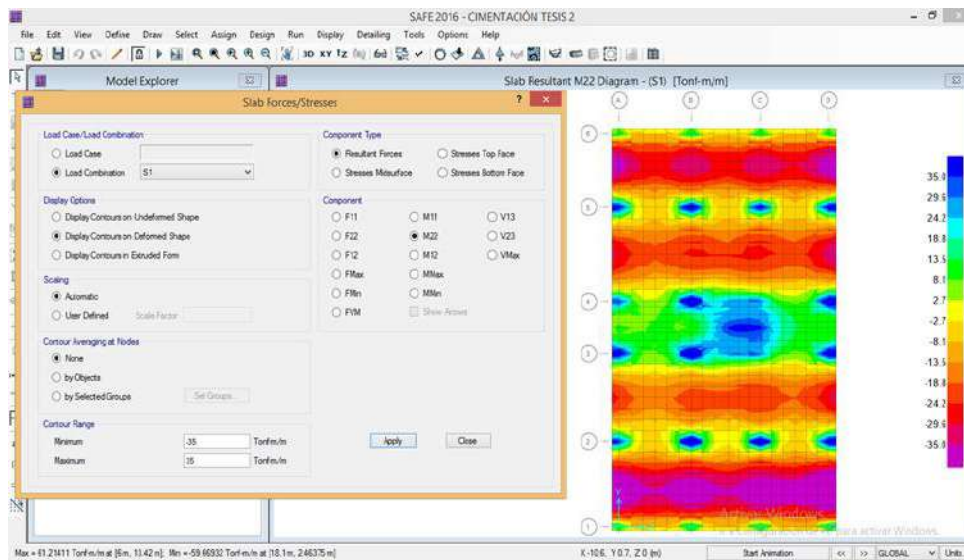


Figura 45: Momentos por carga de servicio N° 1

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se puede observar que los momentos por carga de servicio 2 (100 % carga permanente, 100 % carga viva y 80 % de la carga de sismo dinámico), los cuales están sombreados de color azul y morado, son ampliamente superiores al momento resistente calculado, el cual produce rotura.

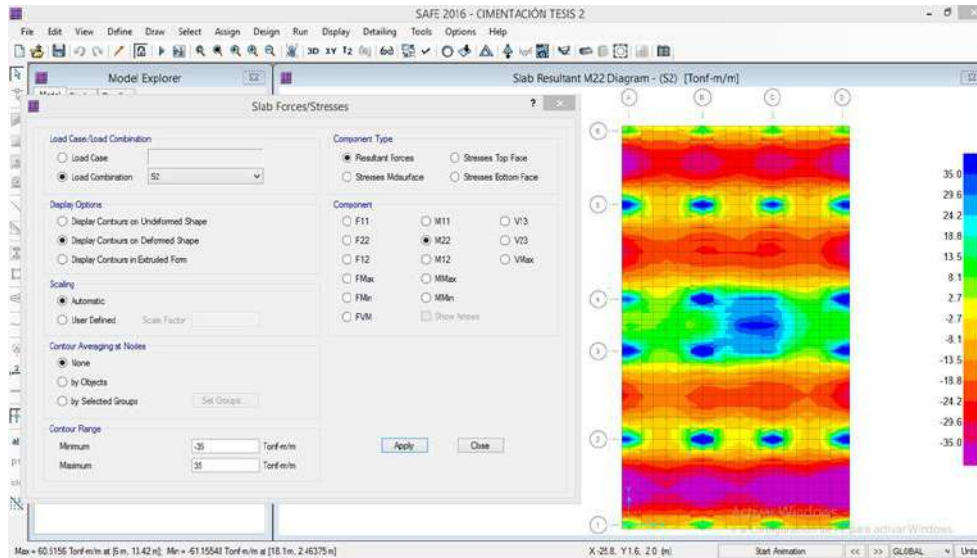


Figura 46: Momentos por carga de servicio N° 2
Fuente: Elaboración propia

Diseño de Pilotes:

Según Lambe & Whitman (2001):

Para un pilote con la siguiente información (según estudios de suelos de los anexos de esta tesis), se encontrará su carga admisible (Q_{adm}):

- Φ pilote (m)= 0,5
- Penetración (m)= 10 m
- Peso específico (t/m^3) = 1,80

Calculamos N_c , de acuerdo a la tabla mostrada en la figura 8.

$d/B=24$; entonces $N_c=9$

Luego se procede a calcular el esfuerzo vertical a los 10 m, el cual será igual a:

$$\sigma_v = 10(\gamma) = 18 \text{ t/m}^2$$

Luego calculamos la sección en planta (A_p) y el perímetro (a_s) correspondiente:

$$A_p \text{ (m}^2\text{)} = 0,19625$$

$$a_s \text{ (m}^2\text{/m)} = 1,57$$

$$\sigma_{v_{oi}} = 10 \cdot 1,80 = 18 \text{ t/m}^2$$

$$S_u = \frac{1}{3} 10(1,80 - 1) = 2,66 \text{ t/m}^2$$

$$S_{u_{medio}} = 1,33 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{adm} = A_p(s_u \cdot N_c + \sigma_{v_{oi}}) + \sum \Delta l \cdot a_s \cdot s_u$$

$$Q_{adm} = 0,19625 (2,66 \cdot 9 + 18) + 10 \cdot 1,57 \cdot 1,33$$

$$Q_{adm} = 29,11 \text{ t}$$

Entonces, el número de pilotes requeridos en este diseño:

$$\Sigma Q_{adm} > P_{edificio} + P_{platea}$$

$$\#Pilotes = \frac{C_p + C_v + P_p}{Q_{adm}}$$

$$\#Pilotes = \frac{4\,515,71 + 960,96 + 1\,187,93}{29,11}$$

#Pilotes = 228,94 \approx 230 pilotes; sin embargo, considerando criterios de ubicación se instalarán 234 pilotes.

Asimismo, se tiene que el pilote propuesto no considera el uso del refuerzo longitudinal y transversal; sin embargo, por recomendación de otro autor, tal como Urbina (2004), se añadirá un refuerzo longitudinal de 0,50 % del área bruta del pilote, quedando de la siguiente manera:

Pilote de diámetro de 0,5 m.

Acero Longitudinal: 9,81 cm² \approx 8Ø1/2"

Para determinar el acero transversal, el pilote se idealizará como un elemento que trabaja a flexo-compresión zunchado horizontalmente. Para ello según Chávez (2003), tenemos las siguientes propiedades:

Cuantía del zuncho (ρ_z) en función al área bruta del pilote (A_g), área del núcleo (A_c), esfuerzo de fluencia y esfuerzo a compresión del concreto, se tiene:

$$\rho_z = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho_z = 0,45 \left(\frac{\frac{\pi}{4}(D)^2}{\frac{\pi}{4}(D - 2re)^2} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho_z = 0,45 \left(\frac{\frac{\pi}{4}(50)^2}{\frac{\pi}{4}(50 - 2(6))^2} - 1 \right) \frac{210}{4\,200}$$

$$\rho_z = 0,016454$$

El paso de la espiral, asumiendo un acero de Ø 1/2":

$$S = \frac{4 \cdot A_z}{(D - 2 \cdot re)\rho_z}$$

$$S = \frac{4(1,29)}{(50 - 2(6))0,016454}$$

$$S = 8,25 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}$$

Diseño por flexión en Platea de cimentación

Para el diseño tomaremos los momentos que resulten de la carga de servicio 2: 100 % carga permanente + 100 % carga viva + 80 % de la carga de sismo dinámico.

Tabla 30: Momentos por carga de servicio 2

| Eje de análisis | Positivo | Negativo |
|-----------------|----------|----------|
| Eje X | 66,04 | 52,21 |
| Eje Y | 60,52 | 61,16 |

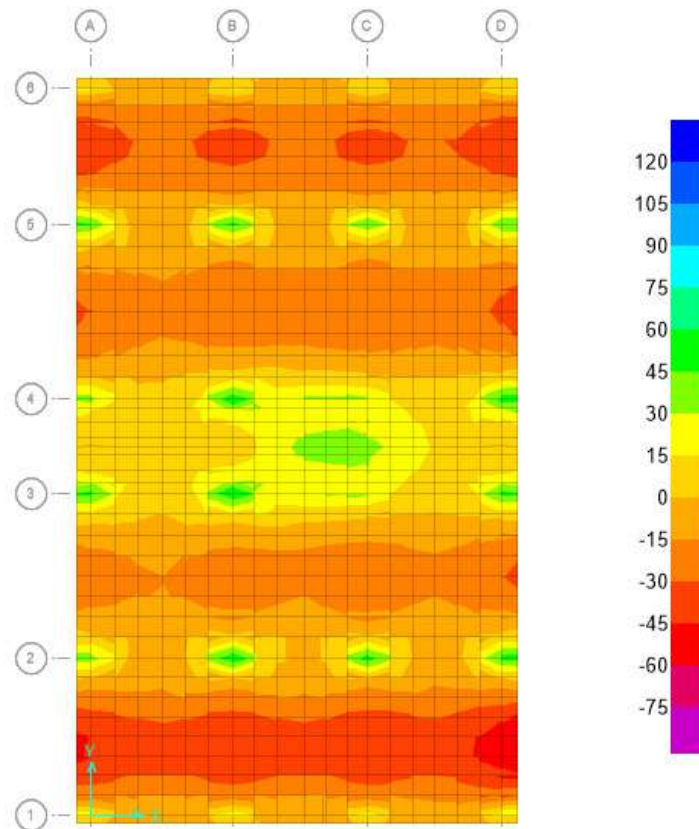


Figura 47: Ilustración de momentos por carga de servicio N° 2, dirección Y.
Fuente: Elaboración propia

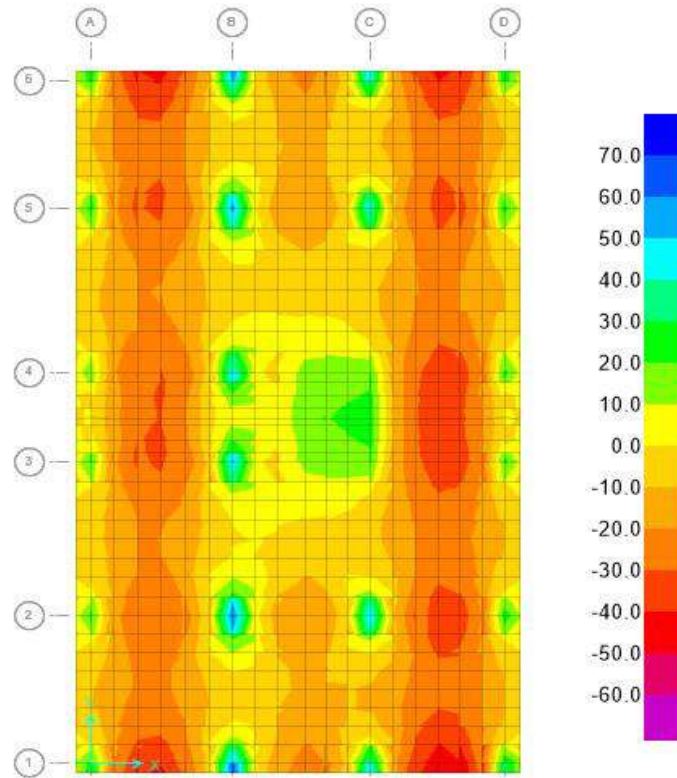


Figura 48: Ilustración de momentos por carga de servicio N° 2, dirección X.
 Fuente: Elaboración propia

Acero Positivo en la dirección X-X:

$$f'y: 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$h: 85 \text{ cm}$$

$$d: h-\emptyset b\text{-re}: 77.46 \text{ cm}$$

$$b: 100 \text{ cm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{Mu}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$a = 77,46 - \sqrt{77,46^2 - \frac{2 \left| \frac{66,04 \cdot 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 210 \cdot 100}}$$

$$a = 6,14 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{66,04 \cdot 10^5/0,9}{0,9 \cdot 4200 \cdot (77,46 - \frac{6,14}{2})}$$

$$A_s = 26 \text{ cm}^2$$

Separación del acero

$$S = \frac{\text{Ancho} \cdot A_b}{A_s}$$

$$S \text{ 1"} = \frac{100 \cdot 2,54}{26}$$

$$S \text{ 1"} = 10 \text{ cm}$$

Se identifica que el momento máximo escogido sólo actúa en algunos lugares de la losa (ver color rojo de la figura 48); por tanto, se procede a tomar la mitad del acero corrido y la otra mitad se colocará en bastones donde corresponda.

Acero Longitudinal corrido de $\emptyset 5/8''$:

$$S \text{ 5/8"} = \frac{100 \cdot 1,99}{13} = 15 \text{ cm}$$

Acero en bastones de $\emptyset 5/8''$:

$$S \text{ 5/8"} = \frac{100 \cdot 1,99}{13} = 15 \text{ cm}$$

∴ Usar Acero Positivo en la dirección X-X: Acero corrido $\emptyset 5/8''@15\text{cm}$ +bastones de $\emptyset 5/8''@15\text{cm}$.

Acero Negativo en la dirección X-X:

f'_y : 4 200 kg/cm²

f'_c : 210 kg/cm²

h: 85 cm

d: h- \emptyset b-re: 77,46 cm

b: 100 cm

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{Mu}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$a = 77,46 - \sqrt{77,46^2 - \frac{2 \left| \frac{52,21 \cdot 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 210 \cdot 100}}$$

$$a = 4,81 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$As = \frac{52,21 \cdot 10^5/0,9}{0,9 \cdot 4 \cdot 200 \cdot (77,46 - \frac{6,14}{2})}$$

$$As = 20,45 \text{ cm}^2$$

Separación del acero

$$S = \frac{\text{Ancho} \cdot Ab}{As}$$

$$S 1'' = \frac{100 \cdot 2,54}{20,45}$$

$$S 1'' = 12 \text{ cm}$$

Acero Longitudinal corrido de Ø 5/8":

$$S 5/8'' = \frac{100 \cdot 1,99}{10,225} = 20 \text{ cm}$$

Acero en bastones de Ø 5/8":

$$S 5/8'' = \frac{100 \cdot 1,99}{10,225} = 20 \text{ cm}$$

∴ Usar Acero Negativo en la dirección X-X: Acero corrido Ø5/8" @ 20 cm + bastones de Ø5/8" @ 20 cm.

Acero Positivo en la dirección Y-Y:

f'y: 4 200 kg/cm²

f'c: 210 kg/cm²

h: 85 cm

d: h-Øb-re: 77,46 cm

b: 100 cm

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{Mu}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$a = 77,46 - \sqrt{77,46^2 - \frac{2 \left| \frac{60,52 \cdot 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 210 \cdot 100}}$$

$$a = 5,61 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = \frac{60,52 \cdot 10^5/0,9}{0,9 \cdot 4200 \cdot \left(77,46 - \frac{5,61}{2}\right)}$$

$$As = 23,83 \text{ cm}^2$$

Separación del acero

$$S = \frac{\text{Ancho} \cdot Ab}{As}$$

$$S 1" = \frac{100 \cdot 2,54}{23,83}$$

$$S 1" = 11 \text{ cm}$$

Acero Longitudinal corrido de Ø 5/8":

$$S 5/8" = \frac{100 \cdot 1,99}{11,915} = 16 \text{ cm}$$

Acero en bastones de Ø 5/8":

$$S 5/8" = \frac{100 \cdot 1,99}{11,915} = 16 \text{ cm}$$

∴ Usar Acero Positivo en la dirección Y-Y: Acero corrido 5/8" @ 16 cm + bastones de Ø5/8" @16cm.

Acero Negativo en la dirección Y-Y:

f'y: 4200 kg/cm²

f'c: 210 kg/cm²

h: 85 cm

d: h-Ø b-re: 77,46 cm

b: 100 cm

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{Mu}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$a = 77,46 - \sqrt{77,46^2 - \frac{2 \left| \frac{61,16 \times 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 210 \cdot 100}}$$

$$a = 5,67 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu/0,9}{\emptyset \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = \frac{61,16 \cdot 10^5 / 0,9}{0,9 \cdot 4200 \cdot \left(77,46 - \frac{5,67}{2}\right)}$$

$$As = 24,09 \text{ cm}^2$$

Separación del acero

$$S = \frac{\text{Ancho} \cdot Ab}{As}$$

$$S 1" = \frac{100 \cdot 2,54}{24,09}$$

$$S 1" = 10 \text{ cm}$$

Acero Longitudinal corrido de Ø 5/8":

$$S 5/8" = \frac{100 \cdot 1,99}{12,045} = 16 \text{ cm}$$

Acero en bastones de Ø 5/8":

$$S 5/8" = \frac{100 \cdot 1,99}{12,045} = 16 \text{ cm}$$

∴ Usar Acero Negativo en la dirección Y-Y: Acero corrido Ø5/8" @ 16 cm + bastones de Ø5/8" @16 cm.

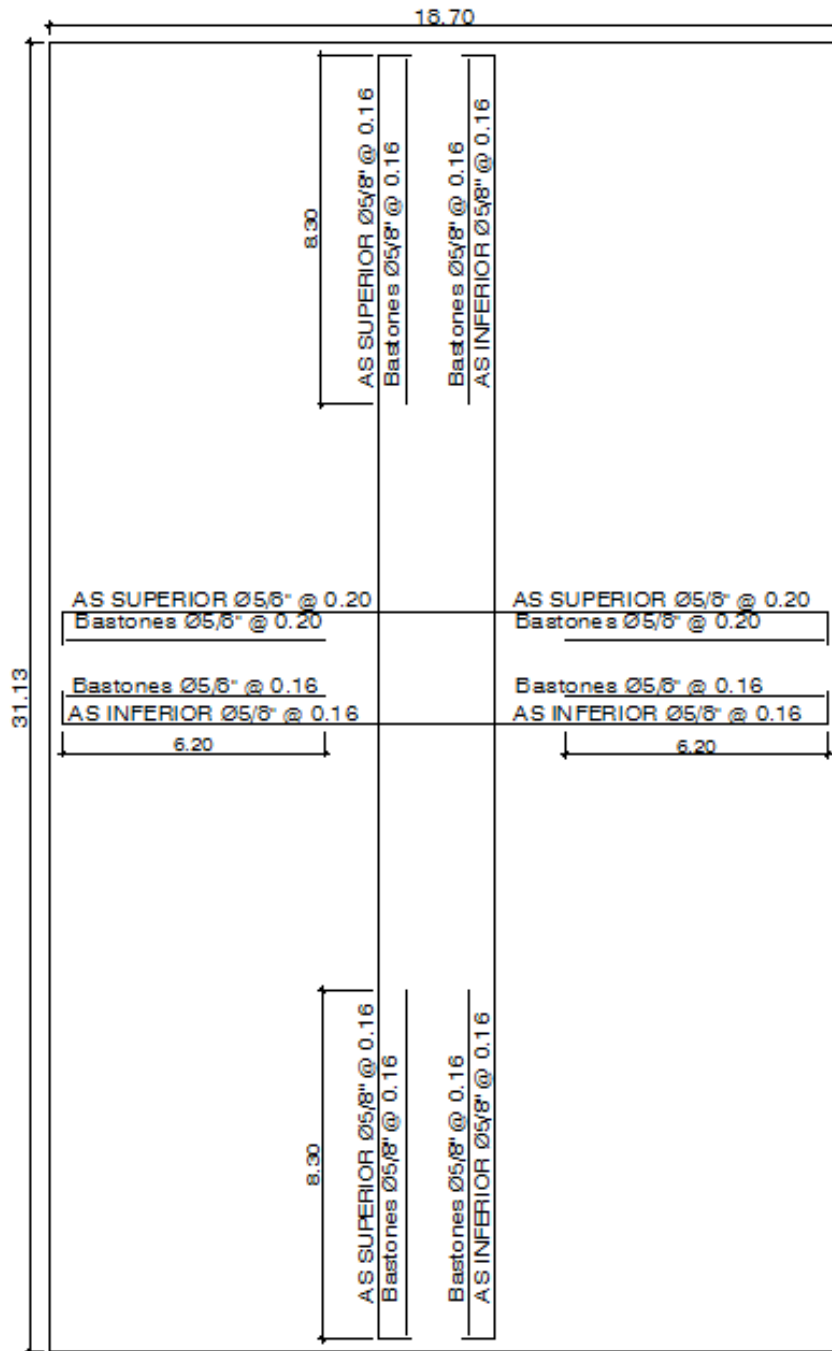


Figura 49: Acero en platea de cimentación

Fuente: Elaboración propia

Verificación por Puzonamiento en Platea de Cimentación:

Con la finalidad de evitar fisuras o roturas por tracción, se realiza la verificación por puzonamiento, en el cual se considera que la carga actuante en la zona de análisis, sea menor que la carga resistente que ofrezca el concreto de la platea ($V_c > V_u$).

Se analizará la columna del eje 2-2/B-B, con las siguientes características:

- La columna mostrada reposa sobre una platea de cimentación de espesor de 85 cm.
- La fuerza que la columna ejerce sobre la losa de cimentación, es de 306,11 t.
- El pilote aporta una fuerza resistente de 29,11 t.
- La columna tiene una sección de 1,20 m . 0,70 m.
- Esfuerzo a compresión del concreto, 210 kg/cm².

Cálculo de la fuerza efectiva (Pu):

$$V_u = P_u = P_u(\text{Columna}) - P_u(\text{pilote})$$

$$V_u = P_u = 306,11 - 29,11$$

$$V_u = P_u = 306,11 - 29,11$$

$$V_u = P_u = 277 \text{ t}$$

El cálculo del aporte del concreto, está en función a la resistencia en compresión (f'_c), perímetro para nuestro caso ($b_o = 2((70+d) + (120+d))$) y peralte efectivo ($d=h-r_e-d_b$), como se muestra:

$$V_c = 1,1\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 1,1\sqrt{210} \cdot (2(70 + 78,41) + 2(120 + 78,41)) \cdot (85 - 5 - 1,59)$$

$$V_c = 866\,977,67 \text{ kg}$$

$$V_c = 866,98 \text{ t}$$

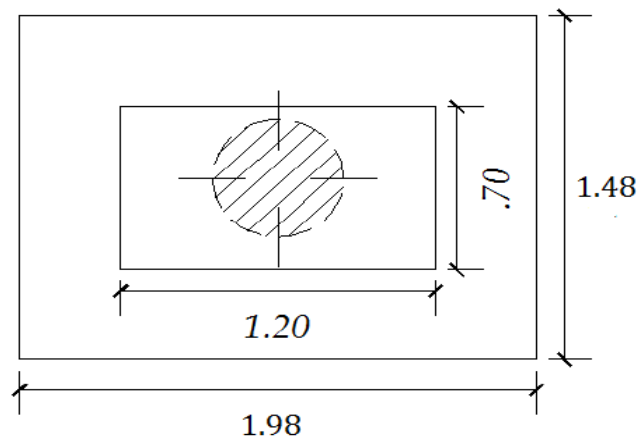


Figura 50: Área de Influencia para analizar el puzonamiento en columna sobre pilote.
Fuente: Elaboración propia

Verificación:

$$V_c > V_u$$

$$866,98 \text{ t} > 277 \text{ t}$$

Por lo tanto, no existe falla por puzonamiento.

Corrección del peralte del cabezal o altura de platea:

Hasta el momento se tiene un peralte de 85 cm en la platea; sin embargo, para reducir costos sin dejar de lado las consideraciones mínimas de resistencia, reduciremos el peralte considerando la resistencia del concreto (V_c), peralte efectivo (d), perímetro (b_o), Fuerza efectiva (P_u) y un factor de seguridad (F_s) de 1,5.

$$V_c \cdot d \cdot b_o = P_u \cdot F_s$$

$$1,1\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \cdot b_o = P_u \cdot F_s$$

$$1,1\sqrt{210} \cdot d \cdot 2((70 + d) + (120 + d)) = 277 \cdot 1\,000 \cdot 1,5$$

$$d = 46,16 \text{ cm}$$

Entonces, h :

$$h = d + r_e + \emptyset$$

$$h = 46,16 + 5 + 1,59$$

$$h = 52,75 \approx 55 \text{ cm}$$

Finalmente, se usará platea de cimentación con espesor de 55 cm y 234 pilotes.

5.12.6. Diseño de Escalera

Se tiene la siguiente escalera que corresponde al primer nivel del edificio, con los siguientes datos técnicos:

- f'_c : 210 kg/cm²
- f'_y : 4 200 kg/cm²
- $\lambda_{\text{concreto}}$: 2,4 t/m³
- Luz: 4,86 m
- Ancho: 1,50 m
- Garganta (e): 0,15 m
- Paso (p): 0,28 m
- Contrapaso (cp): 0,16 m
- Espesor del descanso: 0,20 m

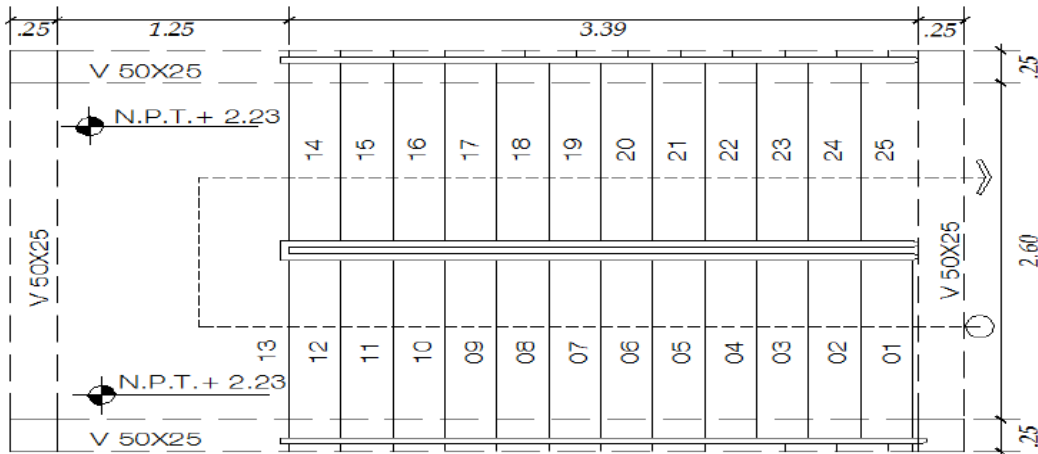


Figura 51: Planta de la escalera en el primer nivel

Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de Cargas:

- Peso propio en tramo recto = $2,4 \cdot 0,20 = 0,48 \text{ t/m}^2$
- Peso propio en tramo inclinado = $\lambda_{\text{concreto}} \left(\frac{c_p}{2} + e \sqrt{1 + \left(\frac{c_p}{p} \right)^2} \right)$
- Peso propio en tramo inclinado = $2,4 \left(\frac{0,16}{2} + 0,15 \sqrt{1 + \left(\frac{0,16}{0,28} \right)^2} \right)$
- Peso propio en tramo inclinado = $0,61 \text{ t/m}^2$
- Peso de acabados = 100 kg/m^2
- Carga Viva = 250 kg/m^2
- Σ Cargas muertas en tramo recto = $0,48 + 0,1 = 0,58 \text{ t/m}^2$
 - Σ Cargas muertas en tramo Inclinado = $0,61 + 0,1 = 0,71 \text{ t/m}^2$
 - Combinación tramo recto = $1,4 \text{ CP} + 1,7 \text{ CV}$
 - Combinación tramo recto = $1,4 (0,58) + 1,7 (0,25)$
 - Combinación tramo recto = $1,237 \text{ t/m}^2$
 - Combinación tramo inclinado = $1,4 \text{ CP} + 1,7 \text{ CV}$
 - Combinación tramo inclinado = $1,4 (0,71) + 1,7(0,25)$
 - Combinación tramo inclinado = $1,419 \text{ t/m}^2$

Para el diseño, se tomará la mayor combinación de carga que sitúe a la viga en el estado más crítico; asimismo, dicha carga se uniformizará en toda la sección longitudinal del modelo matemático, como se muestra a continuación:

$$\text{Carga repartida (w)} = 1,419 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \cdot 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Carga repartida (w)} = 2,13 \text{ t/m}$$

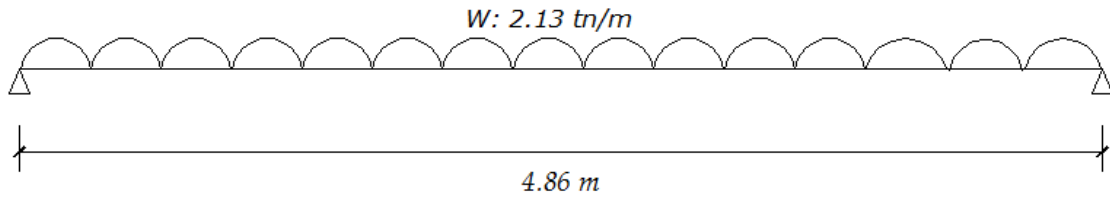


Figura 52: Carga repartida de diseño

Fuente: Elaboración propia

Momento Máximo:

$$\text{Momento máximo} = \frac{wl^2}{8} = \frac{2,13 (4,86)^2}{8} = 6,29 \text{ t} - \text{m}$$

Cortante Máximo:

$$\text{Corte máximo actuante} = \frac{wl}{2} = \frac{2,13 \cdot 4,86}{2} = 5,18 \text{ t}$$

Diseño a Flexión

Para el diseño a flexión utilizaremos el momento máximo de 6,29 t-m y procedemos, de la siguiente forma:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \left| \frac{M_u}{0,9} \right|}{0,85 \cdot \emptyset \cdot f'c \cdot b}}$$

$$a = (15 - 2) - \sqrt{(15 - 2)^2 - \frac{2 \left| \frac{6,29 \cdot 10^5}{0,9} \right|}{0,85 \cdot 0,9 \cdot 210 \cdot 150}}$$

$$a = 2,46 \text{ cm}$$

- Área de Acero a flexión

$$A_s = \frac{M_u/0,9}{\emptyset \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s = \frac{6,29 \cdot 10^5/9}{0,9 \cdot 4200 \cdot \left(13 - \frac{1,99}{2}\right)}$$

$$A_s = 15,71 \text{ cm}^2$$

- Separación del acero por flexión

$$S 1/2" = \frac{\text{Ancho} \cdot A_b}{A_s}$$

$$S 1/2" = \frac{150 \cdot 1,29}{15,71}$$

$$S 1/2" = 12,32 \text{ cm}$$

∴ Usar acero de 1/2" @ 12 cm

- Refuerzo Perpendicular:

$$A_{smin} = 0.0018 \cdot \text{Ancho} \cdot \text{espesor}$$

$$A_{smin} = 0.0018 \cdot 150 \cdot 15$$

$$A_{smin} = 4,05 \text{ cm}^2$$

$$S 3/8" = \frac{150 \cdot 0,71}{4,05}$$

$$S 3/8" = 26,3 \text{ cm}$$

∴ Usar acero de 3/8" @ 25 cm; asimismo, el mismo acero deberá usarse en las zonas por momento negativo.

Diseño a Cortante:

$$\emptyset V_c = \emptyset \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$\emptyset V_c = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 150 \cdot (15 - 3)$$

$$\emptyset V_c = 11,75 \text{ t}$$

$$\emptyset V_c > V_u$$

$$11,75 > 5,28$$

∴ Se observa que el cortante actuante no supera al cortante resistente.

5.13. Análisis no Lineal de la edificación sin disipadores

5.13.1. Definición de materiales en el rango inelástico

- a. Comportamiento inelástico del concreto armado:

Para idealizar el comportamiento del concreto no confinado, confinado y del acero, se empleará el modelo Mander (modelo que analiza el concreto por deformación), el cual se define como:

$$F_c(E) = \frac{F'_{cc} \left(\frac{E}{E_{cc}} \right)^r}{r - 1 + \left(\frac{E}{E_{cc}} \right)^r}$$

$$E_{cc} = E_c \left(5 \left(\frac{F'_{cc}}{F'_{co}} - 1 \right) + 1 \right)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - \left(\frac{F'_{cc}}{E_{cc}} \right)}$$

$$E_c = 13\,500 \sqrt{F'_{co}}$$

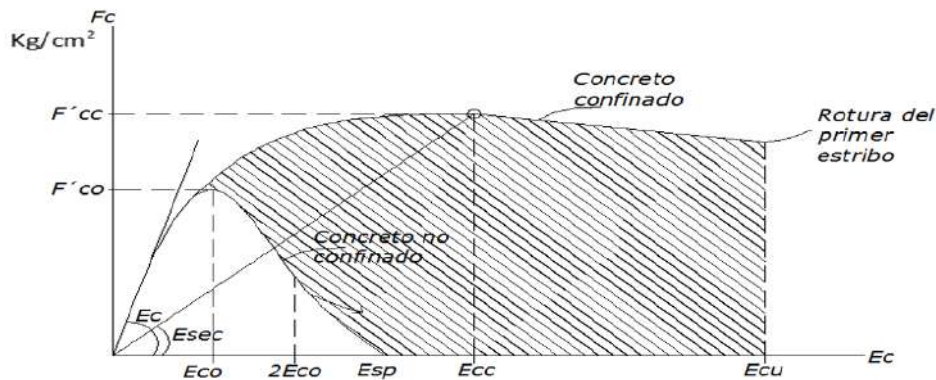


Figura 53: Modelo Mander para concreto confinado y no confinado

Fuente: Adaptado de Mander & Priestley (1988). Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete (P. 1807)

Dónde:

f'_{co} : Esfuerzo máximo del concreto no confinado, kg/cm^2 .

E_c : Deformación longitudinal del concreto a compresión, $\mu\text{m/m}$.

E_{co} : Deformación unitaria correspondiente a f'_{co} .

E_c : Módulo de elasticidad inicial del concreto.

F_c : Tensión de compresión longitudinal en el concreto, kg/cm^2 .

f'_{cc} : Resistencia del concreto confinado, kg/cm^2 .

E_{sec} : Módulo secante de elasticidad del concreto en el esfuerzo máximo

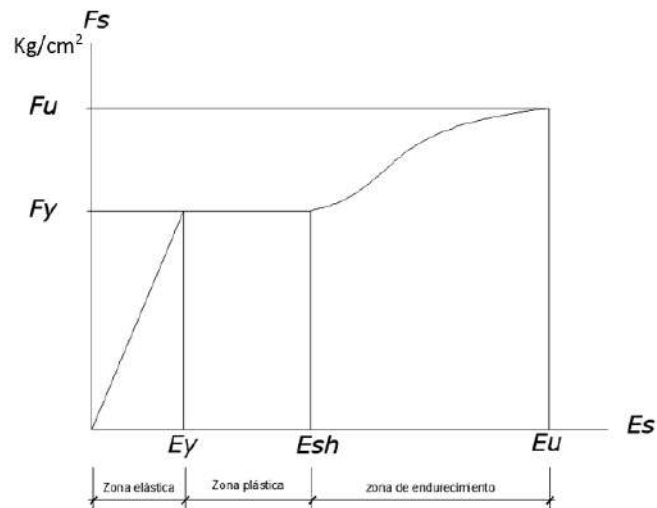


Figura 54: Esfuerzo de formación de un material dúctil típico
 Fuente: Adaptado de Beer, Russell, Dewolf & Mazurek (2010). Mecánica de Materiales (P. 55).

Dónde:

E: Deformación

F: Esfuerzo

E: Módulo de elasticidad

Fy: Esfuerzo de Fluencia

Fu: Esfuerzo máximo

Ey: Deformación antes de la zona plástica

Esh: Deformación antes del endurecimiento.

Eu: Deformación máxima

En función a lo descrito anteriormente, los valores que restringirán el modelo, son los siguientes:

$$E_y = 0,0021$$

$$E_{sh} = 0,01$$

$$E_u = 0,08$$

$$F_y = 4\,800 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 6\,080 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{co} = 0,02$$

$$E_{co} = 0,005$$

En la siguiente imagen se observa los datos insertados para las restricciones del concreto no confinado (0,002), última capacidad del concreto no confinado

(0,005) y la pendiente negativa de la curva del concreto no confinado (-0,1). Estos datos son insertados para el análisis numérico computacional del programa ETABS.

The image shows the 'Nonlinear Material Data' dialog box in ETABS. It contains the following data:

| Section | Parameter | Value | Unit |
|--|--|---------------------|------|
| Material Name and Type | Material Name | CONCRETO F'C=280 | |
| | Material Type | Concrete, Isotropic | |
| Acceptance Criteria Strains | IO (Tension) | 0.01 | m/m |
| | IO (Compression) | 0.003 | m/m |
| | LS (Tension) | 0.02 | m/m |
| Miscellaneous Parameters | Hysteresis Type | Concrete | |
| | Friction Angle | 0 | deg |
| | Dilatational Angle | 0 | deg |
| Stress Strain Curve Definition Options | Definition | Parametric | |
| | Model | Mander | |
| | Final Compression Slope (Multiplier on E) | -0.1 | |
| Parametric Strain Data | Strain at Unconfined Compressive Strength, f'c | 0.002 | |
| | Ultimate Unconfined Strain Capacity | 0.005 | |
| | Final Compression Slope (Multiplier on E) | -0.1 | |

Figura 55: Parámetros del concreto para rangos no lineales en ETABS
Fuente: Elaboración propia

Luego obtenemos la simulación del concreto simple y armado, en donde se puede apreciar que la curva de color rojo muestra la idealización del concreto confinado y la curva de color negro, del concreto no confinado.

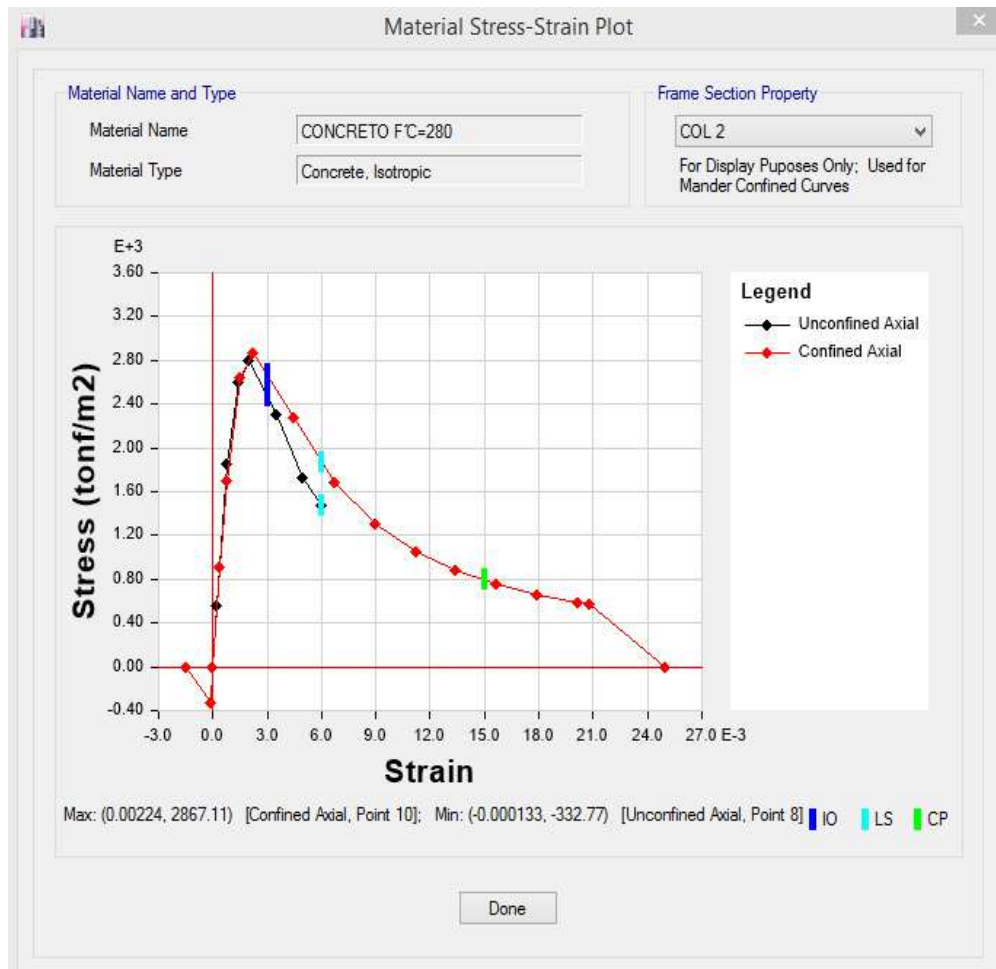


Figura 56: Curva Del Concreto Confinado Y No Confinado
 Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se observa los datos insertados para las restricciones del acero, en donde se tiene el inicio del endurecimiento (0,01), capacidad máxima de deformación (0,08) y pendiente final negativa (-0,1). Estos datos son insertados para el análisis numérico computacional del programa ETABS, para el acero estructural.

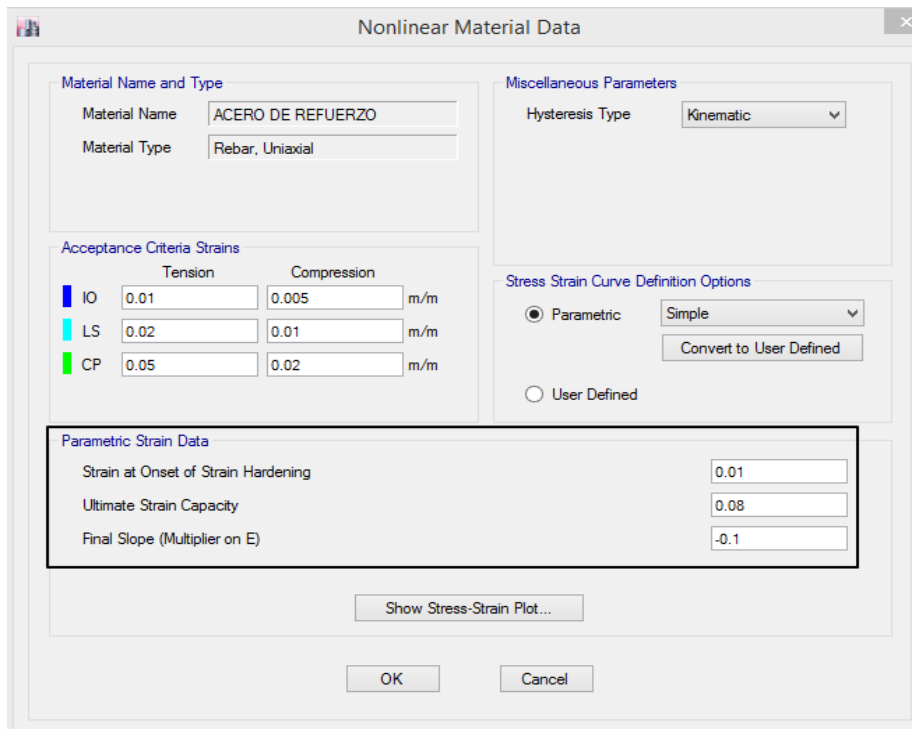


Figura 57: Restricciones del acero para rangos no lineales en ETABS
Fuente: Elaboración propia

Luego se obtiene la curva del acero en función al esfuerzo y deformación considerando los límites inmediatamente operativos (IO), límite de seguridad (LS) y de colapso (CP).

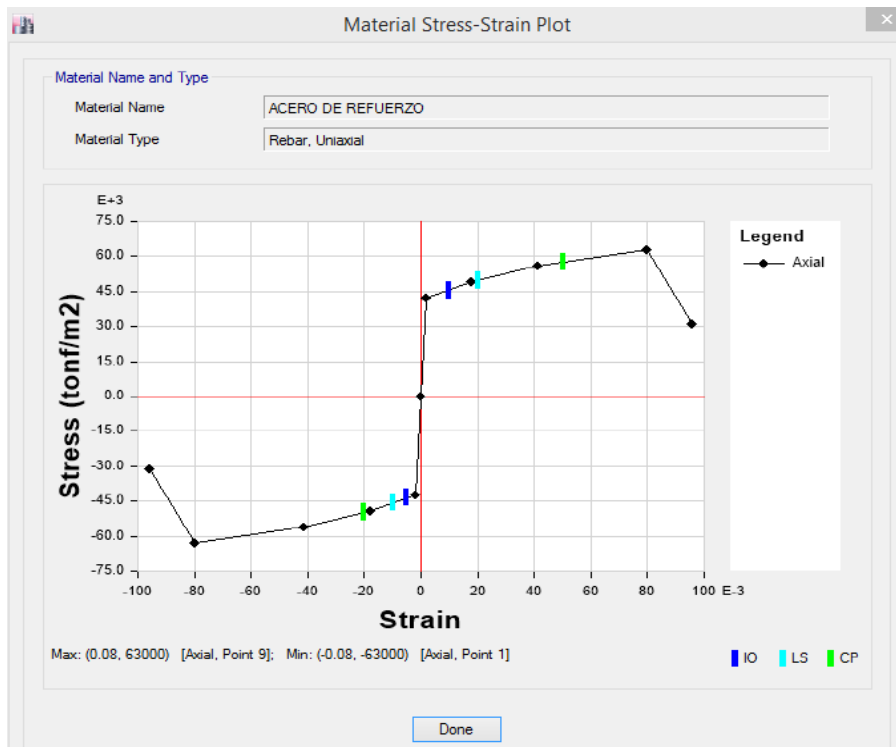


Figura 58: Curva del acero en función al esfuerzo y deformación.
Fuente: Elaboración propia

b. Reducción de inercias de elementos estructurales:

FEMA 356 (2 000) muestra los factores de reducción del momento de inercia de la sección no agrietada para ser usados en análisis de segundo orden (como en este caso AENL), en la siguiente tabla se muestran los valores sombreados que se considerarán en nuestro análisis.

Tabla 31: Valores de Rigidez Efectiva

| Componente | Rigidez de Flexión | Rigidez de corte | Rigidez Axial |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Vigas no pre - esforzadas | 0,5 . E _c . I _g | 0,4 . E _c . A _w | - |
| Vigas pre - esforzadas | E _c . I _g | 0,4 . E _c . A _w | - |
| Columnas con compresión debidas a las cargas de diseño de gravedad ≥ 0,5 . f'c . A _g | 0,7 . E _c . I _g | 0,4 . E _c . A _w | E _c . A _g |
| Columnas con compresión debidas a las cargas de diseño de gravedad ≤ 0,3 . f'c . A _g o con tensión | 0,5 . E _c . I _g | 0,4 . E _c . A _w | E _c . A _g |
| Muros no Agrietados | 0,8 . E _c . I _g | 0,4 . E _c . A _w | E _c . A _g |
| Muros Agrietados | 0,5 . E _c . I _g | 0,4 . E _c . A _w | E _c . A _g |

Fuente: Adaptado de FEMA 356, 2000. Prestandar And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Builidings (Cap. 6-12)

5.13.2. Rótulas Plásticas:

García (2018), define rótulas plásticas como puntos localizados en zonas específicas de una sección de un elemento estructural (viga, columna, placa, etc.) que permiten la disipación de energía y se producen cuando el momento plástico del elemento ha sido superado por el momento actuante.

Para conocer los mecanismos localizados, se debe encontrar la longitud plástica (L_p), el cual va determinar la zona específica donde las rotaciones crecen con mayor rapidez dependiendo del momento resistente a la flexión (M_u), momento de fluencia (M_y) y fuerza cortante (V), definida de la siguiente forma:

$$L_p = \frac{M_u - M_y}{V}$$

Para calcular la longitud plástica, Mejía (como se citó en García, 2018) muestra dos procedimientos que están en función a L (distancia entre la sección crítica al punto de inflexión), al ϕb (diámetro menor de la barra de refuerzo) y Fyk (Límite elástico del refuerzo longitudinal); de las cuales una fue desarrollada por Park & Priestley y otra por el Eurocodigo 8, respectivamente. Las propiedades en mención, se detallan a continuación:

- $Lp = 0,08 \cdot L + 0,015 \cdot Fyk(\phi b)$
- $Lp = 0,1 \cdot L + 0,022 \cdot Fyk(\phi b)$

A continuación, se muestran la asignación los puntos donde probablemente se generen las rótulas plásticas, como muestra se observa el eje B-B.

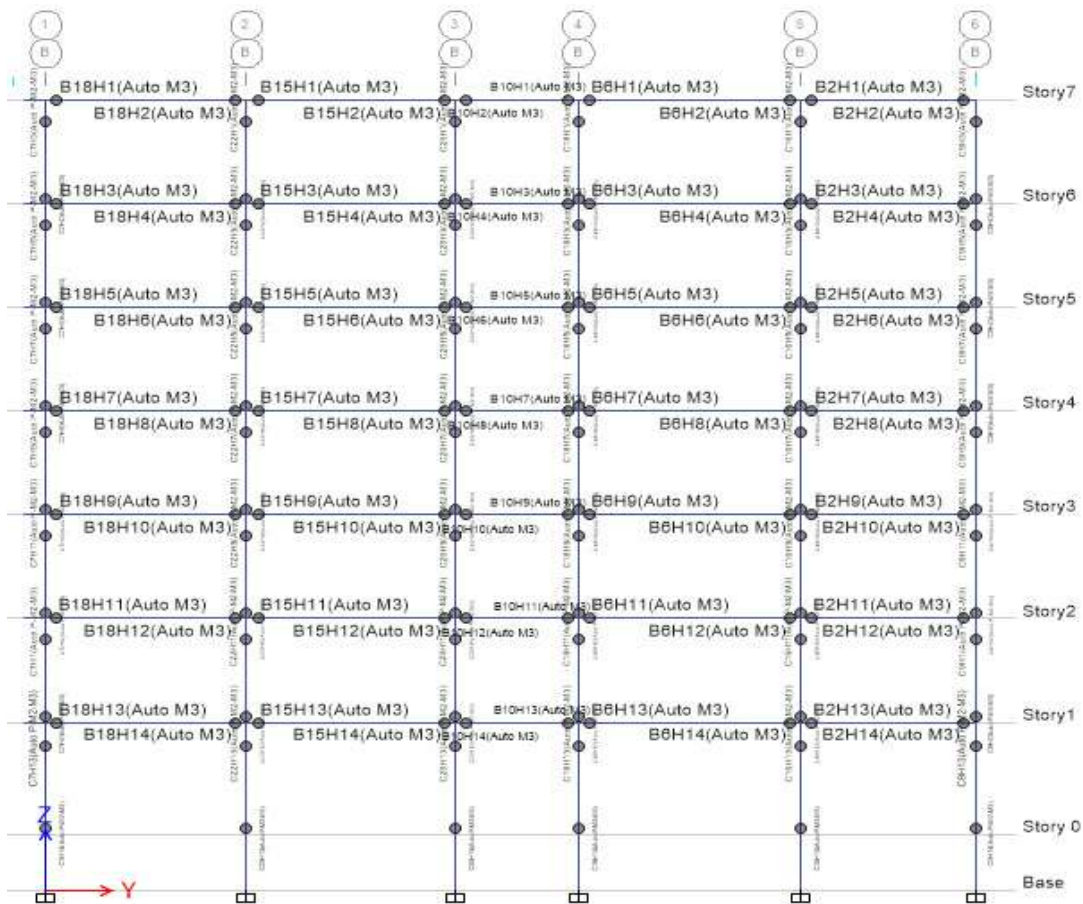


Figura 59: Asignación de rótulas plásticas a los elementos estructurales
Fuente: Elaboración propia

A través de los modos de la estructura, se encuentra el patrón de fuerza lateral para empuje en el análisis no lineal estático, estos modos deben ser normalizados en función al modo del techo, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 32: Normalización de modos para fines de carga lateral

| Piso | Elevación (m) | Dirección X | Normalizando en X | Dirección Y | Normalizando en Y |
|--------|---------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| Piso 7 | 28,2 | 0,0000090 | 1,00 | 0,0000270 | 1 |
| Piso 6 | 24,5 | 0,0000080 | 0,89 | 0,0000250 | 0,93 |
| Piso 5 | 20,8 | 0,0000070 | 0,78 | 0,0000220 | 0,81 |
| Piso 4 | 17,1 | 0,0000060 | 0,67 | 0,0000180 | 0,67 |
| Piso 3 | 13,4 | 0,0000050 | 0,56 | 0,0000130 | 0,48 |
| Piso 2 | 9,7 | 0,0000030 | 0,33 | 0,0000090 | 0,33 |
| Piso 1 | 6 | 0,0000020 | 0,22 | 0,0000040 | 0,15 |

Fuente: Elaboración propia

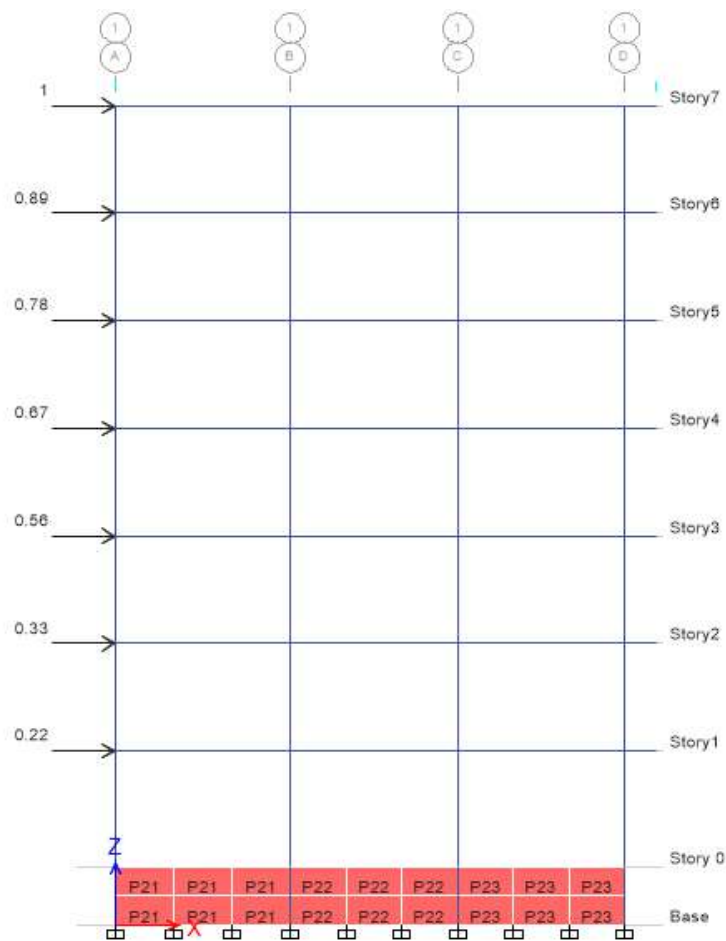


Figura 60: Carga lateral para Pushover en X

Fuente: Elaboración propia

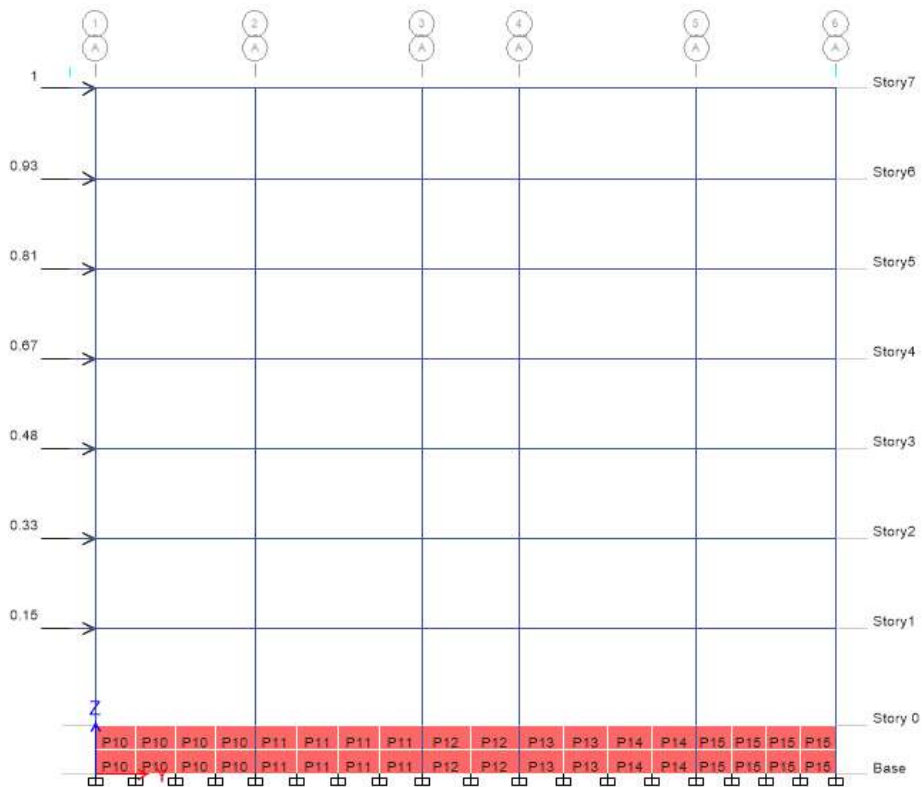


Figura 61: Carga lateral para Pushover en Y
Fuente: Elaboración propia

c. Idealización de placas en un rango no lineal:

Otazzi (2014) muestra los siguientes pasos para modelar los elementos Shell (muros o placas) como si fuese un elemento tipo frame.

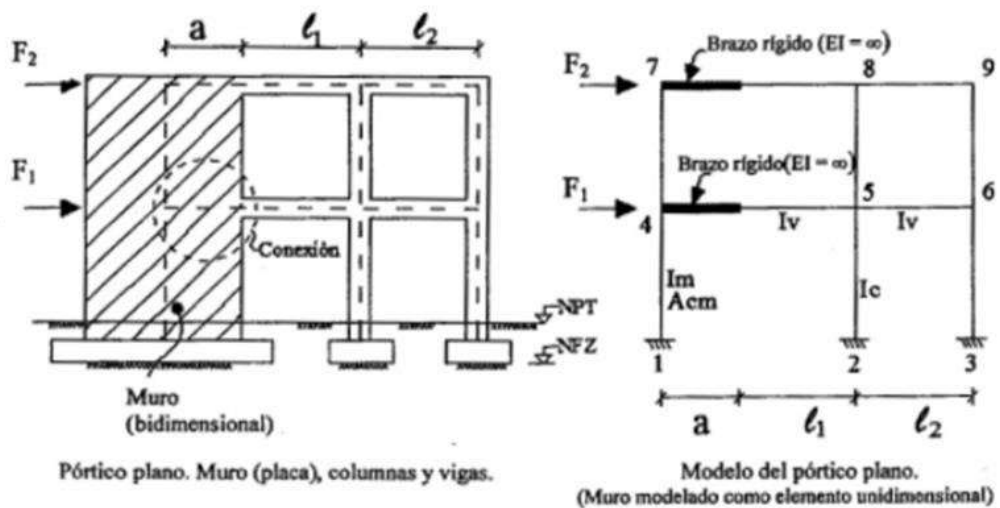


Figura 62: Transformada de un elemento Shell thick a Frame
Fuente: Adaptado de Ottazzi, 2014. Apuntes del Curso de Análisis Estructural 1 (P.21)

Para crear el modelo idealizado en la figura 62, se han seguido los siguientes pasos:

- El muro que es un elemento tipo Shell thick, se ha transformado a un elemento tipo frame.
- Las vigas que cubren el tramo de la placa tendrán que tener rigidez infinita (brazo rígido), con la finalidad de cumplir a la hipótesis de Navier (secciones planas).
- Se idealiza la placa, empotrada a la cimentación.
- Con esta filosofía se analizará las placas del ascensor, a fin de poder obtener las rótulas plásticas o puntos de probable falla.
- En la imagen se puede apreciar la idealización del muro que corresponde al eje N° 3, donde claramente se puede apreciar la deformada de los pórticos y en las zonas donde la viga es infinitamente rígida, la deformada es muy baja.

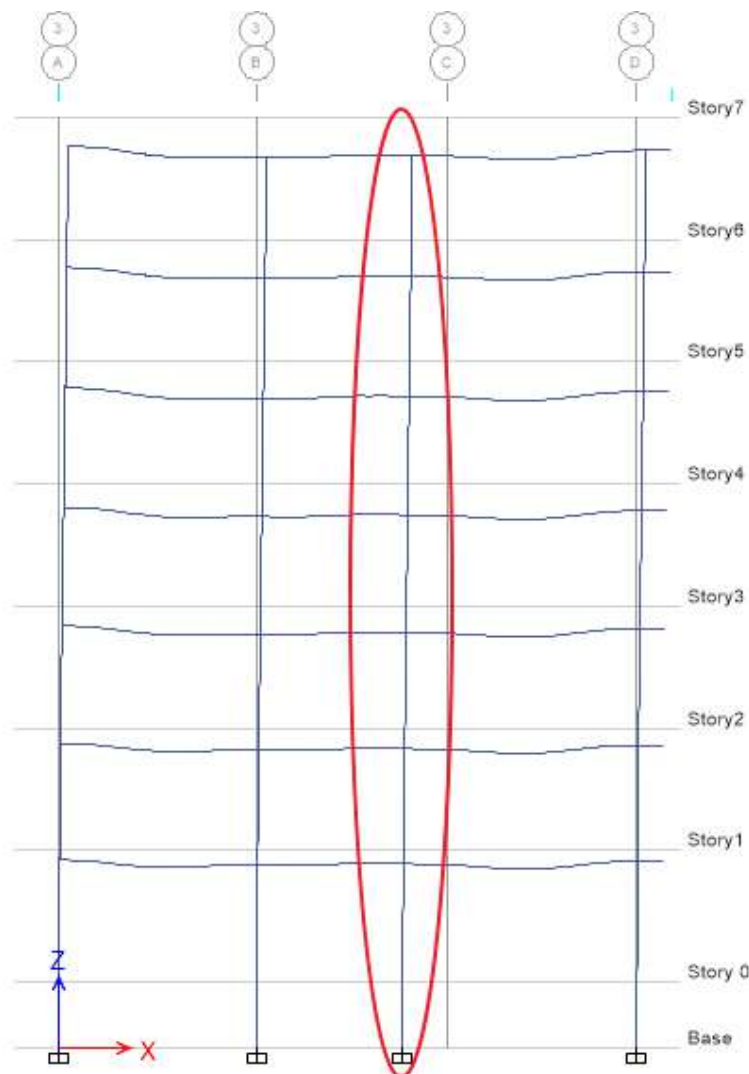


Figura 63: Transformada de un elemento Shell thick a Frame en ETABS
Fuente: Elaboración propia

5.13.3. Desempeño sísmico en la dirección X

- a. Curva de Capacidad Pushover en la dirección X:

Del software ETABS, se extrae los resultados del análisis Pushover, dichos datos están en función de la fuerza cortante y el desplazamiento, tal como se muestra en la siguiente tabla 33.

Tabla 33: Fuerzas y desplazamiento de Pushover en la dirección X

| Dirección "X-X" | |
|-----------------|-----------|
| Desplazamiento | Cortante |
| m | t |
| 0,000415 | 0 |
| 0,017081 | 264,4737 |
| 0,033748 | 528,9473 |
| 0,050415 | 793,421 |
| 0,067081 | 1057,8947 |
| 0,083748 | 1322,3683 |
| 0,088349 | 1395,3755 |
| 0,105663 | 1667,9347 |
| 0,123495 | 1942,6861 |
| 0,14118 | 2207,1881 |
| 0,159323 | 2461,6862 |
| 0,180829 | 2747,7667 |
| 0,186372 | 2820,4619 |
| 0,185125 | 2800,5488 |

Fuente: Elaboración propia

El valor de “dy” es necesario calcular, a través de un proceso de compensación de áreas hasta obtener la curva bilineal con 3 puntos, tal como se muestra en la siguiente tabla 34 y figura 64.

