



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en Chorrillos.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Cordova Vega, Vladimir Alexander

ORCID: 0000-0003-3670-6008

Merino Garcia, Martin Alonso

ORCID: 0000-0002-7528-5982

ASESOR

Gárate Cáceres, Francisco Héctor

ORCID: 0000-0003-0413-3399

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de los autores

Cordova Vega, Vladimir Alexander

DNI: 73033920

Merino Garcia, Martin Alonso

DNI: 48317885

Datos de asesor

Gárate Cáceres, Francisco Héctor

DNI: 07640930

ORCID: 0000-0003-0413-3399

Datos del jurado

JURADO 1

Carmenates Hernandez, Dayma Sadami

DNI: 002944620

ORCID: 0000-0001-5482-7562

JURADO 2

López Silva, Maiquel

DNI: 002946058

ORCID: 0000-0002-0946-6160

JURADO 3

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres y abuelos por haberme inculcado valores y por apoyarme de manera incondicional, a mi familia por brindarme apoyo y conocimientos a lo largo de mi vida.

(Cordova Vega Vladimir Alexander)

Esta tesis está dedicada a mi madre y abuela; quienes, en conjunto, han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en cada etapa del proceso del desarrollo de esta carrera.

(Merino Garcia Martin Alonso)

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra alma mater, por habernos forjado y brindado de conocimientos de esta bonita carrera, a nuestra metodóloga la Dr. Dayma Carmenates, y a nuestro asesor Mg. Gárate Francisco por apoyarnos y guiarnos en el desarrollo de la tesis, al Gerente General de la empresa MALECON SUR S.A.C. Javier Navarro de Vivanco y al Ingeniero Luis Bozzo quienes nos apoyaron con la información necesaria para realizar la tesis.

(Vladimir Cordova y Martin Merino)

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUCCIÓN	III
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción y formulación del problema.....	1
1.2 Objetivo general y específico.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática	2
1.3.1 Delimitación Temporal	2
1.3.2 Delimitación espacial.....	2
1.3.3 Delimitación temática	3
1.4 Justificación e importancia.....	3
1.4.1 Justificación teórica	3
1.4.2 Justificación práctica	3
1.4.3 Justificación Social	4
1.4.4 Importancia	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Investigaciones internacionales	5
2.1.2 Investigaciones nacionales.....	7
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	11
2.2.1 Diseño sismorresistente	11
2.2.2 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes	12
2.2.3 Análisis Dinámico Modal Espectral	13
2.2.4 Espectros de diseño.....	15
2.2.5 Disipadores de energía.....	16
2.2.6 Disipador Shear Link Bozzo SLB	18
2.2.7 Modelo con un grado de libertad	28
2.2.8 Análisis no lineal tiempo historia	28
2.3 Definición de términos básicos	30

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	32
3.1 Hipótesis.....	32
3.1.1 Hipótesis principal	32
3.1.2 Hipótesis secundaria	32
3.2 Variables	32
3.2.1 Definición conceptual de las variables	32
3.2.2 Operacionalización de las variables.....	33
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	34
4.1 Tipo y nivel de la investigación	34
4.1.1. Tipo.....	34
4.1.2. Nivel	34
4.2 Diseño de investigación	35
4.3. Población y muestra	35
4.3.1 Población	35
4.3.2 Muestra	35
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	36
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	36
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos	37
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	38
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
5.1 Modelado de la edificación en ETABS.....	39
5.1.1 Definición de material	39
5.1.2 Definición de secciones	39
5.1.3 Asignación de cargas	40
5.1.4 Asignación de parámetros.....	40
5.2 Análisis Estático.....	41
5.2.1 Verificación de Derivas	41
5.2.2 Verificación de Fuerza Cortante en la Base.....	41
5.3 Análisis Dinámico.....	42
5.3.1 Aceleración Espectral	42
5.3.2 Verificación de Derivas	42

5.3.3 Verificación de Cortante Sísmica Dinámica.....	45
5.3.4 Verificación de Periodos de vibración.....	45
5.4 Análisis de Resultados sin Disipador.....	46
5.4.1 Derivas sin disipador SLB	46
5.4.2 Fuerzas Cortantes.....	48
5.5 Pre dimensionamiento de disipadores.....	49
5.5.1 Ubicación de los disipadores	49
5.5.2 Iteración Directa	51
5.5.3 Iteración Inversa	52
5.5.4 Registros Sísmicos Implementados	52
5.6 Análisis de Resultados con Disipador.....	57
5.6.1 Derivas con “SLB”	57
5.6.2 Análisis de fuerzas sísmicas con SLB	59
5.6.3 Análisis de Periodos de vibración.....	59
5.6.4 Análisis de Histéresis.....	60
5.6.5 Análisis de Disipación de Energía.....	62
5.7 Presentación de Resultados.....	64
5.7.1 Análisis de Derivas con y sin “SLB”.....	64
5.7.2 Análisis de periodos con y sin “SLB”.	67
5.7.3 Análisis de disipación de energía con y sin “SLB”.	68
5.7.4 Análisis de fuerza cortante con y sin “SLB”.	68
5.7.5 Análisis de aceleraciones con y sin “SLB”.....	72
5.8 Contratación de Hipótesis	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	78
ANEXOS.....	80
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	80
Anexo 2: Matriz de Variables.....	81
Anexo 3: Cronograma de Actividades.....	82
Anexo 4: Tabla de Presupuestos.....	83
Anexo 5: Tabla de Iteración Directa.....	84

Anexo 6: Tabla de Iteración Indirecta (a).....	85
Anexo 7: Tabla de Iteración Indirecta (b).....	86
Anexo 8: Tabla de Propiedades de dispositivos SLB, Acero ASTM A36 (Fy=2530kg/cm2)	87
Anexo 9: Plano Estructural Especificaciones Técnicas.....	88
Anexo 10: Plano Estructural de Placas E02.....	89
Anexo 11: Plano Estructural de Placas E03.....	90
Anexo 12: Plano Estructural de Secciones E04.....	91
Anexo 13: Plano Estructural de Secciones E05.....	92
Anexo 14: Plano Estructural de Secciones y escaleras E06	93
Anexo 15: Plano Estructural Encofrado Semisótano.....	94
Anexo 16: Plano Estructural Encofrado 1° a 5° piso.....	95
Anexo 17: Plano Estructural Encofrado Sexto Piso y Azotea.....	96
Anexo 18: Plano Estructural de Vigas.....	97
Anexo 19: Plano de Arquitectura Planta Semisótano.....	98
Anexo 20: Plano de Arquitectura Planta Primer Piso.....	99
Anexo 21: Plano de Arquitectura Planta Segundo a quinto Piso.....	100
Anexo 22: Plano de Arquitectura Planta Sexto Piso	101
Anexo 23: Plano de Arquitectura Planta Techo	102
Anexo 24: Solicitud a Empresa MALECON SUR S.A.C.....	103
Anexo 25: Solicitud a Ingeniero Estructural	104
Anexo 26: Solicitud al Ing. Luis Bozzo para aplicación de plugin	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de zona Z	12
Tabla 2: Factores de suelo "S"	13
Tabla 3: Periodos "TP" Y "TL"	13
Tabla 4: Proyectos con Disipadores Tipo Shear Link Bozzo SLB	22
Tabla 5: Secciones de Vigas.....	39
Tabla 6: Resumen de las condiciones de cimentación	40
Tabla 7: Deriva elástica en la dirección X	41
Tabla 8: Deriva elástica en la dirección Y.....	41
Tabla 9: Deriva inelástica en la dirección X	43
Tabla 10: Deriva inelástica en la dirección Y	44
Tabla 11: Cortante estático y dinámico.....	45
Tabla 12: Cortante corregido	45
Tabla 13: Periodos de vibración sin disipador	45
Tabla 14: Verificación de derivas de la estructura sin disipador "SLB" EJE X.....	46
Tabla 15: Verificación de derivas de la estructura sin disipador "SLB" EJE Y.....	47
Tabla 16: Fuerza cortante en eje X sin disipador SLB	48
Tabla 17: Fuerza cortante en eje Y sin disipador SLB.....	48
Tabla 18: Registros Sísmicos utilizados	52
Tabla 19: Fuerzas Cortantes - Dirección X sin SLB	56
Tabla 20: Fuerzas Cortantes - Dirección Y (TON) sin SLB	57
Tabla 21: Deriva inelástica con SLB en eje X (TON)	57
Tabla 22: Deriva inelástica con SLB en eje Y	58
Tabla 23: Fuerzas cortantes en dirección X (TON)	59
Tabla 24: Fuerzas cortantes en dirección Y (TON)	59
Tabla 25: Periodo fundamental con SLB	59
Tabla26 Reducción de Derivas en Dirección X.....	65
Tabla27 Reducción de Derivas en Dirección Y	66
Tabla 28: Análisis de periodos.....	67
Tabla 29: Disipación de Energía.....	68
Tabla 30: Reducción de Cortante Sísmica en X (TON)	70
Tabla 31: Reducción de Cortante Sísmica en Y (TON).....	72

Tabla 32: Variación de aceleraciones en porcentaje para cada registro sísmico en la dirección X.....	72
Tabla 33: Variación de aceleraciones en porcentaje para cada registro sísmico en la dirección Y.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del edificio Solar	3
Figura 2: Espectro elástico de respuesta, en términos de aceleración, correspondiente al terremoto de Turquía, 17/8/1999, registro YPT.	15
Figura 3: Espectro de diseño considerado por las especificaciones ASCE/SEI 7-16.	16
Figura 4: Ciclo de histéresis: Comportamiento lineal y no lineal.....	17
Figura 5: Relación fuerza desplazamientos en: (a) Dispositivos de fricción (b) Dispositivo de rendimiento de acero (c) Dispositivo viscoelástico (d) Dispositivo viscoso.....	18
Figura 6: Aplicación clásica con diagonales metálicas (imagen izquierda) y aplicación propuesta mediante muros desacoplados (imagen derecha)	19
Figura 7: Evolución de los dispositivos “SLB” en el tiempo.....	20
Figura 8: Fotografía ensayo ISMES y curva histerética resultante	20
Figura 9: Geometría de Disipador SLB	20
Figura 10: Curva Histerética de un ensayo disipador “SLB” de 3ra generación.	21
Figura 11: Curva Histerética de ensayo Disipador “SLB” de 4ta generación.....	21
Figura 12: Dispositivo “SLB” como conexión “NLINK”	24
Figura 13: Propiedades del disipador asignadas a todos los elementos “LINKS” en “ETABS”.	24
Figura 14: Envolvente de fuerza cortante en los elementos “LINKS”.	25
Figura 15: Modos de falla de anclajes	30
Figura 16: Análisis estático y dinámico del modelo sin SLB.....	37
Figura 17: Análisis dinámico y tiempo historia no lineal con SLB.....	38
Figura 18: Función de espectro de respuesta en ETABS.....	42
Figura 19: Grafica de deriva inelástica en el eje x.....	43
Figura 20: Grafica de deriva inelástica en el eje x.....	44
Figura 21: Deriva de entrepiso de la edificación en eje X sin disipador	46
Figura 22: Deriva de entrepiso de la edificación en eje Y sin disipador	47
Figura 23: Ubicación de pórtico en planta estructural zona de estacionamiento.....	49
Figura 24: Ubicación pórtico en planta arquitectónica en piso típico	50
Figura 25: Ubicación de placas en planta por modificar	50
Figura 26: Vista en elevación de pórticos eje 5-5.....	51
Figura 27: Iteración Directa	51

Figura 28: Iteración Indirecta	52
Figura 29: Sismo Ica 2007 E-W	53
Figura 30: Sismo Ica 2007 N-S.....	53
Figura 31: Sismo Lima 1970 E-W.....	54
Figura 32: Sismo Lima 1970 N-S.	54
Figura 33: Sismo Lima 1974 E-W.....	55
Figura 34: Sismo Lima 1974 N-S.	55
Figura 35: Espectro de aceleración para escalar acelerogramas.	56
Figura 36: límite de derivas inelásticas con SLB en eje X.	57
Figura 37: Límite de derivas inelásticas con SLB en eje Y.....	58
Figura 38: Ubicación de dispositivo analizado	60
Figura 39: Curva Histerética del disipador SLB 3 30 _ 7 en el sismo de 1970 N-S.	60
Figura 40: Curva Histerética del disipador SLB 3 30 _ 7 en el sismo de 1974 N-S.	61
Figura 41: Curva Histerética del disipador SLB 3 30 _ 7 en el sismo de 2007 N-S.	62
Figura 42: Análisis de Disipación de Energía frente al sismo de 1970 N-S.....	62
Figura 43: Análisis de Disipación de Energía frente al sismo de 1974 N-S.....	63
Figura 44: Análisis de Disipación de Energía frente al sismo de 2007 N-S.....	63
Figura 45: Derivas Inelásticas con y sin SLB en X.	64
Figura 46: Derivas Inelásticas con y sin SLB en Y.....	65
Figura 47: Derivas de Entrepiso de registros sísmicos con y sin SLB en X.....	66
Figura 48: Derivas de Entrepiso de registros sísmicos con y sin SLB en Y.....	67
Figura 49: Fuerza Cortante en placa PL-1 en X eje 3-3.	68
Figura 50: Fuerza Cortante en placa PL-11 en X eje 4-4.....	69
Figura 51: Fuerza Cortante en placa PL-8 en X eje 6-6.	69
Figura 52: Fuerza Cortante 1970 N-S con y sin “SLB”.	70
Figura 53: Fuerza Cortante 1974 N-S con y sin “SLB”.	71
Figura 54: Fuerza Cortante 1974 N-S con y sin “SLB”.	71
Figura 55: Aceleraciones de entrepiso en dirección X.....	73
Figura 56: Aceleraciones de entrepiso en dirección Y.....	73

RESUMEN

La presente tesis titulada “Análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores “SLB” SHEAR LINK BOZZO en Chorrillos”, tuvo como objetivo comparar el comportamiento sísmico de una edificación con y sin disipadores. Se consiguieron resultados positivos a causa de un análisis tiempo historia aplicando acelerogramas y el uso de programas computacionales como ETABS V18 y plugin Dissipa SLBV23.

La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y explicativo no experimental con diseño transversal ya que se analizó una mejora en el desempeño sísmico de la estructura utilizando disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo (SLB) como sistema de protección de desastres ante un sismo severo.

Se realizó un análisis estático, dinámico y tiempo historia donde se utilizaron tres pares de acelerogramas de los sismos de 1970,1974 y 2007, ubicando los muros desacoplados en los ejes 2-2 y 6-6 para su iteración directa e indirecta con lo que se obtuvo derivas de entrepiso en la dirección X e Y con y sin SLB menores a 0.007, reduciendo los desplazamientos de entrepiso en los niveles 4 y 5 en el eje X y en su totalidad en el eje Y, disipación de energía compartida entre la estructura y los disipadores SLB3_40 7 con un 20 % promedio de disipación en el eje X, y una continuidad operacional del dispositivo frente a las fuerzas sísmicas según la histéresis, logrando desplazarse un máximo de 8.54mm estando dentro de los 30mm de capacidad

Palabras Clave: Estático, dinámico, tiempo historia, acelerogramas, derivas, energía, iteración, SLB, histéresis, disipadores, ETABS, sismos, capacidad, dispositivos.

ABSTRACT

This thesis entitled "Analysis of the structural behavior of a 7-story building reinforced with "SLB" SHEAR LINK BOZZO dissipators in Chorrillos", aimed to compare the seismic behavior of a building with and without dissipators. Positive results were obtained due to a time history analysis applying accelerograms and the use of computer programs such as ETABS V18 and Dissipa SLBV23 plugin.

The methodology was of an applied type, with a quantitative approach, at a non-experimental descriptive and explanatory level with a cross-sectional design, since an improvement in the seismic performance of the structure was analyzed using Shear Link Bozzo (SLB) type hysteretic dissipators as a disaster protection system. in the face of a severe earthquake.

A static, dynamic and time history analysis was carried out where three pairs of accelerograms of the earthquakes of 1970, 1974 and 2007 were used, locating the decoupled walls in axes 2-2 and 6-6 for their direct and indirect iteration with which interstory drifts were obtained in the X and Y direction with and without SLB less than 0.007, reducing the interstory displacements in levels 4 and 5 in the X axis and in its entirety in the Y axis, shared energy dissipation between the structure and the SLB3_40 7 heatsinks with an average 20% dissipation in the X axis, and an operational continuity of the device against seismic forces according to hysteresis, managing to move a maximum of 8.54mm while being within 30mm of capacity

Keywords: Static, dynamic, history time, accelerograms, drifts, energy, iteration, SLB, hysteresis, dissipators, ETABS, earthquakes, capacity, devices.

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe mayor índice de construcción de edificios de mediana a baja altura lo que implica en una constante reciprocidad entre el diseño estructural con el número de pisos de una edificación, además considerando que Perú se encuentra ubicado en el cinturón de fuego lo que nos ubica en una zona sísmica con altas probabilidades de presentar sismos severos, es por esto que se busca implementar dispositivos disipantes de energía como lo son los disipadores “SLB” SHEAR LINK BOZZO para tener su aplicación no como medida complementaria dependiendo de casos especiales como reforzamiento, si no como un requisito general.

En el Capítulo I se inicia describiendo y formulando la problemática, objetivos, delimitación e importancia de la investigación.

En el Capítulo II se realiza la búsqueda de antecedentes de la investigación y definición de términos básico, que consiste en recolectar información, como tesis, normas, manuales, programas computacionales, planos, cursos internacionales, las cuales están relacionadas al tema de la investigación.

En el Capítulo III se plantea las hipótesis basadas en verificar la eficiencia de los dispositivos SLB, y definimos las variables dependiente e independiente de la investigación.

En el Capítulo IV se describe el tipo, nivel, diseño de la investigación, estableciendo la población y muestra a usar y las técnicas e instrumentos de recolección de datos los cuales serán la base de la investigación.

En el Capítulo V se desarrolla el análisis estático, dinámico y tiempo-historia con herramientas computacionales como el AutoCAD2022 para visualizar los planos, datos registrados en el CISMID como son los acelerogramas los cuales serán escalados en el ETABSV18 para modelar la estructura complementándose con el plugin DISSIPASLB V23 para pre dimensionar el dispositivo SLB a colocar.

En el capítulo VI se presenta los resultados del análisis desarrollado en el capítulo anterior para constatar las hipótesis referidas a un sistema con y sin SLB.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema.

Cada cierto tiempo, nuestro mundo, en constante movimiento, altera dramáticamente su ritmo, originando fenómenos naturales intensos o extremos; aunque poco frecuentes. Si ocurren en zonas habitadas, pueden dar lugar a situaciones de desastre, durante las cuales los pobladores pierden la capacidad de enfrentar el evento, razón por la cual casi siempre necesitaran de ayuda exterior para volver de manera paulatina a su vida cotidiana. (Kuroiwa, 2002)

Un escenario similar al anterior se presentó con el sismo ocurrido en el año 1994 en la frontera Perú - Bolivia con una magnitud de M8.4 y el que ocurrió el 26 de octubre de 2020 en Arequipa con una magnitud de M4.0. En ambos casos los sismos solo alertaron a la población y fueron recordados como temblores. En este caso, la diferencia está en que el sismo de 1994 ocurrió a una profundidad de 700 km, siendo suficiente para atenuar la energía liberada por este gran sismo; mientras que, el de Arequipa ocurrió a tan solo 22 km de profundidad. (Tavera, 2020)

Es por esto que en el Perú existe un alto grado de probabilidad de que ocurran sismos de gran magnitud al estar ubicado en el cinturón de fuego, considerando que a mayor aceleración se tenga del suelo y mayor sea el peso de la edificación, la fuerza sísmica es mayor, y es por esto que se busca disipar la energía ocasionada por esta fuerza sísmica. En los últimos años se ha avanzado considerablemente en el uso de disipadores sísmicos, entre otros tipos de solución, como una opción para poder mitigar o reducir los daños a la propiedad, pero dentro de todas estas opciones, en el Perú no está normado el uso de los disipadores “SLB” si no como recomendación, además que se tiene una norma aplicada solo al uso de aisladores sísmicos tal cual está en la norma E0.31, mas no indica que se pueda usar como primera opción los disipadores, es por esto que en la presente tesis se quiere analizar el comportamiento de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en Chorrillos , para tener en cuenta que se puede aplicar este tipo de sistema como primera medida en las edificaciones de mediana y baja altura.

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 Objetivo general

Realizar el análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores Shear Link Bozzo “SLB” en Chorrillos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación sin disipadores “SLB”.
- Verificar los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación reforzada con disipadores “SLB”.
- Verificar la energía absorbida por el dispositivo Shear Link Bozzo en la edificación reforzada.

1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

1.3.1 Delimitación Temporal

El tiempo de investigación se llevará a cabo en un plazo de 6 meses a partir del mes de mayo del año 2022 y terminando en octubre del año 2022. Ver cronograma de actividades en anexo 3.

1.3.2 Delimitación espacial

La presente investigación se ha realizado en Cocharcas, en el distrito de Chorrillos, provincia de Lima, departamento de Lima. Es un edificio multifamiliar llamada El Solar, Coordenadas 279791.93 m E, 8555161.37 m S, Zona 18L, ubicado en la calle Daniel Urrea N°339, Urb. Cocharcas (Costa Sur), distrito de Chorrillos. Consiste en un Edificio de Vivienda Multifamiliar con un sótano de estacionamientos, seis pisos y Azotea. A continuación, se muestra una descripción de las construcciones colindantes:

- A lado izquierdo, vivienda unifamiliar de dos pisos sin sótano.
- A lado derecho, vivienda unifamiliar de un piso sin sótano.
- Por el fondo, vivienda unifamiliar de dos pisos sin sótano
- Por el frente con la Calle Daniel Urrea.

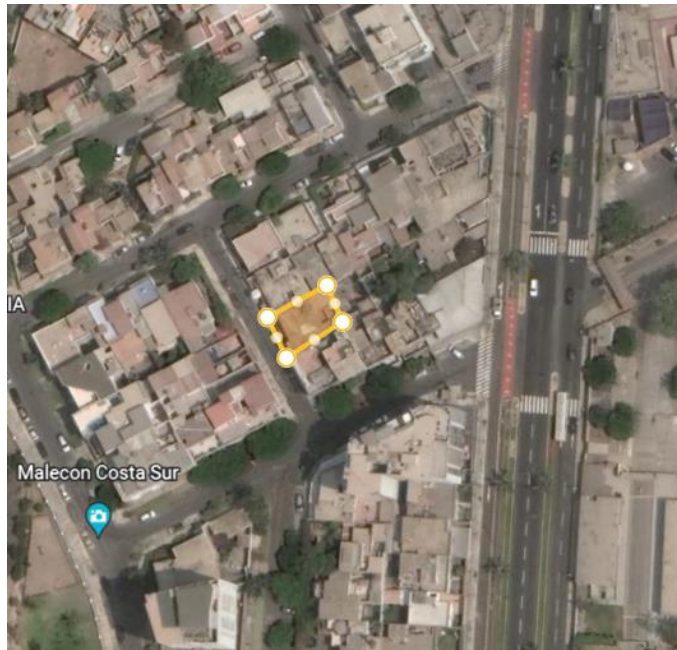


Figura 1: Ubicación del edificio Solar
Fuente: Google Earth.

1.3.3 Delimitación temática

La presente investigación pertenece a la línea de investigación de estructuras de la carrera de ingeniería civil y estará delimitada por conceptos y definiciones relacionadas al análisis del comportamiento de una estructura frente a fuerzas sísmicas.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación teórica

La presente investigación dará a conocer el uso de los dispositivos “SLB” en edificaciones de 7 pisos, para reducir el peso, mitigar la energía y evitar las rotulas plásticas, reduciendo la fuerza sísmica ya que por lo general se suele plantear el uso de placas, maximizando el volumen de concreto y acero para contrarrestar la fuerza sísmica en el eje se coloque, de esta manera se podrá ver una diferencia económica con el uso de estos dispositivos, además los resultados obtenidos ayudaran a entender en el análisis de otros proyectos similares al implementar estos dispositivos.

1.4.2 Justificación práctica

La presente investigación pretende resolver los problemas de irregularidad como de desplazamientos y el cambio de un sistema convencional a un sistema

con disipadores “SLB” que se tiene en una edificación multifamiliar sin la necesidad de aplicar en primera línea el uso de aisladores sísmico.

1.4.3 Justificación Social

A medida que el crecimiento poblacional avanza, se requiere de la construcción de edificios con mayor altura para satisfacer la demanda y considerando que los disipadores “SLB” actúan de mejor manera para edificaciones de mayor altura permitiendo un nivel de desempeño de operación continua lo que garantiza la seguridad de los habitantes, lo que beneficiaría para este proyecto de la investigación alrededor de 170 personas.

1.4.4 Importancia

La importancia de este estudio es de mejorar el comportamiento sísmico de una estructura multifamiliar de mediana altura, de manera que se verifiquen y cumplan los parámetros que dictan la Norma Peruana E0.30. Es por eso que la aplicación de los disipadores “SLB”, toma importancia en nuestro medio, ya que disminuye la energía sísmica mucho mejor que los aisladores sísmicos ya que pueden ser ubicadas en diferentes puntos que se requiera y de optar por una alternativa diferente a la que dicta la Norma Peruana E0.31, resolviendo en cierta parte el presupuesto y aumentar considerablemente la construcción continúa de edificaciones de mediana altura con estos dispositivos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

Mena R. (2019) en su investigación llamada “Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando disipadores sísmicos SLB.” tesis para optar el grado académico en ingeniería civil en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. Su objetivo principal del autor es conocer el comportamiento en una estructura convencional de cinco plantas, al incorporar disipadores sísmicos “SLB” (Shear Link Bozzo), aplicando normativas técnicas NEC15, AISC-360-10 y ASCE 7-10. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo. Los principales resultados que indica el autor fueron los menores desplazamientos en el modelo con disipadores con relación al modelo convencional, para la estructura tradicional se obtuvo un valor máximo de 1.94 % el cual está muy cercano al límite de la deriva máxima inelástica de acuerdo a lo indicado en la norma NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico, el cual tiene un valor de 2% máximo. El autor agrega que, por el contrario, con la implementación de los disipadores “SLB”, la deriva máxima inelástica en esta estructura fue de 0.77%, lo cual revela una reducción de desplazamientos en todas las plantas al estar sometida a fuerzas sísmicas debido a que el disipador se encarga de disipar la energía. Así mismo, el autor observó que el movimiento rotacional es más crítico en el edificio sin disipadores, ya que, al incluir estos elementos sísmicos en la estructura, permiten tener mayor control en la rotación. El autor concluyó que los disipadores sísmicos SLB (Shear Link Bozzo) aumentan la resistencia de los elementos estructurales de la edificación ya que mejoran la ductilidad en el edificio, además de reducir el peso propio de la estructura a través de la eliminación de muros de corte y disminución de secciones en vigas y columnas. Finalmente podemos concluir del estudio de Mena R. que la resistencia de la estructura mejoró con respecto al uso de disipadores SLB ya que aumenta la rigidez de la estructura, y así disminuir riesgo de fallas estructurales.

Ramírez M. (2020) en su investigación llamada “Estudio comparativo para edificación de 5 plantas empleando solución prefabricada y disipadores SLB y solución convencional en zona de sismicidad alta de Perú”, estudio realizado para optar el grado de Máster en Ingeniería Estructural y de la Construcción en Escola de Camins Escola Técnica Superior d’Enginyeria de Camins, Canals i Ports. El objetivo principal del autor es proyectar, evaluar y optimizar una estructura prefabricada de hormigón armado de cinco niveles, de uso residencial, equipada con pequeños disipadores sísmicos de energía tipo Shear Link Bozzo SLB. El estudio presentó un tipo de investigación aplicada con enfoque cuantitativo. Los principales resultados del autor fueron, con respecto a la conexión rígida flexible dúctil, que destacan la reducción de los periodos de vibración de 5.588 seg y 5.576 seg a 0.481seg y 0.504seg; así como, la reducción del desplazamiento lateral de la estructura sin disipador estimada en 710.52mm baja a 61.359mm. Del mismo modo, las derivas máximas de piso llegan a reducirse de 0.0629 a 0.0046, llegando a estar por debajo del límite máximo normativo para este caso (0.007). Asimismo, el autor Ramírez M. afirmó sobre las aceleraciones de diafragma que oscilan entre 0.278g a 0.475g para el caso del modelo con base articulado; por el contrario, las aceleraciones varían entre 0.345g a 0.487g en el modelo empotrado. Además, las distribuciones de fuerzas cortantes en el modelo prefabricado con base articulada muestran una disminución de 20% respecto al edificio empotrado. El autor concluyó en su investigación que esta solución con sistema prefabricado SLB es un sistema flexible rápido de ejecutar y la seguridad estructural frente a sismos lo aportan los dispositivos SLB en su 100%, haciendo que no ocurra daño estructural en caso de ocurrencia de sismo. Finalmente podemos concluir que la edificación de 5 plantas empleando solución prefabricada y disipadores SLB tuvo un impacto positivo, ya que estructuralmente la edificación presenta menos deformaciones ante un evento telúrico y presenta menos aceleraciones esto por el uso del disipador que sirve como rigidizador, además en lo económico tuvo un impacto positivo, ya que está el costo usando el disipador SLB en una edificación prefabricada está muy por debajo que una edificación convencional.

Bozzo F. (2018) en su investigación llamada “Simulación de un ensayo en mesa vibrante de una estructura con dispositivos de disipación sísmica para viviendas de bajo coste”, estudio realizado para optar el grado de Ingeniería Civil en Escola de Camins Escola Técnica Superior d’Enginyeria de Camins, Canals i Ports. Los objetivos de la investigación planteados por el autor son los siguientes: el desarrollo de un modelo numérico de la estructura a ensayar en laboratorio, la calibración de los parámetros modales entre el modelo numérico y el físico, comparar el comportamiento sísmico de los modelos físicos y numéricos frente a diferentes señales e intensidades sísmicas y proponer parámetros para la simulación de viviendas de bajo coste con el tipo de disipador estudiado. La investigación presenta un tipo aplicado y experimental con un enfoque cuantitativo. Los principales resultados del autor fueron los desplazamientos, que según indica el autor disminuyó de cinco a catorce veces en el sistema que lleva disipadores respecto al que no los lleva instalados; las aceleraciones disminuyeron en el caso donde se usó los disipadores, dato que el autor ya suponía, ya que inicialmente (antes de plastificar) es más rígido, ya que en el modelo sin disipadores los muros no están conectados. El autor concluyó primeramente en su investigación que a lo largo de todo el ensayo y, a pesar de la fuerte discontinuidad que genera el muro desacoplado al no llegar al suelo, no se observó la formación de rótulas plásticas en ninguna parte de la estructura. Además, que para predecir el comportamiento de las estructuras que lleven instalados disipadores, sería conveniente el uso de dos modelos distintos, uno para las aceleraciones y otro para los desplazamientos. Finalmente podemos concluir que la implementación de disipadores mejora notable en el comportamiento estructural de la vivienda de bajo coste, disminuyendo desplazamientos y aceleraciones en la estructura.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Quispe H. & García U. (2019) en su investigación titulada “Reforzamiento sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima”; investigación para obtener el

grado académico en ingeniería civil de la Universidad Ricardo Palma. Su objetivo planteado fue mejorar la respuesta sísmica utilizando disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo (SLB) en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima, con metodología cualitativa, se analizaron distintos tipos de disipadores SLB y se eligió la alternativa óptima. Tiene una metodología tipo cualitativa ya que se analizaron distintos tipos de disipadores SLB y se eligió la alternativa óptima. Los principales resultados obtenidos indicaron que la aplicación de disipadores SLB reducen las derivas en un 50.66% en dirección X y un 48.30% en la dirección Y, logrando así cumplir satisfactoriamente con los límites requeridos y establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030 (2018). Además, se comprobó que la absorción de energía sísmica del disipador SLB fue de un 40.00% y permitió que la absorción de energía de la estructura global se redujo de un 100% a un 59.70% para el registro de ICA 2007 en el eje X, mientras que para el eje Y fue de un 58.50%, con una reducción del 100% al 41.30% en su absorción de energía sísmica en la estructura cumpliendo con el objetivo de proteger la estructura al reducir el completo impacto sobre esta. El autor concluyó que obteniendo una reducción del periodo de la edificación como indica el modo 1 en un 37.60% indicando un periodo razonable para la cantidad de niveles de la estructura. Finalmente, esta tesis nos sustenta que la utilización de disipadores SLB es efectiva para disminuir la energía en una edificación de 14 niveles, podemos concluir que es eficaz la implementación de disipadores SLB para una edificación de gran altura, ya que se rigidiza la estructura y así no llegue al fallo la estructura en un sismo severo.

Narváez E. (2019) en su investigación titulada “Análisis comparativo técnico-económico de una Edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos”, investigación para obtener el grado académico en ingeniería civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Su objetivo principal del autor fue generar un aporte al conocimiento sobre la implementación de disipadores sísmicos pasivos, realizando un estudio comparativo técnico-económico del uso de disipadores histeréticos ADAS y

amortiguadores de fluido viscoso en una edificación con estructura aporticada. Estudio metodológico cualitativo. Los principales resultados de la investigación indican que la utilización de disipadores fluido viscosos frente a disipadores metálicos ADAS en configuración chevron demuestra un mejor control de deriva en la estructura, se obtuvo una reducción de la fuerza cortante basal del 39% en ambas direcciones con DFV, mientras que en secciones aumentadas con ADAS se obtuvieron reducciones de cortante basal en 6.14% y 14.77% para las direcciones X-X y Y-Y respectivamente. El autor concluyó que, para estructuras de presupuesto limitado, la utilización de disipadores metálicos ADAS resulta ser una alternativa atractiva para la protección de edificaciones ya que el autor indica que hubo un ahorro de \$ 216 273,60 entre la aplicación de los disipadores metálicos y los DFV.

Cervantes G. & Albrizzio F. (2020) en su tesis titulada “Desempeño sísmico de un Hospital de concreto armado con disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en la zona sísmica 4” investigación para obtener el grado académico en ingeniera civil de la Universidad Ricardo Palma. El objetivo principal de la investigación fue analizar el desempeño sísmico de un hospital de concreto armado con disipadores SLB “Shear Link Bozzo” en la zona sísmica 4. La metodología de su investigación es aplicada debido a que en la presente tesis se analizará una posible mejora del desempeño estructural de un hospital mediante la incorporación de disipadores SLB como sistema de protección ante un sismo considerado como máximo. Se obtuvieron como principal resultado la reducción de derivas del 83.56% en dirección X y un 80.88% en la dirección Y, aportando rigidez y ductilidad a la estructura. Además, redujeron las aceleraciones hasta el punto de reducir los periodos en dirección X de 0.865s a 0.301s y en dirección Y de 0.853s a 0.324s; otro aporte fue la evaluación de la eficiencia de los disipadores SLB con muros desacoplados basado en la histéresis y la disipación de energía, obtuvieron como resultado valores como máximo de 82.59% para los sismos máximos aplicados de $T_r = 2500$ años. Los autores concluyeron que el sistema de protección sísmica con disipadores SLB cumple el objetivo deseado de operación inmediata en estructuras esenciales

planteado en las diversas normativas internacionales aplicadas en esta tesis, demostrándose mediante la reducción de derivas de entrepiso ante el aporte de rigidez de los disipadores. Finalmente podemos concluir que esta investigación aporta positivamente al tema de disipadores SLB ya que nos sustenta que existe una disminución de derivas, aceleraciones, periodos y energía sísmica en un hospital ubicado en la zona sísmica 4.

