



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía,  
Trujillo-La Libertad, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Paredes Chuquilín, Eber Josué

**ASESOR:**

Ing. Juan Humberto Castillo Chávez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**PERÚ - 2018**

## DEDICATORIA

*A dios por regalarnos la vida y las oportunidades que nos presentan.*

*A mi madre en el cielo, que con su cariño, comprensión y apoyo supo educarme y encaminarme por el buen sendero hasta el último día de su vida.*

*A mi padre y hermanos, que con su apoyo incondicional contribuyeron a la formación y desarrollo personal y profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A todos los profesores que a través de sus enseñanzas experiencias y conocimiento han aportado una parte importante en nuestra formación académica profesional.*

*A mi asesor el Ing. Juan Humberto Castillo Chávez, por los consejos impartidos durante el transcurso de la elaboración del Presente Trabajo de Investigación.*

*A todos nuestros amigos con los que hemos compartido momentos importantes de estudio durante nuestra formación universitaria.*

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “**Diseño Estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía, Trujillo-La Libertad, 2018**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **INGENIERO CIVIL**.

Eber Josué Paredes Chuquilín

# ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE .....	vii
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I.- INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Realidad problemática .....	14
1.1.1. Aspectos generales .....	15
1.1.2. Aspectos socio económico .....	16
1.2. Trabajos previos .....	17
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	21
1.3.1. Conceptos preliminares .....	21
1.3.2. Marco Normativo Peruano .....	27
1.4. Formulación del problema .....	35
1.5. Justificación del estudio .....	35
1.6. Hipótesis .....	36
1.7. Objetivos .....	36
1.7.1. Objetivo general .....	36
1.7.2. Objetivos específicos .....	36
II.- MÉTODO .....	37
2.1. Diseño de investigación .....	37
2.2. Variables, operacionalización .....	37
2.3. Población y muestra .....	39
2.3.1. Población .....	39
2.3.2. Muestra .....	39
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	42
2.4.1. Técnicas .....	42
2.4.2. Instrumentos .....	42
2.4.3. Validez y Confiabilidad .....	43
2.5. Métodos de análisis de datos .....	40
2.6. Aspectos éticos .....	40

III.- RESULTADOS .....	42
3.1. Estudio Topográfico .....	42
3.1.1. Trabajo de campo .....	42
3.1.2. Trabajo de gabinete .....	42
3.2. Diseño Arquitectónico .....	43
3.2.1. Entorno urbano .....	43
3.2.2. Descripción arquitectónica .....	43
3.2.3. Criterios arquitectónicos para el diseño .....	46
3.3. Estudio de Mecánica de suelos .....	46
3.3.1. Trabajo de campo .....	46
3.3.2. Ensayos y laboratorio .....	46
3.3.2. Ensayos y laboratorio .....	46
3.3.3. Resultados .....	47
3.4. Análisis Sismorresistente .....	47
3.4.1. Generalidades .....	47
3.4.2. Predimensionamiento y estructuración .....	47
3.4.3. Metrado de Cargas .....	56
3.4.4. Análisis modal .....	57
3.4.5. Análisis sísmico estático .....	59
3.4.6. Análisis sísmico dinámico .....	61
3.4.8. Junta de separación sísmica .....	64
3.5. Diseño Estructural .....	66
3.5.1. Diseño de Losa Aligerada .....	66
3.5.2. Diseño de Losa Maciza .....	69
3.5.3. Diseño de Vigas .....	72
3.5.4. Diseño de Columnas .....	80
3.5.5. Diseño de Muros Estructurales .....	84
3.5.6. Disipadores de Energía Shear Link Bozzo .....	87
3.5.7. Diseño de Cimentación .....	96
IV.- DISCUSIÓN .....	100
V.- CONCLUSIÓN .....	101
VI.- RECOMENDACIONES .....	103
REFERENCIAS .....	104
ANEXOS .....	110

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3. Factor de zona .....	28
Cuadro 4. Perfiles de los tipos de suelos .....	29
Cuadro 5. Factor de sueño según zona .....	29
Cuadro 6. Periodos según el factor “C” .....	29
Cuadro 13. Matriz de operacionalización de variables.....	38
Cuadro 14. Coordenadas del terreno del proyecto .....	46
Cuadro 15. Clasificación de suelos .....	46
Cuadro 16. Capacidad de carga admisible .....	46
Cuadro 17. Propiedades físicas del suelo .....	47
Cuadro 18. Propiedades mecánicas del suelo .....	47
Cuadro 19. Tipos de columnas en la edificación .....	50
Cuadro 20. Áreas tributarias consideradas para cada columna .....	51
Cuadro 21. Pesos unitarios considerados por piso .....	52
Cuadro 22. Peso total por cargas de gravedad por columnas .....	52
Cuadro 23. Área de cada columna del edificio .....	53
Cuadro 24. Peso total de la edificación .....	55
Cuadro 25. Tanteo del espesor de placa .....	56
Cuadro 26. Longitudes de las placas en ambas direcciones .....	56
Cuadro 27. Periodos en ambas direcciones .....	58
Cuadro 28. Periodos fundamentales .....	58
Cuadro 29. Distribución de las fuerzas de inercia .....	61
Cuadro 30. Valores de T vs. Sa del espectro de diseño .....	62
Cuadro 31. Fuerza cortante en la base en ambas direcciones .....	63
Cuadro 32. Desplazamientos laterales de entrepiso en ambas direcciones .....	64
Cuadro 33. Derivas de entrepiso en ambas direcciones .....	66
Cuadro 34. Cargas de diseño para aligerado .....	67
Cuadro 35. Cálculo del refuerzo por flexión para la vigueta de estudio .....	68
Cuadro 36. Verificación por corte de la vigueta en estudio .....	69
Cuadro 37. Cálculo del refuerzo por flexión para la losa maciza en estudio .....	71
Cuadro 38. Verificación por corte de la losa maciza en estudio .....	72
Cuadro 39. Combinaciones de carga Pu y Mu para la placa de diseño .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema estructural dual .....	23
Figura 2. Pantallas o muros desacoplados .....	24
Figura 3. Disipadores de energía .....	24
Figura 4. Disipador trabajando en su modo habitual por corte .....	26
Figura 5. Disipador trabajando en su modo por flexión .....	26
Figura 6. Mapa de zonificación sísmica del Perú .....	28
Figura 7. Plano topográfico del terreno consignado para el proyecto .....	42
Figura 8. Entorno urbano del terreno del proyecto .....	43
Figura 9. Distribución arquitectónica del 1° nivel .....	44
Figura 10. Distribución arquitectónica del 2° al 8° nivel .....	44
Figura 11. Apartamento del lado izquierdo .....	45
Figura 12. Apartamento del lado derecho .....	45
Figura 13. Tipos de columnas en el edificio .....	50
Figura 14. Vista 3D del modelo estructural en Etabs .....	57
Figura 15. Curva de los valores del espectro de diseño .....	63
Figura 16. Sentido del aligerado en el eje "X" .....	66
Figura 17. Sección típica de losas aligeradas .....	67
Figura 18. Diagrama de momento flector de losa aligerada .....	68
Figura 19. Diagrama de fuerzas cortante para aligerado .....	69
Figura 20. Diagrama de momentos de la losa maciza en la dirección X-X (ton-m/m) ..	70
Figura 21. Diagrama de momentos de la losa maciza en la dirección X-X (ton-m/m) ..	70
Figura 22. Diagrama de cortantes de la losa maciza en la dirección X-X (ton/m) .....	71
Figura 23. Diagrama de cortantes de la losa maciza en la dirección Y-Y (ton/m) .....	72
Figura 24. Diagrama de momento flector del pórtico de análisis .....	73
Figura 25. Sección de viga rectangular en el momento de falla .....	73
Figura 26. Diagrama de momento flector de la viga de diseño .....	74
Figura 27. Sección de viga predimensionada .....	74
Figura 28. Diagrama de fuerzas cortantes de la viga de diseño .....	76
Figura 29. Condiciones para el corte del refuerzo .....	79
Figura 30. Modelo de la sección de la columna en SAP 2000 .....	80
Figura 31. Pesos y momentos exportados del Etabs al SAP 2000 .....	81
Figura 32. Puntos Mu y Pu de los diagramas de iteración para cada dirección .....	81
Figura 33. Armado por flexión y carga axial para la placa de estudio .....	85