Tabla 34: Coordenadas para la bilineal, eje X

| Coordenada | Deformación | Cortante |
|------------------|-------------|----------|
| Punto de partida | 0 | 0 |
| dy1 | 0,097 | 1550 |
| du1 | 0,185125 | 2800,55 |

Fuente: Elaboración propia

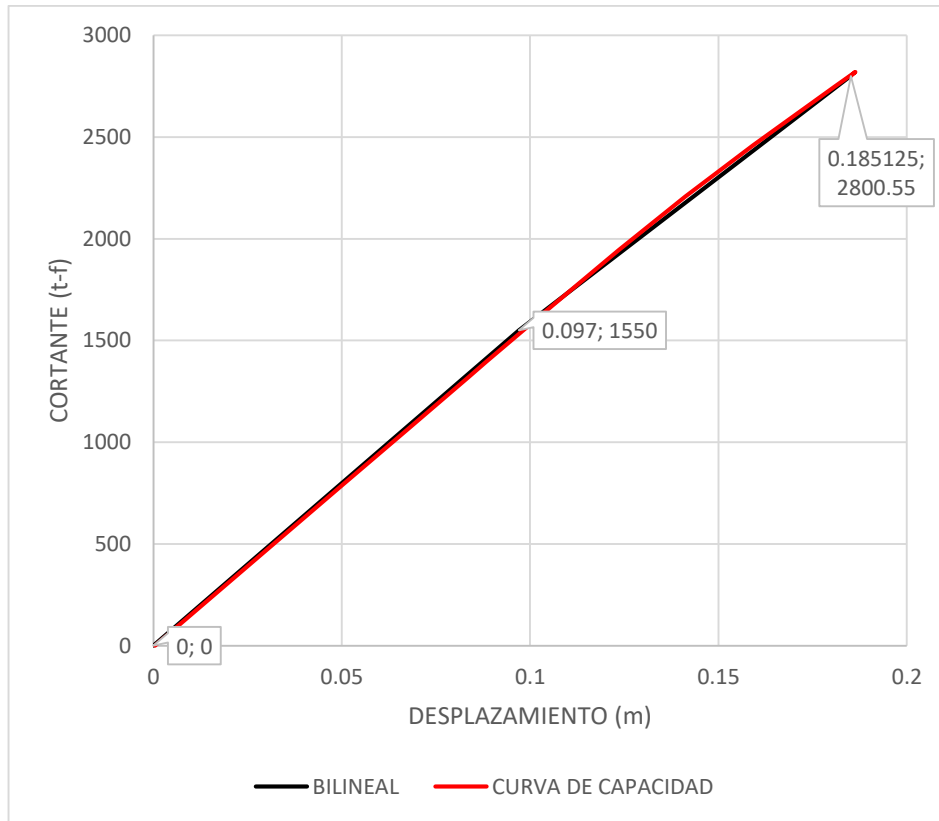


Figura 64: Curva de Capacidad

Fuente: Elaboración propia

a. Cálculo del espectro reducido

Cálculo del peso efectivo: En la tabla 35 se muestran los desplazamientos del primer modo de vibración (ϕ_{i1}) y la masa del centro de gravedad, estos valores son extraídos del software ETABS, para procesarlos de la siguiente forma:

Tabla 35: Desplazamientos y masas en el primer modo de vibración, eje X

| Nivel | Elevación (m) | ϕ_{i1} (m) | Modos normalizados | m_i (tonf) | W_i (t) | $W_i(\phi_{i1})$ | $W_i(\phi_{i1})^2$ |
|--------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|-----------|------------------|--------------------|
| Piso 7 | 28,2 | 0,000012 | 1 | 23,65148 | 232,0 | 232,02 | 232,02 |
| Piso 6 | 24,5 | 0,000011 | 0,916667 | 34,95127 | 342,9 | 314,30 | 288,11 |
| Piso 5 | 20,8 | 0,000010 | 0,833333 | 34,95127 | 342,9 | 285,73 | 238,11 |
| Piso 4 | 17,1 | 0,000009 | 0,75 | 34,95127 | 342,9 | 257,15 | 192,87 |
| Piso 3 | 13,4 | 0,000007 | 0,583333 | 34,95127 | 342,9 | 200,01 | 116,67 |
| Piso 2 | 9,7 | 0,000005 | 0,416667 | 34,95127 | 342,9 | 142,86 | 59,53 |
| Piso 1 | 6 | 0,000002 | 0,166667 | 35,8062 | 351,3 | 58,54 | 9,76 |
| Suma | | | | | 2297,6 | 1490,6 | 1137,1 |

Fuente: Elaboración propia

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1})/g]^2}{[\sum_{i=1}^N w_i/g][\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2)/g]}$$

$$\alpha_1 = \frac{\left(\frac{1490,6}{9,81}\right)^2}{\left(\frac{2297,6}{9,81}\right)\left(\frac{1137,1}{9,81}\right)}$$

$$\alpha_1 = 0,85$$

$$PF1 \phi_{i1} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1})/g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2)/g} \right]$$

$$PF1 \phi_{i1} = \frac{\left(\frac{1490}{9,81}\right)}{\left(\frac{1137,1}{9,81}\right)}$$

$$PF1 \phi_{i1} = 1,31$$

PF1 $\Phi_{proof.1}=1$

Wefectivo = 2 297,6 . 0,85 = 1 952,96 t.

Tabla 36: Desplazamiento y cortante en función a la participación modal y peso efectivo, respectivamente.

| PF1 ϕ_{i1} | W efectivo | Desplazamiento (m) | Cortante (tonf) | V/Wefec. | D/ PF1 ϕ_{i1} |
|--------------------|------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------|
| | | 0,0004 | 0.0000 | 0,0000 | 0,0003 |
| | | 0,0171 | 264,4737 | 0,1353 | 0,0130 |
| | | 0,0337 | 528,9473 | 0,2707 | 0,0257 |
| | | 0,0504 | 793,4210 | 0,4060 | 0,0385 |
| | | 0,0671 | 1 057,8947 | 0,5414 | 0,0512 |
| | | 0,0837 | 1 322,3683 | 0,6767 | 0,0639 |
| 1,31 | 1 954,1 | 0,0883 | 1 395,3755 | 0,7141 | 0,0674 |
| | | 0,1057 | 1 667,9347 | 0,8535 | 0,0806 |
| | | 0,1235 | 1 942,6861 | 0,9942 | 0,0942 |
| | | 0,1412 | 2 207,1881 | 1,1295 | 0,1077 |
| | | 0,1593 | 2 461,6862 | 1,2597 | 0,1215 |
| | | 0,1808 | 2 747,7667 | 1,4061 | 0,1379 |
| | | 0,1864 | 2 820,4619 | 1,4433 | 0,1422 |
| | | 0,1851 | 2 800,5488 | 1,4332 | 0,1412 |

Fuente: Elaboración propia

A través de un proceso iterativo, se debe encontrar los valores de a_{pi} y d_{pi} , de manera que se halle la curva bilineal y se proceda a calcular la ductilidad. Asimismo, los valores de “ a_y ” y “ d_y ”, se calcularon de la siguiente forma:

$$d_y = \frac{\text{Deformación } dy1}{PF1 \phi i1} = \frac{0,097}{1,31} = 0,074$$

$$a_y = \frac{\text{Cortante } dy1}{\text{Peso efectivo}} = \frac{1550}{1\ 954,1} = 0,793$$

Cálculo de los valores de Rigidez Post - Elástica (α) y Ductilidad (μ), como sigue:
Rigidez Post-elástica:

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{0,91 - 0,793}{0,087 - 0,074}\right)}{\left(\frac{0,793}{0,074}\right)}$$

$$\alpha = 0,8398 \approx 83,98 \%$$

$$\alpha \text{ según FEMA 440} = 20$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y} = \frac{0,087}{0,074}$$

$$\mu = 1,18$$

- Amortiguamiento Efectivo: Teniendo los valores de ductilidad, se procede a identificar la ecuación a emplear, para poder obtener el amortiguamiento efectivo.

$$B_{eff} = A(\mu - 1)^2 + B(\mu - 1)^3 + B_0$$

$$B_{eff} = 4,6(1,18 - 1)^2 + (-0,99)(1,18 - 1)^3 + 5$$

$$B_{eff} = 5,14$$

- Periodo efectivo:

$$T_{eff} = [G(\mu - 1)^2 + H(\mu - 1)^3 + 1]T_0$$

$$T_{eff} = [0,10(1,18 - 1)^2 + (-0,015)(1,18 - 1)^3 + 1]0,727$$

$$T_{eff} = 0,73$$

b. Reducciones al espectro elástico:

- Reducción Espectral ADRS

$$S_a = \frac{(S_a)_o}{B(B_{eff})}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \ln(B_{eff}(\text{in}\%))}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \ln(5,14)}$$

$$B = 1,01$$

- Reducción Espectral MADRS

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2$$

$$\left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha(\mu - 1)}{\mu} = \frac{1 + 20\%(1,18 - 1)}{1,18}$$

$$\left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha(\mu - 1)}{\mu} = 0,86$$

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{0,73}{0,727}\right)^2 \cdot 0,86$$

$$M = 0,886$$

A continuación, se reducirá los valores del espectro de respuesta, dividiendo a la pseudoaceleración por los valores del espectro de respuesta de aceleración-desplazamiento (ADRS) y modificación del espectro la aceleración-desplazamiento (MADRS).

Tabla 37: Valores de reducción de espectro

| T | C | ZUCS | Sa (g) | Sa (g) /B | MARDs (g) |
|------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| 0,00 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9215 |
| 0,05 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,10 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,15 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,20 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,25 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,30 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,35 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,40 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,45 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,50 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,55 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,60 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,65 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,70 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,75 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,80 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,85 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,90 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 0,95 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 1,00 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 1,0404 | 0,9051 |
| 1,05 | 2,3810 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9909 | 0,8620 |
| 1,10 | 2,2727 | 0,9545 | 0,9545 | 0,9459 | 0,8228 |
| 1,15 | 2,1739 | 0,9130 | 0,9130 | 0,9047 | 0,7871 |
| 1,20 | 2,0833 | 0,8750 | 0,8750 | 0,8670 | 0,7543 |
| 1,25 | 2,0000 | 0,8400 | 0,8400 | 0,8324 | 0,7241 |
| 1,30 | 1,9231 | 0,8077 | 0,8077 | 0,8003 | 0,6962 |
| 1,35 | 1,8519 | 0,7778 | 0,7778 | 0,7707 | 0,6705 |
| 1,40 | 1,7857 | 0,7500 | 0,7500 | 0,7432 | 0,6465 |
| 1,45 | 1,7241 | 0,7241 | 0,7241 | 0,7175 | 0,6242 |
| 1,50 | 1,6667 | 0,7000 | 0,7000 | 0,6936 | 0,6034 |
| 1,55 | 1,6129 | 0,6774 | 0,6774 | 0,6713 | 0,5840 |
| 1,60 | 1,5625 | 0,6563 | 0,6563 | 0,6503 | 0,5657 |
| 1,65 | 1,4692 | 0,6171 | 0,6171 | 0,6115 | 0,5319 |
| 1,70 | 1,3841 | 0,5813 | 0,5813 | 0,5760 | 0,5011 |
| 1,75 | 1,3061 | 0,5486 | 0,5486 | 0,5436 | 0,4729 |
| 1,80 | 1,2346 | 0,5185 | 0,5185 | 0,5138 | 0,4470 |
| 1,85 | 1,1687 | 0,4909 | 0,4909 | 0,4864 | 0,4231 |
| 1,90 | 1,1080 | 0,4654 | 0,4654 | 0,4611 | 0,4012 |
| 1,95 | 1,0519 | 0,4418 | 0,4418 | 0,4378 | 0,3809 |
| 2,00 | 1,0000 | 0,4200 | 0,4200 | 0,4162 | 0,3620 |
| 2,05 | 0,9518 | 0,3998 | 0,3998 | 0,3961 | 0,3446 |
| 2,10 | 0,9070 | 0,3810 | 0,3810 | 0,3775 | 0,3284 |
| 2,15 | 0,8653 | 0,3634 | 0,3634 | 0,3601 | 0,3133 |
| 2,20 | 0,8264 | 0,3471 | 0,3471 | 0,3439 | 0,2992 |
| 2,25 | 0,7901 | 0,3319 | 0,3319 | 0,3288 | 0,2861 |
| 2,30 | 0,7561 | 0,3176 | 0,3176 | 0,3147 | 0,2738 |
| 2,35 | 0,7243 | 0,3042 | 0,3042 | 0,3014 | 0,2622 |
| 2,40 | 0,6944 | 0,2917 | 0,2917 | 0,2890 | 0,2514 |
| 2,45 | 0,6664 | 0,2799 | 0,2799 | 0,2773 | 0,2413 |
| 2,50 | 0,6400 | 0,2688 | 0,2688 | 0,2664 | 0,2317 |
| 2,55 | 0,6151 | 0,2584 | 0,2584 | 0,2560 | 0,2227 |
| 2,60 | 0,5917 | 0,2485 | 0,2485 | 0,2463 | 0,2142 |
| 2,65 | 0,5696 | 0,2392 | 0,2392 | 0,2371 | 0,2062 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2,70 | 0,5487 | 0,2305 | 0,2305 | 0,2284 | 0,1987 |
| 2,75 | 0,5289 | 0,2221 | 0,2221 | 0,2201 | 0,1915 |
| 2,80 | 0,5102 | 0,2143 | 0,2143 | 0,2123 | 0,1847 |
| 2,85 | 0,4925 | 0,2068 | 0,2068 | 0,2049 | 0,1783 |
| 2,90 | 0,4756 | 0,1998 | 0,1998 | 0,1979 | 0,1722 |
| 2,95 | 0,4596 | 0,1930 | 0,1930 | 0,1913 | 0,1664 |
| 3,00 | 0,4444 | 0,1867 | 0,1867 | 0,1850 | 0,1609 |
| 3,05 | 0,4300 | 0,1806 | 0,1806 | 0,1790 | 0,1557 |
| 3,10 | 0,4162 | 0,1748 | 0,1748 | 0,1732 | 0,1507 |
| 3,15 | 0,4031 | 0,1693 | 0,1693 | 0,1678 | 0,1460 |
| 3,20 | 0,3906 | 0,1641 | 0,1641 | 0,1626 | 0,1414 |
| 3,25 | 0,3787 | 0,1591 | 0,1591 | 0,1576 | 0,1371 |
| 3,30 | 0,3673 | 0,1543 | 0,1543 | 0,1529 | 0,1330 |
| 3,35 | 0,3564 | 0,1497 | 0,1497 | 0,1483 | 0,1290 |
| 3,40 | 0,3460 | 0,1453 | 0,1453 | 0,1440 | 0,1253 |
| 3,45 | 0,3361 | 0,1411 | 0,1411 | 0,1399 | 0,1217 |
| 3,50 | 0,3265 | 0,1371 | 0,1371 | 0,1359 | 0,1182 |
| 3,55 | 0,3174 | 0,1333 | 0,1333 | 0,1321 | 0,1149 |
| 3,60 | 0,3086 | 0,1296 | 0,1296 | 0,1284 | 0,1117 |
| 3,65 | 0,3002 | 0,1261 | 0,1261 | 0,1250 | 0,1087 |
| 3,70 | 0,2922 | 0,1227 | 0,1227 | 0,1216 | 0,1058 |
| 3,75 | 0,2844 | 0,1195 | 0,1195 | 0,1184 | 0,1030 |
| 3,80 | 0,2770 | 0,1163 | 0,1163 | 0,1153 | 0,1003 |
| 3,85 | 0,2699 | 0,1133 | 0,1133 | 0,1123 | 0,0977 |
| 3,90 | 0,2630 | 0,1105 | 0,1105 | 0,1094 | 0,0952 |
| 3,95 | 0,2564 | 0,1077 | 0,1077 | 0,1067 | 0,0928 |
| 4,00 | 0,2500 | 0,1050 | 0,1050 | 0,1040 | 0,0905 |
| 4,05 | 0,2439 | 0,1024 | 0,1024 | 0,1015 | 0,0883 |
| 4,10 | 0,2380 | 0,0999 | 0,0999 | 0,0990 | 0,0862 |
| 4,15 | 0,2323 | 0,0975 | 0,0975 | 0,0967 | 0,0841 |
| 4,20 | 0,2268 | 0,0952 | 0,0952 | 0,0944 | 0,0821 |
| 4,25 | 0,2215 | 0,0930 | 0,0930 | 0,0922 | 0,0802 |
| 4,30 | 0,2163 | 0,0909 | 0,0909 | 0,0900 | 0,0783 |
| 4,35 | 0,2114 | 0,0888 | 0,0888 | 0,0880 | 0,0765 |
| 4,40 | 0,2066 | 0,0868 | 0,0868 | 0,0860 | 0,0748 |
| 4,45 | 0,2020 | 0,0848 | 0,0848 | 0,0841 | 0,0731 |
| 4,50 | 0,1975 | 0,0830 | 0,0830 | 0,0822 | 0,0715 |
| 4,55 | 0,1932 | 0,0811 | 0,0811 | 0,0804 | 0,0700 |
| 4,60 | 0,1890 | 0,0794 | 0,0794 | 0,0787 | 0,0684 |
| 4,65 | 0,1850 | 0,0777 | 0,0777 | 0,0770 | 0,0670 |
| 4,70 | 0,1811 | 0,0761 | 0,0761 | 0,0754 | 0,0656 |
| 4,75 | 0,1773 | 0,0745 | 0,0745 | 0,0738 | 0,0642 |
| 4,80 | 0,1736 | 0,0729 | 0,0729 | 0,0723 | 0,0629 |
| 4,85 | 0,1700 | 0,0714 | 0,0714 | 0,0708 | 0,0616 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4,90 | 0,1666 | 0,0700 | 0,0700 | 0,0693 | 0,0603 |
| 4,95 | 0,1632 | 0,0686 | 0,0686 | 0,0679 | 0,0591 |
| 5,00 | 0,1600 | 0,0672 | 0,0672 | 0,0666 | 0,0579 |
| 5,05 | 0,1568 | 0,0659 | 0,0659 | 0,0653 | 0,0568 |
| 5,10 | 0,1538 | 0,0646 | 0,0646 | 0,0640 | 0,0557 |
| 5,15 | 0,1508 | 0,0633 | 0,0633 | 0,0628 | 0,0546 |
| 5,20 | 0,1479 | 0,0621 | 0,0621 | 0,0616 | 0,0536 |
| 5,25 | 0,1451 | 0,0610 | 0,0610 | 0,0604 | 0,0525 |
| 5,30 | 0,1424 | 0,0598 | 0,0598 | 0,0593 | 0,0516 |
| 5,35 | 0,1398 | 0,0587 | 0,0587 | 0,0582 | 0,0506 |
| 5,40 | 0,1372 | 0,0576 | 0,0576 | 0,0571 | 0,0497 |
| 5,45 | 0,1347 | 0,0566 | 0,0566 | 0,0560 | 0,0488 |
| 5,50 | 0,1322 | 0,0555 | 0,0555 | 0,0550 | 0,0479 |
| 5,55 | 0,1299 | 0,0545 | 0,0545 | 0,0540 | 0,0470 |
| 5,60 | 0,1276 | 0,0536 | 0,0536 | 0,0531 | 0,0462 |
| 5,65 | 0,1253 | 0,0526 | 0,0526 | 0,0521 | 0,0454 |
| 5,70 | 0,1231 | 0,0517 | 0,0517 | 0,0512 | 0,0446 |
| 5,75 | 0,1210 | 0,0508 | 0,0508 | 0,0504 | 0,0438 |
| 5,80 | 0,1189 | 0,0499 | 0,0499 | 0,0495 | 0,0430 |
| 5,85 | 0,1169 | 0,0491 | 0,0491 | 0,0486 | 0,0423 |
| 5,90 | 0,1149 | 0,0483 | 0,0483 | 0,0478 | 0,0416 |
| 5,95 | 0,1130 | 0,0475 | 0,0475 | 0,0470 | 0,0409 |
| 6,00 | 0,1111 | 0,0467 | 0,0467 | 0,0462 | 0,0402 |
| 6,05 | 0,1093 | 0,0459 | 0,0459 | 0,0455 | 0,0396 |
| 6,10 | 0,1075 | 0,0451 | 0,0451 | 0,0447 | 0,0389 |
| 6,15 | 0,1058 | 0,0444 | 0,0444 | 0,0440 | 0,0383 |
| 6,20 | 0,1041 | 0,0437 | 0,0437 | 0,0433 | 0,0377 |
| 6,25 | 0,1024 | 0,0430 | 0,0430 | 0,0426 | 0,0371 |
| 6,30 | 0,1008 | 0,0423 | 0,0423 | 0,0419 | 0,0365 |
| 6,35 | 0,0992 | 0,0417 | 0,0417 | 0,0413 | 0,0359 |

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la tabla 37, procedemos a graficar los espectros correspondientes:

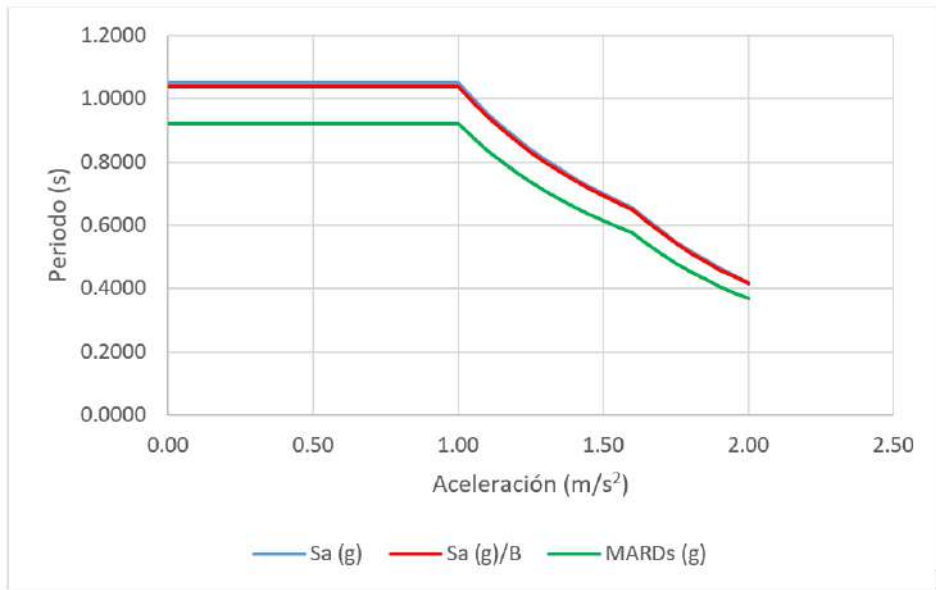


Figura 65: Espectro de respuesta modificado (MADRS)

Fuente: Elaboración propia

c. Punto de Desempeño:

Para calcular el punto de desempeño, se debe conocer la velocidad angular y pseudo-desplazamiento:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$Sd = \frac{Sa \cdot g}{\omega^2}$$

Tabla 38: Tabla de velocidades angulares y pseudo-desplazamiento

| Sa (g) | MADRs (g) | w (rad) | Sd (m) |
|--------|-----------|----------|--------|
| 1,0500 | 0,9215 | 0,0000 | 0,0000 |
| 1,0500 | 0,9215 | 125,6637 | 0,0007 |
| 1,0500 | 0,9215 | 62,8319 | 0,0026 |
| 1,0500 | 0,9215 | 41,8879 | 0,0059 |
| 1,0500 | 0,9215 | 31,4159 | 0,0104 |
| 1,0500 | 0,9215 | 25,1327 | 0,0163 |
| 1,0500 | 0,9215 | 20,9440 | 0,0235 |
| 1,0500 | 0,9215 | 17,9520 | 0,0320 |
| 1,0500 | 0,9215 | 15,7080 | 0,0417 |
| 1,0500 | 0,9215 | 13,9626 | 0,0528 |
| 1,0500 | 0,9215 | 12,5664 | 0,0652 |
| 1,0500 | 0,9215 | 11,4240 | 0,0789 |
| 1,0500 | 0,9215 | 10,4720 | 0,0939 |
| 1,0500 | 0,9215 | 9,6664 | 0,1102 |
| 1,0500 | 0,9215 | 8,9760 | 0,1278 |
| 1,0500 | 0,9215 | 8,3776 | 0,1468 |
| 1,0500 | 0,9215 | 7,8540 | 0,1670 |
| 1,0500 | 0,9215 | 7,3920 | 0,1885 |

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 1,0500 | 0,9215 | 6,9813 | 0,2113 |
| 1,0500 | 0,9215 | 6,6139 | 0,2355 |
| 1,0500 | 0,9215 | 6,2832 | 0,2609 |
| 1,0000 | 0,8776 | 5,9840 | 0,2740 |
| 0,9545 | 0,8377 | 5,7120 | 0,2870 |
| 0,9130 | 0,8013 | 5,4636 | 0,3001 |
| 0,8750 | 0,7679 | 5,2360 | 0,3131 |
| 0,8400 | 0,7372 | 5,0265 | 0,3261 |
| 0,8077 | 0,7089 | 4,8332 | 0,3392 |
| 0,7778 | 0,6826 | 4,6542 | 0,3522 |
| 0,7500 | 0,6582 | 4,4880 | 0,3653 |
| 0,7241 | 0,6355 | 4,3332 | 0,3783 |
| 0,7000 | 0,6143 | 4,1888 | 0,3914 |
| 0,6774 | 0,5945 | 4,0537 | 0,4044 |
| 0,6563 | 0,5759 | 3,9270 | 0,4175 |
| 0,6171 | 0,5416 | 3,8080 | 0,4175 |
| 0,5813 | 0,5102 | 3,6960 | 0,4175 |
| 0,5486 | 0,4814 | 3,5904 | 0,4175 |
| 0,5185 | 0,4551 | 3,4907 | 0,4175 |
| 0,4909 | 0,4308 | 3,3963 | 0,4175 |
| 0,4654 | 0,4084 | 1,0000 | 4,5653 |
| 0,4418 | 0,3878 | 3,2221 | 0,4175 |
| 0,4200 | 0,3686 | 3,1416 | 0,4175 |
| 0,3998 | 0,3508 | 3,0650 | 0,4175 |
| 0,3810 | 0,3343 | 2,9920 | 0,4175 |
| 0,3634 | 0,3190 | 2,9224 | 0,4175 |
| 0,3471 | 0,3046 | 2,8560 | 0,4175 |
| 0,3319 | 0,2912 | 2,7925 | 0,4175 |
| 0,3176 | 0,2787 | 2,7318 | 0,4175 |
| 0,3042 | 0,2670 | 2,6737 | 0,4175 |
| 0,2917 | 0,2560 | 2,6180 | 0,4175 |
| 0,2799 | 0,2456 | 2,5646 | 0,4175 |
| 0,2688 | 0,2359 | 2,5133 | 0,4175 |
| 0,2584 | 0,2267 | 2,4640 | 0,4175 |
| 0,2485 | 0,2181 | 2,4166 | 0,4175 |
| 0,2392 | 0,2100 | 2,3710 | 0,4175 |
| 0,2305 | 0,2023 | 2,3271 | 0,4175 |
| 0,2221 | 0,1950 | 2,2848 | 0,4175 |
| 0,2143 | 0,1881 | 2,2440 | 0,4175 |
| 0,2068 | 0,1815 | 2,2046 | 0,4175 |
| 0,1998 | 0,1753 | 2,1666 | 0,4175 |
| 0,1930 | 0,1694 | 2,1299 | 0,4175 |
| 0,1867 | 0,1638 | 2,0944 | 0,4175 |
| 0,1806 | 0,1585 | 2,0601 | 0,4175 |
| 0,1748 | 0,1534 | 2,0268 | 0,4175 |
| 0,1693 | 0,1486 | 1,9947 | 0,4175 |

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 0,1641 | 0,1440 | 1,9635 | 0,4175 |
| 0,1591 | 0,1396 | 1,9333 | 0,4175 |
| 0,1543 | 0,1354 | 1,9040 | 0,4175 |
| 0,1497 | 0,1314 | 1,8756 | 0,4175 |
| 0,1453 | 0,1275 | 1,8480 | 0,4175 |
| 0,1411 | 0,1239 | 1,8212 | 0,4175 |
| 0,1371 | 0,1204 | 1,7952 | 0,4175 |
| 0,1333 | 0,1170 | 1,7699 | 0,4175 |
| 0,1296 | 0,1138 | 1,7453 | 0,4175 |
| 0,1261 | 0,1107 | 1,7214 | 0,4175 |
| 0,1227 | 0,1077 | 1,6982 | 0,4175 |
| 0,1195 | 0,1048 | 1,6755 | 0,4175 |
| 0,1163 | 0,1021 | 2,0000 | 0,2853 |
| 0,1133 | 0,0995 | 1,6320 | 0,4175 |
| 0,1105 | 0,0969 | 1,6111 | 0,4175 |
| 0,1077 | 0,0945 | 1,5907 | 0,4175 |
| 0,1050 | 0,0922 | 1,5708 | 0,4175 |
| 0,1024 | 0,0899 | 1,5514 | 0,4175 |
| 0,0999 | 0,0877 | 1,5325 | 0,4175 |
| 0,0975 | 0,0856 | 1,5140 | 0,4175 |
| 0,0952 | 0,0836 | 1,4960 | 0,4175 |
| 0,0930 | 0,0816 | 1,4784 | 0,4175 |
| 0,0909 | 0,0797 | 1,4612 | 0,4175 |
| 0,0888 | 0,0779 | 1,4444 | 0,4175 |
| 0,0868 | 0,0762 | 1,4280 | 0,4175 |
| 0,0848 | 0,0745 | 1,4120 | 0,4175 |
| 0,0830 | 0,0728 | 1,3963 | 0,4175 |
| 0,0811 | 0,0712 | 1,3809 | 0,4175 |
| 0,0794 | 0,0697 | 1,3659 | 0,4175 |
| 0,0777 | 0,0682 | 1,3512 | 0,4175 |
| 0,0761 | 0,0667 | 1,3368 | 0,4175 |
| 0,0745 | 0,0653 | 1,3228 | 0,4175 |
| 0,0729 | 0,0640 | 1,3090 | 0,4175 |
| 0,0714 | 0,0627 | 1,2955 | 0,4175 |
| 0,0700 | 0,0614 | 1,2823 | 0,4175 |
| 0,0686 | 0,0602 | 1,2693 | 0,4175 |
| 0,0672 | 0,0590 | 1,2566 | 0,4175 |
| 0,0659 | 0,0578 | 1,2442 | 0,4175 |
| 0,0646 | 0,0567 | 1,2320 | 0,4175 |
| 0,0633 | 0,0556 | 1,2200 | 0,4175 |
| 0,0621 | 0,0545 | 1,2083 | 0,4175 |
| 0,0610 | 0,0535 | 1,1968 | 0,4175 |
| 0,0598 | 0,0525 | 1,1855 | 0,4175 |
| 0,0587 | 0,0515 | 1,1744 | 0,4175 |
| 0,0576 | 0,0506 | 1,1636 | 0,4175 |
| 0,0566 | 0,0496 | 1,1529 | 0,4175 |

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 0,0555 | 0,0487 | 1,1424 | 0,4175 |
| 0,0545 | 0,0479 | 1,1321 | 0,4175 |
| 0,0536 | 0,0470 | 1,1220 | 0,4175 |
| 0,0526 | 0,0462 | 1,1121 | 0,4175 |
| 0,0517 | 0,0454 | 1,1023 | 0,4175 |
| 0,0508 | 0,0446 | 1,0927 | 0,4175 |
| 0,0499 | 0,0438 | 1,0833 | 0,4175 |
| 0,0491 | 0,0431 | 1,0740 | 0,4175 |
| 0,0483 | 0,0424 | 1,0649 | 0,4175 |
| 0,0475 | 0,0416 | 1,0560 | 0,4175 |
| 0,0467 | 0,0410 | 1,0472 | 0,4175 |
| 0,0459 | 0,0403 | 1,0385 | 0,4175 |
| 0,0451 | 0,0396 | 1,0300 | 0,4175 |
| 0,0444 | 0,0390 | 1,0217 | 0,4175 |
| 0,0437 | 0,0384 | 1,0134 | 0,4175 |
| 0,0430 | 0,0377 | 1,0053 | 0,4175 |
| 0,0423 | 0,0371 | 0,9973 | 0,4175 |
| 0,0417 | 0,0366 | 0,9895 | 0,4175 |

Fuente: Elaboración propia

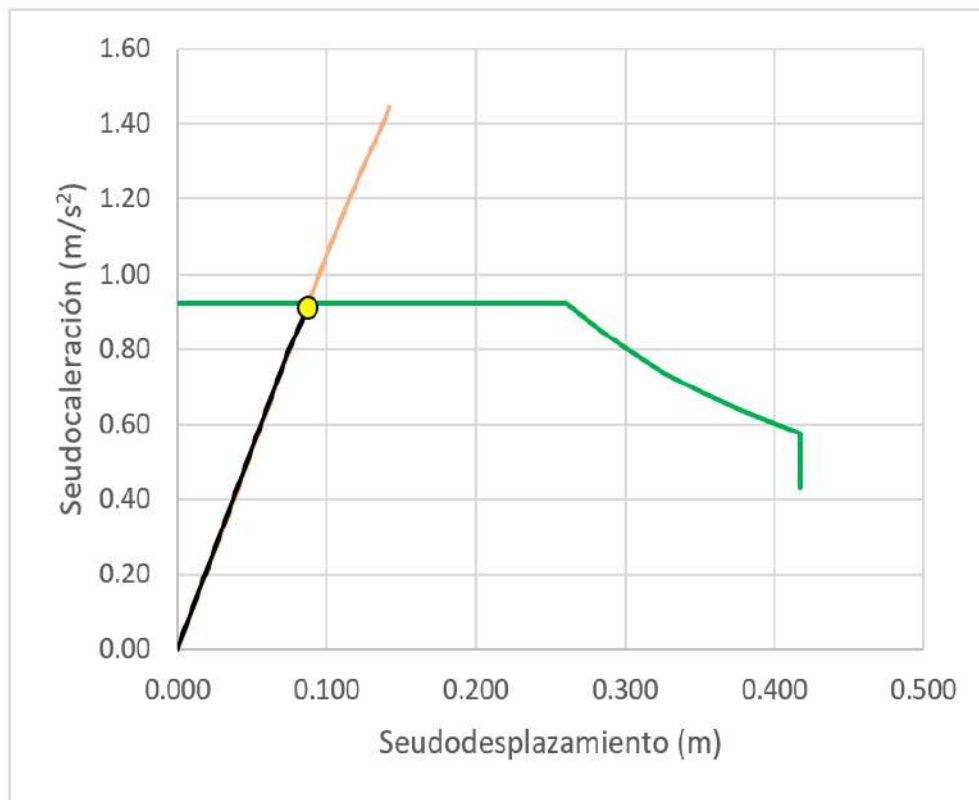


Figura 66: Punto de desempeño

Fuente: Elaboración propia

d. Nivel de desempeño, según visión 2000

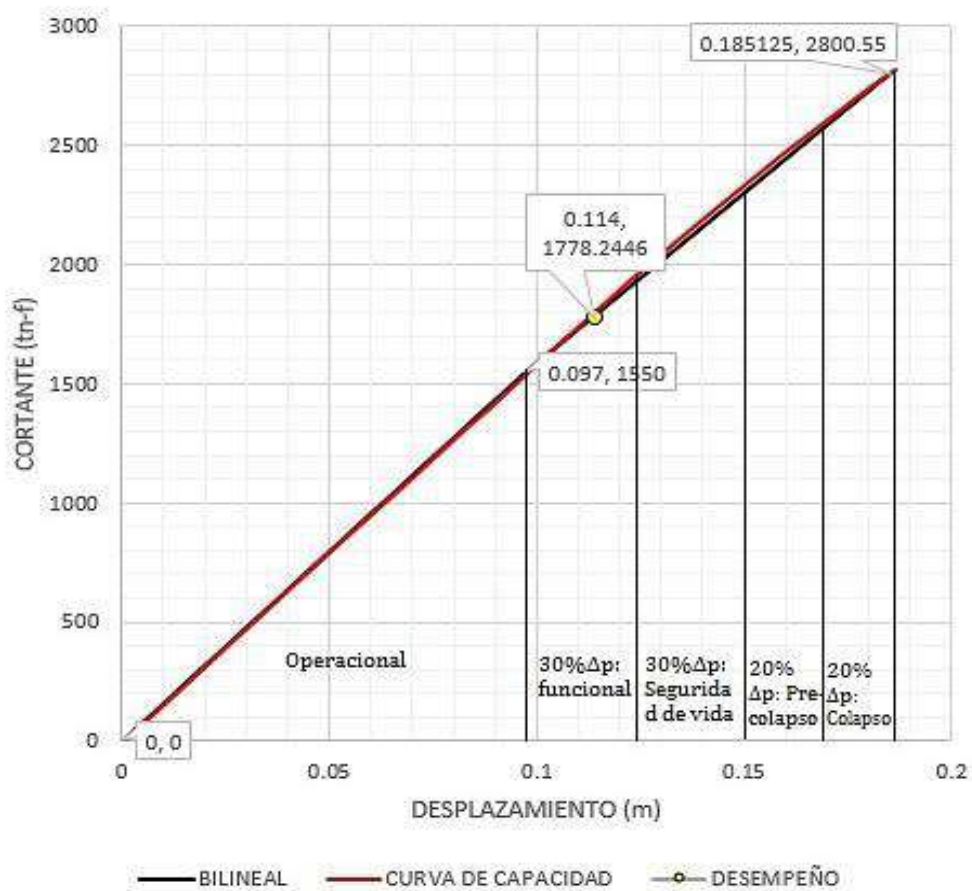


Figura 67: Evaluación de desempeño según VISION 2000

Fuente: Elaboración propia

5.13.4. Desempeño sísmico en la dirección Y

a. Curva de Capacidad Pushover en la dirección Y:

Luego de insertar los parámetros no lineales al software ETABS, se obtendrán los resultados de fuerza y desplazamiento como se muestra en la tabla 39.

Tabla 39: Fuerzas y desplazamientos de Pushover en la dirección Y

| Desplazamiento | Cortante |
|----------------|----------|
| m | t |
| 0 | 0 |
| 0,0162 | 113,9332 |
| 0,032866 | 227,8665 |
| 0,033579 | 232,7365 |
| 0,050259 | 344,9375 |
| 0,067967 | 459,5616 |
| 0,085263 | 563,1211 |
| 0,10279 | 662,6399 |
| 0,119936 | 754,1831 |
| 0,138057 | 846,2922 |

| | |
|----------|-----------|
| 0,156601 | 937,7636 |
| 0,17596 | 1031,2234 |
| 0,193663 | 1115,9559 |
| 0,213502 | 1209,9639 |
| 0,233318 | 1301,9818 |
| 0,255787 | 1404,9629 |
| 0,274364 | 1489,3572 |
| 0,283576 | 1530,881 |

Fuente: Elaboración propia

Los valores de “dy” deben de calcularse, a través de un proceso de compensación de áreas hasta obtener la línea bilineal con 3 puntos, tal como se muestra en la siguiente tabla 40 y figura 68.

Tabla 40: Coordenadas para la bilineal, eje Y

| Coordenada | Deformación | Cortante |
|------------------|-------------|----------|
| Punto de partida | 0 | 0 |
| dy | 0,12 | 775 |
| du | 0,283576 | 1530,88 |

Fuente: Elaboración propia

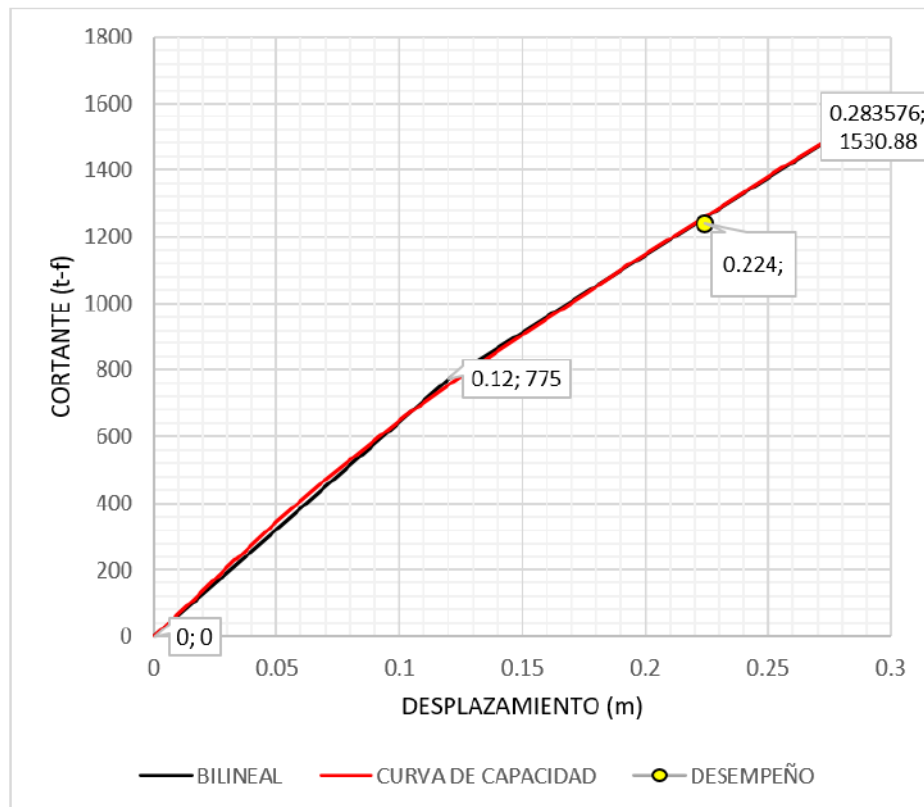


Figura 68: Curva Pushover en el eje Y

Fuente: Elaboración propia

b. Cálculo del espectro reducido

- Cálculo del peso efectivo: En la tabla 41, se muestran los desplazamientos del primer modo de vibración (ϕ_{i1}) y la masa del centro de gravedad, estos resultados se obtienen luego del procesamiento en el software ETABS:

Tabla 41: Desplazamientos y masas en el primer modo de vibración, eje Y

| Nivel | Elevación (m) | ϕ_{i1} (m) | Modos normalizados | m_i (tonf) | W_i (tonf) | $W_i(\phi_{i1})$ | $W_i(\phi_{i1})^2$ |
|--------|---------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|------------------|--------------------|
| Piso 7 | 28,2 | 0,000028 | 1 | 23,65148 | 232,0 | 232,02 | 232,02 |
| Piso 6 | 24,5 | 0,000026 | 0,928571 | 34,95127 | 342,9 | 318,38 | 295,64 |
| Piso 5 | 20,8 | 0,000022 | 0,785714 | 34,95127 | 342,9 | 269,40 | 211,67 |
| Piso 4 | 17,1 | 0,000018 | 0,642857 | 34,95127 | 342,9 | 220,42 | 141,70 |
| Piso 3 | 13,4 | 0,000014 | 0,5 | 34,95127 | 342,9 | 171,44 | 85,72 |
| Piso 2 | 9,7 | 0,000009 | 0,321429 | 34,95127 | 342,9 | 110,21 | 35,42 |
| Piso 1 | 6 | 0,000004 | 0,142857 | 35,8062 | 351,3 | 50,18 | 7,17 |
| Suma | | | | | 2297,6 | 1372,0 | 1009,3 |

Fuente: Elaboración propia

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{\omega_i \phi_{i1}}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{\omega_i}{g} \right] \left[\sum_{i=1}^N \frac{\omega_i \phi_{i1}^2}{g} \right]}$$

$$\alpha_1 = \frac{\left(\frac{1372}{9,81} \right)^2}{\left(\frac{2297,6}{9,81} \right) \left(\frac{1009,3}{9,81} \right)}$$

$$\alpha_1 = 0,81$$

$$PF1 \phi_{i1} = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (\omega_i \phi_{i1}) / g \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (\omega_i \phi_{i1}^2) / g \right]}$$

$$PF1 \phi_{i1} = \frac{\left(\frac{1372}{9,81} \right)}{\left(\frac{1009,3}{9,81} \right)}$$

$$PF1 \phi_{i1} = 1,36$$

$$PF1 \phi_{roof} = 1$$

$$W_{efectivo} = 2297,6 \cdot 0,81 = 1865,1 \text{ t}$$

Tabla 42: Desplazamiento y cortante en función a la participación modal y peso efectivo, respectivamente.

| PF1 | W | Desplazamiento | Cortante | V/Wefec, | D/PF1 ϕ i1 |
|-----------|----------|----------------|-----------|----------|-----------------|
| ϕ i1 | efectivo | (m) | (tonf) | | |
| | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | | 0,0162 | 113,9332 | 0,0611 | 0,0119 |
| | | 0,0329 | 227,8665 | 0,1222 | 0,0242 |
| | | 0,0336 | 232,7365 | 0,1248 | 0,0247 |
| | | 0,0503 | 344,9375 | 0,1849 | 0,0370 |
| | | 0,0680 | 459,5616 | 0,2464 | 0,0500 |
| | | 0,0853 | 563,1211 | 0,3019 | 0,0627 |
| | | 0,1028 | 662,6399 | 0,3553 | 0,0756 |
| 1,36 | 1865,1 | 0,1199 | 754,1831 | 0,4044 | 0,0882 |
| | | 0,1381 | 846,2922 | 0,4538 | 0,1016 |
| | | 0,1566 | 937,7636 | 0,5028 | 0,1152 |
| | | 0,1760 | 1031,2234 | 0,5529 | 0,1294 |
| | | 0,1937 | 1115,9559 | 0,5983 | 0,1425 |
| | | 0,2135 | 1209,9639 | 0,6487 | 0,1571 |
| | | 0,2333 | 1301,9818 | 0,6981 | 0,1716 |
| | | 0,2558 | 1404,9629 | 0,7533 | 0,1882 |
| | | 0,2744 | 1489,3572 | 0,7985 | 0,2018 |
| | | 0,2836 | 1530,8810 | 0,8208 | 0,2086 |

Fuente: Elaboración propia

A través de un proceso iterativo, se debe encontrar los valores de α y β , de manera que se encuentre la línea bilineal y se proceda a calcular la ductilidad.

Asimismo, los valores de α y β , se encontrarán de la siguiente forma:

Iterando, se tiene: $\alpha=0,665$; $\beta=0,165$:

$$\beta = \frac{\text{Deformación } dy1}{\text{PF1 } \phi i1} = \frac{0,12}{1,36} = 0,088$$

$$\alpha = \frac{\text{Cortante } dy1}{\text{Peso efectivo}} = \frac{775}{1865,1} = 0,416$$

Cálculo de los valores de Rigidez Post-Elástica (α) y Ductilidad (μ), como sigue:
Rigidez Post-elástica:

$$\alpha = \frac{\left(\frac{dpi}{dy} - ay\right)}{\left(\frac{ay}{dy}\right)}$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{0,665 - 0,416}{0,165 - 0,088}\right)}{\left(\frac{0,416}{0,088}\right)}$$

$$\alpha = 0,684 \approx 68,4\%$$

$$\alpha_{FEMA 440} = 20$$

Ductilidad:

$$\mu = \frac{dpi}{dy}$$

$$\mu = \frac{0,165}{0,088}$$

$$\mu = 1,875$$

- c. Amortiguamiento Efectivo: Teniendo los valores de ductilidad, se procede a identificar la ecuación a emplear, para poder obtener el amortiguamiento efectivo.

$$B_{eff} = A(\mu - 1)^2 + B(\mu - 1)^3 + B_0$$

$$B_{eff} = 4,6(1,875 - 1)^2 + (-0,99)(1,875 - 1)^3 + 5$$

$$B_{eff} = 7,82\%$$

- d. Periodo efectivo:

$$T_{eff} = [G(\mu - 1)^2 + H(\mu - 1)^3 + 1]T_0$$

$$T_{eff} = [0,10(1,875 - 1)^2 + (-0,015)(1,875 - 1)^3 + 1]0,727$$

$$T_{eff} = 0,775$$

- e. Reducciones del espectro elástico:

Reducción Espectral ADRS

$$S_a = \frac{(S_a)_0}{B(B_{eff})}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \ln(B_{eff}(\text{in}\%))}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \ln(7,82)} = 1,13$$

Reducción Espectral MADRS

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_0}\right)^2 \left(\frac{T_0}{T_{sec}}\right)^2$$

$$\left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha(\mu - 1)}{\mu} = \frac{1 + 20\%(1,875 - 1)}{1,875} = 0,626$$

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{0,775}{0,727}\right)^2 \cdot 0,626$$

$$M = 0,713$$

Tabla 43: Tabla de reducción del espectro

| T | C | ZUCS | Sa (g) | Sa (g) /B | MARDs (g) |
|------|--------|--------|--------|--------------|--------------|
| 0,00 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,05 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,10 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,15 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,20 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,25 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,30 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,35 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,40 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,45 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,50 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,55 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,60 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,65 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,70 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,75 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,80 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,85 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,90 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 0,95 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 1,00 | 2,5000 | 1,0500 | 1,0500 | 0,9300 | 0,6633 |
| 1,05 | 2,3810 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8857 | 0,6317 |
| 1,10 | 2,2727 | 0,9545 | 0,9545 | 0,8454 | 0,6030 |
| 1,15 | 2,1739 | 0,9130 | 0,9130 | 0,8087 | 0,5768 |
| 1,20 | 2,0833 | 0,8750 | 0,8750 | 0,7750 | 0,5527 |
| 1,25 | 2,0000 | 0,8400 | 0,8400 | 0,7440 | 0,5306 |
| 1,30 | 1,9231 | 0,8077 | 0,8077 | 0,7154 | 0,5102 |
| 1,35 | 1,8519 | 0,7778 | 0,7778 | 0,6889 | 0,4913 |
| 1,40 | 1,7857 | 0,7500 | 0,7500 | 0,6643 | 0,4738 |
| 1,45 | 1,7241 | 0,7241 | 0,7241 | 0,6414 | 0,4574 |
| 1,50 | 1,6667 | 0,7000 | 0,7000 | 0,6200 | 0,4422 |
| 1,55 | 1,6129 | 0,6774 | 0,6774 | 0,6000 | 0,4279 |
| 1,60 | 1,5625 | 0,6563 | 0,6563 | 0,5812 | 0,4145 |
| 1,65 | 1,4692 | 0,6171 | 0,6171 | 0,5465 | 0,3898 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1,70 | 1,3841 | 0,5813 | 0,5813 | 0,5149 | 0,3672 |
| 1,75 | 1,3061 | 0,5486 | 0,5486 | 0,4859 | 0,3465 |
| 1,80 | 1,2346 | 0,5185 | 0,5185 | 0,4592 | 0,3275 |
| 1,85 | 1,1687 | 0,4909 | 0,4909 | 0,4348 | 0,3101 |
| 1,90 | 1,1080 | 0,4654 | 0,4654 | 0,4122 | 0,2940 |
| 1,95 | 1,0519 | 0,4418 | 0,4418 | 0,3913 | 0,2791 |
| 2,00 | 1,0000 | 0,4200 | 0,4200 | 0,3720 | 0,2653 |
| 2,05 | 0,9518 | 0,3998 | 0,3998 | 0,3541 | 0,2525 |
| 2,10 | 0,9070 | 0,3810 | 0,3810 | 0,3374 | 0,2406 |
| 2,15 | 0,8653 | 0,3634 | 0,3634 | 0,3219 | 0,2296 |
| 2,20 | 0,8264 | 0,3471 | 0,3471 | 0,3074 | 0,2193 |
| 2,25 | 0,7901 | 0,3319 | 0,3319 | 0,2939 | 0,2096 |
| 2,30 | 0,7561 | 0,3176 | 0,3176 | 0,2813 | 0,2006 |
| 2,35 | 0,7243 | 0,3042 | 0,3042 | 0,2694 | 0,1922 |
| 2,40 | 0,6944 | 0,2917 | 0,2917 | 0,2583 | 0,1842 |
| 2,45 | 0,6664 | 0,2799 | 0,2799 | 0,2479 | 0,1768 |
| 2,50 | 0,6400 | 0,2688 | 0,2688 | 0,2381 | 0,1698 |
| 2,55 | 0,6151 | 0,2584 | 0,2584 | 0,2288 | 0,1632 |
| 2,60 | 0,5917 | 0,2485 | 0,2485 | 0,2201 | 0,1570 |
| 2,65 | 0,5696 | 0,2392 | 0,2392 | 0,2119 | 0,1511 |
| 2,70 | 0,5487 | 0,2305 | 0,2305 | 0,2041 | 0,1456 |
| 2,75 | 0,5289 | 0,2221 | 0,2221 | 0,1968 | 0,1403 |
| 2,80 | 0,5102 | 0,2143 | 0,2143 | 0,1898 | 0,1354 |
| 2,85 | 0,4925 | 0,2068 | 0,2068 | 0,1832 | 0,1307 |
| 2,90 | 0,4756 | 0,1998 | 0,1998 | 0,1769 | 0,1262 |
| 2,95 | 0,4596 | 0,1930 | 0,1930 | 0,1710 | 0,1219 |
| 3,00 | 0,4444 | 0,1867 | 0,1867 | 0,1653 | 0,1179 |
| 3,05 | 0,4300 | 0,1806 | 0,1806 | 0,1600 | 0,1141 |
| 3,10 | 0,4162 | 0,1748 | 0,1748 | 0,1548 | 0,1104 |
| 3,15 | 0,4031 | 0,1693 | 0,1693 | 0,1500 | 0,1070 |
| 3,20 | 0,3906 | 0,1641 | 0,1641 | 0,1453 | 0,1036 |
| 3,25 | 0,3787 | 0,1591 | 0,1591 | 0,1409 | 0,1005 |
| 3,30 | 0,3673 | 0,1543 | 0,1543 | 0,1366 | 0,0975 |
| 3,35 | 0,3564 | 0,1497 | 0,1497 | 0,1326 | 0,0946 |
| 3,40 | 0,3460 | 0,1453 | 0,1453 | 0,1287 | 0,0918 |
| 3,45 | 0,3361 | 0,1411 | 0,1411 | 0,1250 | 0,0892 |
| 3,50 | 0,3265 | 0,1371 | 0,1371 | 0,1215 | 0,0866 |
| 3,55 | 0,3174 | 0,1333 | 0,1333 | 0,1181 | 0,0842 |
| 3,60 | 0,3086 | 0,1296 | 0,1296 | 0,1148 | 0,0819 |
| 3,65 | 0,3002 | 0,1261 | 0,1261 | 0,1117 | 0,0797 |
| 3,70 | 0,2922 | 0,1227 | 0,1227 | 0,1087 | 0,0775 |
| 3,75 | 0,2844 | 0,1195 | 0,1195 | 0,1058 | 0,0755 |
| 3,80 | 0,2770 | 0,1163 | 0,1163 | 0,1030 | 0,0735 |
| 3,85 | 0,2699 | 0,1133 | 0,1133 | 0,1004 | 0,0716 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3,90 | 0,2630 | 0,1105 | 0,1105 | 0,0978 | 0,0698 |
| 3,95 | 0,2564 | 0,1077 | 0,1077 | 0,0954 | 0,0680 |
| 4,00 | 0,2500 | 0,1050 | 0,1050 | 0,0930 | 0,0663 |
| 4,05 | 0,2439 | 0,1024 | 0,1024 | 0,0907 | 0,0647 |
| 4,10 | 0,2380 | 0,0999 | 0,0999 | 0,0885 | 0,0631 |
| 4,15 | 0,2323 | 0,0975 | 0,0975 | 0,0864 | 0,0616 |
| 4,20 | 0,2268 | 0,0952 | 0,0952 | 0,0844 | 0,0602 |
| 4,25 | 0,2215 | 0,0930 | 0,0930 | 0,0824 | 0,0588 |
| 4,30 | 0,2163 | 0,0909 | 0,0909 | 0,0805 | 0,0574 |
| 4,35 | 0,2114 | 0,0888 | 0,0888 | 0,0786 | 0,0561 |
| 4,40 | 0,2066 | 0,0868 | 0,0868 | 0,0769 | 0,0548 |
| 4,45 | 0,2020 | 0,0848 | 0,0848 | 0,0751 | 0,0536 |
| 4,50 | 0,1975 | 0,0830 | 0,0830 | 0,0735 | 0,0524 |
| 4,55 | 0,1932 | 0,0811 | 0,0811 | 0,0719 | 0,0513 |
| 4,60 | 0,1890 | 0,0794 | 0,0794 | 0,0703 | 0,0502 |
| 4,65 | 0,1850 | 0,0777 | 0,0777 | 0,0688 | 0,0491 |
| 4,70 | 0,1811 | 0,0761 | 0,0761 | 0,0674 | 0,0480 |
| 4,75 | 0,1773 | 0,0745 | 0,0745 | 0,0659 | 0,0470 |
| 4,80 | 0,1736 | 0,0729 | 0,0729 | 0,0646 | 0,0461 |
| 4,85 | 0,1700 | 0,0714 | 0,0714 | 0,0633 | 0,0451 |
| 4,90 | 0,1666 | 0,0700 | 0,0700 | 0,0620 | 0,0442 |
| 4,95 | 0,1632 | 0,0686 | 0,0686 | 0,0607 | 0,0433 |
| 5,00 | 0,1600 | 0,0672 | 0,0672 | 0,0595 | 0,0424 |
| 5,05 | 0,1568 | 0,0659 | 0,0659 | 0,0583 | 0,0416 |
| 5,10 | 0,1538 | 0,0646 | 0,0646 | 0,0572 | 0,0408 |
| 5,15 | 0,1508 | 0,0633 | 0,0633 | 0,0561 | 0,0400 |
| 5,20 | 0,1479 | 0,0621 | 0,0621 | 0,0550 | 0,0392 |
| 5,25 | 0,1451 | 0,0610 | 0,0610 | 0,0540 | 0,0385 |
| 5,30 | 0,1424 | 0,0598 | 0,0598 | 0,0530 | 0,0378 |
| 5,35 | 0,1398 | 0,0587 | 0,0587 | 0,0520 | 0,0371 |
| 5,40 | 0,1372 | 0,0576 | 0,0576 | 0,0510 | 0,0364 |
| 5,45 | 0,1347 | 0,0566 | 0,0566 | 0,0501 | 0,0357 |
| 5,50 | 0,1322 | 0,0555 | 0,0555 | 0,0492 | 0,0351 |
| 5,55 | 0,1299 | 0,0545 | 0,0545 | 0,0483 | 0,0345 |
| 5,60 | 0,1276 | 0,0536 | 0,0536 | 0,0474 | 0,0338 |
| 5,65 | 0,1253 | 0,0526 | 0,0526 | 0,0466 | 0,0332 |
| 5,70 | 0,1231 | 0,0517 | 0,0517 | 0,0458 | 0,0327 |
| 5,75 | 0,1210 | 0,0508 | 0,0508 | 0,0450 | 0,0321 |
| 5,80 | 0,1189 | 0,0499 | 0,0499 | 0,0442 | 0,0315 |
| 5,85 | 0,1169 | 0,0491 | 0,0491 | 0,0435 | 0,0310 |
| 5,90 | 0,1149 | 0,0483 | 0,0483 | 0,0427 | 0,0305 |
| 5,95 | 0,1130 | 0,0475 | 0,0475 | 0,0420 | 0,0300 |
| 6,00 | 0,1111 | 0,0467 | 0,0467 | 0,0413 | 0,0295 |
| 6,05 | 0,1093 | 0,0459 | 0,0459 | 0,0407 | 0,0290 |

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6,10 | 0,1075 | 0,0451 | 0,0451 | 0,0400 | 0,0285 |
| 6,15 | 0,1058 | 0,0444 | 0,0444 | 0,0393 | 0,0281 |
| 6,20 | 0,1041 | 0,0437 | 0,0437 | 0,0387 | 0,0276 |
| 6,25 | 0,1024 | 0,0430 | 0,0430 | 0,0381 | 0,0272 |
| 6,30 | 0,1008 | 0,0423 | 0,0423 | 0,0375 | 0,0267 |
| 6,35 | 0,0992 | 0,0417 | 0,0417 | 0,0369 | 0,0263 |

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la tabla 43, procedemos a graficar los espectros correspondientes:

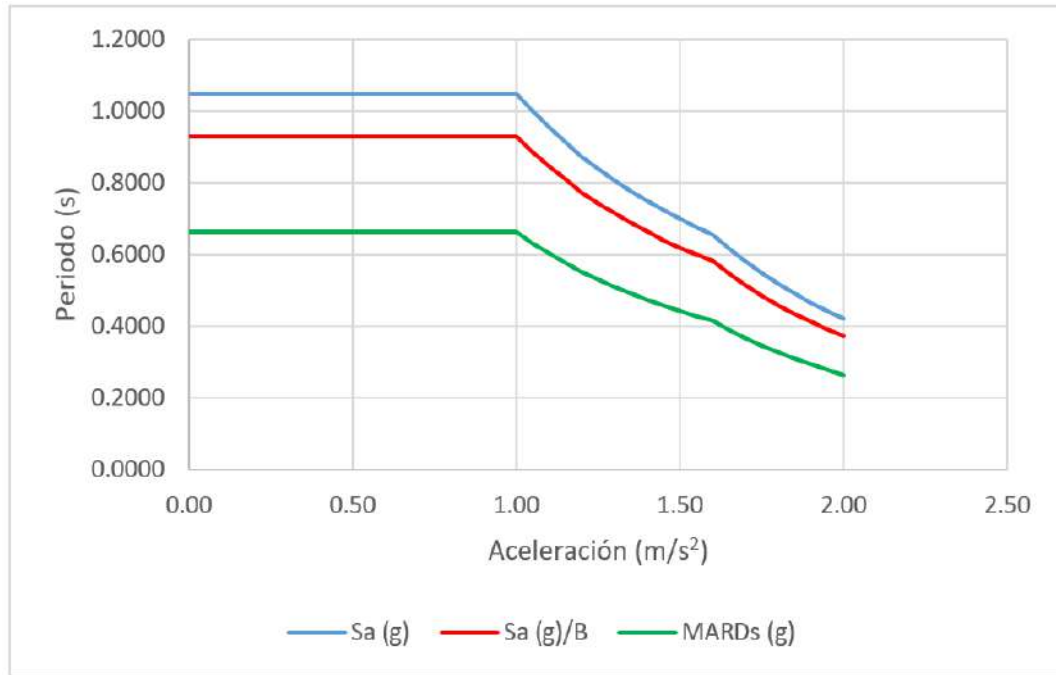


Figura 69: Reducción de espectros según FEMA 440, para el eje Y

Fuente: Elaboración propia

f. Punto de Desempeño:

Para encontrar el punto de desempeño, encontramos la velocidad angular y pseudo-desplazamiento:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$Sd = \frac{Saxg}{\omega^2}$$

Tabla 44: Tabla de velocidades angulares y pseudo-desplazamiento

| Sa (g) | MARDs (g) | w (rad) | Sd (m) |
|--------|-----------|----------|--------|
| 1,0500 | 0,6633 | 0,0000 | 0,0000 |
| 1,0500 | 0,6633 | 125,6637 | 0,0007 |
| 1,0500 | 0,6633 | 62,8319 | 0,0026 |
| 1,0500 | 0,6633 | 41,8879 | 0,0059 |
| 1,0500 | 0,6633 | 31,4159 | 0,0104 |

| | | | |
|--------|--------|---------|--------|
| 1,0500 | 0,6633 | 25,1327 | 0,0163 |
| 1,0500 | 0,6633 | 20,9440 | 0,0235 |
| 1,0500 | 0,6633 | 17,9520 | 0,0320 |
| 1,0500 | 0,6633 | 15,7080 | 0,0417 |
| 1,0500 | 0,6633 | 13,9626 | 0,0528 |
| 1,0500 | 0,6633 | 12,5664 | 0,0652 |
| 1,0500 | 0,6633 | 11,4240 | 0,0789 |
| 1,0500 | 0,6633 | 10,4720 | 0,0939 |
| 1,0500 | 0,6633 | 9,6664 | 0,1102 |
| 1,0500 | 0,6633 | 8,9760 | 0,1278 |
| 1,0500 | 0,6633 | 8,3776 | 0,1468 |
| 1,0500 | 0,6633 | 7,8540 | 0,1670 |
| 1,0500 | 0,6633 | 7,3920 | 0,1885 |
| 1,0500 | 0,6633 | 6,9813 | 0,2113 |
| 1,0500 | 0,6633 | 6,6139 | 0,2355 |
| 1,0500 | 0,6633 | 6,2832 | 0,2609 |
| 1,0000 | 0,6317 | 5,9840 | 0,2740 |
| 0,9545 | 0,6030 | 5,7120 | 0,2870 |
| 0,9130 | 0,5768 | 5,4636 | 0,3001 |
| 0,8750 | 0,5527 | 5,2360 | 0,3131 |
| 0,8400 | 0,5306 | 5,0265 | 0,3261 |
| 0,8077 | 0,5102 | 4,8332 | 0,3392 |
| 0,7778 | 0,4913 | 4,6542 | 0,3522 |
| 0,7500 | 0,4738 | 4,4880 | 0,3653 |
| 0,7241 | 0,4574 | 4,3332 | 0,3783 |
| 0,7000 | 0,4422 | 4,1888 | 0,3914 |
| 0,6774 | 0,4279 | 4,0537 | 0,4044 |
| 0,6563 | 0,4145 | 3,9270 | 0,4175 |
| 0,6171 | 0,3898 | 3,8080 | 0,4175 |
| 0,5813 | 0,3672 | 3,6960 | 0,4175 |
| 0,5486 | 0,3465 | 3,5904 | 0,4175 |
| 0,5185 | 0,3275 | 3,4907 | 0,4175 |
| 0,4909 | 0,3101 | 3,3963 | 0,4175 |
| 0,4654 | 0,2940 | 1,0000 | 4,5653 |
| 0,4418 | 0,2791 | 3,2221 | 0,4175 |
| 0,4200 | 0,2653 | 3,1416 | 0,4175 |
| 0,3998 | 0,2525 | 3,0650 | 0,4175 |
| 0,3810 | 0,2406 | 2,9920 | 0,4175 |
| 0,3634 | 0,2296 | 2,9224 | 0,4175 |
| 0,3471 | 0,2193 | 2,8560 | 0,4175 |
| 0,3319 | 0,2096 | 2,7925 | 0,4175 |
| 0,3176 | 0,2006 | 2,7318 | 0,4175 |
| 0,3042 | 0,1922 | 2,6737 | 0,4175 |
| 0,2917 | 0,1842 | 2,6180 | 0,4175 |
| 0,2799 | 0,1768 | 2,5646 | 0,4175 |
| 0,2688 | 0,1698 | 2,5133 | 0,4175 |
| 0,2584 | 0,1632 | 2,4640 | 0,4175 |