Dueñas A. & Macen C. (2021) en su investigación titulada “Análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco”, tesis para optar el grado académico en ingeniería civil en la Universidad Ricardo Palma. El objetivo principal de la tesis fue realizar el análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco. La investigación es de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo debido a que está orientada a conocer resultados mediante cálculos y análisis del comportamiento sísmico, diseño estructural y optimizar costos de un edificio de 11 niveles con y sin disipadores de energía SLB. Como principal resultado al incorporar disipadores SLB en el edificio con sistema de muros estructurales mediante un análisis tiempo historia no lineal, se evidenció que la deriva máxima de entrepiso disminuyó en 23.1%, su periodo en un 15.5%, disipando energía sísmica en 35.4% en la dirección X en la cual se implementaron dichos dispositivos. Los autores concluyen que la implementación de los disipadores SLB en la estructura modificada corrigió la irregularidad torsional y las derivas máxima de entrepiso ambas verificaciones cumplen satisfactoriamente con la norma E.030-2018, reduciendo los periodos en 79.2% en la dirección X y 65.1% en la dirección Y, disipando la energía sísmica en 42% en la dirección X y 52% en la dirección Y. Finalmente concluimos que implementar disipadores tipo SLB es una opción óptima para diseñar una estructura ya que reduce la energía sísmica de la estructura y por ende, disminuye las derivas de la edificación y disminuye el periodo por la rigidez de la estructura.

2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1 Diseño sismorresistente

Los parámetros con los que uno empieza a diseñar una estructura, ya sea para edificaciones nuevas, reforzamiento de las existentes y a la reparación de las estructuras que resulten dañadas por la acción de los sismos, vienen dados por la zonificación del proyecto, el perfil del suelo, los periodos, la categoría de la edificación, el factor de uso, el coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas y los factores de irregularidad. Dichos parámetros se encuentran establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030, “cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta norma.” (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018, pág. 4).

Su objetivo de la norma es establecer las condiciones mínimas para el diseño sismorresistente de las edificaciones. Además, la norma específica que mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras cuyo comportamiento sísmico sea diferente al de una edificación, se debe utilizar los valores Z y S de esta norma amplificados de acuerdo a su importancia de la estructura considerando la práctica internacional. (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018, pág. 4).

Esta norma se basa en tres filosofías las cuales consisten en:

- Evitar pérdida de vidas humanas.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños a la propiedad.

Ya definida las tres filosofías de diseño, la norma nos indica “que no es técnica ni económicamente factible un diseño con protección absoluta en una edificación, es por ello que establecen los siguientes principios de diseño:” (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018, pág. 4).

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.

- c. Para las edificaciones esenciales, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

2.2.2 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

Se realiza un análisis estático para conocer la fuerza sísmica en cada piso y la cortante basal de la estructura, “este método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masa de cada nivel de la edificación, y sea regular o irregular para zona sísmica 1.” (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018, pág. 21).

La fuerza cortante basal de la estructura con dirección definida se determina por la siguiente expresión:

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

Donde

V: Cortante en la Base.

Z: Factor de Zona.

U: Categoría de la edificación y factor de uso.

C: Factor de Amplificación Sísmica.

S: Factor de suelo.

R: Coeficiente de Reducción.

P: Peso sísmico de la Edificación.

Donde la tabla 1, 2 y 3 nos permite obtener los parámetros Z, S, T_p, T_L, según la norma sismorresistente E.030.

Tabla 1: Factor de zona Z

Factores de zona "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018)

Tabla 2: Factores de suelo "S"

ZONA	Factores de suelo "S"			
	So	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018)

Tabla 3: Periodos "Tp" y "TL"

Periodos	Periodos "Tp" y "TL"			
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp	0.30	0.40	0.60	1.00
T _L	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente, 2018)

2.2.3 Análisis Dinámico Modal Espectral

La Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente (2018) indica que “cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral” (pág. 23).

El espectro de aceleraciones representa el comportamiento de la estructura frente a diferentes periodos de vibración y aceleración espectral, el cual estaría en función de los parámetros sísmicos obtenidos en el análisis estático con el objetivo de obtener los parámetros de fuerza cortante, esfuerzos y desplazamientos.

Este método modal espectral para un sistema de “n” grados de libertad necesita como datos iniciales tener definidos los modos y frecuencias naturales. (Prato et al., 2015)

La ecuación de movimiento de un sistema de “n” grados de libertad dinámicos para la excitación sísmica son: (Prato et al., 2015, pág. 3)

$$\underline{K} \cdot \underline{U}(t) + \underline{M} \cdot \underline{\ddot{U}}(t) + \underline{C} \cdot \underline{\dot{U}}(t) = -\ddot{u}_g(t) \cdot \underline{M} \cdot \underline{B}$$

Prato et al. (2015) de la ecuación anterior nos explica lo siguiente:

El vector de carga equivalente a la acción sísmica es el dado en el segundo miembro de la ecuación. Este vector representa la carga dinámica equivalente a la acción sísmica, que debe utilizarse para calcular la respuesta en el tiempo $\underline{U}(t)$ cuando se define como dato que describe la excitación sísmica al

histograma de las aceleraciones $\ddot{u}_s(t)$. Para resolver la ec. (6) se puede utilizar el método de descomposición modal ya visto para cualquier otro tipo de cargas dinámicas $P(t)$ en la parte “Dinámica Estructural”. Este análisis, válido siempre que el sistema sea lineal y elástico, no será abordado en más detalle ya que no difiere en nada al correspondiente a sollicitaciones dinámicas en general ya visto. (pág. 3)

2.2.3.1 Espectro de respuesta

Según Crisafulli (2018) lo define de la siguiente manera:

En forma general, puede definirse espectro como un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad. En estos gráficos, se representa en abscisas el periodo propio de la estructura (o la frecuencia) y en ordenadas la respuesta máxima calculada para distintos factores de amortiguamiento ξ . (pág. 47)

“El espectro de respuesta elástica representa el máximo de un parámetro de respuesta (aceleración, desplazamiento, etc.) para osciladores simples de un grado de libertad con un periodo de vibración T y un amortiguamiento relativo ξ para un terremoto dado.” (Crisafulli, 2018, pág. 47). Estos datos máximos son los que se utilizarán para el diseño de una edificación.

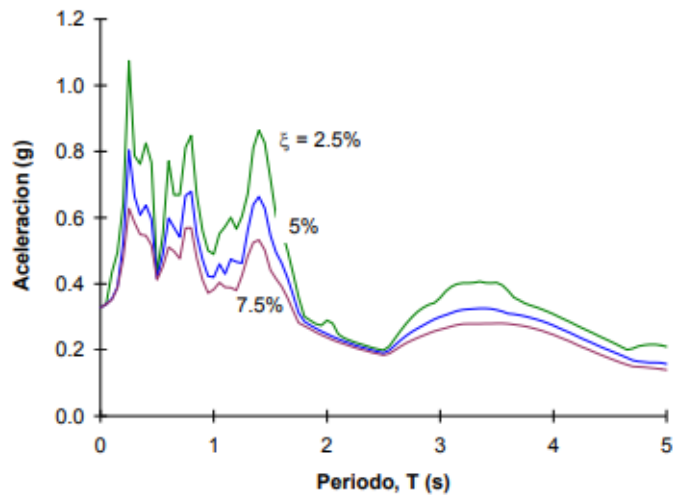


Figura 2: Espectro elástico de respuesta, en términos de aceleración, correspondiente al terremoto de Turquía, 17/8/1999, registro YPT.

Fuente: Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 2018

“Los espectros de respuesta en desplazamientos, velocidades y aceleraciones correspondientes a un cierto acelerograma se definen como los valores máximos de la respuesta expresados en función de la frecuencia angular w y de la fracción de amortiguamiento crítico v ” (Bozzo & Barbat, 2000, pág. 44).

$$S_d^r(w; v) = |x(t)|_{max}$$

$$S_v^r(w; v) = |\dot{x}(t)|_{max}$$

$$S_a^r(w; v) = |\ddot{x}(t) + a(t)|_{max}$$

Donde: “ S_d^r y S_v^r son, respectivamente, los valores máximos de los desplazamientos y velocidades relativos, mientras que S_a^r es el máximo valor de la aceleración absoluta de la respuesta de un modelo con un solo grado de libertad.” (Bozzo & Barbat, 2000, pág. 44).

2.2.4 Espectros de diseño

Los espectros de diseño son utilizados por los reglamentos sismorresistente ya que los espectros de respuesta representan solamente el efecto de un solo registro de aceleración; las características principales de los espectros de diseño son la peligrosidad sísmica de una zona en particular y sus curvas suavizadas en las gráficas, muy diferentes a las curvas que presentan los espectros de respuesta (Crisafulli, 2018).

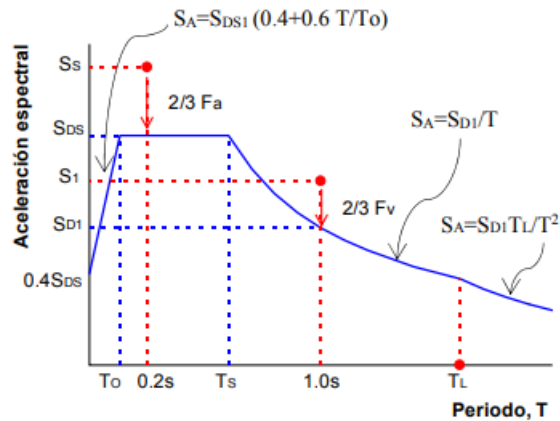


Figura 3: Espectro de diseño considerado por las especificaciones ASCE/SEI 7-16.
Fuente: Diseño sismorresistente de construcciones de acero, Crisafulli 2018.

2.2.5 Disipadores de energía

Genatios & Lafuente (2016) sostuvieron que:

En efecto, producto de las deformaciones inducidas por las fuerzas sísmicas, se supone que los materiales ingresan en un rango de comportamiento inelástico y, después de un sismo severo, se espera que la estructura se vea afectada. Un adecuado diseño sísmico permite que, gracias al comportamiento inelástico de los materiales, la estructura tenga una significativa capacidad de disipar la energía que inyecta el sismo, lo que hace posible que no colapse ante la acción de un sismo severo. En términos prácticos esto se traduce en que las fuerzas de diseño puedan ser reducidas por debajo del límite elástico, según lo prescriben muchos códigos vigentes. (pág. 39)

Genatios & Lafuente (2016) definen que “la ecuación de balance de energías para una estructura puede expresarse como lo indica la siguiente ecuación:” (pág. 37)

$$E_k + E_a + E_h + E_d = E_s$$

Donde:

- E_k es la energía cinética absoluta
- E_a es la energía disipada por amortiguamiento
- E_h es la energía de deformación elástica (recuperable)
- E_d es la energía disipada por efectos de deformación inelástica de los materiales.

“Es” es la energía introducida por las cargas dinámicas externas (sísmicas o de viento). Esta energía introducida mide el trabajo efectuado por la fuerza de corte en la base de la estructura, por lo que incluye el efecto de las fuerzas inerciales de la estructura.

Con la implementación de dispositivos de protección se puede aumentar la disipación de energía entrante y así la energía de deformación de la estructura disminuya. Estos sistemas, que hacen que la estructura sufra menos daños y se deforme menos para un nivel dado de energía, son llamados disipadores o amortiguadores (Genatios & Lafuente, 2016).

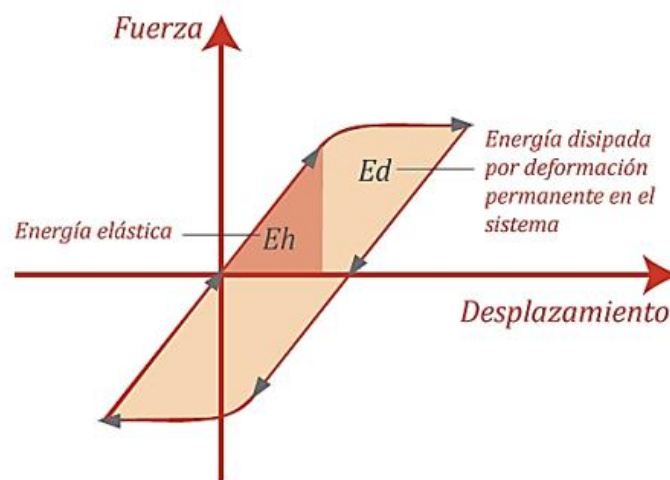


Figura 4: Ciclo de histéresis: Comportamiento lineal y no lineal.

Fuente: Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras, Genatios & Lafuente, 2016

Genatios & Lafuente (2016) explican el objetivo del uso del disipador:

El objetivo de estos dispositivos, como ya se comentó, es el de concentrar el comportamiento no lineal en regiones de la estructura, especialmente diseñadas y detalladas para tal efecto, y reducir de manera importante el comportamiento inelástico y los daños en el sistema estructural resistente original, mejorando el desempeño esperado en el caso de sismos moderados o severos. (pág. 40)

Genatios & Lafuente (2016) cita a Hanson el cual propone una clasificación de los sistemas de control de la respuesta sísmica en:

- a) Sistemas pasivos: como los aisladores de base y los dispositivos suplementarios de disipación de energía.
- b) Sistemas activos: son dispositivos mecánicos cuyas características cambian de acuerdo con mediciones de los movimientos de la estructura.

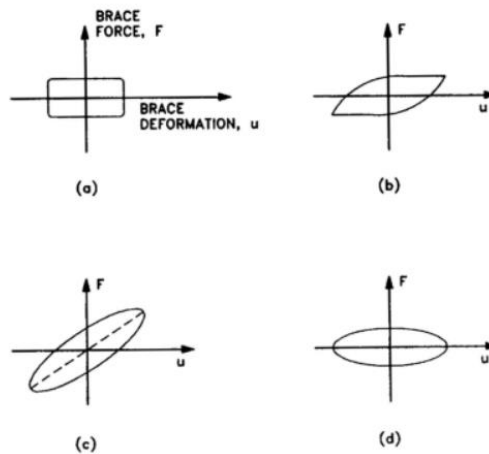


Figura 5: Relación fuerza desplazamientos en: (a) Dispositivos de fricción (b) Dispositivo de rendimiento de acero (c) Dispositivo viscoelástico (d) Dispositivo viscoso
 Fuente: Supplemental damping for improved seismic, Hanson 1993

2.2.6 Disipador Shear Link Bozzo SLB

El disipador Shear Link Bozzo es un dispositivo de acero que sirve para disminuir la energía entrante a una estructura “Estos dispositivos concentran las demandas de ductilidad en conexiones fabricadas industrialmente y con propiedades mecánicas definidas por lo que representan un avance al diseño clásico de estructuras basado en la ductilidad y hiperestatismo.” (Bozzo, 2019, pág. 1).

Bozzo (2019) define el término de disipador “SLB”:

Los disipadores los cuales son reactivos a los desplazamientos y empiezan a proteger la estructura según su rigidez inicial la cual para los SLB es muy alta y sus beneficios empiezan a décimas de mm, tal como se ha reportado en diversos ensayos (consultar por ejemplo ensayo UNAM 2017). Por otra parte, más que un determinado disipador y dado su muy alta rigidez inicial los dispositivos SLB se pueden considerar como rótulas plásticas que el diseñador puede ubicar según su inventiva y conocimientos. (pág. 1)

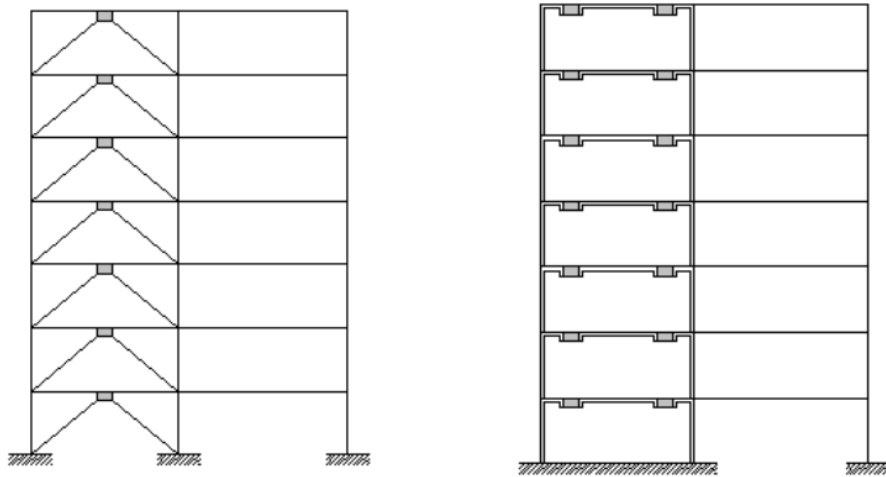


Figura 6: Aplicación clásica con diagonales metálicas (imagen izquierda) y aplicación propuesta mediante muros desacoplados (imagen derecha)
 Fuente: Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB, Bozzo 2019

Las conexiones “SLB” tienen principal característica el de absorber gran cantidad de energía en un sismo y su bajo coste al aplicarlo; estos dispositivos están conectados a un marco de hormigón por medio de una pared, y no transfieren carga axial; esto se asemeja a un sistema isostático, es por eso que toma el nombre de pared desacoplada, que añade rigidez y ductilidad al sistema (Pantoja et al., 2020).

Se recomienda la implementación de los disipadores Shear Link Bozzo para las estructuras que posean alta torsión en planta, para estructura que posean pisos blandos, en estructuras ubicadas en Lima que posean poca rigidez en una de sus direcciones, para estructuras que necesiten rigidizarse y para sistemas estructurales aporticadas cuyo diseño sea con una deriva en rotura (Bozzo, 2019).

En el año 1995 se conoce el término conexión “SLB”, y desde entonces han tenido cuatro etapas diferenciadas de desarrollo. En la primera etapa se realizaron solamente análisis numéricos para determinar la eficiencia de dispositivos basados en la ductilidad. Posteriormente entre los años 1997 y 2000 se desarrolló un primer dispositivo para la protección de muros usando el frezado o mecanizado para generar planos menos rígidos (Gaxiola et al., 2016).



Figura 7: Evolución de los dispositivos “SLB” en el tiempo.
Fuente: Una Nueva Generación de Disipadores “SLB SHEAR LINK” Para el Diseño Sismorresistente

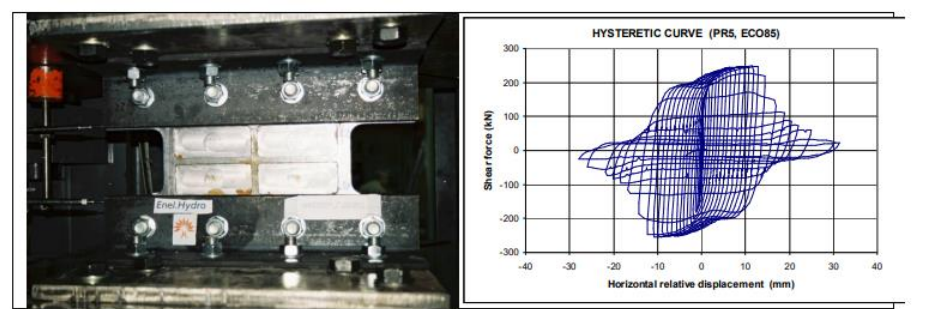


Figura 8: Fotografía ensayo ISMES y curva histerética resultante
Fuente: Proceso de Análisis y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo “SLB”

Los modelos actuales llamados dispositivos de cuarta generación tienen dimensiones y características estándar “Donde la altura de 235mm corresponde a 80 mm de la placa dentada o “conexión almenada” y 155mm de altura del propio dispositivo” (Bozzo, 2019, pág. 2).

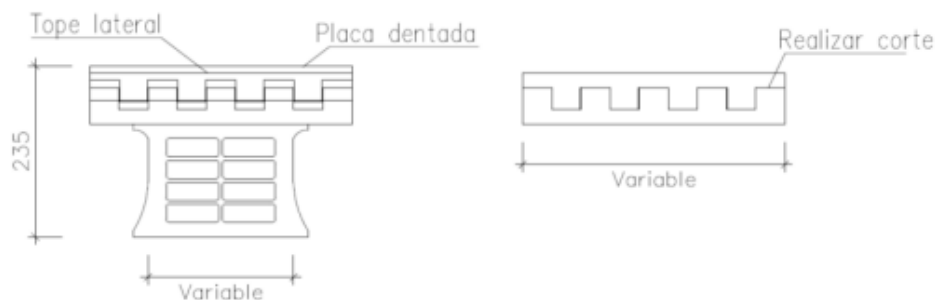


Figura 9: Geometría de Disipador SLB
Fuente: Proceso de Análisis Y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB

Estos dispositivos concentran las demandas de ductilidad en conexiones fabricadas industrialmente y con propiedades mecánicas definidas por lo que representan un avance al diseño clásico de estructuras basado en la ductilidad y híperestatismo. Es decir, más que un determinado disipador o amortiguador la conexión “SLB” es una rótula plástica que el diseñador puede ubicar según su inventiva y conocimientos. (Gaxiola et al., 2016, pág. 4)

Los disipadores actuales: tercera y cuarta generación, mantienen conexión tipo peine, uno es más grande que otro, el de cuarta generación tiene mayor capacidad de deformación frente al dispositivo de tercera generación.

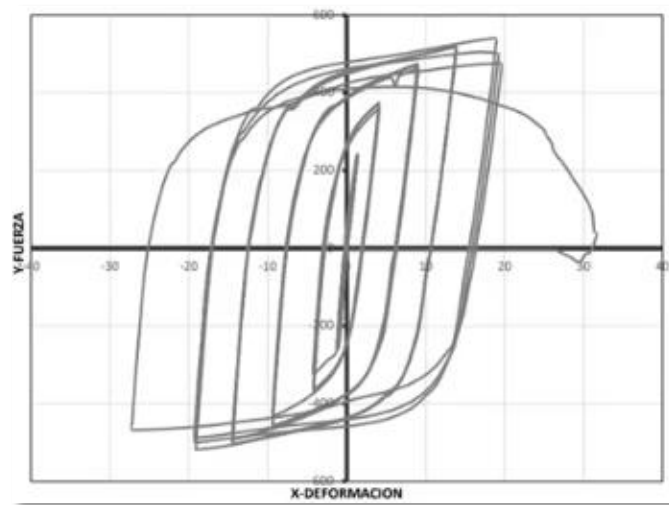


Figura 10: Curva Histerética de un ensayo disipador “SLB” de 3ra generación. Fuente: Informe realizado por la Universidad de Nápoles 2016

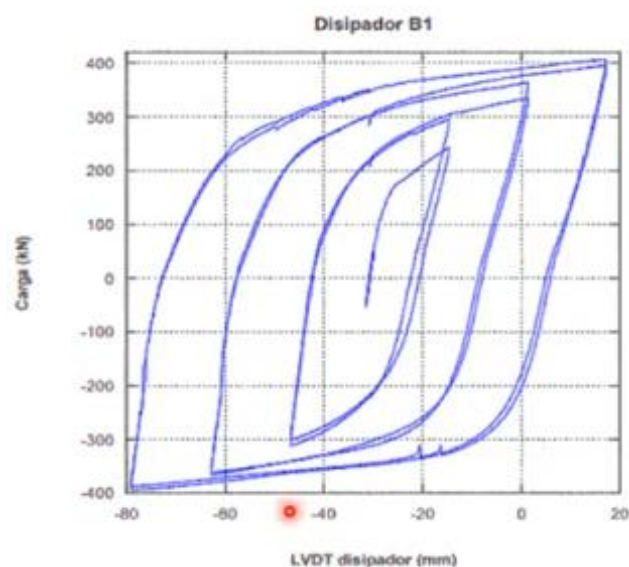


Figura 11: Curva Histerética de ensayo Disipador “SLB” de 4ta generación. Fuente: Universidad de Cantabria en 2020

Tabla 4: Proyectos con Disipadores Tipo Shear Link Bozzo SLB

Ítem	Nombre del proyecto	Ubicación	Cantidad SLB	Pisos	Año
Perú			987		
1	Casino Mubarak	San Borja	20	4	2002
2	Departamento de odontología USMP	Ate	28	4	2013
3	Planta embotelladora-Lindley	Chilca	256	1	2014
4	Edificio de oficinas "Monterosa"	Surco	18	12	2015
5	Edificio multifamiliar "Altos del Olivar"	San Isidro	42	9	2015
6	Fábrica Textil "Vulcano"	Ate	42	6	2015
7	Edificio Residencial Cedrus	San Isidro	32	8	2016
8	Edificio Las Flores	Trujillo	28	9	2017
9	Edificio Residencial Pezet	San Isidro	30	15	2018
10	Edificio ECOPALMAR	Trujillo	218	7	2018
11	Facultad Arquitectura U. de Trujillo	Trujillo	14	2	2018
12	Universidad Santa María de Arequipa	Arequipa	88	10	2018
13	Edificio Residencial Brasil-Canamond	Jesús María	19	19	2018
14	Sede Pacífico Seguros-Edif Tamayo	San Isidro	24	20	2018
15	Facultad Sistemas Univ. De Cajamarca	Cajamarca	54	4	2019
16	Centro Cultural Pedro De Osma	Barranco	6	3	2019
17	Nuevo Ministerio de Vivienda-Reforzamiento	San Isidro	60	15	2019
18	Proyecto Basadre		8		2019
México			1060		
1	Edificio Acapulco	Acapulco	20	23	2015
2	Edificio Acapulco	Acapulco	20	23	2015
3	Edificio Ixtapa	Ixtapa	94	18	2017
4	Edificio Urbana	Guadalajara	132	26	2017
5	Edificio Marina	Vallarta	68	10	2019
6	Reparación Cima 500	Guadalajara	180	19	2019
7	Edificio Oak58	Puebla	400	64	2019
8	Proyecto Chapultepec	Guadalajara	26	21	2019
9	Proyecto Cima	Guadalajara	52	14	2019
10	Proyecto Tizate	Vallarta	68	8	2019
Ecuador			135		
1	Clínica Riobamba	Riobamba	17	6	2016
2	Hotel Ceibo Dorado	Manta	43	7	2016
3	Laboratorio Universidad FF AA	Quito	31	4	2017
4	Silos	Guayaquil	44	4	2017

Fuente: (Bozzo, Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB, 2019)

En la normativa peruana se espera una deriva de 7/1000, del cual con la tercera generación sí llega a cumplir, además existen normas internacionales las cuales se espera una deriva de 10/1000 donde no es recomendable usar un disipador de tercera generación y se debería usar disipador de cuarta generación, de esta manera la finalidad es saber cuál es la deformación máxima obtenido en el análisis en los disipadores para ver si se puede cambiar de tercera generación a cuarta generación (Bozzo, 2019).

2.2.6.1 Geometría de los elementos

Los dimensionados dependen de la forma que tenga la edificación, es por eso que Bozzo (2019) señala que para el desarrollo de un modelo de cálculo para una estructura es necesario definir las dimensiones de los dispositivos disipadores, que miden 155mm, y la altura de muro de soporte, estos muros pueden considerarse con su altura inicial como se aprecia en el anexo 8.

2.2.6.2 Diseño en software

La estructura se diseña como conexiones “NLINK” (Non Linear Link), ya que es más conveniente porque la estructura queda lista para que se le realice un análisis tiempo historia no lineal Bozzo (2019).

En el caso de definirse el modelado de los dispositivos “SLB” como conexiones “NLINK” dentro del software “ETABS”, un parámetro fundamental es el denominado “punto de deformación por corte” o “shear deformation location” o “punto de momento nulo”. Se define en el programa indicado, como la distancia al punto de inflexión o donde el momento debido al cortante en el link es cero, pero medida desde el punto j o nudo final del link. Este punto en los disipadores “SLB” corresponde a la conexión almenada donde el momento flector es nulo y, por tanto, esta distancia es cero o 155mm (según se defina o inserte la conexión, pero es importante recordar que en los dispositivos automáticamente cargados esta distancia se define como cero). (Bozzo, 2019, pág. 14)

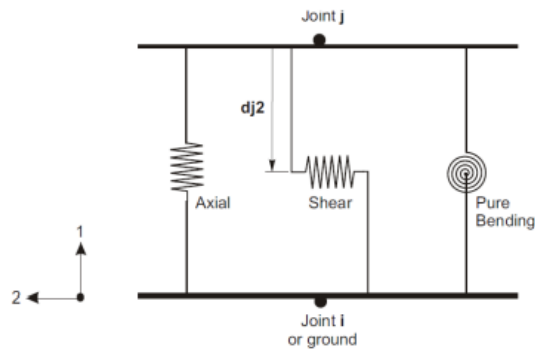


Figura 12: Dispositivo “SLB” como conexión “NLINK”

Fuente: Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo “SLB”, Bozzo 2019

2.2.6.3 Modelado de dispositivo SLB

Procedimiento iterativo directo de diseño:

El modelado de dispositivos “SLB” se hará a través de un análisis modal espectral lineal, por su rápida iteración para la selección óptima de los dispositivos; a pesar de que el análisis no lineal es más preciso, se optará por un diseño lineal ya que el diseño no lineal requiere de muchos recursos de cómputo y genera información no relevante para la selección inicial de los dispositivos. (Bozzo, 2019)

Primer paso:

“Para iniciar el diseño de los disipadores, se asigna un disipador inicial a todos los elementos links definidos previamente en el modelo estructural. (...) Asignadas las propiedades de los disipadores a los links se hace el primer análisis del modelo” (Bozzo, 2019, pág. 20).

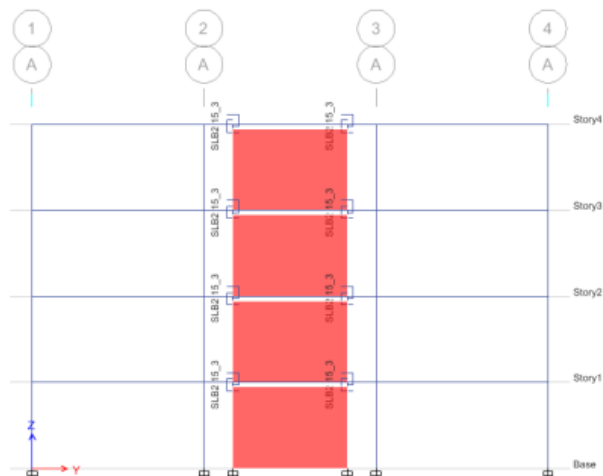


Figura 13: Propiedades del disipador asignadas a todos los elementos “LINKS” en “ETABS”.

Fuente: Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo “SLB”, Bozzo 2019

Segundo paso:

Bozzo (2019) explica que “se debe exportar dos tablas del modelo “ETABS” a Excel. Lo primero que se debe realizar es elegir únicamente los resultados que sean necesarios. En este caso interesan los resultados de Load Combinations>Envolvente” (pág. 21).

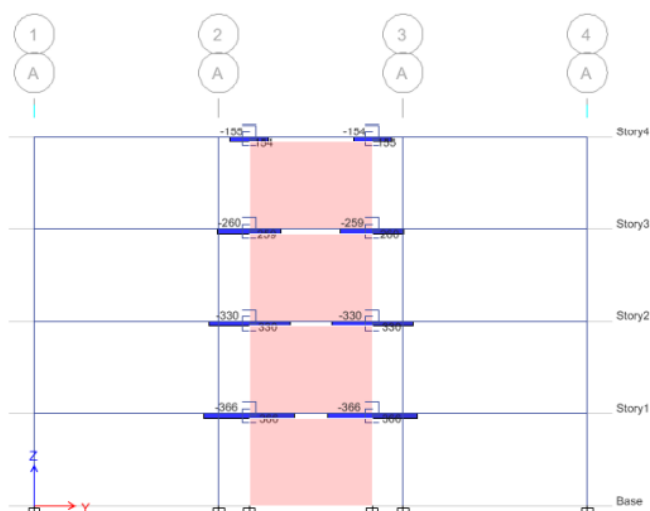


Figura 14: Envoltorio de fuerza cortante en los elementos “LINKS”.

Fuente: Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo “SLB”, Bozzo 2019

Tercer paso:

Se selecciona las tablas “Link assignments – Summary” y “Link Forces” (...) En ambas tablas (...) se selecciona la opción “Show Table”. Para filtrar la tabla “Link Forces”, (...) en Location y se elige solamente la opción J-End. De esta forma se tiene la fuerza máxima y mínima de la Envoltorio para las fuerzas del link. (Bozzo, 2019, pág. 22)

Cuarto paso:

Una vez que se tenga las tablas exportadas a Excel, se procede a seleccionar de la tabla de dispositivos simples el que más se acerque por debajo del valor de F_y . La relación “D/C” o “Demanda/Capacidad” se define como el cortante solicitante según resultados “ETABS” en esta iteración con el F_y del dispositivo seleccionado. (Bozzo, 2019, pág. 23)

Quinto paso:

“Se realiza el análisis del modelo y se vuelve a exportar las tablas “Link assignments – Summary” y “Link Forces”” (Bozzo, 2019, pág. 26).

Sexto paso:

“El siguiente paso es asignar los disipadores mostrados en la columna M al modelo. En el archivo de Excel los datos que ahora se encuentran en la pestaña de iteración se copian a la pestaña inicio.” (Bozzo, 2019, pág. 28).

Séptimo paso:

Se repite el mismo proceso anterior hasta que cumplan todos los disipadores. (...) Por lo tanto, se debe asignar en el modelo el disipador que le siga en resistencia al que se tiene asignado. (Bozzo, 2019, pág. 26).

Procedimiento iterativo inverso de diseño:

Este es un procedimiento de diseño diferente al de iteración directa ya que este limita los espesores de los muros desacoplados y el dimensionado de los disipadores. Este método busca establecer el valor de la fuerza de corte en el disipador, y así en cada iteración consiste en reducir el tamaño del disipador en el modelo numérico hasta encontrar el más óptimo en la calibración. (Bozzo, 2019).

El procedimiento de dicha selección de disipadores SLB se realizan por un análisis lineal modal espectral permitiendo un tiempo de cómputo reducido y sus pasos son: (Bozzo, 2019).