Figura 34. Puntos Mu y Pu de los diagramas de iteración para ambas direcciones .....	85
Figura 35. Armado final para la placa de estudio .....	87
Figura 36. Geometría del dispositivo Disip1SL30_2 .....	88
Figura 37. Tensiones de Von Mises para un desplazamiento impuesto de 20mm del dispositivo Disip1SL30_2 .....	88
Figura 38. Modelado de disipador mediante elementos frame con geometría rectangular y propiedades de acero estructural tipo A36 .....	88
Figura 39. Panel disipativo de concreto + disipador sísmico (modelado tipo “frame”) para prediseño .....	89
Figura 40. Detalle del dispositivo con la rótula para liberar la fuerza axial y el respectivo brazo rígido desde el centro de la Viga Secundaria .....	89
Figura 41. Confirmación de orientación de la placa disipativa .....	90
Figura 42. Cortante en dispositivos de segundo nivel .....	90
Figura 43. Valores característicos de los dispositivos tipo Shear Link Bozzo SLB .....	91
Figura 44. Dispositivos de protección SL20-4; SL15-3 .....	91
Figura 45. Asignación de propiedades no lineales a elementos “link” .....	92
Figura 46. Asignación los parámetros de diseño del disipador .....	92
Figura 47. Espectro escalado sismo match Huaraz (31 de mayo de 1970) ACELEROGRAMA .....	93
Figura 48. Ingreso de la señal de sismo escalado en el programa y su respectiva configuración en su primera fase de comportamiento lineal .....	93
Figura 49. Vista de la señal en el programa .....	94
Figura 50. Fuerza cortante en los dispositivos SLBX 15_4 y SLBX 15_2 luego del análisis Tiempo Historia Lineal. Eje 2, entre G y B .....	94
Figura 51. Dispositivos luego del análisis Tiempo Historia Lineal. Eje 2, entre G y B .....	95
Figura 52. Ingreso de la señal de sismo escalado en el programa y su respectiva configuración en su primera fase de comportamiento No Lineal .....	95
Figura 53. Fuerza cortante en los dispositivos SLBx 10_4 y SLBx 8_5 .....	96
Figura 54. Comportamiento de la platea e idealización del suelo .....	96
Figura 55. Modelo estructural de la platea de cimentación .....	97
Figura 56. Presiones en el suelo debido a cargas de gravedad (CM + CV) .....	97
Figura 57. Distribución de M. F. en la dirección X debido a cargas de gravedad .....	98
Figura 58. Distribución de M. F. en la dirección Y debido a cargas de gravedad .....	98
Figura 59. Distribución de F. C. en la dirección X debido a cargas de gravedad .....	99
Figura 60. Distribución de F. C. en la dirección Y debido a cargas de gravedad .....	99

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un edificio de 8 niveles en la ciudad de Trujillo, añadiendo un sistema de protección como son los disipadores de energía. Se desarrollaron los trabajos de campo en la primera etapa, el estudio topográfico se efectuó con estación total al terreno de 416 m<sup>2</sup> de área, consignado para el edificio de disipadores de energía de 8 niveles, con una pendiente menor al 1%, sin relieves pronunciadas importantes, observándose que el terreno es relativamente plano. El diseño arquitectónico del edificio se realizó cumpliendo los requisitos de dimensiones mínimas de los ambientes destinados para vivienda (edificio multifamiliar), según las normas A.010 y A.020. Los departamentos serán de aproximadamente 120 m<sup>2</sup> con tres dormitorios, una sala y un hall, una cocina, un comedor, un baño completo y medio baño, siendo dos departamentos por piso, lo que nos da un total de 9 viviendas, ya que en el primer piso encontramos un estacionamiento, salón de usos múltiples y dos jardines. Posteriormente se realizó el EMS en el laboratorio de suelos de la UCV de Trujillo, realizando 3 calicatas de acuerdo a una profundidad de 3 m cada una, obteniendo como clasificación del suelo (SUCS) de los estratos recogidos, una arena mal graduada, con una capacidad portante de 1.28 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de cimentación de 1.50 m. El análisis sismorresistente del edificio de 8 niveles con disipadores de energía se realizó con el software Etabs, permitiéndonos aproximarnos al comportamiento real de la estructura con disipadores. El análisis final consistió en un Análisis Tiempo Historia conjuntamente con los disipadores elegidos para el proyecto, los disipadores Shear Link Bozzo, los cuales están basados inicialmente en el arriostramiento excéntrico de pórticos lo que permite potencialmente una disipación de energía óptima en toda el alma. Este análisis Tiempo Historia nos dio como resultados que los valores obtenidos del desplazamiento en el eje "X" y eje "Y" se encuentran en el rango permisible según la Norma E.03. Finalmente, la realización del diseño estructural de los elementos de concreto armado del edificio fue realizado mediante los softwares Etabs, SAFE y SAP, los cuales brindaron las cuantías de acero de manera rápida; contemplando los requerimientos mínimos establecidos por nuestras normas y combinaciones de cargas.

Palabras clave: Análisis sismorresistente, espectro de aceleración, desplazamientos, disipadores SLB, diseño estructural.