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 0,2485 | 0,1570 | 2,4166 | 0,4175 |
| 0,2392 | 0,1511 | 2,3710 | 0,4175 |
| 0,2305 | 0,1456 | 2,3271 | 0,4175 |
| 0,2221 | 0,1403 | 2,2848 | 0,4175 |
| 0,2143 | 0,1354 | 2,2440 | 0,4175 |
| 0,2068 | 0,1307 | 2,2046 | 0,4175 |
| 0,1998 | 0,1262 | 2,1666 | 0,4175 |
| 0,1930 | 0,1219 | 2,1299 | 0,4175 |
| 0,1867 | 0,1179 | 2,0944 | 0,4175 |
| 0,1806 | 0,1141 | 2,0601 | 0,4175 |
| 0,1748 | 0,1104 | 2,0268 | 0,4175 |
| 0,1693 | 0,1070 | 1,9947 | 0,4175 |
| 0,1641 | 0,1036 | 1,9635 | 0,4175 |
| 0,1591 | 0,1005 | 1,9333 | 0,4175 |
| 0,1543 | 0,0975 | 1,9040 | 0,4175 |
| 0,1497 | 0,0946 | 1,8756 | 0,4175 |
| 0,1453 | 0,0918 | 1,8480 | 0,4175 |
| 0,1411 | 0,0892 | 1,8212 | 0,4175 |
| 0,1371 | 0,0866 | 1,7952 | 0,4175 |
| 0,1333 | 0,0842 | 1,7699 | 0,4175 |
| 0,1296 | 0,0819 | 1,7453 | 0,4175 |
| 0,1261 | 0,0797 | 1,7214 | 0,4175 |
| 0,1227 | 0,0775 | 1,6982 | 0,4175 |
| 0,1195 | 0,0755 | 1,6755 | 0,4175 |
| 0,1163 | 0,0735 | 2,0000 | 0,2853 |
| 0,1133 | 0,0716 | 1,6320 | 0,4175 |
| 0,1105 | 0,0698 | 1,6111 | 0,4175 |
| 0,1077 | 0,0680 | 1,5907 | 0,4175 |
| 0,1050 | 0,0663 | 1,5708 | 0,4175 |
| 0,1024 | 0,0647 | 1,5514 | 0,4175 |
| 0,0999 | 0,0631 | 1,5325 | 0,4175 |
| 0,0975 | 0,0616 | 1,5140 | 0,4175 |
| 0,0952 | 0,0602 | 1,4960 | 0,4175 |
| 0,0930 | 0,0588 | 1,4784 | 0,4175 |
| 0,0909 | 0,0574 | 1,4612 | 0,4175 |
| 0,0888 | 0,0561 | 1,4444 | 0,4175 |
| 0,0868 | 0,0548 | 1,4280 | 0,4175 |
| 0,0848 | 0,0536 | 1,4120 | 0,4175 |
| 0,0830 | 0,0524 | 1,3963 | 0,4175 |
| 0,0811 | 0,0513 | 1,3809 | 0,4175 |
| 0,0794 | 0,0502 | 1,3659 | 0,4175 |
| 0,0777 | 0,0491 | 1,3512 | 0,4175 |
| 0,0761 | 0,0480 | 1,3368 | 0,4175 |
| 0,0745 | 0,0470 | 1,3228 | 0,4175 |
| 0,0729 | 0,0461 | 1,3090 | 0,4175 |
| 0,0714 | 0,0451 | 1,2955 | 0,4175 |
| 0,0700 | 0,0442 | 1,2823 | 0,4175 |

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 0,0686 | 0,0433 | 1,2693 | 0,4175 |
| 0,0672 | 0,0424 | 1,2566 | 0,4175 |
| 0,0659 | 0,0416 | 1,2442 | 0,4175 |
| 0,0646 | 0,0408 | 1,2320 | 0,4175 |
| 0,0633 | 0,0400 | 1,2200 | 0,4175 |
| 0,0621 | 0,0392 | 1,2083 | 0,4175 |
| 0,0610 | 0,0385 | 1,1968 | 0,4175 |
| 0,0598 | 0,0378 | 1,1855 | 0,4175 |
| 0,0587 | 0,0371 | 1,1744 | 0,4175 |
| 0,0576 | 0,0364 | 1,1636 | 0,4175 |
| 0,0566 | 0,0357 | 1,1529 | 0,4175 |
| 0,0555 | 0,0351 | 1,1424 | 0,4175 |
| 0,0545 | 0,0345 | 1,1321 | 0,4175 |
| 0,0536 | 0,0338 | 1,1220 | 0,4175 |
| 0,0526 | 0,0332 | 1,1121 | 0,4175 |
| 0,0517 | 0,0327 | 1,1023 | 0,4175 |
| 0,0508 | 0,0321 | 1,0927 | 0,4175 |
| 0,0499 | 0,0315 | 1,0833 | 0,4175 |
| 0,0491 | 0,0310 | 1,0740 | 0,4175 |
| 0,0483 | 0,0305 | 1,0649 | 0,4175 |
| 0,0475 | 0,0300 | 1,0560 | 0,4175 |
| 0,0467 | 0,0295 | 1,0472 | 0,4175 |
| 0,0459 | 0,0290 | 1,0385 | 0,4175 |
| 0,0451 | 0,0285 | 1,0300 | 0,4175 |
| 0,0444 | 0,0281 | 1,0217 | 0,4175 |
| 0,0437 | 0,0276 | 1,0134 | 0,4175 |
| 0,0430 | 0,0272 | 1,0053 | 0,4175 |
| 0,0423 | 0,0267 | 0,9973 | 0,4175 |
| 0,0417 | 0,0263 | 0,9895 | 0,4175 |

Fuente: Elaboración propia

Punto de Desempeño, Intersección

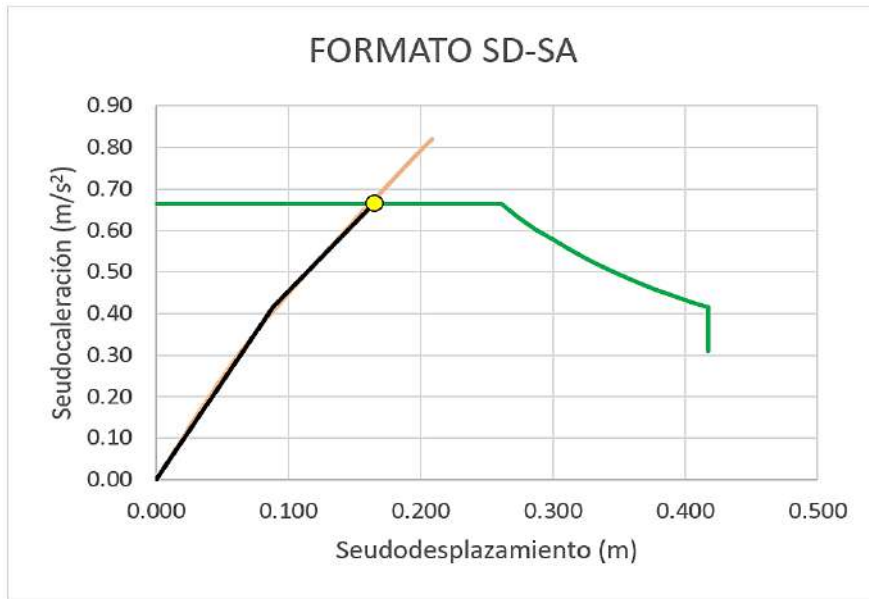


Figura 70: Punto de desempeño, eje Y
Fuente: Elaboración propia

g. Nivel de Desempeño

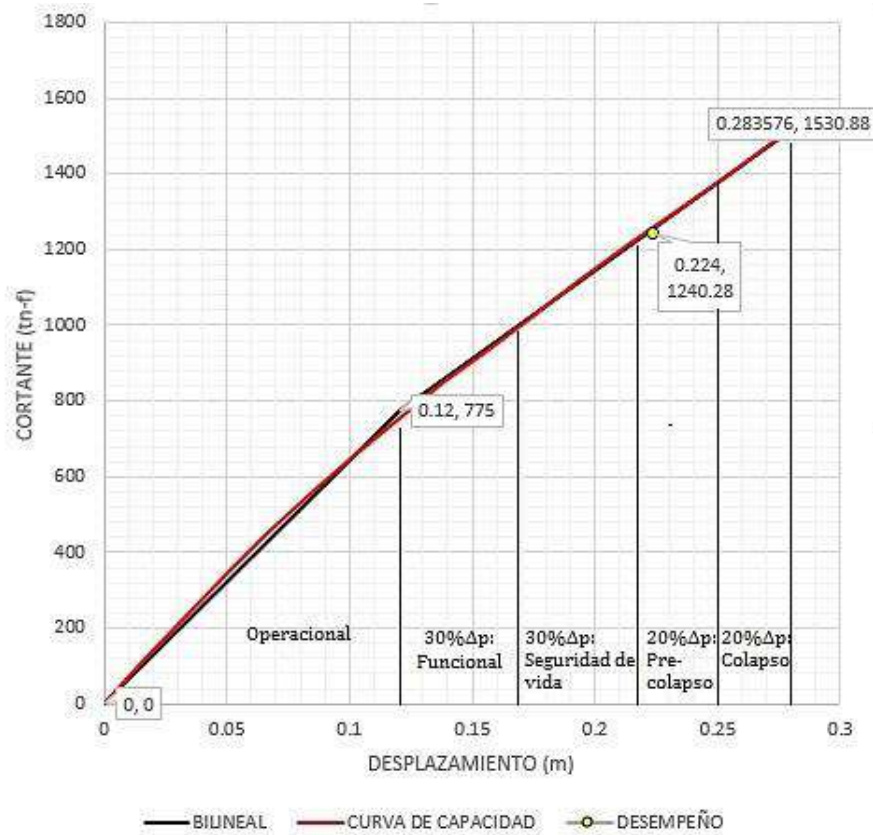


Figura 71: Nivel de desempeño, según VISION 2 000
Fuente: Elaboración propia

5.14. Diseño de Disipadores

Datos para diseñar los disipadores en la dirección Y-Y; entre los ejes A-A/1-2, eje A-A/5-6, D-D/1-2 y eje D-D/5-6.

- Periodo de la estructura: 0,621 s.
- Distorsión máxima: 0,008.
- Distorsión objetivo: 0,00455.³
- Rigidez axial del amortiguador a modelar: 23,043 t-m.
- Masa de la estructura (t-s²/m), de ETABS tenemos:

Piso 7: $m_i=23,65$

Piso 6: $m_i=34,95$

Piso 5: $m_i=34,95$

Piso 4: $m_i=34,95$

Piso 3: $m_i=34,95$

Piso 2: $m_i=34,95$

Piso 1: $m_i=35,81$

- Ángulo de inclinación “ θ ” (en radianes):

Piso 7: $\theta=0,49$

Piso 6: $\theta=0,49$

Piso 5: $\theta=0,49$

Piso 4: $\theta=0,49$

Piso 3: $\theta=0,49$

Piso 2: $\theta=0,49$

Piso 1: $m_i=0,53$

A continuación, la figura 72 corresponde al eje A-A/1-2 del primer piso, el cual muestra la forma geométrica de cómo de se debe tomar el ángulo

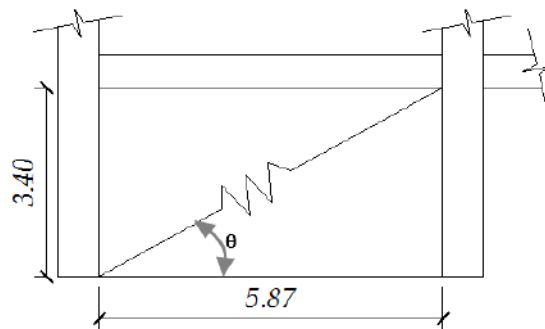


Figura 72: Ángulo de inclinación
Fuente: Elaboración propia

³ Valor estimado, que está dentro de los valores máximos de las distorsiones de la Norma E.030 de concreto armado; es decir, la deriva objetivo para esta tesis será menor a 0,007.

- Modos normalizados (Φ_i):

Piso 7: $\Phi_i=1,00$

Piso 6: $\Phi_i=0,93$

Piso 5: $\Phi_i=0,79$

Piso 4: $\Phi_i=0,64$

Piso 3: $\Phi_i=0,50$

Piso 2: $\Phi_i=0,32$

Piso 1: $\Phi_i=0,14$

Factor de reducción de respuesta

$$B(x, y) = \frac{D_{\text{máx}}(x, y)}{D_{\text{objetivo}}} = \frac{0,008}{0,00455} = 1,76$$

Amortiguamiento efectivo:

$$B(x, y) = \frac{2,31 - 0,41 \log_e(B_0)}{2,31 - 0,41 \cdot \log_e(B_{\text{eff}}(x, y))}$$

$$1,76 = \frac{2,31 - 0,41 \log_e(5)}{2,31 - 0,41 \log_e(B_{\text{eff}}(x, y))}$$

$$\left(2,31 - \frac{2,31 - 0,41 \log_e(5)}{1,76}\right) \frac{1}{0,41} = \log_e(B_{\text{eff}}(x, y))$$

$$B_{\text{eff}}(x, y) = e^{\left(2,31 - \frac{2,31 - 0,41 \ln(5)}{1,76}\right) \frac{1}{0,41}}$$

$$B_{\text{eff}}(x, y) = 28,37 \%$$

El valor de Beff calculado con la norma FEMA 440 es un valor porcentual (%), el cual restado del amortiguamiento inherente debe resultar el amortiguamiento viscoso.

Amortiguamiento viscoso requerido:

$$BH = B_{\text{eff}}(x, y) - 5\% = 28,37\% - 5\%$$

$$BH = 23,37\%$$

A continuación, se procederá a realizar los cálculos iterativos para definir la constante “Cj”, para la instalación de disipadores de fluido viscoso lineales en los ejes eje A-A/1-2 y eje D-D/1-2:

Tabla 45: Iteración para encontrar “Cj” en el eje A-A/1-2, eje D-D/1-2:

| m_i (t-s ² /m) | Φ_i | θ (rad) | $m_i (\Phi_i)^2$ | C_j (t-s/m) | Φ_{rj} | $C_j(\Phi_i)^2\cos(\theta)$ |
|-----------------------------|----------|----------------|------------------|---------------|-------------|-----------------------------|
| 23,65 | 1,00 | 0,49 | 23,65 | 4161,00 | 0,07 | 16,59 |
| 34,95 | 0,93 | 0,49 | 30,14 | 4161,00 | 0,14 | 66,35 |
| 34,95 | 0,79 | 0,49 | 21,58 | 4161,00 | 0,14 | 66,35 |
| 34,95 | 0,64 | 0,49 | 14,44 | 4161,00 | 0,14 | 66,35 |
| 34,95 | 0,50 | 0,49 | 8,74 | 4161,00 | 0,18 | 103,67 |
| 34,95 | 0,32 | 0,49 | 3,61 | 4161,00 | 0,18 | 103,67 |
| 35,81 | 0,14 | 0,53 | 0,73 | 4161,00 | 0,14 | 63,53 |

Fuente: Elaboración propia

$$BHi = \frac{T \sum_j C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2} = \frac{0,621 \cdot 486,51}{4\pi \cdot 102,88} = 23,37\%$$

En la figura 73, se muestra la inserción de los valores calculados (partidos en dos, debido a que son dos ejes que se están incorporando los disipadores) para rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo, para los ejes A-A/1-2 y eje D-D/1-2, respectivamente.

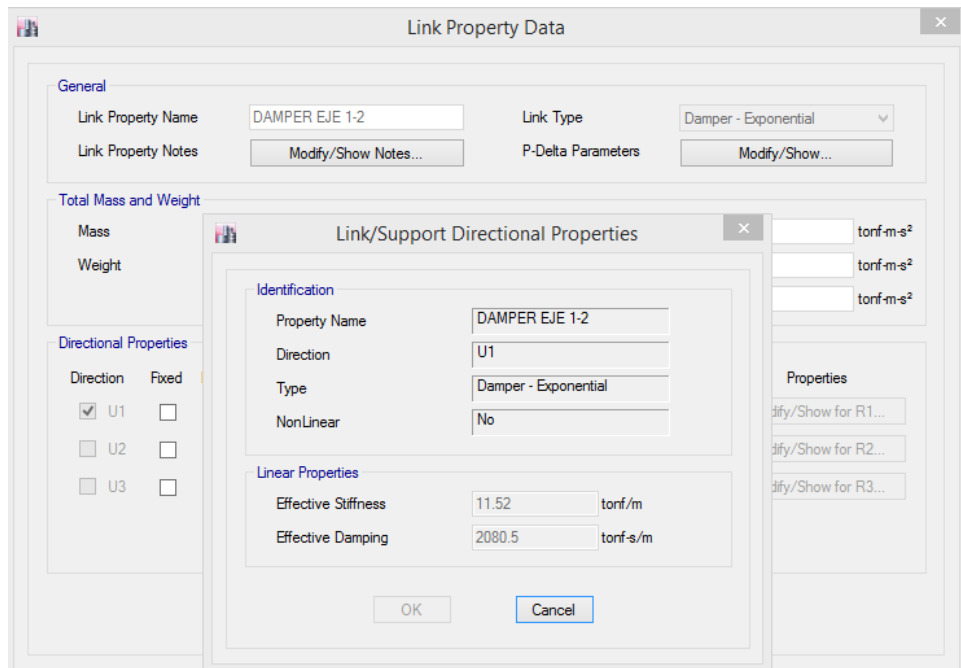


Figura 73: Valores de Cj y Rigidez para el amortiguador en el eje A-A/1-2, eje D-D/1-2

Fuente: Elaboración propia

De igual forma se procederá a realizar los cálculos iterativos para definir la constante “Cj”, para la instalación de disipadores de fluido viscoso lineales en los ejes eje A-A/5-6 y eje D-D/5-6:

Tabla 46: Iteración para encontrar "Cj" en los ejes A-A/5-6 y eje D-D/5-6

| m_i (t-s ² /m) | Φ_i | θ (rad) | m_i (Φ_i) ² | C_j (t-s/m) | Φ_{rj} | $C_j(\Phi_i)^2 \cos(\theta)$ |
|-----------------------------|----------|----------------|---------------------------------|---------------|-------------|------------------------------|
| 23,65 | 1,00 | 0,55 | 23,65 | 4508,00 | 0,07 | 16,61 |
| 34,95 | 0,93 | 0,55 | 30,14 | 4508,00 | 0,14 | 66,45 |
| 34,95 | 0,79 | 0,55 | 21,58 | 4508,00 | 0,14 | 66,45 |
| 34,95 | 0,64 | 0,55 | 14,44 | 4508,00 | 0,14 | 66,45 |
| 34,95 | 0,50 | 0,55 | 8,74 | 4508,00 | 0,18 | 103,84 |
| 34,95 | 0,32 | 0,55 | 3,61 | 4508,00 | 0,18 | 103,84 |
| 35,81 | 0,14 | 0,60 | 0,73 | 4508,00 | 0,14 | 62,91 |

Fuente: Elaboración propia

$$BH_j = \frac{T \sum_j C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2} = \frac{0,621 \cdot 486,56}{4\pi \cdot 102,88} = 23,37 \%$$

Asimismo, en la figura 74 se muestra la inserción de los valores calculados (partidos en dos, debido a que son dos ejes que se están incorporando a los disipadores) para rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo, para los ejes A-A/5-6 y eje D-D/5-6, respectivamente.

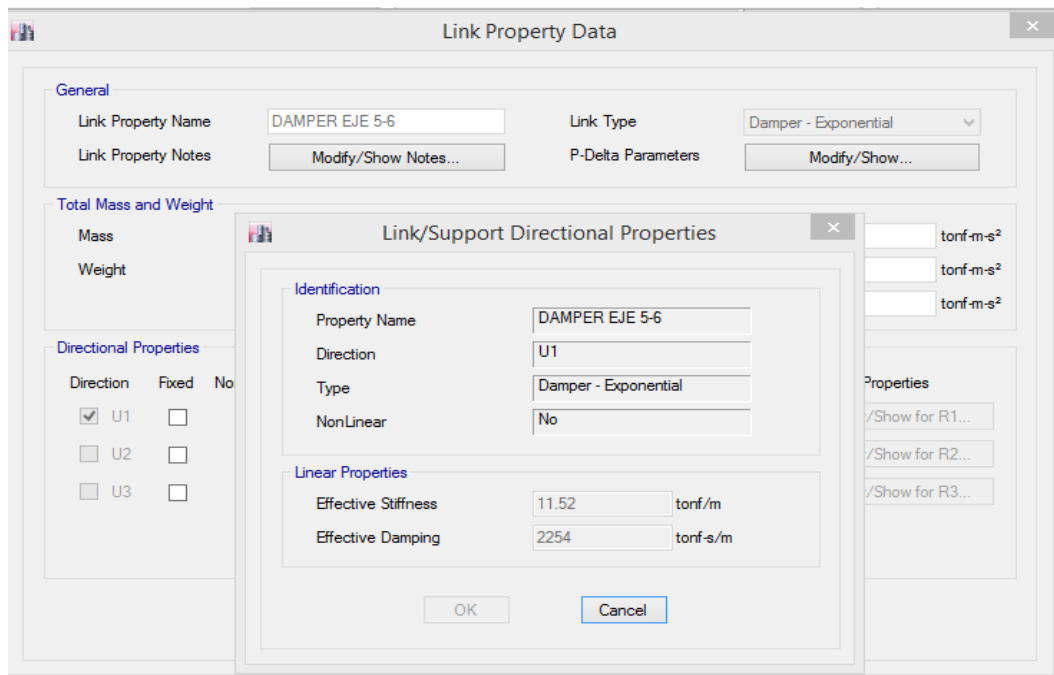


Figura 74: Valores de Cj y Rigidez para el amortiguador en el eje A-A/5-6 y eje D-D/5-6

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los amortiguadores lineales incorporados al modelo matemático en ETABS, para el eje D-D.

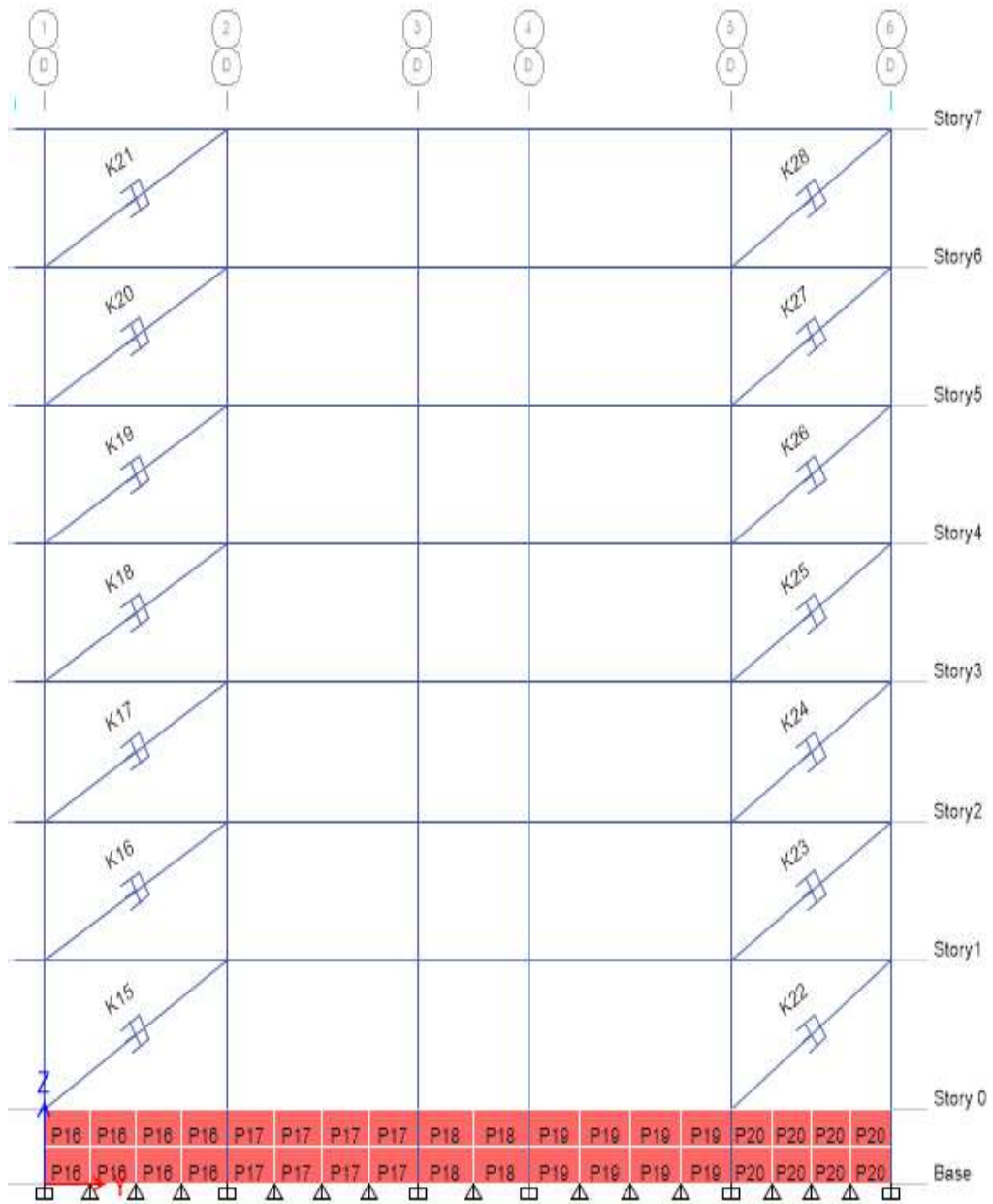


Figura 75: Disipadores a lo largo del eje D-D

Fuente: *Elaboración propia*

Finalmente, se muestran los amortiguadores lineales incorporados al modelo matemático en ETABS, para el eje A-A.

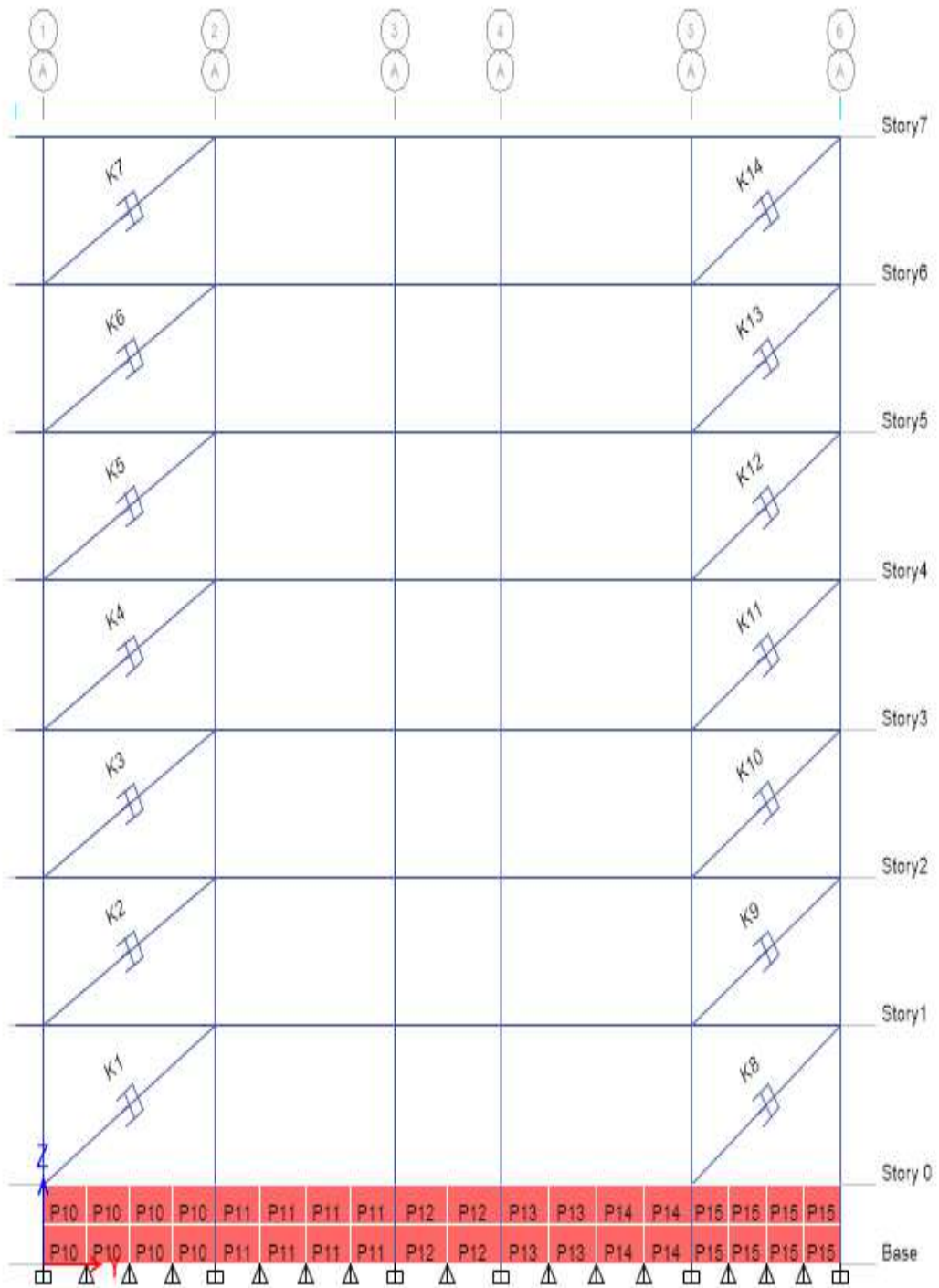


Figura 76: Disipadores a lo largo del eje A-A
Fuente: Elaboración propia

Una vez colocadas las propiedades técnicas al software, se tienen las siguientes fuerzas axiales en los ejes D-D y A-A, respectivamente. Como se muestra a continuación:

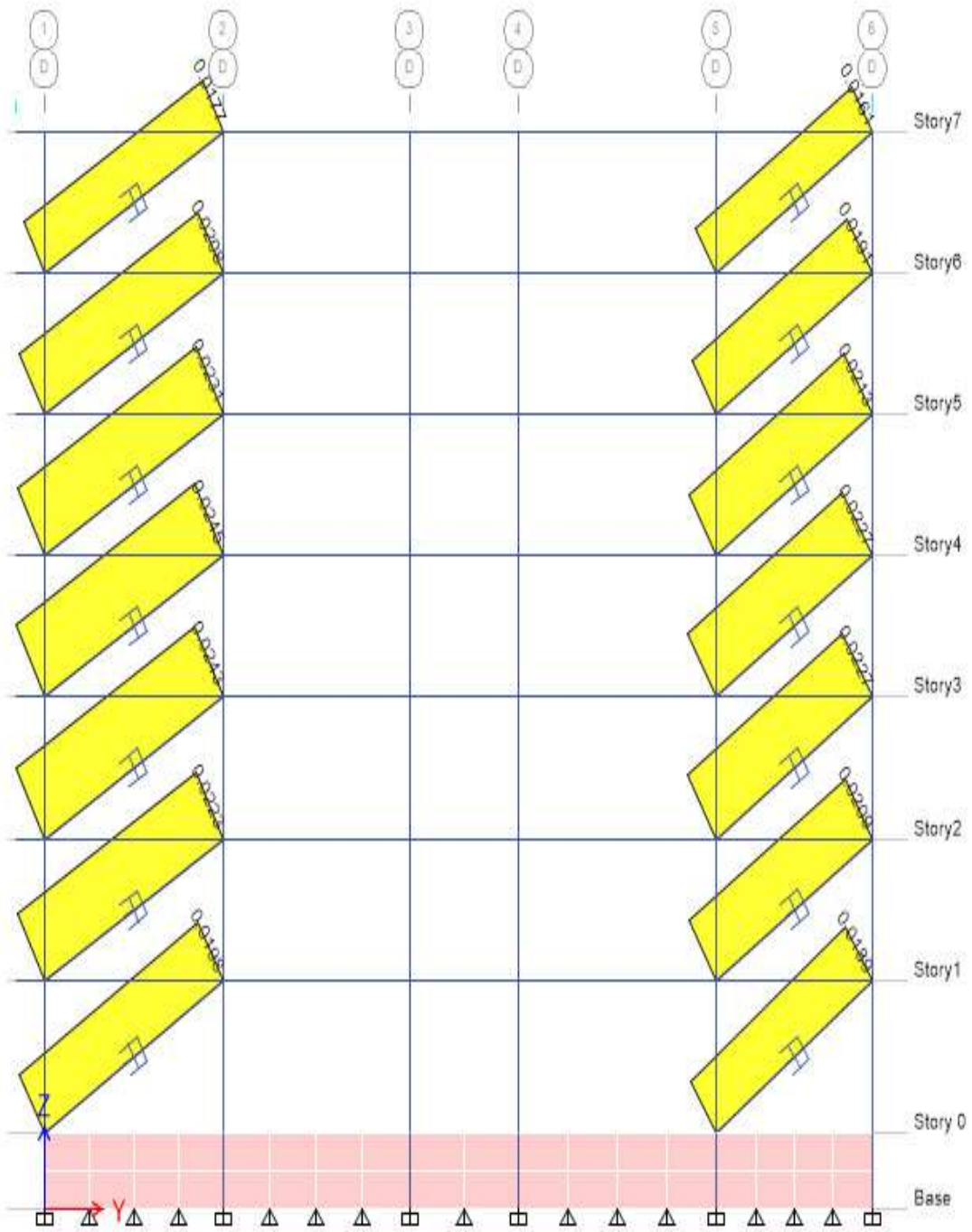


Figura 77: Fuerza axial de los disipadores en el eje D-D, con sismo dinámico Y
 Fuente: Elaboración propia

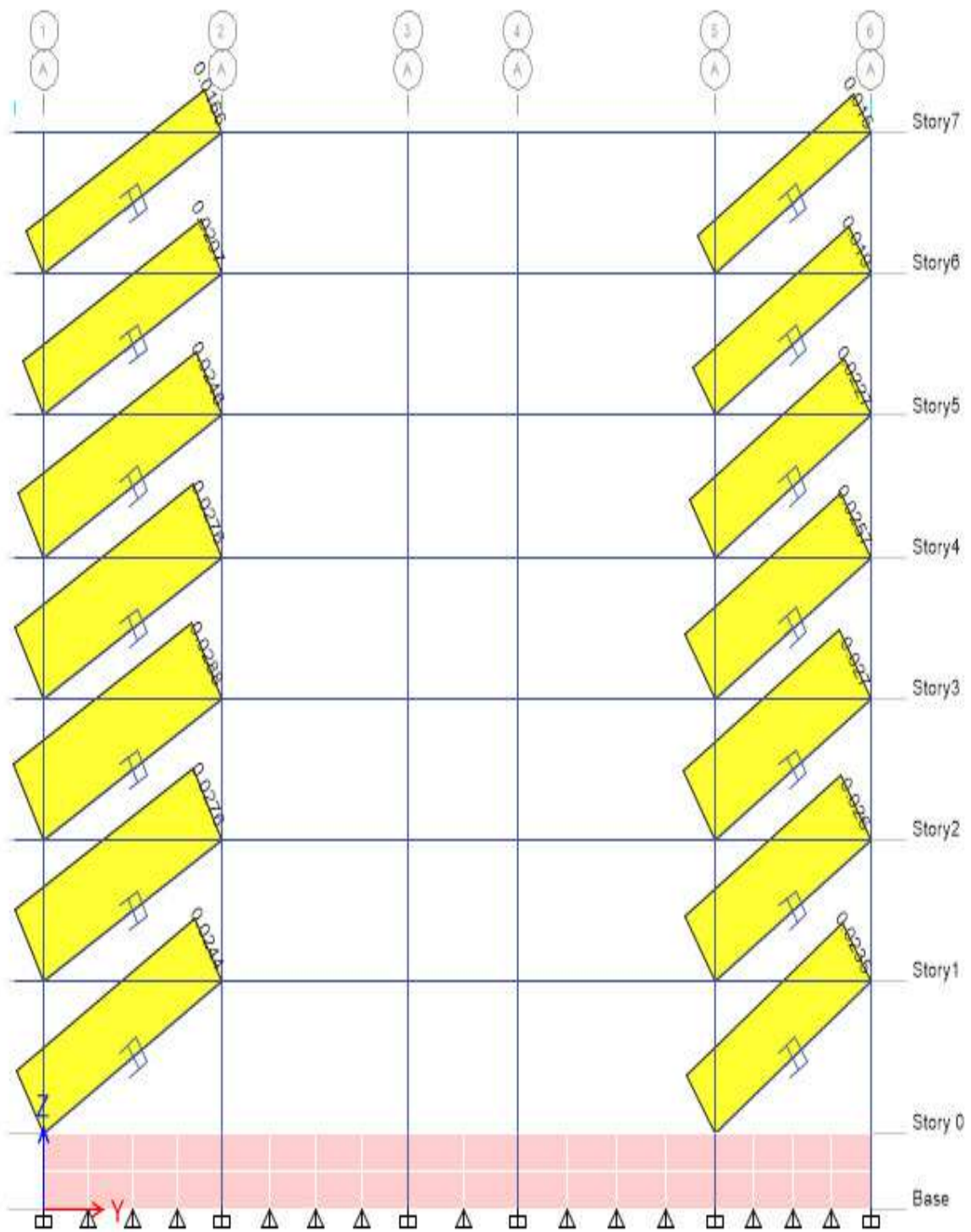


Figura 78: Fuerza axial de los disipadores en el eje A-A, con sismo dinámico Y
Fuente: Elaboración propia

Derivas con la incorporación de disipadores de fluido viscoso

Tabla 47: Derivas con la incorporación de Disipadores

| Nivel | Altu ra | Deriva elástic a en "X", Sismo dinámi co "X" | Deriva inelásti ca en "X", Sismo dinámi co "X" | Deriva elástic a en "Y", Sismo dinámi co "Y" | Deriva inelásti ca en "Y", Sismo dinámi co "Y" |
|--------|------------|--|--|--|--|
| Piso 7 | 28,2 | 0,0005 22 | 0,0027 | 0,0005 | 0,0027 |
| Piso 6 | 24,5 | 0,0006 57 | 0,0034 | 0,0006 | 0,0031 |
| Piso 5 | 20,8 | 0,0007 96 | 0,0042 | 0,0007 | 0,0036 |
| Piso 4 | 17,1 | 0,0009 06 | 0,0048 | 0,0008 | 0,0040 |
| Piso 3 | 13,4 | 0,0009 52 | 0,0050 | 0,0008 | 0,0042 |
| Piso 2 | 9,7 | 0,0009 | 0,0047 | 0,0008 | 0,0040 |
| Piso 1 | 6 | 0,0007 26 | 0,0038 | 0,0006 | 0,0033 |
| Base | 0 | 0,0005 22 | 0,0027 | 0,0000 | 0,0000 |

Fuente: Elaboración propia

5.15. Análisis Pushover con la incorporación de disipadores de fluido viscoso.

Debido a que los disipadores están siendo considerados sólo en la dirección Y de la edificación (ver figura 79), en esta orientación se desarrollará el análisis no lineal correspondiente.

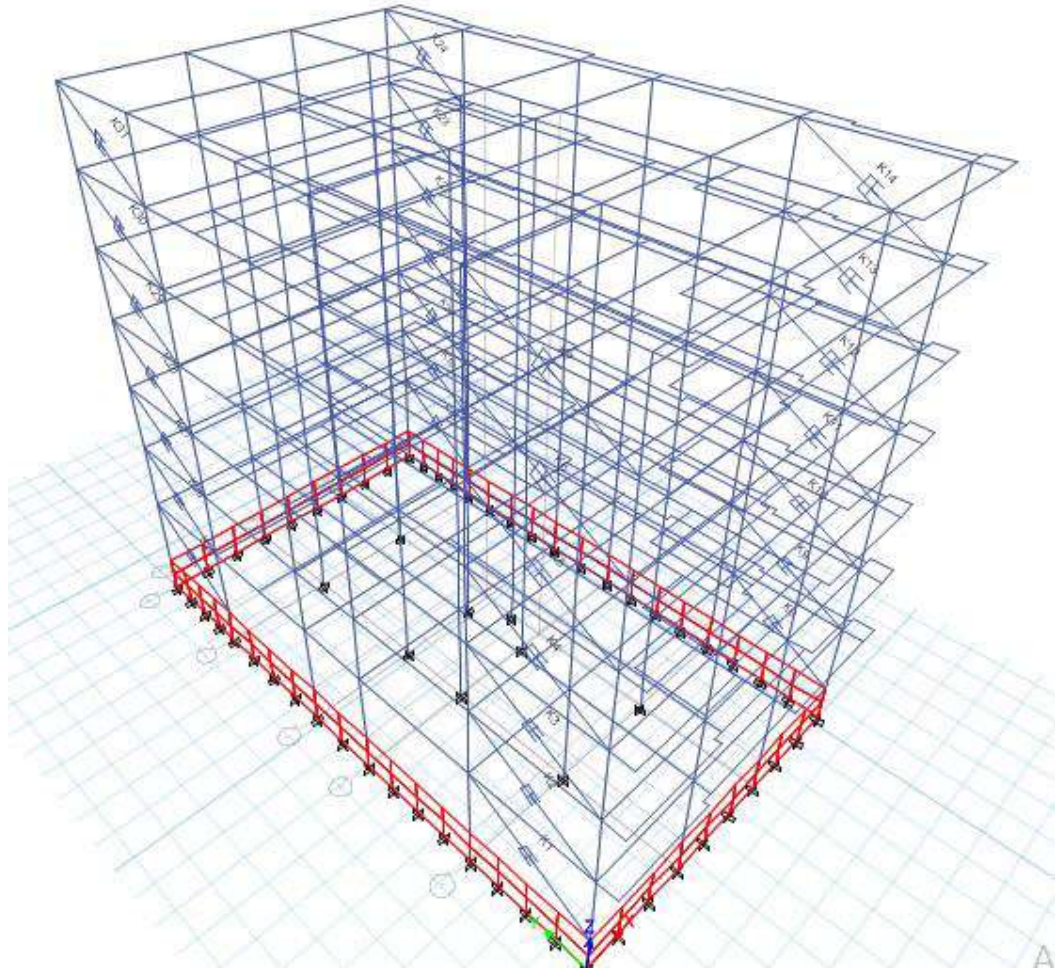


Figura 79: Modelo en 3D con disipadores de fluido viscoso

Fuente: Elaboración propia

Los mismos disipadores que se definieron en el análisis dinámico por espectro de respuesta, se llevarán a una evaluación a través del análisis no lineal estático; esto con la finalidad de conocer la reducción de la coordenada que define el punto de desempeño de la estructura amortiguada.

Curva de capacidad del edificio con amortiguadores de fluido viscoso

En la siguiente tabla, se muestran los desplazamientos para cada nivel de carga monotónica.

Tabla 48: Tabla de fuerzas vs desplazamientos con disipadores

| Desplazamiento (m) | Cortante (T) |
|-----------------------|-----------------|
| 0 | 0 |
| 0,016 | 114,025 |
| 0,033 | 228,049 |
| 0,034 | 232,906 |
| 0,050 | 345,170 |
| 0,068 | 459,811 |
| 0,085 | 563,442 |
| 0,103 | 663,090 |
| 0,120 | 754,722 |
| 0,138 | 846,853 |
| 0,157 | 940,507 |
| 0,176 | 1032,379 |
| 0,194 | 1117,373 |
| 0,218 | 1230,226 |
| 0,237 | 1317,984 |
| 0,256 | 1408,165 |
| 0,264 | 1445,480 |
| 0,264 | 1446,286 |

Fuente: Elaboración propia

Graficamos los datos de la tabla 48, luego se trazarán dos líneas convergentes que representarán la bilineal, como se muestra en la siguiente imagen:

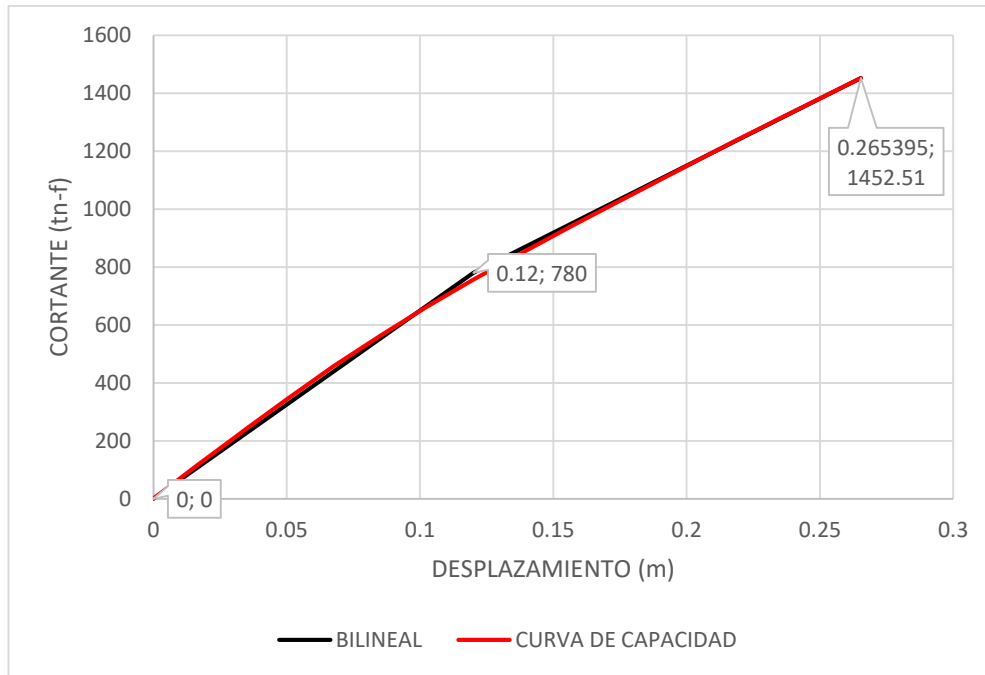


Figura 80: Curva de Capacidad con Disipadores

Fuente: Elaboración propia

Amortiguamiento efectivo en el rango no lineal

$$B_{eff} = A(\mu - 1)^2 + B(\mu - 1)^3 + B_{eff1}$$

$$B_{eff} = 4,6(1,28 - 1)^2 + (-0,99)(1,28 - 1)^3 + 28,37$$

$$B_{eff} = 28,71\%$$

Periodo efectivo en el rango no lineal

$$T_{eff} = [G(\mu - 1)^2 + H(\mu - 1)^3 + 1]T_o$$

$$T_{eff} = [0,10(1,28 - 1)^2 + (-0,015)(1,28 - 1)^3 + 1]0,727$$

$$T_{eff} = 0,732$$

Reducción Espectral ADRS

$$S_a = \frac{(S_a)_o}{B(B_{eff})}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \log_e(B_{eff}(in\%))}$$

$$B = \frac{4}{5,6 - \log_e(28,71)}$$

$$B = 1,783$$

Reducción Espectral MADRS

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2$$

$$\left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha(\mu - 1)}{\mu} = \frac{1 + 20\% \cdot (1,28 - 1)}{1,28} = 0,825$$

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_o}\right)^2 \left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{0,732}{0,727}\right)^2 \cdot 0,86$$

$$M = 0,84$$

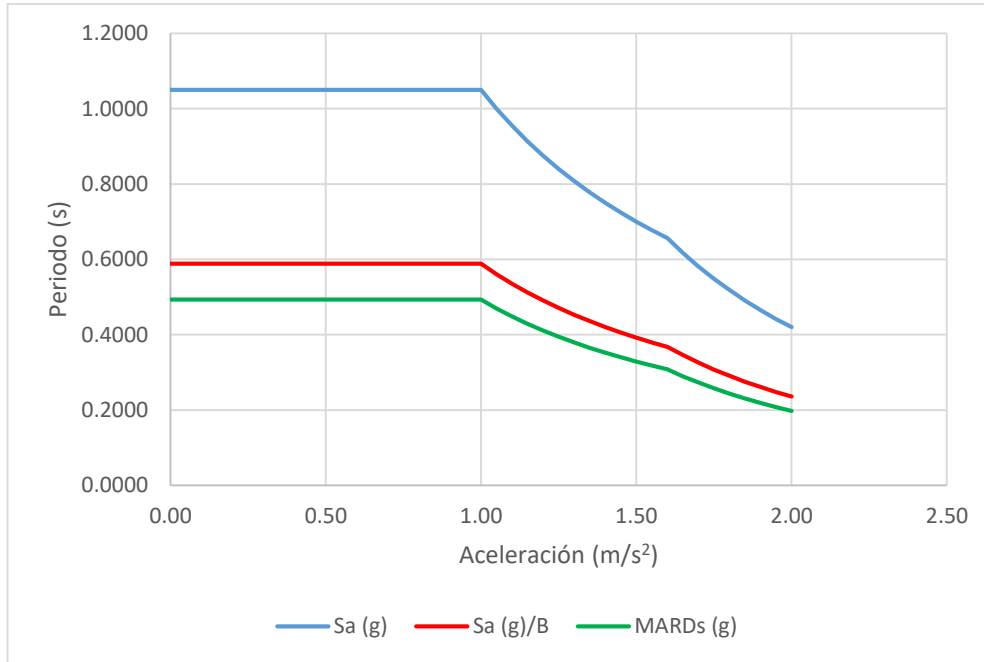


Figura 81: Reducción de espectros considerando el aporte de amortiguamiento del disipador.
Fuente: Elaboración propia

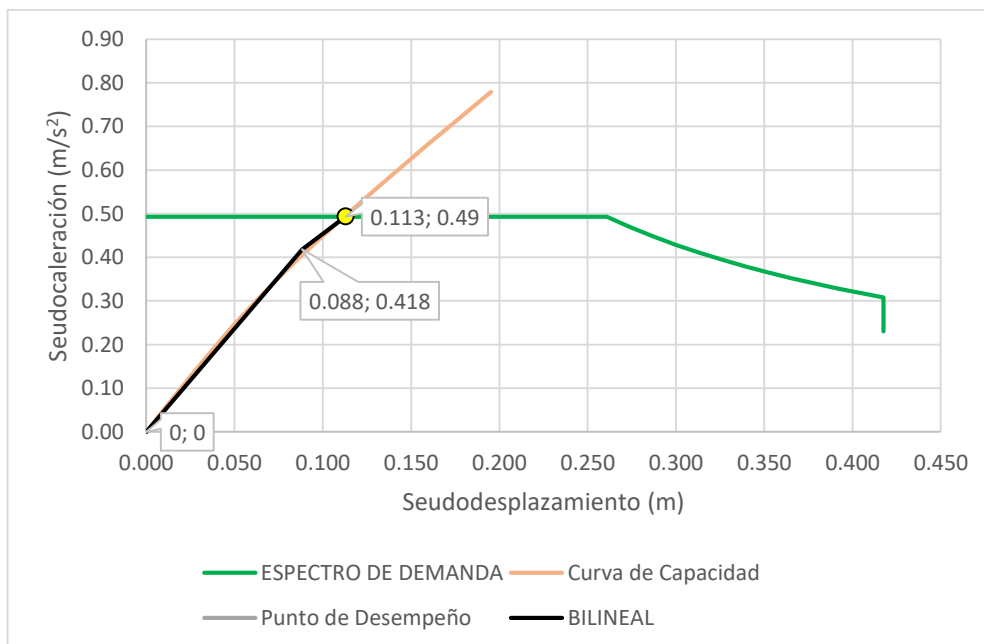


Figura 82: Punto de desempeño considerando la incorporación de disipadores
Fuente: Elaboración propia

Nivel de Desempeño

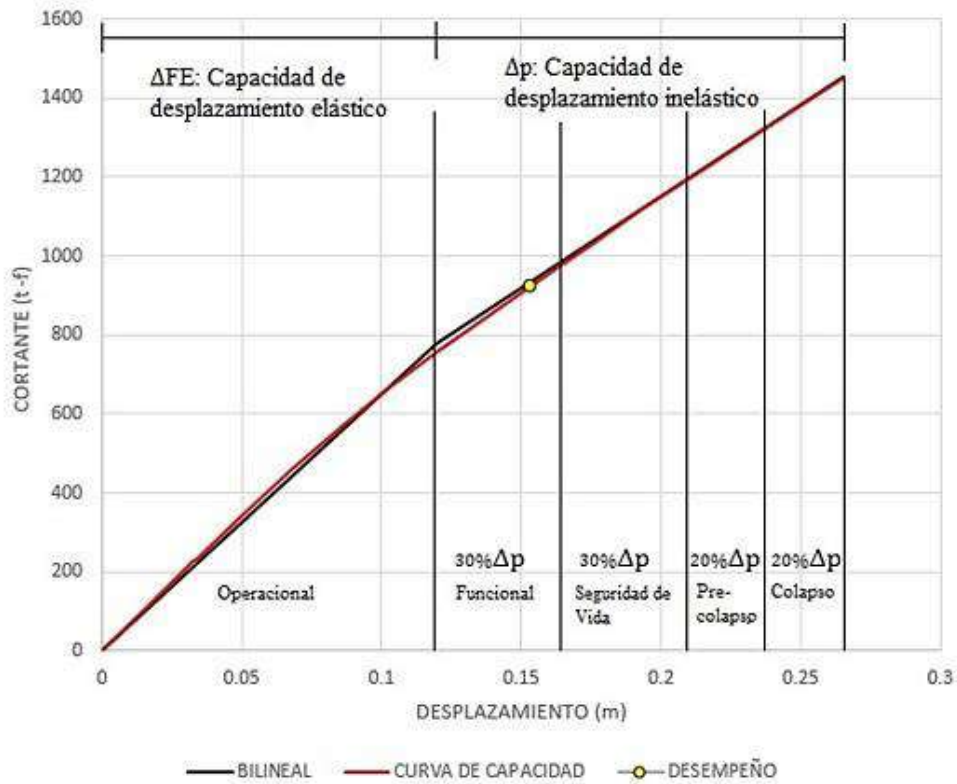


Figura 83: Nivel de desempeño sísmico considerando disipadores de fluido viscoso

Fuente: Elaboración propia

5.16. Dispositivo de Fluido Viscoso y sus Accesorios

Paso 1: Elección del dispositivo en función a lo ofertado en el mercado

Luego de calcular el nivel de desempeño sísmico deseado, se elige el dispositivo adecuado, para ello tenemos las fuerzas de los disipadores en función del empuje Pushover y el espectro de respuesta, mostradas en las tablas siguientes:

Tabla 49: Fuerzas axiales por pushover en los disipadores

| Piso | Etiqueta del disipador | Fuerza Pushover "Y" (t) | Fuerza del disipador elegido (t) |
|---------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Nivel 7 | K7 | 0,25 | 25 |
| Nivel 7 | K14 | 0,23 | 25 |
| Nivel 7 | K24 | 0,23 | 25 |
| Nivel 7 | K31 | 0,24 | 25 |
| Nivel 6 | K6 | 0,33 | 25 |
| Nivel 6 | K13 | 0,30 | 25 |
| Nivel 6 | K23 | 0,29 | 25 |
| Nivel 6 | K30 | 0,32 | 25 |
| Nivel 5 | K5 | 0,41 | 25 |
| Nivel 5 | K12 | 0,36 | 25 |
| Nivel 5 | K22 | 0,35 | 25 |
| Nivel 5 | K29 | 0,40 | 25 |
| Nivel 4 | K4 | 0,46 | 25 |
| Nivel 4 | K11 | 0,39 | 25 |
| Nivel 4 | K21 | 0,38 | 25 |
| Nivel 4 | K28 | 0,45 | 25 |
| Nivel 3 | K3 | 0,47 | 25 |
| Nivel 3 | K10 | 0,39 | 25 |
| Nivel 3 | K20 | 0,37 | 25 |
| Nivel 3 | K27 | 0,45 | 25 |
| Nivel 2 | K2 | 0,44 | 25 |
| Nivel 2 | K9 | 0,36 | 25 |
| Nivel 2 | K19 | 0,35 | 25 |
| Nivel 2 | K26 | 0,42 | 25 |
| Nivel 1 | K1 | 0,33 | 25 |
| Nivel 1 | K8 | 0,29 | 25 |
| Nivel 1 | K18 | 0,27 | 25 |
| Nivel 1 | K25 | 0,32 | 25 |

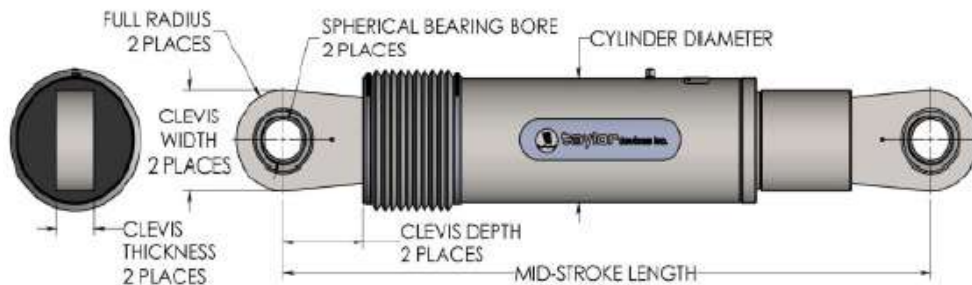
Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Fuerzas axiales por espectro de respuesta en los disipadores

| Piso | Etiqueta del disipador | Fuerza sismo por espectro de respuesta "Y" (t) | Fuerza del disipador elegido (t) |
|---------|------------------------|--|----------------------------------|
| Nivel 7 | K7 | 0,02 | 25 |
| Nivel 7 | K14 | 0,02 | 25 |
| Nivel 7 | K21 | 0,02 | 25 |
| Nivel 7 | K28 | 0,02 | 25 |
| Nivel 6 | K6 | 0,02 | 25 |
| Nivel 6 | K13 | 0,02 | 25 |
| Nivel 6 | K20 | 0,02 | 25 |
| Nivel 6 | K27 | 0,02 | 25 |
| Nivel 5 | K5 | 0,02 | 25 |
| Nivel 5 | K12 | 0,02 | 25 |
| Nivel 5 | K19 | 0,02 | 25 |
| Nivel 5 | K26 | 0,02 | 25 |
| Nivel 4 | K4 | 0,03 | 25 |
| Nivel 4 | K11 | 0,03 | 25 |
| Nivel 4 | K18 | 0,02 | 25 |
| Nivel 4 | K25 | 0,02 | 25 |
| Nivel 3 | K3 | 0,03 | 25 |
| Nivel 3 | K10 | 0,03 | 25 |
| Nivel 3 | K17 | 0,02 | 25 |
| Nivel 3 | K24 | 0,02 | 25 |
| Nivel 2 | K2 | 0,03 | 25 |
| Nivel 2 | K9 | 0,03 | 25 |
| Nivel 2 | K16 | 0,02 | 25 |
| Nivel 2 | K23 | 0,02 | 25 |
| Nivel 1 | K1 | 0,02 | 25 |
| Nivel 1 | K8 | 0,02 | 25 |
| Nivel 1 | K15 | 0,02 | 25 |
| Nivel 1 | K22 | 0,02 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES



| FORCE (kN) | TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER | SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm) | MID-STROKE LENGTH (mm) | STROKE (mm) | CLEVIS THICKNESS (mm) | BEARING THICKNESS (mm) | MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm) | CLEVIS DEPTH (mm) | MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm) | WEIGHT (kg) |
|------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------|
| 250 | 17120 | 38.10 | 897 | ±75 | 43 | 33 | 100 | 83 | 114 | 41 |
| 500 | 17130 | 50.80 | 1067 | ±100 | 55 | 44 | 127 | 102 | 150 | 82 |
| 750 | 17140 | 57.15 | 1194 | ±100 | 59 | 50 | 155 | 129 | 184 | 136 |
| 1300 | 17150 | 69.85 | 1236 | ±100 | 71 | 61 | 185 | 150 | 210 | 193 |
| 1500 | 17180 | 76.20 | 1315 | ±100 | 77 | 67 | 205 | 162 | 241 | 250 |
| 2000 | 17170 | 88.90 | 1575 | ±125 | 91 | 78 | 235 | 191 | 285 | 408 |
| 3000 | 17180 | 101.60 | 1575 | ±125 | 142/117* | 89 | 325/286* | 210 | 350 | 705 |
| 4900 | 17190 | 127.00 | 1690 | ±125 | 142 | 111 | 325 | 210 | 425 | 1202 |
| 6500 | 17200 | 152.40 | 2134 | ±125 | 154 | 121 | 350 | 305 | 515 | 1860 |
| 8000 | 17210 | 177.80 | 2242 | ±125 | 178 | 135 | 415 | 317 | 565 | 2495 |

Figura 84: Propiedades del dispositivo Taylor Devices Inc

Fuente: Adaptado de Taylor Devices

Por lo tanto, se usará un disipador cuya fuerza resistente será de 25 t.

Paso 2: Cálculo del área bruta mínima del brazo metálico

Una vez elegido el tipo de disipador, se puede tomar la fuerza axial del disipador para entrar en un proceso iterativo y obtener la sección final del brazo metálico, esto de la siguiente forma.

Datos:

A500 Grado A con esfuerzo de fluencia: 2741,97 kg/cm²

Fuerza axial del disipador elegido es: 25 t.

Longitud del brazo metálico del primer piso: 5,08 m

Elasticidad: $2 \cdot 10^6$ kg/cm²

Para resolver el problema, se considera el brazo metálico como un elemento estructural simplemente apoyado en los extremos, cuya relación de esbeltez asumiremos el valor de $\frac{KL}{r} = 85$, teniendo en cuenta que este número se encuentre entre 80 y 120.

Luego se procede a calcular el esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{85^2}$$

$$F_e = 2\,732,07 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo crítico es:

$$F_{cr} = (0,658 \frac{f_y}{F_e}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658 \frac{2\,741,97 \text{ kg/cm}^2}{2\,732,07 \text{ kg/cm}^2}) 2\,741,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 1\,081,48 \text{ kg/cm}^2$$

Área mínima requerida es:

$$A_g = \frac{P_u}{\phi F_{cr}}$$

$$A_g = \frac{25\,000 \text{ kg}}{0,85 \cdot 1\,081,48 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_g = 27,20 \text{ cm}^2 = 4,22 \text{ in}^2$$

Paso 3: Elección del brazo metálico

Tabla 51: Propiedades geométricas de perfil metálico tubular HSS9.625-HSS6.875

| Shape | Designation, t (in) | Nominal weight (lb/ft) | Area, A (in ²) | D/t | I (in ⁴) | S (in ³) | r (in) | Z (in ³) | Torsion, J (in ⁴) | Torsion, C (in ³) |
|----------|---------------------|------------------------|----------------------------|------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| HSS 7,50 | 0,46 | 37,42 | 10,3 | 16,1 | 63,9 | 17,0 | 2,4 | 23,0 | 128,0 | 34,10 |
| 0,500 | 5 | 0 | 00 | 00 | 00 | 00 | 90 | 00 | 00 | 0 |
| HSS7,50 | 0,34 | 28,56 | 7,84 | 21,5 | 50,2 | 13,4 | 2,5 | 17,9 | 100,0 | 26,80 |
| 0,375 | 9 | 0 | 0 | 00 | 00 | 00 | 30 | 00 | 00 | 0 |
| HSS7,50 | 0,29 | 23,97 | 6,59 | 25,8 | 42,9 | 11,4 | 2,5 | 15,1 | 85,80 | 22,90 |
| 0,312 | 1 | 0 | 0 | 00 | 00 | 00 | 50 | 00 | 0 | 0 |
| HSS7,50 | 0,23 | 19,38 | 5,32 | 32,2 | 35,2 | 9,37 | 2,5 | 12,3 | 70,30 | 18,70 |
| 0,250 | 3 | 0 | 0 | 00 | 00 | 0 | 70 | 00 | 0 | 0 |

HSS7,50 0,17 14,70 4,00 43,1 26,9 7,17 2,5 9,34 53,80 14,30
 . 0,188 4 0 0 00 00 0 90 0 0 0

Fuente: Adaptado de Steel Construction Manual, (American Institute Of Steel Construction Inc., 2005) (Cap. 1-96).