1. Especificar el tipo de disipador y el espesor del muro preliminar.
2. Se comienza implementando en el disipador un proceso de iteración directa verificando los parámetros como lo es el desplazamiento hasta cumplir con el desplazamiento de entrepiso requerido para el diseño. Siempre se debe de verificar los límites de ratio de capacidad (ρ) en el rango 1.1 a -1.4 para proceder a modificar los dispositivos seleccionados en el análisis.
3. Se debe verificar en cada paso la fuerza cortante total en el muro desacoplado según la expresión:

$$Vd = 1.5 \cdot Fy \cdot nSLB$$

Donde:

F_y es la fuerza de fluencia de cada dispositivo

n_{SLB} es el número de dispositivos en el muro

4. El cortante máximo en el muro está establecido en el ACI, el cual está correlacionado con su longitud, espesor y resistencia característica del concreto según la expresión (unidades MPa):

$$\frac{Vd}{L * t} \leq 0.75 * 0.83 * \sqrt{fck}$$

5. Si el espesor del muro “t” no puede aumentarse, al igual que en segunda instancia la resistencia característica del muro, se procede a cambiar al procedimiento de iteración inversa limitando la fuerza en el muro desacoplado.
6. La capacidad del muro desacoplado se fija según lo establecido previamente y en base a ello se desarrolla la siguiente expresión para la fuerza máxima en cada dispositivo del muro:

$$F_{max,SLB} = \frac{(0.75 * 0.83 * \sqrt{fck}) * (L * t)_{wall}}{1.5 * n_{SLB}}$$

7. Para seleccionar el dispositivo en las tablas debe darse que el F_y sea el inmediatamente inferior a $F_{max,SLB}$. El autor recomienda escoger el dispositivo de mayor espesor de ventana por su menor costo. En este punto se debe de verificar nuevamente el desplazamiento de entepiso pues pudiera ser que la fuerza es demasiado baja y no se alcanza a cumplir el límite de drift de la normativa local.
8. Dado que el análisis modal espectral es lineal la fuerza actuante no tiene límite en cada dispositivo por lo que al seleccionar el dispositivo mediante el paso 7 y repetir el análisis es seguro que el cortante actuante cambie y muy probablemente supere el límite demanda/capacidad establecida de 1.1-1.4. Una solución es reducir de forma “ficticia” en el modelo numérico RSA el tamaño del dispositivo y repetir el análisis hasta obtener una fuerza cortante dentro del rango establecido.

En otras palabras, el procedimiento de iteración inverso tiene dos etapas: (1) se fija la fuerza objetivo en cada disipador y mediante el análisis modal espectral lineal se itera con dimensiones “ficticias” hasta lograr una relación demanda-capacidad del cortante dentro del rango de 1.1 a 1.4. (Bozzo, 2019, pág. 31)

2.2.7 Modelo con un grado de libertad

“Las características dinámicas del modelo con un solo grado de libertad se definen estudiando sus vibraciones libres no amortiguadas, que están gobernadas por la ecuación” (Bozzo & Barbat, 2000, pág. 34).

$$m\ddot{x}(t) + Kx(t) = 0$$

Se supone que dicho modelo vibra debido a algunas condiciones iniciales, ya sean de desplazamientos, de velocidad o de aceleración, y que no está sometido a ningún tipo de perturbaciones durante su vibración. Este es un caso teórico, conservativo, en el cual el modelo no disipa la energía inicial que se le ha inducido, por lo que las vibraciones durarían un tiempo infinito. Dividiendo por la masa y usando $w^2=k/m$, la ecuación se transforma en: (Bozzo & Barbat, 2000, pág. 34)

$$\ddot{x}(t) + w^2x(t) = 0$$

“La magnitud “w” se denomina pulsación o frecuencia circular, o simplemente frecuencia de vibración de modelo, y se expresa en radianes por segundo. Dicha pulsación es una de las características dinámicas del sistema.” (Bozzo & Barbat, 2000, pág. 34).

2.2.8 Análisis no lineal tiempo historia

Se desarrolla el análisis dinámico no lineal tiempo-historia, para el cual se emplea el modelo de Wen para representar las curvas histeréticas de los dispositivos de disipación de energía. Por precisión y rapidez se recomienda el análisis con los vectores de Ritz (no el modal) y, en particular, el denominado “Fast Nonlinear Analysis” en cuanto a concentrar las no linealidades en los dispositivos. (Bozzo, 2019, pág. 33)

Este tipo de procedimiento se basa en usar una demanda en la estructura por medio de un registro sísmico. Este análisis puede ser modal si recurrimos a los

espectros de aceleración o de integración directa, si usamos un registro de aceleraciones. (Gálvez, 2011, pág. 29)

Según Bruno & Pérez (2017) “la ecuación de movimiento para una estructura no lineal tiene un vector de fuerzas internas que es función de u_t . Dicho vector puede contemplar no linealidad material, geométrica o de ambos tipos.” (pág. 118).

$$M\ddot{u}_t + C\dot{u}_t + f_{int}(u_t) = f_{ext,t}$$

“La Ecuación representa un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo grado, con coeficientes constantes y no homogéneas. Para determinar una solución, se deben dar condiciones iniciales en el instante t_0 ” (Bruno & Pérez, 2017, pág. 104).

2.2.8 Anclaje de elementos SLB

La conexión del disipador a los elementos de hormigón se hará mediante una placa base con anclajes preinstalados con cabeza, estos anclajes pueden ser lisos o barras corrugadas, asimismo pueden ir soldados apernados a la placa. (ACI Committee & International Organization for Standardization, 2019)

En general la conexión del disipador a la estructura, sea muro disipador o viga de hormigón debe cumplir tres condiciones:

- 1) Debe ser capaz de transferir la fuerza máxima que va a desarrollar el disipador
- 2) Debe mantenerse elástica ya que deformaciones importantes en la conexión implicaría que esta estaría contribuyendo en la disipación.
- 3) De llegar a fallar la conexión, esta debe estar gobernada por un mecanismo dúctil

El principal problema con el que nos vamos a encontrar en el diseño de las conexiones a los muros disipadores es que tendremos cargas concentradas relativamente grandes aplicadas a muros de poco espesor y con limitaciones de borde lo que propicia fallas frágiles asociadas al hormigón.

Generalmente los posibles modos de falla que pueden presentarse en los anclajes son: resistencia a tracción del acero del anclaje, resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes en tracción, resistencia a la extracción por deslizamientos en tracción, resistencia al desprendimiento lateral del

concreto por tracción de anclajes con cabeza, resistencia a la adherencia en tracción, resistencia del anclaje en cortante al arrancamiento y resistencia del anclaje en cortante al desprendimiento del concreto. (ACI Committee & International Organization for Standardization, 2019).

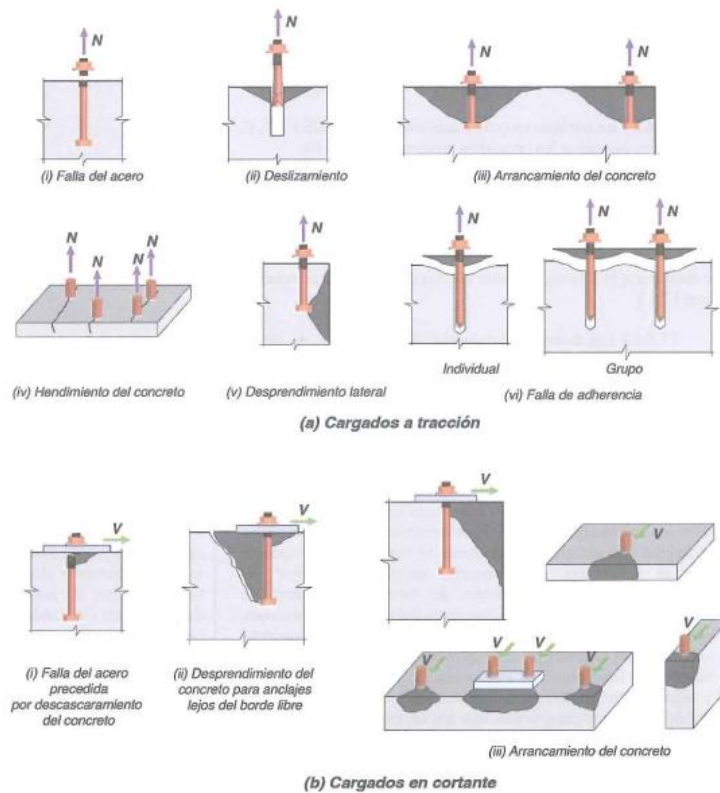


Figura 15: Modos de falla de anclajes

Fuente: Extraído del Reglamento para concreto Estructural ACI 318-19

2.3 Definición de términos básicos

- **Disipador sísmico:** Los disipadores sísmicos son los encargados de suprimir la energía sísmica producto de un evento telúrico, para así proteger la estructura y que este no llegue al fallo.
- **Rigidez:** Es la capacidad de la materia de resistir la deformación cuando se le está aplicando una determinada fuerza.
- **Ductilidad:** Es una propiedad física de la materia de deformarse sin que este se rompa.
- **Sismo:** Conjunto de vibraciones en la superficie terrestre producidas por la liberación de energía en las placas tectónicas.

- Espectro de diseño sísmico: Son envolventes de espectros no lineales de capacidad que pueden calcularse para distintos sistemas de aislamientos, permite evaluar la magnitud del desplazamiento máximo de una estructura en cierto periodo.
- Modo de vibración: Es un patrón determinado en el que vibrará una estructura.
- Periodo: Es el tiempo de duración de un evento o ciclo repetitivo.
- Ciclo histérico: Se representa en una gráfica de carga vs desplazamiento, el ciclo histérico representa matemáticamente la energía disipada durante un determinado ciclo en un evento sísmico.
- Derivas: Es el desplazamiento de manera horizontal de un punto y otro entre dos niveles consecutivos de una edificación.
- Fuerza basal: Es la fuerza lateral total como consecuencia de cada fuerza cortante acumulativa de cada piso que se encuentra en una edificación producto de las fuerzas inerciales de la estructura.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

El análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores Shear Link Bozzo “SLB”, cumple con los requerimientos operacionales permisibles de acuerdo a la norma E.030-2018.

3.1.2 Hipótesis secundaria

- Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación sin disipadores “SLB” cumplen con los desplazamientos máximos permisibles de la norma E.030-2018.
- Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación reforzada con disipadores “SLB” cumplen en mejor medida con los desplazamientos máximos permisibles de la norma E.030-2018.
- La edificación de 7 pisos reforzada con disipadores “SLB” absorbe mejor la energía sísmica ante otra edificación tradicional de 7 pisos.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

3.2.1.1 Variable independiente

Según Javier Murillo (2010) una variable independiente es la característica o propiedad que suponemos es la causa del fenómeno estudiado y es este término el que vamos a emplear para referirnos a la variable que el investigador va a manipular. (pág. 9)

Variable independiente: Análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos.

3.2.1.2 Variable dependiente

Según Javier Murillo (2010) “una variable dependiente es la variable que recopila las modificaciones que tienen lugar al manipular la variable independiente. Será aquello que debemos observar, lo que tendremos que medir y aquello que nos facilitará la información que tener en cuenta.” (pág. 10)

Variable dependiente: Disipador de energía Shear Link Bozzo.

3.2.2 Operacionalización de las variables

Según Borja (2012) “la operacionalización de las variables es el proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas en la hipótesis, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse.” (pág. 24). Ver matriz operacional de variables en anexo 2

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1 Tipo y nivel de la investigación

4.1.1. Tipo

Según Borja (2012), una investigación aplicada plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (pag.10)

Según Borja (2012), la investigación cuantitativa plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (pag.11)

La presente investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, ya que se analizó una mejora en el desempeño sísmico de la estructura utilizando disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo (SLB) como sistema de protección de desastres ante un sismo severo.

4.1.2. Nivel

Según Borja (2012), “una investigación descriptiva investiga y determinan las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio como personas, viviendas, concreto armado, probetas o cualquier otro fenómeno que se quiera estudiar.” (pág13).

Según Borja (2012), “una investigación explicativa (...). Buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste (...).” (pág14).

La presente investigación fue de nivel descriptivo y explicativo, descriptivo ya que se analizó y evaluó la eficiencia del disipador “SLB” (Shear Link Bozzo) incorporado en una estructura de 7 pisos; y explicativo, ya que se evaluó el desempeño estructural ante un sismo severo a través del método de análisis dinámico.

4.2 Diseño de investigación

Según Borja (2012), “Las investigaciones no experimentales no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables.” (pág.13)

Según Borja (2012), “una investigación transversal describe el fenómeno de estudio en un momento determinado del tiempo. No le interesa la evolución del fenómeno” (pág.13).

La presente investigación fue no experimental con diseño transversal porque se modelará una edificación de 7 pisos simulado en un programa para analizar su desempeño estructural con y sin disipadores Shear Link Bozzo (SLB).

4.3. Población y muestra

4.3.1 Población

Según Borja (2012), Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. Si queremos estudiar, por ejemplo, el coeficiente de inteligencia de los estudiantes universitarios del Perú, el universo serán todos los estudiantes universitarios a nivel nacional. Si quisiéramos estudiar los problemas estructurales de las viviendas en la ciudad de Chiclayo, el Universo será todas las viviendas ubicadas en esta ciudad. (pág. 30)

La población de la investigación comprendió todas las edificaciones existentes de 7 pisos de un sistema de muros de concreto dentro del distrito de Chorrillos.

4.3.2 Muestra

Según Borja (2012), sobre la muestra nos dice que: Es obvio que, si cada uno de los sujetos de estudio de una investigación tuvieran exactamente las mismas características, el tamaño requerido de la muestra sería solamente de uno; pero al no presentarse el caso, necesitamos establecer un tamaño de muestra mayor de uno, pero menor que la población total o universo. El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación. (pág.31)

La muestra seleccionada fue el Edificio Multifamiliar el Solar, ubicado en la calle Daniel Urrea N°339, Urb. Cocharcas (Costa Sur), distrito de Chorrillos. El proyecto consiste en un Edificio de Vivienda Multifamiliar con un sótano de estacionamientos, seis pisos y Azotea. La estructura está constituida por

columnas, vigas y muros de concreto armado. El techo es una losa aligerada de 0.20m y 0.22m de espesor. La cimentación consiste en zapatas conectadas y cimientos corridos.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

4.4.1.1 Técnicas:

Según Borja (2012), las técnicas son las formas en que se irá recopilando información del tema en diferentes formatos.

La técnica que se aplicó en la presente investigación fue la observación directa, ya que se observa cómo varía estructuralmente la edificación al implementar un sistema disipante de energía; y documental, ya que se obtiene información a base de fuentes bibliográficas y planos.

4.4.1.2 Instrumentos:

- Norma técnica peruana E.020 (Cargas).
- Norma técnica peruana E.030 (Diseño sismorresistente).
- Norma técnica peruana E.060 (Diseño de Concreto Armado).
- Planos del proyecto Edificio Multifamiliar El Solar.
- Manual “Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB”.
- ETABS V18.0.2.
- AutoCAD 2022.
- Excel.
- Plugin DissipaSLB V23.0.0

4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente tesis fueron válidos y confiables porque se está utilizando los planos de un proyecto aprobado la cual se nos fue validada para su uso en la presente tesis por el ingeniero responsable, estos diseños se han desarrollado de acuerdo con las exigencias del Reglamento Nacional de Construcciones, entre ellas La norma de Cargas E.020 para verificar las cargas aplicadas a la estructura, la norma de diseño sismorresistente E.030 para obtener los parámetros necesarios al realizar un

análisis estático y dinámico complementándose con la norma de concreto armado E.060 con la finalidad de aplicar las combinaciones correspondientes al tipo del sistema estructural. También por el uso de softwares especiales los cuales están certificados internacionalmente.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

- Procedimiento 1:

En primer lugar, se obtiene datos de la edificación en los planos del proyecto como lo son sus dimensiones, zonificación, uso de edificación y tipo de suelo. Luego teniendo sus características se obtiene los parámetros sísmicos de la estructura de acuerdo a la norma peruana E.020, E.030 y la E.060, y se modelará la estructura en ETABS, A continuación, se realizará el análisis dinámico modal espectral de la estructura, con ella tendremos resultados de derivas, fuerzas de entepiso, diagramas cortantes y torsiones.

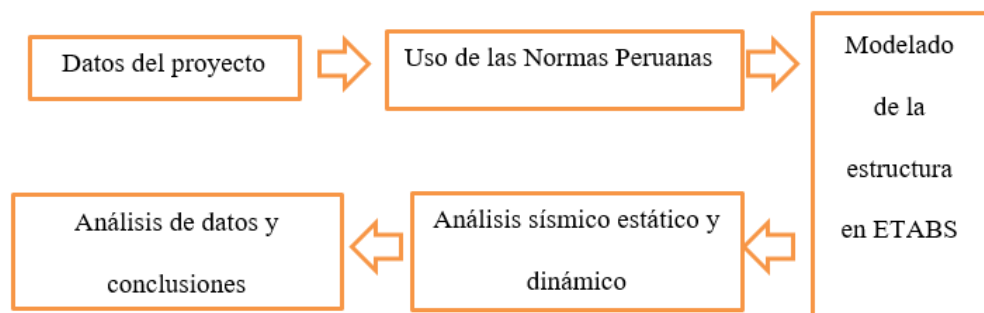


Figura 16: Análisis estático y dinámico del modelo sin SLB

Fuente: Elaboración Propia

- Procedimiento 2 y 3:

Para el segundo y tercer objetivo, de los datos obtenidos del modelo ya analizado, se procede a ubicar el dispositivo según la demanda rigidez y de la fuerza cortante que se ubicaran en las tablas del manual de Bozzo para luego iterar de manera directa e inversa con la finalidad de obtener la dimensión del dispositivo que satisfaga las solicitaciones correspondientes. Finalmente, procesamos la información adquirida para sus conclusiones de la investigación.

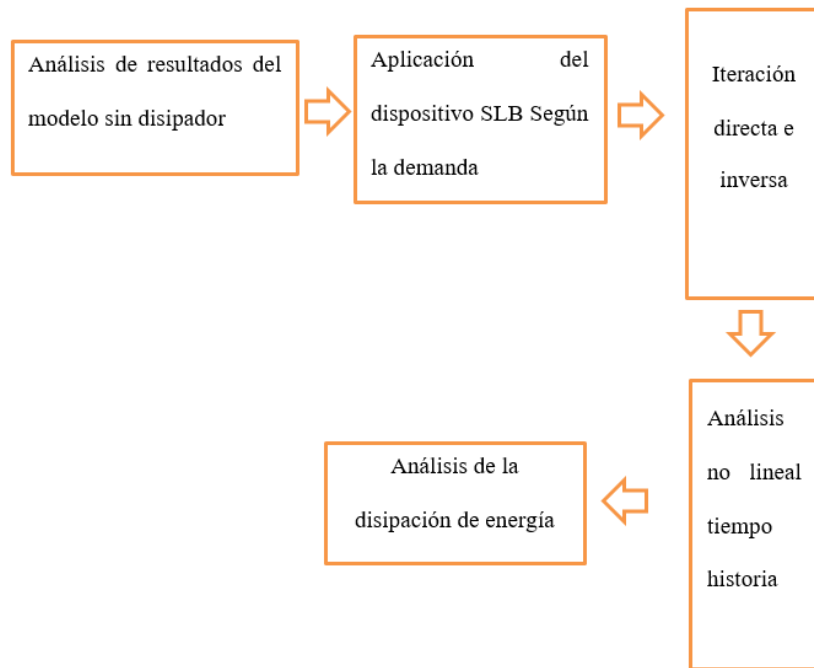


Figura 17: Análisis dinámico y tiempo historia no lineal con SLB
Fuente: Elaboración Propia

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

En esta investigación se usará información de varias fuentes bibliográficas confiables, para el diseño del disipador se usó el manual de Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L. “Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB”, normas vigentes y actualizadas, la extracción de información de los acelerogramas obtenidos del CISMID y además de la implementación de softwares como el ETABS V18.0.2 complementado con el plugin Dissipa SLB y AUTOCAD2022.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Modelado de la edificación en ETABS

5.1.1 Definición de material

El proyecto según la memoria de cálculo, indican la implementación de un concreto con resistencia de 210 kg/cm², mediante la fórmula de $15100 * \sqrt{F'c}$ se obtuvo la elasticidad de 218819.78 kg/cm, adicionalmente implementaron un esfuerzo de fluencia del acero de 4200 kg/cm² con una elasticidad de 2100000 kg/cm²

5.1.2 Definición de secciones

Tabla 5: Secciones de Vigas

Vigas	B(cm)	H(cm)
V1	30	20
V2	25	55
V3	20	55
V4	30	20
V5	30	55
V6	15	45
V7	10	20
V8	15	60
V9	20	55
V10	30	22
V11	30	15
V12	20	15
V13	40	22
V14	25	20
V15	15	55
V16	20	20

Fuente: Elaboración Propia

La estructura presenta secciones de vigas como se muestra en la tabla 1, también se tienen las siguientes secciones de losas aligeradas (H=0.22 y 0.22, S/C =200 Kg/m²), losas macizas (H=0.20 y 0.22, S/C =200 Kg/m²) y columnas (0.15x0.50).

5.1.3 Asignación de cargas

- Carga muerta = 300 Kg/cm²
- Carga viva = 200 Kg/cm²

5.1.4 Asignación de parámetros

Para definir el espectro inelástico de pseudo-aceleraciones se tomaron los siguientes datos de la tabla 6.

Tabla 6: Resumen de las condiciones de cimentación

Norma E-050 de suelos y cimentaciones		
Resumen de las condiciones de cimentación		
Profesional responsable: Ing. Edgar Flores Azañero		
Tipo de cimentación: Platea de cimentación		
Estrato de apoyo de la cimentación: Suelo gravoso		
Profundidad de napa freática: No encontrada en este EMS		
Parámetros de diseño		
Profundidad de cimentación: Indicada, min. 2.00m Debajo		
Del NPT del terreno		
Presión Admisible	5.00 kg/cm ²	Df= -5.00m
	2.00 kg/cm ²	Df= -2.00m
Factor de seguridad al corte: 3		
Asentamiento diferencial:		0.76cm
Parámetros sísmicos	Z	0.45
Zona sísmica	U	1.00
Uso	S	1.00
Tipo de perfil de suelo	Tp	0.40
Periodos	Tl	2.50
Agresividad del suelo a la cimentación: Despreciable		
Usar cemento Tipo I		
Problemas especiales de cimentación: No hay		

Fuente: Proyecto MALECÓN SUR S.A.C

- Factor de zona : $Z=0.45g$ (Lima, zona 4)
- Categoría de la edificación : C (edificaciones comunes)
- Factor de uso: $U = 1.00$ (edificaciones comunes).
- Parámetros del suelo :
 $S=1.00$; $TL=2.50$; $TP=0.40$ seg (Perfil tipo S1)
- Factor de reducción:
 $R_x = 6.0$ (concreto armado de muros estructurales); $l_a = 1.0$; $l_p = 0.75$
 $R_y = 6.0$ (concreto armado de muros estructurales); $l_a = 1.0$; $l_p = 0.75$

5.2 Análisis Estático

5.2.1 Verificación de Derivas

Los resultados obtenidos, a nivel de desplazamientos relativos de entrepiso, para cada dirección, son los siguientes:

Tabla 7: Deriva elástica en la dirección X

Nivel	Caso	Tipo de Análisis	Dirección	Drift
Azotea	Sx	LinStatic	X	0.0033
Sexto Piso	Sx	LinStatic	X	0.0034
Quinto Piso	Sx	LinStatic	X	0.0036
Cuarto Piso	Sx	LinStatic	X	0.0036
Tercer Piso	Sx	LinStatic	X	0.0034
Segundo Piso	Sx	LinStatic	X	0.0029
Primer Piso	Sx	LinStatic	X	0.0021
Semisótano	Sx	LinStatic	X	0.0009

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Deriva elástica en la dirección Y

Nivel	Caso	Tipo de Análisis	Dirección	Drift
Azotea	Sy	LinStatic	Y	0.0007
Sexto Piso	Sy	LinStatic	Y	0.0007
Quinto Piso	Sy	LinStatic	Y	0.0007
Cuarto Piso	Sy	LinStatic	Y	0.0007
Tercer Piso	Sy	LinStatic	Y	0.0007
Segundo Piso	Sy	LinStatic	Y	0.0006
Primer Piso	Sy	LinStatic	Y	0.0004
Semisótano	Sy	LinStatic	Y	0.0002

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo una deriva máxima en la dirección x en el cuarto piso de 0.0036 y una deriva máxima en la dirección y en el cuarto piso de 0.00078

5.2.2 Verificación de Fuerza Cortante en la Base

Según lo establecido en el numeral 28.2 de la Norma E.030, para obtener la fuerza cortante total en la base de la estructura, tomando en cuenta la dirección y utilizando la siguiente expresión:

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

Insertamos los parámetros del acápite 5.1.4 de la presente tesis, para obtener las fuerzas cortantes en la base de la edificación, obteniendo un cortante estático de 413.53 tonf para las dos direcciones.

5.3 Análisis Dinámico

5.3.1 Aceleración Espectral

Se utilizaron espectros inelásticos de pseudo-aceleraciones para cada una de las direcciones horizontales analizadas como lo establece la norma E0.30 en el artículo 29, acápite 29.2, dichos espectros se calculan con la siguiente expresión:

$$Sa = \frac{(Z * U * C * S)}{R} * g$$

Como se ve en la figura 18 en el programa ETABS se colocaron los parámetros registrados en el acápite 5.1.4 de la presente tesis para generar la curva de espectros inelásticos de pseudo-aceleraciones para un $R=6 \times 1 \times 0.75$.

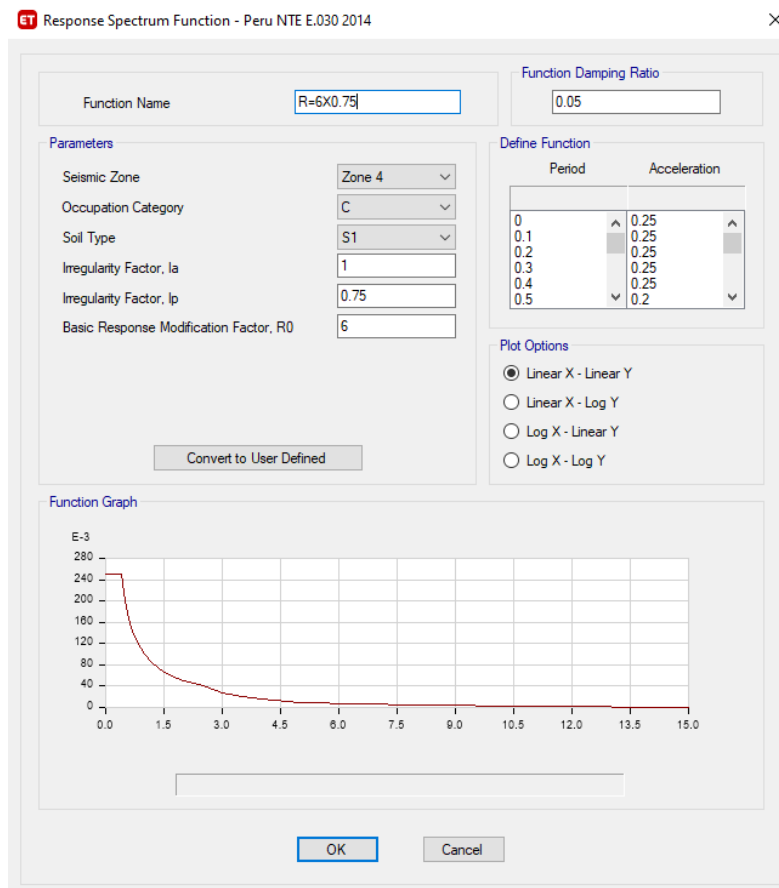


Figura 18: Función de espectro de respuesta en ETABS

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Verificación de Derivas

Debido a que la estructura presenta irregularidad y según lo establecido en el artículo 31 del acápite 31.1 de la norma E.030 establece que, para obtener las

derivadas inelásticas para estructuras irregulares, se debe multiplicar por 0.85R los resultados del análisis lineal estático, dando como resultados, a nivel de desplazamientos relativos de entrepiso para cada dirección, lo siguiente:

Tabla 9: Deriva inelástica en la dirección X

Nivel	Caso	Tipo de Análisis	Dirección	Drift
Azotea	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0061
Sexto Piso	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0064
Quinto Piso	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0066
Cuarto Piso	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0065
Tercer Piso	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0061
Segundo Piso	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0052
Primer Piso	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0037
Semisótano	DX(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	X	0.0016

Fuente: Elaboración Propia

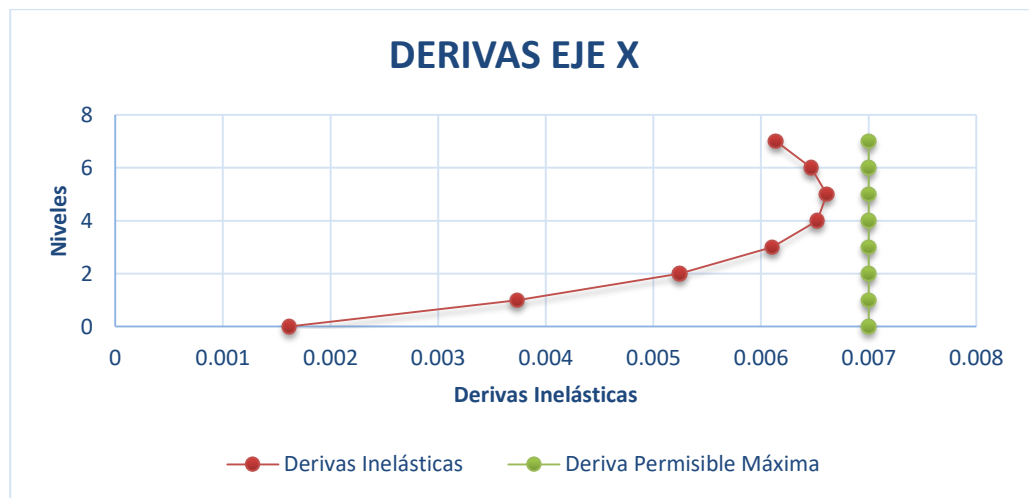


Figura 19: Grafica de deriva inelástica en el eje x

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica de la figura 19 podemos ver que las derivas inelásticas para la dirección x, no sobrepasan la deriva máxima permisible de 0.007 para estructuras de concreto armado como lo establece el artículo 32 de la norma E030. Obteniendo una deriva máxima de 0.0066 en el quinto piso.

Tabla 10: Deriva inelástica en la dirección Y

Nivel	Caso	Tipo de Análisis	Dirección	Drift
Azotea	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0023
Sexto Piso	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0022
Quinto Piso	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0023
Cuarto Piso	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.002
Tercer Piso	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0021
Segundo Piso	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0018
Primer Piso	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0013
Semisótano	DY(0.85(0.75Ro)	LinRespSpec	Y	0.0006

Fuente: Elaboración Propia

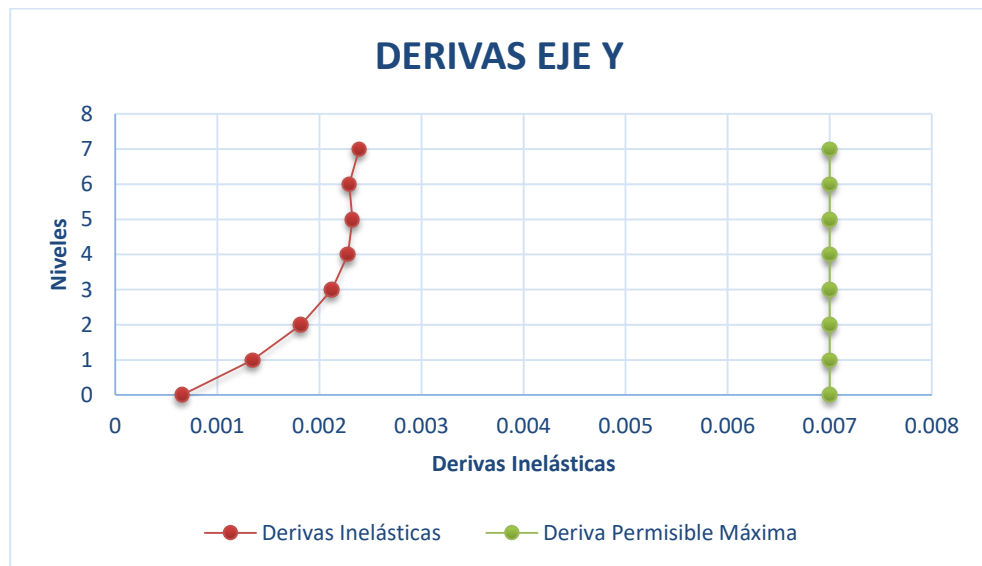


Figura 20: Grafica de deriva inelástica en el eje x

Fuente: Elaboración Propia

De la gráfica de la figura 20 podemos ver que las derivas inelásticas para la dirección Y, no sobrepasan la deriva máxima permisible de 0.007 para estructuras de concreto armado como lo establece el artículo 32 de la norma E030. Donde las derivas de la dirección Y son menores a la dirección X debido a la mayor presencia de muros estructurales en la dirección Y. Obteniendo una deriva máxima de 0.00239 en la azotea.

5.3.3 Verificación de Cortante Sísmica Dinámica

Tabla 11: Cortante estático y dinámico

Dirección	Cortante dinámico (tonf)	Cortante estático (tonf)	90% cortante estático (tonf)
X-X	183.29	413.53	372.17
Y-Y	283.15	413.53	372.17

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que la estructura presenta irregularidad en planta, el cortante dinámico en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 90% del cortante elástico, para lo cual se escala proporcionalmente el cortante dinámico según lo establecido en la Norma E0.30 en el artículo 29, acápite 29.4.

Como se ve en la tabla 5 el 90% del cortante estático es mayor que el cortante dinámico en ambas direcciones, debido a esto será necesario un incremento del cortante dinámico.

$$\text{Dirección x: } 372.17/183.29 = 2.03$$

$$\text{Dirección y: } 372.17/283.15 = 1.31$$

Tabla 12: Cortante corregido

Dirección	Factor de escala	Cortante corregido (tonf)
X-X	2.03	372.17
Y-Y	1.31	372.17

Fuente: Elaboración Propia

5.3.4 Verificación de Periodos de vibración

Los periodos de vibración fundamentales de la estructura son los siguientes:

Tabla 13: Periodos de vibración sin disipador

Dirección	Período T (seg)	%Participación
X-X	0.633	62.25
Y-Y	0.316	65.39

Fuente: Elaboración Propia

Puede apreciarse que los porcentajes de participación de los modos fundamentales en la dirección X-X e Y-Y son alto, lo cual indica que el edificio presenta poca irregularidad torsional.