## ABSTRACT

The objective of this research is to design an 8-level building in the city of Trujillo, adding a protection system such as energy dissipaters. The field works were developed in the first stage, the topographic study was carried out with total station to the terrain of 416 m<sup>2</sup> of area, consigned for the building of energy dissipaters of 8 levels, with a slope less than 1%, without pronounced reliefs important, observing that the terrain is relatively flat. The architectural design of the building was carried out in compliance with the requirements of minimum dimensions of the rooms intended for housing (multi-family building), according to standards A.010 and A.020. The apartments will be approximately 120 m<sup>2</sup> with three bedrooms, a living room and a hall, a kitchen, a dining room, a bathroom and a half bathroom, being two apartments per floor, which gives us a total of 9 homes, since in the first floor we found a parking lot, multipurpose room and two gardens. Subsequently the EMS was performed in the soil laboratory of the UCV of Trujillo, making 3 pits according to a depth of 3 m each, obtaining as soil classification (SUCS) of the collected strata, a poorly graded sand, with a carrying capacity of 1.28 kg / cm<sup>2</sup> at a foundation depth of 1.50 m. The seismic analysis of the 8-level building with energy dissipaters was carried out with the Etabs software, allowing us to approximate the actual behavior of the structure with heatsinks. The final analysis consisted of a Time History Analysis in conjunction with the heatsinks chosen for the project, the Sherari Link Bozzo heatsinks, which are initially based on the eccentric bracing of gantries which potentially allows an optimal energy dissipation throughout the soul. This Time History analysis gave us as results that the values obtained from the displacement in the "X" axis and "Y" axis are in the permissible range according to the E.03 Standard. Finally, the realization of the structural design of the reinforced concrete elements of the building was carried out using the software Etabs, SAFE and SAP, which provided the amounts of steel quickly; contemplating the minimum requirements established by our standards and load combinations.

Keywords: Seismic analysis, acceleration spectrum, displacements, SLB dissipaters, structural design.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática:

Durante los últimos años se han presentado sismos que han acarreado daños considerables a las edificaciones en diferentes ciudades del Perú, y como bien sabemos estos sismos se dan porque el Perú se ubica en una zona altamente sísmica, por ubicarse en el cinturón de fuego del pacífico, zona llamada así por la convergencia tectónica entre las placas Oceánica (Nazca) y Continental (Sudamericana). Pero los daños fueron considerables y hasta colapsaron algunas edificaciones en las diferentes ciudades del Perú, esto se debió a la manera empírica de su construcción y, al mismo tiempo, por no tener un adecuado diseño tanto sísmico como estructural.

Por otra parte, según Defensa Civil y el IGP (Instituto Geofísico del Perú), la ciudad de Trujillo forma parte del gap sísmico Trujillo-Chiclayo y el cual se encuentra en observación y en cualquier momento podría liberar su energía almacenada. (Ver Anexo 1). Como sabemos, el periodo de retorno de los grandes sismos está considerado entre 400 a 500 años (Tavera, 2002, p. 136), y el ultimo sismo devastador que se dio en Trujillo y el cual se narran en crónicas antiguas fue en febrero del año 1619 (Silgado, 1978, p. 25), por lo que estamos cerca de la ocurrencia de un eventual sismo de gran magnitud.

Si observamos y analizamos las edificaciones de la ciudad de la primavera, los efectos de un sismo de gran magnitud aquejarían en gran escala no solo a las edificaciones de la ciudad de Trujillo, sino también a la región de La Libertad en general.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, surge la necesidad de reforzar las estructuras de las edificaciones en la ciudad de Trujillo, mediante una tecnología que se viene usando en países como Japón, China y en Sudamérica, acá cerca en el país vecino de Chile, como son los disipadores sísmicos, ya que son muy efectivos para el control de deformaciones y que en el mercado se están incorporando paulatinamente, para que así, estas edificaciones contengan un mayor nivel de seguridad frente a un eventual sismo de gran magnitud. De esta manera pondríamos en práctica la filosofía y uno de los principios elementales del

diseño sismorresistente contemplada en la norma E.030, la cual nos dice que la estructura no deberá colapsar ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos calificados como severos, de tal manera que puedan seguir funcionando sin mayor inconveniente alguno.

### **1.1.1 Aspectos generales:**

#### **1.1.1.1 Ubicación Política:**

La ubicación política del distrito de Trujillo es la siguiente:

País: Perú  
Región: La Libertad  
Departamento: La Libertad  
Provincia: Trujillo  
Distrito: Trujillo

#### **1.1.1.2 Ubicación Geográfica:**

La ubicación geográfica del distrito de Trujillo es la siguiente:

Superficie: 39.36 km<sup>2</sup>  
Latitud: 8°06'57" S  
Longitud: 79°01'47" O  
Altitud: 31 m.s.n.m.

#### **1.1.1.3 Límites**

El distrito de Trujillo limita con los siguientes distritos respectivamente, por el:

Norte: La Esperanza, Florencia de Mora y El Porvenir

Sur: Víctor Larco Herrera y Moche

Este: Laredo

Oeste: Huanchaco y Océano Pacífico

#### **1.1.1.4 Clima**

Trujillo es denominado “Ciudad y Capital de la Primavera”, por su excelente clima primaveral con relativamente mínimas variaciones diarias del tiempo, lo mismo que sus variaciones anuales. La temperatura es estable, los vientos son moderados y las lluvias son escasas, aunque ocasionalmente pueden tomarse en copiosas cuando el llamado Fenómeno del Niño descarga sus fuerzas. En Trujillo, la temperatura promedio es de 20° C y llueve unos pocos milímetros.

#### **1.1.1.5 Vías de acceso**

La accesibilidad a la localidad de Trujillo se puede dar por:

Vía terrestre: a través de la carretera panamericana norte (Av. Nicolás de Piérola), av. Mansiche, av. Larco, av. Pumacahua, av. Túpac Amaru, entre otras principales vías de penetración que los unen con los demás distritos de su alrededor.

Vía aérea: hay vuelos diarios desde el aeropuerto “Carlos Martínez de Pinillos”.

Vía marítima: por el “Terminal Portuario de Salaverry” ubicado en este distrito.

#### **1.1.2 Aspectos socio económico:**

##### **1.1.2.1 Actividades económicas:**

Las actividades económicas destacadas del distrito de Trujillo son: la prestación de servicios por medio de establecimientos dedicados al turismo en el centro histórico (hoteles, hospedajes, restaurantes, entre otros) y el transporte urbano, para la movilización de los trujillanos a sus centros de labores o estudios.

##### **1.1.2.2 Salud:**

Los centros de salud estatal más reconocidos que podemos encontrar dentro del distrito de Trujillo son: el hospital Regional Docente, hospital Belén y el hospital Víctor Lazarte Echegaray. Y los centros de salud particulares más reconocidos son: la clínica Peruano-Americana y la clínica San Pablo.

##### **1.1.2.3 Educación:**

En Trujillo distrito encontramos infraestructuras educativas primarias y secundarias, tanto estatales (Colegio Nacional San Juan, José Faustino Sánchez Carrión, Santa Rosa, Modelo, Marcial Acharan y Smith, entre otros) como particulares (Claretiano, Alexander Fleming, Brüning, San Vicente de Paul, Marcelino Champagnat, Interamericano, entre otros). También cuenta con infraestructuras de educación superior nacionales como Universidad Nacional de Trujillo y particulares como la Antenor Orrego, la Privada del Norte y Leonardo Da Vinci.

##### **1.1.2.4 Servicios:**

En Trujillo distrito, la entidad prestadora del servicio de energía eléctrica está a cargo de Hidrandida, siendo este distrito el de mayor consumo. La entidad prestadora del servicio de distribución de agua potable y alcantarillado está a cargo

de SEDALIB S.A., la cual adquiere el recurso hídrico del proyecto especial de CHAVIMOCHIC.