De la tabla 51, se elige el brazo del dissipador tipo HSS7,50 . 0,250 el cual se adapta a los requisitos mínimos calculados.

5.17. Incidencia presupuestal de los dissipadores de fluido viscoso

El costo directo de la obra se resolverá en función a los parámetros de la Resolución Ministerial N° 270-2020-Vivienda y la incidencia económica de los dissipadores de fluido viscoso estarán en relación a lo señalado en la revista Costos Perú (como se citó en Narváez, 2019).

Tabla 52: Costo de dissipadores de Fluido Viscoso

| Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Precio Parcial |
|-------------|----------|-----------------|----------------|
| Disipadores | 28 | S/ 18 800,00 | S/ 526 400,00 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Costo estimado de la Obra

| Descripción | Costo por m ² (1°-5° piso) | Costo por m ² (6°-7° piso) | Área (1°-5° piso) | Área (6°-7° piso) | Precio Parcial (1°-5° piso) | Precio Parcial (2°-7° piso) | Costo Parcial Acumulado |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Estructuras | S/ 609,83 | S/ 640,32 | 3035 | 1214 | S/ 1 850 834,05 | S/ 777 348,48 | S/ 2,628 182,53 |
| Arquitectura | S/ 386,13 | S/ 405,44 | 3035 | 1214 | S/ 1 171 904,55 | S/ 492 204,16 | S/ 1 664 108,71 |
| IEE y IIS | S/ 222,75 | S/ 233,89 | 3035 | 1214 | S/ 676 046,25 | S/ 283 942,46 | S/ 959 988,71 |
| Total | | | | | S/ 3 698 784,85 | S/ 1 553 495,1 | S/ 5 252 279,95 |

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Costo total directo} = \text{S/ } 526\,400,00 + \text{S/ } 5\,252\,279,95$$

$$\text{Costo total directo} = \text{S/ } 5\,778\,679,95$$

$$\text{Incidencia del Dissipador} = \frac{\text{S/ } 5\,778\,679,95}{\text{S/ } 526\,400,00}$$

$$\text{Incidencia del Dissipador (\%)} = 10,48 \%$$

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

6.1. Beneficios no financieros

El casco urbano de la ciudad de nueva Cajamarca a medida que pasan los años se extiende a zonas agrícolas, esto debido a la zonificación existente ya que no permite construir más de 5 pisos, debido a la baja capacidad portante del suelo y alta napa freática que aumentan considerablemente las fuerzas sísmicas, la misma que se ve reflejada en la Norma E.030, cuyo reglamento ubica a esta región en una zona N°3 de alta peligrosidad sísmica. Frente a estas circunstancias la implementación del estudio realizado basado en el diseño por desempeño sísmico permite conocer los comportamientos del diseño estructural para la aplicación óptima de cualquier tipo de disipador de energía sísmica con lo que permite la construcción de edificaciones de mayor altura contribuyendo al crecimiento vertical de las edificaciones.

6.2. Evaluación de Impacto social y/o ambiental

Según Leopold (1971), recomienda realizar una matriz que valore la perspectiva ambiental al momento de su planificación y en referencia a esta teoría, se muestra la tabla 54 que describe cuantitativamente el nivel de impacto en las principales actividades en caso que se llegue a ejecutar esta investigación.

- a. Impactos positivos (+): Para el caso de esta investigación, los mayores impactos positivos (más relevantes) ocurren en los aspectos económicos: a través de la generación de empleo (mano de obra calificada y no calificada) y teniendo en consideración la fabricación de materiales de construcción y elaboración e instalación de los disipadores, se tiene un impacto positivo en el rubro industrial, además de la generación de ingresos económicos en las contrataciones del flete de transporte para el traslado de materiales.

- b. Impactos negativos (-):

Los impactos negativos de mayor relevancia se darían en:

- Atmósfera: Con el uso de maquinaria, motores de combustión interna, hincado de pilotes se generan impactos directos a la

atmósfera específicamente en la alteración de los niveles de ruido y emisión de gases tóxicos y polvo al aire.

- Paisaje: Teniendo en cuenta nuestro proyecto la ubicación del proyecto, esta cuenta con vegetación, el cual puede verse afectada con la preparación del suelo para los trazos IN-SITU, excavaciones masivas, instalación de pilotes, vaciado de concreto como se detalla en la tabla 54.
- Suelo: Los trabajos de instalación de la cimentación y construcción de la superestructura alterarían la compactación y calidad natural del suelo.
- Flora y Fauna: Con el desbroce en el suelo, uso de concreto, combustibles, aceites para maquinarias, entre otros elementos tóxicos, la vegetación natural y animales bilógicos y/o microbiológicos se verían principalmente afectados.

c. Los datos de valoración de la tabla 54 son:

- Importancia
Alta: 1
Media: 2
Baja: 3
- Ponderación de impacto
Débil: 1
Moderado: 2
Fuerte: 3
- Daño
Impacto Positivo: +
Impacto Negativo: -
- Diseño del cuadro utilizado

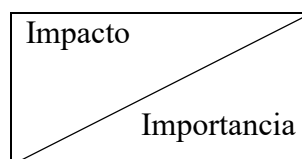


Tabla 54: Matriz de evaluación Ambiental

| COMPONENTES | ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS | ACTUACIONES PROPUESTAS CAUSANTE DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES | TRABAJOS PRELIMINARES | | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | OBRAS DE CONCRETO SIMPLE | OBRAS DE CONCRETO ARMADO | | | ACABADOS, DISPONDORES Y OTROS | |
|-----------------|-----------------------------|--|--|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| | | | Trazo, replanteo y circulación del área de trabajo | Excavaciones Manuales y Rellenos | Instalación de Pilotes | Eliminación de material excedente | Concreto en pisos, veredas y otros elementos no | Concreto de placa | Concreto en columnas, vigas y losas. | Encofrados y desencofrados | Tarrajeo, pintado e instalación de cerámicas y/o porcelanitos | Carpintería de madera y vidrios | Disipadores de Fluido Viscoso |
| Físico | Atmosfera | Aire | -2 | -3 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -1 | -2 | -1 | -1 |
| | | Ruido | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| | Paisaje | Calidad | -3 | -2 | -2 | -1 | -2 | -1 | -1 | -2 | -1 | -1 | -1 |
| | | Calidad | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| | Suelo | Calidad | -2 | -3 | -2 | -3 | -2 | -3 | -2 | -2 | -1 | -2 | -1 |
| | | Compactación | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | |
| Biológico | Fauna | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -2 | -1 | | | |
| | Flora | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | -1 | | |
| Socio económico | Población | Salud | 1 | -3 | -2 | -1 | -2 | -2 | -2 | -2 | 3 | 2 | -1 |
| | | Empleo | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| | Economía | Industriales | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | Industriales | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | | Transporte | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| | | | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |

Fuente: Elaboración propia

6.3. Evaluación Económica – Financiera

Según Córdova (2011) indica las técnicas para realizar un análisis financiero y para ello nos muestra las siguientes fórmulas a aplicar:

Valor Presente Neto (VPN) o Valor Actual Neto (VAN): Es una fórmula matemática que permite obtener el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión; es decir, la sumatoria actualizada al presente a todos los beneficios, costos e inversiones del proyecto.

$$VAN = \sum_{n=1}^t \frac{f_n}{(1+r)^n} - I_0$$

Donde:

- f_n : flujo de beneficios o costos netos para un periodo “t”.
- r: tasa de descuento pertinente.
- t: horizonte del proyecto.
- I_0 : inversión inicial
- n: vida útil del proyecto

Interpretación VAN:

$VAN > 0$, el proyecto puede aceptarse

$VAN < 0$, el proyecto debería rechazarse

$VAN = 0$, es indiferente.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Refleja la rentabilidad del proyecto periodo a periodo durante su tiempo de vida útil y se obtiene igualando el VAN a cero, como se muestra a continuación.

$$VAN = \sum_{n=0}^t \frac{f_n}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

Interpretación TIR:

$TIR > COK$ (costo de oportunidad de capital), el inversionista gana.

$TIR < COK$ (costo de oportunidad de capital), el inversionista pierde.

$TIR = COK$ (costo de oportunidad de capital), es indiferente, el inversionista no gana ni pierde.

Relación Costo Beneficio (C/B): También llamada índice de productividad y se obtiene dividiendo a los flujos netos entre la inversión inicial, actualizados al valor presente:

$$B/C = \frac{\sum VP \text{ Ingresos Netos}}{\text{Inversión inicial}}$$

Donde:

- VP Ingresos Netos: Valor presente de flujos netos

Interpretación B/C:

$B/C > 1$, el proyecto puede aceptarse.

$B/C < 1$, el proyecto debería rechazarse

$B/C = 1$, es indiferente.

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI): Es un instrumento matemático que permite conocer en que tiempo se puede recuperar la inversión, para ello se puede dividir la inversión inicial entre los ingresos promedios.

$$PRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ingresos Promedios}}$$

Toda inversión realizada debe generar beneficios económicos, por lo tanto, a continuación, se describen los costos que se generaría con la adquisición e instalación de la propuesta de mejora, asimismo los beneficios que se lograría con la misma. Por lo que se muestran los análisis de costos y beneficios.

6.3.1. Análisis de costos

El análisis de costos está enfocado en el desgregado de inversión por la adquisición e instalación de 28 disipadores de fluido viscoso (producto del análisis estructural) y en el mantenimiento preventivo superficial de cada disipador (pintura, limpieza, etc.). asimismo, se mencionan los costos referidos de inversión en el mes “0” (costo total de disipadores S/ 526 400, 000) y la inversión por mantenimiento durante 12 meses (S/6 000).

Tabla 55: Flujo de análisis de costos

| IMPLEMENTACIÓN DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO | | MES 0 | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | MES 9 | MES 10 | MES 11 | MES 12 |
|---|--|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1. COSTO DE ADQUISICIÓN | ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE 28 DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO | 526400 | | | | | | | | | | | | |
| 2. COSTO MANTENIMIENTO | MANTENIMIENTO | 0 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| | TOTAL | 526400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Análisis de beneficios

El proyecto en análisis es Hotel de tres estrellas, en cuya programación arquitectónica se tiene ambientes tales como habitaciones simples, habitaciones dúplex y Suites, que se desarrolla en 7 niveles en la que se garantiza seguridad estructural a través de disipadores de fluido viscoso, el mismo que para este proyecto permitió contar con un total de 42 habitaciones el cual genera un ingreso mensual de S/ 126 780 (ver anexo sobre cálculo financiero), como se describe a continuación.

Tabla 56: Flujo de Análisis de beneficios

| ANÁLISIS DE BENEFICIOS | | MES 0 | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | MES 9 | MES 10 | MES 11 | MES 12 |
|--------------------------|-----------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1. INGRESOS DE SERVICIOS | INGRESOS POR ALQUILER DE | 0 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 |
| | TOTAL | 0 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: flujo económico de la implementación de disipadores sísmicos

En resumen:

| FLUJO ECONOMICO | MES 0 | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | MES 9 | MES 10 | MES 11 | MES 12 |
|--|--------------|--|--------|---------------|--------|--------|-----------------|--------|--|---------|---------|---------|---------|
| TOTAL COSTOS | 526400 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| TOTAL BENEFICIOS | 0 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 |
| Flujo de caja | -526400 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 | 126280 |
| Flujo de caja acumulada | 0 | 126280 | 252560 | 378840 | 505120 | 631400 | 757680 | 883960 | 1010240 | 1136520 | 1262800 | 1389080 | 1515360 |
| TASA DE DESCUENTO | 18% | VAN de ingresos | | S/ 607,685.05 | | | A 2 | | $PRI = A + \left(\frac{b-C}{d} \right)$ | | | | |
| VAN | S/ 78,888.44 | VAN de egresos | | S/ 2,396.61 | | | b S/ 526,400.00 | | | | | | |
| TIR | 22% | COSTO INVERSIÓN | | S/ 528,796.61 | | | c S/ 252,560.00 | | | | | | |
| | | | | | | | d S/ 378,840.00 | | | | | | |
| Legenda | | | | | | | | | | | | | |
| Valor Actual Neto | VAN | $\text{RELACION COSTO/BENEFICIO } \mathbf{1.15}$ | | | | | | | | | | | |
| Tasa Interna de retorno | TIR | | | | | | | | | | | | |
| Periodo de la recuperación de la Inversión | PRI | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis del flujo económico se puede determinar lo siguiente.

- Al tener un $VAN = S/ 78\ 905,92 > 0$, entonces la propuesta de añadir amortiguamiento a través de disipadores de fluido viscoso está por encima de la rentabilidad exigida. Por lo tanto, la propuesta es aceptable.
- Se tiene $TIR = 22\ \% > \text{al } 18\ \%$. Se entiende por tasa interna de retorno (TIR) al valor que calcula la rentabilidad de la inversión como un porcentaje probabilístico. Por lo tanto, se observa que el TIR, es mayor que el costo de oportunidad de capital. Por lo que representa que un inversionista podría pagar el costo de disipadores sin perder la inversión.
- El $PRI = 2,72 \approx 3$. Se entiende por periodo de retorno de la inversión (PRI) al tiempo de recuperación de la adquisición e instalación de los disipadores de fluido viscoso en un plazo de 3 meses aproximadamente.
- $C/B = 1.15 > 1$. Se observa que la relación costo beneficio (C/B) es mayor a 1 lo cual indica que los flujos de beneficios son mayores a los flujos de costos, interpretándose como propuesta aceptable.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

7.1. De la tabla 58 y figura 85 respectivamente, se deduce y evidencia un ligero incremento de la rigidez hasta llegar a los 26,40 cm de desplazamiento (la pequeña superposición de las curvas se debe al aporte mínimo de rigidez que aportan los brazos metálicos, el cual puede ser considerado despreciable), donde los disipadores dejan de aportar amortiguamiento.

Tabla 58: Tabla de fuerzas vs desplazamientos sin disipadores, producto del análisis Pushover.

| Con Disipadores | | Sin Disipadores | |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Desplazamiento (m) | Cortante (t) | Desplazamiento (m) | Cortante (t) |
| 0.0000 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 0.0162 | 114.14 | 0.0162 | 113.93 |
| 0.0329 | 228.28 | 0.0329 | 227.87 |
| 0.0336 | 233.16 | 0.0336 | 232.74 |
| 0.0503 | 345.53 | 0.0503 | 344.94 |
| 0.0676 | 458.26 | 0.0680 | 459.56 |
| 0.0855 | 565.33 | 0.0853 | 563.12 |
| 0.1027 | 663.40 | 0.1028 | 662.64 |
| 0.1200 | 755.92 | 0.1199 | 754.18 |
| 0.1381 | 848.32 | 0.1381 | 846.29 |
| 0.1569 | 941.56 | 0.1566 | 937.76 |
| 0.1760 | 1033.98 | 0.1760 | 1031.22 |
| 0.1938 | 1119.09 | 0.1937 | 1115.96 |
| 0.2176 | 1232.09 | 0.2135 | 1209.96 |
| 0.2360 | 1317.52 | 0.2333 | 1301.98 |
| 0.2569 | 1413.60 | 0.2558 | 1404.96 |
| 0.2640 | 1446.36 | 0.2744 | 1489.36 |
| 0.2640 | 1446.29 | 0.2836 | 1530.88 |

Fuente: Elaboración propia

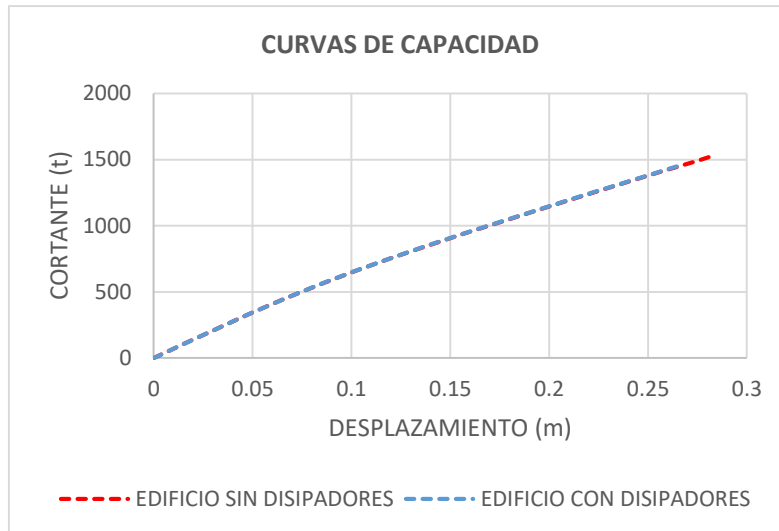


Figura 85: Comparación de las curvas de capacidad con la incorporación de disipadores de fluido viscoso
Fuente: Elaboración propia

En la figura 85 se aprecia que la curva de capacidad sin disipadores tiene aproximadamente el mismo recorrido de la curva capacidad con la incorporación de disipadores de fluido viscoso pero diferente punto de llegada, el cual confirma la teoría sobre los disipadores de fluido viscoso, que no afectan ni varían la rigidez de la estructura, pero sí reducen los desplazamientos a través del amortiguamiento. Muestra de ello se observa, que sin disipadores la estructura se desplaza hasta los 28.46 cm y con disipadores llegó a desplazarse hasta los 26,40 cm, logrando tener un mejor comportamiento de la edificación. Cabe mencionar, que en la tesis de Castañeda & Manrique (2019), donde evalúa la curva de capacidad para determinar el desempeño de la estructura, también experimenta una reducción de derivas la cuál es directamente proporcional a obtener un mejor comportamiento sísmico en términos cuantitativos.

Asimismo, de este análisis se determinó el siguiente comparativo:

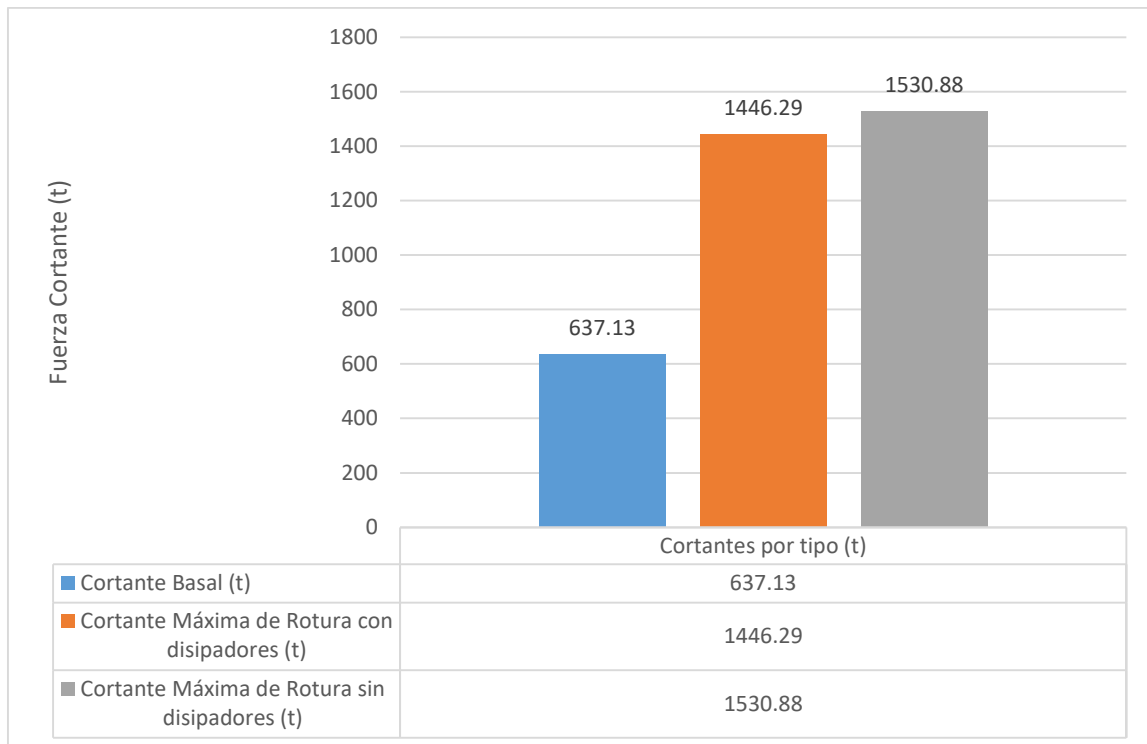


Figura 86: Comparativo de Fuerzas
Fuente: Elaboración propia

De la figura 86, se deduce que considerando los valores geotécnicos y sísmicos de la ciudad de Nueva Cajamarca y la norma E.030, existe mayor agresividad cuando la estructura no tiene amortiguamiento incorporado, cuya cortante de rotura es 1 530,88 t y se reduce a través de los disipadores de fluido viscosos en 1 446,29 t. Asimismo, se observa que en el análisis lineal se tiene un cortante de 637,13 t la misma que no representa una amenaza para la estructura.

En resumen, teniendo en cuenta que según las bases teóricas la curva de capacidad, el cual representa la fuerza cortante en la base versus el desplazamiento en el techo y como parte de la evaluación de la respuesta estructural en el marco de unos de los objetivos de la presente investigación, se tiene que la edificación es menos afectada por la fuerza cortante cuando esta cuenta con disipadores de fluido viscoso; el cortante máximo sin disipadores solamente afecta en un 94,47 %.

7.2. Al aplicar el Pushover en la dirección X, se observó la formación de las primeras rótulas plásticas en el piso 1 del eje 4 (ver figura 87) y consecuentemente, en función al incremento de la fuerza lateral, el mismo eje (número 4) fue el más afectado, incluso con la aparición de una rótula en columna, como se observa en la figura 88.

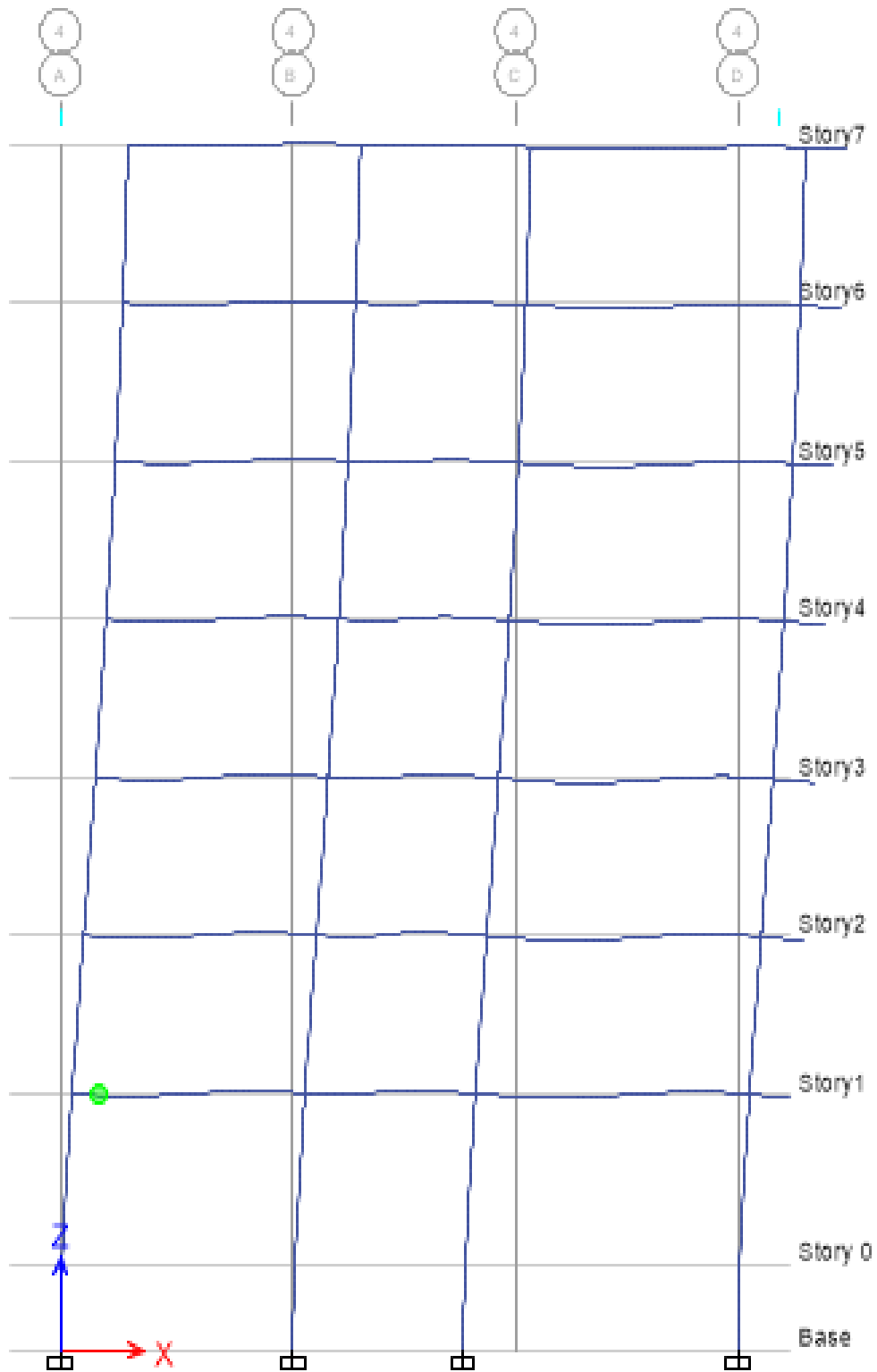


Figura 87: Primeras rótulas plásticas en la dirección X
Fuente: Elaboración propia

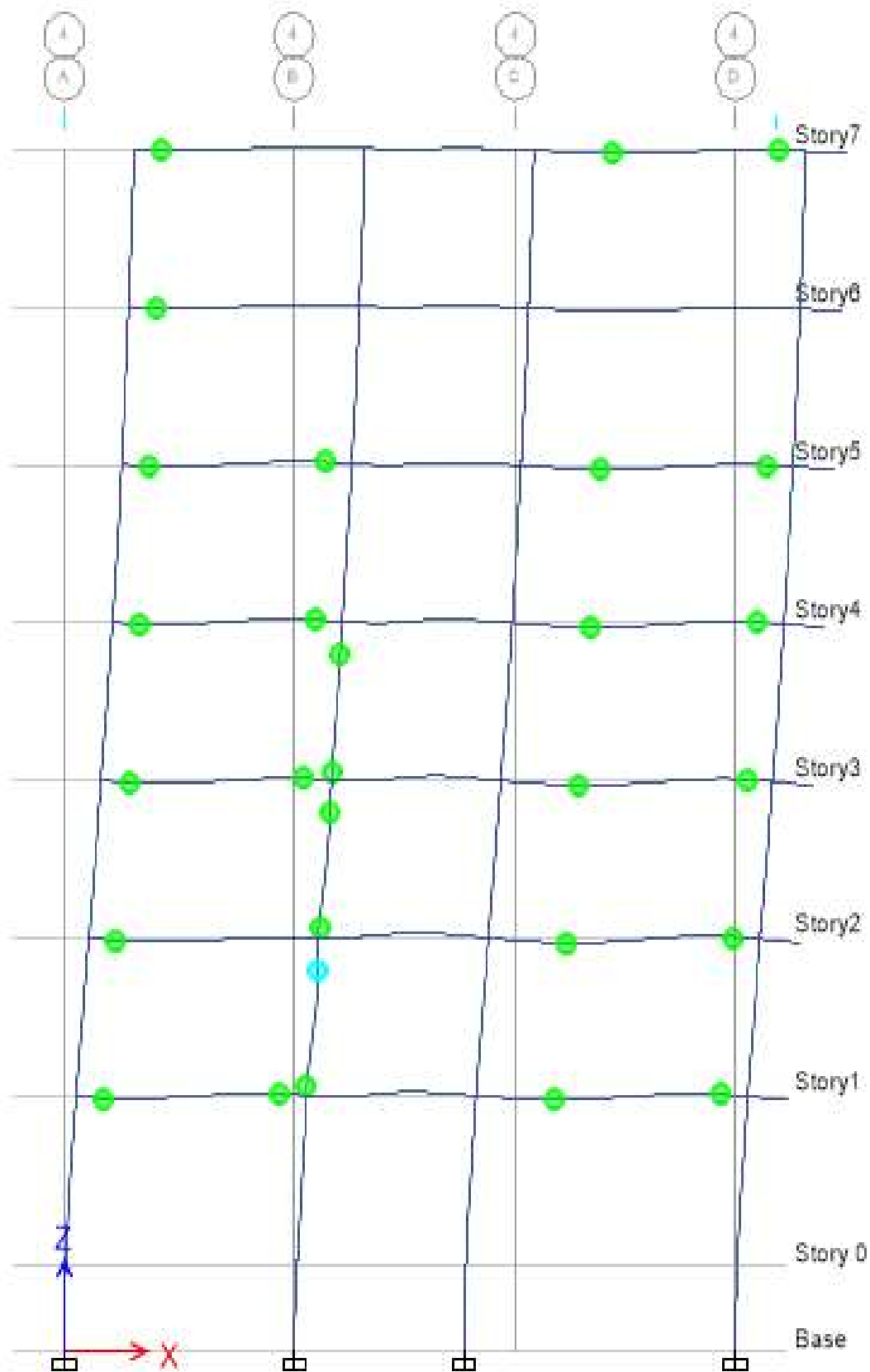


Figura 88: Eje más afectado con el mecanismo de rotulación plástica, push X.
Fuente: Elaboración propia

7.3. Para el empuje en la dirección “Y”, el mecanismo plástico de rotulación en los elementos estructurales, se inició con la aparición de rótulas en las vigas del piso 2 y 3 del eje A (ver figura 88), y de manera progresiva aparecieron rótulas en la columna del eje 3/B y demás vigas como se observa en la figura 89.

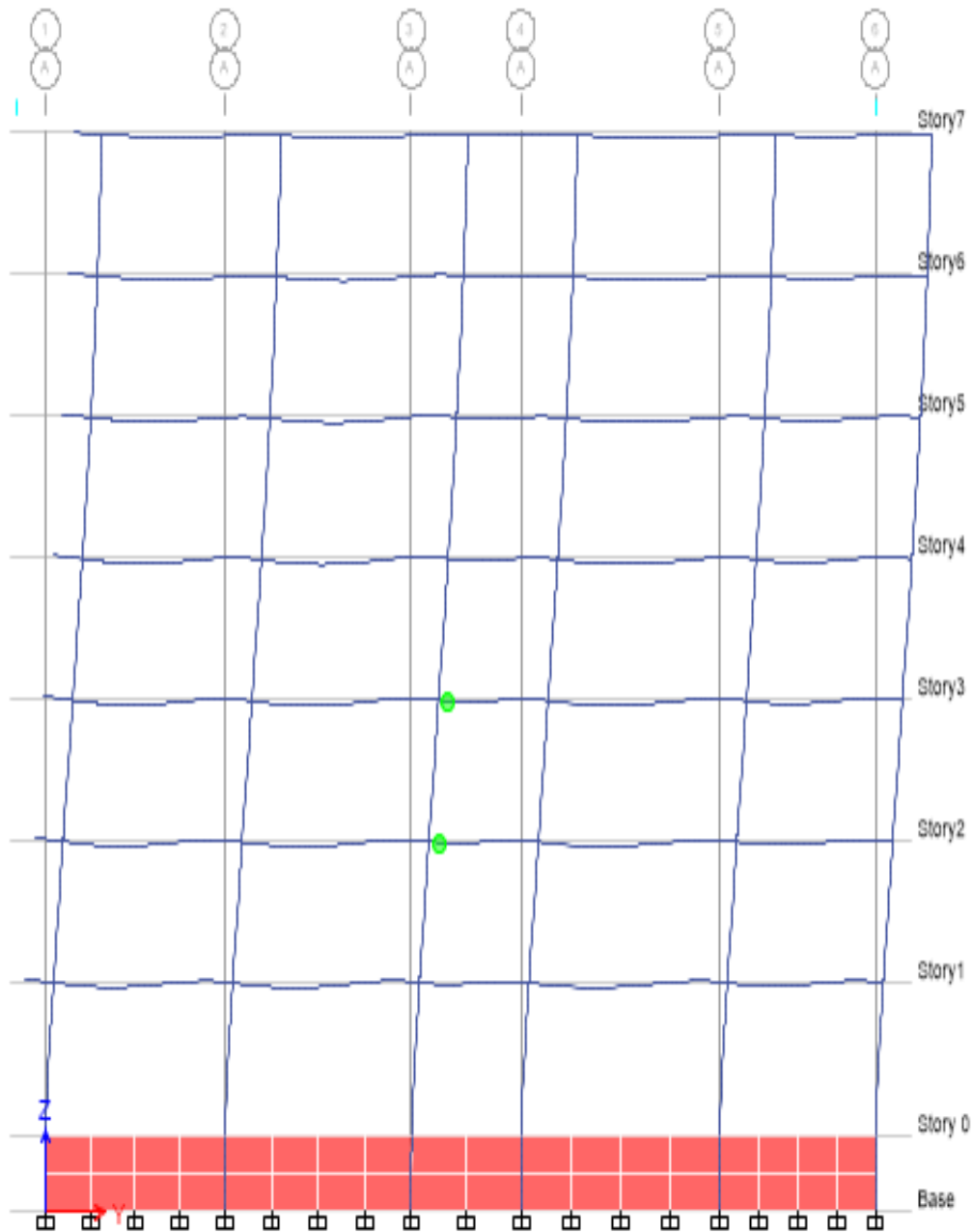


Figura 89: Primeras rótulas plásticas en la dirección Y
Fuente: Elaboración propia

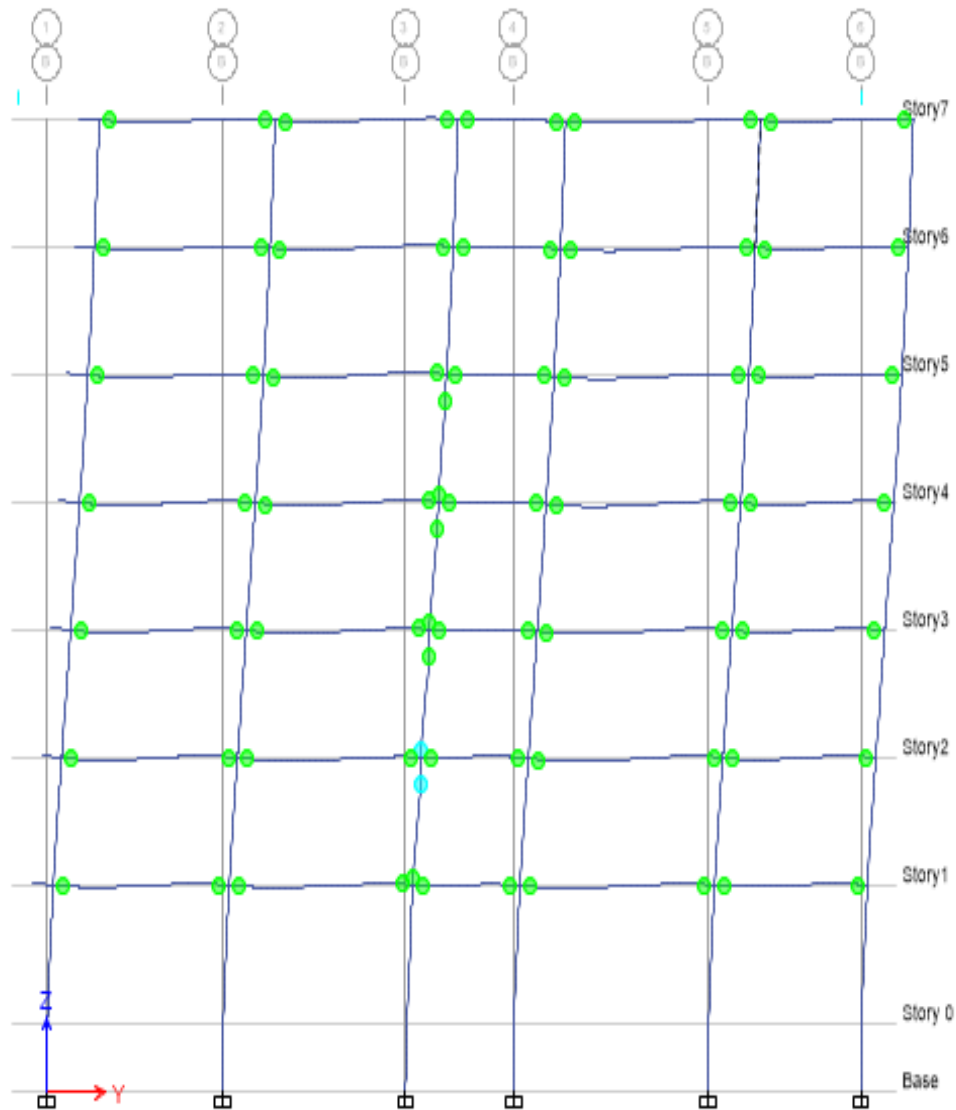


Figura 90: Eje más afectado con el mecanismo de rotulación plástica, push Y.

Fuente: Elaboración propia

7.4. A través del análisis dinámico por espectro de respuesta, comparamos las derivas como se muestra en la figura 90, en la cual se observa que a la altura del tercer piso se da la deriva máxima por sismo dinámico y que, al incorporar los disipadores de fluido viscoso, esta se reduce en un 49,38 %.

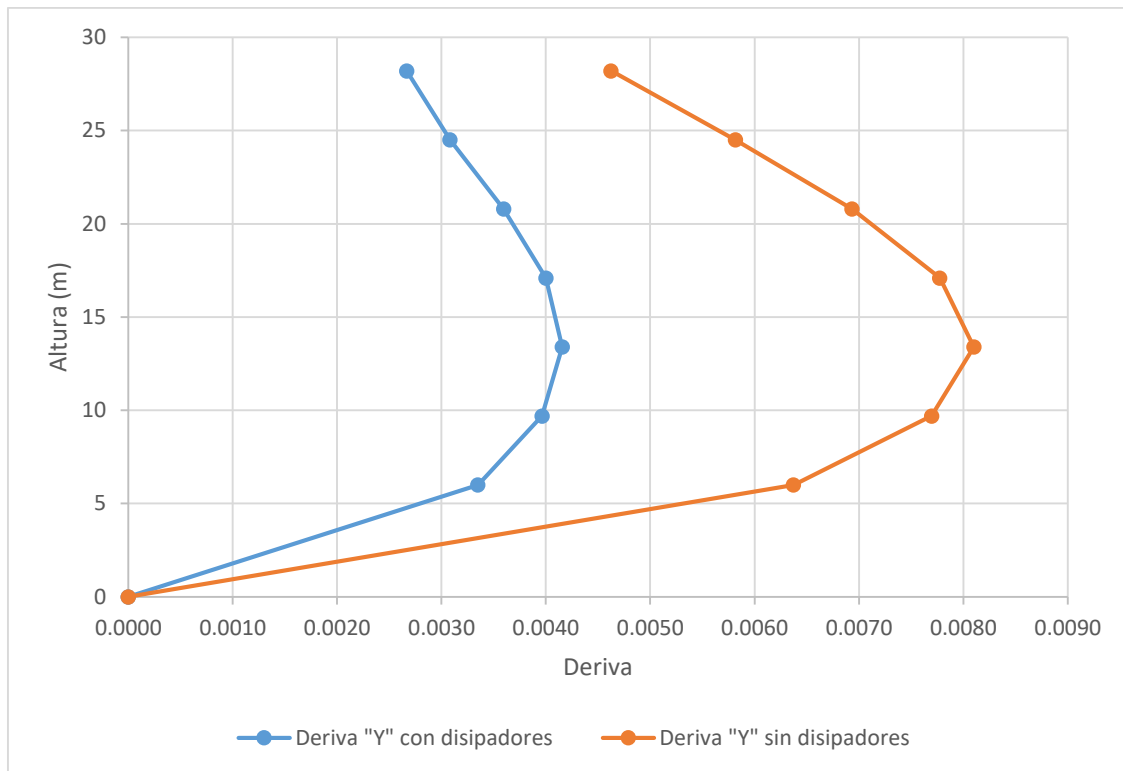


Figura 91: Derivas inelásticas con y sin disipadores en "Y"

Fuente: Elaboración propia

7.5. La deriva objetivo en la dirección "Y" de la edificación fue del 0,00455 y como resultado se obtuvo una deriva del 0,0042, esto fue logrado a través del amortiguamiento que aportaron 28 disipadores de fluido viscoso.

7.6. Al incorporar los disipadores de fluido viscoso en el eje "Y", el nivel de desempeño que inicialmente se ubicaba en el rango de pre - colapso, pasó a alcanzar un nivel de funcionalidad. La respuesta sísmica alcanzada, corresponde al efecto de un movimiento sísmico que propone la norma E.030, teniendo en cuenta las características geotécnicas del suelo de fundación del lugar del proyecto.

7.7. Luego de realizar un análisis no lineal Pushover y un estudio dinámico por espectro de respuesta (ver tablas 49 y 50, respectivamente), se procedió a elegir un disipador de fluido viscoso que satisfaga las condiciones mínimas de diseño, obteniéndose que el tipo de disipador a usar es de 250 kN y cuyo brazo metálico del tipo HSS 7,50 x 0,250.

7.8. En el eje "X" del edificio no es necesario incorporar disipadores de fluido viscoso, ya que su deriva dinámica máxima es de 0,0051 y su nivel de desempeño sísmico es de funcionalidad.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

- Se determinó que el comportamiento de un diseño por desempeño sísmico de un edificio de 7 niveles conformados por los ejes “X” y “Y” sin disipadores sísmicos, se obtuvo como resultado que el eje “Y” posee un factor de deriva mayor (0,007) en comparación al eje “X” (0,005); asimismo, incorporando los disipadores de fluido viscoso en el eje “Y” la deriva máxima se reduce en 49,38 %. En consecuencia, el nivel de desempeño que inicialmente se ubicaba en el rango de pre – colapso (sin disipadores), pasó a alcanzar un nivel de funcionalidad (con disipadores).
- Se obtuvo el desempeño de la estructura al realizar el análisis no lineal estático según los lineamientos de FEMA 440, cuyo resultado fue de funcionalidad para el eje “X” y de pre - colapso para el eje “Y”.
- Se determinó que, mediante el análisis sísmico – dinámico por espectro de respuesta según los lineamientos de la Norma Técnica E.030 es posible estimar la “deriva objetivo” para el diseño de disipadores de fluido viscoso, la misma que permite hacer el control de reducción de desplazamientos en estructuras tridimensionales.
- Al dimensionar los elementos estructurales conforme a los parámetros de las Normas E.060 y E. 020 se evitan efectos prematuros del fenómeno de columna fuerte – viga débil; de manera que en el rango no lineal los elementos por rigidez de flexión (columnas) se trabajó al 50 % de su capacidad inicial y los elementos de rigidez por corte (vigas) al 40 % de su capacidad inicial, obteniendo un escenario más real del comportamiento sísmico de la estructura analizada.
- El Análisis no Lineal Estático (Pushover) integrado con la Norma FEMA 440, permitió encontrar la capacidad de la estructura y su desempeño sísmico; además se realizó la evaluación sísmica y conocer el comportamiento de los disipadores de fluido viscoso, a través de la reducción de derivas.
- Con los lineamientos establecidos en la norma FEMA 440, se logró encontrar el punto de desempeño y el comportamiento estructural del edificio.
- Al incorporar los disipadores de fluido viscoso, la estructura se deformó menos y el daño fue menor.
- Para un terreno de fundación con las características geotécnicas que tienen los suelos de Nueva Cajamarca y para estructuras con periodos mayores a 0,5 que se requiera

tener un desempeño post-sismo que se ubique en el rango funcional, es necesario que las edificaciones tengan amortiguamiento o en el mejor de los casos, aislamiento basal.

RECOMENDACIONES

- Realizar análisis no lineal tiempo historia con la finalidad de evaluar el comportamiento estructural frente a aceleraciones sísmicas para el diseño de futuras edificaciones con periodos mayores a 0,5.
- Para evitar tener columnas de secciones demasiado robustas, se debe optar por el uso de elementos de corte (placas), esto con la finalidad de absorber la mayor cantidad de fuerza cortante y las columnas solo tiendan a diseñarse por cargas gravitacionales.
- Realizar estudios de mayor amplitud sobre el modelamiento no lineal estático que considere el mayor número posible de modos de vibración.
- Considerar la histéresis de los disipadores viscosos, con la finalidad de conocer la degradación del dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

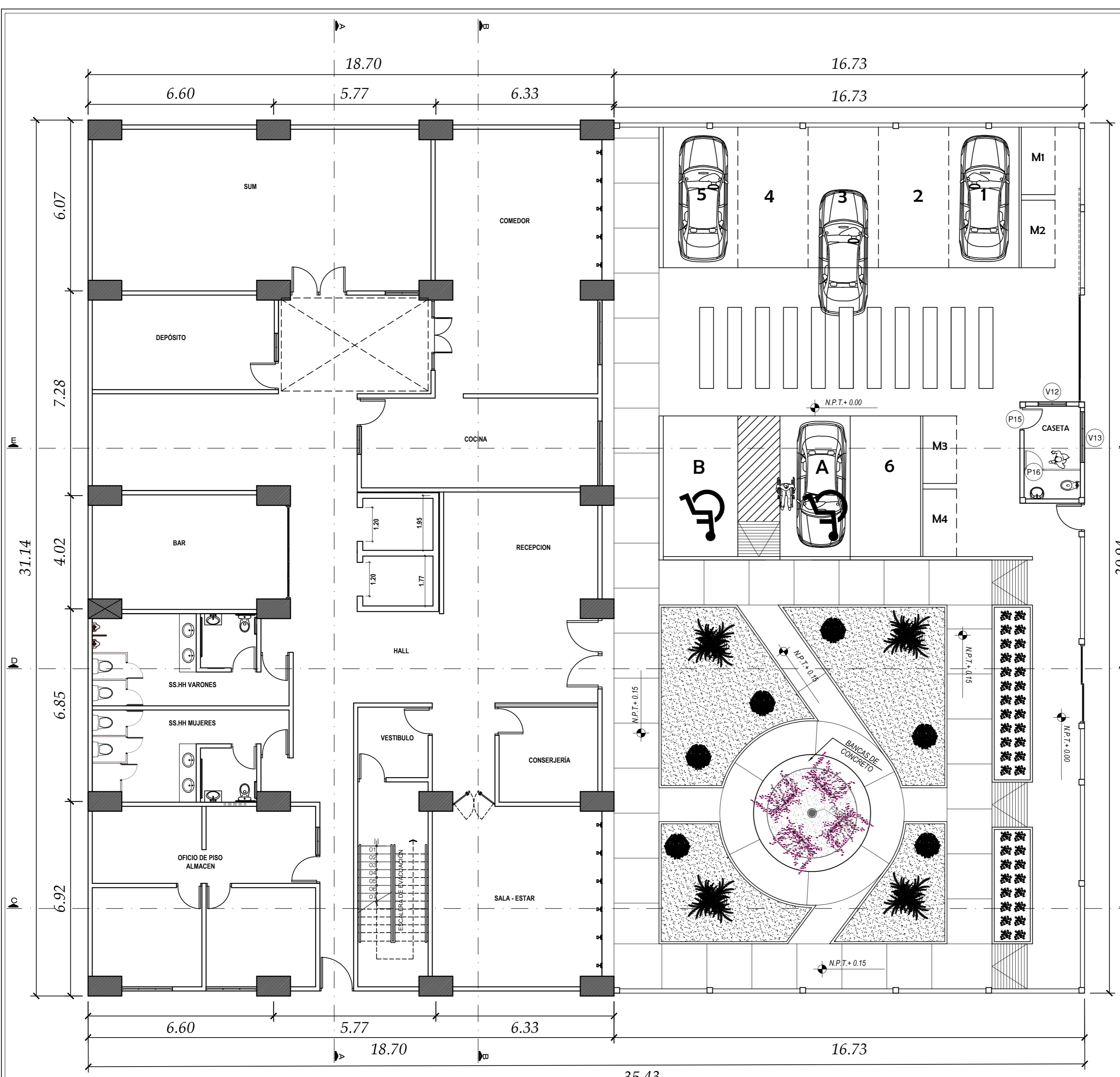
- American Institute Of Steel Construction Inc. (diciembre de 2005). *Steel Construction Manual*. Estados Unidos: American Institute Of Steel Construction. Recuperado el 25 de setiembre de 2020, de <https://tinyurl.com/yckrt537>
- Applied Technology Council 40. (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit*. California: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles. Retrieved setiembre 25, 2020, from <http://ascelibrary.org>
- Blanco Blasco, A. (1997). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado* (Segunda ed., Vol. II). Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú. Retrieved setiembre 12, 2020
- Cabrera, J.y & Sánchez J. (2016, setiembre). *Evaluacion de Desempeño Sismico de un Edificio aporticado de Hormigon Armado usando el método Actualizado del Espectro de Capacidad FEMA 440*. [Tesis Pregado, Universidad de Cuenca] Cuenca. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://tinyurl.com/38chk27a>
- Carranza J. & Calderon C. (2015). *Reforzamiento de una Estructura Aporticada con Disipadores de Fluido Viscoso para un Mercado en la Ciudad de Trujillo*. [Tesis Pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego] Trujillo. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://tinyurl.com/26xxjhfu>
- Castañeda V.& Manrique L. (2019). *Evaluación de los niveles de desempeño sísmico de un edificio aporticado empleando disipadores de fluido viscoso*. [Tesis Pregrado, Universidad Ricardo Palma] Lima. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://tinyurl.com/2wxsptaa>
- Chavez Cachay, S. (2003, Agosto). *Concreto Armado*. trabajo de Investigación, Universidad Nacional de San Martin, Tarapoto. Retrieved enero 25, 2020
- Chistopher A.. & Reitherman R. (1987). *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios* (Primera ed.). Mexico D.F, Mexico: LIMUSA. Retrieved setiembre 25, 2020
- Consultoria Selva consultores en Ingenieria Geotecnica y Ensayo de Materiales. (2020). *Ensayo de Penetración Estándar - SPT -01 Informe Técnico*. Nueva Cajamarca.
- Consultoria Selva Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales. (2020). *Ensayo de Penetración Estandár SPT - 01*. Informe Técnico , Nueva Cajamarca . Retrieved Junio 2020
- Córdova, M. (2011). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Retrieved 2022, from <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1206/1/C%C3%B3rdova-evaluaci%C3%B3n%20d%20eproyectos%20da%20ed.pdf>
- Federal Emergency Management Agency 356. (2000, Noviembre). *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Washington D.C., Estados Unidos: Americam Society of Civil Engineers. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://www.asce.org/>
- Federal Emergency Management Agency 440. (2005, junio). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analisys Procedures*. Washington D.C., Estados Unidos: Applied Technology Council. Retrieved setiembre 25, 2020

- Goytia Torrez, I. R., & Villanueva Inca, R. (2001, agosto). Texto de Guía Antisísmica. *Modernización de la Enseñanza Aprendizaje en la Asignatura de Ingeniería Antisísmica*. Lima. Retrieved diciembre 12, 2020
- Guevara D. & Torres P. (2012, Julio). *Diseño de un Edificio Aporticado con Amortiguadores de Fluido-Viscoso en Disposición Diagonal*. [Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Lima. Retrieved enero 25, 2020, from <https://tinyurl.com/3e557fv5>
- Huapaya Huertas, R. E. (2017). *Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal*. [Tesis Pregrado, Universidad Ricardo Palma] Lima. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://tinyurl.com/yckzm3dp>
- INDECI & PNUD. (2006). Mapa de peligros múltiples de la Ciudad de Nueva Cajamarca, San Martín. Nueva Cajamarca, Perú. Retrieved setiembre 25, 2020
- Intor K. & Martos C. (2017). *Desempeño Sísmico del Módulo "A" de la I.E San Ramón en la Ciudad de Cajamarca*. [Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte] Cajamarca. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://hdl.handle.net/11537/12654>
- Lambe T. & Whitman R. (2001). *Mecánica de Suelos*. Mexico D.F., Mexico: LIMUSA. Retrieved setiembre 25, 2020
- Leopold, L. (1971). *Economipedia*. Retrieved Marzo 28, 2022, from <https://economipedia.com/definiciones/matriz-de-leopold.html>
- Loa, G. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997*. [Tesis Postgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Lima. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://tinyurl.com/2p8edzv8>
- Luna D. & García J. (2017). *Diseño de un Edificio de Viviendas en San Isidro*. [Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Lima. Retrieved setiembre 25, 2020, from <https://tinyurl.com/595y2cjb>
- Mander J. & Priestley M. (1988, setiembre 01). *Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete*. California. doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1988\)114:8\(1804\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804))
- Marzal, V. (2006). *Plan Urbano Distrital de Nueva Cajamarca*. Informe Final, Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca, Nueva Cajamarca. Retrieved setiembre 26, 2020
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: MACRO. Retrieved diciembre 21, 2020
- Nacional, Sistema Estadístico. (n.d.). *Sistema Nacional de Estadística e Informática*. Retrieved agosto 04, 2020, from <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- Navarro F. (2017). *Comparación de las Respuestas Dinámicas en Estructuras con y sin Disipadores de Energía Pasivos de Fluido Viscoso en la Zona Sísmica Cuatro*. Piura.
- Navarro Viera, Franco. (2019). *Análisis Comparativo Técnico-Económico de una Edificación de 12 Pisos, Empleando Amortiguadores de Fluido Viscoso y Disipadores Histeréticos*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Retrieved diciembre 01, 2020, from <https://tinyurl.com/46rbha6t>

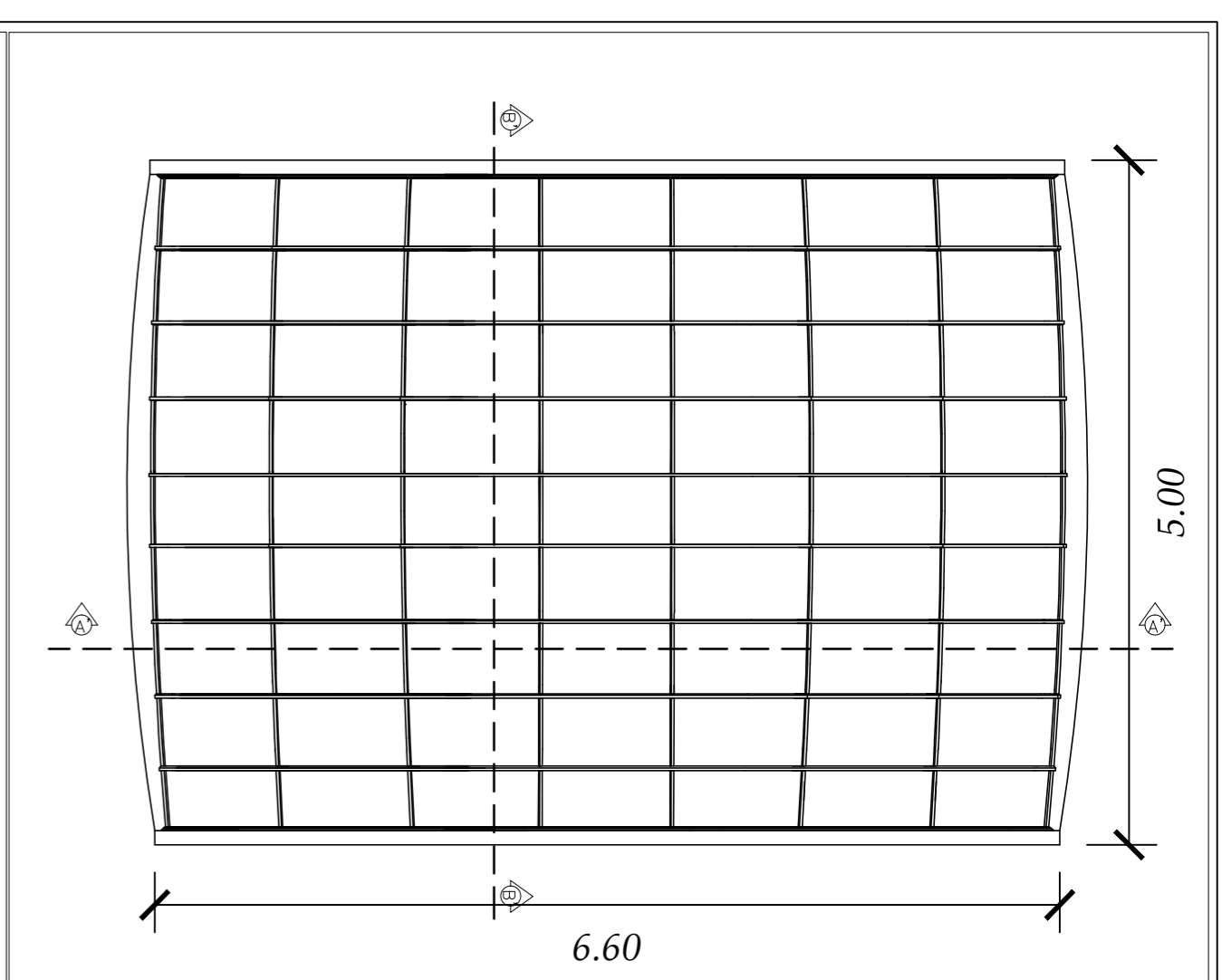
- Ortega J. (2015). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (Primera ed., Vol. I). Lima, Perú: MACRO. Retrieved diciembre 02, 2020
- Ottazzi Pasino, G. (2014). *Apuntes del Curso de Análisis Estructural 1*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería - Sección Ingeniería Civil, Lima. Retrieved diciembre 15, 2020
- Peralta M. (2012). *Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal del Hospital de Vielha*. [Tesis Postgrado, Universidad Politécnica de Catalunya] Programa de Máster en Ingeniería del Terreno e Ingeniería Sísmica, Barcelona. Retrieved diciembre 18, 2020
- Purca R. (2016). *Sistema de Protección Sísmica Mediante el Uso de Disipadores Metálicos de Fluencia por Corte*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín] Arequipa. Retrieved diciembre 18, 2020
- Rojas D. & Paredes J. (2013). *Compendio de Geología General*. Lima, Perú: MACRO. Retrieved diciembre 28, 2020
- San Bartolomé, Á. (1998). *Análisis de Edificios* (Primera ed.). Lima, Perú: Fondo editorial PUCP. Retrieved diciembre 18, 2020
- Silva Mercado, R. M. (2018). *Desempeño Sísmico de Muros De Quincha Tradicional Mediante el Método del Espectro de Capacidad*. [Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Lima. Retrieved diciembre 14, 2020, from <https://tinyurl.com/rmfnw3j4>
- Sinisterra Bonilla, H. (2017). *Determinación del Desempeño Sísmico para Edificios en Pórticos de Concreto Reforzado Diseñado Bajo la Norma de Diseño Sismorresistente C.C.C.S.R.84*. [Tesis Postgrado, Pontificia Universidad Javeriana] Cali. Retrieved diciembre 28, 2020
- Tavera, H. (2014). *Evaluación del Peligro Asociado a los Sismos y Efectos Secundarios en Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú. Retrieved diciembre 28, 2020
- Taylor Devices inc. (2021, enero). *Taylor Devices Folletos y Catálogos*. Retrieved enero 15, 2021, from <https://tinyurl.com/4s9nenjf>
- Toledo V. (2011). Ingeniería Sísmica Basada en Desempeño. *Comunidad para la Ingeniería Civil*. Retrieved diciembre 28, 2020, from <https://www.cingcivil.com/?p=805>
- Urbina R. (2004). *Guía para el diseño de Pilotes*. [Tesis Pregrado, Universidad de Piura] Departamento de Ingeniería, Piura. Retrieved enero 18, 2021, from <https://tinyurl.com/2vbf4hn2>
- Villareal G. & La Rosa M. (2016, setiembre). Edificaciones con Disipadores Viscosos. *Primera*. (P. G. Castro, Ed.) Lima, Perú: Grafica Norte. Retrieved enero 18, 2021
- Villarreal G. (2013). *Ingeniería Sismorresistente* (Primera ed.). (P. G. Castro, Ed.) Trujillo, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. Retrieved enero 18, 2021
- Zapatero J. (2010). *Fundamentos de Investigación para Estudiantes de Ingeniería* (Primera ed.). Mexico: Tercer Escalón. Retrieved enero 18, 2021

ANEXOS

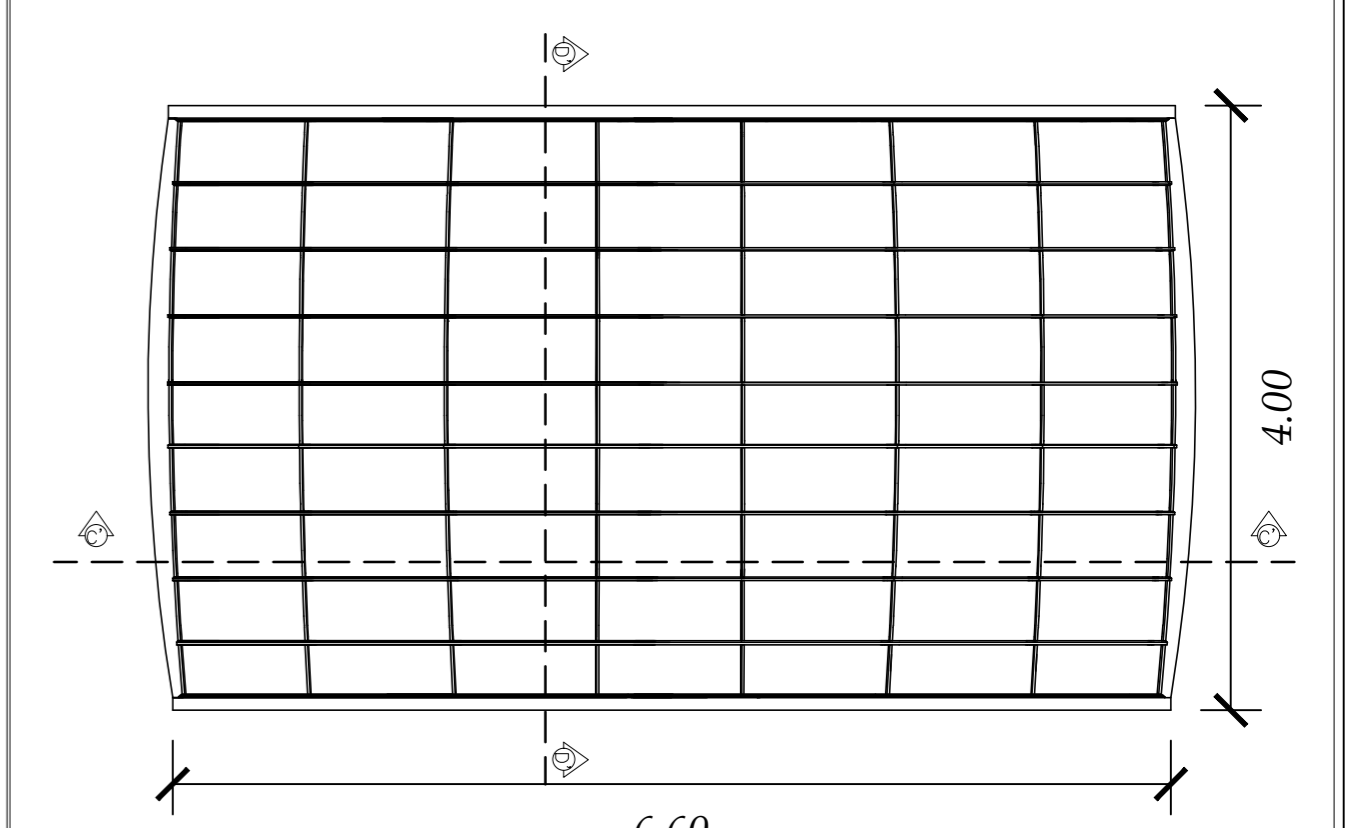
ANEXOS – PLANOS DE ARQUITECTURA



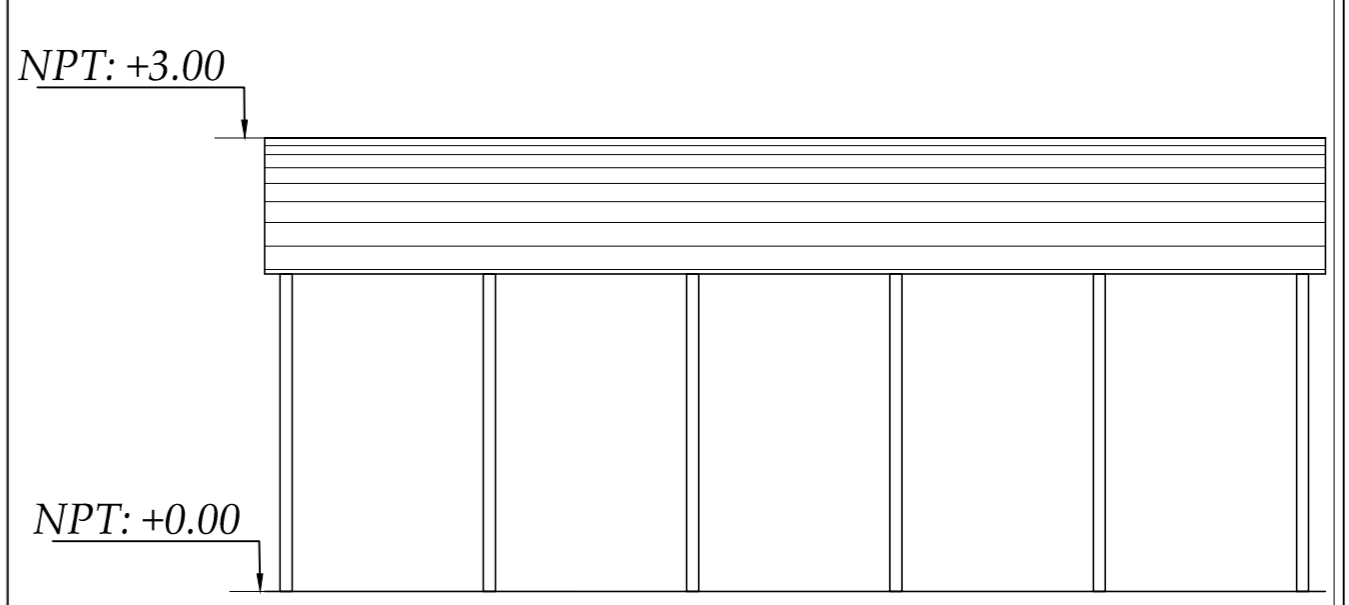
PLANTA GENERAL 1° PISO
ESC: 1/100



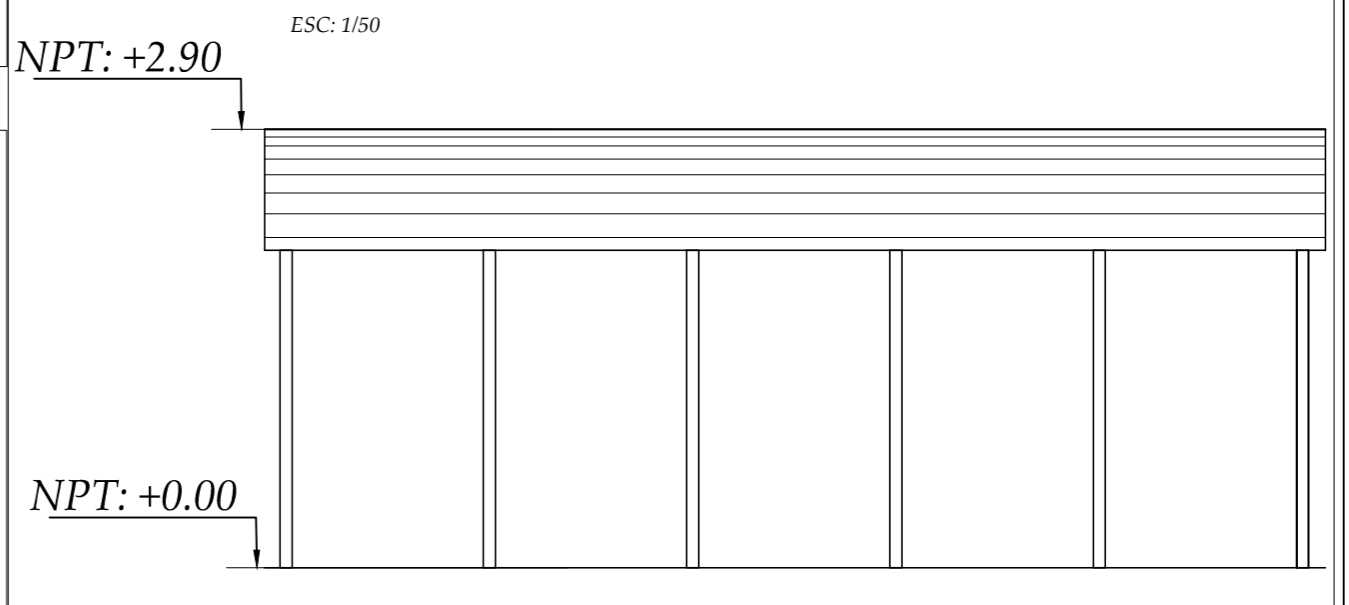
PLANTA-COBERTURA ESCALERA PRINCIPAL
ESC: 1/50