5.4 Análisis de Resultados sin Disipador

5.4.1 Derivas sin disipador SLB

Tabla 14: Verificación de derivas de la estructura sin disipador “SLB” eje X

Nivel	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva Permisible máxima
Azotea	0.0033	0.0061	0.007
Sexto Piso	0.0034	0.0064	0.007
Quinto Piso	0.0036	0.0066	0.007
Cuarto Piso	0.0036	0.0065	0.007
Tercer Piso	0.0034	0.0061	0.007
Segundo Piso	0.0029	0.0052	0.007
Primer Piso	0.0021	0.0037	0.007
Semisótano	0.0009	0.0016	0.007

Fuente: Elaboración Propia

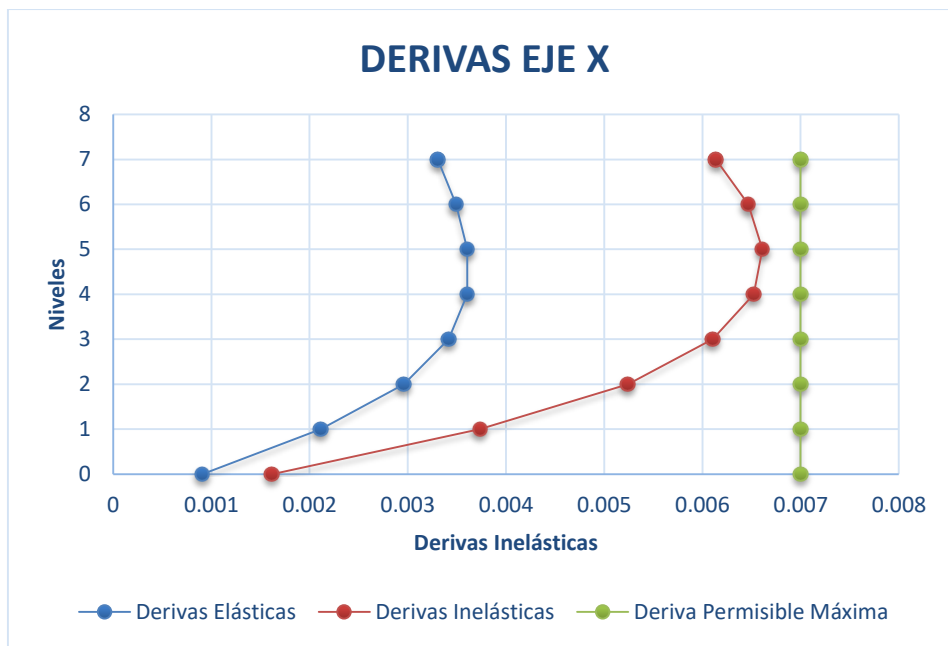


Figura 21: Deriva de entrepiso de la edificación en eje X sin disipador

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Verificación de derivas de la estructura sin disipador “SLB” eje Y

Nivel	Deriva elástica	Deriva	Deriva Permissible
		inelástica	máxima
Azotea	0.0007	0.0023	0.007
Sexto Piso	0.0007	0.0022	0.007
Quinto Piso	0.0007	0.0023	0.007
Cuarto Piso	0.0007	0.002	0.007
Tercer Piso	0.0007	0.0021	0.007
Segundo Piso	0.0006	0.0018	0.007
Primer Piso	0.0004	0.0013	0.007
Semisótano	0.0002	0.0006	0.007

Fuente: Elaboración Propia

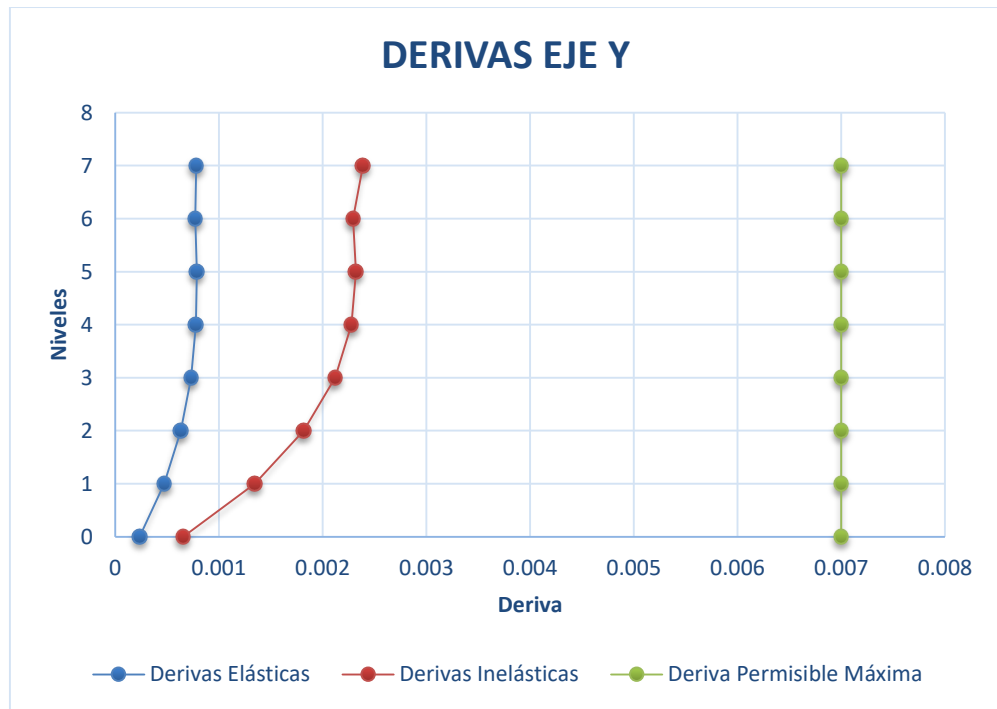


Figura 22: Deriva de entripiso de la edificación en eje Y sin disipador

Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en la figura 21 y 22, las derivas inelásticas de la estructura en la dirección X e Y no superan la deriva máxima para concreto armado según tabla 11 de la norma E0.30

5.4.2 Fuerzas Cortantes

Tabla 16: Fuerza cortante en eje X sin disipador SLB

Nivel	H(m)	Análisis Estático (tonf)	Análisis Dinámico (tonf)	Análisis Dinámico Escalado (tonf)
Azotea	3.0	57.039	38.512	78.180
Sexto Piso	2.7	143.859	77.637	157.603
Quinto Piso	2.7	220.155	105.787	214.748
Cuarto Piso	2.7	283.735	128.686	261.233
Tercer Piso	2.7	334.599	148.630	301.718
Segundo Piso	2.7	372.747	165.650	336.269
Primer Piso	2.7	398.037	177.279	359.877
Azotea	2.7	413.540	183.297	372.093

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Fuerza cortante en eje Y sin disipador SLB

Nivel	H(m)	Análisis Estático (tonf)	Análisis Dinámico (tonf)	Análisis Dinámico Escalado (tonf)
Azotea	3.0	57.039	54.161	71.168
Sexto Piso	2.7	143.859	116.502	153.083
Quinto Piso	2.7	220.155	168.194	221.007
Cuarto Piso	2.7	283.735	208.599	274.099
Tercer Piso	2.7	334.599	239.326	314.474
Segundo Piso	2.7	372.747	261.861	344.086
Primer Piso	2.7	398.037	276.128	362.833
Azotea	2.7	413.540	283.157	372.068

Fuente: Elaboración Propia

Según las tablas 16 y 17, se corrigieron las fuerzas cortantes dinámicas de acuerdo a lo establecido en la norma E0.30, donde se observa que el último piso presenta una menor fuerza cortante mientras que en el semisótano se presenta la mayor fuerza cortante.

5.5 Pre dimensionamiento de disipadores

5.5.1 Ubicación de los disipadores

Se inició con la información obtenida del análisis dinámico de las tablas 9 y 10 tanto en los ejes X-X e Y-Y, obteniendo mayores desplazamientos en el eje X-X debido a que en el eje Y-Y hay mayor presencia de muros de concreto armado, mientras que en el eje X-X se presentan solo 3 muros de concreto armado de 2 m en promedio, para lo cual se planteó colocar muros desacoplados en los ejes X-X.

Luego, se revisaron los planos de arquitectura y estructura para adecuar la ubicación de los muros desacoplados como se ven en las figuras 23 y 24.

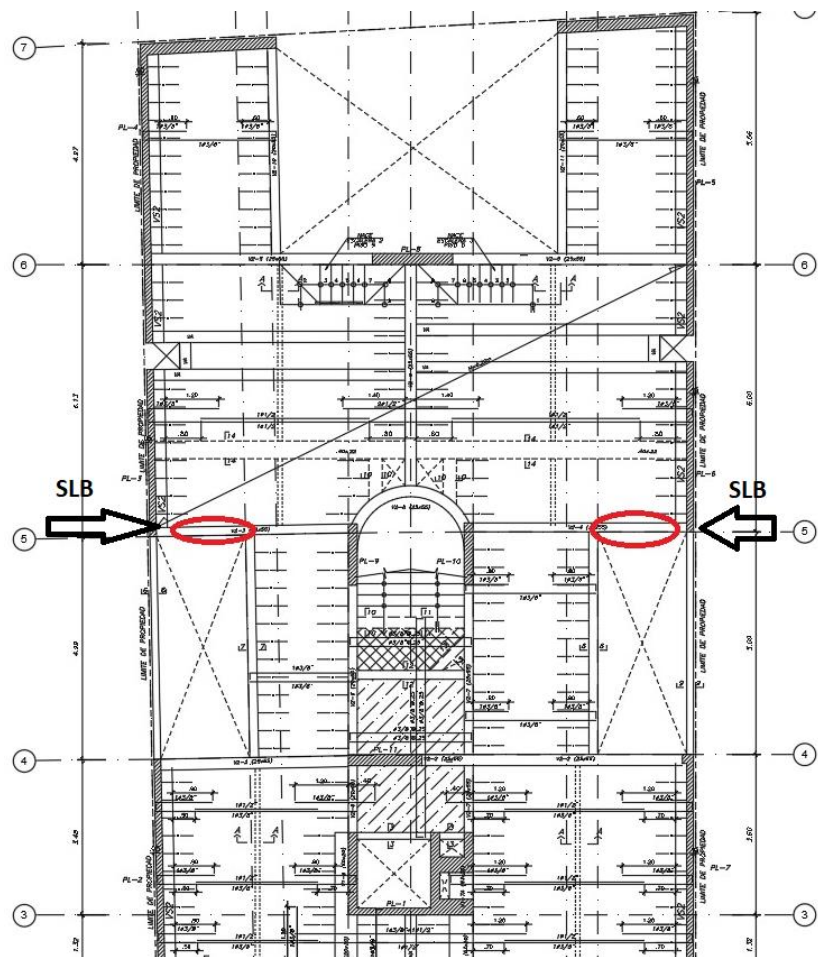


Figura 23: Ubicación de pórtico en planta estructural zona de estacionamiento
Fuente: Adaptado de Proyecto MALECÓN SUR S.A.C

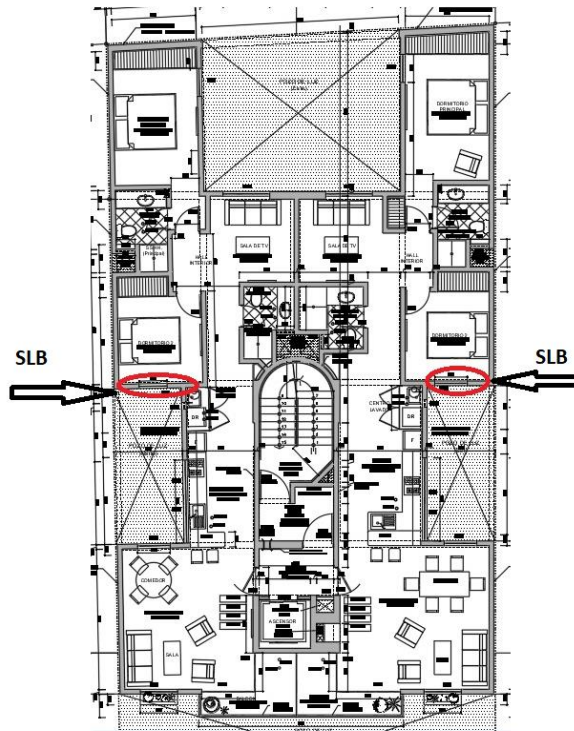


Figura 24: Ubicación pórtico en planta arquitectónica en piso típico
 Fuente: Adaptado de Proyecto MALECÓN SUR S.A.C

Finalmente, ubicados los pórticos, se analizó la estructura modificada con y sin los dispositivos para observar una mejora siguiendo los requerimientos de la norma E-0.30.

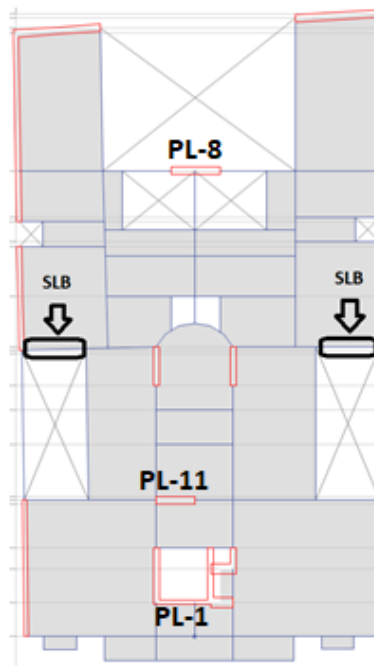


Figura 25: Ubicación de placas en planta por modificar
 Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 25 y 26 se ubicaron los muros desacoplados en el eje 5-5 de espesores de 25cm, diseñando pórticos con secciones de columnas de 30x50 cm.

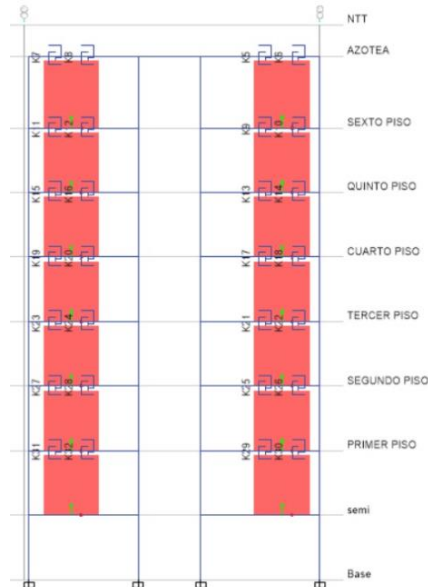


Figura 26: Vista en elevación de pórticos eje 5-5
Fuente: Elaboración Propia

La ventaja que nos dan los muros desacoplados fue de tener una discontinuidad en el semisótano para no interrumpir el flujo vehicular.

5.5.2 Iteración Directa

Para la primera iteración directa se consideró un dispositivo con la menor dimensión posible, el cual fue el SLB2 6_2.

The screenshot shows the DissipaSLB software interface. The 'Direct Iteration' tab is active. The 'Table of Results' displays the following data:

	Dissipator	Fy (kN)	Fy max (kN)	Dissipator ETABS	Fy (kN) ETABS	Fy max (kN) ETABS	V2 (k-N) t	D/C t	Dissipator t.
	SLB3 40_6	528.70	967.95	SLB3 50_8	814.70	1474.50	1140.95	1.40	Ok!
	SLB3 25_8	430.70	776.40	SLB3 40_8	660.90	1195.00	976.79	1.48	Ok!
	SLB3 25_8	430.70	776.40	SLB3 40_8	660.90	1195.00	969.28	1.47	Ok!
	SLB3 30_8	508.00	915.50	SLB3 50_7	730.30	1326.80	1071.19	1.47	Ok!
	SLB3 30_8	508.00	915.50	SLB3 50_8	814.70	1474.50	1174.19	1.44	Ok!
	SLB3 25_8	430.70	776.40	SLB3 40_7	595.40	1082.30	883.33	1.48	Ok!
	SLB3 25_8	430.70	776.40	SLB3 40_7	595.40	1082.30	876.80	1.47	Ok!
	SLB3 30_8	508.00	915.50	SLB3 40_8	660.90	1195.00	973.98	1.47	Ok!
	SLB3 40_6	528.70	967.95	SLB3 50_7	730.30	1326.80	1091.86	1.50	Ok!
	SLB3 30_7	461.30	838.79	SLB3 30_8	508.00	915.50	743.87	1.46	Ok!
	SLB3 30_7	461.30	838.79	SLB3 30_8	508.00	915.50	739.55	1.46	Ok!
	SLB3 30_7	461.30	838.79	SLB3 40_7	595.40	1082.30	882.35	1.48	Ok!
	SLB3 30_7	461.30	838.79	SLB3 40_6	528.70	967.95	776.35	1.47	Ok!

The interface also shows 'Parameters of Analysis' on the left, including 'Load Combination', 'Type of Dissipator' (SLB), and 'D/C Ratio' (1.5). The 'Table of Results' is titled 'Direct Iteration' and shows 3 iterations completed.

Figura 27: Iteración Directa
Fuente: Software DissipaSLB

La fuerza cortante y fuerza de fluencia deben tener una relación demanda capacidad no menor a 1.5, para lo cual se tuvieron que iterar 3 veces con ayuda del software DissipaSLB, obteniendo la tabla mostrada en el anexo 5

5.5.3 Iteración Inversa

Se gestionó la fuerza de fluencia media con la cual se pudo homogeneizar el resto de dispositivos, para lo cual se usó un esfuerzo de fluencia de 500 kN con la condición que la fuerza cortante y fuerza de fluencia deben tener una relación demanda capacidad entre 1 a 1.5.

id	Ficcional Link	VZ (kN) k	D/C k	Results (Iteration)	Disruptor (Link #)	KT (kN/cm) k	Deformation (Link mm) k	Search K (kN/cm) k	Redundant Link k
119	SLB3 25_6	600.99	1.30	OK	SLB2 6_5	439.60	13.671	388.04	OK
120	SLB3 25_6	600.69	1.30	OK	SLB2 6_5	439.60	13.664	388.24	OK
141	SLB3 30_7	599.73	1.30	OK	SLB2 8_2	592.87	10.116	524.41	OK
152	SLB3 25_7	616.58	1.34	OK	SLB2 8_2	592.87	10.400	510.09	OK
182	SLB3 25_7	528.42	1.15	OK	SLB2 6_5	439.60	12.021	441.31	OK
128	SLB3 25_7	528.12	1.14	OK	SLB2 6_5	439.60	12.014	441.56	OK
102	SLB3 25_8	622.96	1.35	OK	SLB2 8_2	592.87	10.507	504.9	OK
117	SLB3 25_8	622.41	1.35	OK	SLB2 8_2	592.87	10.498	505.33	OK
16	SLB3 25_6	631.06	1.37	OK	SLB2 8_2	592.87	10.644	498.4	OK
132	SLB3 25_6	630.64	1.37	OK	SLB2 8_2	592.87	10.637	498.73	OK
11	SLB3 25_7	645.76	1.40	OK	SLB2 8_2	592.87	10.892	487.05	OK
164	SLB3 25_7	646.19	1.40	OK	SLB2 8_2	592.87	10.899	486.74	OK
49	SLB3 25_7	624.51	1.35	OK	SLB2 8_2	592.87	10.534	503.6	OK
48	SLB3 25_7	624.09	1.35	OK	SLB2 8_2	592.87	10.527	503.94	OK

Figura 28: Iteración Indirecta
Fuente: Software DissipaSLB

Como se muestra en la tabla del anexo 6 y 7, se obtuvo un disipador SLB3_30 que se utilizará en el análisis tiempo historia, en planos y en la obra de la edificación.

5.5.4 Registros Sísmicos Implementados

Para realizar el análisis tiempo-historia, según norma E0.30 se debe contar con un mínimo de 3 registros sísmicos para lo cual se usaron los siguientes registros sísmicos:

Tabla 18: Registros Sísmicos utilizados

Localización de la estación	Aceleración máxima (cm/s ²)	
	E-W	N-S
LIM004 (2007)	78.73	-69.05
PQR (1970)	-105.05	-97.81
PQR (1974)	-194.21	180.09

Fuente: Adaptado del CISMID

De acuerdo a los registros sísmicos obtenidos del CISMID, se obtuvieron los acelerogramas los cuales ya venían con la corrección de la línea base, de este modo se cargaron en el software ETABS para proceder con el escalado de cada componente, de esta manera se realizó el análisis tiempo-historia correspondiente en cada dirección.

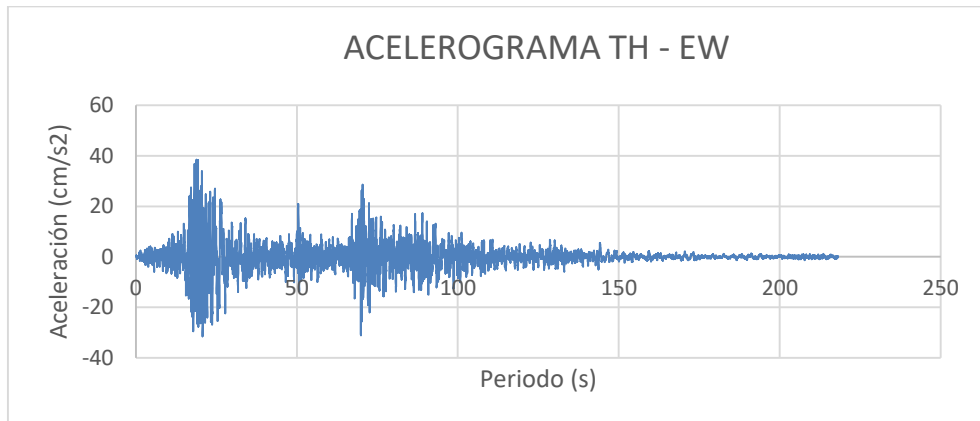


Figura 29: SISMO ICA 2007 E-W
Fuente: Elaboración Propia, extraído y modificado del CISMID

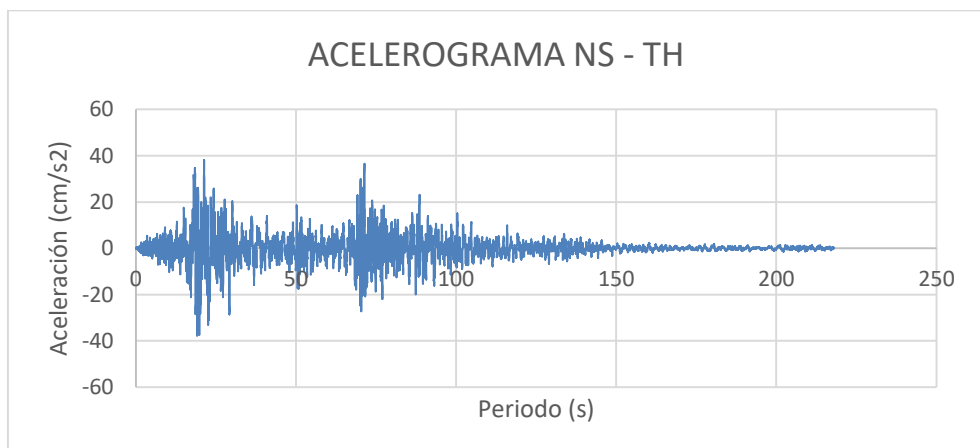


Figura 30: SISMO ICA 2007 N-S
Fuente: Elaboración Propia, extraído y modificado del CISMID

Los acelerogramas de la figura 29 y 30 se obtuvieron del CISMID de la estación Casa Dr. Piqué localizado en la Molina, Lima, con el código LIM004 registrando una magnitud de 7.0 ML en Pisco en el año 2007, con una aceleración máxima de 78.73 cm/s² en la dirección EW teniendo 64400 datos cada 0.005 segundos teniendo una línea base corregida.

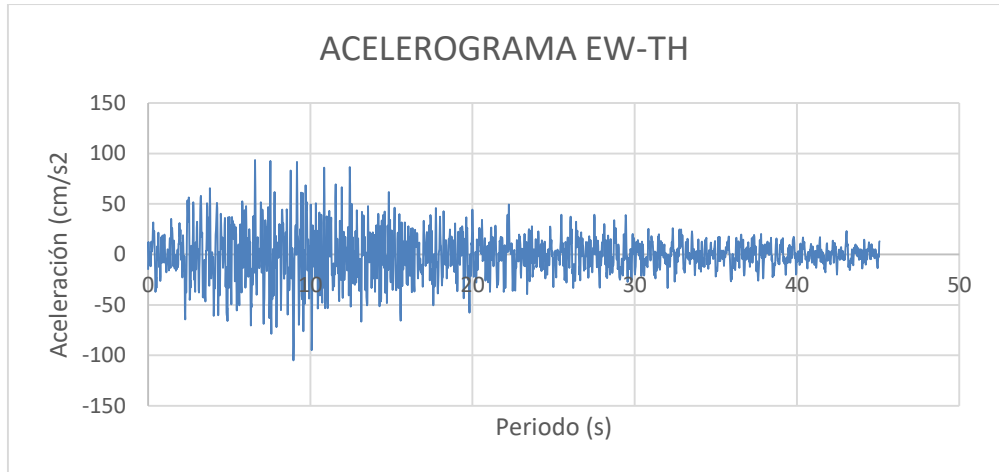


Figura 31: SISMO LIMA 1970 E-W.
 Fuente: Elaboración Propia, extraído y modificado del CISMID

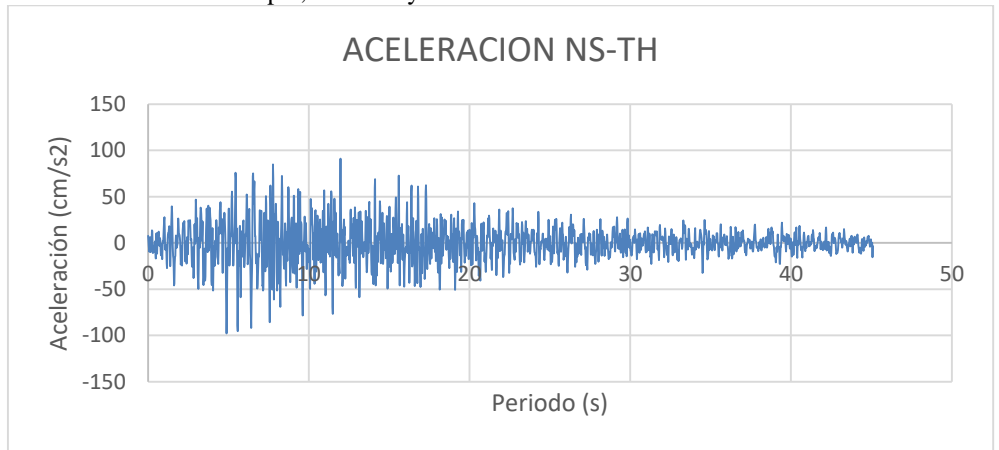


Figura 32: SISMO LIMA 1970 N-S.
 Fuente: Elaboración Propia, extraído y modificado del CISMID

Los acelerogramas de la figura 31 y 32 se obtuvieron del CISMID de la estación Parque de la Reserva ubicado en Cercado de Lima, Lima, con el código PRQ registrando una magnitud de 6.6 ML en Ancash en el año 1970, con una aceleración máxima de 105.05 cm/s² en la dirección EW teniendo 2225 datos cada 0.02 segundos teniendo una línea base corregida.

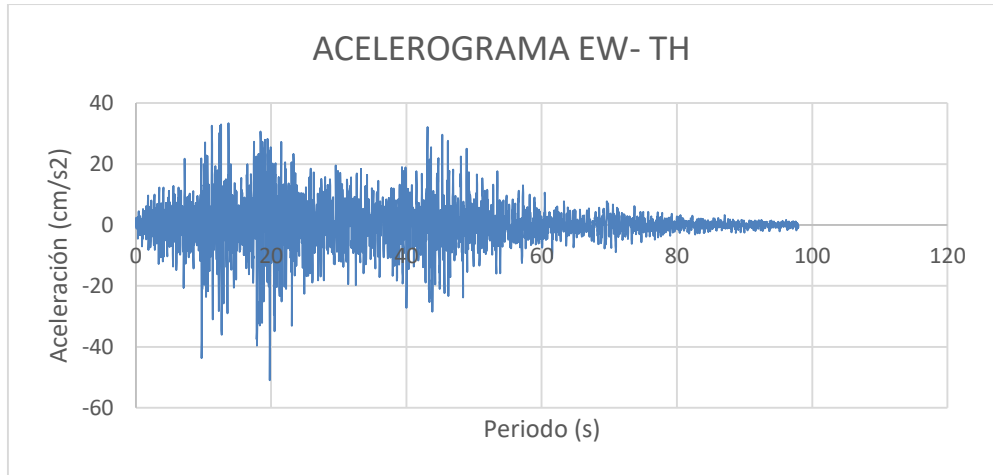


Figura 33: SISMO LIMA 1974 E-W.
Fuente: Elaboración Propia, extraído y modificado del CISMID

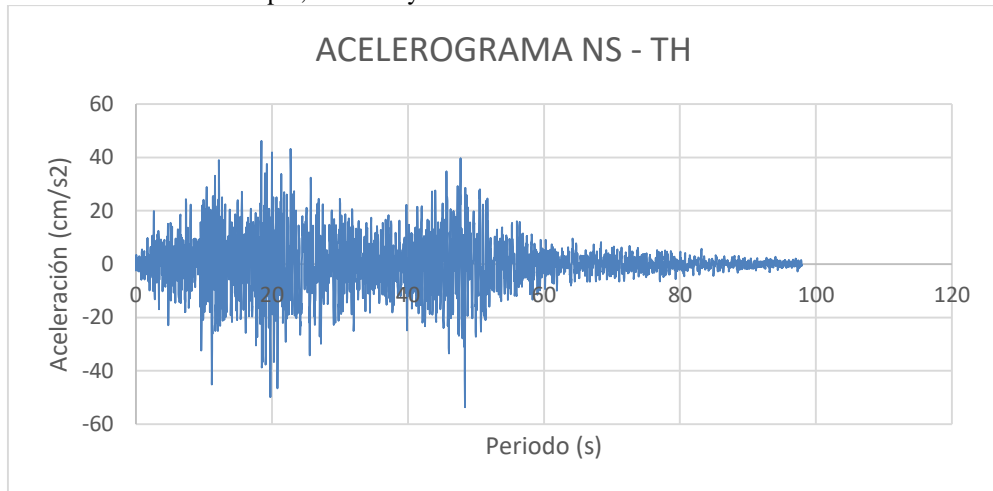


Figura 34: SISMO LIMA 1974 N-S.
Fuente: Elaboración Propia, extraído y modificado del CISMID

Los acelerogramas de la figura 33 y 34 se obtuvieron del CISMID de la estación Parque de la Reserva ubicado en Cercado de Lima, Lima, con el código PRQ registrando una magnitud de 6.6 ML en Lima en el año 1974, con una aceleración máxima de -194.21 cm/s² en la dirección EW teniendo 4899 datos cada 0.02 segundos teniendo una línea base corregida.

Posteriormente se escalan los acelerogramas con un $r=1$ como se indica en el acápite 30.1.4 de la Norma Peruana E0.30, realizando el escalado en el programa ETABASV18.0.2 como se ve en la figura 35.

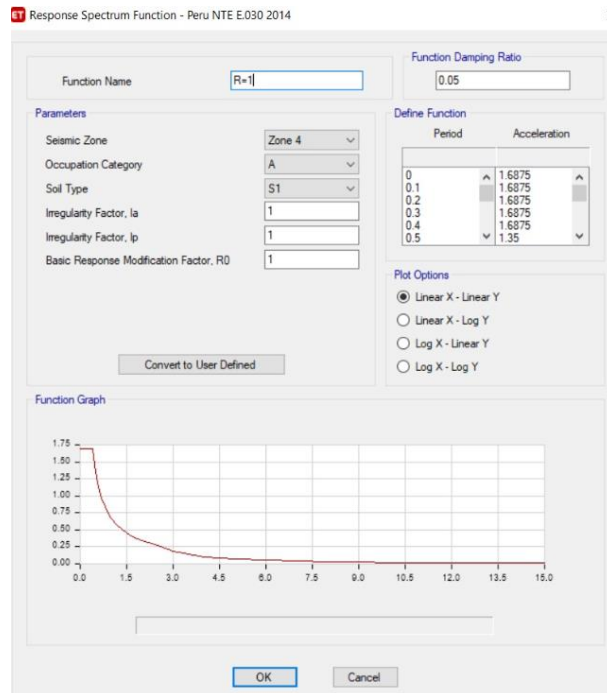


Figura 35: Espectro de aceleración para escalar acelerogramas.
Fuente: Elaboración Propia

De esta manera se obtuvieron las fuerzas en cada nivel de la edificación sin SLB como se ve en la tabla 19 y 20, comparándolas al final con los resultados de la modificación estructural hacia el edificio con SLB.