#### **1.1.2.5 Vivienda:**

Trujillo distrito con el código de ubigeo 130101, en el XII Censo de Población y VII de Vivienda realizado a nivel nacional en el año 2017, el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) nos dice que Trujillo cuenta con 87701 viviendas, con una población estimada de 314939 habitantes.

### **1.2 Trabajos previos:**

López y Plasencia (2017), en su estudio titulado “Diseño estructural del edificio multifamiliar las flores del golf de 9 niveles empleando disipadores de energía “shear link bozzo””, busca comprobar la seguridad del disipador SLB, realizando un análisis sismorresistente en un sistema estructural conformado por muros estructurales, columnas y vigas de concreto armado de un edificio con un área de 300 m<sup>2</sup> ubicado en la Urb. Las Flores del Golf, del distrito de Víctor Larco Herrera. Se comprobó a través del análisis sísmico que la edificación cumpla con los parámetros especificados en la Norma E.030. Concluyendo que con la inclusión de disipadores LSB les permite disminuir los daños propensos a un sismo, en comparación a una edificación desprovista del sistema de protección.

Ruiz (2017), en su estudio titulado “Análisis y diseño de edificios con aisladores sísmicos de péndulo friccional doble y triple” se enfoca principalmente en el estudio de los aisladores de péndulo friccional. Ruiz realizó los análisis sísmicos de estructuras: estático, espectral y tiempo historia no lineal (referenciados del ASCE SEI 7- 10, borrador del ASCE SEI 7-16 y del FEMA 750), para los edificios con aisladores sísmicos, limitando la deriva máxima de piso a 3 %, la aceleración máxima de piso a 0.25g para el sismo de diseño (Tr=475 años). Así mismo, se desarrolló el análisis de un edificio hospitalario con aisladores de péndulo de fricción doble, triple y base empotrada; donde se halló y comparó los valores globales de respuesta sísmica (periodo, deriva, aceleración, cortante, desplazamiento y amortiguamiento) entre los análisis y tipos de dispositivos. Para el hospital con aisladores de péndulo friccional doble y triple, los parámetros globales resultaron similares en los análisis espectral y estático. Sin embargo, hay

una gran diferencia en el análisis tiempo historia no lineal (ANLTH), sobre todo, para el análisis del edificio con péndulo doble.

Se logró satisfacer los requisitos del análisis estático y modal espectral con ambos aisladores para el desempeño de funcionalidad continua, pero, para el doble, dado el alto amortiguamiento (en ANLTH), no se lograron aceleraciones a dicho nivel de desempeño. Finalmente, se hizo un análisis estático según el ASCE 7-16, para ambos tipos de aisladores, obteniendo como resultado que los aisladores de péndulo de fricción pueden llegar a variar hasta 30% en función del valor nominal de cortante y 10% en función del desplazamiento nominal.

Fuentes (2015), en su estudio titulado “Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso” realizó análisis comparativos en un edificio aporticado de 5 pisos de concreto armado con disipadores de fluido viscoso (en diagonal, doble diagonal y chevron) incorporados en ambas direcciones. Dichos disipadores fueron predimensionados para satisfacer las derivas máximas de entrepiso de la norma NTE E.030 para un mismo valor del amortiguamiento efectivo en cada dirección de análisis. La mayor eficiencia de los chevron, obtuvo disipadores con menores valores de la constante de amortiguamiento, obteniendo reducciones promedio en la dirección corta del edificio de 35% para los desplazamientos espectrales máximos y de 31% para las fuerzas espectrales en la base de la estructura. Los análisis tiempo-historia mostraron menores fuerzas de amortiguamiento desarrolladas por los disipadores no lineales con un valor bajo del exponente  $\alpha$  corresponden con fuerzas sísmicas mayores que las desarrolladas por los disipadores lineales. Finalmente se concluyó que la edificación pudo ser protegida adecuadamente con los dispositivos de disipación de energía.

Díaz (2014), en su estudio titulado “Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos” evaluó y optimizó del diseño estructural de una edificación esencial de 6 pisos ubicada en la ciudad de Chiclayo, el cual presentó irregularidad torsional en el eje Y-Y y superó las derivas máximas fijadas en la E.030 (7 ‰). Se optimizó el diseño, reestructurando e implementando disipadores de energía viscosos, logrando corregir la irregularidad torsional obteniendo derivas máximas de 3.56‰ y 7.33 ‰ en el eje XX y YY respectivamente. Se empleó un análisis tiempo historia (ASCE 7-10) para el diseño de disipadores

usando el sismo de Moquegua 2001 como sismo de diseño, presentando así, con estas condiciones, derivas máximas de 9.71 ‰ en el eje Y-Y y de 3.37 ‰ en el eje X-X. Se decidió implementar disipadores de energía viscosos solo en el eje Y-Y, por ser el más flexible y por presentar una deriva máxima superior a la permitida.

Se planteó un arreglo doble diagonal con 3 pares de disipadores de energía por piso, ubicados en los 5 primeros niveles del edificio, se analizó el comportamiento histórico de cada uno de los dispositivos, pero 3 de ellos no aportaban en la reducción de derivas, por lo que se optimizó empleando solo una diagonal en lugar de dos en los pórticos donde se encontraban. Las derivas que se obtuvieron en el eje YY luego de implementar los disipadores de energía fueron menores de 7.00‰ llegándose a un valor máximo de 5.94 ‰. Finalmente, con los resultados obtenidos se concluyó que el empleo de estos dispositivos logra reducir los desplazamientos en los centros de masa, las derivas de entrepiso, las fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores en los elementos estructurales, así como las velocidades y aceleraciones en cada uno de los niveles.

Corpus y Morales (2015), en su estudio licenciado “Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el distrito de Víctor Larco herrera aplicando ETABS 2013”, se realizó un análisis para evaluar qué sistema estructural es más favorable, comparando un sistema de reforzamiento con muros estructurales con uno con disipadores de fluido viscoso, modelando tanto estática como dinámicamente y determinando su comportamiento ante un sismo. Se pretendió evaluar los valores permisibles dadas en la Norma E.030 con los valores del estudio realizado, concluyendo en que ambos sistemas estructurales consiguieron disminuir considerablemente las derivas de entrepiso y que, el sistema de muros estructurales requiere reestructuración y reparación, caso contrario del sistema de disipación de fluido viscoso, que solo necesitará una nueva calibración por parte de la compañía contratada.

Carranza y Calderón (2015), en su estudio licenciado “Reforzamiento de una estructura aporricada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo”, se mostró un sistema de protección sísmica con disipadores. La edificación ubicada en la ciudad de Trujillo, al momento de analizarlo tenemos

una deriva mayor a la que está permitida por el reglamento de diseño sismorresistente E030 (7‰). Utilizando los disipadores de energía se logró disminuir las derivas entre pisos logrando demostrar que la edificación reforzada tiene un mejor comportamiento ante un sismo que una edificación sin reforzar.