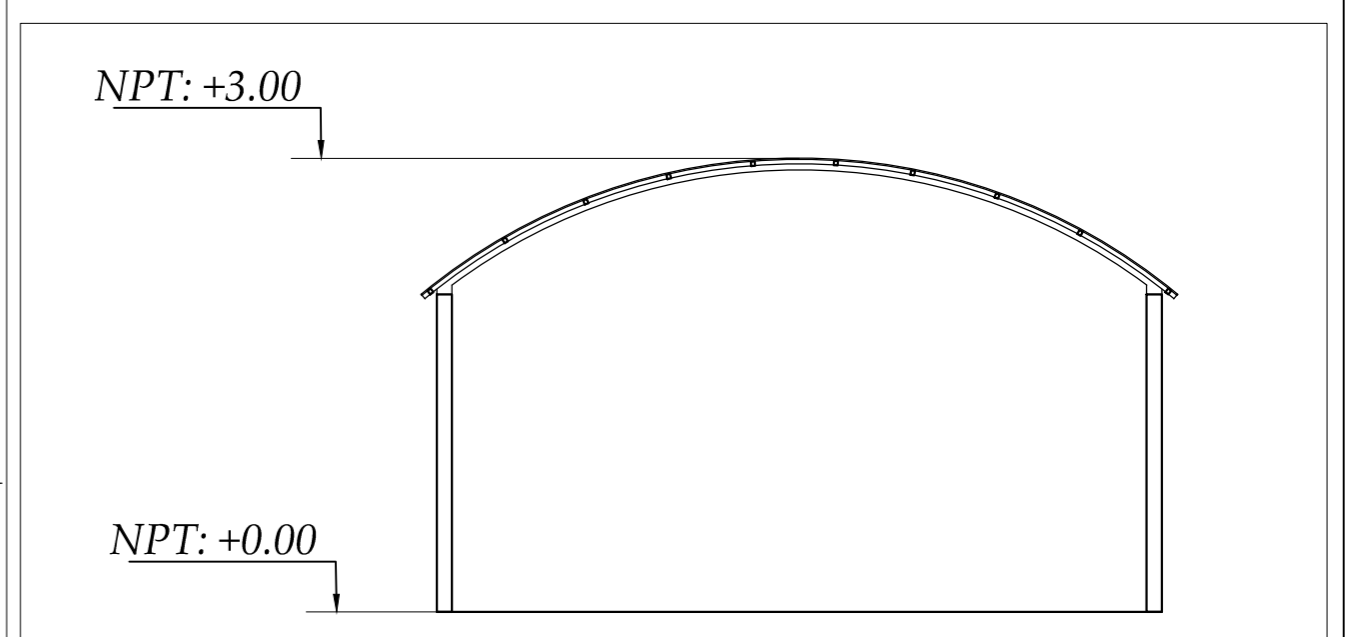
PLANTA-COBERTURA ESCALERA EMERGENCIA
ESC: 1/50



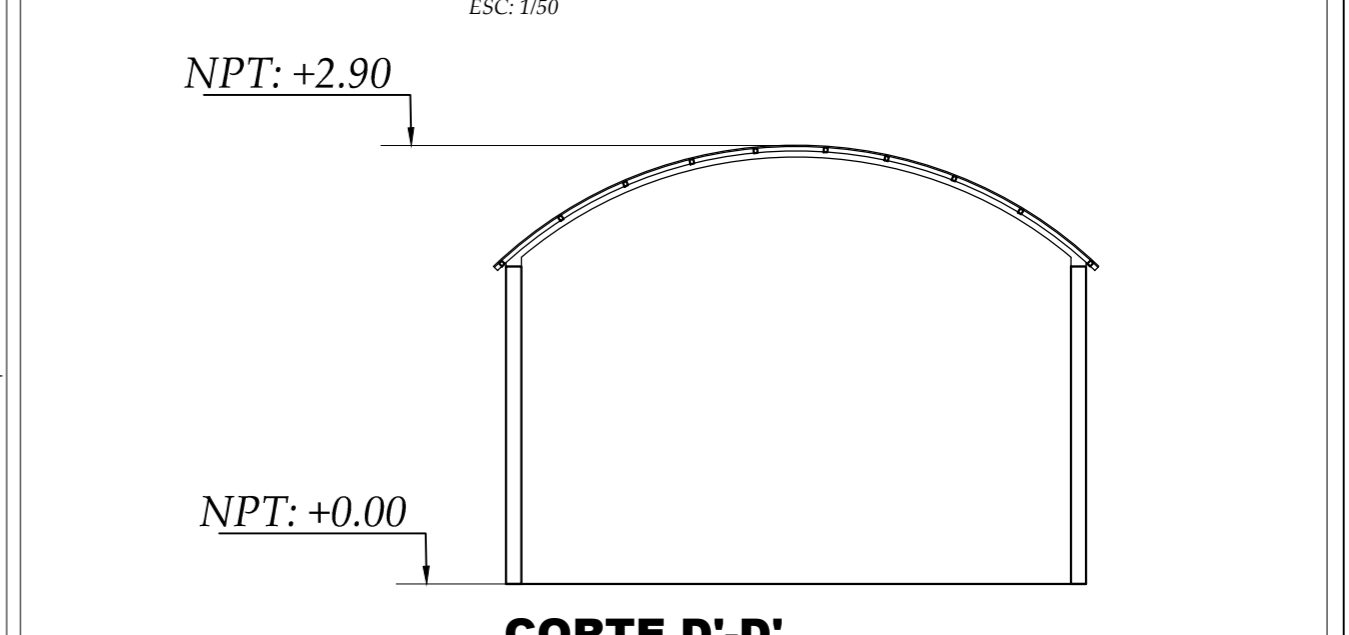
CORTE A'-A'
ESC: 1/50



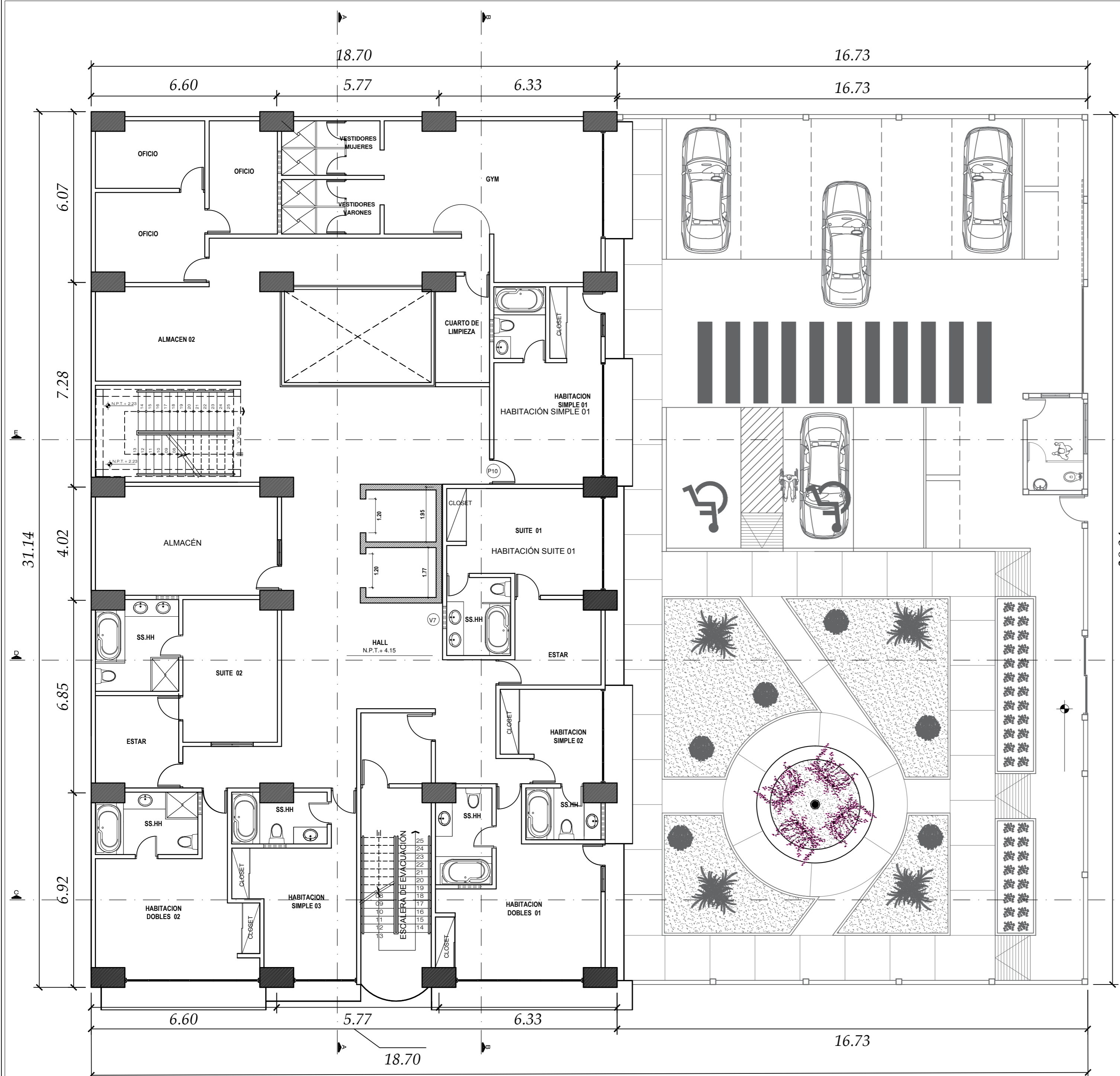
CORTE C'-C'
ESC: 1/50



CORTE B'-B'
ESC: 1/50

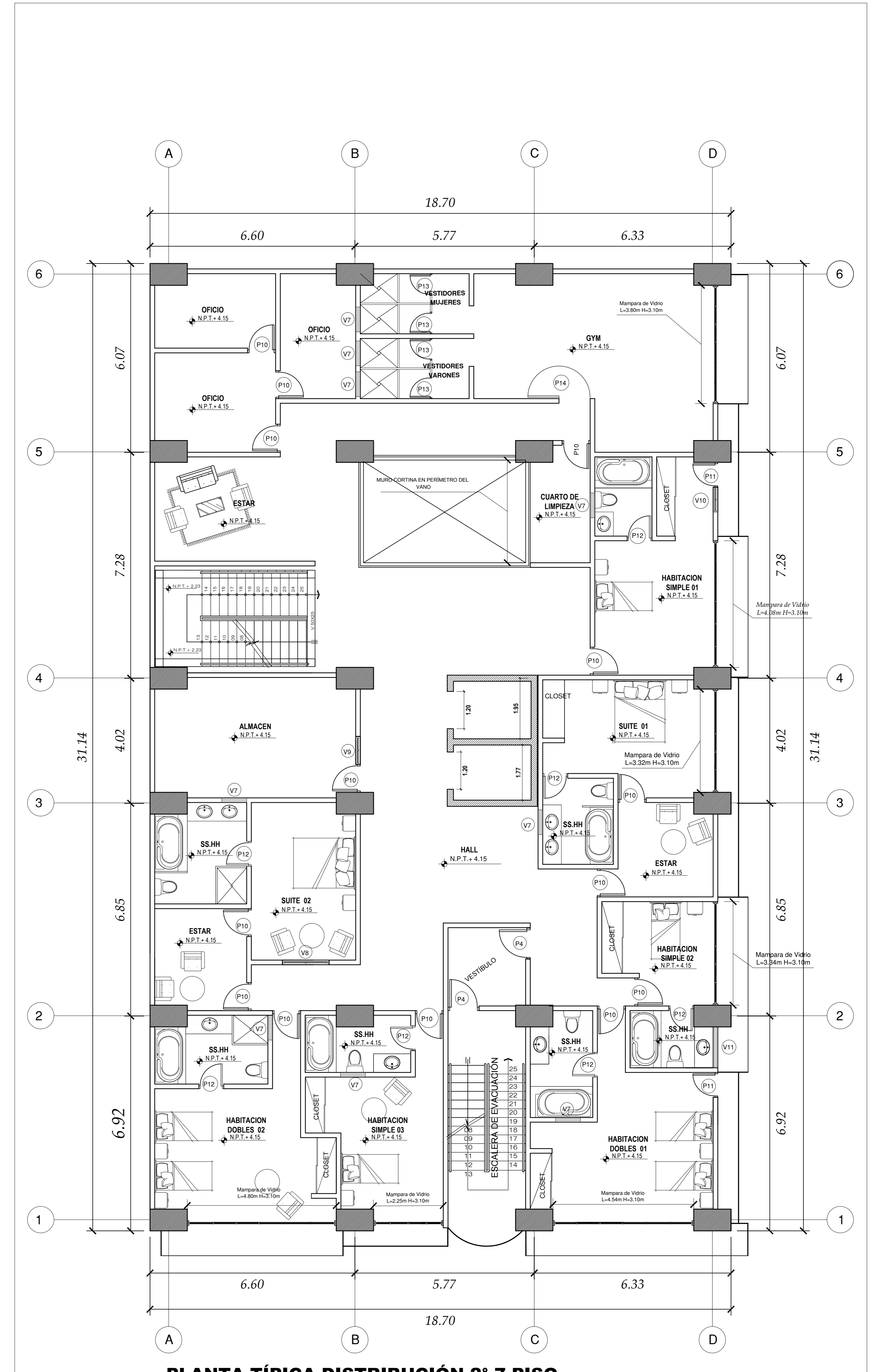
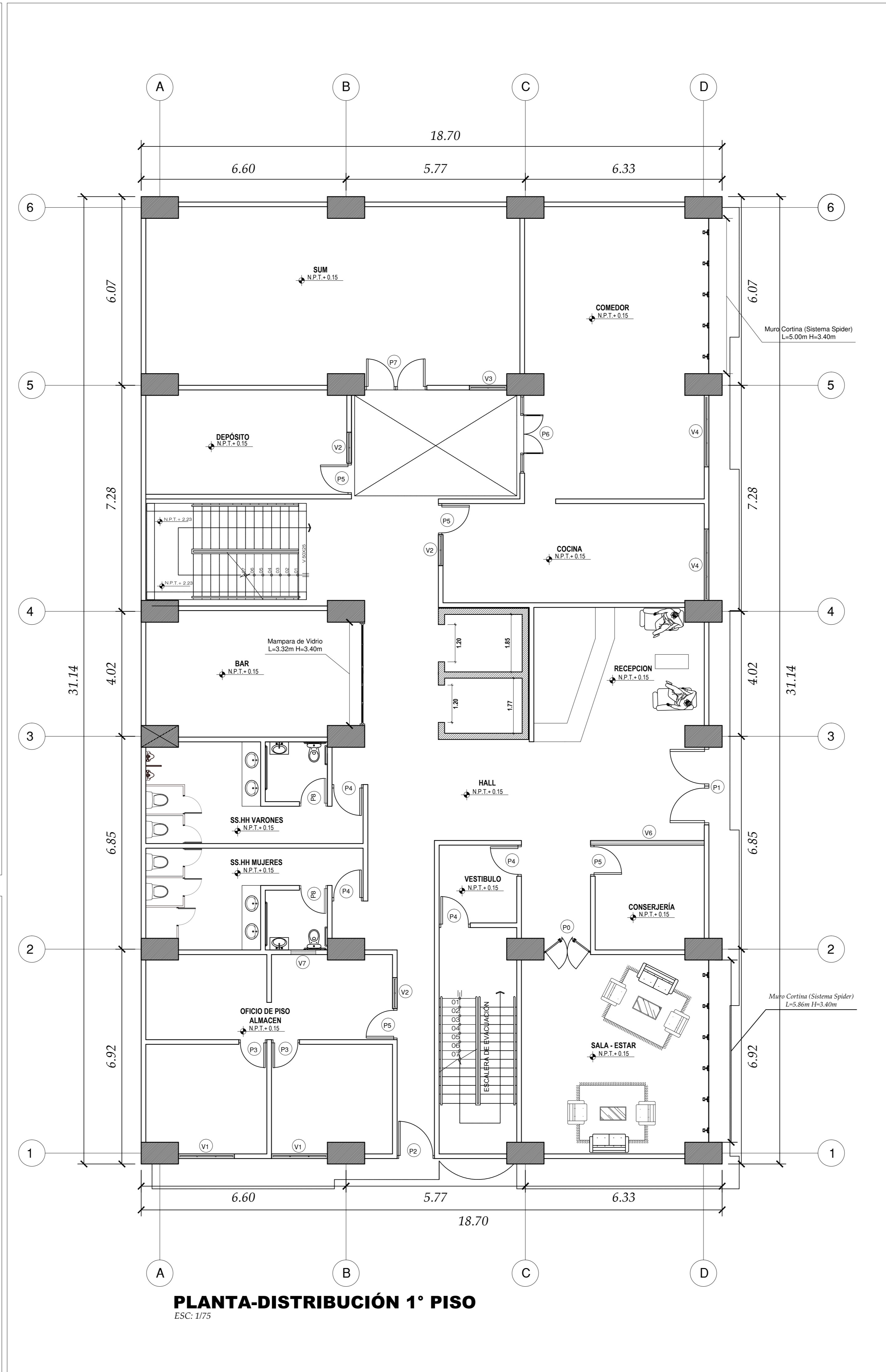


CORTE D'-D'
ESC: 1/50



PLANTA TÍPICA GENERAL 2°-7 PISO
ESC: 1/100

| | | | |
|---|------------------------|---|-----------------------------------|
|  Universidad Católica Sedes Sapientiae | | ARQUITECTURA "DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020" | |
| PLANO: | PLANTA-DISTRIBUCIÓN | PROVINCIA: | INDICADA |
| DISTRITO: | NVA. CAJAMARCA | DEPARTAMENTO: | SAN MARTÍN |
| FECHA: | JUNIO-2021 | PROVINCIA: | RIOJA |
| ASESOR: | ALCIBIADES BANCES MEZA | FECHA: | JUNIO-2021 |
|  | | DIBUJO: JUAN CARLOS PEREZ JULCA | ESCALA: INDICADA |
| | | TITULO: JUAN CARLOS PEREZ JULCA | PLANO N°: A-01 01/03 |



CUADRO DE VANOS (VENTANAS)

| PRIMER NIVEL | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|----------|----------|
| VENTANA | ANCHO | ALTURA | ALFÉIZAR | CANTIDAD |
| V1 | 1.80 m | 1.50 m | 1.40 m | 2 |
| V2 | 1.00 m | 1.40 m | 1.20 m | 3 |
| V3 | 1.20 m | 1.40 m | 1.20 m | 1 |
| V4 | 2.30 m | 2.00 m | 1.40 m | 2 |
| V5 | 3.85 m | 1.90 m | 1.00 m | 1 |
| V6 | 2.65 m | 1.90 m | 1.00 m | 1 |
| V7 | 0.80 m | 0.40 m | 2.70 m | 3 |
| PISO TÍPICO (CANTIDAD POR NIVEL) | | | | |
| VENTANA | ANCHO | ALTURA | ALFÉIZAR | CANTIDAD |
| V8 | 1.50 m | 1.50 m | 1.20 m | 1 |
| V9 | 0.90 m | 1.20 m | 1.10 m | 1 |
| V10 | 0.80 m | 1.20 m | 1.10 m | 1 |
| V7 | 0.80 m | 0.40 m | 2.70 m | 9 |
| V11 | 1.52 m | 0.40 m | 2.70 m | 1 |
| CASETA DE CONTROL | | | | |
| VENTANA | ANCHO | ALTURA | ALFÉIZAR | CANTIDAD |
| V12 | 1.00 m | 1.00 m | 1.20 m | 1 |
| V13 | 1.80 m | 1.20 m | 1.20 m | 1 |

CUADRO DE VANOS (PUERTAS)

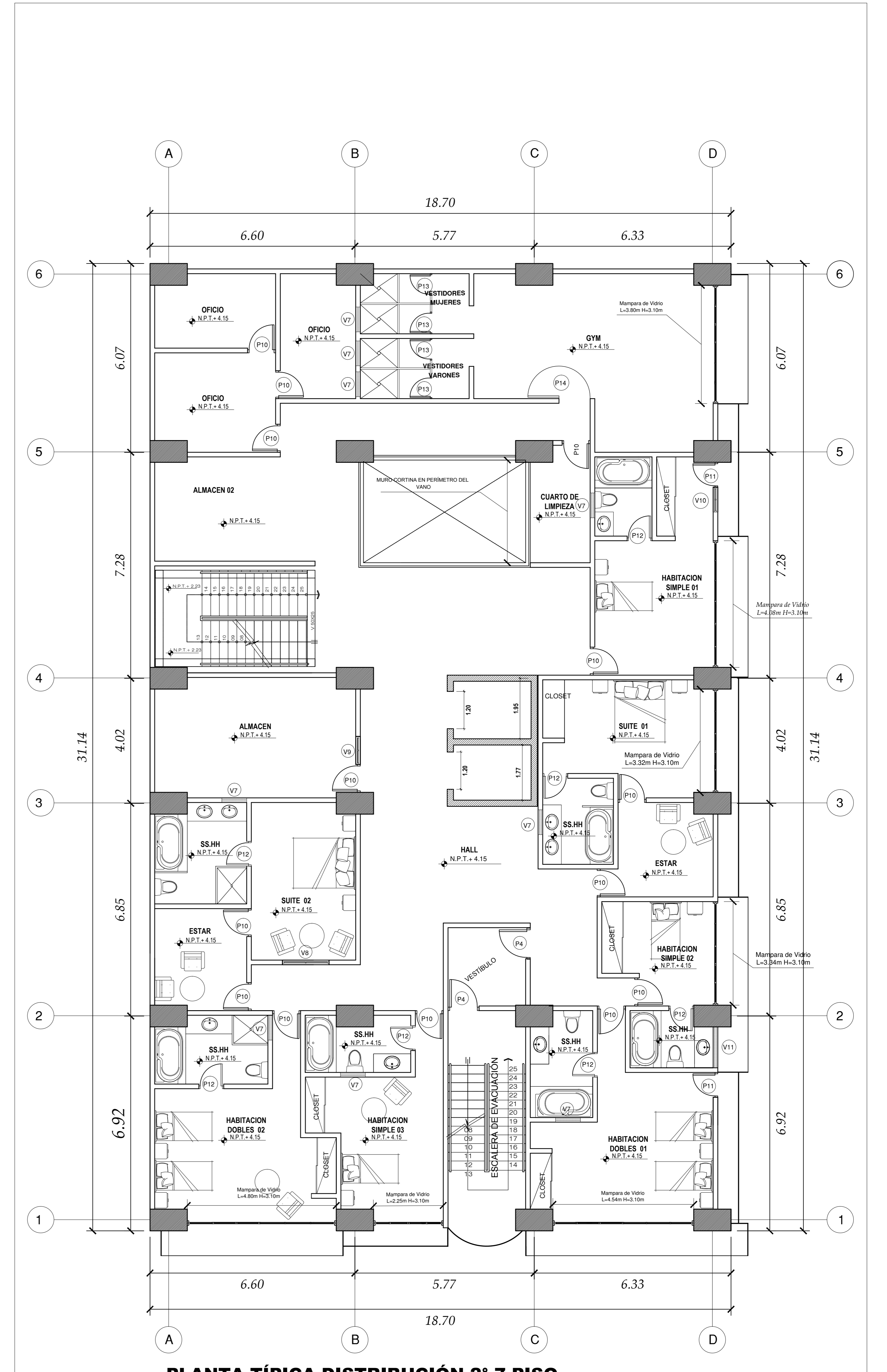
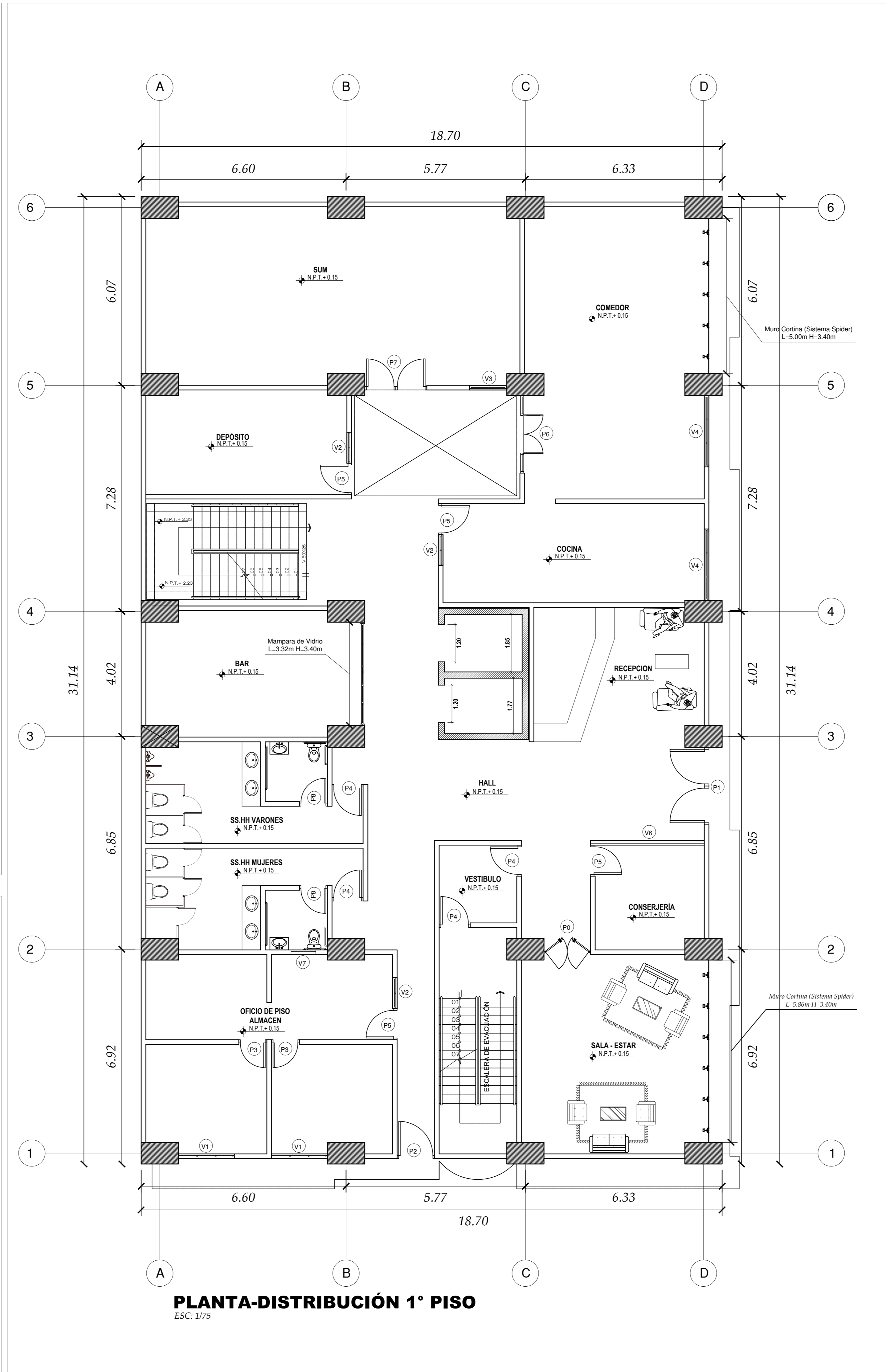
| PRIMER NIVEL | | | |
|----------------------------------|--------|--------|----------|
| PUERTA | ANCHO | ALTURA | CANTIDAD |
| P0 | 1.50 m | 2.40 m | 1 |
| P1 | 2.50 m | 3.40 m | 1 |
| P2 | 1.20 m | 2.60 m | 1 |
| P3 | 0.90 m | 2.40 m | 2 |
| P4 | 1.00 m | 2.40 m | 6 |
| P5 | 1.00 m | 2.60 m | 5 |
| P6 | 2.50 m | 2.60 m | 1 |
| P7 | 2.50 m | 2.60 m | 1 |
| P8 | 0.90 m | 2.05 m | 2 |
| P9 | 0.70 m | 2.05 m | 5 |
| PISO TÍPICO (CANTIDAD POR NIVEL) | | | |
| PUERTA | ANCHO | ALTURA | CANTIDAD |
| P10 | 0.90 m | 2.60 m | 13 |
| P11 | 0.80 m | 2.30 m | 2 |
| P4 | 1.00 m | 2.40 m | 2 |
| P12 | 0.80 m | 2.10 m | 7 |
| P13 | 0.70 m | 2.05 m | 4 |
| P14 | 1.00 m | 2.40 m | 1 |
| CASETA DE CONTROL | | | |
| PUERTA | ANCHO | ALTURA | CANTIDAD |
| P15 | 0.80 m | 2.10 m | 1 |
| P16 | 0.70 m | 2.10 m | 1 |

Universidad Católica Sedes Sapientiae

ARQUITECTURA

"DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020"

| | | | | | |
|------------|-------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|
| PLANO: | PLANTAS Y ELEVACIONES | | | PROFESOR: | JUAN CARLOS PEREZ JULCA |
| DIRECCIÓN: | NIVA CAJAMARCA | DEPARTAMENTO: | SIAN MARTIN | PROVINCIA: | PIUJJA |
| TÍTULO: | JUAN CARLOS PEREZ JULCA | | | | INDICADA |
| ASesor: | ALCIBADES BANCES MEZA | FECHA: | JUNIO-2021 | A-02 | |



CUADRO DE VANOS (VENTANAS)

| PRIMER NIVEL | | | | |
|--------------|--------|--------|----------|----------|
| VENTANA | ANCHO | ALTURA | ALFÉIZAR | CANTIDAD |
| V1 | 1.80 m | 1.50 m | 1.40 m | 2 |
| V2 | 1.00 m | 1.40 m | 1.20 m | 3 |
| V3 | 1.20 m | 1.40 m | 1.20 m | 1 |
| V4 | 2.30 m | 2.00 m | 1.40 m | 2 |
| V5 | 3.85 m | 1.90 m | 1.00 m | 1 |
| V6 | 2.65 m | 1.90 m | 1.00 m | 1 |
| V7 | 0.80 m | 0.40 m | 2.70 m | 3 |

| PISO TÍPICO (CANTIDAD POR NIVEL) | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|----------|----------|
| VENTANA | ANCHO | ALTURA | ALFÉIZAR | CANTIDAD |
| V8 | 1.50 m | 1.50 m | 1.20 m | 1 |
| V9 | 0.90 m | 1.20 m | 1.10 m | 1 |
| V10 | 0.80 m | 1.20 m | 1.10 m | 1 |
| V7 | 0.80 m | 0.40 m | 2.70 m | 9 |
| V11 | 1.52 m | 0.40 m | 2.70 m | 1 |


| CASETA DE CONTROL | | | | |
|-------------------|--------|--------|----------|----------|
| VENTANA | ANCHO | ALTURA | ALFÉIZAR | CANTIDAD |
| V12 | 1.00 m | 1.00 m | 1.20 m | 1 |
| V13 | 1.80 m | 1.20 m | 1.20 m | 1 |

CUADRO DE VANOS (PUERTAS)

| PRIMER NIVEL | | | |
|--------------|--------|--------|----------|
| PUERTA | ANCHO | ALTURA | CANTIDAD |
| P0 | 1.50 m | 2.40 m | 1 |
| P1 | 2.50 m | 3.40 m | 1 |
| P2 | 1.20 m | 2.60 m | 1 |
| P3 | 0.90 m | 2.40 m | 2 |
| P4 | 1.00 m | 2.40 m | 6 |
| P5 | 1.00 m | 2.60 m | 5 |
| P6 | 2.50 m | 2.60 m | 1 |
| P7 | 2.50 m | 2.60 m | 1 |
| P8 | 0.90 m | 2.05 m | 2 |
| P9 | 0.70 m | 2.05 m | 5 |

| PISO TÍPICO (CANTIDAD POR NIVEL) | | | |
|----------------------------------|--------|--------|----------|
| PUERTA | ANCHO | ALTURA | CANTIDAD |
| P10 | 0.90 m | 2.60 m | 13 |
| P11 | 0.80 m | 2.30 m | 2 |
| P4 | 1.00 m | 2.40 m | 2 |
| P12 | 0.80 m | 2.10 m | 7 |
| P13 | 0.70 m | 2.05 m | 4 |
| P14 | 1.00 m | 2.40 m | 1 |

| CASETA DE CONTROL | | | |
|-------------------|--------|--------|----------|
| PUERTA | ANCHO | ALTURA | CANTIDAD |
| P15 | 0.80 m | 2.10 m | 1 |
| P16 | 0.70 m | 2.10 m | 1 |



Universidad Católica Sedes Sapientiae

ARQUITECTURA

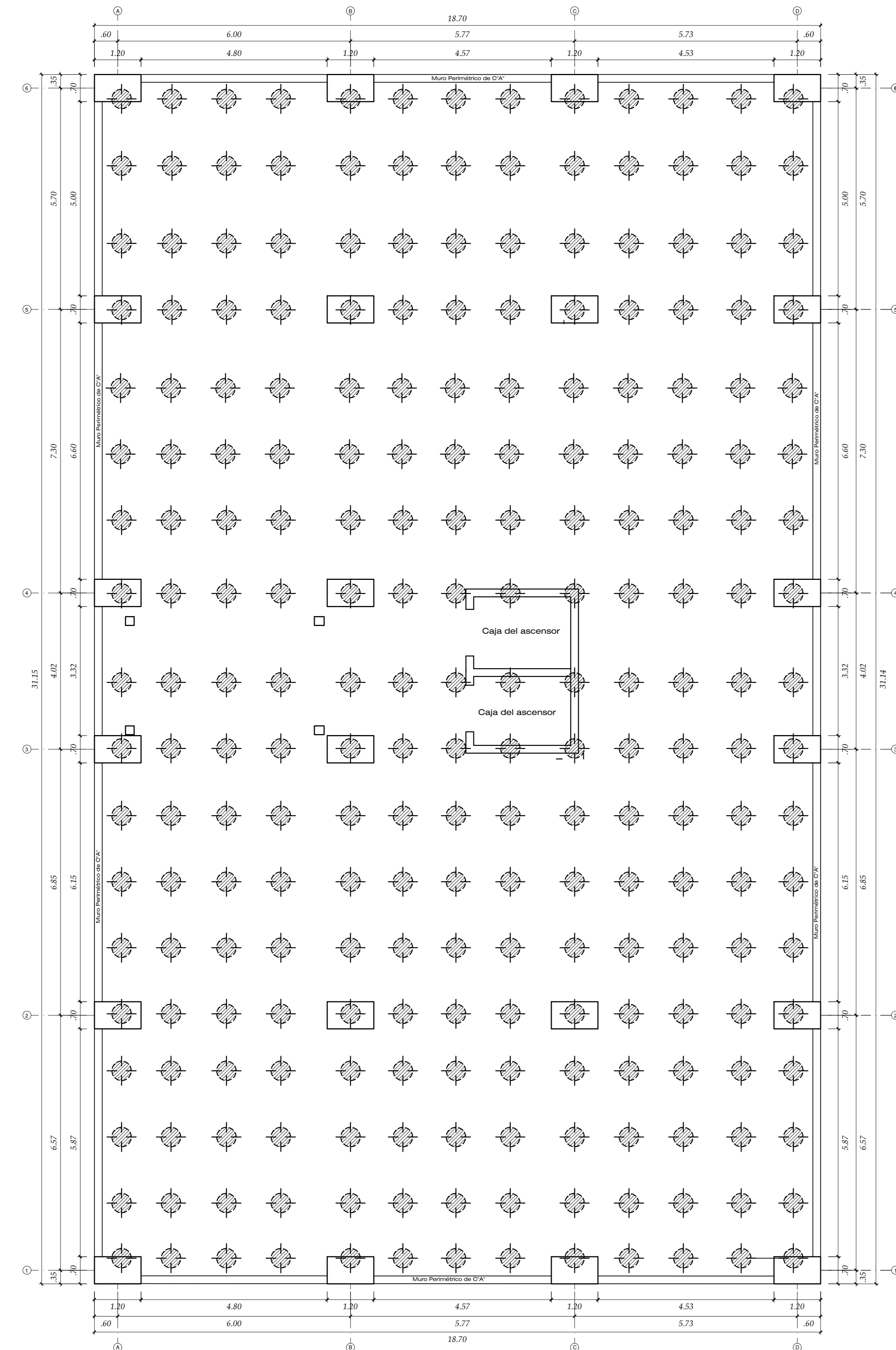
"DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020"

| | | | |
|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| PLANO: | PLANTAS Y ELEVACIONES | PROYECTO: | JUAN CARLOS PEREZ JULCA |
| INSTITUTO: | INIA CAJAMARCA | PROYECTISTA: | RICARDO |
| DEPARTAMENTO: | SIAN MARTIN | INDICADA: | |
| CIUDAD: | JUAN CARLOS PEREZ JULCA | INDICADA: | |
| ASesor: | ALCIBADES BANCES MEZA | FECHA: | JUNIO-2021 |

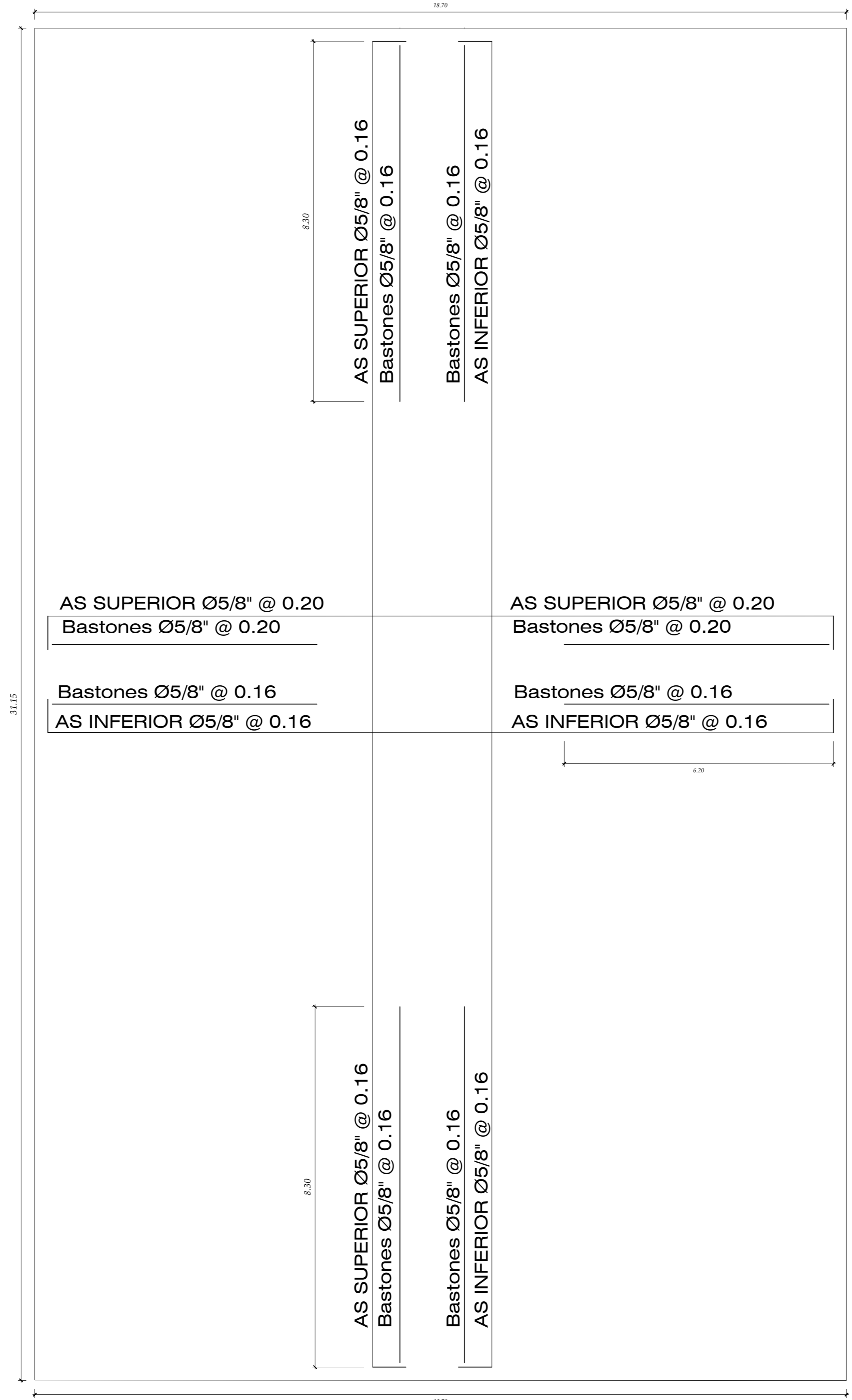
A-02

02/03

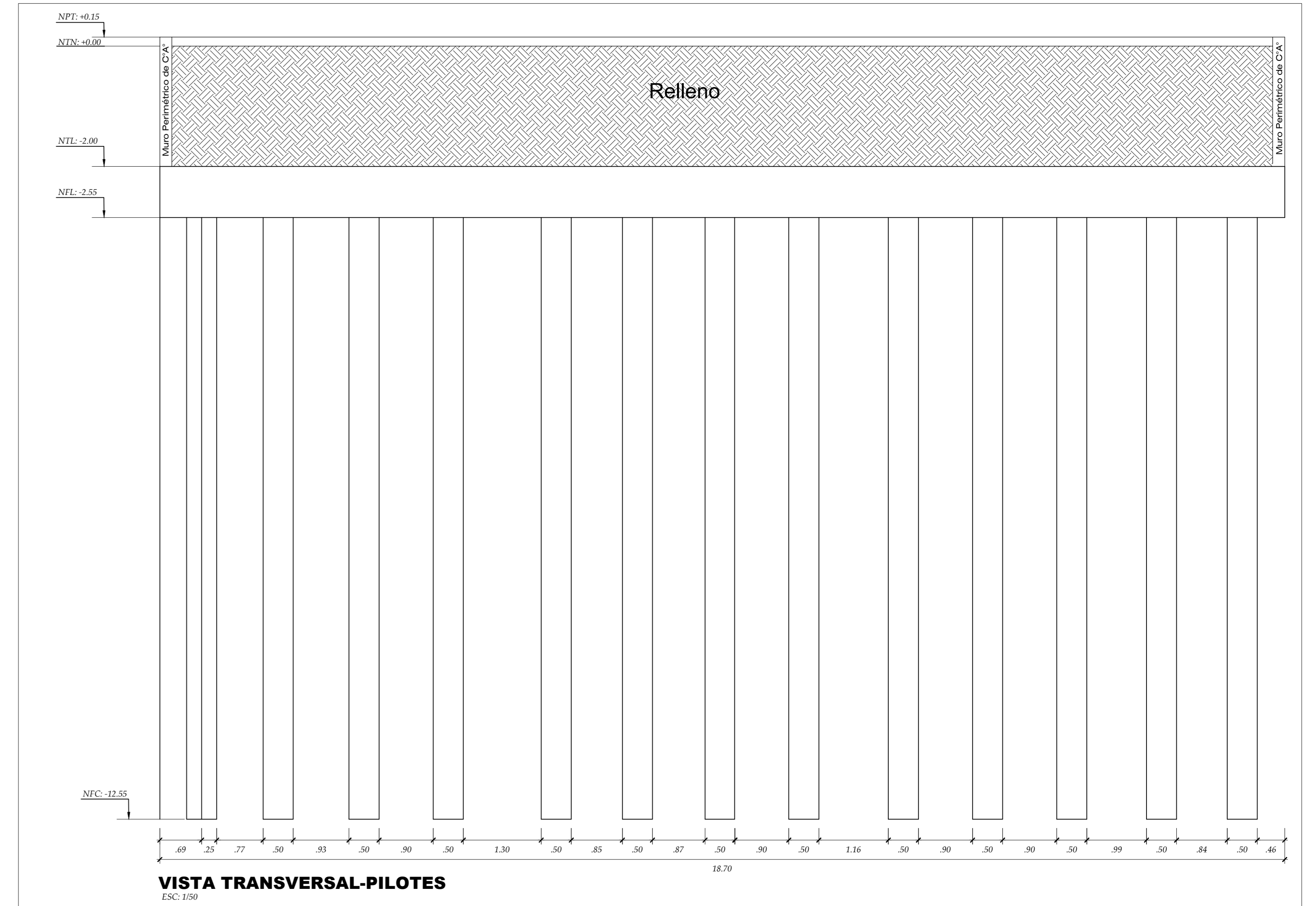
ANEXOS – PLANOS DE ESTRUCTURAS



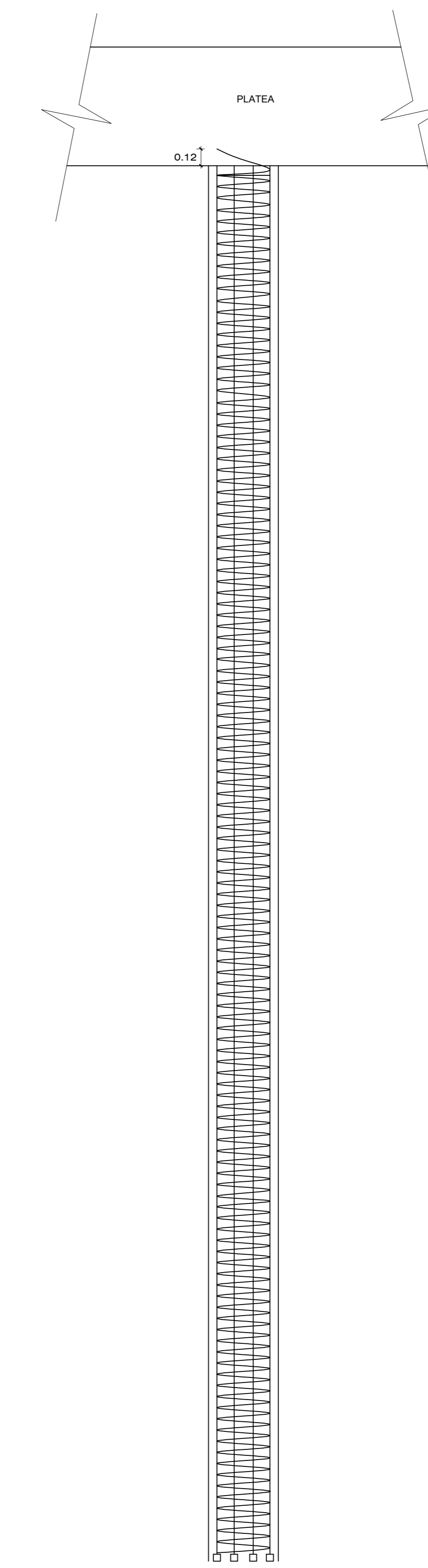
PLANTA-PILOTES
ESC: 1/75



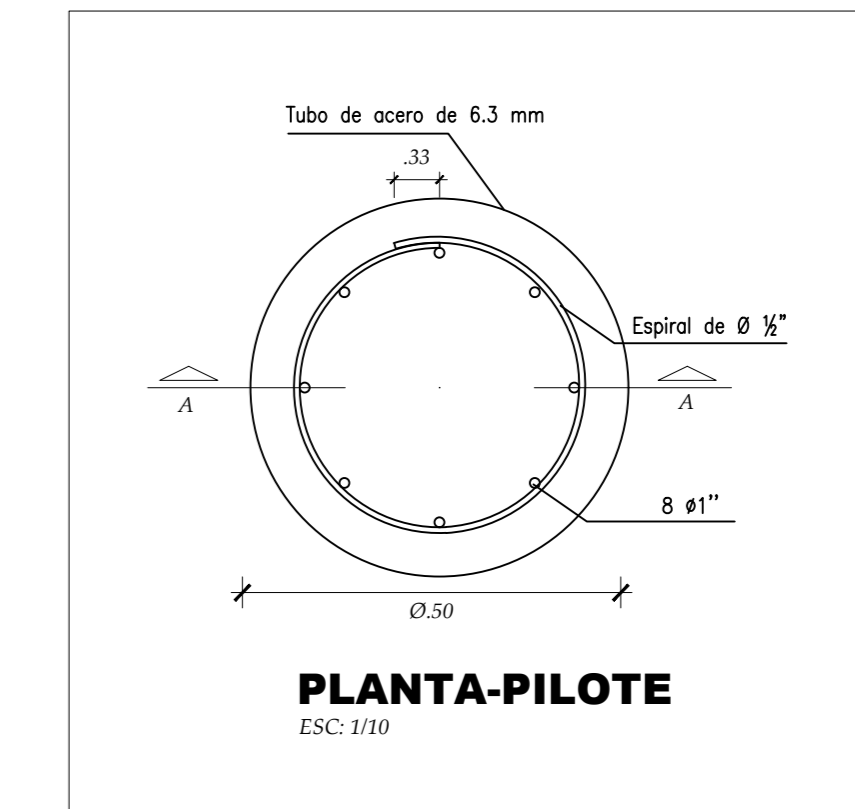
DETALLE DE ACERO
ESC: 1/75



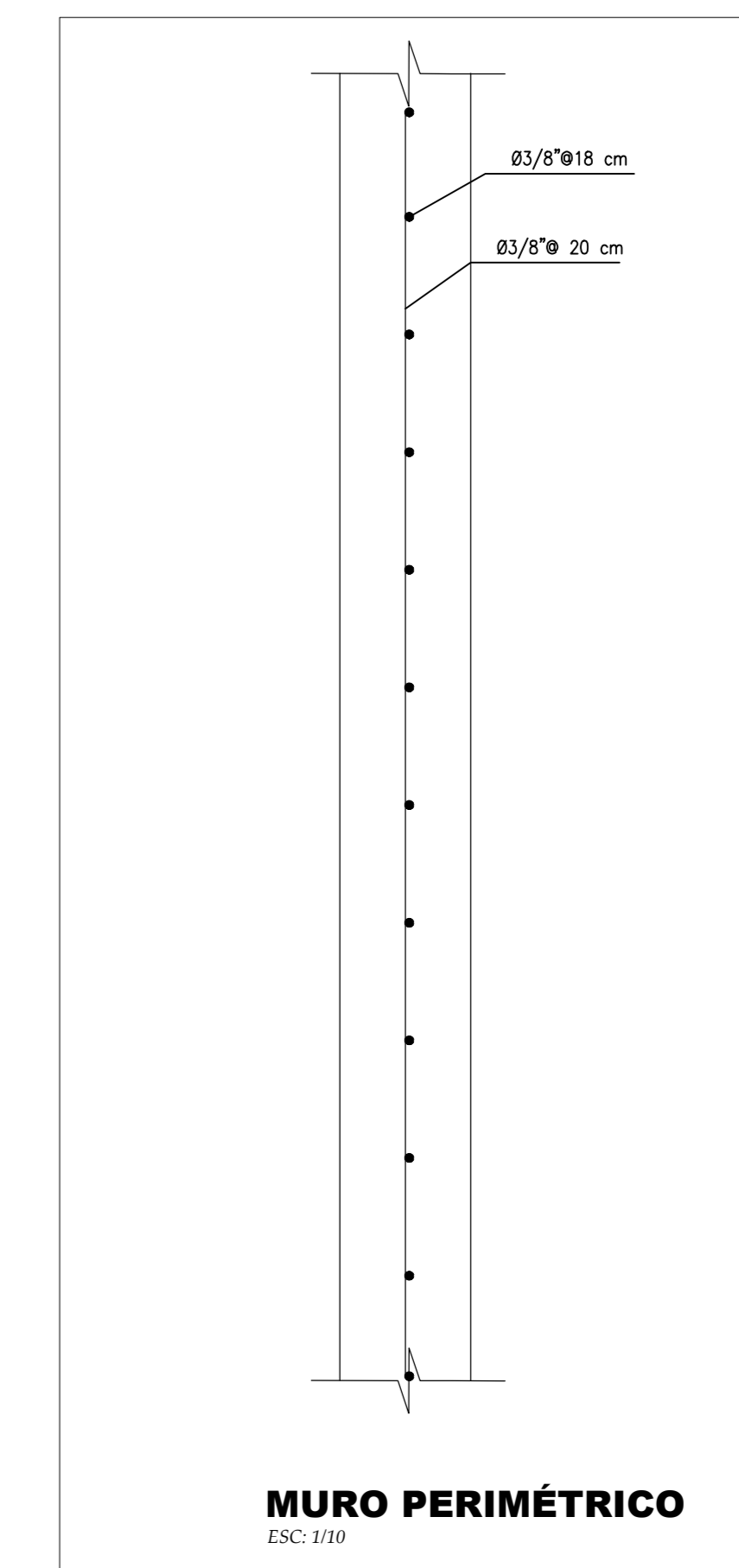
VISTA TRANSVERSAL-PILOTES
ESC: 1/50



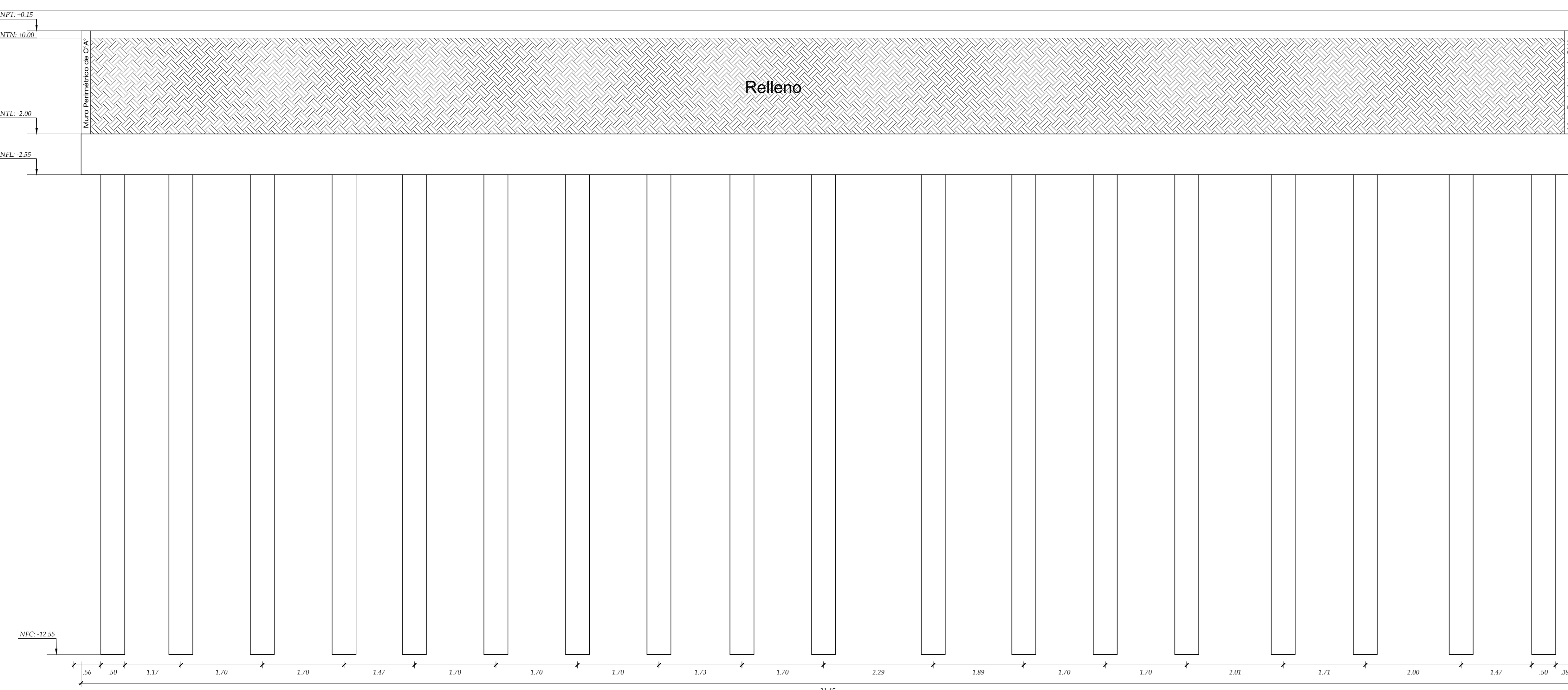
CORTE A-A
ESC: 1/25



PLANTA-PILOTE
ESC: 1/10



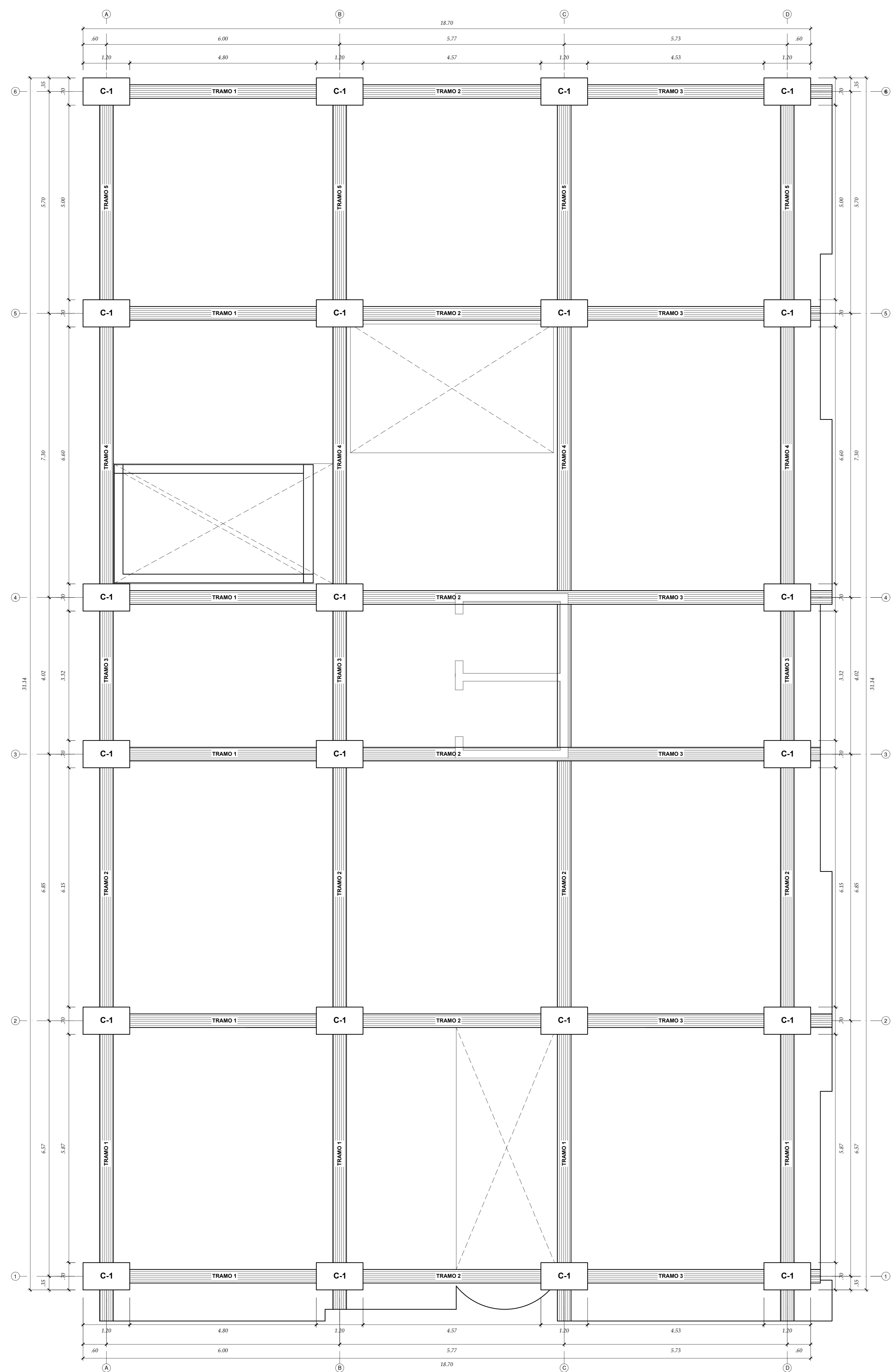
MURO PERIMÉTRICO
ESC: 1/10



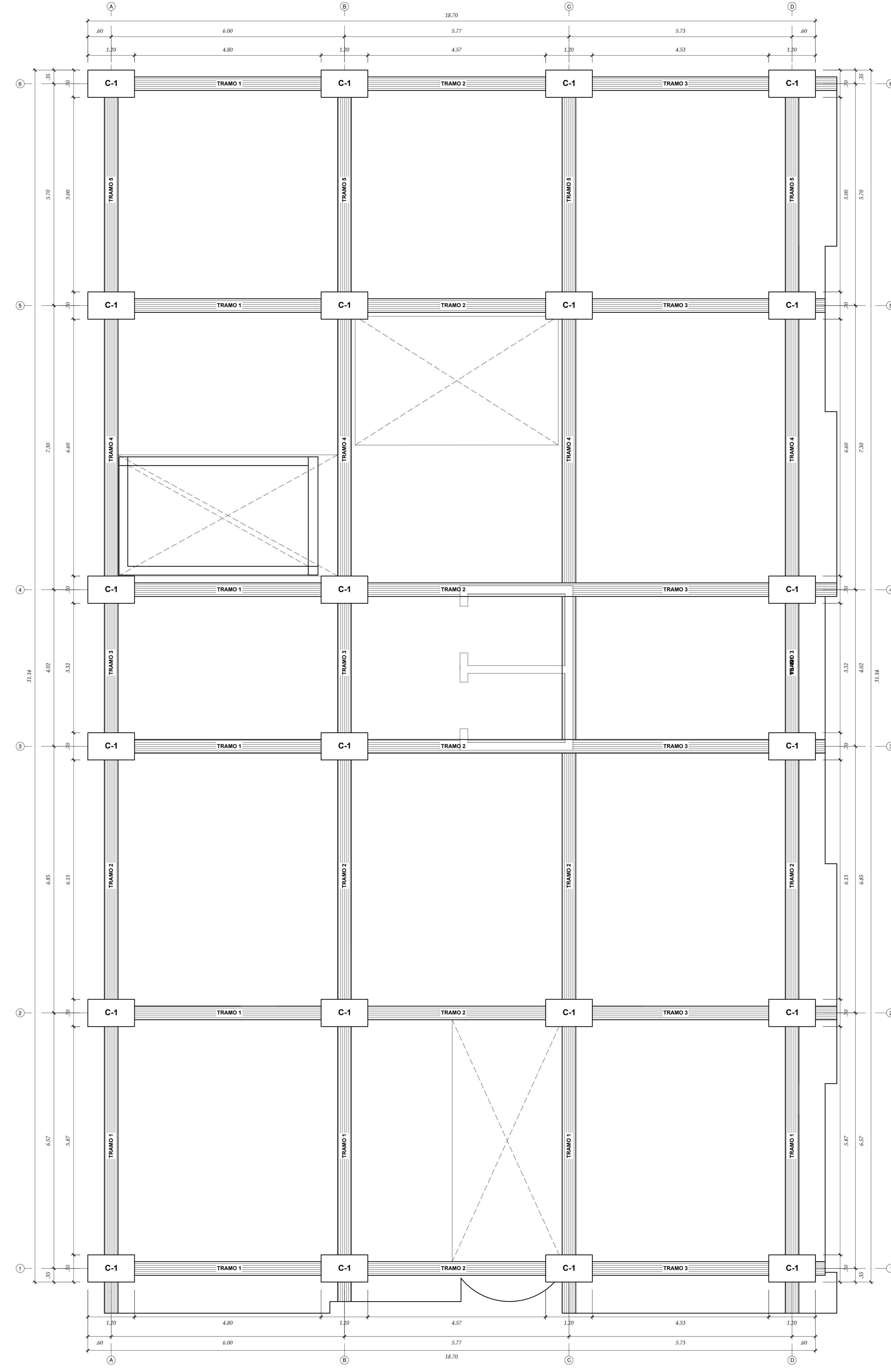
VISTA LONGITUDINAL-PILOTES
ESC: 1/50



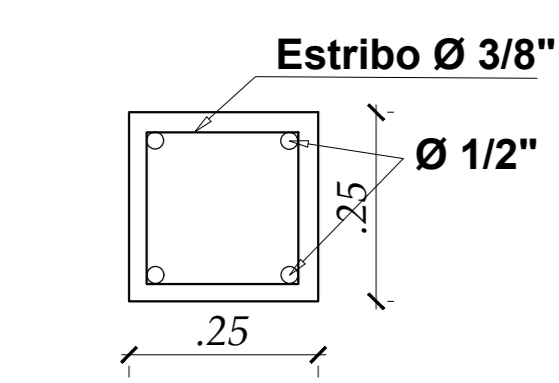
| | | | |
|---|-------------------------|-----------|-------------------------------|
| ESTRUCTURAS | | | |
| DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020* | | | |
| PLANO | ESTRUCTURAS-CIMENTACIÓN | | HECHO: JUAN CARLOS PEREZ-AJCA |
| DISTRITO | DEPARTAMENTO | PROVINCIA | MUNICIPALIDAD |
| NVA. CAJAMARCA | SAN MARTIN | ROJUA | INDICADA |
| TERRAZA | JUAN CARLOS PEREZ-AJCA | | PROYECTADO |
| ASESOR | ALCIBADES BANCES MEZA | FECHA: | JUNIO-2021 |
| | | | E-01 |
| | | | 0106 |



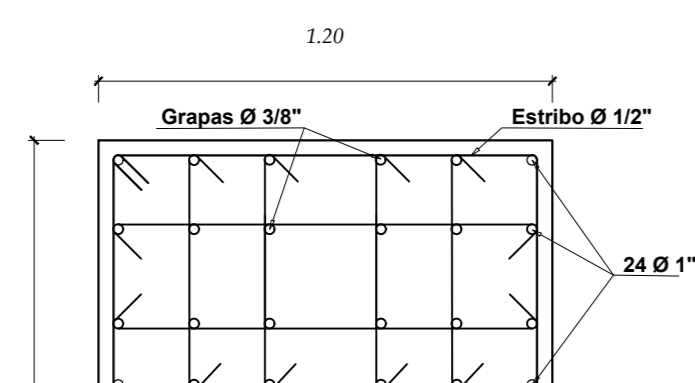
ESTRUCTURAS-1° PISO
ESC: 1/300



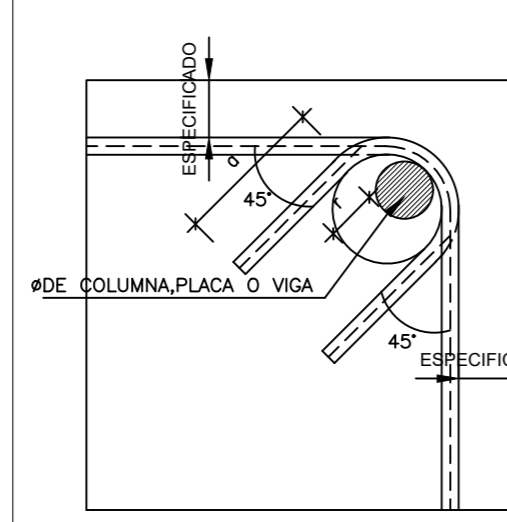
ESTRUCTURAS-TIPICO 2°-7° PISO
ESC: 1/300



COLUMNA C-2
ESCALA: 1/10



COLUMNA C-1
ESCALA: 1/20

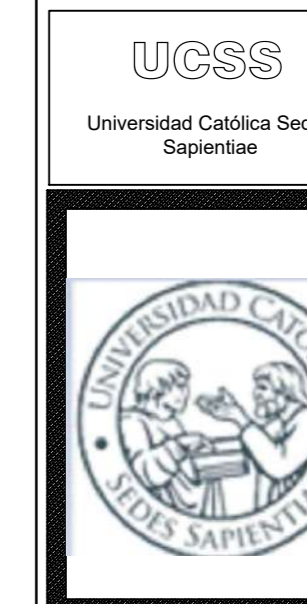


| Ø | r(cm.) | a(cm.) |
|------|--------|--------|
| 1/4" | 1.3 | 6.5 |
| 3/8" | 2.0 | 10.0 |
| 1/2" | 2.5 | 12.5 |

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en Vigas, Columnas y Placas.
 CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Cimentación, Escalera y Techo

RECUBRIMIENTOS LIBRES:
 COLUMNAS = 4.00 cms.
 VIGAS = 4.00 cms.
 LOSA ALIGERADA = 3.00 cms.
 ESCALERA = 3.00 cms.
 PLATEA = 6.00 cms.