Tabla 19: Fuerzas Cortantes - Dirección X sin SLB

Nivel	H(m)	1970 N-S MAG6.6 PRQ	1974 N-S MAG6.6 PRQ	2007 N-S MAG7 LIM004
Azotea	3	302.7612	285.2847	272.223
Sexto Piso	2.7	552.1818	527.2657	582.0283
Quinto Piso	2.7	716.322	692.236	785.4062
Cuarto Piso	2.7	882.7495	869.8286	894.6599
Tercer Piso	2.7	1022.6657	1121.8833	1022.6483
Segundo Piso	2.7	1107.6901	1310.8473	1206.2097
Primer Piso	2.7	1177.843	1413.5233	1340.5695
Semisótano	2.7	1228.5462	1444.7016	1435.4522

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Fuerzas Cortantes - Dirección Y (ton) sin SLB

Nivel	H(m)	1970 E-W	1974 E-W	2007 E-W
		MAG6.6 PRQ	MAG 6.6 PRQ	MAG 7 LIM004
Azotea	3	500.338	453.7483	344.8629
Sexto Piso	2.7	1172.1227	1046.0687	841.5357
Quinto Piso	2.7	1693.6734	1499.6881	1252.8829
Cuarto Piso	2.7	2056.041	1811.7706	1561.6837
Tercer Piso	2.7	2279.8962	2005.0622	1762.9107
Segundo Piso	2.7	2397.469	2175.9759	1863.3901
Primer Piso	2.7	2504.5715	2318.5004	1886.5491
Semisótano	2.7	2549.6308	2428.0525	1891.5606

Fuente: Elaboración Propia

5.6 Análisis de Resultados con Disipador

5.6.1 Derivas con “SLB”

Tabla 21: Deriva inelástica con SLB en eje x (ton)

Nivel	H(m)	Caso	Dirección	Derivas Inelásticas con “SLB”
Azotea	3	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0045
Sexto Piso	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0050
Quinto Piso	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0053
Cuarto Piso	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0054
Tercer Piso	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0052
Segundo Piso	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0046
Primer Piso	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0034
Semisótano	2.7	DX(0.85(0.75Ro)	X	0.0016

Fuente: Elaboración Propia

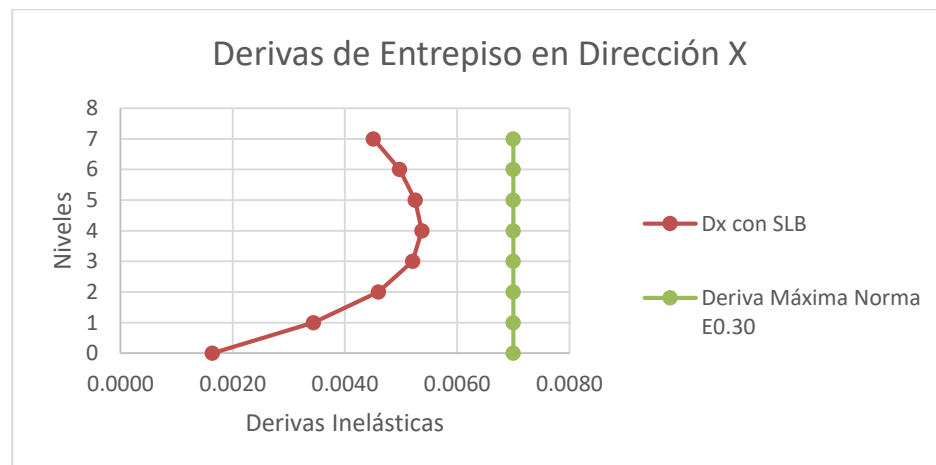


Figura 36: Límite de derivas inelásticas con SLB en eje X.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: Deriva inelástica con SLB en eje y

Nivel	H(m)	Caso	Dirección	Derivas Inelásticas con "SLB"
Azotea	3	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0005
Sexto Piso	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0006
Quinto Piso	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0006
Cuarto Piso	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0006
Tercer Piso	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0005
Segundo Piso	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0004
Primer Piso	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0003
Semisótano	2.7	DY(0.85(0.75Ro)	Y	0.0002

Fuente: Elaboración Propia

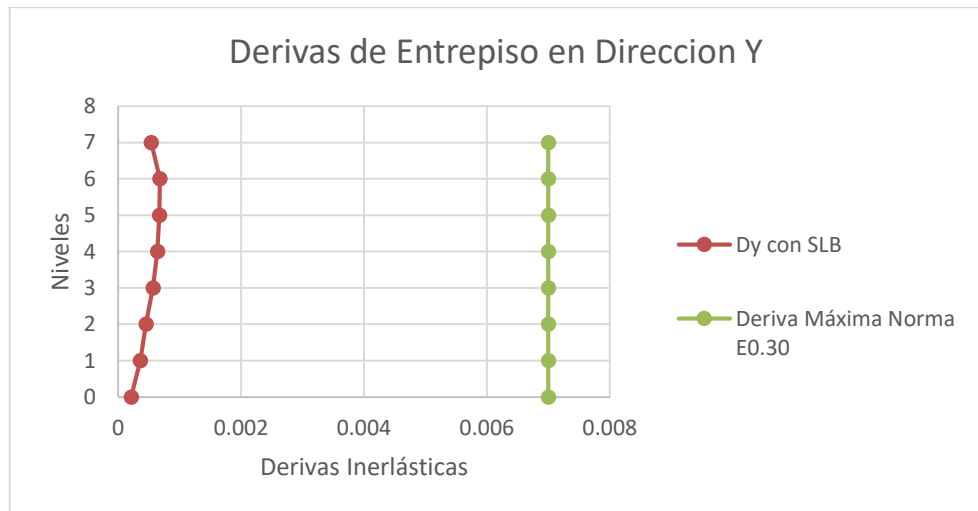


Figura 37: Límite de derivas inelásticas con SLB en eje Y.

Fuente: Elaboración Propia

Se presentan derivas por debajo de 0.007 como se ven en las figuras 36 y 37, lo que indica que la estructura se mantiene dentro del límite establecido según el artículo 32 de la norma E0.30.

5.6.2 Análisis de fuerzas sísmicas con SLB

Del análisis tiempo historia se obtuvieron las fuerzas sísmicas en toneladas en cada nivel de la edificación como se muestra en las tablas 23 y 24.

Tabla 23: Fuerzas cortantes en dirección X (ton)

Nivel	H(m)	1970 N-S MAG6.6 PRQ	1974 N-S MAG6.6 PRQ	2007 N-S MAG7 LIM004
Azotea	3	266.1376	285.9895	284.0495
Sexto Piso	2.7	484.9818	599.8962	619.1276
Quinto Piso	2.7	587.4464	781.4048	850.3489
Cuarto Piso	2.7	690.6561	908.3713	1020.6297
Tercer Piso	2.7	827.664	1037.713	1255.1065
Segundo Piso	2.7	938.0256	1212.9784	1409.1419
Primer Piso	2.7	1127.6314	1339.1933	1467.8169
Semisótano	2.7	1286.0797	1440.2607	1444.5985

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Fuerzas cortantes en dirección Y (ton)

Nivel	H(m)	1970 E-W MAG6.6 PRQ	1974 E-W MAG 6.6 PRQ	2007 E-W MAG 7 LIM004
Azotea	3	477.3053	435.2432	338.6226
Sexto Piso	2.7	1145.1132	1028.8385	840.4969
Quinto Piso	2.7	1649.0039	1464.2442	1248.762
Cuarto Piso	2.7	2002.3507	1790.2855	1552.9471
Tercer Piso	2.7	2233.8599	2031.2033	1761.7425
Segundo Piso	2.7	2429.5511	2181.7101	1872.522
Primer Piso	2.7	2533.4568	2348.6152	1895.9562
Semisótano	2.7	2565.6971	2471.9968	1851.8204

Fuente: Elaboración Propia

5.6.3 Análisis de Periodos de vibración

Se obtuvo un periodo fundamental de 0.526 en la dirección x con un porcentaje de masa participativa de 64.37% y 0.31 en la dirección y con un porcentaje de 65.72% como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25: Periodo fundamental con SLB

Dirección	Período T(seg)	% Participación
X-X	0.526	64.37
Y-Y	0.311	65.72

Fuente: Elaboración Propia

5.6.4 Análisis de Histéresis

Se analizó el dispositivo con mayor demanda de cortante, el cual está ubicado en el eje 5-5 del cuarto piso con código k27 como se muestra en la figura 38.

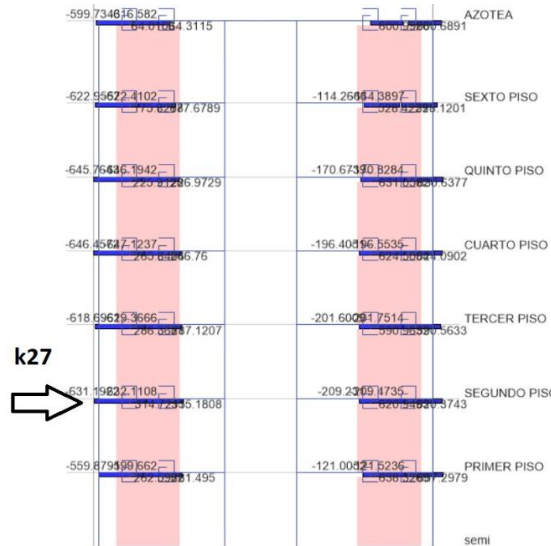


Figura 38: Ubicación de dispositivo analizado
Fuente: Elaboración Propia

En el pre diseño se asignó un dispositivo SLB3 30_7 con un $F_y \text{ max} = 838.79 \text{ kN}$. Después de realizar el análisis tiempo historia se puede observar que la fuerza máxima a la que estará sometido el dispositivo frente al sismo de 1970N-S es de 583.13kN plastificando hasta 10.16 mm manteniéndose dentro de su rango de plastificación dentro de 1 a 30mm frente al evento sísmico analizado en la dirección N-S como se muestra en la figura 39.

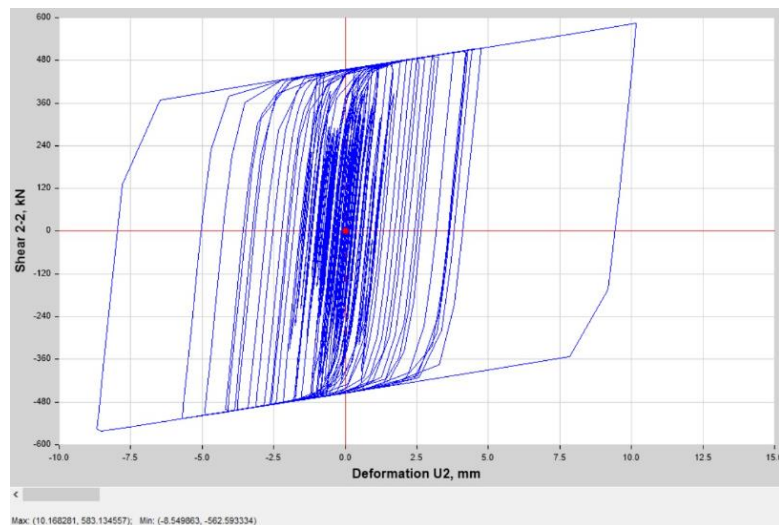


Figura 39: Curva Histerética del dispositivo SLB 3 30 _ 7 en el sismo de 1970 N-S.
Fuente: Elaboración Propia

En el pre diseño se asignó un dispositivo SLB3 30_7 con un $F_y \text{ max} = 838.79\text{kN}$. Después de realizar el análisis tiempo historia se puede observar que la fuerza máxima a la que estará sometido el dispositivo frente al sismo de 1974N-S es de 593.63kN plastificando hasta 10.99 mm manteniéndose dentro de su rango de plastificación dentro de $1\text{ a }30\text{mm}$ frente al evento sísmico analizado en la dirección N-S como se muestra en la figura 40.

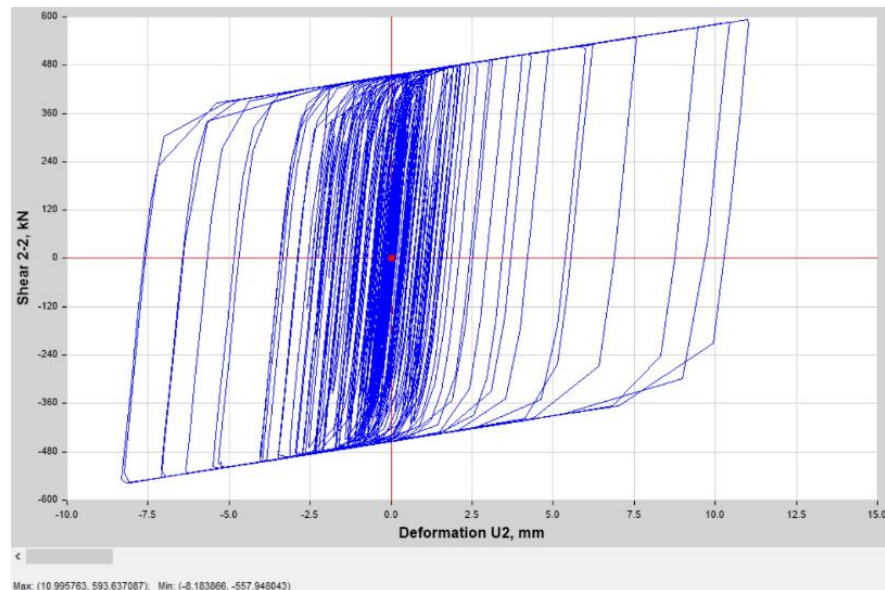


Figura 40: Curva Histerética del disipador SLB 3 30 _ 7 en el sismo de 1974 N-S.
Fuente: Elaboración Propia

En el pre diseño se asignó un dispositivo SLB3 30_7 con un $F_y \text{ max} = 838.79\text{kN}$. Después de realizar el análisis tiempo historia se puede observar que la fuerza máxima a la que estará sometido el dispositivo frente al sismo de 2007N-S es de 551.33kN plastificando hasta 9.77 mm manteniéndose dentro de su rango de plastificación dentro de $1\text{ a }30\text{mm}$ frente al evento sísmico analizado en la dirección N-S como se muestra en la figura 41.

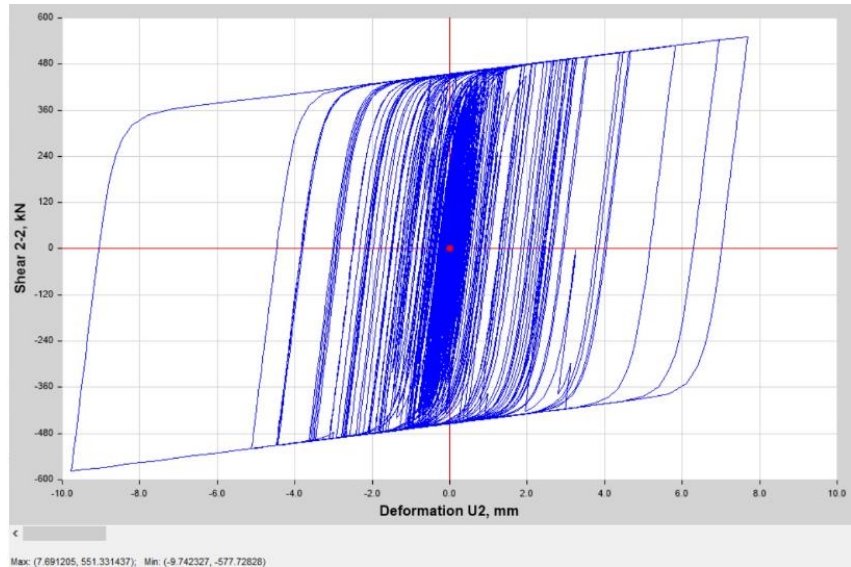


Figura 41: Curva Histerética del disipador SLB 3 30 _ 7 en el sismo de 2007 N-S.
Fuente: Elaboración Propia

5.6.5 Análisis de Disipación de Energía



Figura 42: Análisis de Disipación de Energía frente al sismo de 1970 N-S.
Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un análisis tiempo historia con el disipador SLB3 30_7 frente al sismo de 1970 en dirección N-S de magnitud 6.6 registrado en la estación Parque de la Reserva, obteniendo una disipación por parte del dispositivo de 24.9% mientras que los muros presentan una disipación del 75.1% como se aprecia en la figura 42.



Figura 43: Análisis de Disipación de Energía frente al sismo de 1974 N-S.
Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un análisis tiempo historia con el disipador SLB3 30_7 frente al sismo de 1974 en dirección N-S de magnitud 6.6 registrado en la estación Parque de la Reserva, obteniendo una disipación por parte del dispositivo de 22.1% mientras que los muros presentan una disipación del 77.9% como se observa en la figura 43.

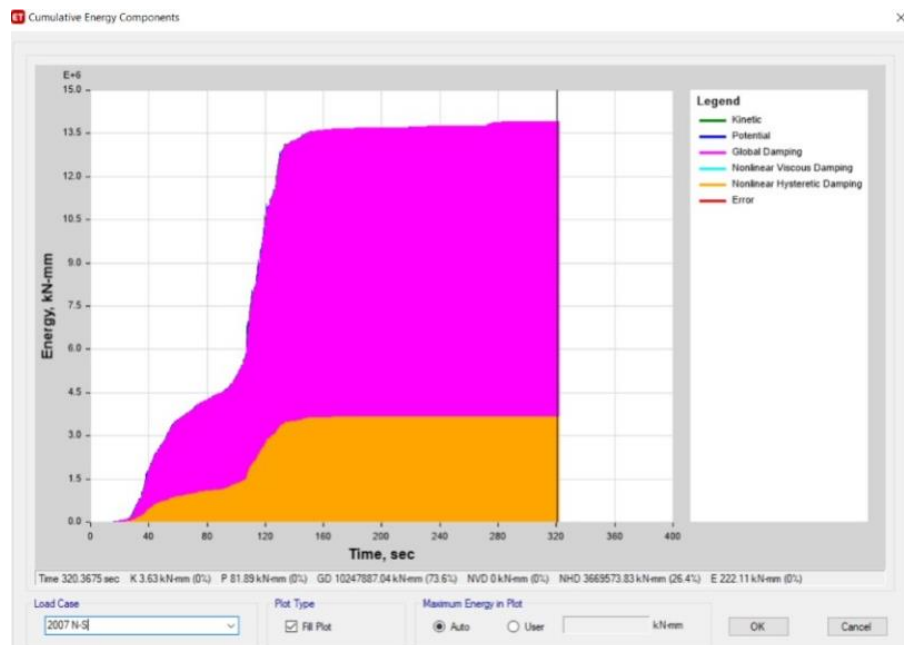


Figura 44: Análisis de Disipación de Energía frente al sismo de 2007 N-S
Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un análisis tiempo historia con el disipador SLB3 40_7 frente al sismo de 2007 en dirección N-S de magnitud 7.0 registrado en la estación Casa Dr. Piqué, obteniendo una disipación por parte del dispositivo de 26.4% mientras que los muros presentan una disipación del 73.6% como se ve en la figura 44.

5.7 Presentación de Resultados

5.7.1 Análisis de Derivas con y sin “SLB”.

De las tablas 9, 10, 21 y 22 se pudo realizar la comparación de las derivas de la edificación de 7 pisos con y sin “SLB”.

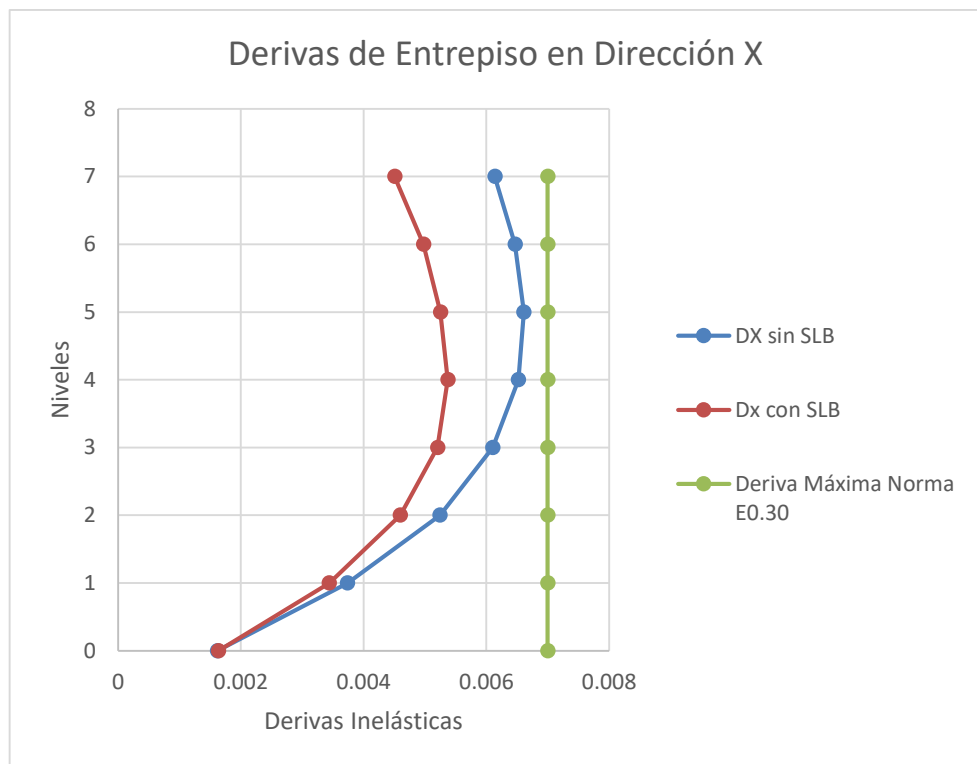


Figura 45: Derivas Inelásticas con y sin SLB en X.
Fuente: Elaboración Propia

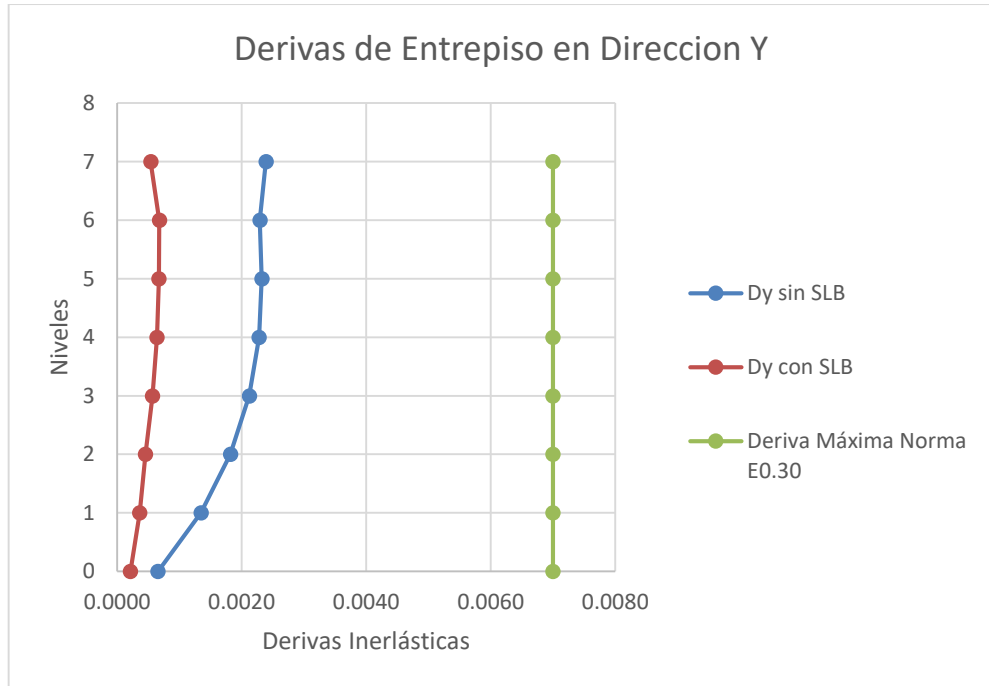


Figura 46: Derivas Inelásticas con y sin SLB en Y
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en las figuras 45 y 46 se tiene una reducción de derivas en los ejes X-X e Y-Y en todos los niveles, de esta manera se mantiene dentro de lo establecido por la Norma Peruana E0.30-2018, mejorando el comportamiento de la estructura con un promedio de reducción del 15% en X y 72% en Y como se ven en las tablas 26 y 27.

Tabla 26
Reducción de Derivas en Dirección X

Nivel	H(m)	Derivas inelásticas sin "SLB"	Derivas inelásticas con "SLB"	% Reducido
Azotea	3	0.0061	0.0045	27
Sexto Piso	2.7	0.0064	0.0050	23
Quinto Piso	2.7	0.0066	0.0053	21
Cuarto Piso	2.7	0.0065	0.0054	18
Tercer Piso	2.7	0.0061	0.0052	15
Segundo Piso	2.7	0.0052	0.0046	12
Primer Piso	2.7	0.0037	0.0034	8
Semisótano	2.7	0.0016	0.0016	-1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27
Reducción de Derivas en Dirección Y

Nivel	H(m)	Derivas inelásticas sin "SLB"	Derivas inelásticas con "SLB"	% Reducido
Azotea	3	0.0024	0.0005	77
Sexto Piso	2.7	0.0023	0.0006	70
Quinto Piso	2.7	0.0023	0.0006	71
Cuarto Piso	2.7	0.0023	0.0006	72
Tercer Piso	2.7	0.0021	0.0005	73
Segundo Piso	2.7	0.0018	0.0004	75
Primer Piso	2.7	0.0013	0.0003	73
Semisótano	2.7	0.0007	0.0002	67

Fuente: Elaboración Propia

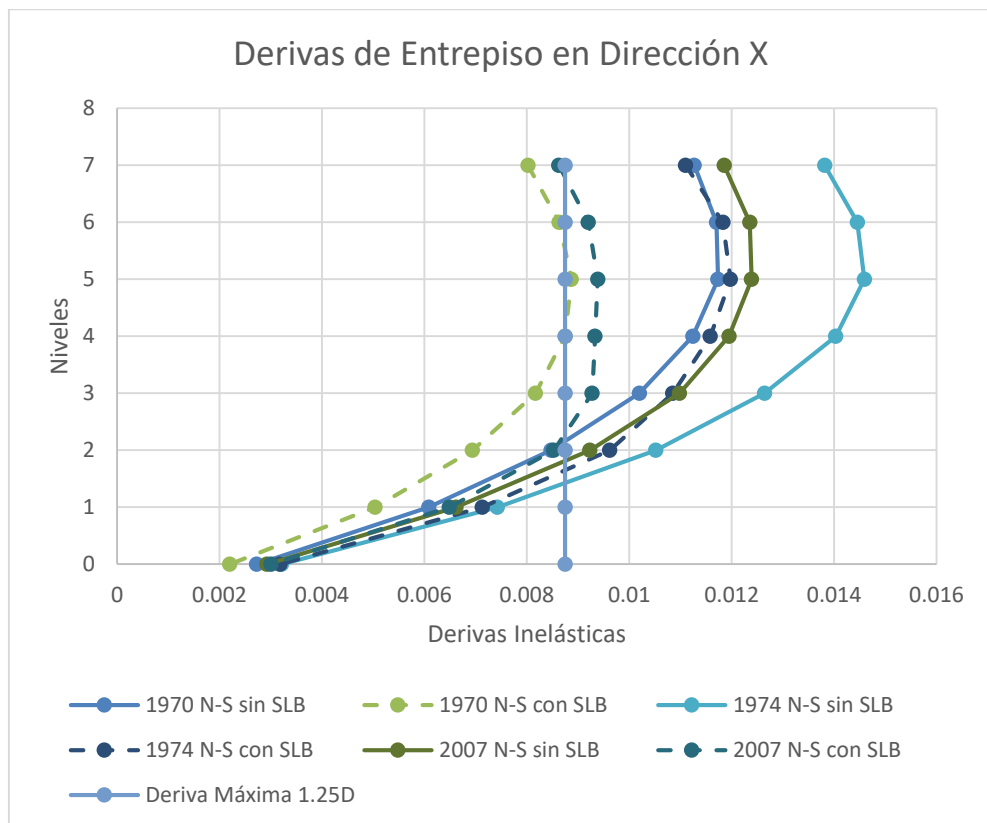


Figura 47: Derivas de Entripiso de registros sísmicos con y sin SLB en X
Fuente: Elaboración Propia

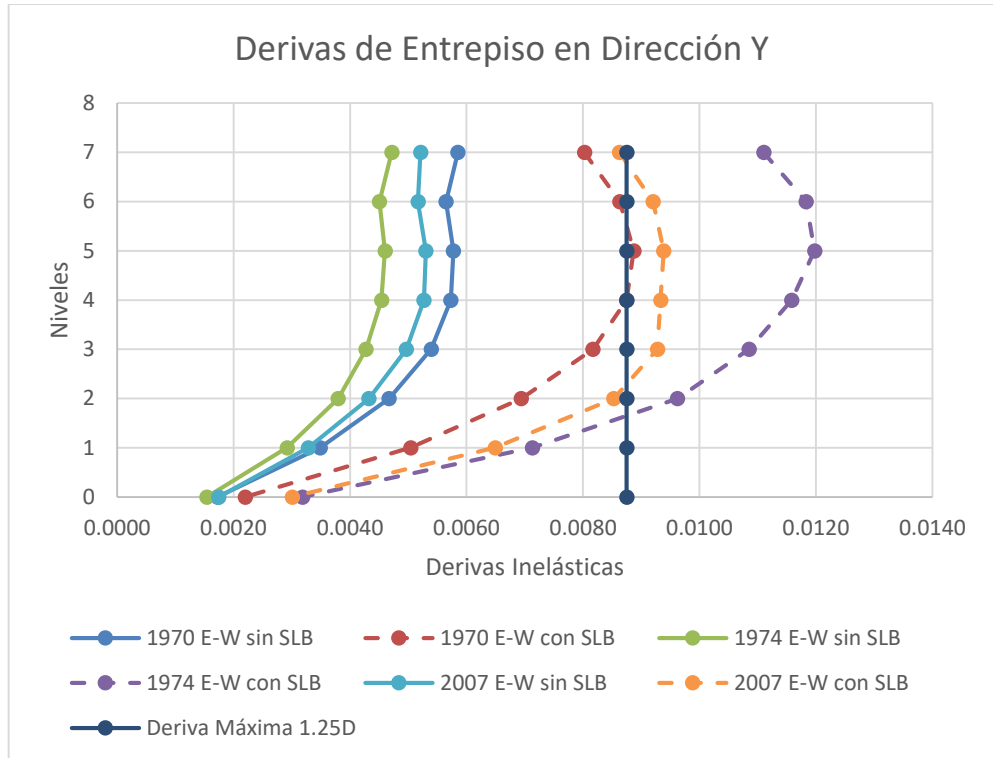


Figura 48: Derivas de Entrepiso de registros sísmicos con y sin SLB en Y
 Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en las figuras 47, considerando que no están dentro del límite permisible, existe una reducción de las derivas para cada registro sísmico en la dirección X, caso contrario se observa en la figura 48 donde existe un aumento de las derivas de los registros para la dirección Y, teniendo un aumento de derivas, considerando la inmensidad de muros de concreto armado en esta dirección sin dispositivos SLB para ambos casos.

5.7.2 Análisis de periodos con y sin “SLB”.

Tabla 28: Análisis de periodos

Configuración	Periodo X	Periodo Y
Estructura sin “SLB”	62.25	65.39
Estructura con “SLB”	64.37	65.72

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 28 se observa que hubo una reducción de periodo en la dirección x del 16.9% debido a la presencia de disipadores mientras que en la dirección y se mantiene, esto debido a que la estructura se ha rigidizado en la dirección X lo que genera menor periodo, por el contrario, en la dirección Y al perder su

configuración inicial, presenta poca pérdida de rigidez, aumentando su periodo en un 1.58%.

5.7.3 Análisis de disipación de energía con y sin “SLB”.

Tabla 29: Disipación de Energía

Sismo	Dispositivo	% Absorbido por la estructura	%Absorbido por el disipador
1970 N-S MAG6.6 PRQ	SLB3 30_7	75.1	24.9
1974 N-S MAG6.6 PRQ	SLB3 30_7	77.9	22.1
2007 N-S MAG7 LIM004	SLB3 30_7	73.6	26.4

Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en la tabla 29, los dispositivos presentaron disipación en la estructura debido a su modificación estructural al existir muros desacoplados en el eje 5-5, verificando la funcionalidad de los dispositivos con su capacidad de disipar la energía frente a los 3 sismos en la dirección X.

5.7.4 Análisis de fuerza cortante con y sin “SLB”.

De las figuras 49, 50 y 51 se observó una reducción de fuerzas cortantes en las tres placas en la dirección X-X debido a la influencia de los muros desacoplados en este eje.

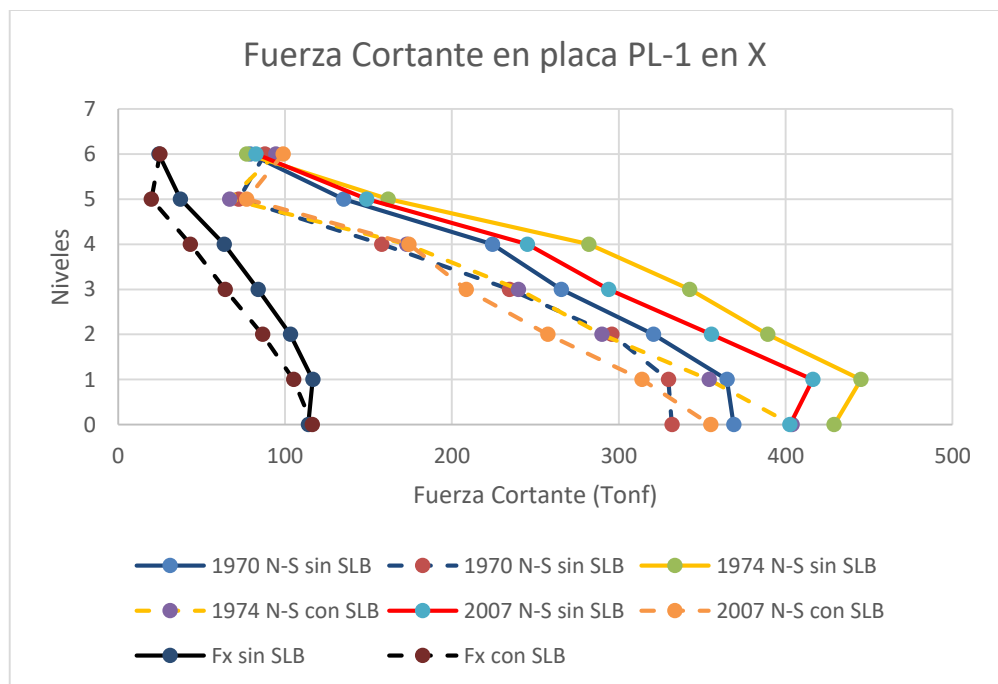


Figura 49: Fuerza Cortante en placa PL-1 en X eje 3-3.