Boza y Galán (2013), en su estudio titulado “Diseño de un edificio aporticado con disipadores en arreglo Chevron”, desarrollaron el diseño del sistema de disipación de un edificio aporticado de 7 niveles según la norma peruana de Diseño sismorresistente. Buscando lograr que el edificio logre comportarse con daños moderados ante un sismo con 500 años de periodo de retorno. La deriva agrupada a este nivel de daño es próxima a 0.55%, orientando el diseño del sistema de disipación para obtener una deriva por debajo del valor mencionado. Empleando la mejor alternativa que residió en 56 disipadores no lineales puestos en todos los niveles y obteniendo resultados que permitían reducir la deriva en un 40% del sistema diseñado, manteniéndose así por debajo del valor que se buscaba.

Romero (2013), en su estudio licenciado “Diseño de edificaciones con disipadores de energía sísmica de tipo fluido viscoso”, consiste en la comparación de un sistema convencionalmente con uno de disipadores de energía ante un eventual sismo. Se seleccionó una estructura aporticada de la Universidad Nacional de Cajamarca con 862 m<sup>2</sup> de área techada por piso, cuya deriva (8.15‰) superó el mínimo consentida por la norma NTE E-030 (7‰). Se pretendía reducir el nivel del daño a uno moderado frente a un sismo de 500 años de retorno. Concluyendo que con la utilización del sistema de amortiguamiento fluido viscoso se logró reducir la deriva considerablemente a 3.75‰.

Cano y Zumaeta (2012), en su estudio titulado “Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo”, siendo la estructura aporticada seleccionada una edificación de 3 pisos con 232 m<sup>2</sup> de área techada por piso, dando una deriva de 9‰, la cual superaba el límite consentido por la norma NTE E-030 (7‰). Se optó por la utilización de un sistema de amortiguamiento fluido-viscoso y viscoelásticos para cumplir satisfactoriamente con el límite mencionado anteriormente, con el objetivo de reducir el nivel del daño a uno moderado frente a un sismo raro (500 años de retorno). Los resultados obtenidos con el sistema de amortiguamiento fluido-

viscoso lograron la reducción de la deriva a menos de 5.8‰ e incrementar en un 25% el amortiguamiento con el sistema de amortiguamiento viscoelástico.

Aguiar (2012), “Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía y reforzamiento clásico aplicado a una estructura de la escuela sucre”, se presentaron tres tipos de reforzamiento utilizados en dos estructuras de la Escuela Sucre, se realiza el análisis de vulnerabilidad y reforzamiento sísmico de las estructuras; sin reforzamiento y reforzadas con: diagonales de acero, barras de pandeo restringido y con disipadores de energía viscoelásticos. Al realizar el análisis se encuentra que tiene valores de deriva de piso y excentricidad altos, los cuales nos indican que hay problemas de torsión en las estructuras analizadas sin reforzamiento. Para contrarrestar la torsión se incrementa un pórtico en cada estructura analizada lo cual nos ayudó a bajar los valores de excentricidad en cada estructura, además que bajan los valores de deriva de piso que nos indicaban desplazamientos altos en la estructura sin reforzar, proveyendo de mayor rigidez. Por lo tanto, disminuyen los efectos de daño en las estructuras en caso de eventos sísmicos.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema:**

#### **1.3.1 Conceptos preliminares:**

##### **1.3.1.1 Topografía**

###### **1.3.1.1.1 Levantamiento topográfico**

Para Jiménez (2007, p. 1), son procedimientos para la representación gráfica de las formas naturales y artificiales encontradas sobre una superficie terrestre en un plano (Ver Anexo 2), el cual contiene la proyección de puntos del terreno sobre un plano horizontal, ofreciendo una visión en planta del sitio levantado.

##### **1.3.1.2 Estudio de Mecánica de suelos**

Disciplina que pertenece al área de la Geotecnia que a través de una serie de procedimientos nos permitiría saber las propiedades mecánicas, físicas y químicas del suelo (Ver Anexo 3), estas propiedades nos ayudaran a establecer su comportamiento y especificar el empleo del suelo como material de construcción y/o soporte de una edificación (Espinace y Sanhueza, 2004, p.1).

### **1.3.1.3 Diseño Arquitectónico**

El diseño arquitectónico es un acto de invención y creatividad que va desde el comienzo del proyecto del edificio hasta la ejecución de un plan que, desarrollado, conducirá a la proyección deseada sin efectos posteriores no deseados (Ver Anexo 4). La obra terminada y habitada es pues, la finalidad del diseño arquitectónico. (Cifuentes y Yon, 1982, p.18).

### **1.3.1.4 Análisis y Diseño**

#### 1.3.1.4.1 Cargas de diseño

Para San Bartolomé (1998, p. 2), Las cargas que pueden actuar en un edificio se clasifican en los siguientes tipos: Cargas estáticas y Cargas dinámicas. Estas cargas se definen de la siguiente manera:

- Cargas Estáticas, se aplican paulatinamente sobre una estructura, originando esfuerzos y deformaciones, mas no vibraciones en la estructura.
- Cargas Dinámicas, las cuales cuya magnitud, dirección y sentido varían rápidamente con el tiempo, por lo que los esfuerzos y desplazamientos de la estructura también cambian con el tiempo.

Los sismos son ondas sísmicas que generan aceleraciones a las masas de la estructura. Las estructuras convencionales pueden ser estudiadas empleando cargas estáticas equivalentes a las provocadas por el sismo. (Ver Anexo 5).

#### 1.3.1.4.2 Deformaciones

Para Morales (2013, p. 1), la deformación de un elemento u sistema estructural es una variación del estado físico debido a fuerzas internas y/o externas, a una variación de temperatura, etcétera. La deformación puede ser elástica, cuando desaparece al cesar la acción que lo provoca, por lo que las partículas del cuerpo vuelven a su posición inicial; y plástica, cuando persiste después de desaparecer la causa que lo ha provocado. (Ver Anexo 6).

#### 1.3.1.4.3 Análisis Estructural

Para Villareal (2009, p. 4), es la ciencia que se encarga de la elaboración de procesos de cálculo, para determinar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras, alcanzándose los valores necesarios para un diseño seguro y económico.

#### 1.3.1.4.4 Diseño Estructural

La estructura se concibe como un sistema o conjunto de elementos que se combinan ordenadamente, y el proceso de diseño de dicho sistema comienza formulando los objetivos que se pretende alcanzar y las restricciones que debe tener en cuenta dicho sistema. (Morales, 2006, p. 8).