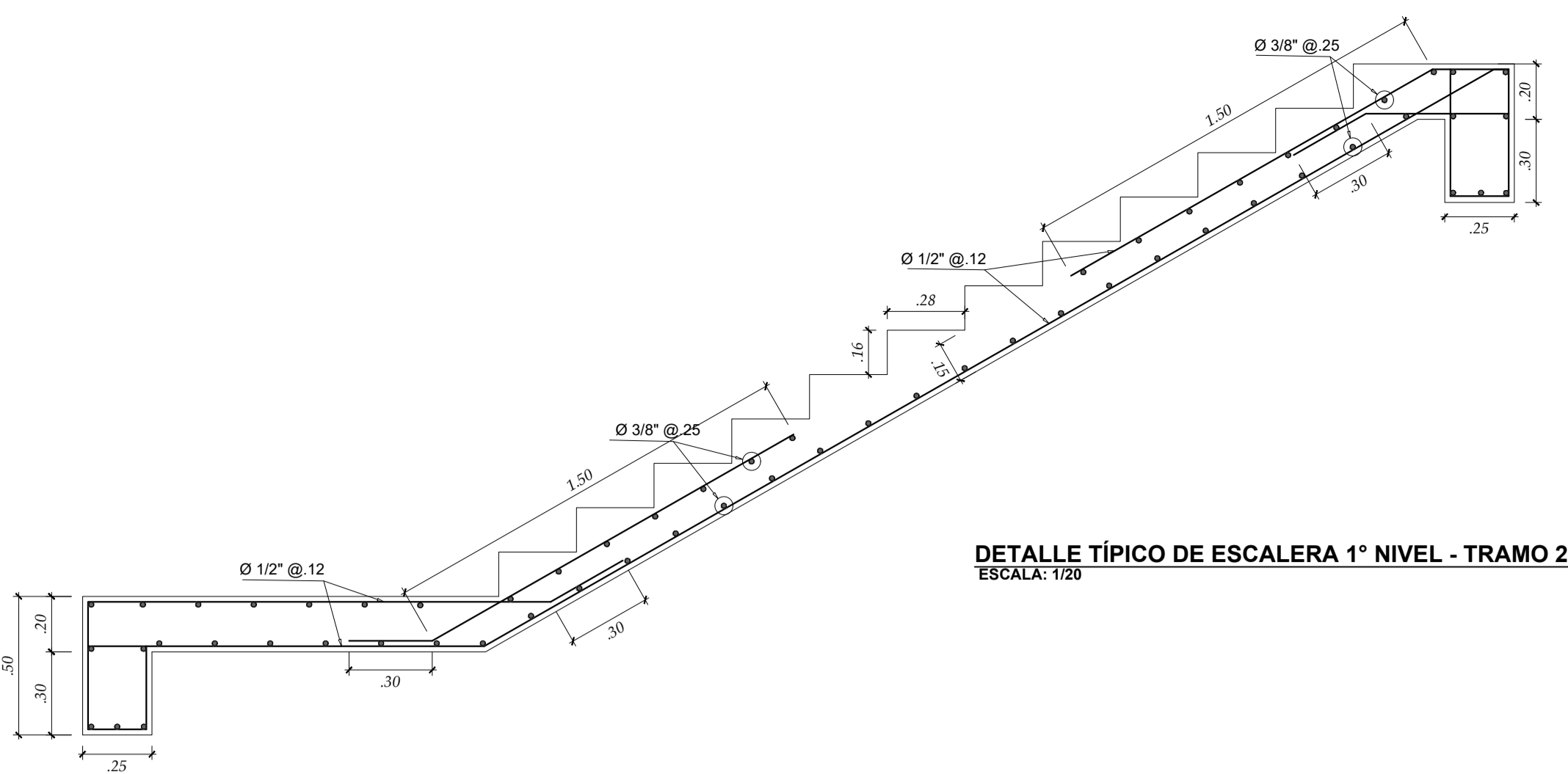


ESTRUCTURAS

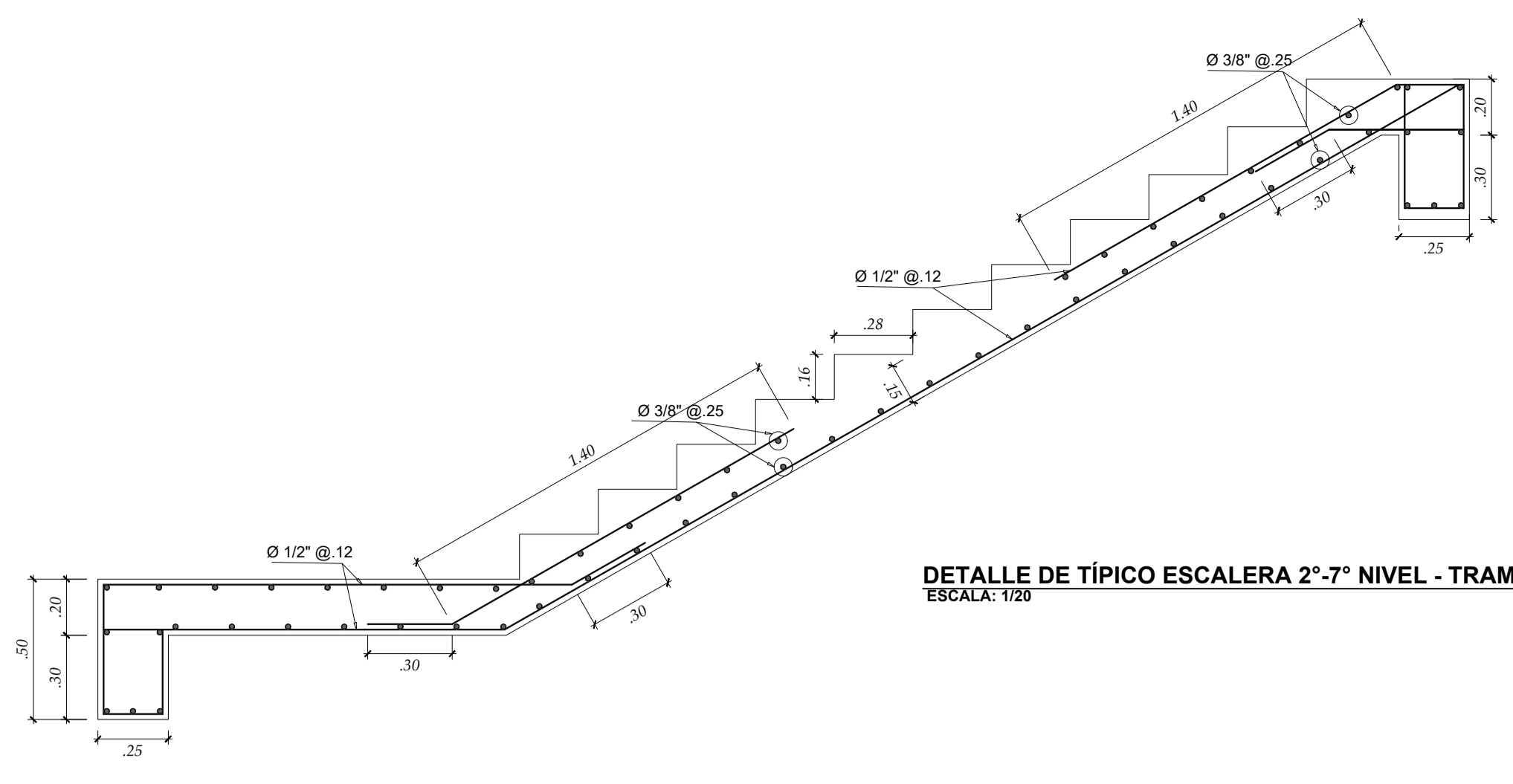
"DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APARTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020"

| | | | |
|-------------|-------------------------------|--------------|------------------------|
| PLANO | ESTRUCTURAS: VIGAS - COLUMNAS | DISEÑO | JUAN CARLOS PEREZ ALCA |
| PROYECTO | NUEVA CAJAMARCA | DEPARTAMENTO | SAN MARTÍN |
| PROYECTISTA | JUAN CARLOS PEREZ ALCA | REVISOR | ALCIBADES BANDES MEZA |
| FECHA | ALFONSO 2021 | INDICADA | INDICADA |

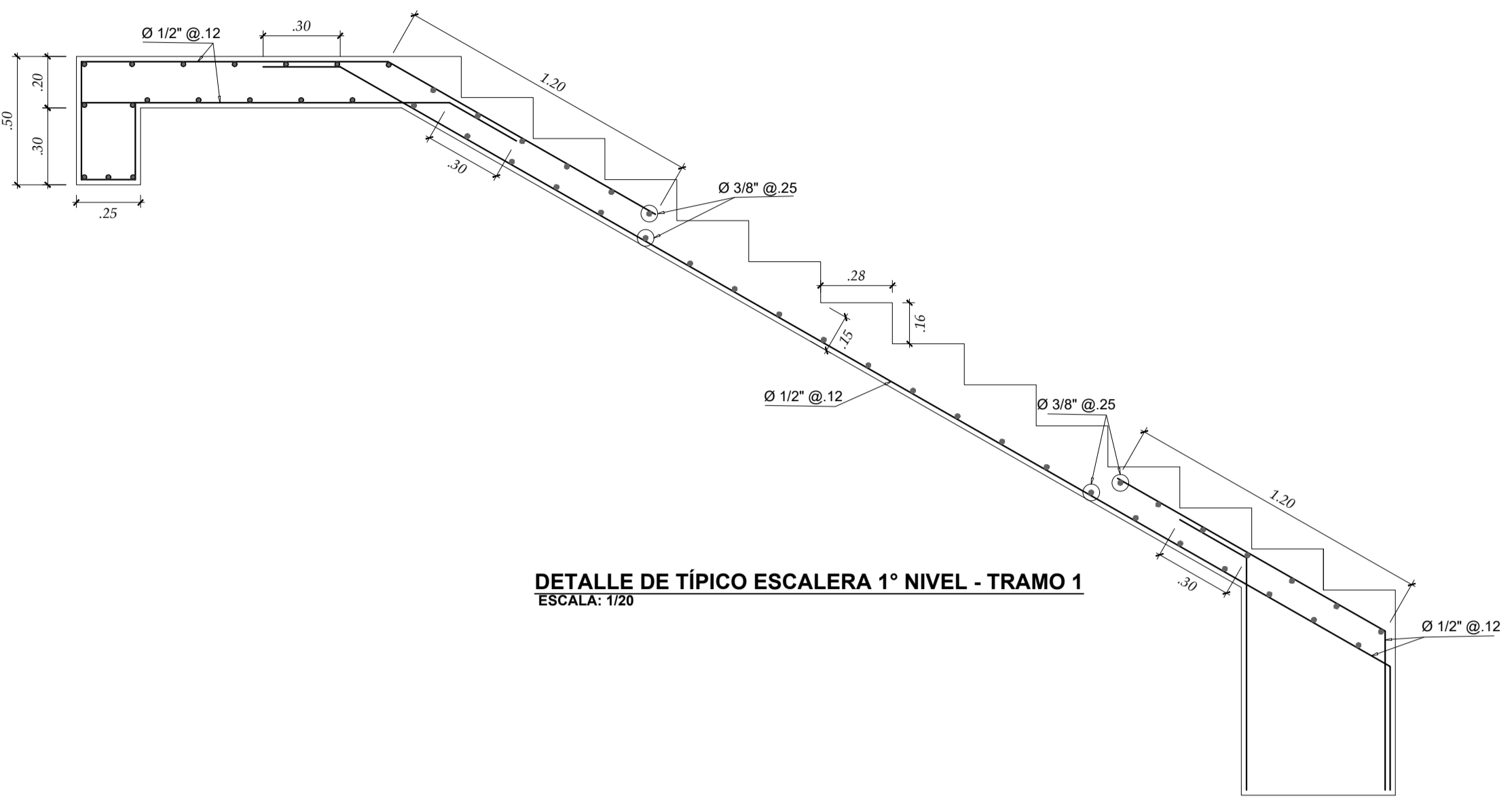
E-02



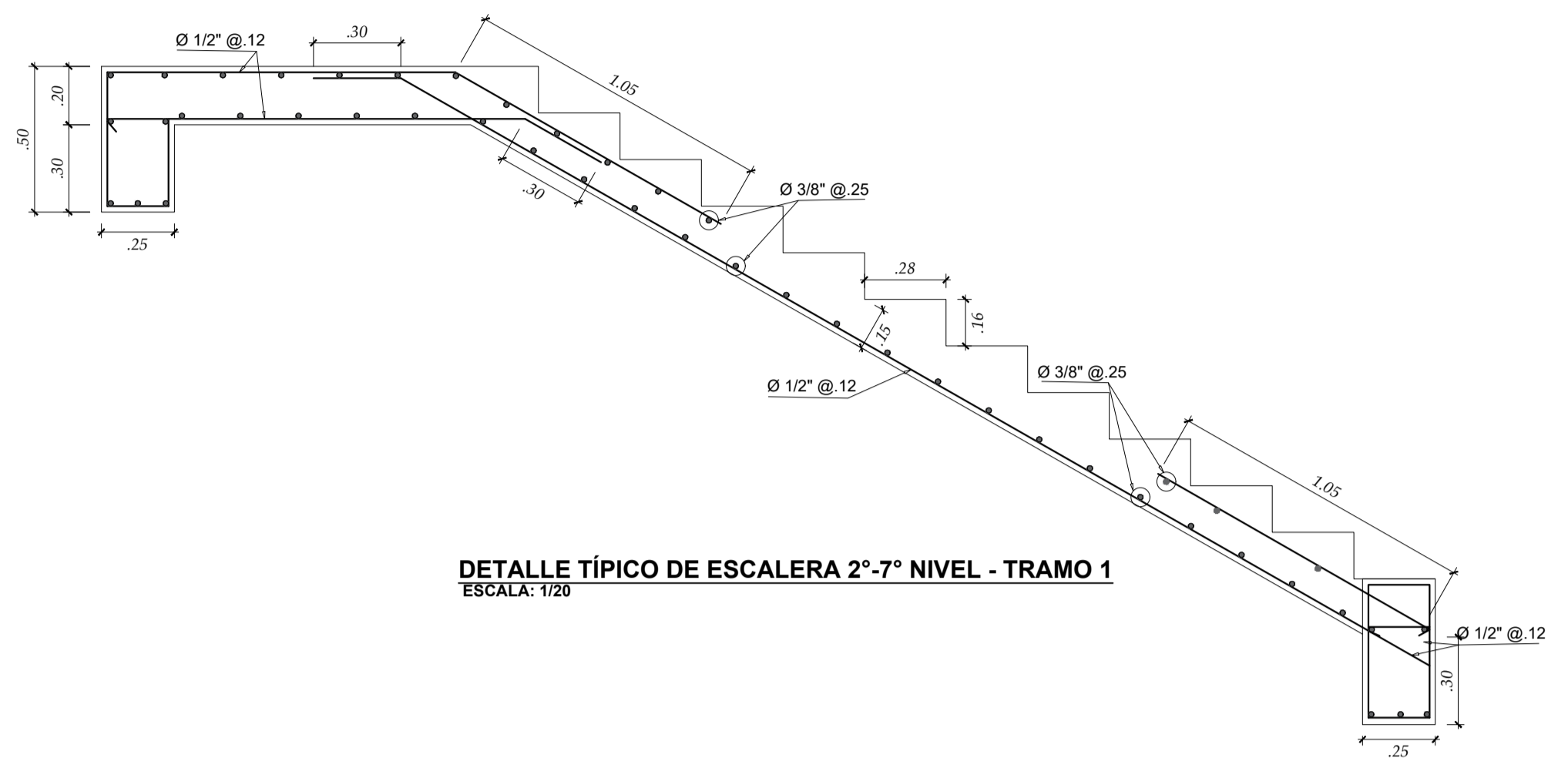
DETALLE TÍPICO DE ESCALERA 1º NIVEL - TRAMO 2
ESCALA: 1/20



DETALLE TÍPICO DE ESCALERA 2º-7º NIVEL - TRAMO 2
ESCALA: 1/20



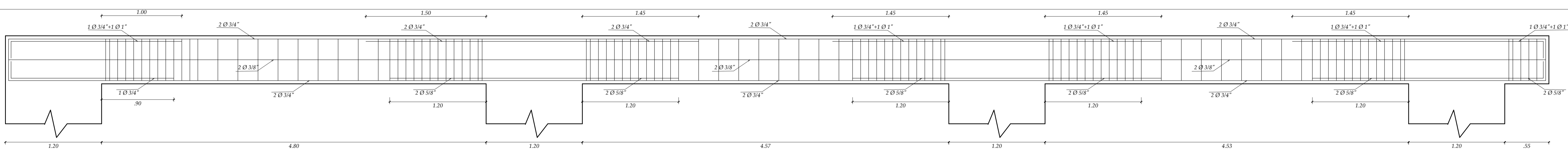
DETALLE DE TÍPICO ESCALERA 1º NIVEL - TRAMO 1
ESCALA: 1/20



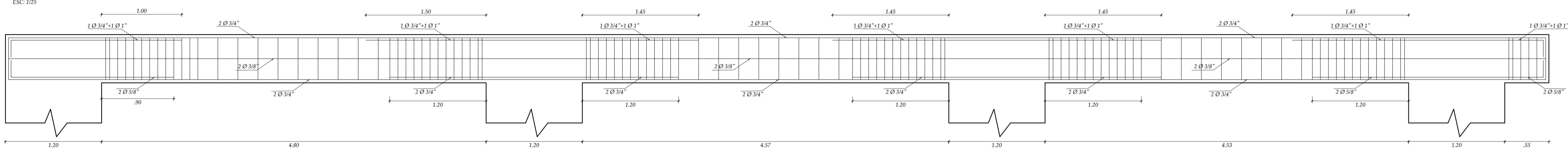
DETALLE TÍPICO DE ESCALERA 2º-7º NIVEL - TRAMO 1
ESCALA: 1/20

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 1-1 1º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 2-2 1º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 3-3 1º NIVEL | | | |
| | TRAMO 1 EJE 1-1 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 1-1 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 1-1 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 1-1 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 2-2 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 2-2 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 2-2 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 2-2 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 3-3 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 3-3 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 3-3 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 3-3 E: 1/20 |
| ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 1-1 2-7º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 2-2 2-7º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 3-3 2-7º NIVEL | | | |
| | TRAMO 1 EJE 1-1 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 1-1 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 1-1 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 1-1 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 2-2 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 2-2 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 2-2 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 2-2 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 3-3 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 3-3 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 3-3 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 3-3 E: 1/20 |

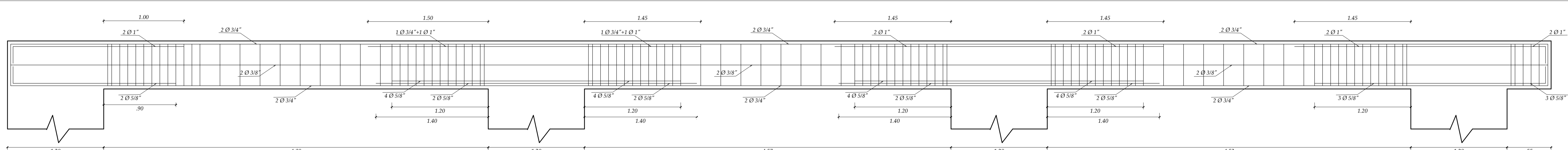
| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 4-4 1º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 5-5 1º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 6-6 1º NIVEL | | | |
| | TRAMO 1 EJE 4-4 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 4-4 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 4-4 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 4-4 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 5-5 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 5-5 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 5-5 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 5-5 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 6-6 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 6-6 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 6-6 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 6-6 E: 1/20 |
| ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 4-4 2-7º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 5-5 2-7º NIVEL | | | | ESTRIBO | SECCIONES DE VIGAS EJE 6-6 2-7º NIVEL | | | |
| | TRAMO 1 EJE 4-4 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 4-4 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 4-4 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 4-4 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 5-5 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 5-5 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 5-5 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 5-5 E: 1/20 | | TRAMO 1 EJE 6-6 E: 1/20 | TRAMO 2 EJE 6-6 E: 1/20 | TRAMO 3 EJE 6-6 E: 1/20 | VOLADIZO EJE 6-6 E: 1/20 |



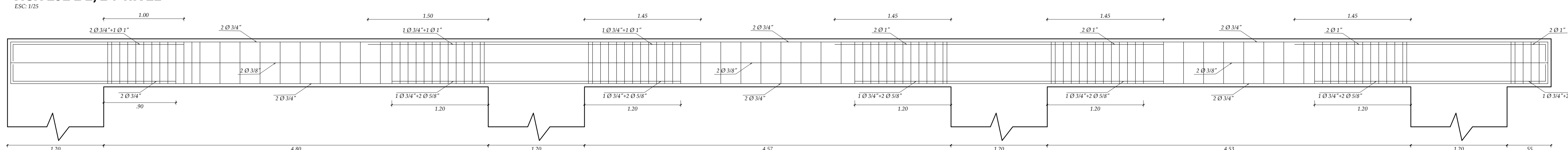
VIGA EJE 2-2, 1º NIVEL
ESC: 1/25



VIGA EJE 5-5, 1º NIVEL
ESC: 1/25

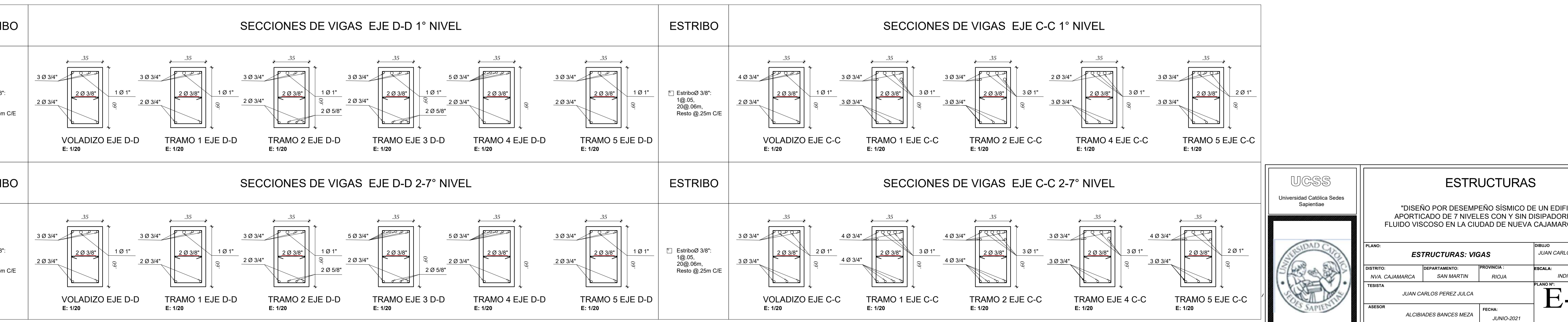
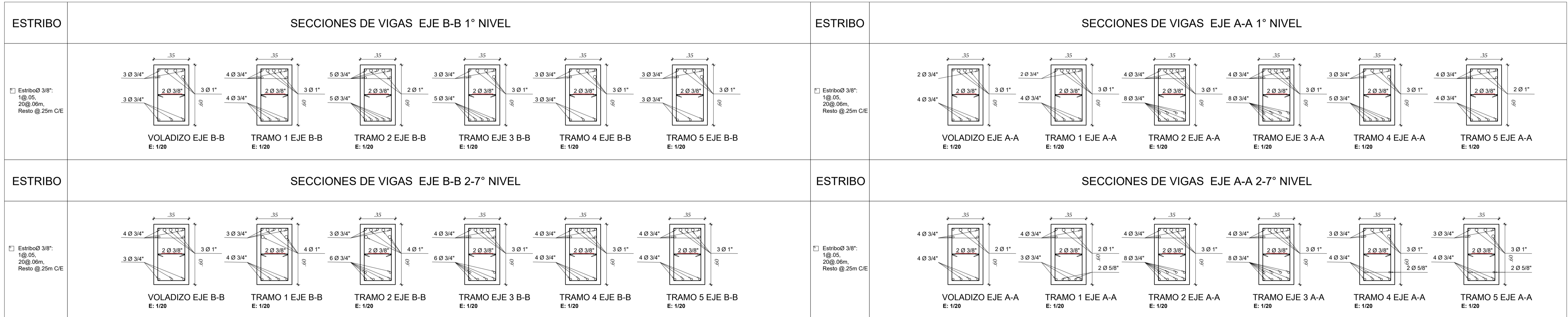
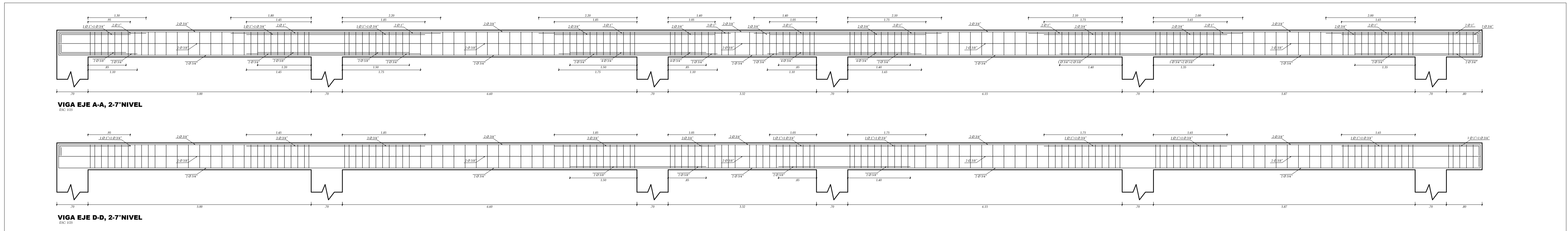
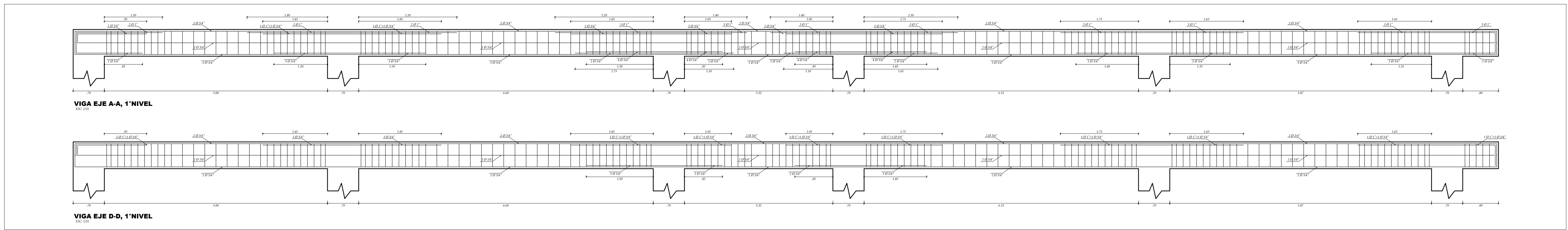



VIGA EJE 2-2, 2-7º NIVEL
ESC: 1/25




VIGA EJE 5-5, 2-7º NIVEL
ESC: 1/25

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | ESTRUCTURAS | |
| *DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020* | | | |
| PLANO ESTRUCTURAS: VIGAS - ESCALERAS | DISEÑO JUAN CARLOS PEREZ JULCA | PROYECTISTA ALCIBIADES BANCES MEZA | REVISOR JUAN CARLOS PEREZ JULCA |
| DISTRITO NVA. CAJAMARCA | DEPARTAMENTO SAN MARTIN | PROVINCIA RIGUA | ESCALA INDICADA |
| TITULO JUAN CARLOS PEREZ JULCA | FECHA JUNIO 2021 | PLANO N° E-03 | OTRO 0305 |





Universidad Católica Sedes
Sapientiae



ESTRUCTURAS

"DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO
APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE
FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020"

PLANO: **ESTRUCTURAS: VIGAS**

DIBUJO: JUAN CARLOS PEREZ JULCA

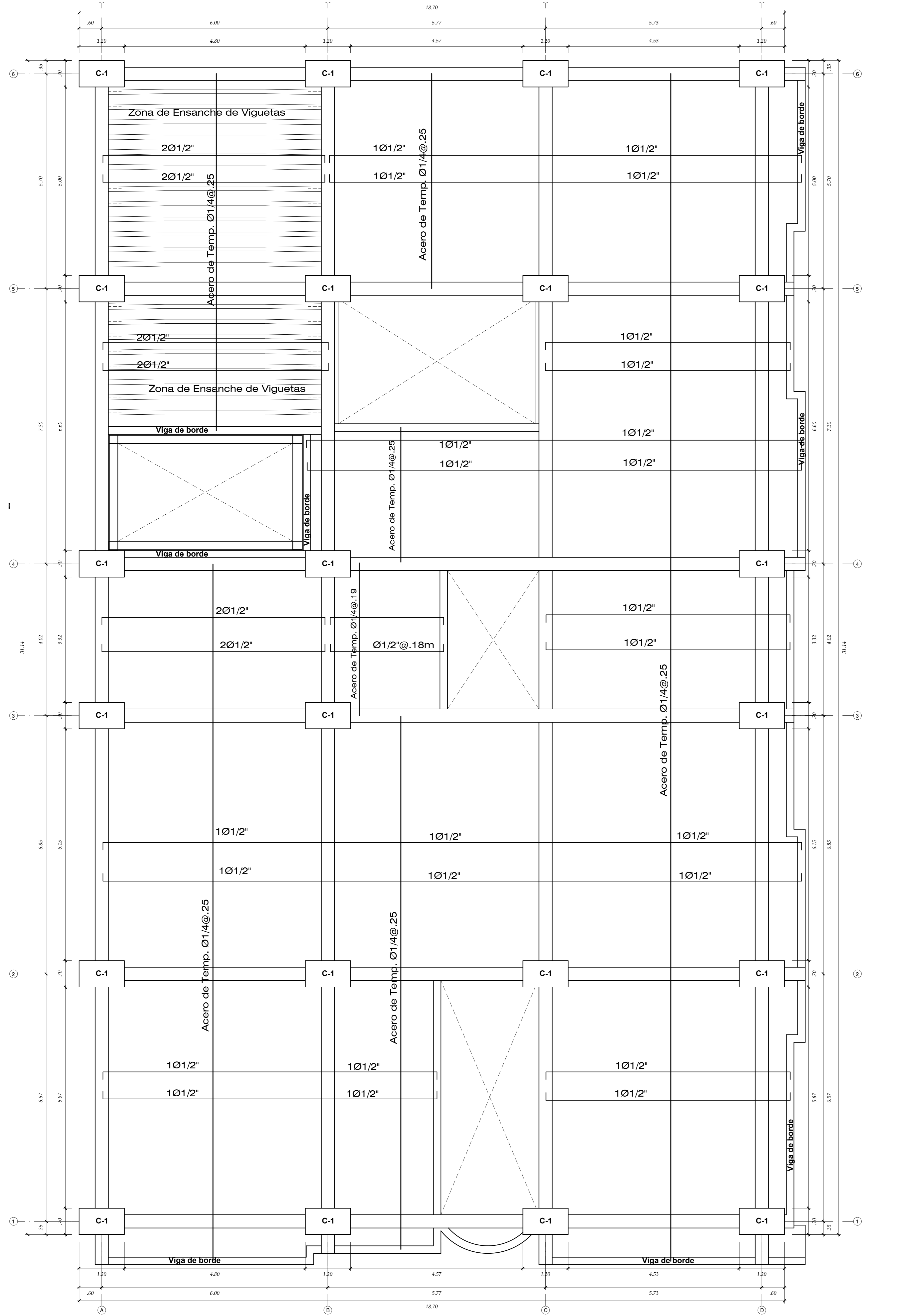
DEPARTAMENTO: SAN MARTIN

PROVINCIA: RIQUEZA

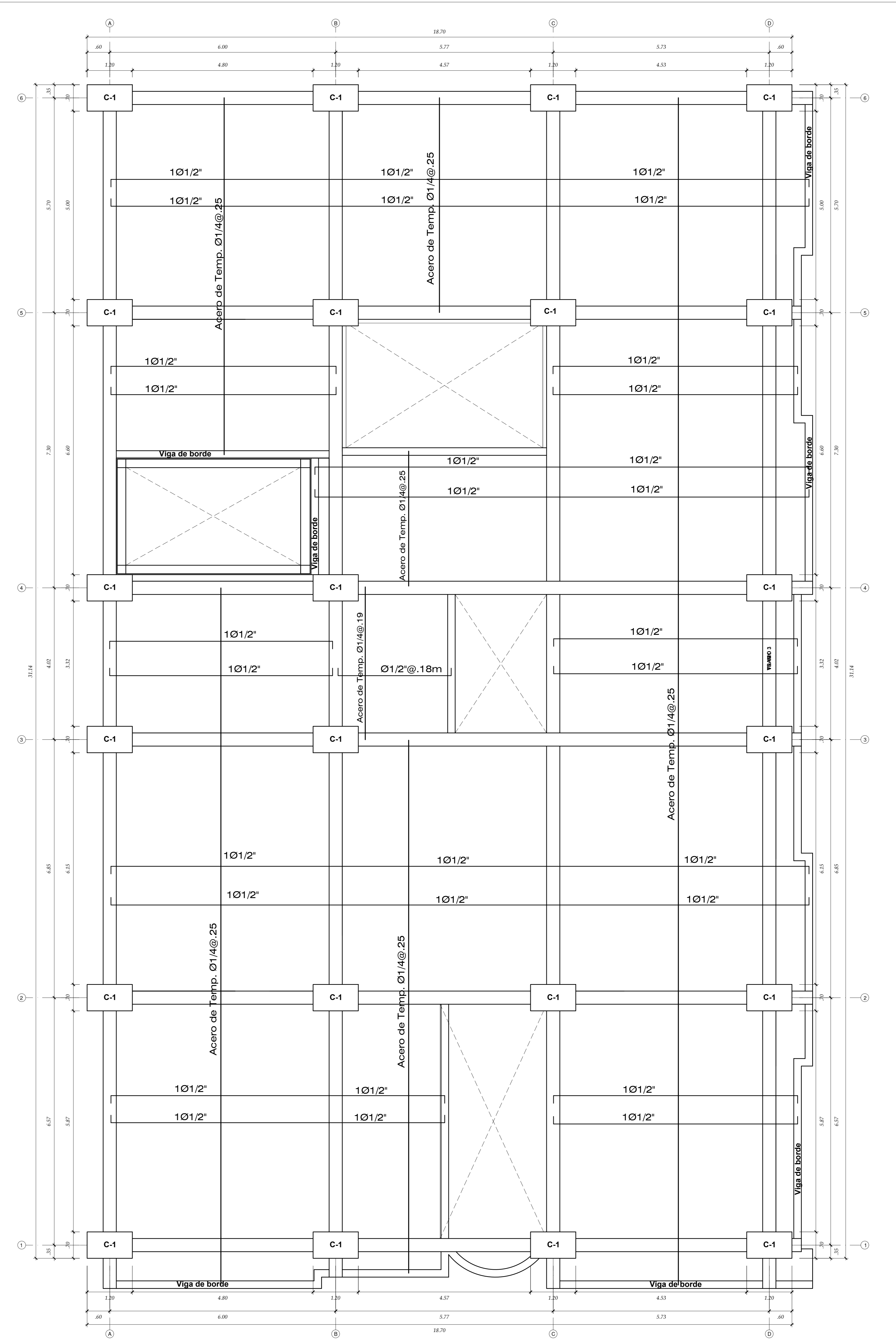
ESCALA: INDICADA

PLANO N°: **E-04**

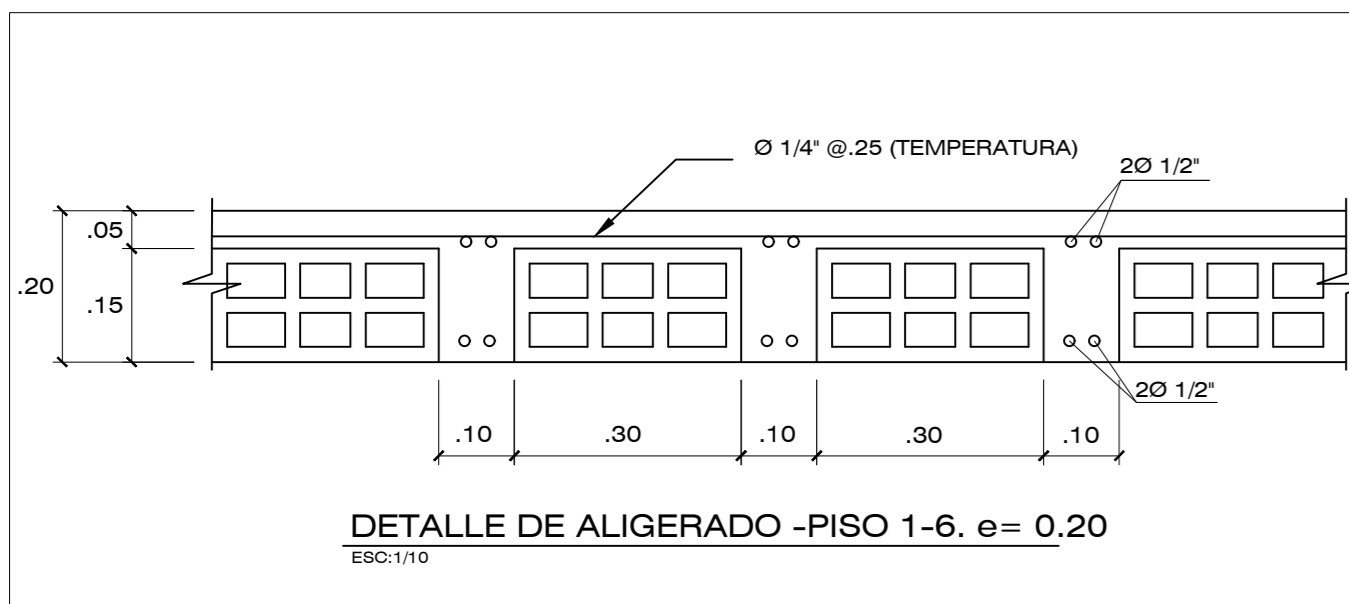
FECHA: JUNIO-2021



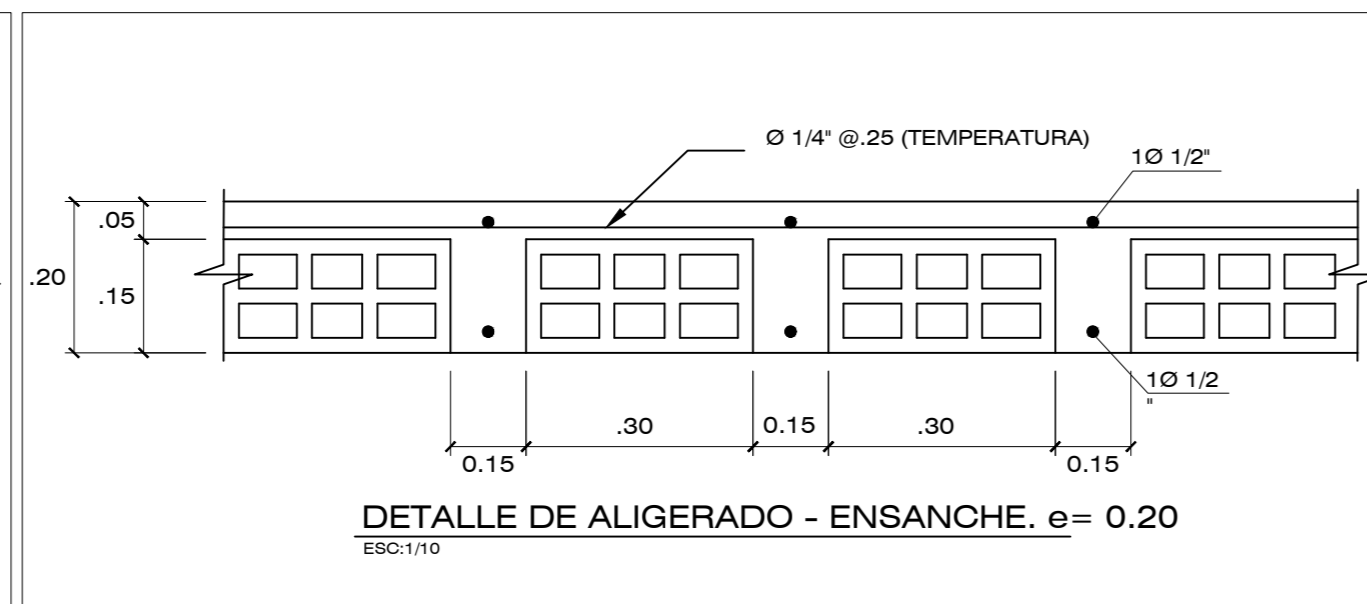
TECHO: 1°-6° PISO
ESC: 1/50



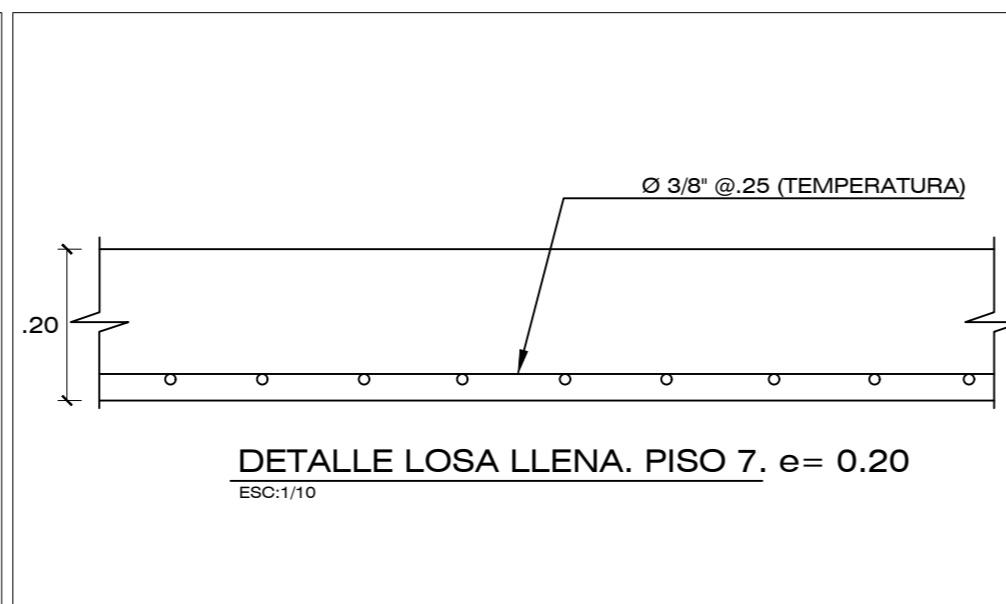
TECHO: 7° PISO
ESC: 1/50



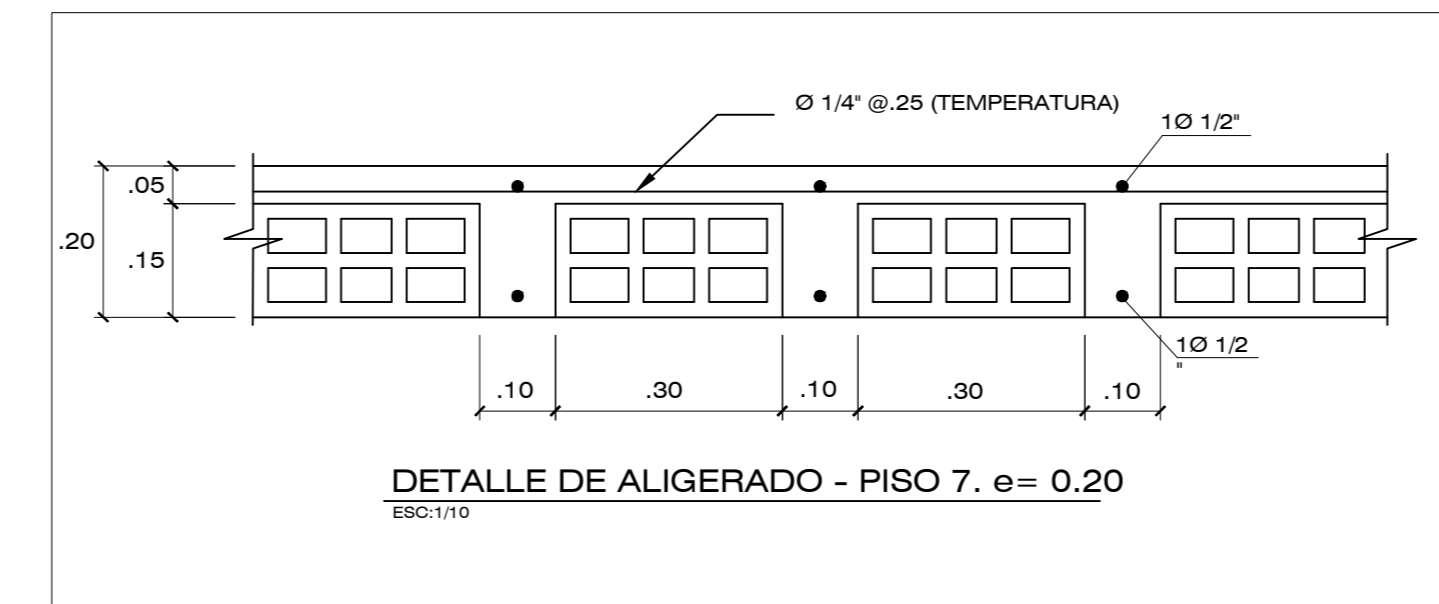
DETALLE DE ALIGERADO - PISO 1-6. e = 0.20
ESC: 1/10



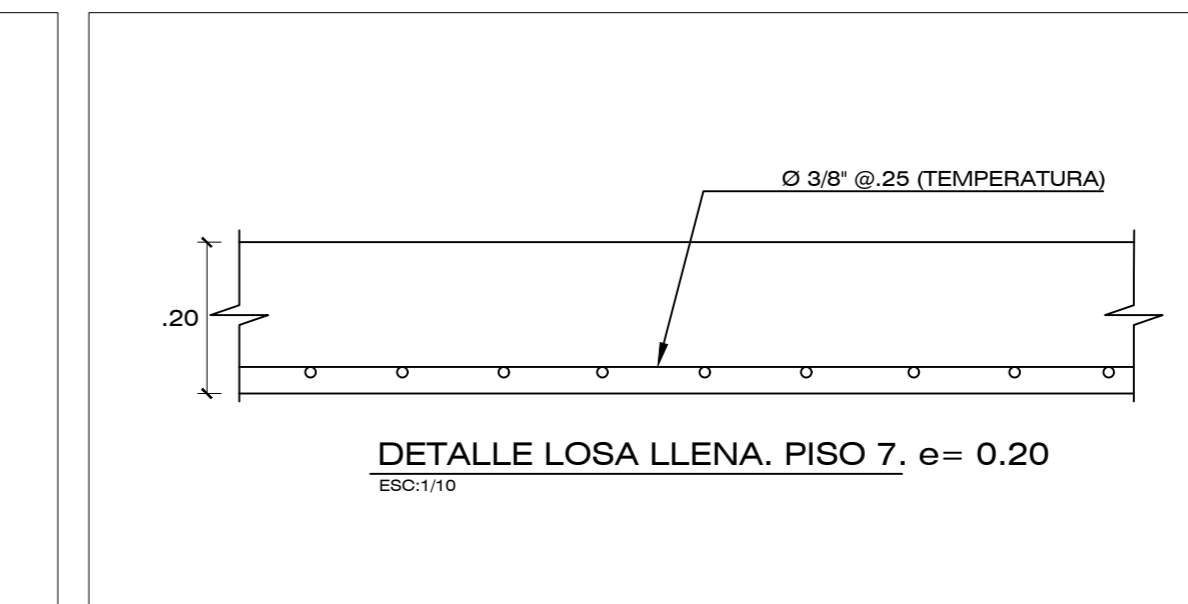
DETALLE DE ALIGERADO - ENSANCHE. e = 0.20
ESC: 1/10




DETALLE LOSA LLENA. PISO 7. e = 0.20
ESC: 1/10

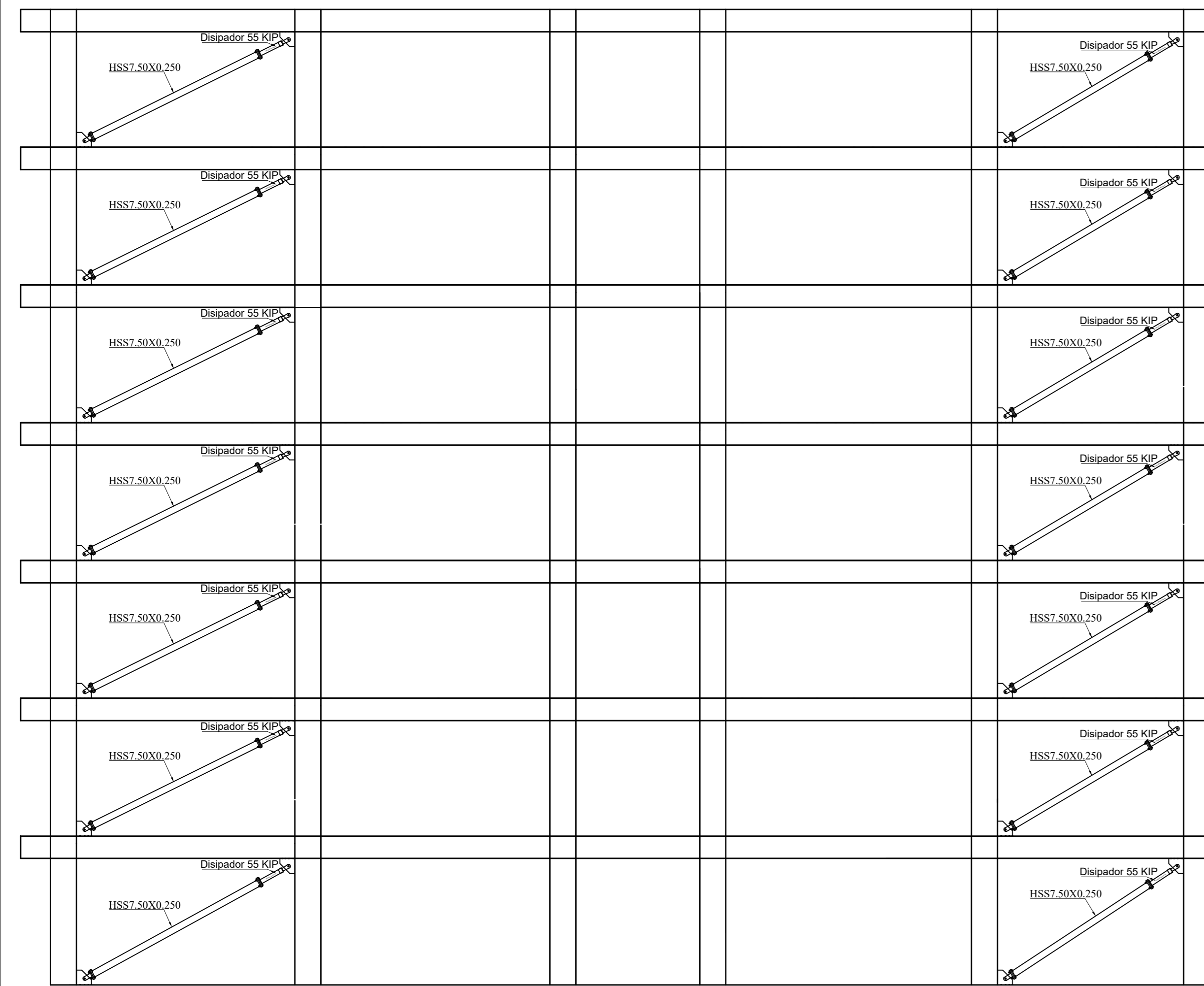


DETALLE DE ALIGERADO - PISO 7. e = 0.20
ESC: 1/10

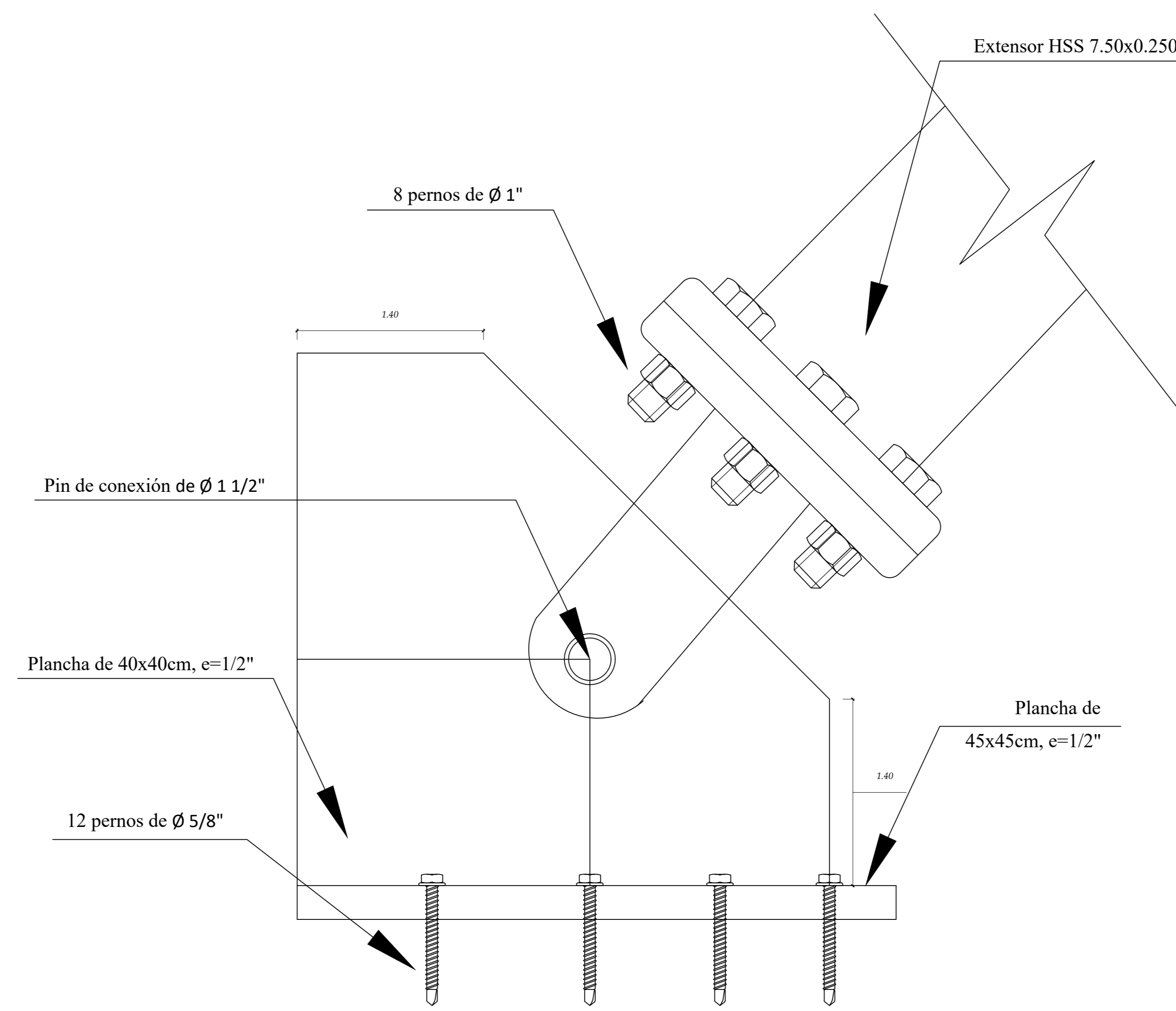


DETALLE LOSA LLENA. PISO 7. e = 0.20
ESC: 1/10

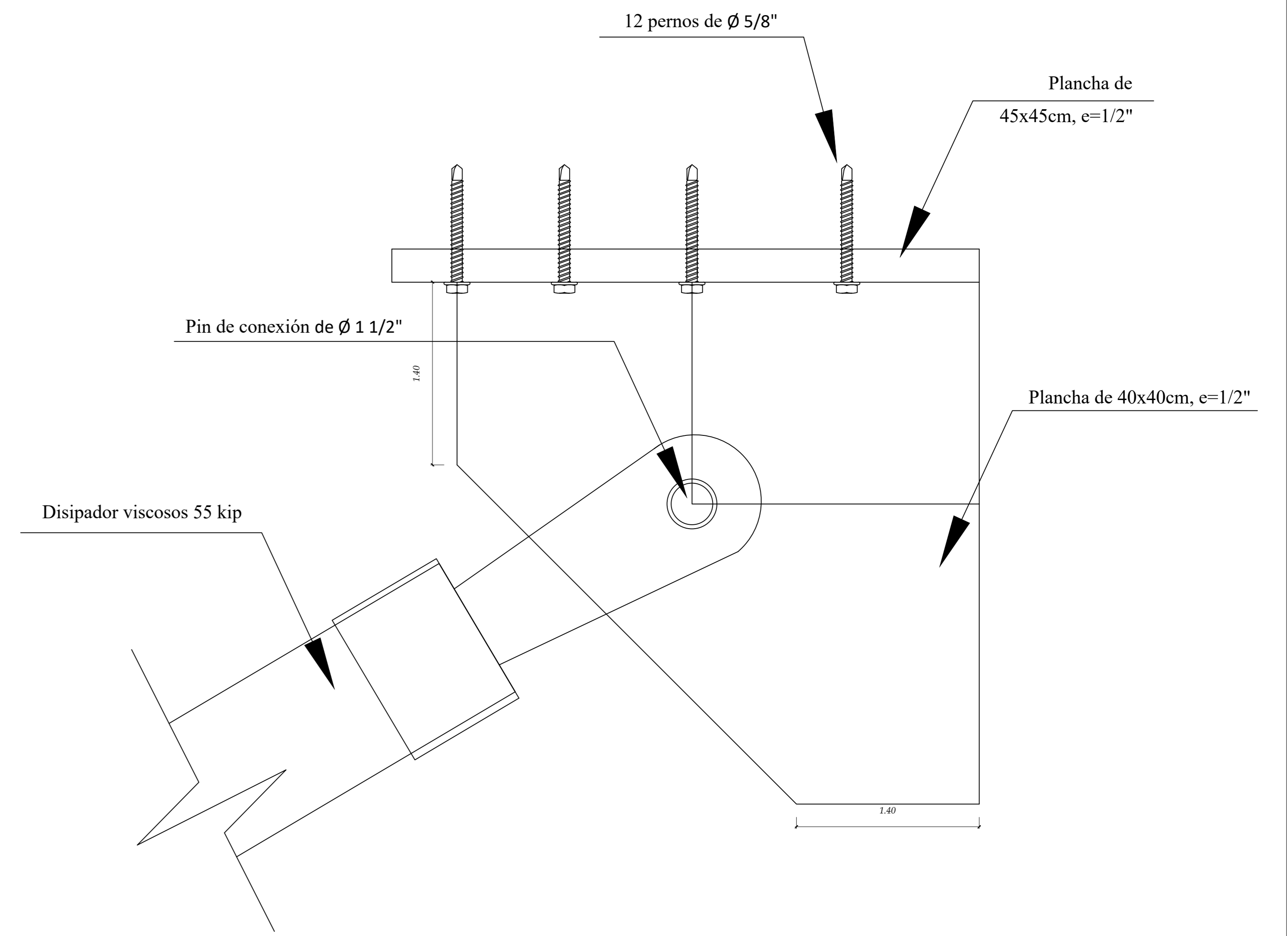
| | | | |
|---|-------------------------|--|-----------------------|
|  Universidad Católica del Sur Arequipa | | ESTRUCTURAS | |
| | | *DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020* | |
| PLANO | LOSAS | PROYECTO | PROYECTO |
| DISEÑO | JUAN CARLOS PEREZ JULCA | REVISOR | ALCIBADES BANYES MEZA |
| FECHA | ALNO 2021 | ESCALA | INDICADA |
| | | E-05 | |