Fuente: Elaboración Propia

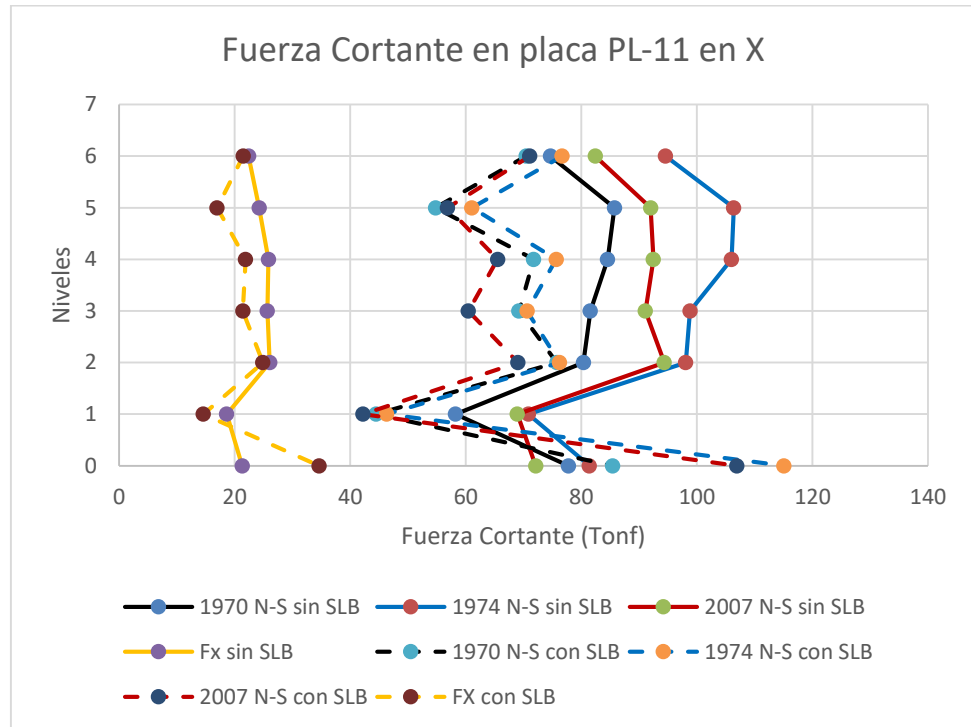


Figura 50: Fuerza Cortante en placa PL-11 en X eje 4-4.
Fuente: Elaboración Propia

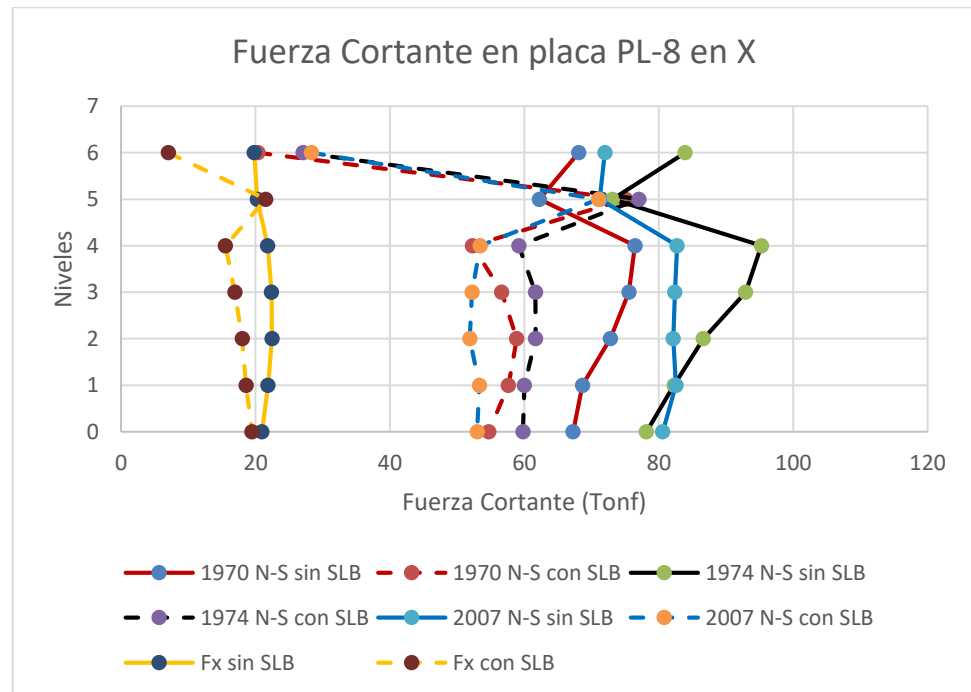


Figura 51: Fuerza Cortante en placa PL-8 en X eje 6-6.
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 30 existe una reducción de la cortante en la mayoría de los niveles para cada registro sísmico en la dirección X a excepción del registro sísmico del 2007 en N-S.

Tabla 30: Reducción de Cortante Sísmica en X (ton)

Nivel	H(m)	1970 N-S MAG6.6 PRQ	1974 N-S MAG6.6 PRQ	2007 N-S MAG7 LIM004
Azotea	21.9	12	0	-4
Sexto Piso	18.9	12	-14	-6
Quinto Piso	16.2	18	-13	-8
Cuarto Piso	13.5	22	-4	-14
Tercer Piso	10.8	19	8	-23
Segundo Piso	8.1	15	7	-17
Primer Piso	5.4	4	5	-9
Semisótano	2.7	-5	0	-1

Fuente: Elaboración Propia

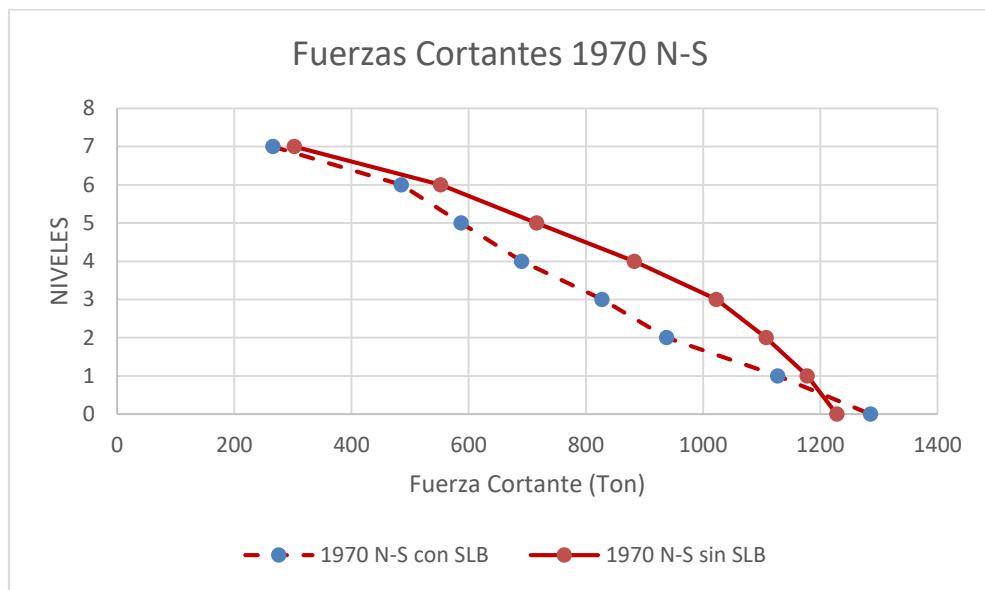


Figura 52: Fuerza Cortante 1970 N-S con y sin “SLB”.

Fuente: Elaboración Propia

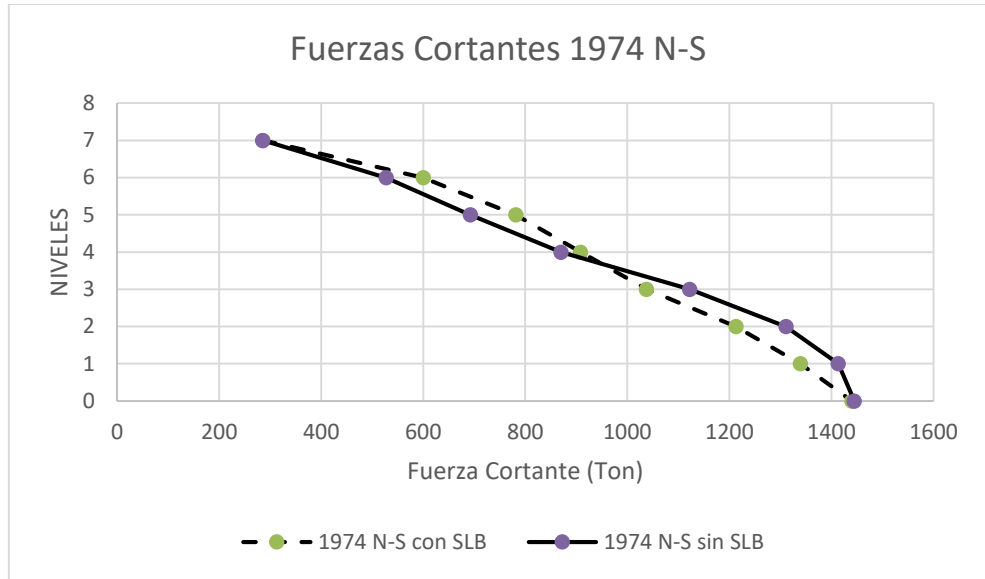


Figura 53: Fuerza Cortante 1974 N-S con y sin “SLB”.
Fuente: Elaboración Propia

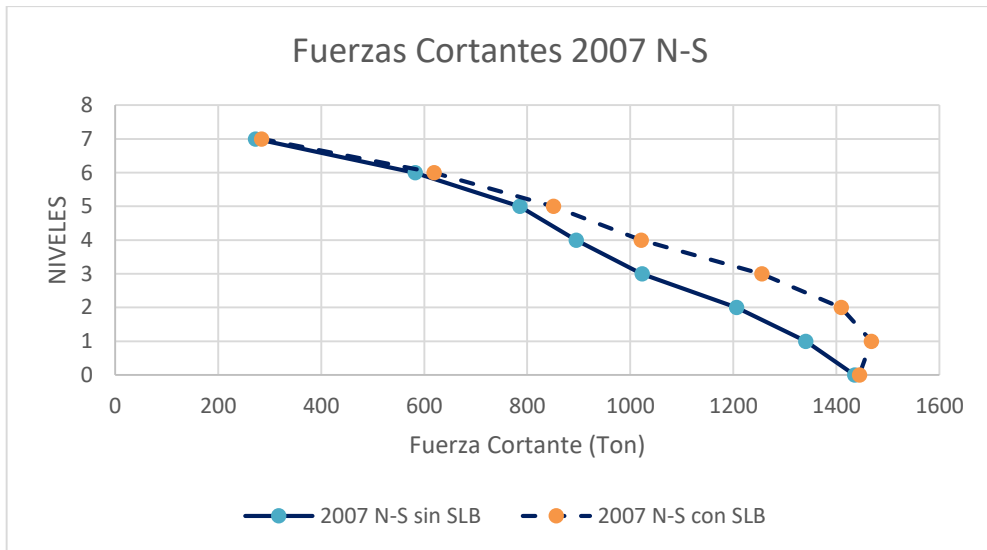


Figura 54: Fuerza Cortante 1974 N-S con y sin “SLB”.
Fuente: Elaboración Propia

Caso contrario ocurrió en la dirección Y, debido a no presentar ninguna configuración, sin embargo se presenta casi poca reducción de fuerza cortante, considerando la cantidad de placas y continuidad en el eje Y como se ve en la tabla 31.

Tabla 31: Reducción de Cortante Sísmica en Y (ton)

Nivel	H(m)	1970 E-W	1974 E-W	2007 E-W
		MAG6.6 PRQ	MAG 6.6 PRQ	MAG 7 LIM004
Azotea	21.9	5	4	2
Sexto Piso	18.9	2	2	0
Quinto Piso	16.2	3	2	0
Cuarto Piso	13.5	3	1	1
Tercer Piso	10.8	2	-1	0
Segundo Piso	8.1	-1	0	0
Primer Piso	5.4	-1	-1	0
Semisótano	2.7	-1	-2	2

Fuente: Elaboración Propia

5.7.5 Análisis de aceleraciones con y sin “SLB”.

Tabla 32: Variación de aceleraciones en porcentaje para cada registro sísmico en la dirección X.

Nivel	H(m)	1970 N-S	1974 N-S	2007 N-S MAG7
		MAG6.6 PRQ (%)	MAG6.6 PRQ (%)	LIM004 (%)
Azotea	3.00	15.50	8.75	3.58
Sexto Piso	2.70	3.53	16.85	-11.45
Quinto Piso	2.70	1.99	4.39	-8.09
Cuarto Piso	2.70	11.99	15.62	-5.29
Tercer Piso	2.70	13.13	0.18	13.28
Segundo Piso	2.70	13.07	9.54	21.08
Primer Piso	2.70	22.34	15.75	13.35
Semisótano	2.70	25.79	13.76	-5.13

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Variación de aceleraciones en porcentaje para cada registro sísmico en la dirección Y.

Nivel	H(m)	1970 E-W	1974 E-W MAG	2007 E-W MAG 7
		MAG6.6 PRQ (%)	6.6 PRQ (%)	LIM004 (%)
Azotea	3.00	2.25	10.87	-3.21
Sexto Piso	2.70	-0.06	7.64	-1.30
Quinto Piso	2.70	-0.81	1.58	0.19
Cuarto Piso	2.70	-2.94	-0.61	2.36
Tercer Piso	2.70	-7.33	2.29	5.83
Segundo Piso	2.70	-7.05	6.74	-3.06
Primer Piso	2.70	-5.02	7.52	-0.09
Semisótano	2.70	-4.92	8.31	-10.32

Fuente: Elaboración Propia

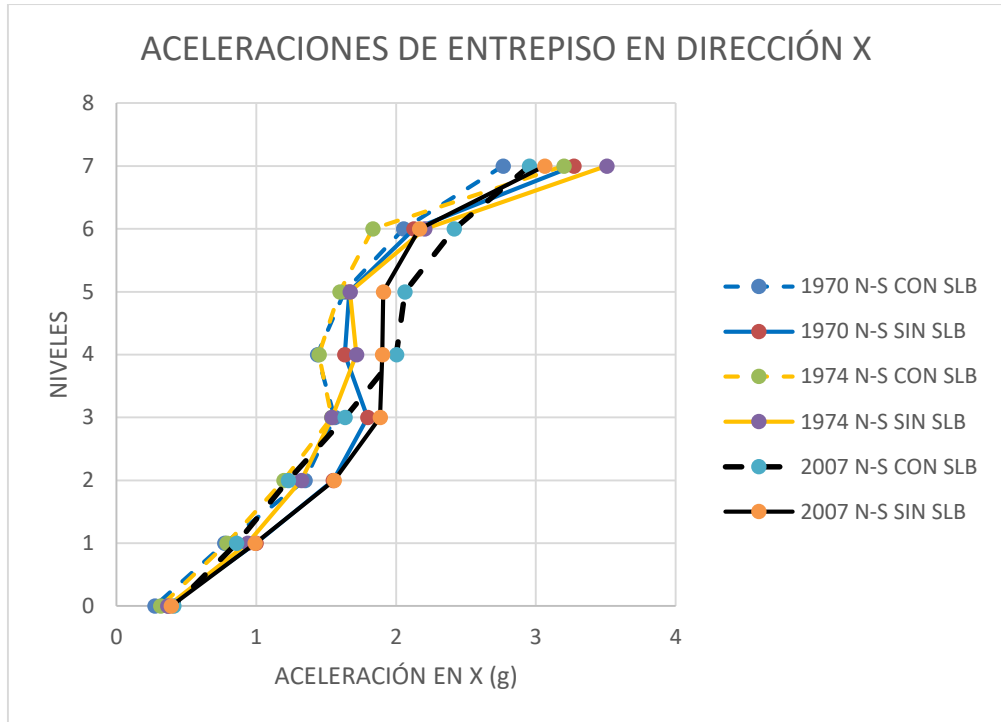


Figura 55: Aceleraciones de entepiso en dirección X.
Fuente: Elaboración Propia

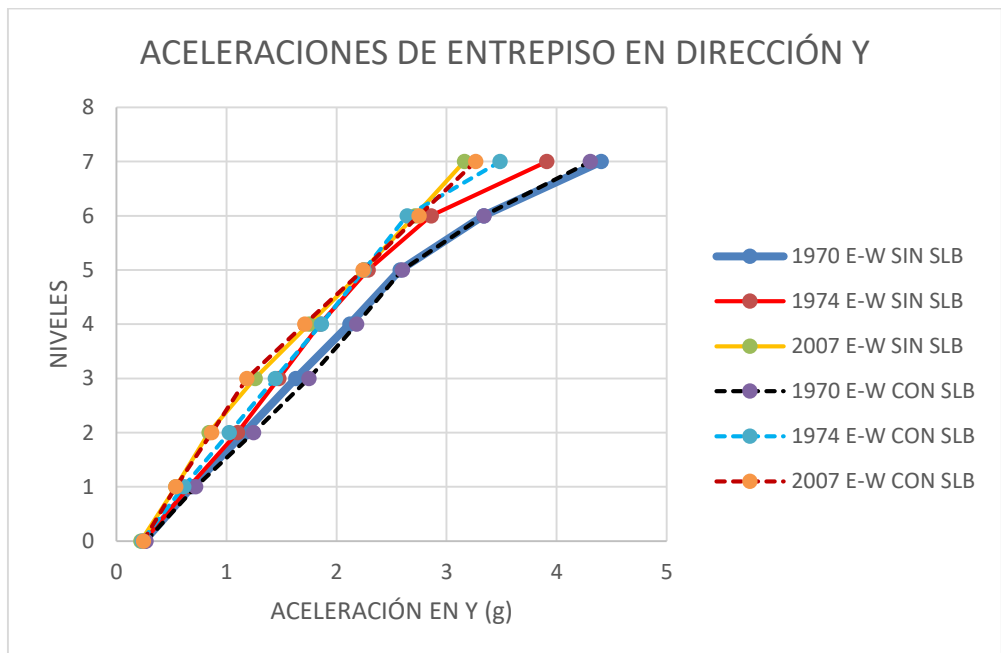


Figura 56: Aceleraciones de entepiso en dirección Y.
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en las tablas 32 y 33, teniendo en cuenta que existen 8 placas con un promedio de 4m de largo y 15 de espesor se presenta poca reducción de aceleraciones en la dirección Y, sin embargo se observa una reducción de las

aceleraciones en la dirección X en casi todos los niveles para los tres registros sísmicos utilizando dispositivos SLB los cuales rigidizaron la estructura en la dirección X-X. Debido a esto las aceleraciones aumentaron considerablemente, presentando un mayor daño en elementos internos no estructurales de la edificación.

Las diferencias de aceleraciones con diferentes registros sísmicos con y sin disipadores SLB para ambas direcciones X e Y.

5.8 Contratación de Hipótesis

Hipótesis General: El análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores Shear Link Bozzo “SLB”, cumple con los requerimientos operacionales permisibles de acuerdo a la norma E.030-2018.

Se obtuvieron derivas máximas en el eje X de 0.0068 y 0.0012 en la dirección Y los cuales son menores a 0.007 para el caso de concreto armado según lo establecido en el artículo 12 de desplazamientos laterales relativos admisibles de la Norma Peruana E0.30-2018, cumpliendo con el requerimiento operacional de no exceder la deriva máxima permisible de la norma y la reducción de fuerzas sísmicas junto con el efecto de rigidizar la estructura reduciéndose el periodo en el eje X-X.

Hipótesis específica I: Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación sin disipadores “SLB” cumplen con los desplazamientos máximos permisibles de la norma E.030-2018.

De acuerdo a las tablas 9 y 10 de derivas se comprobó que la deriva máxima en la dirección X resultó ser de 0.0066, y en la dirección Y resultó ser de 0.0023, lo que verifica el cumplimiento de la hipótesis planteada

Hipótesis específica II: Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación reforzada con disipadores “SLB” cumplen en mejor medida con los desplazamientos máximos permisibles de la norma E.030-2018.

Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación con disipadores “SLB” cumplen con los desplazamientos máximos permisibles de la norma E.030-2018, por lo tanto, de acuerdo a las tablas 21 y 22 de derivas se verifica

que la deriva máxima en la dirección X resulto ser de 0.0054 en el cuarto piso, y en la dirección Y resultó ser de 0.00067 en el sexto piso, lo que certifica el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica III: La edificación de 7 pisos reforzada con disipadores “SLB” absorbe mejor la energía sísmica ante otra edificación tradicional de 7 pisos.

La edificación de 7 pisos reforzada con disipadores “SLB” absorbe mejor la energía sísmica ante otra edificación tradicional de 7 pisos, por lo tanto, de acuerdo al comportamiento de la estructura donde se aprecia una reducción sísmica del 24.9%, 22.1%, 26.4% para los sismos de 1970,1974 y 2007 en la dirección N-S respectivamente, se comprobó que la estructura con disipadores se comporta de mejor manera que la misma sin disipadores.

CONCLUSIONES

1. El edificio posee un sistema con muros estructurales y mediante un análisis dinámico se verificó los datos de la memoria de cálculo del proyecto, los cuales dió como resultado valores similares como en derivas, fuerzas cortantes y periodos, cumplen satisfactoriamente en diseño estructural, es por ello que se concluye que la estructura a pesar de ser reforzada con disipadores de energía como el dispositivo SLB, no necesitaría de este reforzamiento por su buen diseño estructural.
2. La incorporación de los muros desacoplados se implementó al analizar la estructura sin disipadores, ubicándose en zonas con mayor desplazamiento y adaptándose a la arquitectura, realizando modificaciones en el eje X, con el fin de ubicar los disipadores, de este modo se realizó la iteración directa empezando con un SLB2_6 2 y en la iteración inversa se colocó un fy de 500kN terminando con un SLB3_30 7 cumpliendo con la relación demanda capacidad de la fuerza cortante y fuerza de fluencia de entre 1 a 1.5, generando una deriva máxima de 0.0054 en X y 0.000678 en Y, verificando que los desplazamientos de entrepiso máximo de la edificación reforzada con disipadores “SLB” redujeron los desplazamientos en todos los niveles, esto porque los muros desacoplados aportan rigidez a la estructura, corroborando así que la estructura presentó una mayor capacidad para reducir desplazamientos en la dirección X.
3. Se obtuvieron 3 conjuntos de registros de aceleraciones como mínimo, con la línea base corregida, para realizar un análisis tiempo historia según lo establecido en el artículo 30.1 de la Norma Peruana E0.30-2018, considerando la ubicación de las estaciones acelerométricas más cercanas al edificio, con los cuales se insertaron en el programa ETABS.V18.0.2 para proceder a escalarlos para un $r=1$, generando load cases con los cuales se realizó un análisis tiempo historia de manera que se obtuvieron los componentes de energía acumulada para cada registro logrando obtener un porcentaje promedio del 26.4% de energía disipada por el disipador más demandado ubicado en el segundo piso en el eje 3-3.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un análisis Pushover para obtener la curva de desempeño y un análisis más detallado con el fin de encontrar una mejor configuración estructural con los disipadores SLB.
2. Se recomienda realizar un análisis comparativo de una edificación con y sin disipadores pasivos utilizando la guía FEMA P-58-2.
3. Se recomienda utilizar el software SEISMOMATCH y SEISMOSIGNAL para corregir y escalar los acelerogramas que presenten irregularidades o distorsiones, ya que estos no fueron usados en la presente tesis.
4. Se recomienda realizar para futuras investigaciones un análisis sísmico comparativo y económico entre muros desacoplados y arriostres tipo Chevron en estructuras con condiciones de zona tipo 2.
5. La edificación presentada es de mediana-baja altura, al presentar un mayor índice de su construcción en el Perú, se recomienda realizar más estudios para considerar en base a un análisis tiempo-historia con registros sísmicos, la aceleración como un parámetro de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACI Committee, & International Organization for Standardization. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete* (ACI 318-19). Estados Unidos: ACI Ecuador Chapter.
- Bozzo Fernández, G. (2018). *Simulación de un ensayo en mesa vibrante de una estructura con dispositivos de disipación sísmica para viviendas de bajo coste*. Barcelona: Escola de Camins.
- Bozzo, L. (2019). *Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB*. Barcelona.
- Bozzo, L., & Barbat, A. (2000). *Diseño sismorresistente de edificios Técnicas convencionales y avanzadas*. Barcelona: Editorial Reverté S.A.
- Bruno Bazzano, J., & Pérez Zerpa, J. (2017). *Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras*. Montevideo: Universidad de la República.
- Cahís, X., Torres, L., & Bozzo, L. (2000). *An innovative elasto-plastic energy dissipator for the structural and non-structural building protection*. Girona.
- Cervantes Garcia, F. R., & Albrizzio Francia, Y. O. (2020). *Desempeño sísmico de un Hospital de concreto armado con disipadores "SLB" Shear Link Bozzo en la zona sísmica 4*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Crisafulli, F. J. (2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero*. Mendoza: Asociación Latinoamericana del Acero.
- Dueñas Añazco, C. J., & Macen Castro, D. S. (2021). *Análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Gálvez Chunas, V. A. (2011). *Evaluación de desempeño sismorresistente usando análisis no lineal en el tiempo*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Gaxiola, G., Gonzales, H., & Bozzo, L. (2016). *proceso de analisis y diseño utilizando disipadores*. Lima.

- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas: Corporación Andina de Fomento-Banco de Desarrollo de América Latina.
- Hanson, R. (1993). *Supplemental damping for improved seismic*. Buffalo: Department of Civil Engineering, State University of New York.
- Kuroiwa, J. (2002). *Reduccion de desastres Viviendo en armonia con la naturaleza*. Lima: CECOSAMI.
- Mena Ramírez, A. S. (2019). *Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando disparadores sísmicos SLB*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador.
- Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente. (2018). Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Pantoja, M., Flores, M., Bozzo, L., & Gonzales, H. (2020). *numerical analysis and experimental correlation of uncoupled concrete*. Sendai: 17th Word Conference on Earthquake Engineering.
- Prato, C., Ceballos, M., & Pinto, F. (2015). *Método modal espectral. Cátedra de Análisis Estructural*.
- Quispe Huamán, C. K., & García Urrutia, P. A. (2019). *Reforzamiento sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Ramírez Machado, B. J. (2020). *Estudio comparativo para edificación de 5 plantas empleando solución prefabricada y disipadores SLB y solución convencional en zona de sismicidad alta de Perú*. Barcelona: Escola de Camins .
- Tavera, H. (2020). *Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

	Problema	Objetivo	Hipotesis	Indicadores	Instrumentos	Metodología
General	¿Cómo realizar el análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores "SLB" Shear Link Bozzo en Chorrillos?	Realizar el análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores Shear Link Bozzo "SLB" en Chorrillos.	El análisis del comportamiento estructural de una edificación de 7 pisos reforzada con disipadores Shear Link Bozzo "SLB", cumple con los requerimientos operacionales permisibles de acuerdo a la norma E.030-2018.	Características del disipador Shear Link Bozzo	Reglamentos, Planos del proyecto, fichas técnicas, tablas de diseño del disipador, uso de los softwares.	La investigación es de tipo aplicado, nivel descriptivo no experimental con diseño transversal. La población comprende todas las edificaciones existentes de 7 pisos de un sistema aporticado.
Específico 1	¿Cuáles son los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación sin disipadores "SLB"?	Verificar los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación sin disipadores "SLB".	Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación sin disipadores "SLB" cumplen con los desplazamientos máximos permisibles de la norma E.030-2018.	Análisis estático lineal dinámico modal espectral		
Específico 2	¿Cuáles son los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación reforzada con disipadores "SLB"?	Verificar los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación reforzada con disipadores "SLB".	Los desplazamientos de entrepisos máximos de la edificación reforzada con disipadores "SLB" cumplen en mejor medida con los desplazamientos máximos de la norma E.030-2018.	Análisis estático lineal dinámico modal espectral		
Específico 3	¿Cuál es la energía absorbida por el dispositivo Shear Link Bozzo en la edificación reforzada?	Verificar la energía absorbida por el dispositivo Shear Link Bozzo en la edificación reforzada.	La edificación de 7 pisos reforzada con disipadores "SLB" absorbe mejor la energía sísmica ante otra edificación tradicional aporticada de 7 pisos.	Implementar los disipadores utilizando análisis tiempo historia no lineal		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Matriz de Variables

VARIABLE		Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Dependiente	Disipador Shear Link Bozzo	"Las variables dependientes adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría". Hernandez (2014)	Capacidad de disipar la energía sísmica del disipador SLB.	Dimensiones del disipador SLB, ubicación del disipador SLB, desplazamientos, fuerzas sísmicas.	Tabla de diseño SLB, manual, Fuentes bibliográficas, fichas técnicas, programas computacionales.
Independiente	Análisis Sísmico de una edificación de 7 pisos	"Es la variable que produce el efecto o es la causa de la Variable Dependiente". Diseño e implementación de los dispositivos en la estructura". Borja (2016)	Evaluación de resultados sísmico estático y dinámico	Derivas, desplazamientos, fuerzas sísmicas laterales, torsión.	Normas vigentes actualizadas

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Cronograma de Actividades

	Año 2022																															
	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre											
ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
Selección del tema de investigación	■	■																														
CAPITULO I : Planteamiento del problema			■	■																												
CAPITULO II : Marco Teórico					■	■	■	■																								
Antecedentes de la investigación					■	■	■																									
Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio							■	■																								
CAPITULO III : Sistema de hipótesis									■	■																						
CAPITULO IV : Metodología del estudio											■																					
CAPITULO V: Análisis de resultados de estudio												■	■	■	■																	
Modelación de la estructura												■	■																			
Análisis sísmico de la estructura														■	■	■																
CAPITULO VI: Interpretación de resultados de estudio																				■	■											
CONCLUSIONES																					■	■										
Presentación preliminar																						■	■									
Entrega																							■	■								

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Tabla de Presupuestos

Descripción	Unidades	Cantidad	Precio(Soles)	Total(Soles)
Capacitación del Plugin	und	2	300.00	600.00
Asesoramiento de tesis	und	2	6,000.00	12,000.00
Recopilación de datos	glb	1	350.00	350.00
Internet	und	12	150.00	1,800.00
Viaticos	glb	1	120.00	120.00
Impresión	glb	1	300.00	300.00
			Total	15,170.00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Tabla de Iteración Directa

Story	Link	V2 (kN)	Dissipator	Fy (KN)	Fy max (KN)	Dissipator ETABS	Fy (kN) ETABS	Fy max (kN) ETABS	V2 (kN) It.	D/C It.	Dissipator It.
AZOTEA	K5	598.44	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	981.46	1.49	Ok!
AZOTEA	K6	598.14	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	973.87	1.47	Ok!
AZOTEA	K7	664.23	SLB3 30_7	461.3	838.79	SLB3 30_8	508	915.5	539.97	1.06	Ok!
AZOTEA	K8	690.73	SLB3 30_8	508	915.5	SLB3 50_8	814.7	1474.5	1199.83	1.47	Ok!
SEXTO PISO	K9	612.59	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	945.63	1.43	Ok!
SEXTO PISO	K10	612.18	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	938.13	1.42	Ok!
SEXTO PISO	K11	716.09	SLB3 30_8	508	915.5	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1009.1	1.38	Ok!
SEXTO PISO	K12	715.57	SLB3 30_8	508	915.5	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1003.58	1.37	Ok!
QUINTO PISO	K13	626.79	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	986.61	1.49	Ok!
QUINTO PISO	K14	626.37	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	978.97	1.48	Ok!
QUINTO PISO	K15	748.62	SLB3 40_6	528.7	967.95	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1072.62	1.47	Ok!
QUINTO PISO	K16	749.45	SLB3 40_6	528.7	967.95	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1091.94	1.5	Ok!
CUARTO PISO	K17	620.27	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1063.52	1.46	Ok!
CUARTO PISO	K18	619.86	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	938.92	1.42	Ok!
CUARTO PISO	K19	755.63	SLB3 40_6	528.7	967.95	SLB3 50_8	814.7	1474.5	1118.48	1.37	Ok!
CUARTO PISO	K20	756.8	SLB3 40_6	528.7	967.95	SLB3 50_8	814.7	1474.5	1140.95	1.4	Ok!
TERCER PISO	K21	587.78	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	976.79	1.48	Ok!
TERCER PISO	K22	587.38	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_8	660.9	1195	969.28	1.47	Ok!
TERCER PISO	K23	729.94	SLB3 30_8	508	915.5	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1071.19	1.47	Ok!
TERCER PISO	K24	731.13	SLB3 30_8	508	915.5	SLB3 50_8	814.7	1474.5	1174.19	1.44	Ok!
SEGUNDO PISO	K25	618.4	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_7	595.4	1082.3	883.33	1.48	Ok!
SEGUNDO PISO	K26	617.83	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_7	595.4	1082.3	876.8	1.47	Ok!
SEGUNDO PISO	K27	744.18	SLB3 30_8	508	915.5	SLB3 40_8	660.9	1195	973.98	1.47	Ok!
SEGUNDO PISO	K28	745.89	SLB3 40_6	528.7	967.95	SLB3 50_7	730.3	1326.8	1091.86	1.5	Ok!
PRIMER PISO	K29	658.08	SLB3 30_7	461.3	838.79	SLB3 30_8	508	915.5	743.87	1.46	Ok!
PRIMER PISO	K30	656.88	SLB3 30_7	461.3	838.79	SLB3 30_8	508	915.5	739.55	1.46	Ok!
PRIMER PISO	K31	672.42	SLB3 30_7	461.3	838.79	SLB3 40_7	595.4	1082.3	882.35	1.48	Ok!
PRIMER PISO	K32	668.44	SLB3 30_7	461.3	838.79	SLB3 40_6	528.7	967.95	776.35	1.47	Ok!