#### 1.3.1.4.5 Sistema Estructural Dual

El sistemas de varios grados de libertad se recomienda el uso de sistemas constructivos duales, compuestos de concreto armado con pórticos y muros estructurales, diseñados en función a la fuerza cortante calculada para cada elemento y esto garantizar la rigidez suficiente y de esta manera contrarrestar las fuerzas que actúan en los edificios bajo la acción de los sismos de considerable magnitud, la ductilidad es un factor que va de la mano con la rigidez del sistema, como resultado se obtiene un amortiguamiento equivalente para el periodo del sistema. (Sánchez, 2008, p. 2)

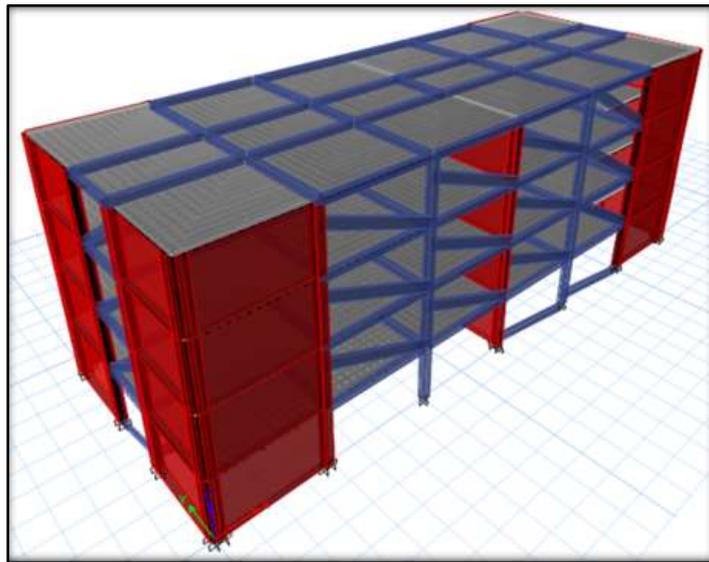


Figura 1. Sistema Estructural Dual

#### 1.3.1.4.6 Muros Desacoplados

Los muros desacoplados o pantallas desacopladas proporcionan ductilidad y limitan la fuerza por su condición discontinua, como estos dispositivos no soportan la carga axial o en este caso es despreciable, no sufren flexo compresión, su participación es netamente por desempeño para reducir a absorber las fuerzas que se presentan por la fuerza cortante en entre pisos. (Bozzo y Gaxiola, 2015, p.3).



Figura 2. Pantallas o Muros desacoplados

Fuente: Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 2015

### 1.3.1.5 Disipadores sísmicos

#### 1.3.1.5.1 Disipadores de Energía

Para López y Plasencia (2017, p. 34), los disipadores de energía están compuestos por dispositivos que de forma estratégica se instalan en dentro de la distribución de una construcción y van conectados entre sí para contrarrestar las vibraciones debido a las aceleraciones de los sismos, esto hace posible que la energía se disipe y como resultado reducir las deformaciones y amortiguar las vibraciones horizontales.

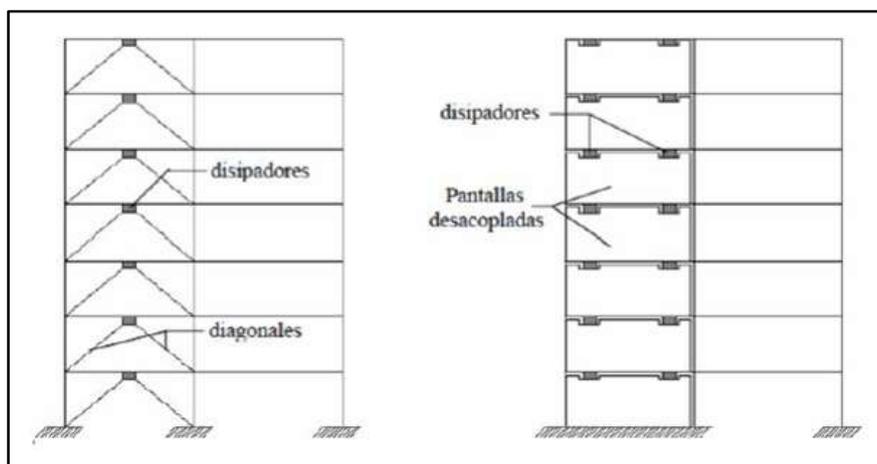


Figura 3. Disipadores de Energía

La diferencia entre un aislamiento en la base y la disipación de energía está basada en los disipadores de energía también son útiles para lugares donde el

aislamiento sísmico no es recomendable debido a que el suelo es blando o para edificios esbeltos. (López y Plasencia, 2017, p.34).

Los disipadores de energía no necesitan resistir el peso de la construcción, debido a eso pueden ser más sencillos, económicos y de menor tamaño según corresponda. Se recomienda que los disipadores se incorporen luego del proceso constructivo, de esta manera se pueden reducir las cargas verticales, que pueden afectar su desempeño al disipar la energía. (López y Plasencia, 2017, p.34).

#### 1.3.1.5.2 Disipadores Shear Link Bozzo (SLB)

Los disipadores SLB tienen como característica mecánica la ductilidad, debido a que funcionan como rotulas plásticas, permiten un sistema sismo resistente ideal, es decir un sistema flexible con las fuerzas adecuadas y a la vez un sistema rígido con los desplazamientos permitidos. (Bozzo y Gaxiola, 2015, p.1).

Y las conexiones industriales son las que reciben la concentración y la mayor demanda de ductilidad debido a sus propiedades mecánicas definidas. (Gaxiola, Gonzales y Bozzo, 2016, p.4).

Los disipadores SLB son una alternativa de solución para un diseño sísmico debido a que se basan en el aumento localizado y estratégico de ductilidad para un edificio y como resultado de ello se pueden contrarrestar y reducir las fuerzas de sismos de alta de intensidad. (Bozzo y Gaxiola, 2015, p.1).

La alternativa ideal para este proyecto sería la combinación del aislamiento en la base juntamente con el empleo de los disipadores SLB para un mejor control de los desplazamientos en entresijos y poder encontrar su algoritmo de retro alineación, esto último está relacionado con la rigidez del sistema y está acompañado por los cálculos del apoyo deslizante en la base. (Bozzo y Barbat, 1995, p.1)

Este sistema de disipación de energía presenta los tipos de disipadores según la necesidad y la fuerza cortante que se desea controlar bajo la acción de sismos. En las figuras podemos apreciar los disipadores que se usan por flexión y por corte.

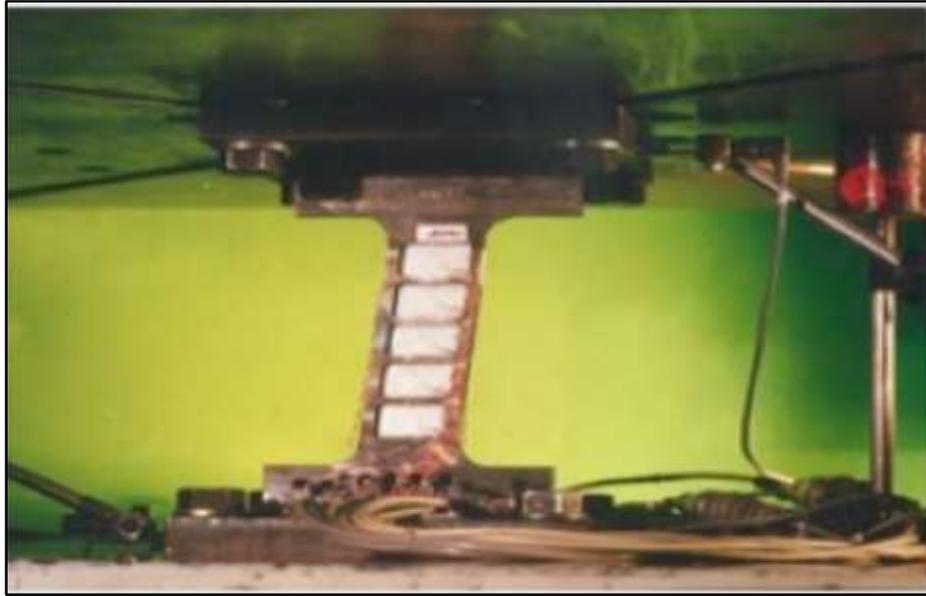


Figura 4. Disipador trabajando en su modo habitual por corte



Figura 5. Disipador trabajando en su modo por flexión

El sistema SLB se convierte en una solución innovadora para diseños de pórticos flexibles y dúctiles o en los muros rígidos, y con los dispositivos SLB se logran sistemas rígidos y dúctiles.