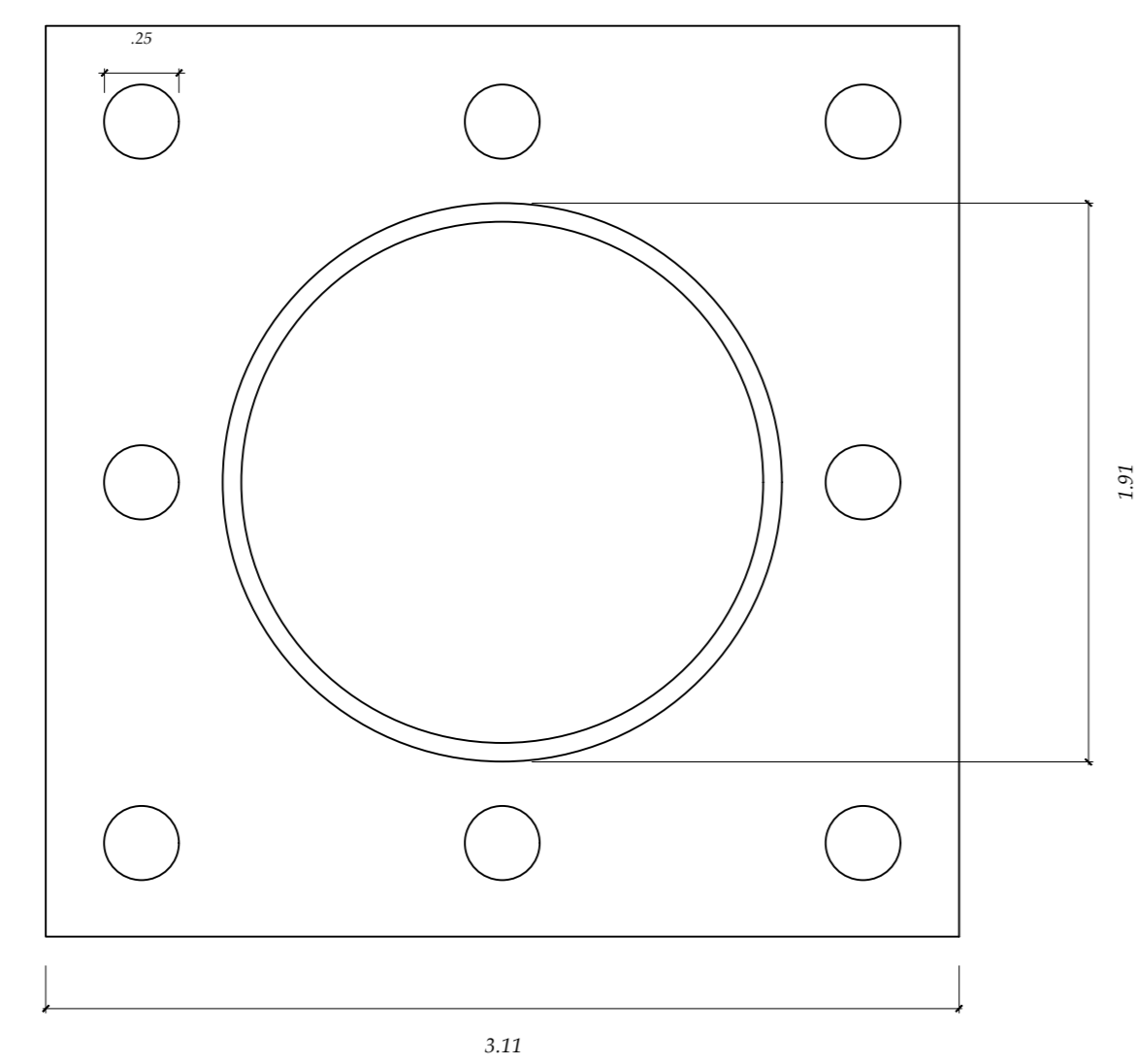
DISIPADORES EJES A y D
ESC: 1/500



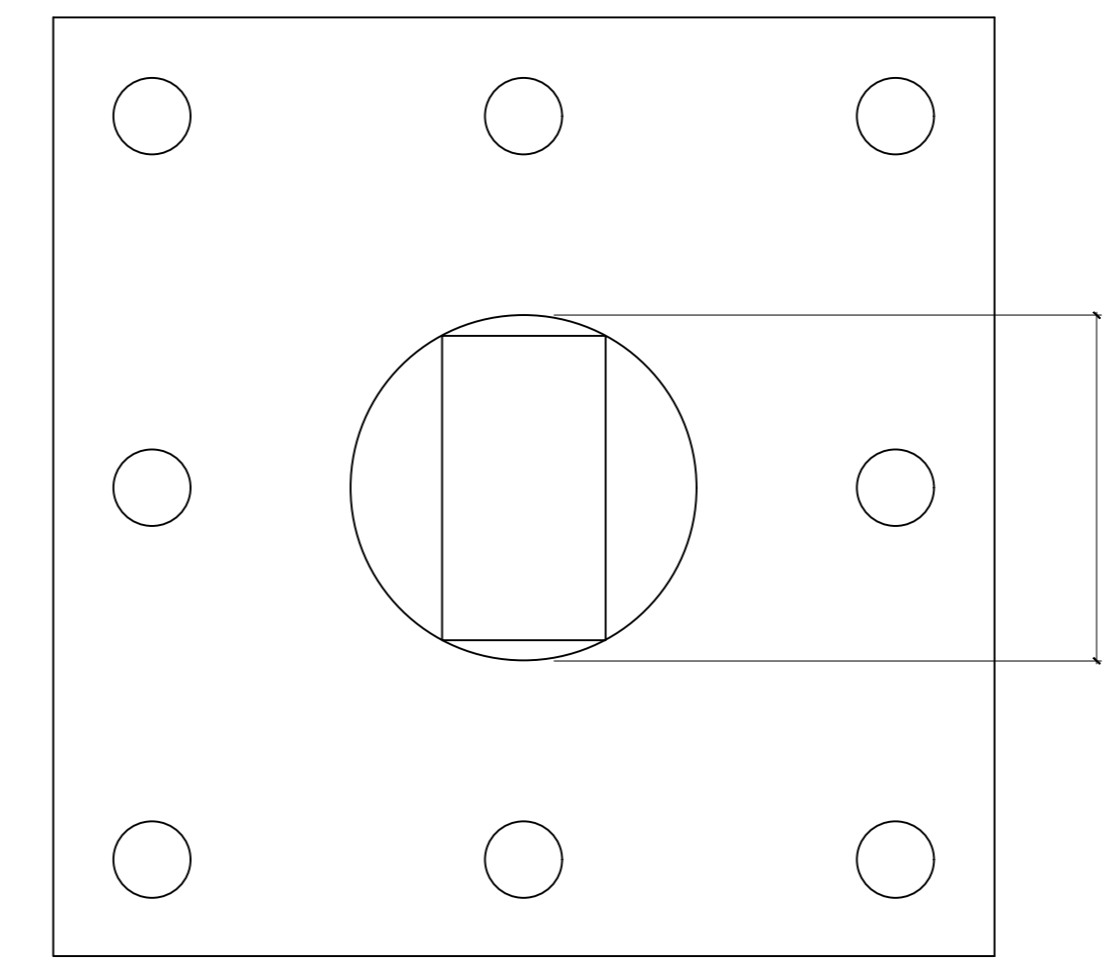
DETALLE 2
ESC: 1/25



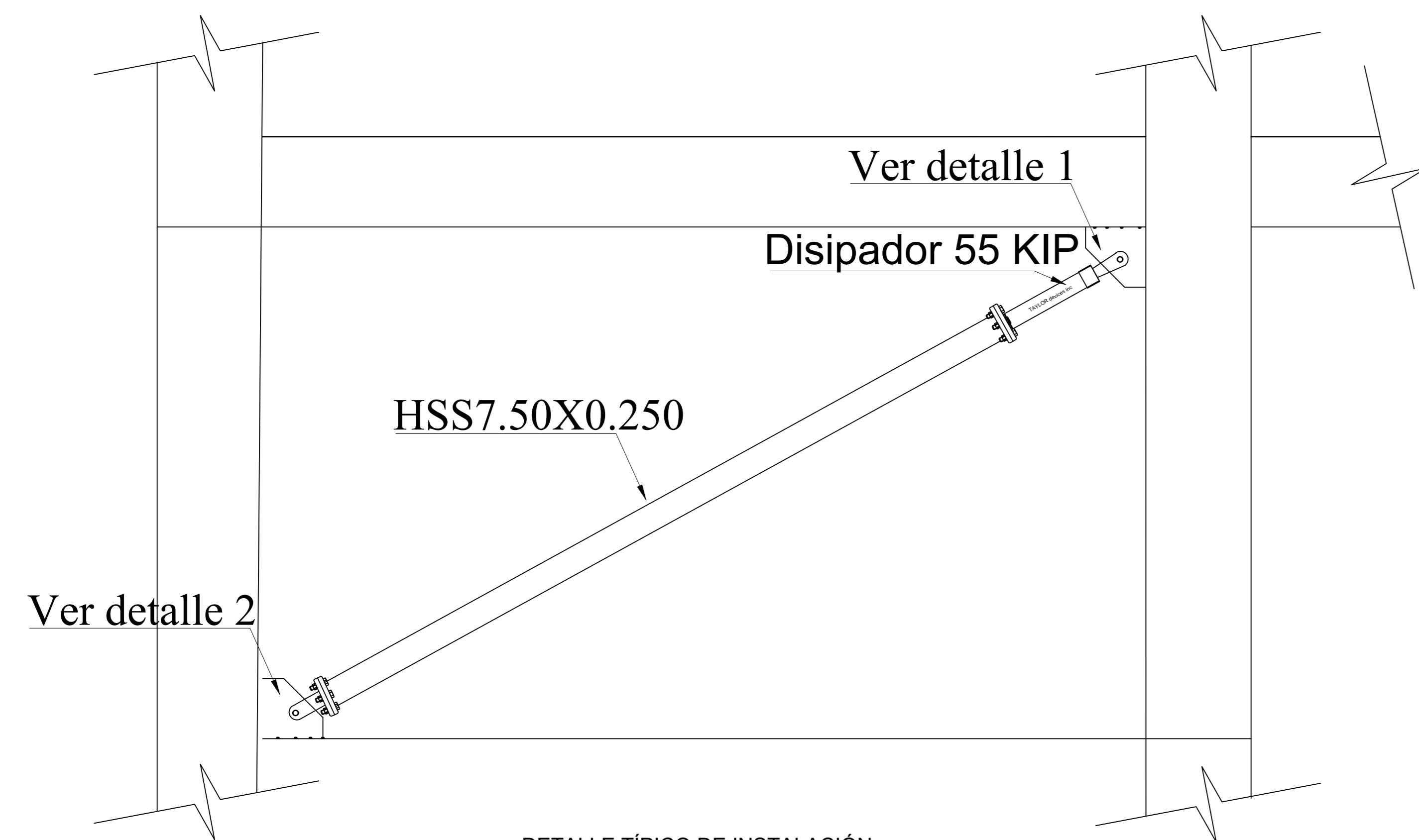
DETALLE 1
ESC: 1/25



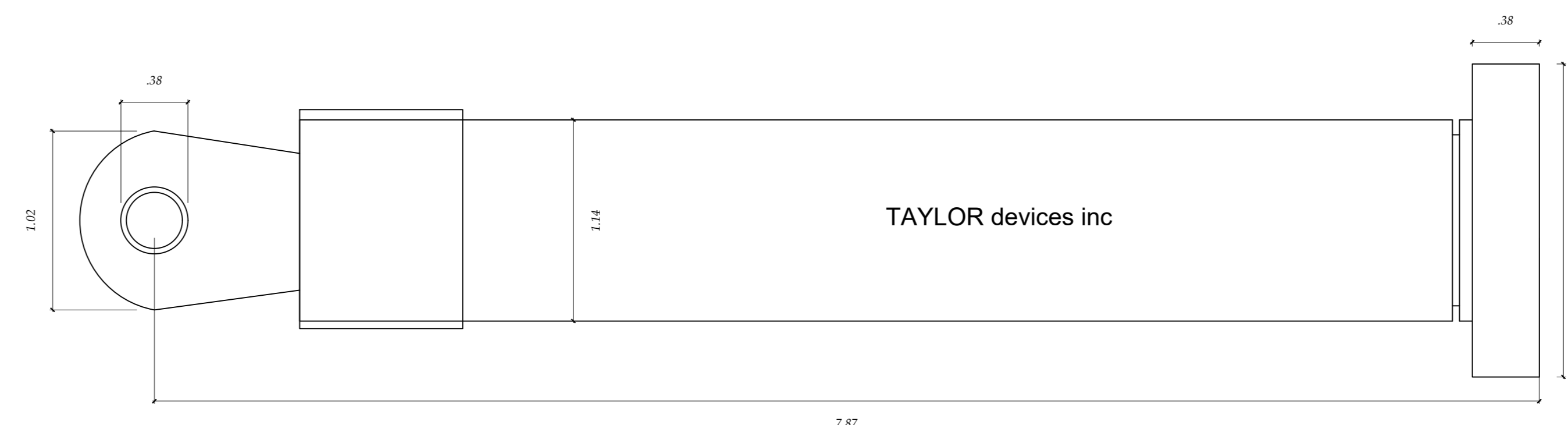
PLACA BASE DEL DISIPADOR (CONEXIÓN CON EL BRAZO METÁLICO)
ESC: 1/25



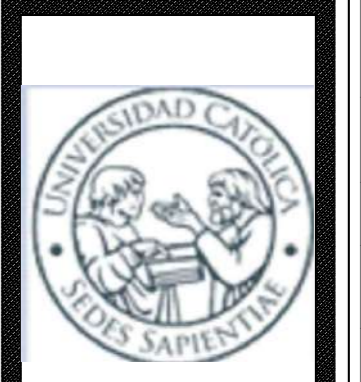
PLACA BASE DEL DISIPADOR (CONEXIÓN CON EL DISIPADOR)
ESC: 1/25



DETALLE TÍPICO DE INSTALACIÓN
ESC: 1/25



DIMENSIONES DEL DISIPADOR DE ENERGÍA DE 55 KIP
ESC: 1/25

| | | | |
|---|--|---|-------------------------------|
| <p>UCSS Universidad Católica Sedes Sapientiae</p>  | | <p>ESTRUCTURAS</p> <p>*DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTIGADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020*</p> | |
| <p>PLANO: ESTRUCTURAS: Disipadores</p> | <p>DISEÑO: JUAN CARLOS PEREZ JULCA</p> | <p>PROYECTO: SAN MARTIN</p> | <p>INDICADA: INDICADA</p> |
| <p>UBICACIÓN: NVA. CAJAMARCA</p> | <p>PROYECTO: SAN MARTIN</p> | <p>INDICADA: INDICADA</p> | <p>PLANO: E-06</p> |
| <p>ASESOR: ALCIBADES BANCES MEZA</p> | <p>FECHA: JUNIO-2021</p> | <p>INDICADA: INDICADA</p> | <p>INDICADA: INDICADA</p> |

Junio
2020

Ingeniería de Cimentaciones
**“DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN
EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON
Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO
EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-
2020”**

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR - SPT-01

Informe Técnico





REGISTRO PERFIL DEL SUELO SPT-01

Tesista : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Fecha : 17 de Junio del 2020.

Cota : 870 m.s.n.m
Profundidad : 10.45 mt

Nivel Freático : 1.90 mt

Sondeo:

SPT - 01

| Profundidad (m) | Muestra | Clasificación SUCS | Símbolo | Humedad (%) | Límite líquido | Índice de plasticidad | Descripción del Material | Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15 cm |
|-----------------|---------|--------------------|---------|-------------|----------------|-----------------------|--|--|
| 0.00 | | | | | | | | 0 10 20 30 40 50 |
| 1.00 | 01 | CL - ML | | 20.18 | 21.50 | 5.57 | Arcilla inorgánica con limo de baja plasticidad, húmeda de consistencia muy suave, de clasificación expansiva baja con algo de arena fina y media. | 5 6 |
| 2.00 | | | | | | | | 9 8 |
| 3.50 | 02 | CL | | 22.95 | 23.35 | 7.23 | Arcilla inorgánica de baja plasticidad, húmeda de consistencia suave, de clasificación expansiva baja con algo de arena fina y media. | 11 11 |
| 5.00 | 03 | CL | | 18.43 | 26.30 | 7.79 | Arcilla inorgánica de baja plasticidad, húmeda de consistencia suave, de clasificación expansiva baja con arena media y fina. | 17 15 |
| 7.00 | 04 | SC | | 15.31 | 22.70 | 8.84 | Arena arcillosa inorgánica de baja plasticidad húmeda de compacidad firme, de clasificación expansiva baja con mucha arena gruesa, presenta grava de tamaño máximo 3/4". | 20 18 |
| 9.00 | 05 | SC - SM | | 14.75 | 21.90 | 4.14 | Arena arcillosa y arena limosa húmeda de consistencia rígida, de clasificación expansiva baja con arena fina y media, presenta grava de tamaño máximo 1". | 14 18 18 |
| 10.45 | 06 | SC - SM | | 20.30 | 20.50 | 4.41 | Arena arcillosa y arena limosa húmeda de consistencia rígida, de clasificación expansiva baja con arena fina y media, presenta grava de tamaño máximo 3/8". | 21 19 18 18 |
| | | | | | | | Fin del sondeo - se estipuló con el solicitante la penetración del sondeo solo hasta los 10 metros de profundidad. | 17 23 31 33 |

Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arevalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298


Jorge Pezo Dávila
SENIOR OPERADOR DE LABORATORIO


Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298

ANEXO II

Registros de ensayos de laboratorio



Ensayos de Caracterización Física

Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Tesista: : Bach. PEREZ JULCA, Juan Carlos
Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Sondeo : SPT 01 / M - 01
Profundidad (m) : 1.00 - 2.00
Fecha : 17 de Junio del 2020.

Humedad Natural (ASTM D2216) : 20.18%

Análisis Mecánico por Tamizado (ASTM D422)

Peso de la muestra seca : 421.25 g
Peso de muestra lavada : 120.91 g

| Malla | Tamiz mm | Peso (g) | Porcentaje | | | Especificaciones |
|--------|----------|----------|------------|-------|--------|------------------|
| | | | Parcial | Acum. | Pasa | |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | | | | 100.00 | |
| Nº 10 | 2.000 | 10.25 | 2.43 | 2.43 | 97.57 | |
| Nº 20 | 0.840 | 7.08 | 1.68 | 4.11 | 95.89 | |
| Nº 40 | 0.420 | 13.69 | 3.25 | 7.36 | 92.64 | |
| Nº 60 | 0.250 | 11.77 | 2.79 | 10.16 | 89.84 | |
| Nº 80 | 0.180 | 15.15 | 3.60 | 13.75 | 86.25 | |
| Nº 100 | 0.149 | 14.32 | 3.40 | 17.15 | 82.85 | |
| Nº 200 | 0.074 | 48.65 | 11.55 | 28.70 | 71.30 | |
| Fondo | - | 300.34 | | | | |

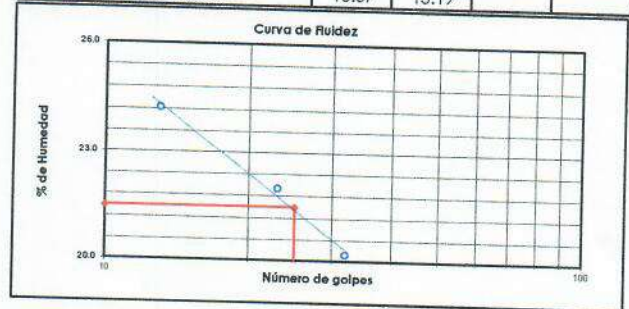
LL: 21.50 LP: 15.93 Ip: 5.57

Límite Líquido (ASTM D4318)

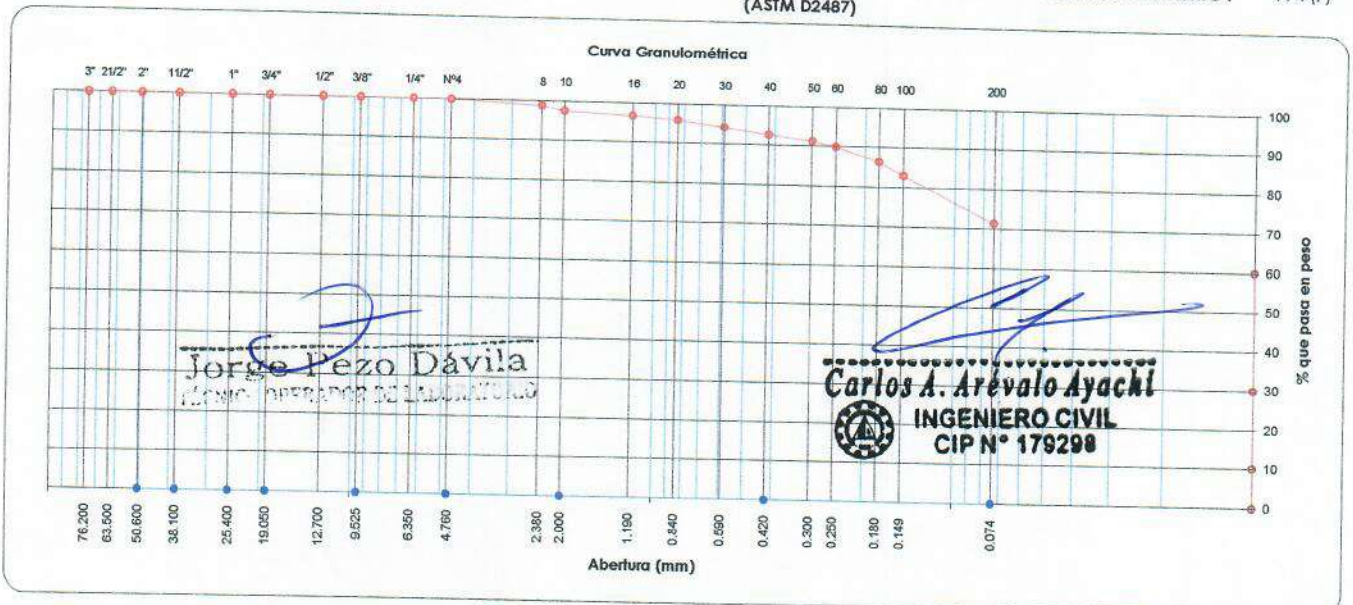
| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Número de golpes | 13 | 23 | 32 |
| Recipiente N° | 10 | 5 | A1 |
| Recipiente más suelo húmedo | 14.19 | 15.44 | 15.66 |
| Recipiente más suelo seco | 12.59 | 13.74 | 14.00 |
| Peso del recipiente | 5.99 | 6.02 | 5.78 |
| Peso del agua | 1.60 | 1.70 | 1.66 |
| Peso del suelo seco | 6.60 | 7.72 | 8.22 |
| Porcentaje de humedad | 24.24 | 22.02 | 20.19 |

Límite Plástico (ASTM D4318)

| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|---|
| Recipiente N° | 8 | 25 | |
| Recipiente más suelo húmedo | 5.95 | 6.90 | |
| Recipiente más suelo seco | 5.90 | 6.78 | |
| Peso del recipiente | 5.60 | 5.99 | |
| Peso del agua | 0.05 | 0.12 | |
| Peso del suelo seco | 0.30 | 0.79 | |
| Porcentaje de humedad | 16.67 | 15.19 | |



Clasificación SUCS : CL-ML **Clasificación AASHTO :** A-4 (7)
 (ASTM D2487)



Jorge Pezo Davila
 INGENIERO CIVIL

Carlos A. Arevalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298

OBSERVACIONES : Arcilla inorgánica con limo de baja plasticidad, húmeda de consistencia muy suave, de clasificación expansiva baja con algo de arena fina y media.



Ensayos de Caracterización Física

Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APURILCADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

Tesista: : Bach. PEREZ JULCA, Juan Carlos

Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.

Sondeo : SPT 01 / M - 02

Profundidad (m) : 2.00 - 3.50

Fecha : 17 de Junio del 2020.

Humedad Natural (ASTM D2216) : 20.33%

Análisis Mecánico por Tamizado (ASTM D422)

Peso de la muestra seca : 355.60 g
Peso de muestra lavada : 121.30 g

| Malla | Peso (g) | Porcentaje | | | Especificaciones |
|--------|----------|------------|---------|-------|------------------|
| | | Tamiz mm | Parcial | Acum. | |
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | | | | 100.00 |
| Nº 10 | 2.000 | 2.63 | 0.74 | 0.74 | 99.26 |
| Nº 20 | 0.840 | 3.60 | 1.01 | 1.75 | 98.25 |
| Nº 40 | 0.420 | 11.53 | 3.24 | 4.99 | 95.01 |
| Nº 60 | 0.250 | 13.27 | 3.73 | 8.73 | 91.27 |
| Nº 80 | 0.180 | 13.00 | 3.66 | 12.38 | 87.62 |
| Nº 100 | 0.149 | 12.00 | 3.37 | 15.76 | 84.24 |
| Nº 200 | 0.074 | 65.27 | 18.35 | 34.11 | 65.89 |
| Fondo | - | 234.30 | | | |

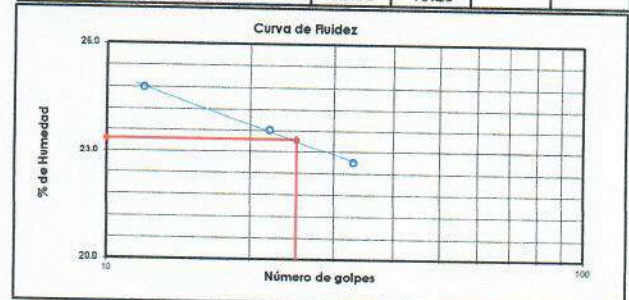
LL: 23.35 **LP:** 16.13 **ip:** 7.23

Límite Líquido (ASTM D4318)

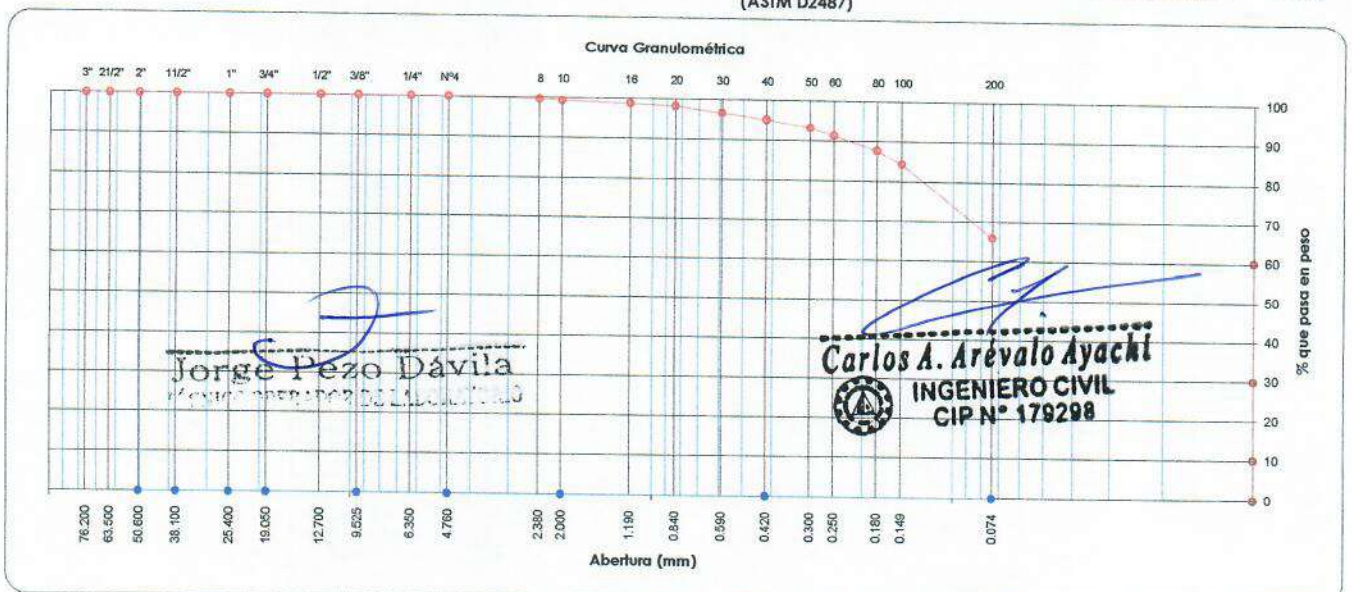
| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Número de golpes | 12 | 22 | 33 |
| Recipiente N° | 76 | 68 | 69 |
| Recipiente más suelo húmedo | 15.60 | 16.93 | 16.29 |
| Recipiente más suelo seco | 13.71 | 14.80 | 14.33 |
| Peso del recipiente | 6.09 | 5.78 | 5.70 |
| Peso del agua | 1.89 | 2.13 | 1.96 |
| Peso del suelo seco | 7.62 | 9.02 | 8.63 |
| Porcentaje de humedad | 24.80 | 23.61 | 22.71 |

Límite Plástico (ASTM D4318)

| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|---|
| Recipiente N° | 113 | 78 | |
| Recipiente más suelo húmedo | 6.85 | 7.92 | |
| Recipiente más suelo seco | 6.65 | 7.66 | |
| Peso del recipiente | 5.40 | 6.06 | |
| Peso del agua | 0.20 | 0.26 | |
| Peso del suelo seco | 1.25 | 1.60 | |
| Porcentaje de humedad | 16.00 | 16.25 | |



Clasificación SUCS: CL **Clasificación AASHTO:** A-4 (6)
 (ASTM D2487)



OBSERVACIONES: Arcilla inorgánica de baja plasticidad, húmeda de consistencia suave, de clasificación expansiva baja con algo de arena fina y media.



Ensayos de Caracterización Física

Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES
 DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Tesista: : Bach. PEREZ JULCA, Juan Carlos
Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Sondeo : SPT 01 / M - 03
Profundidad (m) : 3.50 - 5.00
Fecha : 17 de Junio del 2020.

Humedad Natural (ASTM D2214) : 18.43%

Análisis Mecánico por Tamizado (ASTM D422)

Peso de la muestra seca : 269.04 g
Peso de muestra lavada : 133.47 g

| Malla | | Peso (g) | Porcentaje | | | Especificaciones |
|--------|--------|----------|------------|-------|--------|------------------|
| Tamiz | mm | | Parcial | Acum. | Pasa | |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.00 | |
| Nº 4 | 4.760 | 4.57 | 1.70 | 1.70 | 98.30 | |
| Nº 10 | 2.000 | 15.66 | 5.82 | 7.52 | 92.48 | |
| Nº 20 | 0.840 | 10.17 | 3.78 | 11.30 | 88.70 | |
| Nº 40 | 0.420 | 11.23 | 4.17 | 15.47 | 84.53 | |
| Nº 60 | 0.250 | 11.34 | 4.21 | 19.69 | 80.31 | |
| Nº 80 | 0.180 | 9.89 | 3.68 | 23.36 | 76.64 | |
| Nº 100 | 0.149 | 12.57 | 4.67 | 28.04 | 71.96 | |
| Nº 200 | 0.074 | 58.04 | 21.57 | 49.61 | 50.39 | |
| Fondo | - | 135.57 | | | | |

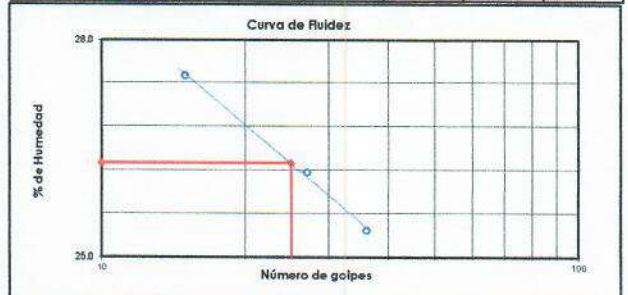
LL : 26.30 **LP :** 18.51 **lp :** 7.79

Límite Líquido (ASTM D4318)

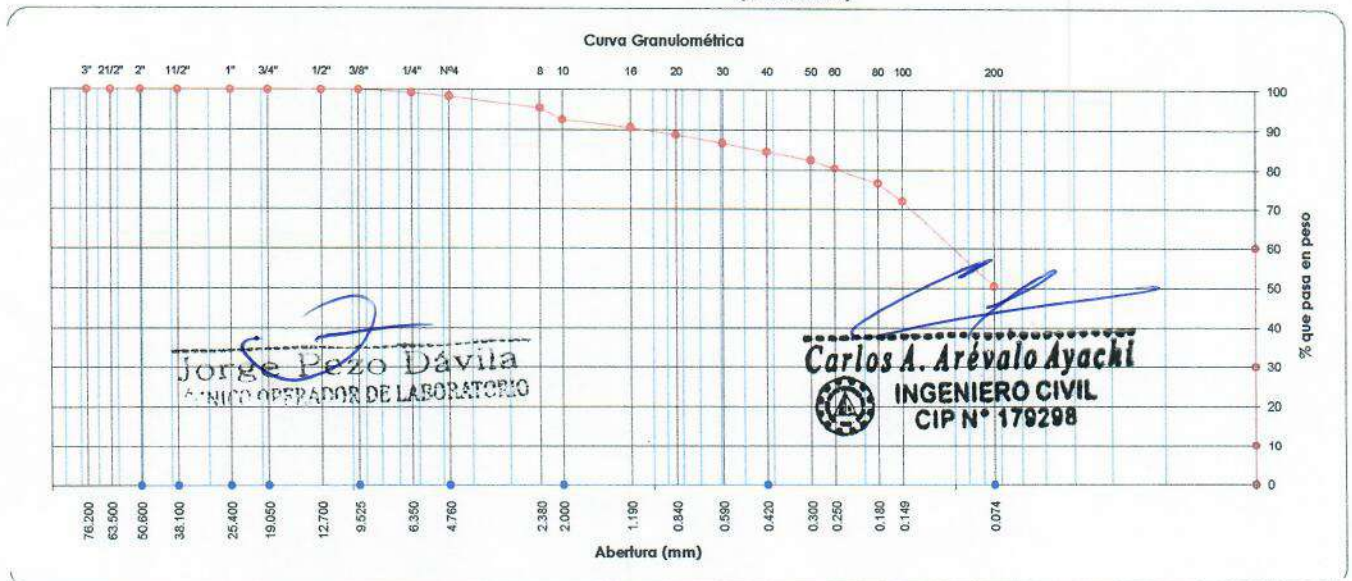
| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Número de golpes | 15 | 27 | 36 |
| Recipiente N° | 73 | 138 | 61 |
| Recipiente más suelo húmedo | 15.62 | 15.38 | 15.14 |
| Recipiente más suelo seco | 13.39 | 13.35 | 13.24 |
| Peso del recipiente | 5.28 | 5.59 | 5.75 |
| Peso del agua | 2.23 | 2.03 | 1.90 |
| Peso del suelo seco | 8.11 | 7.76 | 7.49 |
| Porcentaje de humedad | 27.50 | 26.16 | 25.37 |

Límite Plástico (ASTM D4318)

| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|---|
| Recipiente N° | 120 | 85 | |
| Recipiente más suelo húmedo | 6.28 | 6.98 | |
| Recipiente más suelo seco | 6.05 | 6.69 | |
| Peso del recipiente | 4.75 | 5.19 | |
| Peso del agua | 0.23 | 0.29 | |
| Peso del suelo seco | 1.30 | 1.50 | |
| Porcentaje de humedad | 17.69 | 19.33 | |



Clasificación SUCS : CL **Clasificación AASHTO :** A-4 (2)
 (ASTM D2487)



OBSERVACIONES : Arcilla inorgánica de baja plasticidad, húmeda de consistencia suave, de clasificación expansiva baja con arena media y fina.



Ensayos de Caracterización Física

Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APOYICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Tesista : Bach. PEREZ JULCA, Juan Carlos
Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Sondeo : SPT 01 / M - 04
Profundidad (m) : 5.00 - 7.00
Fecha : 17 de Junio del 2020.

Humedad Natural (ASTM D2216) : 15.31%

Análisis Mecánico por Tamizado (ASTM D422)

Peso de la muestra seca : 3282.20 g
Peso de muestra lavada : 1695.38 g

| Malla | | Peso (g) | Porcentaje | | | Especificaciones |
|--------|--------|----------|------------|-------|--------|------------------|
| Tamiz | mm | | Parcial | Acum. | Pasa | |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | 100.00 | |
| 3/4" | 19.050 | 38.76 | 1.2 | 1.2 | 98.82 | |
| 1/2" | 12.700 | 13.35 | 0.41 | 1.59 | 98.41 | |
| 3/8" | 9.525 | 19.83 | 0.60 | 2.19 | 97.81 | |
| Nº 4 | 4.760 | 20.14 | 0.61 | 2.81 | 97.19 | |
| Nº 10 | 2.000 | 71.80 | 2.19 | 4.99 | 95.01 | |
| Nº 20 | 0.840 | 119.60 | 3.64 | 8.64 | 91.36 | |
| Nº 40 | 0.420 | 293.80 | 8.95 | 17.59 | 82.41 | |
| Nº 60 | 0.250 | 283.10 | 8.63 | 26.21 | 73.79 | |
| Nº 80 | 0.180 | 213.70 | 6.51 | 32.72 | 67.28 | |
| Nº 100 | 0.149 | 162.60 | 4.95 | 37.68 | 62.32 | |
| Nº 200 | 0.074 | 458.70 | 13.98 | 51.65 | 48.35 | |
| Fondo | - | 1586.82 | | | | |

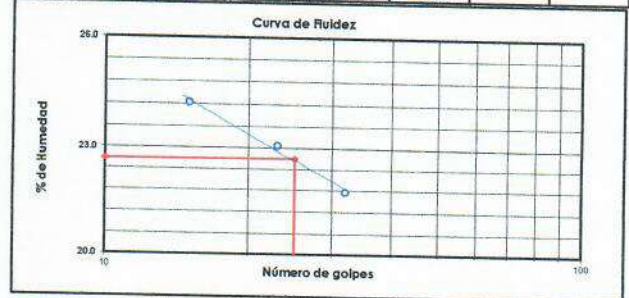
LL : 22.70 **LP** : 13.86 **lp** : 8.84

Límite Líquido (ASTM D4318)

| Determinación Nº | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Número de golpes | 15 | 23 | 32 |
| Recipiente Nº | 81 | 58 | 91 |
| Recipiente más suelo húmedo | 13.28 | 15.39 | 16.02 |
| Recipiente más suelo seco | 11.60 | 13.64 | 14.08 |
| Peso del recipiente | 4.67 | 6.06 | 5.17 |
| Peso del agua | 1.68 | 1.75 | 1.94 |
| Peso del suelo seco | 6.93 | 7.58 | 8.91 |
| Porcentaje de humedad | 24.24 | 23.09 | 21.77 |

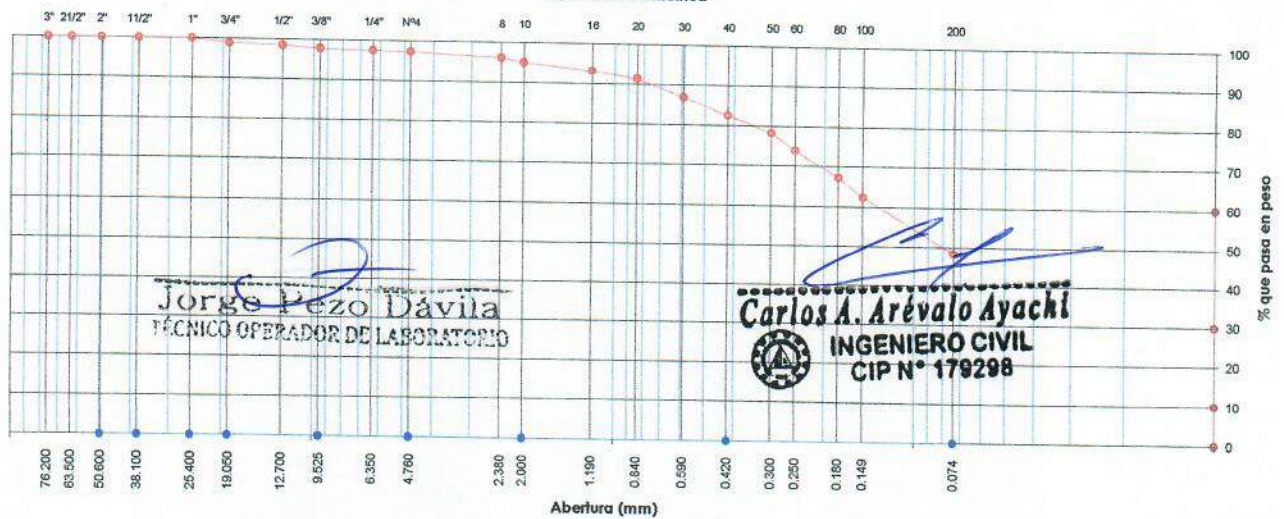
Límite Plástico (ASTM D4318)

| Determinación Nº | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|---|
| Recipiente Nº | 93 | 80 | |
| Recipiente más suelo húmedo | 7.45 | 7.90 | |
| Recipiente más suelo seco | 7.10 | 7.55 | |
| Peso del recipiente | 4.67 | 4.92 | |
| Peso del agua | 0.35 | 0.35 | |
| Peso del suelo seco | 2.43 | 2.63 | |
| Porcentaje de humedad | 14.40 | 13.31 | |



Clasificación SUCS : SC **Clasificación AASHTO** : A-4 (2)
 (ASTM D2487)

Curva Granulométrica



Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298

OBSERVACIONES : Arena arcillosa inorgánica de baja plasticidad húmeda de compacidad firme, de clasificación expansiva baja con mucha arena gruesa, presenta grava de tamaño máximo 3/4".



Ensayos de Caracterización Física

Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON T SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Testista : Bach. PEREZ JULCA, Juan Carlos
Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Sondeo : SPT 01 / M - 05
Profundidad (m) : 7.00 - 9.00
Fecha : 17 de Junio del 2020.

Humedad Natural (ASTM D2216) : 18.75%

Análisis Mecánico por Tamizado (ASTM D422)

Peso de la muestra seca : 741.44 g
Peso de muestra lavada : 422.51 g

| Malla | | Peso (g) | Porcentaje | | | Especificaciones |
|--------|--------|----------|------------|-------|--------|------------------|
| Tamiz | mm | | Parcial | Acum. | Pasa | |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.00 | |
| 1" | 25.400 | 24.25 | 3.3 | 3.3 | 96.73 | |
| 3/4" | 19.050 | 12.83 | 1.7 | 5.0 | 95.00 | |
| 1/2" | 12.700 | 4.68 | 0.63 | 5.63 | 94.37 | |
| 3/8" | 9.525 | 6.44 | 0.87 | 6.50 | 93.50 | |
| Nº 4 | 4.760 | 29.21 | 3.94 | 10.44 | 89.56 | |
| Nº 10 | 2.000 | 26.00 | 3.51 | 13.95 | 86.05 | |
| Nº 20 | 0.840 | 19.80 | 2.67 | 16.62 | 83.38 | |
| Nº 40 | 0.420 | 42.10 | 5.68 | 22.30 | 77.70 | |
| Nº 60 | 0.250 | 46.20 | 6.23 | 28.53 | 71.47 | |
| Nº 80 | 0.180 | 40.60 | 5.48 | 34.00 | 66.00 | |
| Nº 100 | 0.149 | 37.10 | 5.00 | 39.01 | 60.99 | |
| Nº 200 | 0.074 | 133.30 | 17.98 | 56.99 | 43.01 | |
| Fondo | - | 318.93 | | | | |

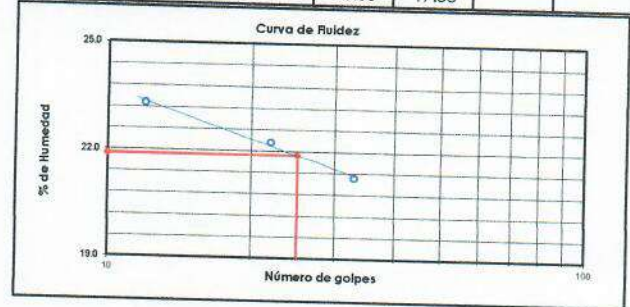
LL : 21.90 LP : 17.76 Ip : 4.14

Límite Líquido (ASTM D4318)

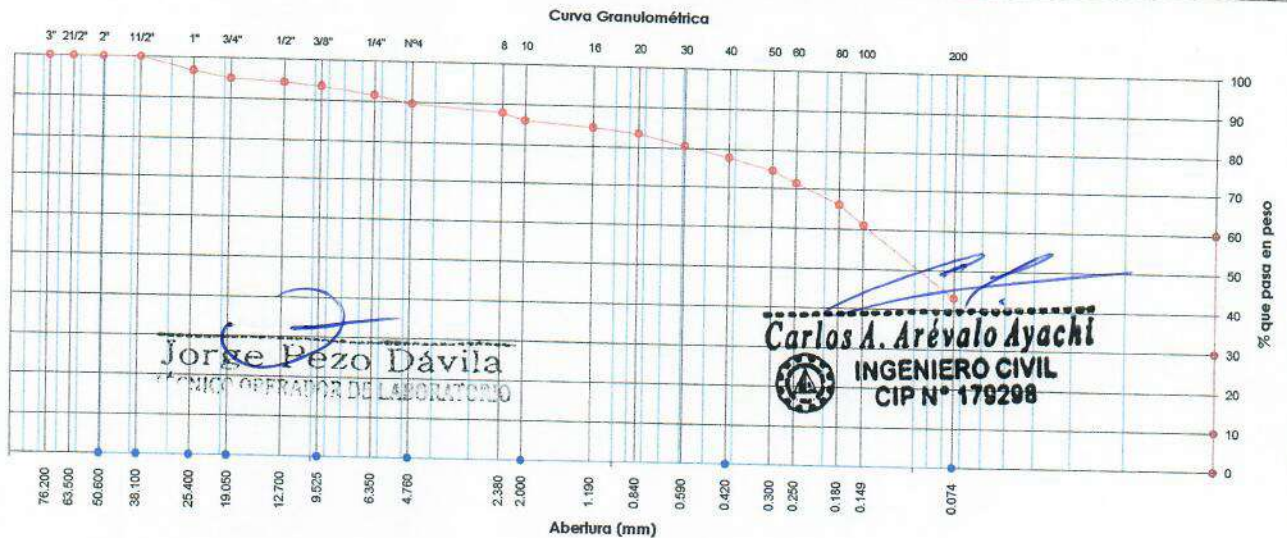
| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Número de golpes | 12 | 22 | 33 |
| Recipiente N° | 75 | 108 | 119 |
| Recipiente más suelo húmedo | 18.19 | 17.16 | 14.52 |
| Recipiente más suelo seco | 15.87 | 14.92 | 12.85 |
| Peso del recipiente | 5.92 | 4.85 | 5.00 |
| Peso del agua | 2.32 | 2.24 | 1.67 |
| Peso del suelo seco | 9.95 | 10.07 | 7.85 |
| Porcentaje de humedad | 23.32 | 22.24 | 21.27 |

Límite Plástico (ASTM D4318)

| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|---|
| Recipiente N° | 57 | 103 | |
| Recipiente más suelo húmedo | 10.10 | 12.08 | |
| Recipiente más suelo seco | 9.47 | 11.23 | |
| Peso del recipiente | 5.97 | 6.38 | |
| Peso del agua | 0.63 | 0.85 | |
| Peso del suelo seco | 3.50 | 4.85 | |
| Porcentaje de humedad | 18.00 | 17.53 | |



Clasificación SUCS : SC-SM Clasificación AASHTO : A-4 (1)
 (ASTM D2487)



Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298

OBSERVACIONES : Arena arcillosa y arena limosa húmeda de consistencia rígida, de clasificación expansiva baja con arena fina y media, presenta grava de tamaño máximo 1".



CONSULTORIA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

Ensayos de Caracterización Física

Proyecto : DISEÑO POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO APORRICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

Tesista : Bach. PEREZ JULCA, Juan Carlos

Ubicación : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.

Sondeo : SPT 01 / M - 06

Profundidad (m) : 9.00 - 10.45

Fecha : 17 de Junio del 2020.

Humedad Natural (ASTM D2216) : 15.96%

Análisis Mecánico por Tamizado (ASTM D422)

Peso de la muestra seca : 317.22 g
 Peso de muestra lavada : 219.87 g

| Malla | Peso (g) | Porcentaje | | | Especificaciones |
|--------|----------|------------|---------|-------|------------------|
| | | Tamiz mm | Parcial | Acum. | |
| 3" | 76.200 | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.00 |
| 3/8" | 9.525 | 8.82 | 2.78 | 2.78 | 97.22 |
| Nº 4 | 4.760 | 6.51 | 2.05 | 4.83 | 95.17 |
| Nº 10 | 2.000 | 10.68 | 3.37 | 8.20 | 91.80 |
| Nº 20 | 0.840 | 10.39 | 3.28 | 11.47 | 88.53 |
| Nº 40 | 0.420 | 22.02 | 6.94 | 18.42 | 81.58 |
| Nº 60 | 0.250 | 25.64 | 8.08 | 26.50 | 73.50 |
| Nº 80 | 0.180 | 21.39 | 6.74 | 33.24 | 66.76 |
| Nº 100 | 0.149 | 19.02 | 6.00 | 39.24 | 60.76 |
| Nº 200 | 0.074 | 95.40 | 30.07 | 69.31 | 30.69 |
| Fondo | - | 97.35 | | | |

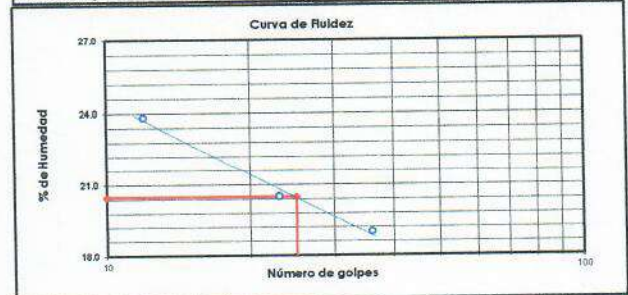
LL : 20.50 LP : 16.09 Ip : 4.41

Límite Líquido (ASTM D4318)

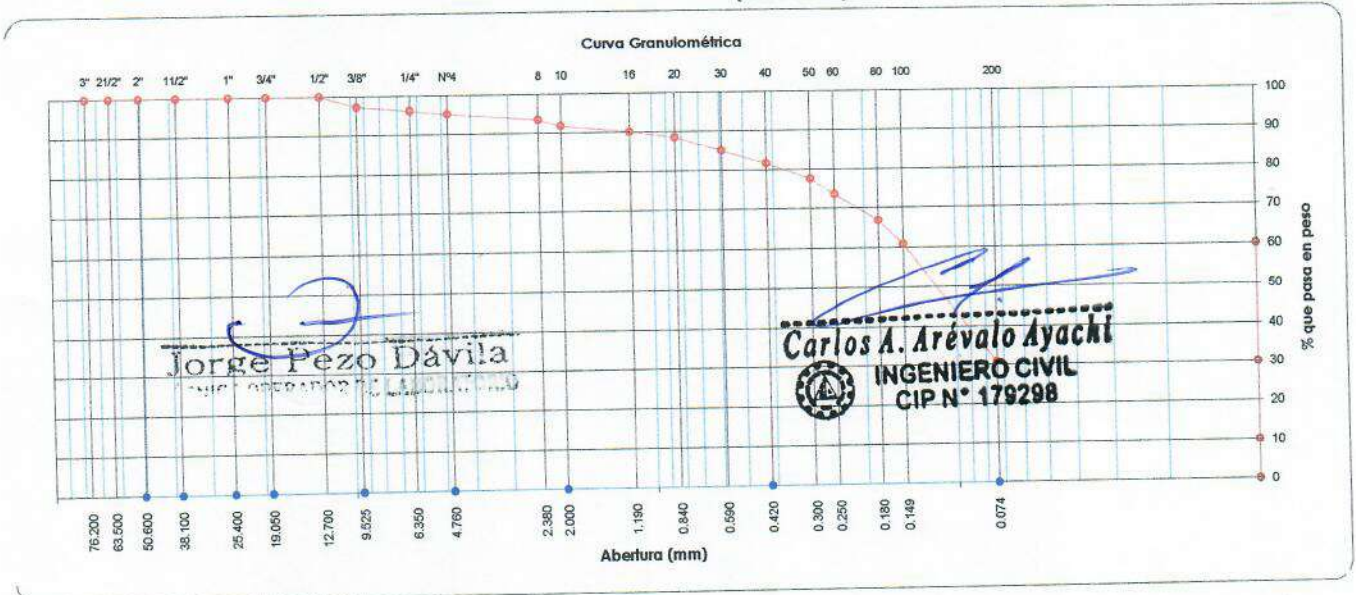
| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Número de golpes | 12 | 23 | 36 |
| Recipiente N° | 100 | 89 | 99 |
| Recipiente más suelo húmedo | 18.18 | 16.44 | 16.54 |
| Recipiente más suelo seco | 15.67 | 14.58 | 14.76 |
| Peso del recipiente | 5.14 | 5.52 | 5.40 |
| Peso del agua | 2.51 | 1.86 | 1.78 |
| Peso del suelo seco | 10.53 | 9.06 | 9.36 |
| Porcentaje de humedad | 23.84 | 20.53 | 19.02 |

Límite Plástico (ASTM D4318)

| Determinación N° | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------|-------|---|
| Recipiente N° | 59 | 65 | |
| Recipiente más suelo húmedo | 10.53 | 9.78 | |
| Recipiente más suelo seco | 9.92 | 9.18 | |
| Peso del recipiente | 6.14 | 5.44 | |
| Peso del agua | 0.61 | 0.60 | |
| Peso del suelo seco | 3.78 | 3.74 | |
| Porcentaje de humedad | 16.14 | 16.04 | |



Clasificación SÚCS : SC-SM Clasificación AASHTO : A-2-4 (0)
 (ASTM D2487)



OBSERVACIONES : Arena arcillosa y arena limosa húmeda de consistencia rígida, de clasificación expansiva baja con arena fina y media, presenta grava de tamaño máximo 3/8".



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

ANÁLISIS DE SALES SOLUBLES DE SUELOS

PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020.

UBICACIÓN : Distrito : Nueva Cajamarca
Provincia : Rioja
Departamento : San Martín.

SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos

PROFUNDIDAD : De 2.00m a 4.00 m

FECHA : 15 de junio del 2020

RESULTADOS : Clave de Laboratorio ASC20-0018 (junio 2020)

| S.P.T. 01 | | |
|----------------|---|----------------|
| Parámetro | Resultado | Interpretación |
| Textura | Franco Arenoso (66.2% Arcilla – 9.6% Arena – 24.2% Limo) | Liviano |
| pH | 1:1 6.07 | Neutro |
| C.E. (es) | dS / m 0.99 | Despreciable |
| Sales solubles | ppm 80.4 | Despreciable |
| Cloruros | ppm 100.2 | Despreciable |
| Sulfatos | ppm 70.5 | Despreciable |

Nota: No se requieren pruebas de contenido de sulfatos y cloruros cuando el pH esté entre 6 y 8, y la resistividad es mayor de 500 S/cm.

Metodología empleada:

Textura : Hidrómetro de Bouyoucos
pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua 1:1
Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1
Sales solubles : Extracto de saturación
Cloruros : Titulación Potenciométrica con AgNO₃
Sulfatos : Turbidimetría con cloruro de Bario
Los ensayos se realizan según la Normatividad Peruana (INDECOPI) homólogo a la normatividad americana (ASTM)

Moyobamba, 15 de junio 2020


Jorge Pezo Dávila
INGENIERO DE LABORATORIO


Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 178298



Jorge Pezo Dávila
INGENIERO CIVIL



Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298

ANEXO III

Análisis de la capacidad portante y
asentamientos

**CORRECIÓN DE VALORES DE N DE SPT PARA ESTUDIOS DINÁMICOS
SONDAJE SPT - 01**

| Profundidad (m) | SPT | | | | | Condición del Suelo Suelto (10%) / Denso (25%) N° 60 (Glp/30 cm) |
|----------------------|------------------------------|---|--------------------|-------------------------------|----------------------------|--|
| | Ensayo N° (Glp/15 cm) | Correlación Nspt= 0.5 N° (Glp/30 cm) | Nm (Glp/30 cm) | N60 = 0.75 Nm (Glp/30 cm) | N°60 = N60 (Glp/30 cm) | |
| 1.30 | 5.0 | | | | | |
| 1.45 | 6.0 | 5.5 | 5.5 | 4.1 | 4.1 | 5 |
| 2.30 | 9.0 | | | | | |
| 2.45 | 8.0 | 8.5 | 8.5 | 6.4 | 6.4 | 7 |
| 3.30 | 11.0 | | | | | |
| 3.45 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 8.3 | 8.3 | 9 |
| 4.30 | 17.0 | | | | | |
| 4.45 | 15.0 | 16.0 | 16.0 | 12.0 | 12.0 | 14 |
| 5.30 | 20.0 | | | | | |
| 5.45 | 18.0 | 19.0 | 19.0 | 14.3 | 14.3 | 16 |
| 6.30 | 14.0 | | | | | |
| 6.45 | 18.0 | 16.0 | 16.0 | 12.0 | 12.0 | 14 |
| 7.30 | 21.0 | | | | | |
| 7.45 | 19.0 | 20.0 | 20.0 | 15.0 | 15.0 | 17 |
| 8.30 | 18.0 | | | | | |
| 8.45 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 13.5 | 13.5 | 16 |
| 9.30 | 17.0 | | | | | |
| 9.45 | 23.0 | 20.0 | 20.0 | 15.0 | 15.0 | 19 |
| 10.30 | 31.0 | | | | | |
| 10.45 | 33.0 | 32.0 | 32.0 | 24.0 | 24.0 | 30 |

Nota :

N60 = 0.75 Nm ; Corrección de N por pérdida de energía

N°60 = N60 ; Efecto de longitud de la perforación

N°60 = 1.1 N°60 ; condición del suelo suelto

N°60 = 1.15 N°60 ; condición del suelo medianamente denso

N°60 = 1.25 N°60 ; condición del suelo denso


Jorge Pezo Dávila
Ingeniero Operador de Laboratorio


Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

CAPACIDAD ADMISIBLE NETA
CIMENTACION CUADRADA

PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 TESISIA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 SONDEO : SPT 01
 FECHA : 17 de Junio del 2020.

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 19,16 * N_{cor} * F_d \left[\frac{se}{2,54} \right]$$

F_d = 1+0.33(Df/B) < 1,33

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 Se = ASENTAMIENTO EN mm
 Df = PROFUNDIDA DE CIMENTACION(m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | 1.00 - 1.45 | 2.00 - 2.45 | 3.00 - 3.45 |
| PROF (m) | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| N _{cor} | 2 | 2 | 2 |
| B | 1 | 2 | 3 |
| Df | 1.2 | 1.3 | 1.5 |
| F _d | 1.6 | 1.6 | 1.5 |
| Se | 70.3 | 112.4 | 152.2 |
| q _{adm} (neta) kn/m ² | 0.70 | 1.12 | 1.52 |
| q _{adm} (neta) kg/cm ² | | | |

Fuente: Consultoria Selva

Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

MEYERHOF PARA 1 PULGADA DE ASENTAMIENTO
ESTIMADO: PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 7,99 * N_{cor}$$

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | 1.00 - 1.45 | 2.00 - 2.45 | 3.00 - 3.45 |
| PROF (m) | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| N _{cor} | 2 | 2 | 2 |
| q _{adm} (neta) kn/m ² | 40.0 | 55.9 | 71.9 |
| q _{adm} (neta) kg/cm ² | 0.40 | 0.56 | 0.72 |

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 178298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

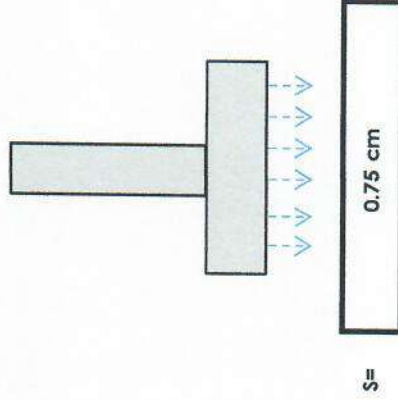
PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 TESISISTA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 SONDEO : SPT 01
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 PROF. : 1.00 mfs

Datos:

| | |
|-----|--------|
| qs= | 0.70 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 150.00 |
| If= | 82.00 |
| U= | 0.15 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS
 (CIMENTACION)

$$S = \frac{q_s \cdot B \cdot (1 - u^2) \cdot I_f}{E_s}$$



Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm2)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm2)
 U = relación de poisson
 If = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación


Jorge Pezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Fuente : Consultoria Selva


Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriasevelva@hotmail.com

- PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 SONDEO : SPT 01
 SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 PROF. : 2.00 mts

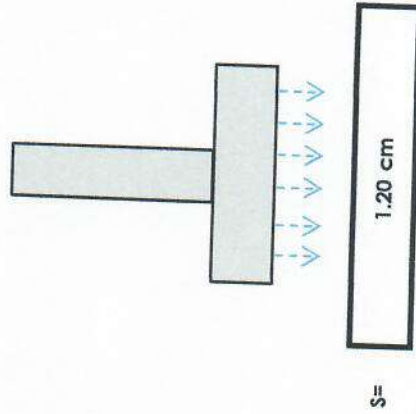
Datos:

| | |
|-----|--------|
| qs= | 1.12 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 150.00 |
| If= | 82.00 |
| U= | 0.15 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS

(CIMENTACION)

$$S = \frac{q_s \cdot B \cdot (1 - u^2) \cdot I_f}{E_s}$$



Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm²)
 U = relación de poisson
 If = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

Fuente: Consultoria Selva

Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 SONDEO : SPT 01
 SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 PROF. : 3.00 mts

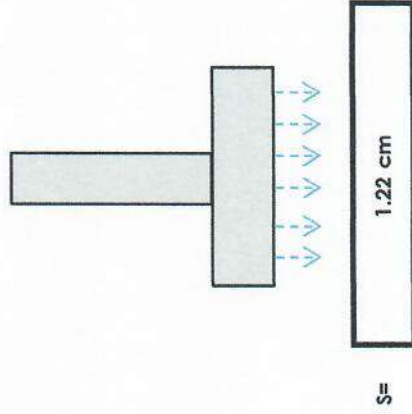
Datos:

| | |
|-----|--------|
| qs= | 1.52 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 200.00 |
| If= | 82.00 |
| U= | 0.15 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS

(CIMENTACION)

$$S = \frac{qs \cdot B(1 - u^2) \cdot If}{Es}$$



Donde:

S = asentamiento (cm)

qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)

B = ancho de cimentación (cm)

Es = módulo de elasticidad (Kg/cm²)

U = relación de poisson

If = factor de influencia que depende de la forma

de rigidez de la cimentación

Fuente: Consultoria Selva


Carlos A. Arevalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298


Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz. 5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

CAPACIDAD ADMISIBLE NETA CIMENTACION CUADRADA

- PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 TESIS : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 SONDEO : SPT 01
 FECHA : 17 de Junio del 2020.