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Tabla de Iteración Indirecta (a)

Story	Link	Fy Objective (kN)	Real Dissipator St.	Fy Dissipator (kN)	V2 (kN)	D/C	Results	Dissipator Etabs	K1 (kN/cm)	Deformation Link (mm)	Search K(kN/cm)	Ficcional Link	V2 (kN) It.	D/C It.	Results (Iteration)	Dissipator Etabs It.	K1 (kN/cm) It.	Deformation Link (mm) It.	Search K (kN/cm) It.	Ficcional Link It.
AZOTE A	K5	500	SLB3 30_7	461.3	981.46	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.812	6533.19	SLB3 25_6	600.99	1.3	OK	SLB2 6_5	439.6	13.671	388.04	OK
AZOTE A	K6	500	SLB3 30_7	461.3	973.87	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.805	6590	SLB3 25_6	600.69	1.3	OK	SLB2 6_5	439.6	13.664	388.24	OK
AZOTE A	K7	500	SLB3 30_7	461.3	539.97	1.1	OK	SLB3 30_8	8840	0.611	8682.41	SLB3 30_7	599.73	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.116	524.41	OK
AZOTE A	K8	500	SLB3 30_7	461.3	1199.83	2.6	Disminuir Rigidez	SLB3 50_8	15312.67	0.784	6766.52	SLB3 25_7	616.58	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.4	510.09	OK
SEXTO PISO	K9	500	SLB3 30_7	461.3	945.63	2.0	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.782	6783.82	SLB3 25_7	528.42	1.1	OK	SLB2 6_5	439.6	12.021	441.31	OK
SEXTO PISO	K10	500	SLB3 30_7	461.3	938.13	2.0	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.776	6836.28	SLB3 25_7	528.12	1.1	OK	SLB2 6_5	439.6	12.014	441.56	OK
SEXTO PISO	K11	500	SLB3 30_7	461.3	1009.19	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.729	7277.02	SLB3 25_8	622.96	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.507	504.9	OK
SEXTO PISO	K12	500	SLB3 30_7	461.3	1003.58	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.725	7317.17	SLB3 25_8	622.41	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.498	505.33	OK
QUINTO PISO	K13	500	SLB3 30_7	461.3	986.61	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.816	6501.16	SLB3 25_6	631.06	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.644	498.4	OK
QUINTO PISO	K14	500	SLB3 30_7	461.3	978.97	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.81	6549.32	SLB3 25_6	630.64	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.637	498.73	OK
QUINTO PISO	K15	500	SLB3 30_7	461.3	1072.62	2.3	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.775	6845.1	SLB3 25_7	645.76	1.4	OK	SLB2 8_2	592.87	10.892	487.05	OK
QUINTO PISO	K16	500	SLB3 30_7	461.3	1091.94	2.3	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.789	6723.64	SLB3 25_7	646.19	1.4	OK	SLB2 8_2	592.87	10.899	486.74	OK
CUARTO PISO	K17	500	SLB3 30_7	461.3	1063.52	2.3	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.768	6907.49	SLB3 25_7	624.51	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.534	503.6	OK
CUARTO PISO	K18	500	SLB3 30_7	461.3	938.92	2.0	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.777	6827.48	SLB3 25_7	624.09	1.3	OK	SLB2 8_2	592.87	10.527	503.94	OK
CUARTO PISO	K19	500	SLB3 30_7	461.3	1118.48	2.4	Disminuir Rigidez	SLB3 50_8	15312.67	0.73	7267.05	SLB3 25_8	646.46	1.4	OK	SLB2 8_2	592.87	10.904	486.51	OK
CUARTO PISO	K20	500	SLB3 30_7	461.3	1140.95	2.4	Disminuir Rigidez	SLB3 50_8	15312.67	0.745	7120.74	SLB3 25_7	647.12	1.4	OK	SLB2 8_2	592.87	10.915	486.02	OK
TERCER PISO	K21	500	SLB3 30_7	461.3	976.79	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.808	6565.53	SLB3 25_6	590.96	1.2	OK	SLB2 8_2	592.87	9.968	532.2	OK

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Tabla de Iteración Indirecta (b)

Fy Dissipato r (kN)	V2 (kN)	D/C	Results	Dissipator Etabs	K1 (kN/cm)	Deformation Link (mm)	Search K(kN/cm)	Ficcional Link	V2 (kN) It.	D/C It.	Results (Iteration)	Dissipator Etabs It.	K1 (kN/cm) It.	Deformation Link (mm) It.	Search K (kN/cm) It.	Ficcional Link It.
461.3	976.79	2.12	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.808	6565.53	SLB3 25_6	590.96	1.28	OK	SLB2 8_2	592.87	9.968	532.2	OK
461.3	969.28	2.1	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.802	6614.65	SLB3 25_6	590.56	1.28	OK	SLB2 8_2	592.87	9.961	532.57	OK
461.3	1071.19	2.32	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.774	6853.94	SLB3 25_7	618.7	1.34	OK	SLB2 8_2	592.87	10.436	508.33	OK
461.3	1174.19	2.55	Disminuir Rigidez	SLB3 50_8	15312.67	0.767	6916.49	SLB3 25_7	619.37	1.34	OK	SLB2 8_2	592.87	10.447	507.8	OK
461.3	883.33	1.91	Disminuir Rigidez	SLB3 40_7	10988	0.804	6598.2	SLB3 25_6	620.95	1.35	OK	SLB2 10_2	893.4	6.95	763.3	OK
461.3	876.8	1.9	Disminuir Rigidez	SLB3 40_7	10988	0.798	6647.81	SLB3 25_7	620.37	1.34	OK	SLB2 10_2	893.4	6.944	763.96	OK
461.3	973.98	2.11	Disminuir Rigidez	SLB3 40_8	12091.27	0.806	6581.82	SLB3 25_6	631.19	1.37	OK	SLB2 8_5	784.27	8.048	659.16	OK
461.3	1091.86	2.37	Disminuir Rigidez	SLB3 50_7	13844.2	0.789	6723.64	SLB3 25_7	632.11	1.37	OK	SLB2 8_5	784.27	8.06	658.18	OK
461.3	743.87	1.61	Disminuir Rigidez	SLB3 30_8	8840	0.841	6307.91	SLB3 25_6	638.33	1.38	OK	SLB2 15_3	1961.47	3.254	1630.29	OK
461.3	739.55	1.6	Disminuir Rigidez	SLB3 30_8	8840	0.837	6338.05	SLB3 25_6	637.3	1.38	OK	SLB2 15_3	1961.47	3.249	1632.79	OK
461.3	882.35	1.91	Disminuir Rigidez	SLB3 40_7	10988	0.803	6606.41	SLB3 25_6	559.88	1.21	OK	SLB2 10_4	1149.53	4.871	1089.09	OK
461.3	776.35	1.68	Disminuir Rigidez	SLB3 40_6	9843	0.789	6723.64	SLB3 25_7	599.66	1.3	OK	SLB2 10_5	1237.8	4.845	1094.93	OK

Fuente: Elaboración Propia

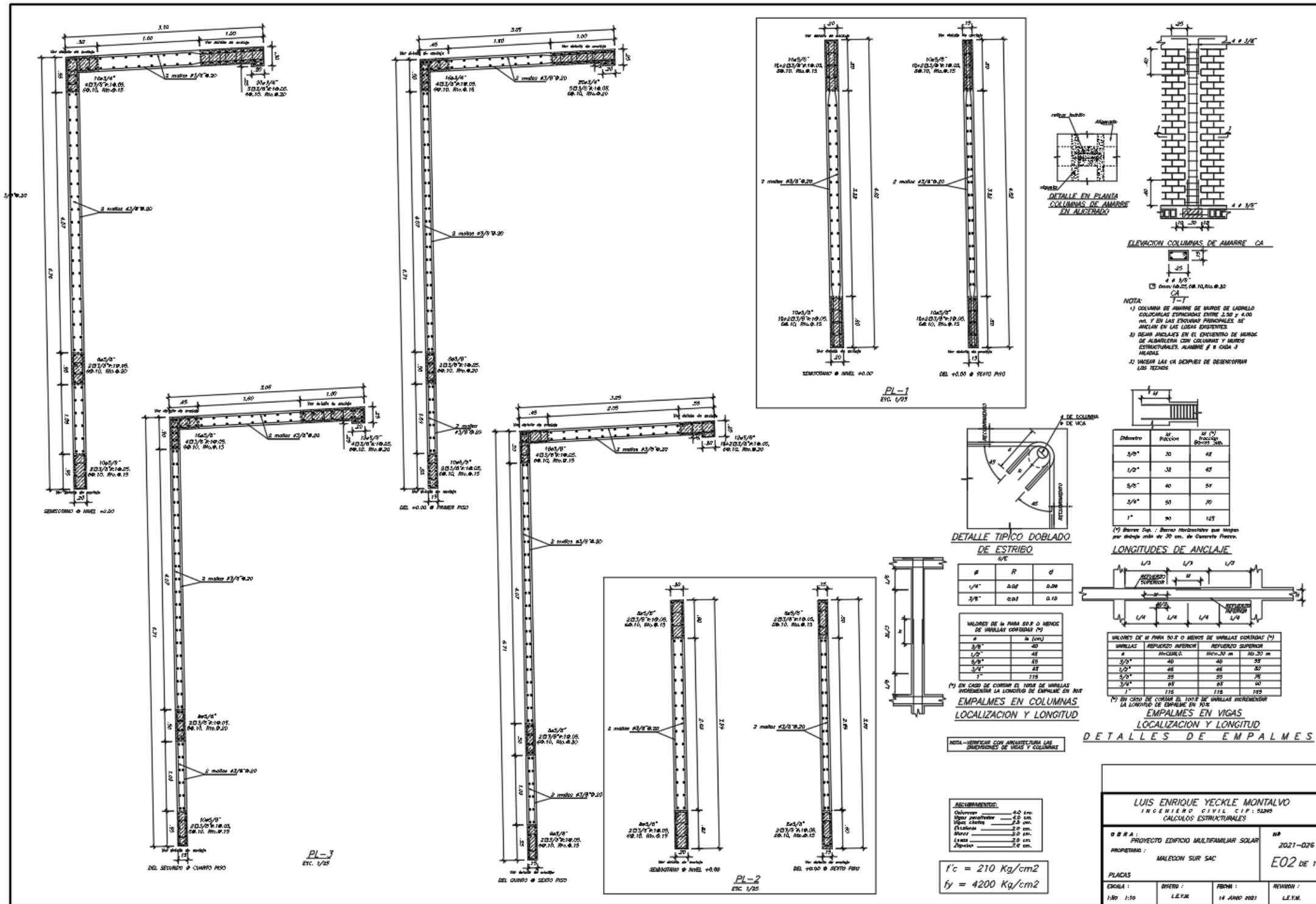
Anexo 8: Tabla de Propiedades de dispositivos SLB, Acero ASTM A36 (Fy=2530kg/cm2)

PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LOS DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO										
DISPOSITIVO	PROPIEDADES GEOMÉTRICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS					
	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	Rigidez inicial K ₁ (KN/cm)	Rigidez post-plastificación K ₂ (KN/cm)	Desplaz. de plastificación D _y (mm)	Fuerza de plastificación F _y (KN)	Fuerza máxima F _{MAX} (KN)	Energía disipada E _D (KN.cm)
SLB2 6_2	19.00	13.00	-	2.00	363.33	9.75	0.98	35.60	69.01	87.08
SLB2 6_3*	19.00	13.00	-	3.00	397.80	10.75	1.03	41.00	79.21	99.25
SLB2 6_4*	19.00	13.00	-	4.00	421.73	11.65	1.06	44.90	88.58	108.31
SLB2 6_5*	19.00	13.00	-	5.00	439.60	12.78	1.08	47.40	96.67	115.18
SLB2 8_2	19.00	15.00	-	2.00	592.87	13.86	0.81	48.10	92.76	119.78
SLB2 8_3*	19.00	15.00	-	3.00	676.27	15.38	0.86	58.00	107.57	141.77
SLB2 8_4*	19.00	15.00	-	4.00	737.00	16.28	0.90	66.30	120.87	159.39
SLB2 8_5*	19.00	15.00	-	5.00	784.27	17.43	0.93	72.70	133.29	173.71
SLB2 10_2	19.00	20.00	-	2.00	893.40	19.15	0.76	68.00	128.71	168.89
SLB2 10_3	19.00	20.00	-	3.00	1039.13	21.57	0.78	81.10	148.63	198.84
SLB2 10_4*	19.00	20.00	-	4.00	1149.53	22.96	0.81	93.00	166.26	224.54
SLB2 10_5*	19.00	20.00	-	5.00	1237.80	14.93	0.91	112.20	182.26	246.55
SLB2 15_2	19.00	20.00	-	2.00	1571.47	31.17	0.65	101.80	199.61	258.66
SLB2 15_3	19.00	20.00	-	3.00	1961.47	37.36	0.64	126.10	240.45	318.16
SLB2 15_4	19.00	20.00	-	4.00	2290.27	42.03	0.65	149.70	276.57	373.16
SLB2 15_5	19.00	20.00	-	5.00	2575.60	45.69	0.67	172.50	310.13	424.52
SLB2 20_2	19.00	25.00	5.00	2.00	2073.33	37.83	0.60	124.60	243.14	316.64
SLB2 20_3	19.00	25.00	5.00	3.00	2630.13	46.27	0.60	156.90	298.30	396.26
SLB2 20_4	19.00	25.00	5.00	4.00	3105.53	53.03	0.61	188.30	348.53	470.63
SLB2 20_5	19.00	25.00	5.00	5.00	3520.20	58.63	0.62	218.40	395.71	540.18
SLB3 25_2	25.00	30.00	5.00	2.00	3214.07	58.98	0.61	194.80	383.50	494.69
SLB3 25_3	25.00	30.00	5.00	3.00	4046.67	70.69	0.59	238.20	457.15	602.54
SLB3 25_4	25.00	30.00	5.00	4.00	4783.20	81.04	0.58	279.60	526.49	703.70
SLB3 25_5	25.00	30.00	5.00	5.00	5447.47	90.85	0.59	319.00	592.39	799.88
SLB3 25_6	25.00	30.00	5.00	6.00	6064.13	99.65	0.59	357.10	655.63	891.48
SLB3 25_7	25.00	30.00	5.00	7.00	6644.13	107.41	0.59	394.50	716.83	979.51
SLB3 25_8	25.00	30.00	5.00	8.00	7191.47	114.57	0.60	430.70	776.40	1064.12
SLB3 25_9	25.00	30.00	5.00	9.00	7711.07	120.73	0.60	466.40	834.90	1145.71
SLB3 30_2	25.00	30.00	5.00	2.00	3666.73	64.22	0.58	212.10	415.33	539.19
SLB3 30_3	25.00	30.00	5.00	3.00	4717.00	78.76	0.56	265.70	507.23	672.79
SLB3 30_4	25.00	30.00	5.00	4.00	5661.33	92.21	0.56	316.90	594.62	799.16
SLB3 30_5	25.00	30.00	5.00	5.00	6525.67	104.99	0.56	366.10	678.62	920.34
SLB3 30_6	25.00	30.00	5.00	6.00	7336.60	116.45	0.56	414.20	759.77	1036.63
SLB3 30_7	25.00	30.00	5.00	7.00	8106.07	126.92	0.57	461.30	838.79	1149.06
SLB3 30_8	25.00	30.00	5.00	8.00	8840.00	135.98	0.57	508.00	915.50	1257.99
SLB3 30_9	25.00	30.00	5.00	9.00	9542.20	145.74	0.58	552.50	992.12	1363.85
SLB3 40_2	25.00	30.00	5.00	2.00	4571.07	76.44	0.54	248.30	482.60	634.54
SLB3 40_3	25.00	30.00	5.00	3.00	6043.67	97.23	0.53	321.00	609.64	817.79
SLB3 40_4	25.00	30.00	5.00	4.00	7393.67	116.17	0.53	391.60	732.20	993.03
SLB3 40_5	25.00	30.00	5.00	5.00	8650.00	133.79	0.53	460.80	851.48	1162.82
SLB3 40_6	25.00	30.00	5.00	6.00	9843.00	149.92	0.54	528.70	967.95	1327.13
SLB3 40_7	25.00	30.00	5.00	7.00	10988.00	165.19	0.54	595.40	1082.30	1487.36
SLB3 40_8	25.00	30.00	5.00	8.00	12091.27	179.81	0.55	660.90	1195.00	1643.93
SLB3 40_9	25.00	30.00	5.00	9.00	13156.07	194.00	0.55	725.10	1306.30	1797.11
SLB3 50_2	25.00	30.00	5.00	2.00	5479.60	88.67	0.52	284.90	551.27	730.67
SLB3 50_3	25.00	30.00	5.00	3.00	7367.13	114.64	0.51	377.50	713.65	963.00
SLB3 50_4	25.00	30.00	5.00	4.00	9116.00	138.30	0.51	468.10	871.40	1186.77
SLB3 50_5	25.00	30.00	5.00	5.00	10759.13	160.81	0.52	557.00	1025.70	1404.77
SLB3 50_6	25.00	30.00	5.00	6.00	12328.87	181.80	0.52	644.40	1177.30	1616.83
SLB3 50_7	25.00	30.00	5.00	7.00	13844.20	202.03	0.53	730.30	1326.80	1824.36
SLB3 50_8	25.00	30.00	5.00	8.00	15312.67	221.80	0.53	814.70	1474.50	2028.05
SLB3 50_9	25.00	30.00	5.00	9.00	16737.00	241.37	0.54	897.70	1621.20	2228.51

* Estos dispositivos plastifican primero por flexión antes que por cortante

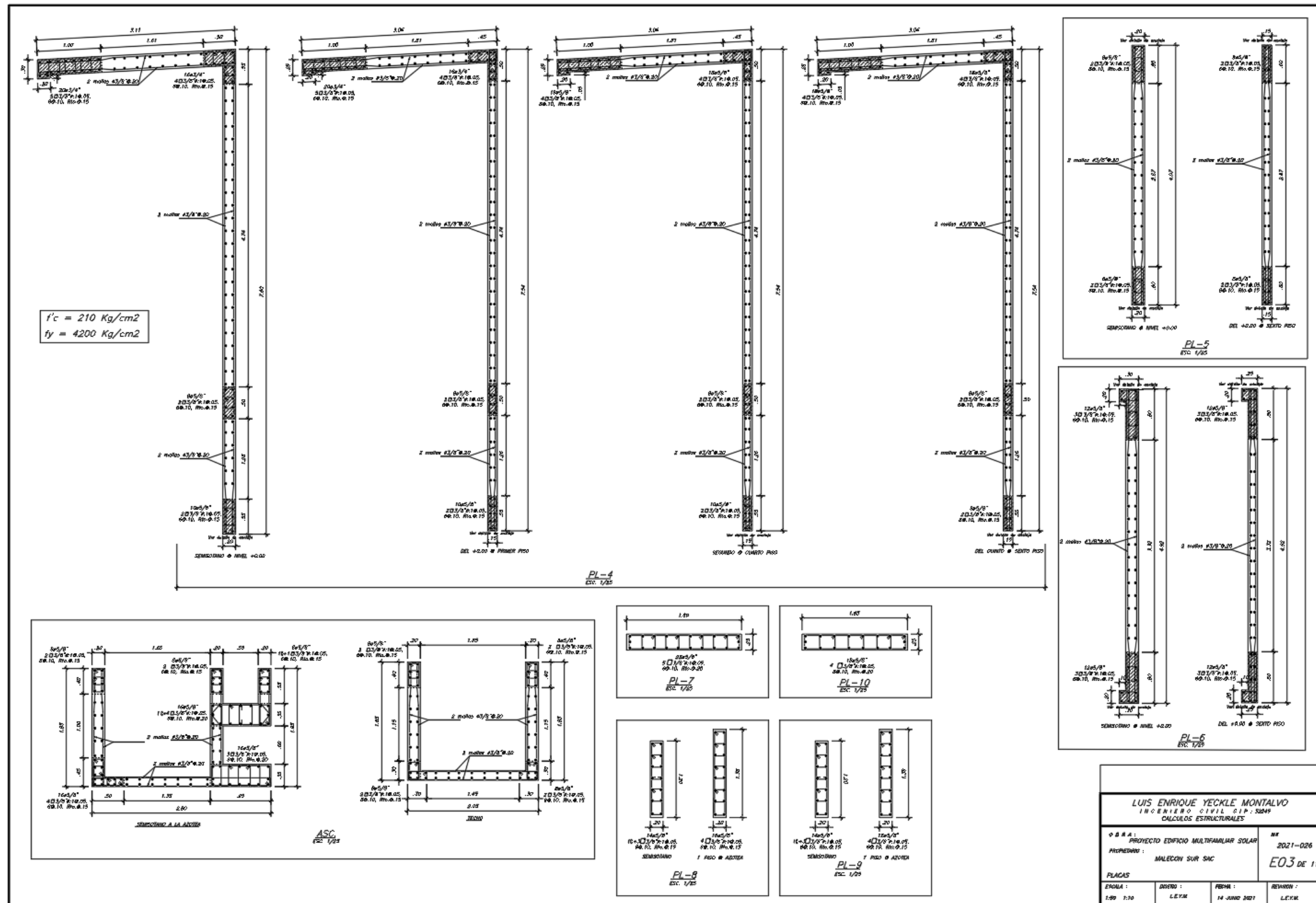
Fuente: Bozzo, Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB, 2019

Anexo 10: Plano Estructural de Placas E02



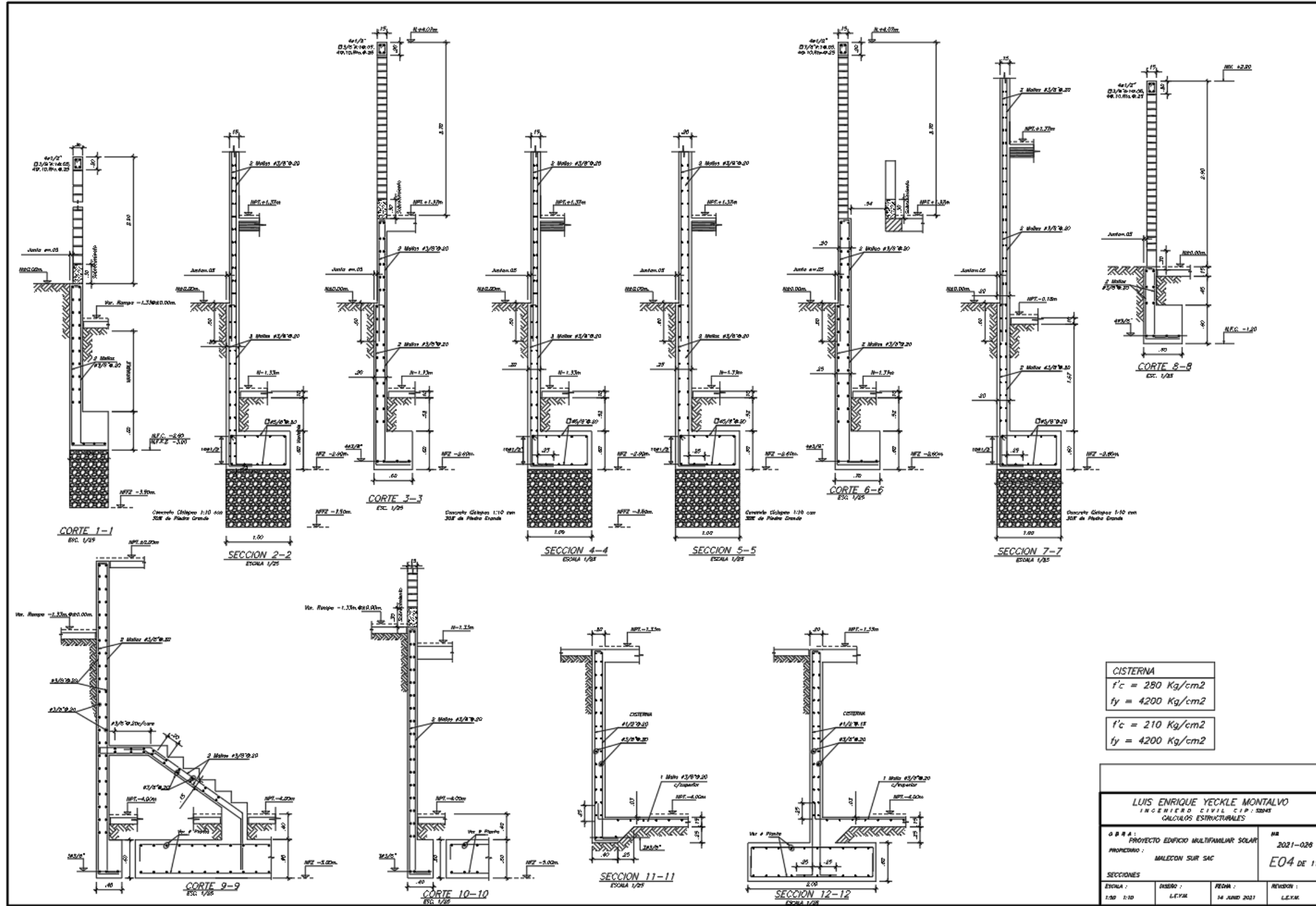
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 11: Plano Estructural de Placas E03



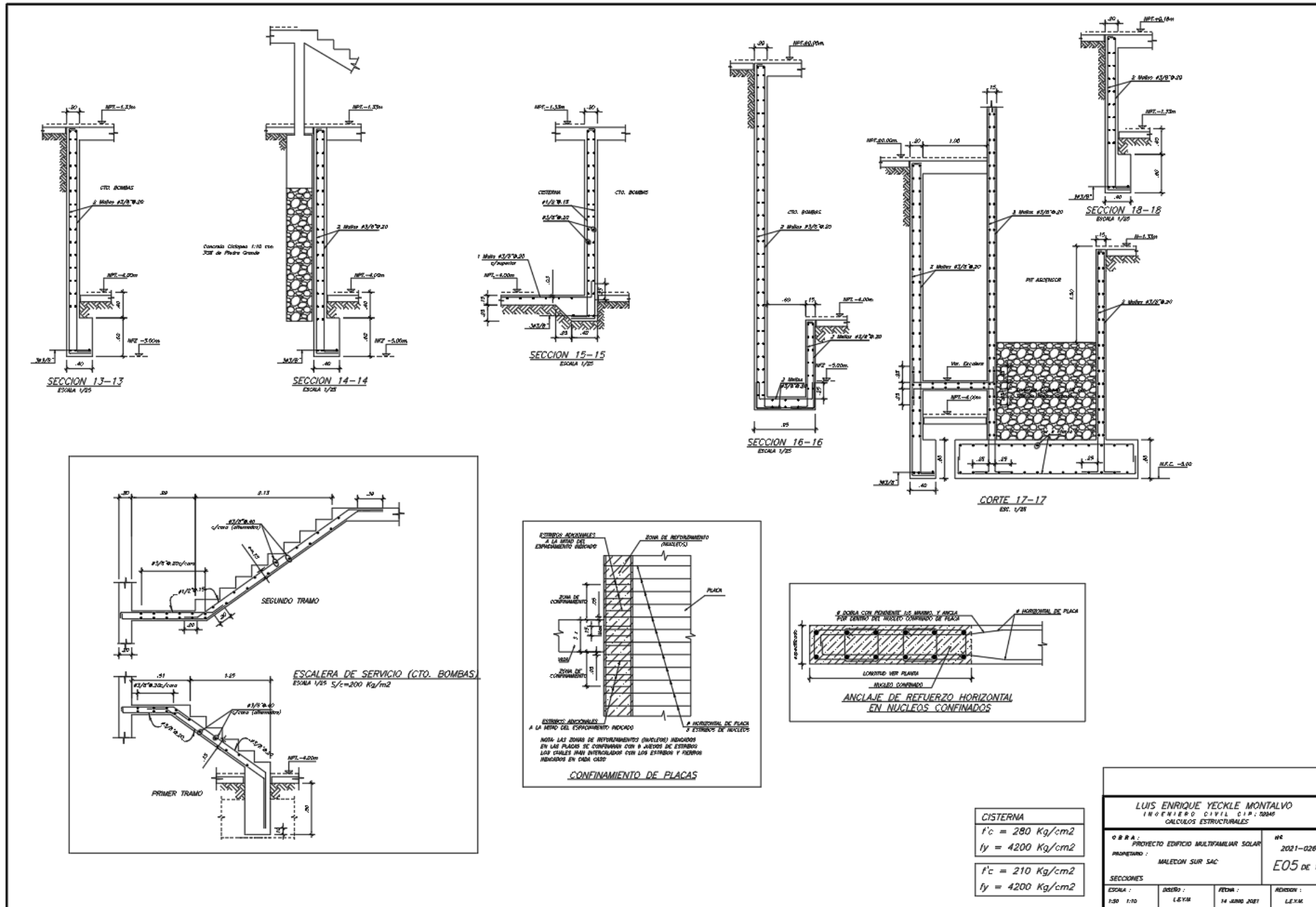
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 12: Plano Estructural de Secciones E04



Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 13: Plano Estructural de Secciones E05

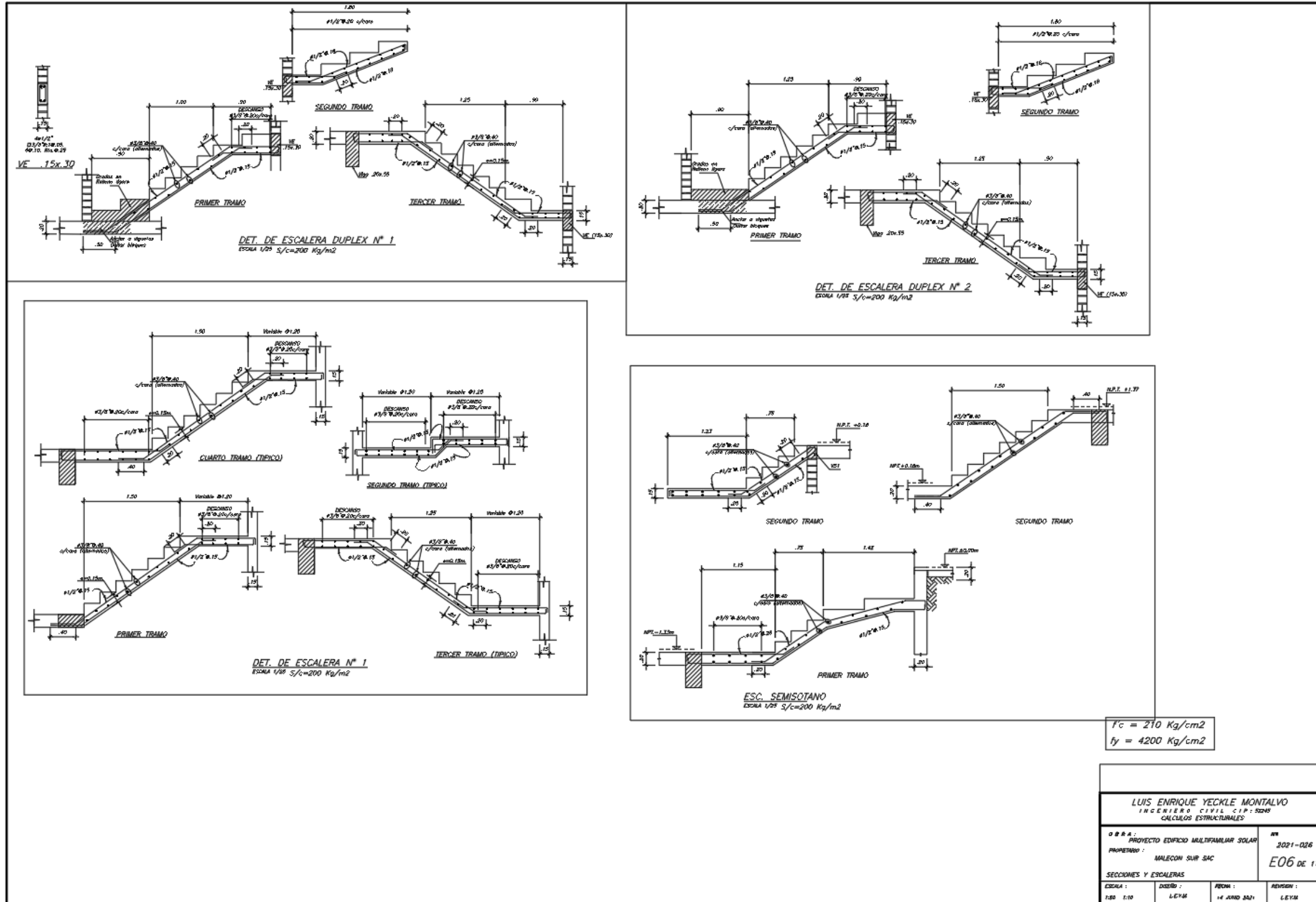


CISTERNA	
$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	
$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	
$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	

LUIS ENRIQUE YECKLE MONTALVO INGENIERO CIVIL D.P. 00045 CALCULOS ESTRUCTURALES	
OBRA: PROYECTO EDIFICIO MULTIFAMILIAR SOLAR	Nº 2021-026
PROPIETARIO: MALECON SUR SAC	E05 DE 11
SECCIONES	
ESCALA: 1:50 1:10	FECHA: 14 JUNIO 2021
DISEÑO: L.E.Y.M.	REVISOR: L.E.Y.M.