Unas investigaciones utilizaron el modelo Wen para expresar numéricamente la fluencia de los metales a través de curvas histeréticas basados en ciclos y comparados con modelos y datos obtenidos a partir de acelerogramas escalados que se registraron de sismos reales. (Palazzo [*et al*], 2005, p. 2.)

EL objetivo de los dispositivos SLB es también simplificar su diseño debido a que no está sometido a carga axial, puede contar con los parámetros básicos de respuesta frente a la fuerza cortante producto de un sismo, los disipadores siguen disipando energía más allá del rango lineal elástico y a la vez sometido a largos periodos de vibración, e material puede tener una resistencia notable antes de plastificarse por completo. (Bozzo, Foti, y López, 1996, p, 1).

### **1.3.2 Marco Normativo Peruano:**

#### **1.3.2.1 Norma Técnica E.020 Cargas**

##### **I. Generalidades**

Los valores de esta norma son los mínimos establecidos y no se emplearán jamás valores menores a estos; por otro lado, esta norma se complementa con la norma E.030 y otras normas propias de diseño.

##### **II. Carga Muerta**

Se considerará el peso real de los materiales que conforman para soportar la edificación, calculados en base a los pesos unitarios, pudiéndose emplear pesos unitarios menores cuando se justifiquen debidamente. En Cuadro 1 (Ver Anexo 7) se detalla un peso real usando datos de diseños y catálogos de los fabricantes.

##### **III. Carga Viva**

Se empleará como mínimo los valores que se implantan en la tabla 1 para los otros tipos de uso u ocupación, valores que envuelven un margen para circunstancias ordinarias de impacto. Su consentimiento se verificará de acuerdo a las disposiciones de dicha norma. En el Cuadro 2 (Ver Anexo 8) se detalla el peso de las cargas vivas mínimas repartidas según el uso u ocupación de un área, acorde con la norma mencionada anteriormente.

#### **1.3.2.2 Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente**

##### **I. Generalidades**

La filosofía de esta norma consiste en:

- Evitar pérdidas vidas humanas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Disminuir los daños a las propiedades.

## II. Zonificación

El territorio peruano actualmente se encuentra dividido en cuatro zonas (Figura 10), lo cual representa el nivel de sismicidad basada en las características generales de los movimientos sísmicos. Cada zona tiene un factor asignado conocido como factor Z (Cuadro 3), este factor representa la aceleración máxima horizontal en el terreno (roca) con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de 50 años equivalente a un periodo de retorno de 475 años.

Cuadro 3. Factores de Zona

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma Técnica E.030



Figura 6: Mapa de zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma Técnica E.030

### III. Perfiles de suelo

Para efectos del análisis sísmico, clasifican los suelos tomando en cuenta las propiedades del suelo, espesor, periodo y velocidad de propagación de las ondas de corte. El Cuadro 4 muestra los 5 tipos de perfiles de suelo según esta Norma.

Cuadro 4. Perfiles de los Tipos de Suelos

PERFILES DE SUELO				
TIPO	DESCRIPCIÓN	Vs	N60	Su
S <sub>0</sub>	ROCA DURA	> 1500 m/s	----	----
S <sub>1</sub>	ROCA O SUELOS MUY RIGIDOS	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S <sub>2</sub>	SUELOS INTERMEDIOS	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	SUELOS BLANDOS	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	CONDICIONES EXCEPCIONALES	clasificación basada según el EMS		

Fuente: Norma Técnica E.030

### IV. Parámetros de sitio, factor "S" y períodos "Tp" y "TL"

Esta norma relaciona cada zona sísmica "Z" con el tipo de perfil de suelo descrito en la tabla cuadro 4, e indica el factor "S" (factor de amplificación del suelo) correspondiente para cada caso (Cuadro 5). A su vez, su correspondiente periodo Tp, (periodo que define la plataforma del factor C) y TL (período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante) en el cuadro 6.

Cuadro 5. Factor de Suelo según zona

FACTOR DE SUELO "S"				
suelo zona	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0.80	1.00	1.05	1.10
Z <sub>3</sub>	0.80	1.00	1.15	1.20
Z <sub>2</sub>	0.80	1.00	1.20	1.40
Z <sub>1</sub>	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma Técnica E030

Cuadro 6. Periodos según el factor C

PERIODOS "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Tp	0.30	0.40	0.60	1.00
TL	0.80	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma Técnica E030

## V. Factor de amplificación sísmica "C"

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

El factor de amplificación sísmica "C" obedece los parámetros de sitio  $T_p$ ,  $T_L$  y  $T$ , siendo este último el periodo fundamental de vibración.

A continuación, se describen las siguientes expresiones para determinar el factor "C" según la esta norma:

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

## VI. Periodo fundamental de vibración "T"

El periodo fundamental de vibración "T" puede ser calculado para cada una de las direcciones de análisis mediante siguiente expresión aproximada:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$h_n$  = altura total de la edificación medida desde el nivel del terreno.

$C_T = 35$  Para pórticos de concreto armado y pórticos dúctiles de acero sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para ascensores, escaleras y pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y concreto armado duales

Alternativamente el valor de T se puede calcular considerando las características estructurales y de deformación de los elementos resistentes mediante:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2)}{(g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i)}}$$

Nota: el valor del periodo T calculado considerando las características estructurales, no debe ser mayor en 25% del valor T calculado por el método aproximado.

## VII. Categoría de las edificaciones y Factor de uso "U"

Define el coeficiente de importancia o uso (U) se utilizará según la clasificación de la edificación. El factor de uso e importancia para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U = 1$  como indica esta norma.

En el Cuadro 7 (Ver Anexo 9) se aprecia los valores a considerar según Norma.

#### VIII. Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “Ro”

La Norma Técnica E.030 define 5 sistemas estructurales, cuyos elementos que los conforman deben cumplir con las especificaciones mínimas requeridas dispuestas en el reglamento nacional de edificaciones vigente (RNE), para cada caso.

El coeficiente básico de reducción sísmica “Ro” depende del tipo de sistema estructural. En el Cuadro 8 (Ver Anexo 10) se aprecia los valores que toman los coeficientes de reducción sísmica según norma.

#### IX. Regularidad estructural “Ia”, “Ip” y coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares según las condiciones del Cuadro 9 (Ver Anexo 11), según norma.