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 19,16 * N_{cor} * F_d \left[\frac{se}{2,54} \right]$$

$$F_d = 1 + 0,33(D_f/B) < 1,33$$

- N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 se = ASENTAMIENTO EN mm
 D_f = PROFUNDIDAD DE CIMENTACION(m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| PROF (m) | 4.00 - 4.45 | 5.00 - 5.45 | 6.00 - 6.45 |
| N_{cor} | 14.00 | 16.00 | 14.00 |
| B | 2 | 2 | 2 |
| D_f | 4 | 5 | 6 |
| F_d | 1.7 | 1.8 | 2.0 |
| se | 14 | 15 | 15 |
| $q_{adm} (neta)$ kn/m ² | 245.4 | 330.4 | 315.2 |
| $q_{adm} (neta)$ kg/cm ² | 2.45 | 3.30 | 3.15 |

Fuente: Consultoría Selva

Jorge Fezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

MEYERHOF PARA 1 PULGADA DE ASENTAMIENTO ESTIMADO: PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 7,99 * N_{cor}$$

- N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| PROF (m) | 4.00 - 4.45 | 5.00 - 5.45 | 6.00 - 6.45 |
| N_{cor} | 14.00 | 16.00 | 14.00 |
| B | 2 | 2 | 2 |
| $q_{adm} (neta)$ kn/m ² | 111.9 | 127.8 | 111.9 |
| $q_{adm} (neta)$ kg/cm ² | 1.12 | 1.28 | 1.12 |

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultorlaselva@hotmail.com

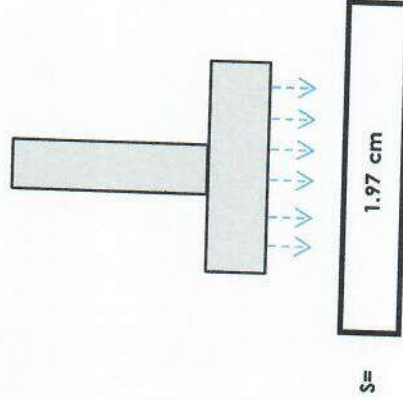
PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 TESISISTA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 SONDEO : SPT 01
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 PROF. : 4.00 mts

Datos:

| | |
|-----|--------|
| qs= | 2.45 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 200.00 |
| If= | 82.00 |
| U= | 0.15 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS
(CIMENTACION)

$$S = \frac{qs \cdot B(1-u^2) \cdot If}{Es}$$



Donde:

- S = asentamiento (cm)
- qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm2)
- B = ancho de cimentación (cm)
- Es = módulo de elasticidad (Kg/cm2)
- U = relación de poisson
- If = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación


Jorge Fezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Fuente: Consultoría Selva


Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaseva@hotmail.com

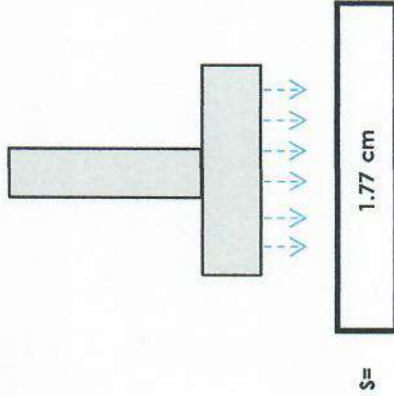
PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 SONDEO : SPT 01
 SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 PROF. : 5.00 mfs

Datos:

| | |
|-----|--------|
| qs= | 3.30 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 300.00 |
| If= | 82.00 |
| U= | 0.15 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS
 (CIMENTACION)

$$S = \frac{q_s \cdot B(1 - u^2) \cdot I_f}{E_s}$$



Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm2)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm2)
 U = relación de poisson
 If = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

Fuente: Consultoria Selva

Jorge Pezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO


Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5 190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

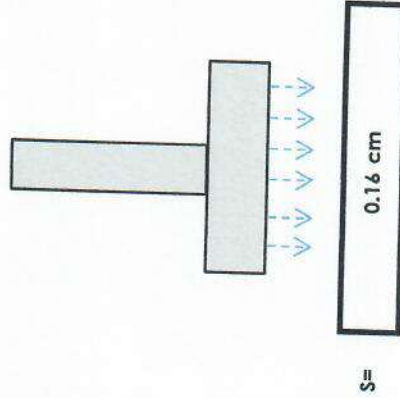
- PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
- UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
- FECHA : 17 de Junio del 2020.
- SONDEO : SPT 01
- SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
- PROF. : 6.00 mts

Datos:

| | |
|-----|---------|
| qs= | 3.15 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 3000.00 |
| lf= | 82.00 |
| U= | 0.25 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS (CIMENTACION)

$$S = \frac{qs \cdot B(1 - u^2) \cdot lf}{Es}$$



Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm2)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm2)
 U = relación de poisson
 lf = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

Fuente: Consultoria Selva


Jorge Pezo Davia
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO


Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriasevsa@hotmail.com

PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 TESIS : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 SONDEO : SPT 01
 FECHA : 17 de Junio del 2020.

CAPACIDAD ADMISIBLE NETA CIMENTACION CUADRADA

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 19,16 * N_{cor} * F_d \left[\frac{se}{2,54} \right]$$

$$F_d = 1 + 0,33(D_f/B) < 1,33$$

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 Se = ASENTAMIENTO EN mm
 D_f = PROFUNDA DE CIMENTACION(m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | 7,00 - 7,45 | 8,00 - 8,45 | 9,00 - 9,45 |
| N _{cor} | 17 | 16 | 19 |
| B | 2 | 2 | 2 |
| D _f | 7 | 8 | 9 |
| F _d | 2,2 | 2,3 | 2,5 |
| Se | 14 | 14 | 13 |
| q _{adm} (neta) kn/m ² | 386,9 | 392,0 | 463,0 |
| q _{adm} (neta) kg/cm ² | 3,87 | 3,92 | 4,63 |

Jorge Pezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Fuente: Consultoria Selva

MEYERHOF PARA 1 PULGADA DE ASENTAMIENTO ESTIMADO: PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 7,99 * N_{cor}$$

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | 7,00 - 7,45 | 8,00 - 8,45 | 9,00 - 9,45 |
| N _{cor} | 17 | 16 | 19 |
| B | 2 | 2 | 2 |
| q _{adm} (neta) kn/m ² | 135,8 | 127,8 | 151,8 |
| q _{adm} (neta) kg/cm ² | 1,36 | 1,28 | 1,52 |

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5.190 Barrio Bejón - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

- PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
- UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
- TESISTA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
- SONDEO : SPT 01
- FECHA : 17 de Junio del 2020.
- PROF. : 7.00 mts

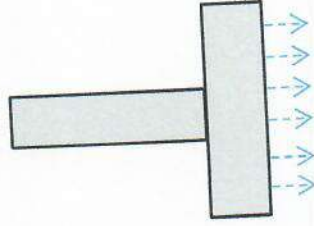
Datos:

| | |
|-----|---------|
| qs= | 3.87 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 3000.00 |
| lf= | 82.00 |
| U= | 0.25 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS


(CIMENTACION)

$$S = \frac{qs \cdot B(1-u^2) \cdot lf}{Es}$$



$$S = 0.20 \text{ cm}$$

Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm²)
 U = relación de poisson
 lf = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación


Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298

Fuente : Consultoria Selva


Jorge Pezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Bekán - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

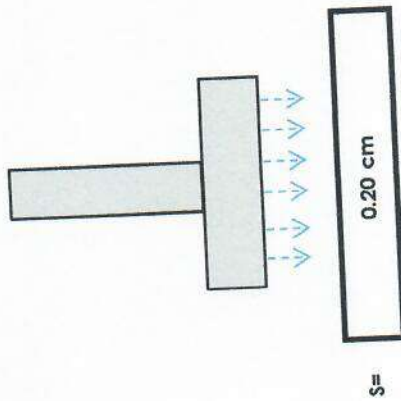
- PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
- UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
- FECHA : 17 de Junio del 2020.
- SONDEO : SPT 01
- SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
- PROF. : 8.00 mts

Datos:

| | |
|-----|---------|
| qs= | 3.92 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 3000.00 |
| lf= | 82.00 |
| U= | 0.25 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS
(CIMENTACION)

$$S = \frac{q_s \cdot B \cdot (1 - u^2) \cdot l_f}{E_s}$$



Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm2)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm2)
 U = relación de poisson
 lf = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

Fuente: Consultoria Selva

Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298

Jorge Pezo Dávila
TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

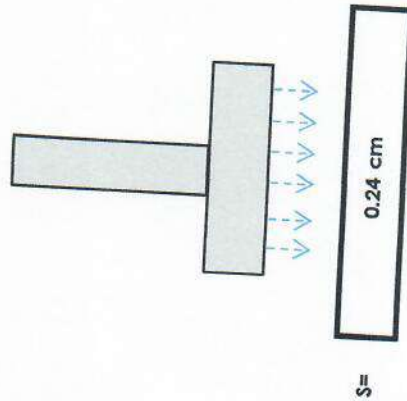
PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 SONDEO : SPT 01
 SOLICITA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
 PROF. : 9.00 mfs

Datos:

| | |
|-----|---------|
| qs= | 4.63 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 3000.00 |
| lf= | 82.00 |
| U= | 0.25 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS
 (CIMENTACION)

$$S = \frac{qs \cdot B(1 - U^2) \cdot lf}{Es}$$



Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm²)
 U = relación de poisson
 lf = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

Fuente: Consultoria Selva

Jorge Pezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

CAPACIDAD ADMISIBLE NETA CIMENTACION CUADRADA

- : PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
- : UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
- : TESISIA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
- : SONDEO : SPT 01
- : FECHA : 17 de Junio del 2020.

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 19,16 * N_{cor} * F_d \left[\frac{se}{2,54} \right]$$

$$F_d = 1 + 0,33(D_f/B) < 1,33$$

- N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
- B = ANCHO (m)
- Se = ASENTAMIENTO EN mm
- D_f = PROFUNDIDA DE CIMENTACION(m)
- q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | |
|--|---------------|--|
| PROF (m) | 10,00 - 10,45 | |
| N _{cor} | 30 | |
| B | 2 | |
| D _f | 10 | |
| F _d | 2,7 | |
| Se | 12 | |
| q _{adm} (neta) kn/m ² | 719,6 | |
| q _{adm} (neta) kg/cm ² | 7,20 | |

Fuente: Consultoria Selva

Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

MEYERHOF PARA 1 PULGADA DE ASENTAMIENTO ESTIMADO: PARA B < 1,22

$$q_{adm} (neta) = 7,99 * N_{cor}$$

- N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACION ESTÁNDAR CORREGIDA
- B = ANCHO (m)
- q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

| SONDEO | SPT - 01 | |
|--|---------------|--|
| PROF (m) | 10,00 - 10,45 | |
| N _{cor} | 30 | |
| B | 2 | |
| q _{adm} (neta) kn/m ² | 239,7 | |
| q _{adm} (neta) kg/cm ² | 2,40 | |

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Bolón - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

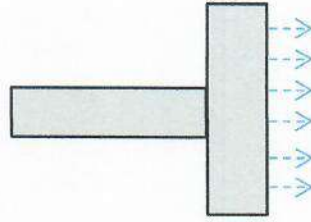
PROYECTO : DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
 UBICACIÓN : Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
 TESISTA : Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos.
 SONDEO : SPT 01
 FECHA : 17 de Junio del 2020.
 PROF. : 10.00 mts

Datos:

| | |
|-----|---------|
| qs= | 7.20 |
| B= | 2.00 |
| Es= | 3000.00 |
| If= | 82.00 |
| U= | 0.25 |

CALCULO DE ASENTAMIENTOS
 (CIMENTACION)

$$S = \frac{q_s \cdot B \cdot (1 + U^2) \cdot I_f}{E_s}$$



$$S = 0.37 \text{ cm}$$

Donde:
 S = asentamiento (cm)
 qs = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)
 B = ancho de cimentación (cm)
 Es = módulo de elasticidad (Kg/cm²)
 U = relación de poisson
 If = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

Jorge Fezo Davila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Fuente : Consultoría Selva

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



Jorge Pezo Davila
TECNICO OPERADOR DE LABORATORIO



Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298

ANEXO IV

Tablas y Figuras



Proyecto: CAJAMARCA-2020
 VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Tesista: Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
Ubicación: Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Fecha: 17 de Junio del 2020

Tabla N° 01: Propiedades físico - mecánicas de los suelos recolectados en el trabajo de campo.

| Caracterizaciones físicas | Penetración SPT 01 | | | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 | M - 05 | M - 06 |
| Nivel del agua subterránea | 1.00 - 2.00 | 2.00 - 3.50 | 3.50 - 5.00 | 5.00 - 7.00 | 7.00 - 9.00 | 9.00 - 9.45 |
| Muestra N° | 20.18 | 20.33 | 24.15 | 15.31 | 18.75 | 15.96 |
| Espesor de la muestra | 21.50 | 23.35 | 26.30 | 22.70 | 21.90 | 20.50 |
| Humedad natural (%) | 15.93 | 16.13 | 18.51 | 13.86 | 17.76 | 16.09 |
| Límite líquido (%) | 5.57 | 7.23 | 7.79 | 8.84 | 4.14 | 4.41 |
| Límite plástico (%) | 1.10 | 2.46 | 4.62 | 1.98 | 1.39 | 0.37 |
| Índice de plasticidad en la fracción fina | 12.15 | 13.82 | 16.47 | 13.23 | 12.51 | 11.25 |
| Índice de plasticidad en la línea "A" | 0.76 | 0.58 | 0.72 | 0.16 | 0.24 | -0.03 |
| Índice de plasticidad en la línea "U" | 0.24 | 0.42 | 0.28 | 0.84 | 0.76 | 1.03 |
| Índice de liquidez | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Índice de consistencia | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.19 | 89.56 | 95.17 |
| Clasificación expansiva | 92.64 | 95.01 | 84.53 | 82.41 | 77.70 | 81.58 |
| Porcentaje menor al tamiz N° 4 | 71.30 | 65.89 | 50.36 | 48.35 | 43.01 | 30.69 |
| Porcentaje menor al tamiz N° 40 | CL - ML | CL | CL | SC | SC-SM | SC-SM |
| Porcentaje menor al tamiz N° 200 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 2.1 | 2.1 | 2.1 |
| Clasificación SUCS | | | | | | |
| Peso específico de la masa del suelo (Ton/m³) | | | | | | |

Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 178298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaseelva@hotmail.com

Proyecto: DE FLUIDO
 VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

Tesista: Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos

Ubicación: Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.

Fecha: 17 de Junio del 2020

Tabla N° 02 Clasificación de los suelos expansivos.

| Contracción lineal (%) | Índice Plástico (%) | Límite líquido (%) | Límite de contracción (%) | Clasificación expansiva |
|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|
| 0 a 8 | < 18 | < 35 | > 14 | Bajo |
| 8 a 13 | 18 a 25 | 35 a 45 | 12 a 14 | Medio |
| 13 a 18 | 25 a 35 | 45 a 60 | 10 a 12 | Alto |
| > 18 | > 35 | > 60 | < 10 | Muy alto |

Tabla N° 03: Elementos químicos nocivos para la cimentación.

| Presencia en el suelo de | Partes por millón | Grado de alteración | Observación |
|--------------------------|-------------------|---------------------|--|
| Sulfatos | 0 - 1,000 | Leve | Ocasiona un leve ataque químico al concreto de la cimentación |
| | 1,000 - 2,000 | Moderado | |
| | 2,000 - 20,000 | Severo | |
| | > 20,000 | Muy severo | |
| Cloruros | > 6,000 | Perjudicial | Ocasiona problemas de corrosión en la armadura o elementos metálicos |
| Sales solubles totales | > 15,000 | Perjudicial | Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación |

Tabla N° 04: Valores de Ip (Bowles - 1,977).

| Forma de la zapata | | | Ip | | | Rígida |
|--------------------|-----|----|----------------------|---------|-------|--------|
| | | | Cimentación flexible | | | |
| Ubicación | | | Centro | Esquina | Medio | |
| Rectangular | L/B | 2 | 153 | 77 | 130 | 120 |
| | L/B | 5 | 210 | 105 | 183 | 170 |
| | L/B | 10 | 254 | 127 | 225 | 210 |
| Cuadrada | | | 112 | 56 | 95 | 82 |
| Circular | | | 100 | 64 | | |

Jorge Pezo Dávila
 TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

Proyecto: DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

Tesista: Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos

Ubicación: Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.

Fecha: 17 de Junio del 2020

Tabla N° 05: Valores de la relación de Poisson (Bowles - 1,977)

| Tipo de suelo | ν |
|-------------------|-------------|
| Arcilla: Saturada | 0.40 - 0.50 |
| No saturada | 0.10 - 0.30 |
| Arenosa | 0.20 - 0.30 |
| Limo | 0.30 - 0.35 |
| Arena: Densa | 0.20 - 0.40 |
| De grano grueso | 0.15 |
| De grano fino | 0.25 |
| Roca | 0.10 - 0.40 |
| Loess | 0.10 - 0.30 |
| Hielo | 0.30 |
| Concreto | 0.15 |

Tabla N° 06: Módulo de elasticidad del suelo (Bowles - 1,977)

| Tipo de suelo | Es (Ton/m ²) |
|----------------------|--------------------------|
| Arcilla: Muy blanda | 30 - 300 |
| Blanda | 200 - 400 |
| Media | 450 - 900 |
| Dura | 700 - 2,000 |
| Arcilla arenosa | 3,000 - 4,250 |
| Suelos glaciales | 1,000 - 16,000 |
| loess | 1,500 - 16,000 |
| Arena limosa | 500 - 2,000 |
| Arena: Suelta | 1,000 - 2,500 |
| Densa | 5,000 - 10,000 |
| Grava arenosa: Densa | 8,000 - 20,000 |
| Suelta | 5,000 - 14,000 |
| Arcilla esquistosa | 14,000 - 140,000 |
| Limos | 200 - 2,000 |


Jorge Pezo Dávila
TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO


Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179296



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales

Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

Proyecto: DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020
Tesisista: Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos
Ubicación: Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.
Fecha: 17 de Junio del 2020.

Tabla N° 08: Índice de Liquidez e Índice de Consistencia.

Índice de liquidez: Esta expresado de la siguiente manera

$$I.L = \frac{W_n - L.P}{I.P}$$

El parametro de suelo cohesivos equivalente a la densidad relativa de los suelos granulares es el indice de liquidez, el cual es igual a cero cuando el suelo esta en el limite plástico; si es negativo esta en el rango so lido, si el indice esta entre cero y uno, el suelo está en el rango plástico

En general el índice de liquidez es una medida excelente de la consistencia de los suelos; si su valor es cercano a cero, se considera que el suelo esta pre consolidado y si es cercano a uno se le considera entonces como normalmente consolidado.

Índice de Consistencia relativa: Esta expresado de la siguiente manera

$$C.R = \frac{L.L - W_n}{I.P}$$

La propiedad indice mas importante de los materiales finos es estado natural es la consistencia, la misma que se expresa cualitativamente con términos como blando, medio, firme. Cualitativamente, la consistencia de un suelo cohesivo inalterado puede expresarse en función de su resistencia a la compresión.

En general, el esfuerzo de corte de los suelos crece que su Consistencia Relativa varia de 0 a 1. Un valor de C.R de 0.00 a 0.25 indica un suelo muy suave de 0.25 a 0.50, suave, de 0.50 a 0.75, consistencia media, y de 0.75 a 100 consistencia rígida.

Identificación de suelos de naturaleza orgánica: Esta expresado de la siguiente manera

$$< 0.75 = \frac{L.L - \text{muestra secada al horno}}{L.L - \text{muestra secada al sol}}$$

Olor

Los suelos orgánicos tienen por lo general un olor distintivo, que puede usarse para identificación; el olor es particularmente intenso si el suelo esta húmedo, y disminuye con la exposición al aire, aumentando, por el contrario, con el calentamiento de la muestra

Color

En exploraciones de campo el color del suelo suele ser un dato útil para identificar los diferentes estratos y para identificar tipos de suelo, cuando se posea experiencia local, en general, existen también algunos criterios relativo al color; por ejemplo, el color negro y otros tonos oscuros suelen ser indicativos de presencia de materia orgánica coloidal. Los colores claros y brillantes son propios, mas bien, de suelos inorgánicos


Jorge Pezo Dávila
TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO


Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
 Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5 190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
 Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

Proyecto:

DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

Tesisista:

Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos

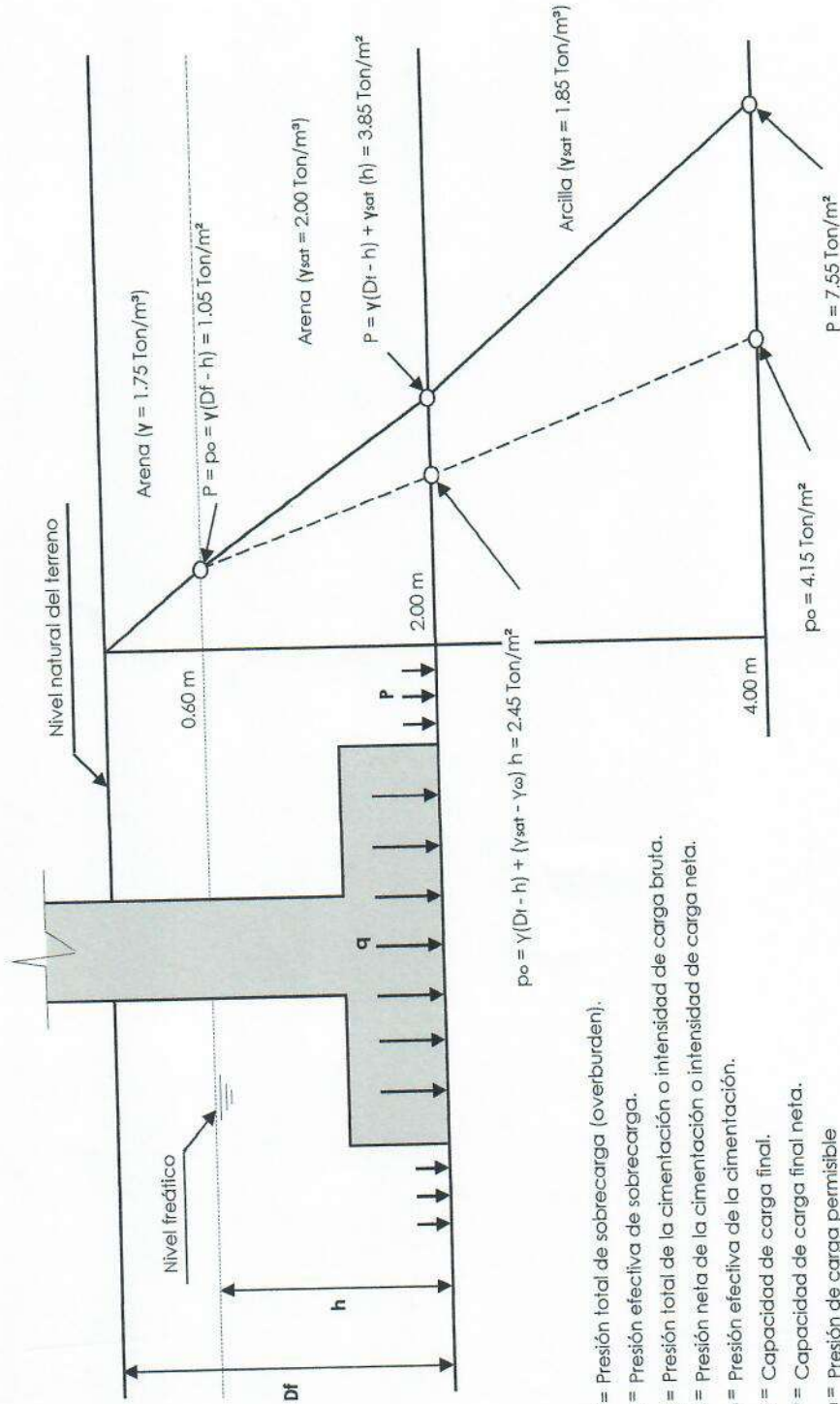
Ubicación:

Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.

Fecha:

17 de Junio del 2020

Jorge Pezo Dávila
 INGENIERO CIVIL



P = Presión total de sobrecarga (overburden).

p_o = Presión efectiva de sobrecarga.

q = Presión total de la cimentación o intensidad de carga bruta.

q_n = Presión neta de la cimentación o intensidad de carga neta.

q_{nf} = Presión efectiva de la cimentación.

q_f = Capacidad de carga final.

q_{nf} = Capacidad de carga final neta.

q_p = Presión de carga permisible

Figura N° 01: Ejemplo para calcular la presión total y efectiva de sobrecarga (overburden).

Tomado de: M. J. Tomlinson "Cimentaciones. Diseño y construcción".

Carlos A. Arévalo Ayachi
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 179298



CONSULTORÍA SELVA

Consultores en Ingeniería Geotécnica y Ensayo de Materiales
Pasaje Sargento Tejada lote 36-A Mz.5 190 Barrio Belén - Distrito y Provincia de Moyobamba - Región San Martín
Celular : 942623907 E - mail : consultoriaselva@hotmail.com

Proyecto: DISEÑO POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO AFORTIFICADO DE 7 NIVELES CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA CIUDAD DE NUEVA CAJAMARCA-2020

Tesis: Bach. PÉREZ JULCA, Juan Carlos

Ubicación: Distrito de Nueva Cajamarca, Provincia de Rioja, San Martín, Perú.

Fecha: 17 de Junio del 2020


Jorge Pezo Dávila
INGENIERO CIVIL


Carlos A. Arevalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298

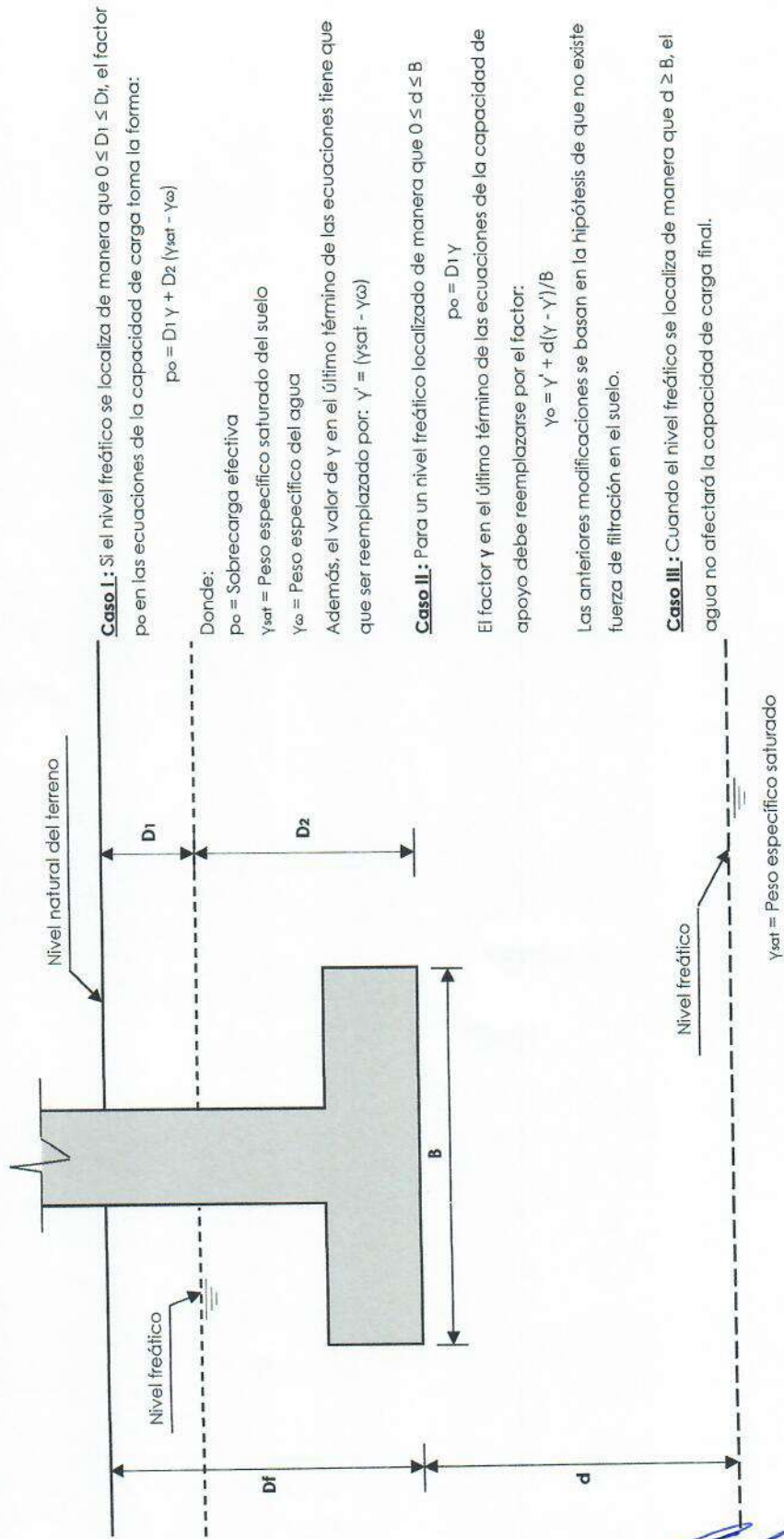


Figura N° 02: Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por el nivel freático.
Tomado de: Braja M. Das "Principios de Ingeniería de Cimentaciones".



Jorge Pezo Dávila
TÉCNICO OPERADOR DE LABORATORIO



Carlos A. Arévalo Ayachi
INGENIERO CIVIL
CIP N° 179298

ANEXO V

Plano de Ubicación de SPT 01

ILUSTRACIÓN A ELECCIÓN DE COLUMNAS

Dimensionamiento Basado en Criterios de Rigidez

La Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, formula el criterio de control de la estructura basado en la distorsión del entrepiso, cuyo parámetro en estructuras de concreto armado es del 0,007, valor que nos servirá para hacer las siguientes evaluaciones:

- Caso I: Análisis de derivas considerando columnas de 0,60 . 0,60

Imagen 1: Planta de la estructura con columnas de 0,60 . 0,60

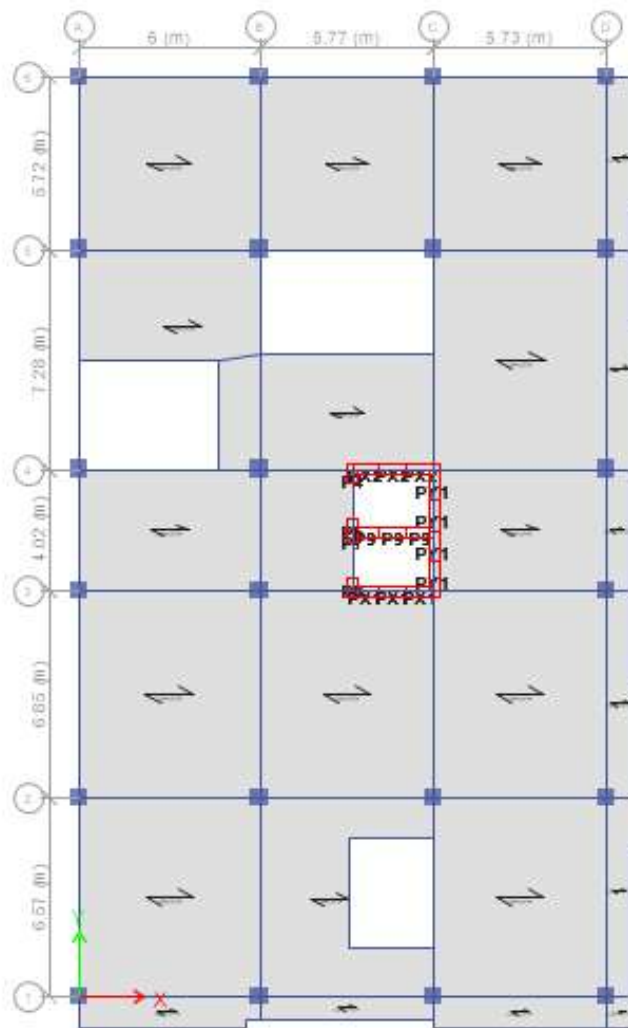


Imagen 2: Máximas derivas con columnas de 0,60 . 0,60, con sismo estático en la dirección X

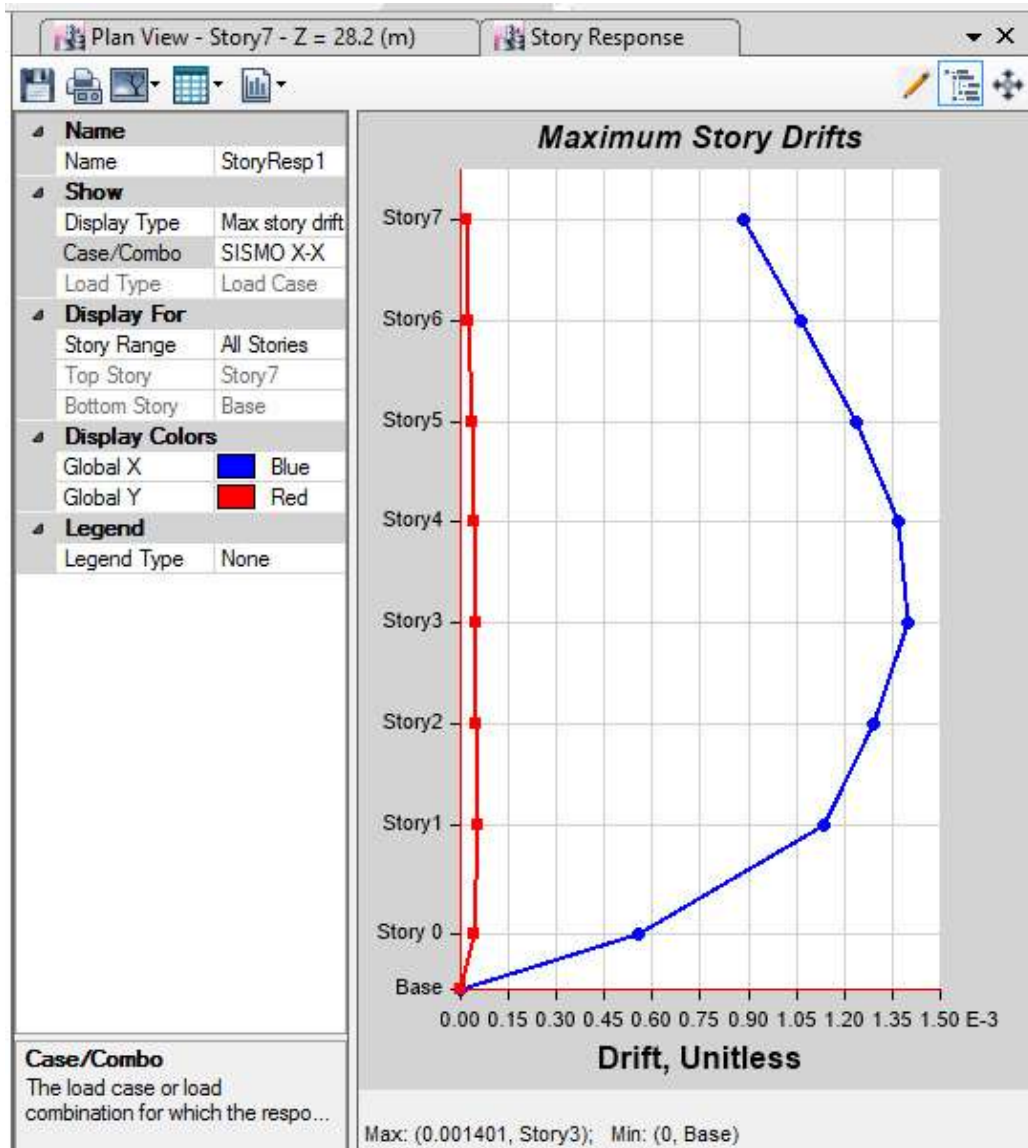
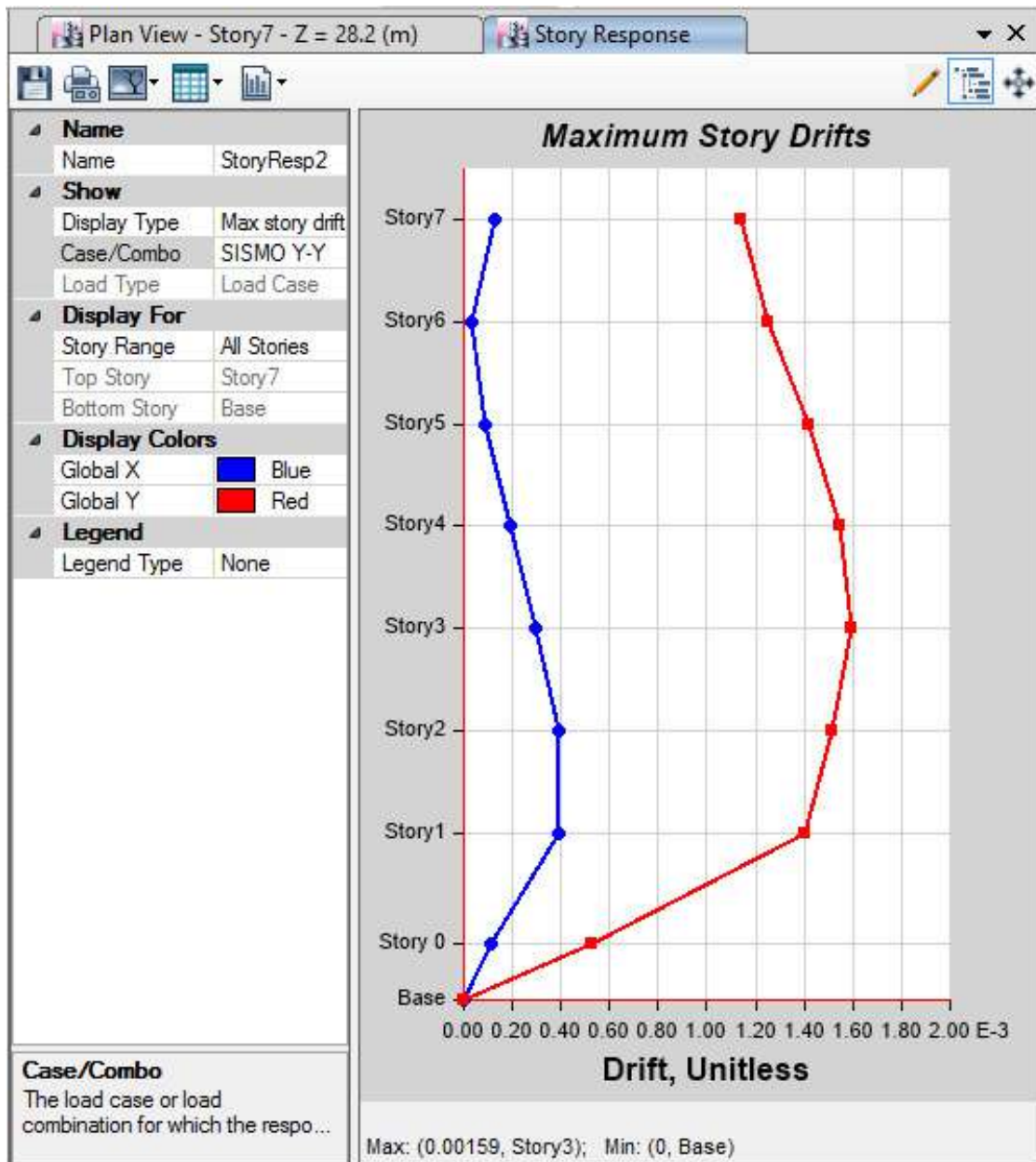


Imagen 3: Máximas derivas con columnas de 0,60 . 0,60, con sismo estático en la dirección Y



De las imágenes 2 y 3, se observan que las derivas elásticas máximas son 0,0014 y 0,0016 respectivamente; luego, calculando las derivas inelásticas, se hará el control que no exceda el valor de 0,007.

$$D_x = 0,0014 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,0074$$

$$D_y = 0,0016 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,0083$$

∴ Se observan que las derivas están superando el parámetro del 0,007.

- Caso II: Análisis de derivas considerando columnas de 0,60 . 0,60 y columnas en L.

Imagen 4: Planta de la estructura con columnas de 0,60 . 0,60 y columnas en L

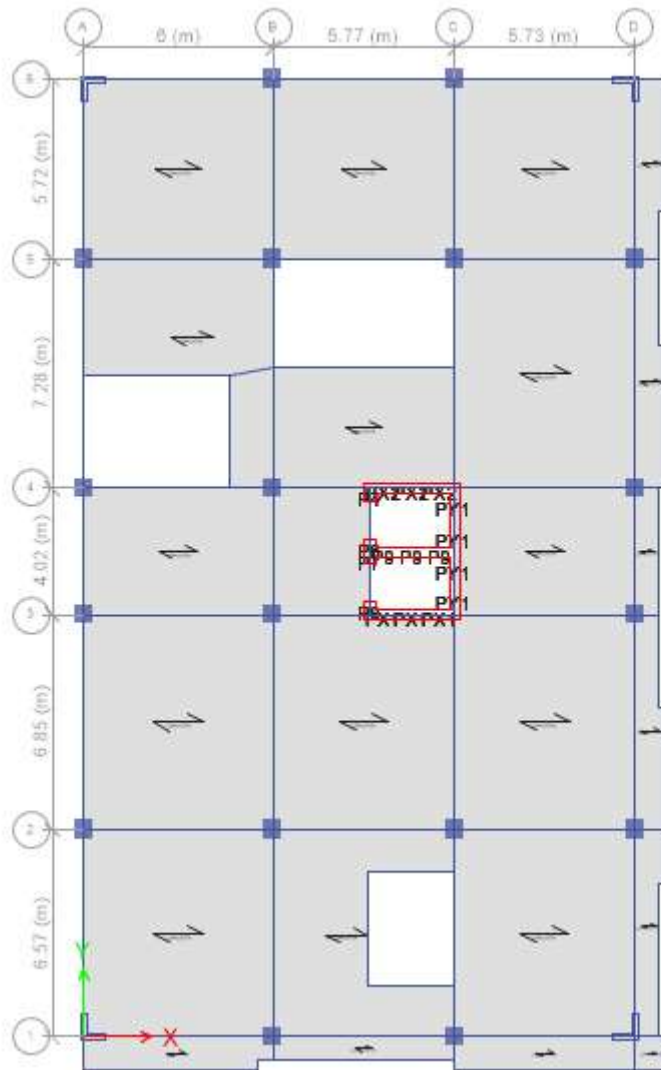


Imagen 5: Máximas derivas con columnas de 0,60 . 0,60 y columnas en L, considerando sismo estático en la dirección X

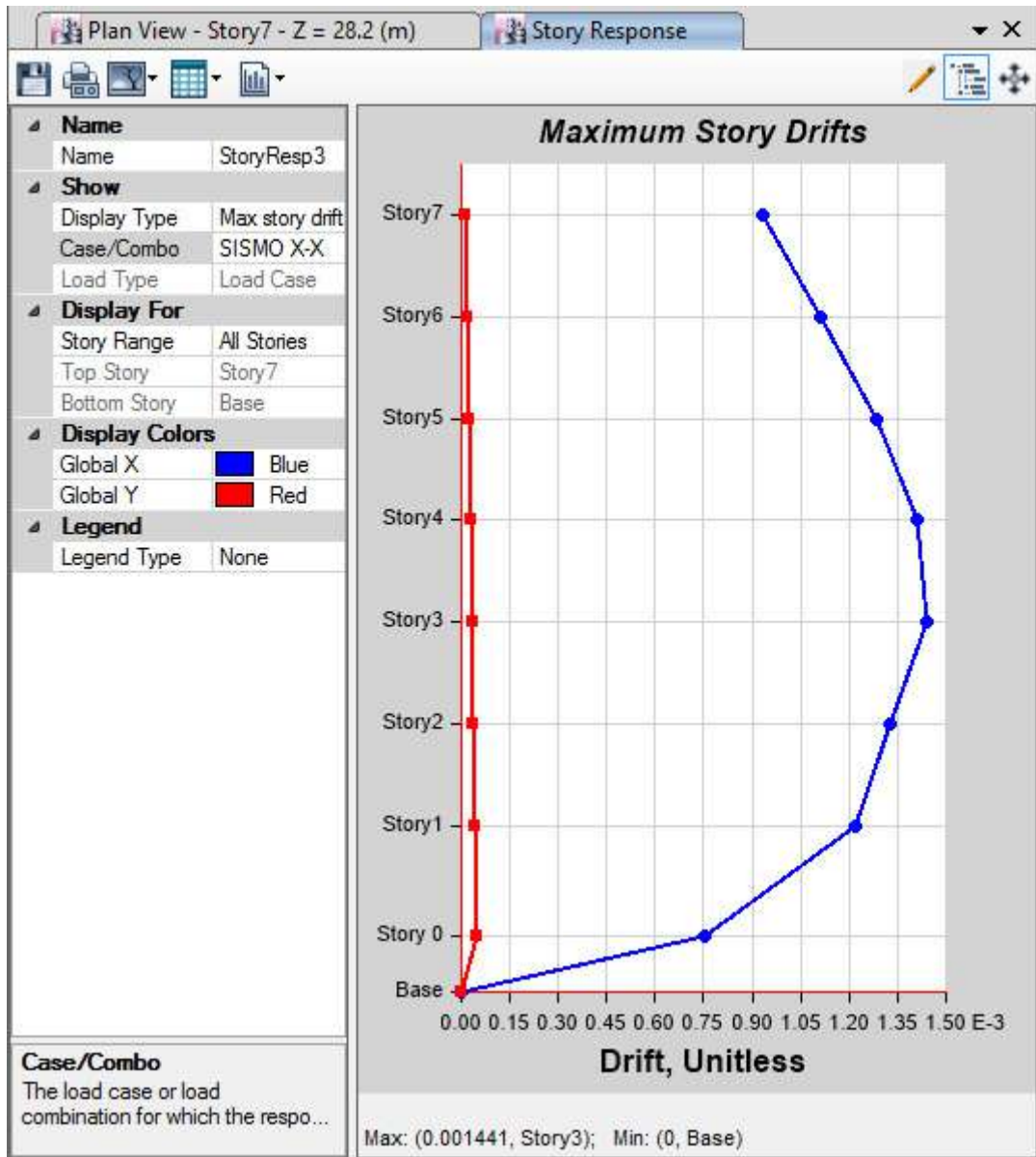
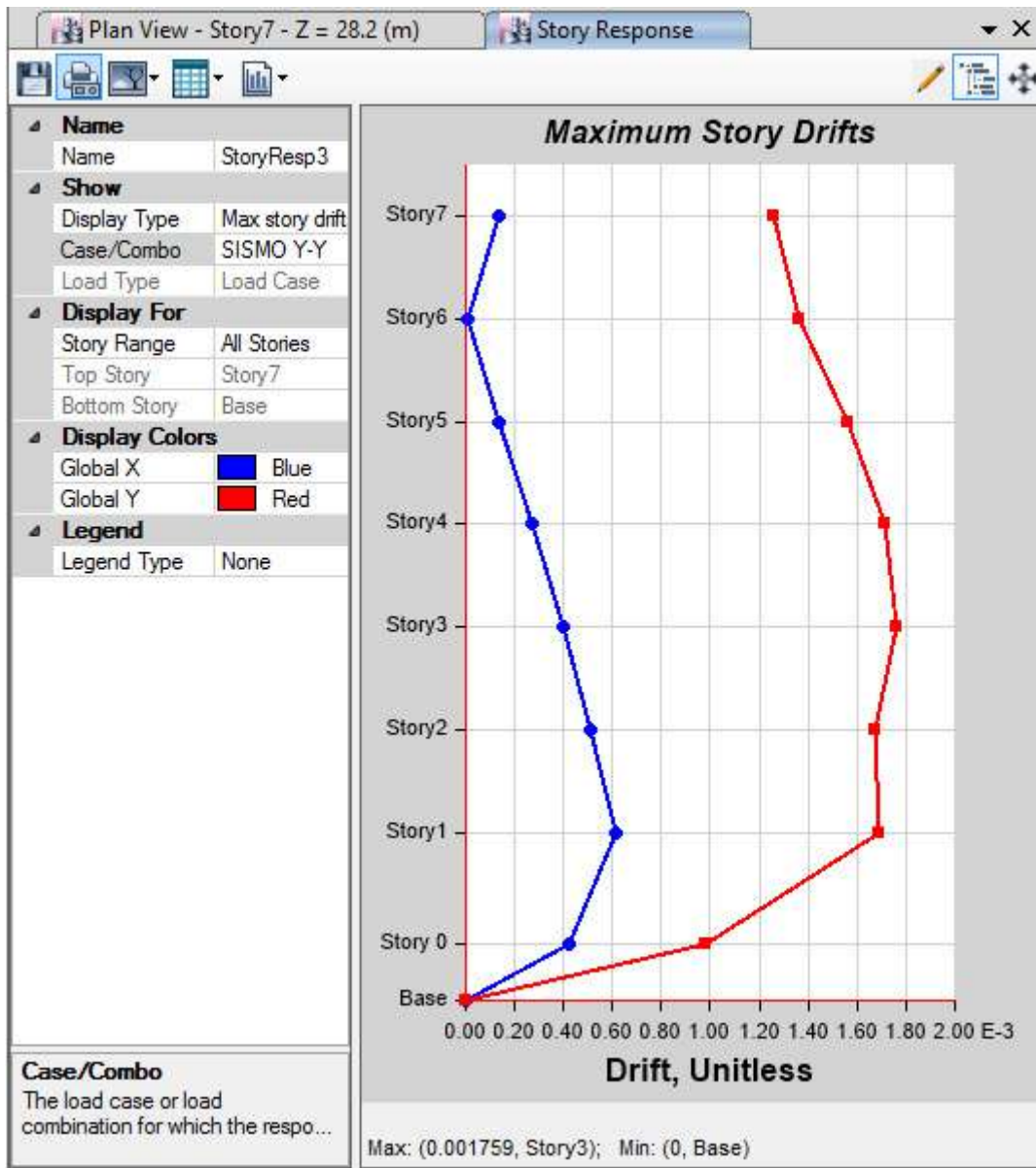


Imagen 6: Máximas derivas con columnas de 0,60 . 0,60 y columnas en L, considerando sismo estático en la dirección Y



De las imágenes 5 y 6, se observan que las derivas elásticas máximas son 0,0014 y 0,0018 respectivamente; luego, calculando las derivas inelásticas, se hará el control que no exceda el valor de 0,007.

$$D_x = 0,0014 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,007$$

$$D_y = 0,0018 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,009$$

∴ Se observan que las derivas están superando el parámetro del 0,007.

- Caso III: Análisis de derivas considerando columnas de 1,20 . 0,70

Imagen 7: Planta de la estructura con columnas de 1,20 . 0,70

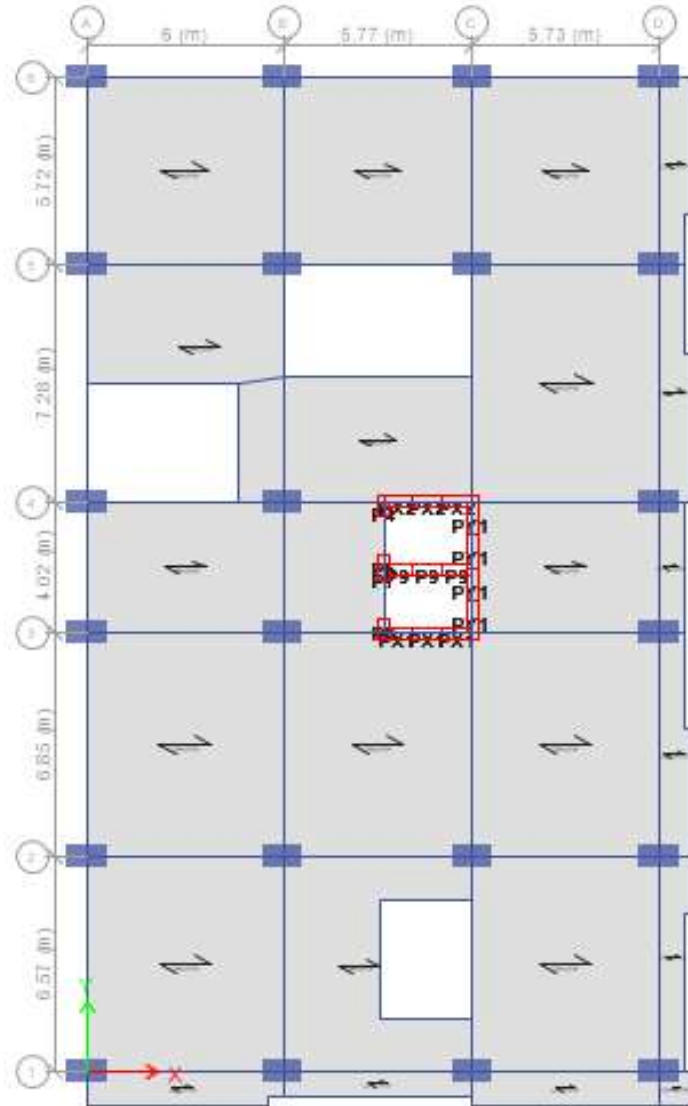


Imagen 8: Máximas derivas con columnas de 1, 20 . 0, 70, considerando sismo estático en la dirección X

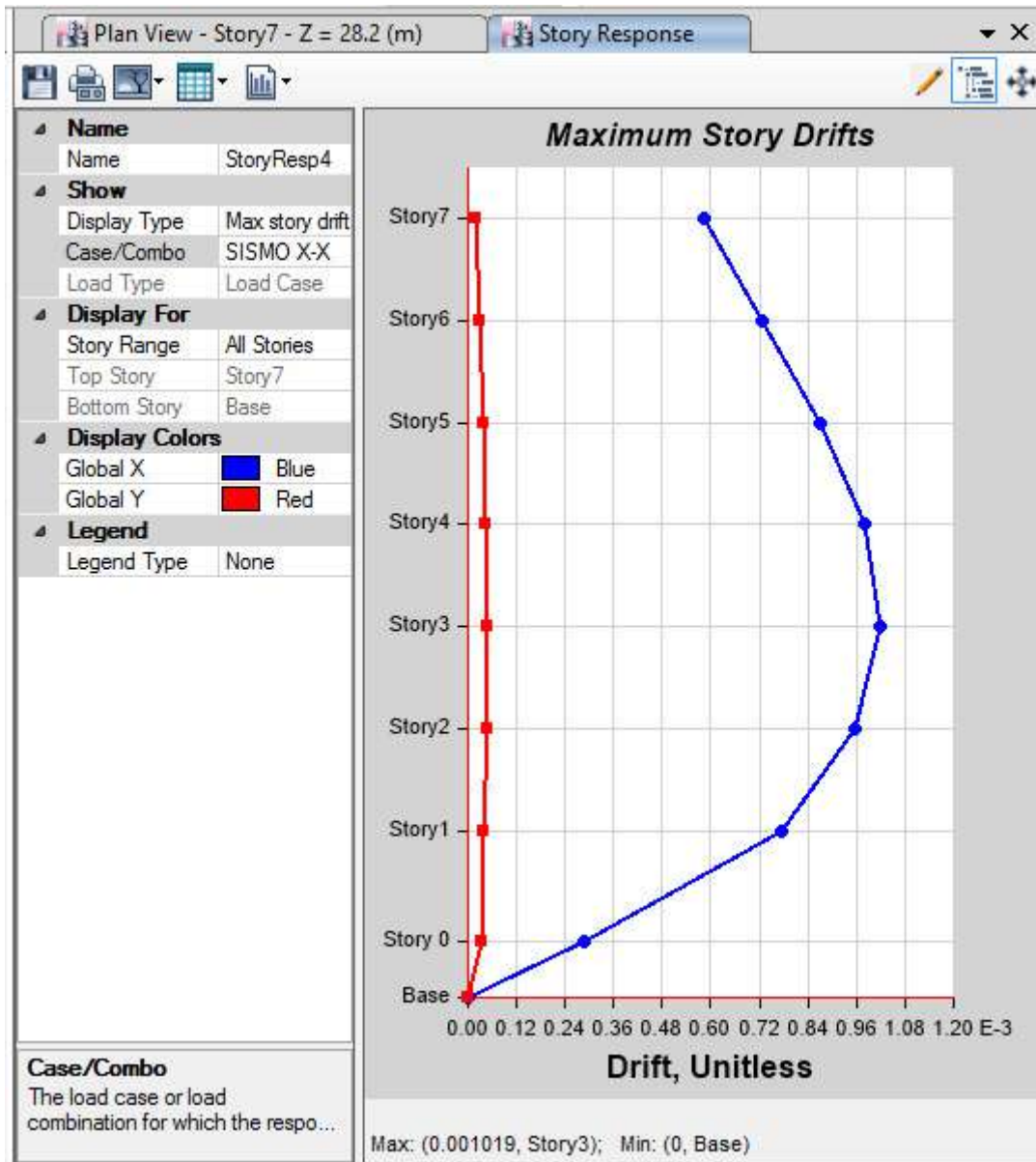
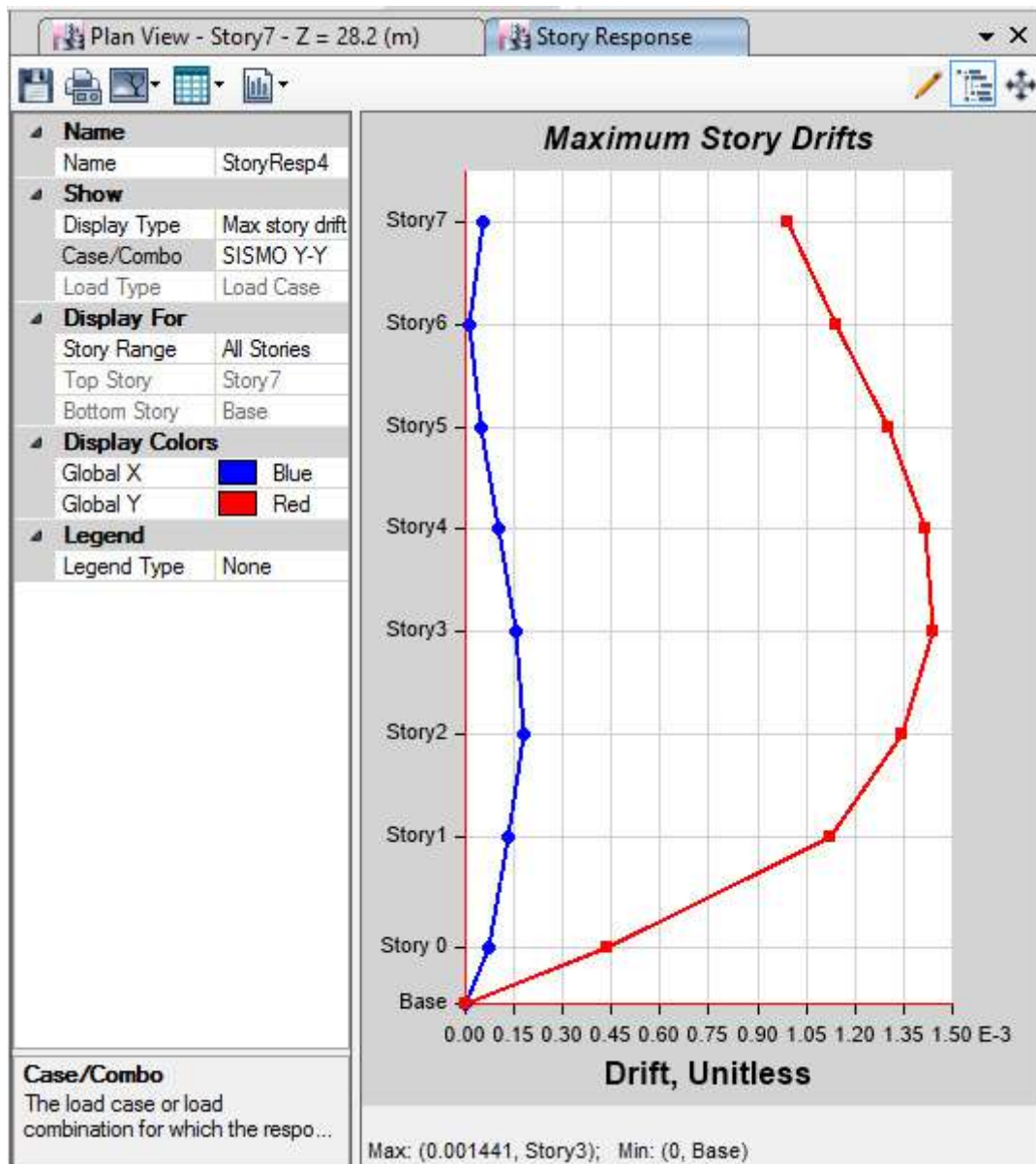


Imagen 9: Máximas derivas con columnas de 1,20 . 0,70, considerando sismo estático en la dirección Y



De las imágenes 8 y 9, se observan que las derivas elásticas máximas son 0,0010 y 0,0014 respectivamente; luego, calculando las derivas inelásticas, se hará el control que no exceda el valor de 0.007.

$$D_x = 0,0010 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,005$$

$$D_y = 0,0014 \cdot 0,75 \cdot 7 = 0,007$$

∴ Se observan que la deriva en X está dentro del rango solicitado y la deriva en Y está al borde del límite 0,007, pero su excedencia no es relevante, razón por la cual se elegirá este tipo de columna para el análisis y desarrollo de la presente tesis.

ANEXO- SOBRE EL CÁLCULO DEL ANÁLISIS FINANCIERO

Calendarización de Ingresos Diarios por tipo de Habitación en un escenario Positivo

| | | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 | SUB TOTAL | TOTAL |
|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|-------|
| SIMPLES | S/. | 90 | 90 | | | | | 90 | 90 | 90 | 90 | | |
| | S/. | | | | | | | | | | | | |
| | S/. | | | | | | | | | | | | |
| | | 90 | 90 | | | | | | | | | 1710 | 30780 |
| | | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 | SUB TOTAL | TOTAL |
| DOBLES | S/. | 120 | | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | | | 120 | | |
| | S/. | | | | | | | | | | | | |
| | S/. | | | | | | | | | | | | |
| | | 120 | 120 | | 120 | | | 120 | 120 | 120 | 120 | 2400 | 28800 |
| | | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 | SUB TOTAL | TOTAL |
| SUITS | S/. | 350 | 350 | | 350 | 350 | | | | 350 | 350 | | |
| | S/. | | | | | | | | | | | | |
| | S/. | | | | | | | | | | | | |
| | | 350 | 350 | | | | 350 | 350 | 350 | | | 5600 | 67200 |

- ✓ Se realizó la calendarización de ingresos diarios por alquiler de cada habitación según su tipo y así conocer el estimado de los ingresos mensuales que generaría si invertimos en disipadores de fluido viscoso.

INGRESO (S/.) MENSUAL POR ALQUILER DE HABITACIONES

| AMBIENTES | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | MES 8 | MES 9 | MES 10 | MES 11 | MES 12 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| CANT HABITACIONES | | | | | | | | | | | | |
| 18 SIMPLES | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 | 30780 |
| 12 DOBLES | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 | 28800 |
| 12 SUIT | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 | 67200 |
| TOTAL | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 | 126780 |

- ✓ El ingreso mensual está referido a un escenario positivo, que para la aplicación de análisis costo/beneficio se está aplicando un mismo ingreso mensual (se ha uniformizado costos para fines de análisis).