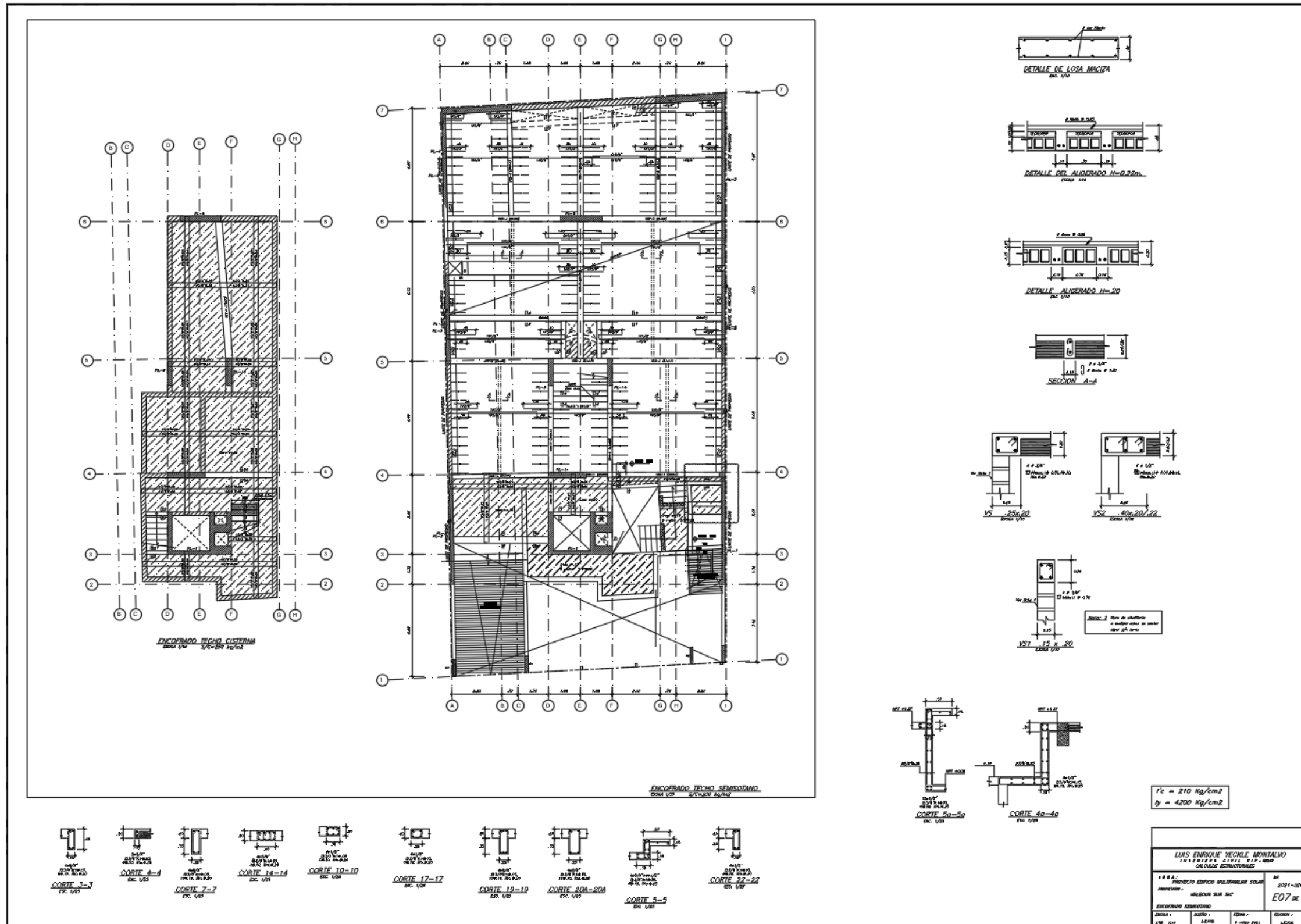
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 14: Plano Estructural de Secciones y escaleras E06



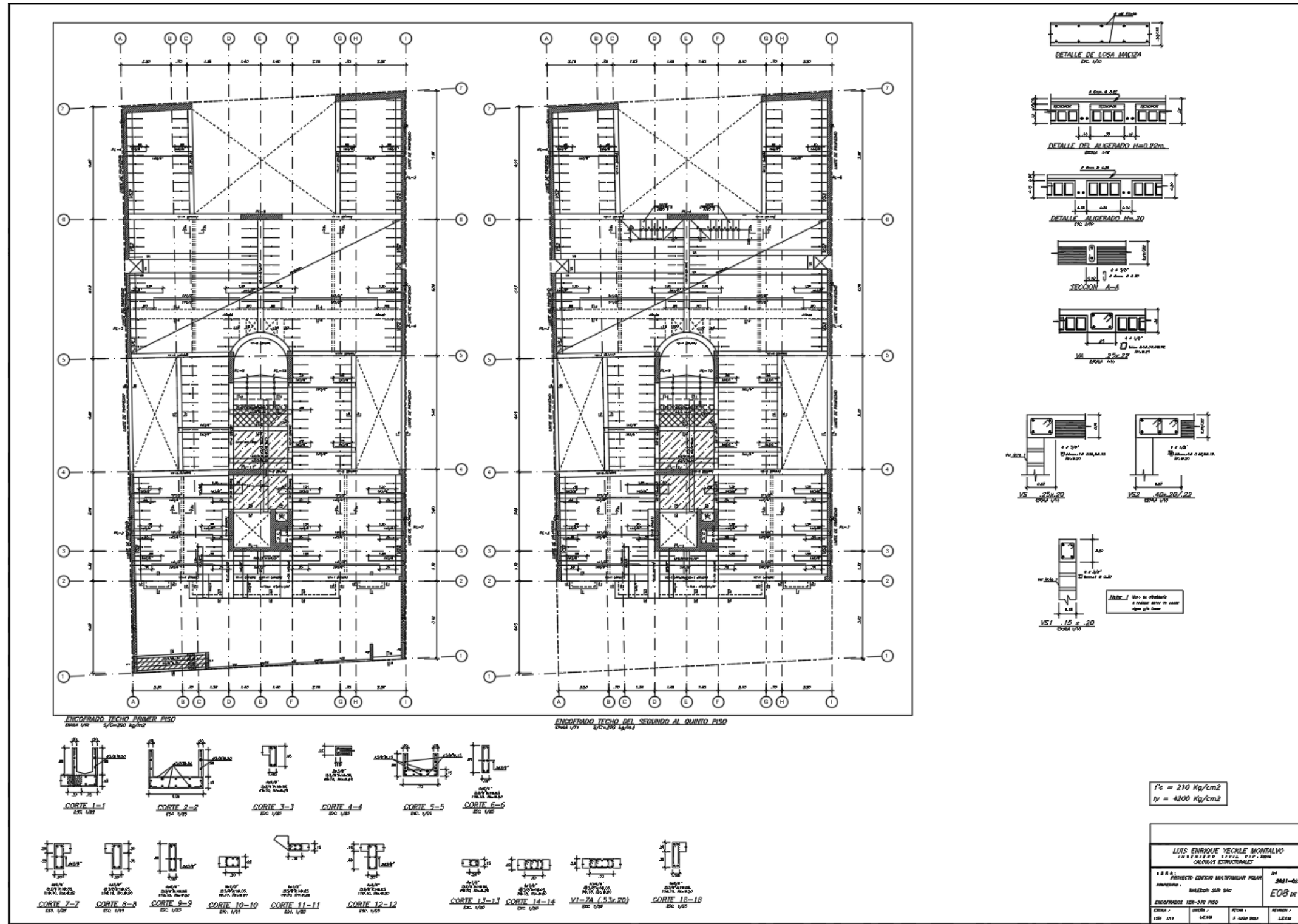
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 15: Plano Estructural Encofrado Semisótano



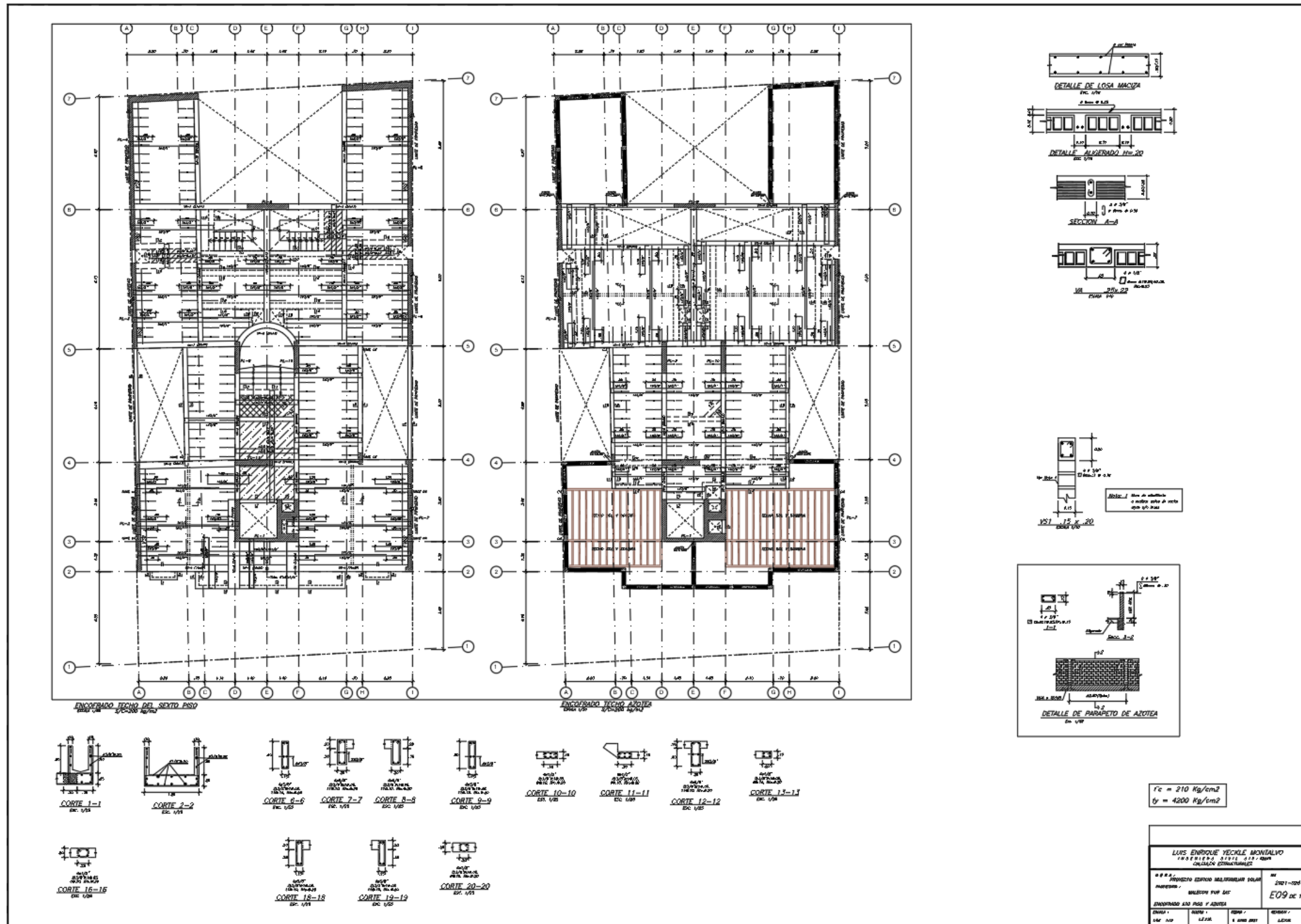
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 16: Plano Estructural Encofrado 1° a 5° piso



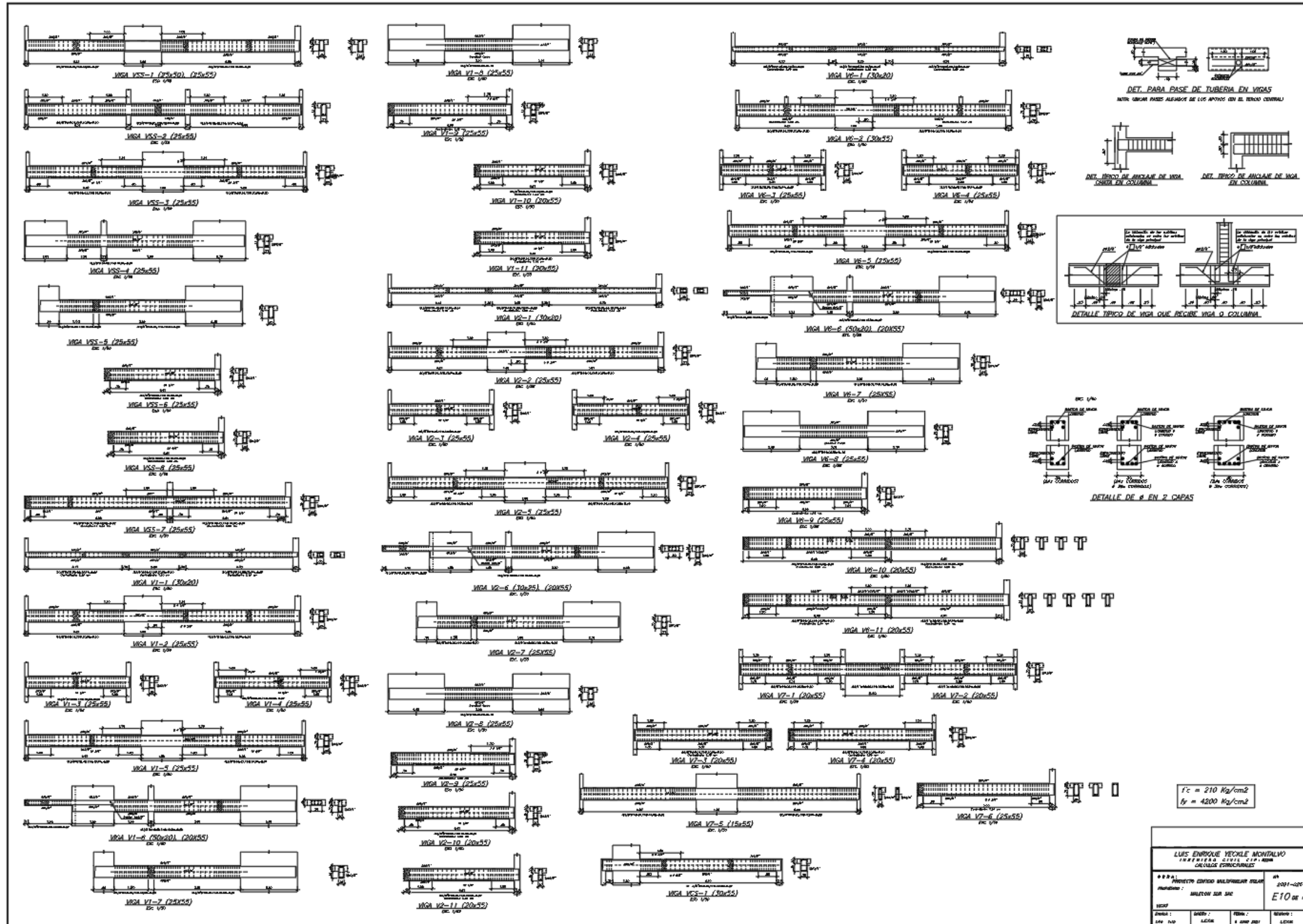
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 17: Plano Estructural Encofrado Sexto Piso y Azotea



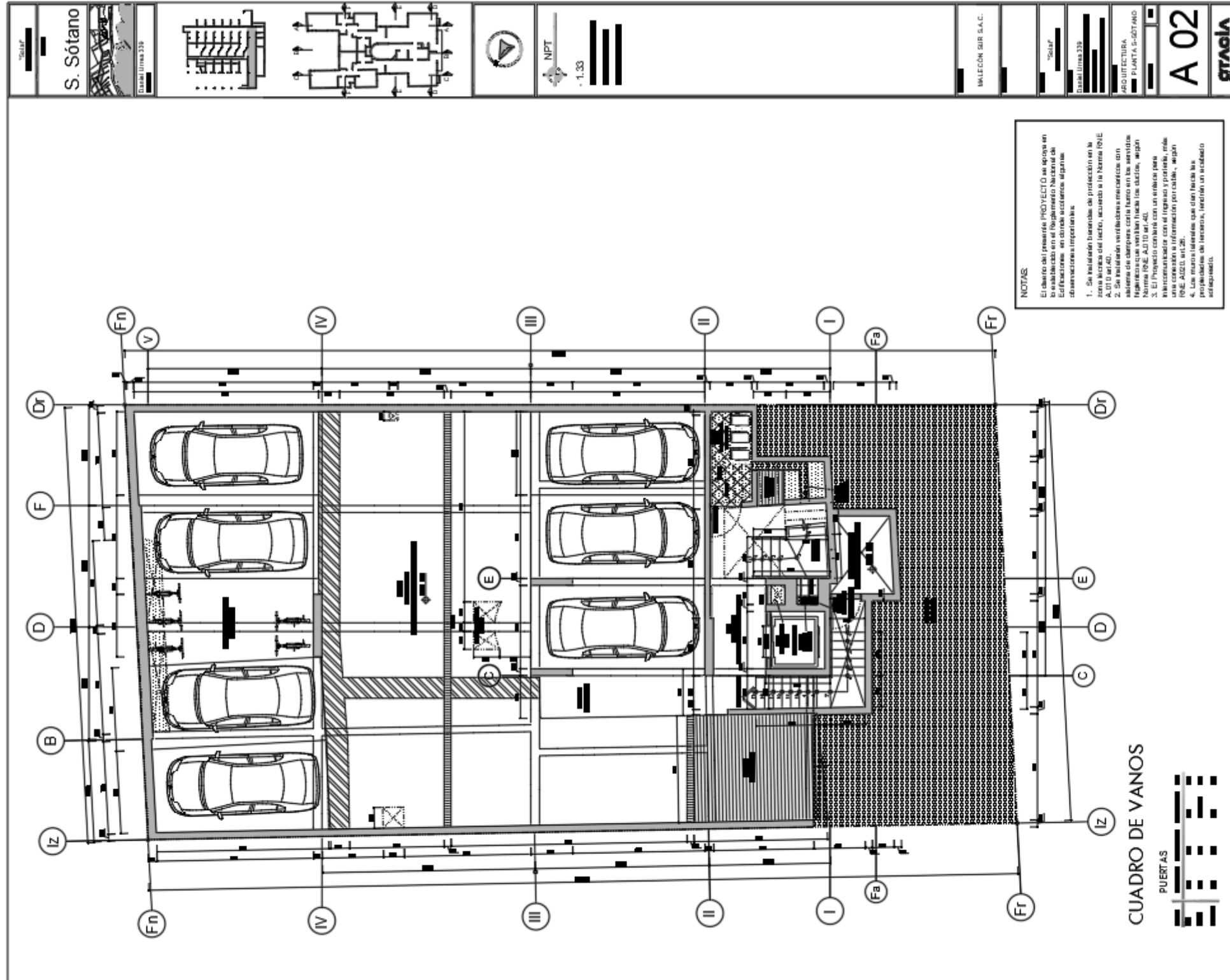
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 18: Plano Estructural de Vigas



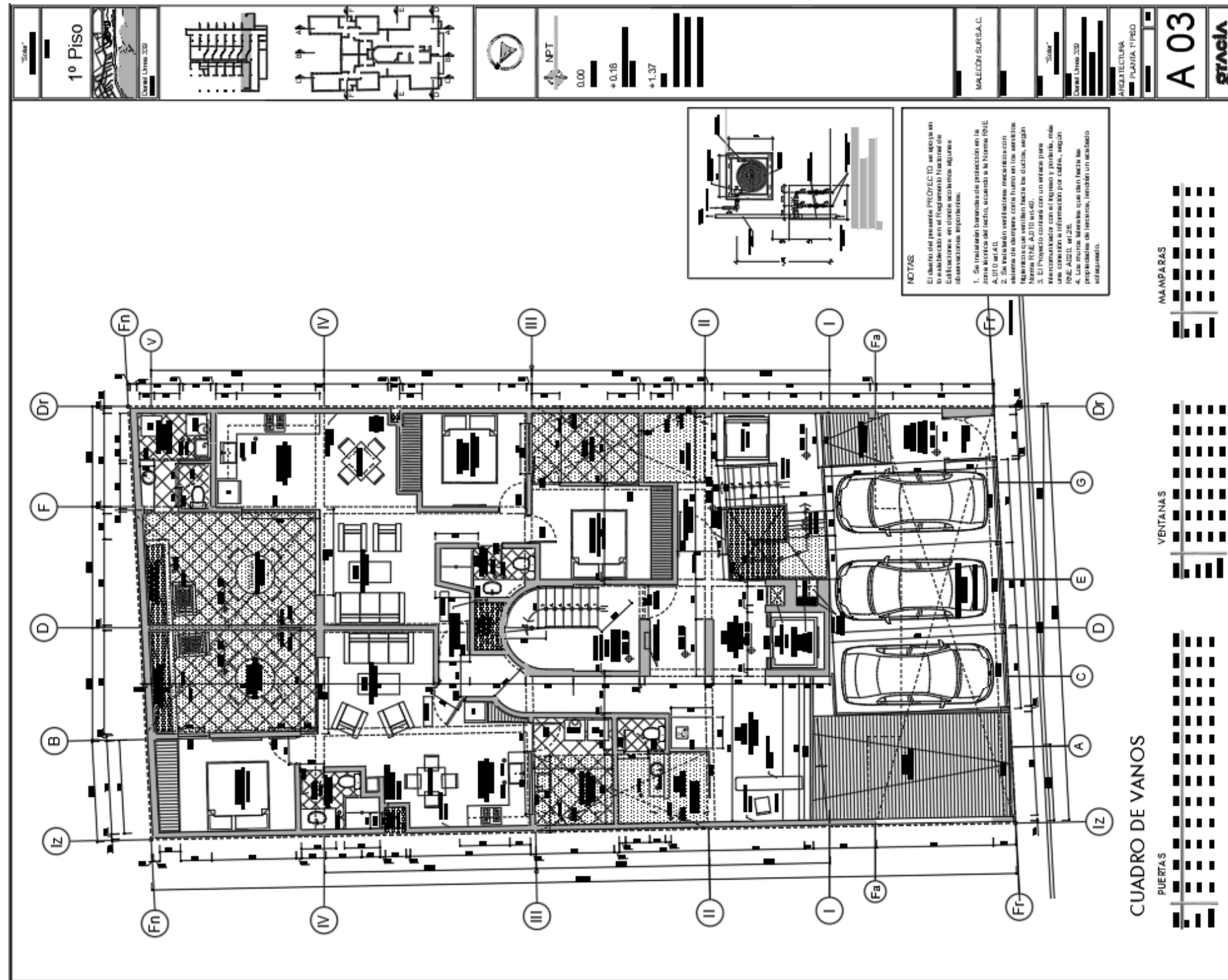
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 19: Plano de Arquitectura Planta Semisótano



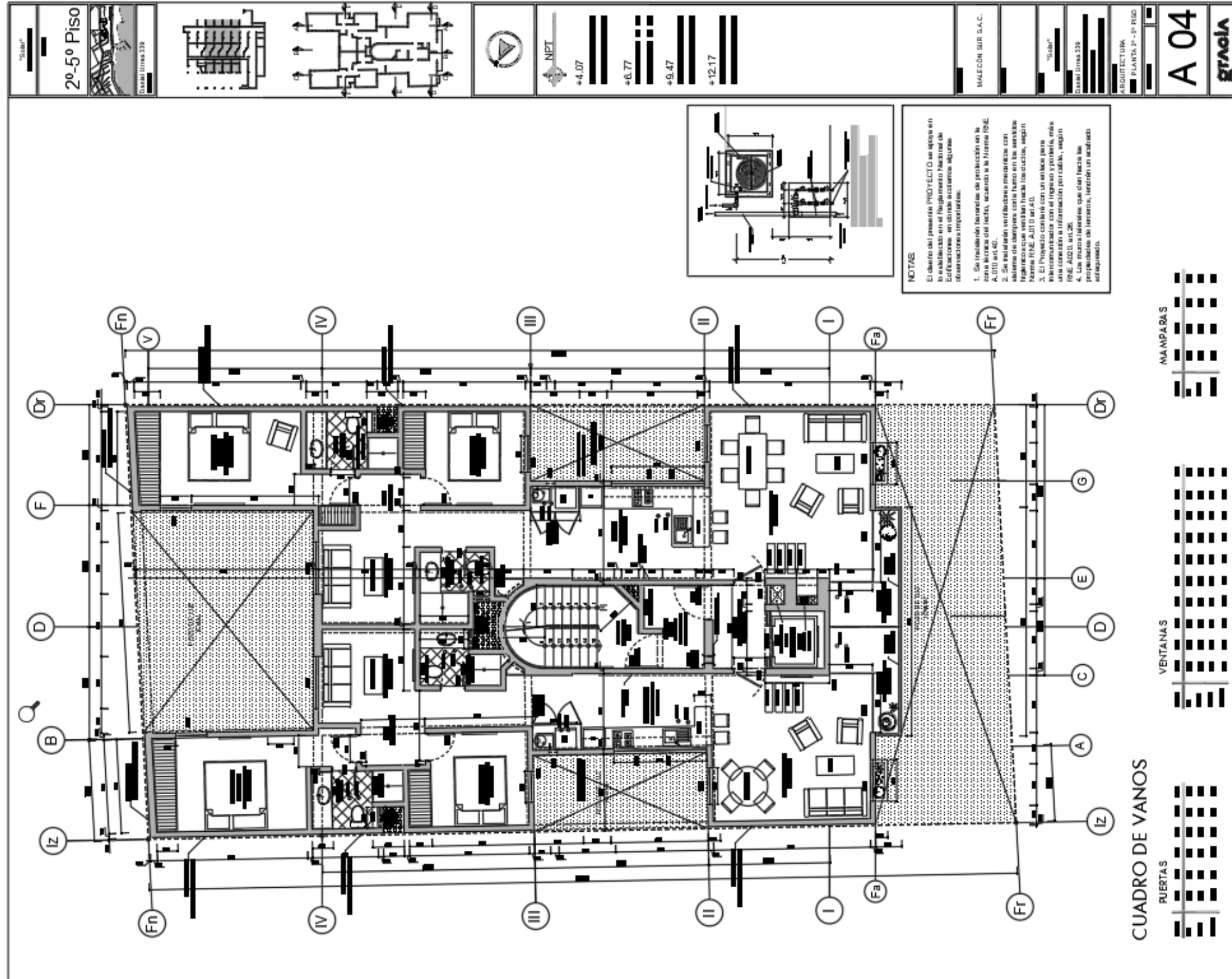
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 20: Plano de Arquitectura Planta Primer Piso



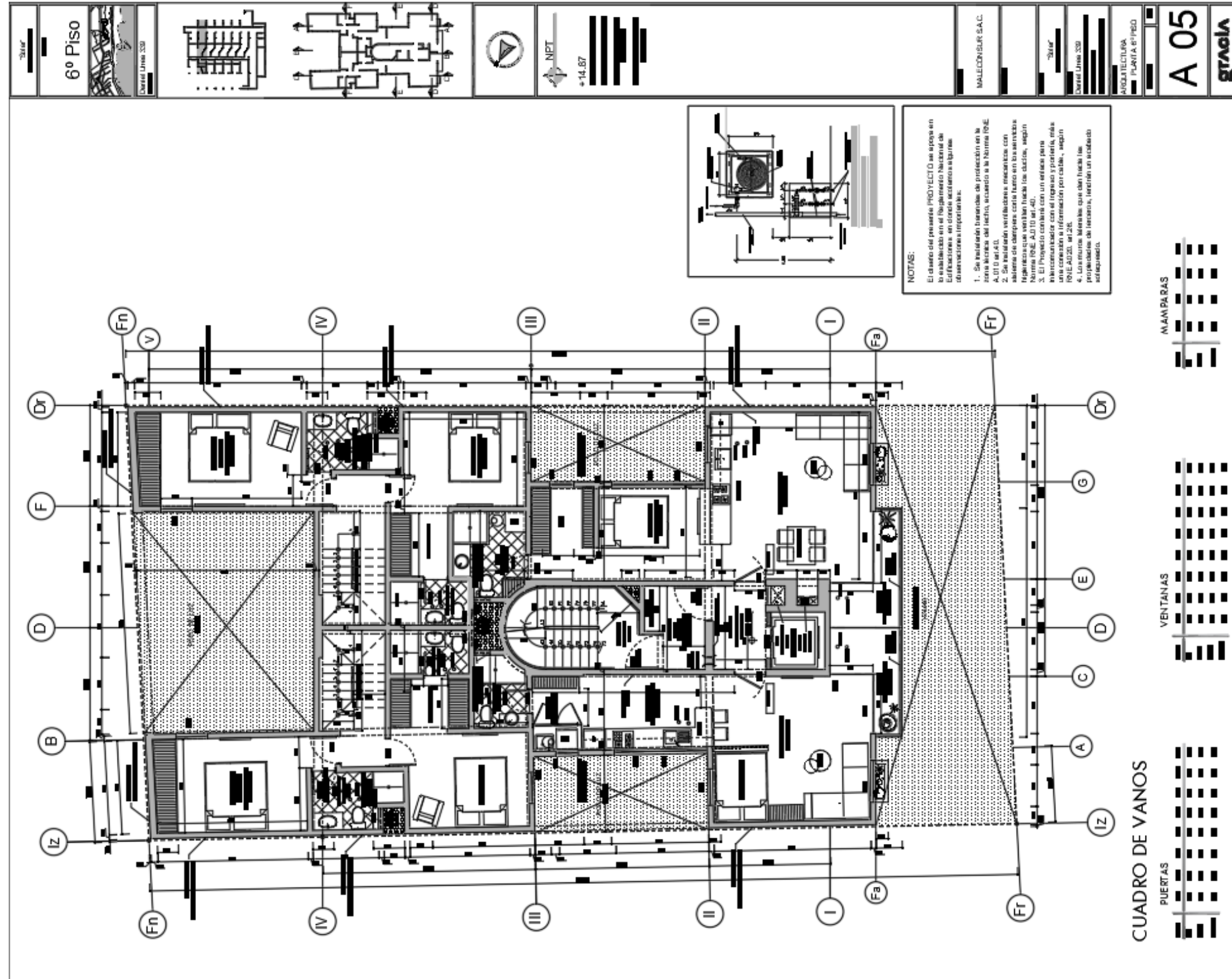
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 21: Plano de Arquitectura Planta Segundo a quinto Piso



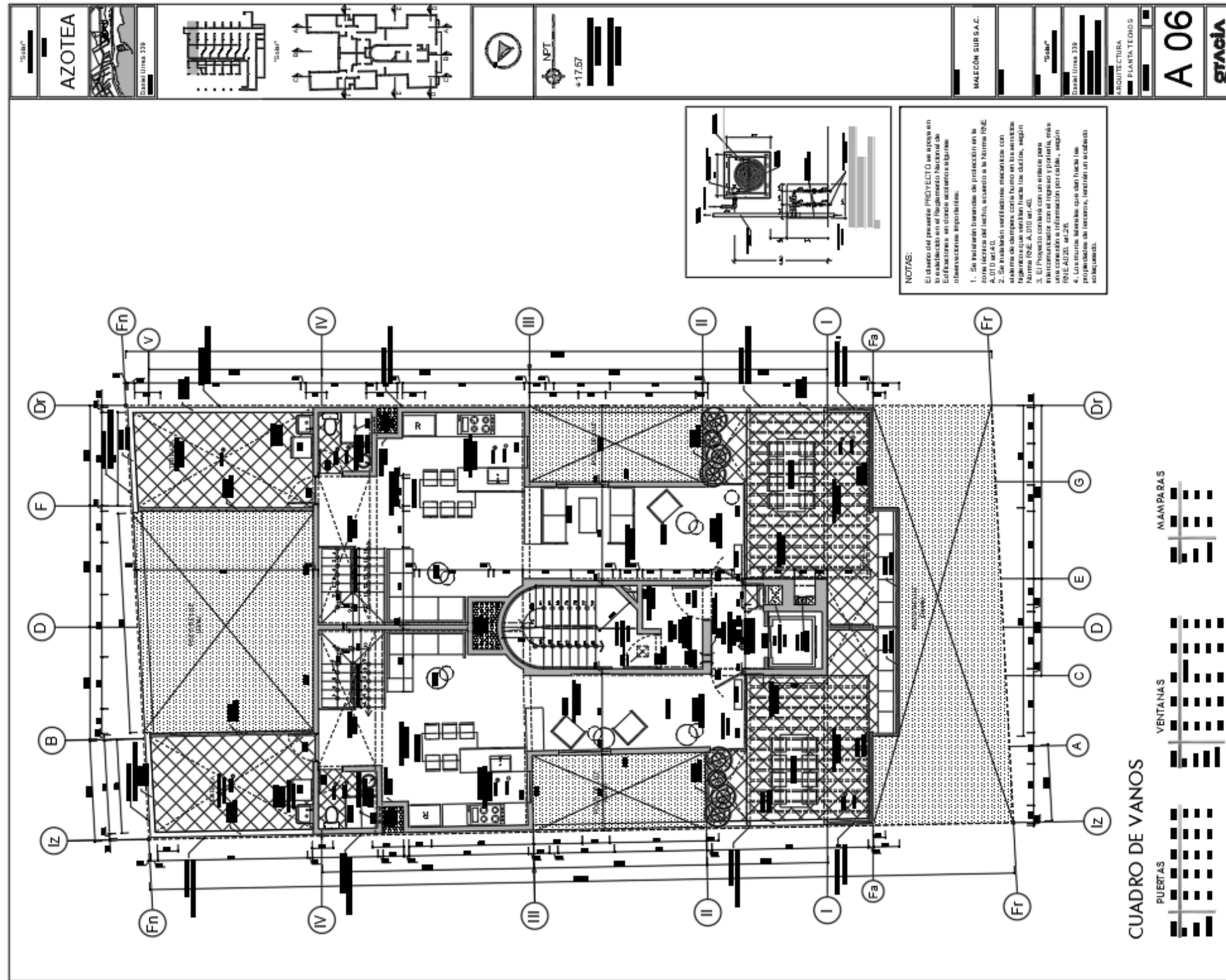
Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 22: Plano de Arquitectura Planta Sexto Piso



Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 23: Plano de Arquitectura Planta Techo



Fuente: MALECON SUR S.A.C.

Anexo 24: Solicitud a Empresa MALECON SUR S.A.C.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

Lima, octubre de 2022

Por la presente, yo Javier Navarro de Vivanco, en calidad de Gerente General de la empresa MALECON SUR S.A.C. con RUC 20607063703, autorizo al Bachiller Vladimir Alexander Córdova Vega con DNI 73033920, a fin de que pueda utilizar los datos, el uso de los planos arquitectónicos y estructurales del Proyecto EDIFICIO MULTIFAMILIAR "SOLAR", ubicado en la calle Daniel Urrea N°339, Urb. Cocharcas (Costa Sur), distrito de Chorrillos para la elaboración de su tesis de investigación y obtener el grado de ingeniero civil en la Universidad Ricardo Palma.

Atentamente



MALECON SUR S.A.C.

Javier Navarro de Vivanco
Gerente General

Anexo 25: Solicitud a Ingeniero Estructural

Domingo, 12 de junio de 2022

Carta de conformidad para uso de datos para proyecto de tesis

Por medio de la presente, Yo, Luis Enrique Yeckle Montalvo, autorizo que Vladimir Alexander Córdova Vega, identificado con DNI 73033920, con domicilio en jr. Los molinos 646 URB. Villacampa – Rímac, Provincia Lima y Departamento de Lima, pueda utilizar el material del proyecto estructural del Edificio Multifamiliar Solar para fines de tesis.



LUIS ENRIQUE YECKLE MONTALVO
Ingeniero Civil
Reg. del Colegio de Ingenieros N°52245

.....
FIRMA

Anexo 26: Solicitud al Ing. Luis Bozzo para aplicación de plugin

Plugin Externo Recibidos x

G **Guillermo Bozzo** <info@slbdevices.com>
para mi

29 ago 2022, 13:37

Buenos días Vladimir,

Le he enviado por weatransfer el instalador del plugin. Para cualquier duda puedes contactar con info.ceruj@slbdevices.com y le responderán las dudas sobre las versiones y compatibilidades.

Saludos,
Guillermo

Guillermo Bozzo Msc.
SLB DEVICES S.L.
www.slbdevices.com
CARRER DE BAILEN, 71 BIS 42 1' - CP: 08009- BARCELONA (BARCELONA)

Este mensaje va dirigido, de manera exclusiva, a su destinatario y contiene información confidencial y sujeta al secreto profesional. La divulgación, distribución, copia o utilización de este mensaje, o de cualquier documento adjunto al mismo, cualquiera que fuera su finalidad, están prohibidas por la ley. En caso de haber recibido este mensaje por error, le rogamos que, de forma inmediata, nos lo comunique y proceda a su eliminación, así como a la de cualquier documento adjunto al mismo.

De conformidad con el artículo 13 y 14 del REGLAMENTO (UE) 2016/679 y del artículo 11 de la Ley Orgánica 3/2018, en relación con el tratamiento de sus datos personales, le informamos que el Responsable del tratamiento es LUIS BOZZO ESTRUCTURAS Y PROYECTOS S.L., con CIF: B83118549, dirección: BAILEN, 71 BIS 42 1' - CP: 08009- BARCELONA (BARCELONA), teléfono: 932498542 y correo electrónico: LBOZZROT@CICCPES

Finalidades del tratamiento de datos personales: Gestionar los servicios y/o productos solicitados y/o contratados por el cliente, gestiones administrativas diversas (facturación, contabilidad, etc.), y, en su caso, atender las solicitudes y las promociones comerciales. Legitimación: La base jurídica para el tratamiento de sus datos personales se basa en el consentimiento para atender solicitudes y envío de promociones comerciales, en la ejecución de un contrato para prestar y gestionar servicios/productos y, en su caso, en el interés legítimo para el envío de promociones comerciales. Duración y conservación: Los datos serán conservados mientras duren los servicios contratados con el cliente, así como el tiempo necesario para cumplir con las obligaciones legales aplicables al responsable. Cesiones (comunicación de datos) y transferencias internacionales: Se cederán datos a terceros que tengan acceso a datos personales que trate el responsable del tratamiento, para el cumplimiento de las obligaciones legales (autoridades públicas) y/o contractuales (colaboradores con los que se han suscrito los correspondientes contratos de encargo de tratamiento). En su caso, se llevarán a cabo transferencias internacionales de datos necesarias para la ejecución del contrato suscrito entre el interesado y el responsable del tratamiento, y en aquellos casos en que conste el consentimiento explícito y expreso del interesado. Derechos: Puede ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, oposición, limitación y portabilidad respecto de sus datos personales. Todo ello, por escrito acompañado de copia del documento oficial que lo identifique dirigido al Responsable del tratamiento. En caso de disconformidad con el tratamiento, también tiene derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de Control competente (AEPD).

V **VLADIMIR ALEXANDER CORDOVA VEGA** <vladimir.cordova@urp.edu.pe>
para Guillermo

16 oct 2022, 16:52 (hace 2 días)

Buenas tarde ingeniero Luis Bozzo, soy Vladimir Alexander Cordova Vega, de la Universidad Ricardo Palma. Le escribo para solicitar su permiso para colocar este mensaje como anexo en mi tesis al brindame apoyo con la entrega del programa DISSIPALB.

Saludos cordiales

G **Guillermo Bozzo**
para mi

17 oct 2022, 4:54 (hace 1 día)

Estimado Vladimir,

Con gusto puede anexas dicho mensaje en su tesis. Una vez finalizada estaremos encantados de recibir una copia de la misma para poder ver sus trabajo.

Saludos,
Guillermo