El coeficiente de reducción sísmica “R” se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = Ro * Ia * Ip$$

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, esta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de acuerdo al Cuadro 10 (Ver Anexo 12), según norma.

#### X. Modelo de análisis

Esta norma específica que en el modelo para el análisis se debe considerar una distribución espacial de masas y rigideces adecuados que permitan calcular las características más importantes del comportamiento de la estructura. Asimismo, señala que para edificaciones de concreto armado y albañilería se calcularan las inercias brutas, es decir sin considerar la figuración y el esfuerzo.

#### XI. Estimación de peso sísmico

El peso (P), se obtendrá adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se establecerá de la siguiente manera:

- En edificaciones A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

## XII. Análisis Sísmico Estático

Este método representa las fuerzas sísmicas mediante un conjunto de fuerzas que actúan en cada nivel de la edificación.

Para empezar con el análisis es necesario saber los diversos parámetros estudiados.

a. Fuerza cortante en la base:

La fuerza cortante en la base para cada dirección de análisis se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

V = Fuerza cortante en la base.

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso o importancia.

C = Factor de amplificación sísmica.

R = coeficiente de reducción sísmica.

P = Peso de la edificación.

El valor de C/R para cada dirección de análisis debe cumplir con la siguiente expresión:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

b. Distribución de fuerza sísmica en altura

La distribución de la fuerza cortante se distribuye en cada nivel de la estructura incluyendo el último, estas fuerzas se determinan mediante:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^k}$$

Donde:

- V = Fuerza cortante.
- $P_i$  = Peso del nivel i.
- $h_i$  = Altura de nivel i con relación al nivel del terreno.
- n = Número de pisos de la edificación.
- El valor del exponente “k” está en base al periodo fundamental de vibración (T) de la estructura, y puede ser calculado como sigue:
  - a) Para T menor o igual a 0,5 segundos:  $k = 1,0$ .
  - b) Para T mayor que 0,5 segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

### XIII. Análisis Sísmico dinámico modal espectral

Aplicable a cualquier estructura que se diseñe usando los resultados del análisis dinámico por combinación modal espectral tales como los modos de vibración, la aceleración espectral, la fuerza cortante mínima y la excentricidad accidental. Para el análisis se deberá usar un espectro inelástico de pseudoaceleraciones:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Donde:

$S_a$  = Aceleración espectral

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso.

C = Factor de amplificación sísmica.

R = coeficiente de reducción sísmica.

g = Aceleración de gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

### XIV. Determinación de los desplazamientos laterales

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso para cada dirección de análisis, no deberá ser mayor a los límites especificados en Cuadro 11 (Ver Anexo 13).

### **1.3.2.3 Norma Técnica.E.050 Suelos y Cimentaciones**

#### **I. Generalidades**

Esta norma establece requisitos para la elaboración de estudios de mecánica de suelos (EMS), con fines de cimentación, de edificaciones y otros, con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las construcciones.

#### Obligatoriedad de los estudios

Es obligatorio verificar el EMS en los siguientes casos:

- Edificaciones, que alberguen gran cantidad de personas.
- Edificaciones de 1 a 3 pisos, con más de 500 m<sup>2</sup> de área techada en planta.
- Edificaciones de 4 a más pisos de altura, cualquiera que sea su área.
- Edificaciones industriales, fabricadas, talleres o similares.
- Edificaciones que represente peligros adicionales
- Edificaciones que requiera el uso de pilares, pilotes.

#### **II. Ensayos Normalizados para Capacidad Portante del suelo**

Las aplicaciones y limitaciones para ensayos de pruebas de carga están indicados en el Cuadro 12 (Ver Anexo 14).

### **1.3.2.4 Norma Técnica E.060 Concreto Armado**

#### **I. Generalidades**

Los planos y las especificaciones técnicas del proyecto estructural deberán cumplir con esta norma.

#### **II. Método de Diseño**

Para el diseño de estructuras de concreto armado se usará el Diseño por Resistencia, proporcionándose a todas las secciones de los elementos estructurales Resistencias de Diseño ( $\phi R_n$ ) adecuadas, de acuerdo con las disposiciones de esta Norma, utilizando los factores de carga (amplificación) y los factores de reducción de resistencia,  $\phi$ , especificados en dicha norma.

#### **III. Método de Análisis**

Los elementos estructurales deberán diseñarse para soportar los efectos máximos originados por las cargas amplificadas, determinados por medio del análisis estructural, considerando una respuesta lineal elástica de la estructura, excepto

cuando se modifiquen los momentos flectores de acuerdo con lo mencionado en esta norma.

#### IV. Requisitos de Resistencia y Servicio

- ✓ La resistencia solicitada para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1,4CM + 1,7 CV$$

- ✓ El diseño considerará cargas de sismo (CS):

$$U = 1,25 (CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0,9 CM \pm CS$$

- ✓ Refuerzo Mínimo en elementos sometidos a flexión

El área mínima de refuerzo por tracción de las secciones rectangulares y de las secciones T con el ala en compresión, no será menor de:

$$A_{S \min} = \frac{0.22 \sqrt{f'c}}{f_y} bw d$$

- ✓ Resistencia al Cortante proporcionada por el concreto:

Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte:

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'c} bw d$$

### 1.4 Formulación del Problema

¿Cuál es el diseño estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía, Trujillo-La Libertad 2018?

### 1.5 Justificación del estudio

La justificación teórica de nuestro proyecto de investigación se basa en que todo diseño de alguna edificación debe ajustarse a las normas presentes en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el cual exige la utilización de aisladores y disipadores sísmicos para edificaciones esenciales de categoría A1, como lo son los centros de salud.

La justificación técnica de nuestro proyecto de investigación se basa en que nos va a permitir un mejor comportamiento de las estructuras frente a un eventual

sismo de gran magnitud, evitando así fallas estructurales y hasta un su posible colapso.

La justificación metodológica de nuestro proyecto de investigación se basa en que el diseño de nuestro proyecto servirá como referencia para futuras construcciones no solo de centros de salud, sino de proyectos de edificaciones que deseen utilizar esta tecnología y darles más seguridad a sus construcciones.

La justificación práctica de nuestro proyecto de investigación se basa en que va a permitir elevar el nivel de seguridad y esto nos permitirá salvaguardar la vida de las personas frente a un eventual sismo de gran magnitud del edificio de 8 pisos proyectado.

## **1.6 Hipótesis**

La hipótesis se comprobará únicamente cuando se realice el diseño del edificio de 8 pisos con disipadores sísmicos.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

- ✓ Realizar el diseño estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- ✓ Realizar el estudio topográfico al terreno consignado para el edificio de 8 niveles con disipadores de energía.
- ✓ Realizar el diseño arquitectónico del edificio de 8 niveles con disipadores de energía.
- ✓ Realizar el estudio de mecánica de suelos del terreno consignado para el edificio de 8 niveles con disipadores de energía.
- ✓ Realizar el análisis sismorresistente del edificio de 8 niveles con disipadores de energía.
- ✓ Realizar el diseño estructural del edificio de 8 niveles con disipadores de energía.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de Investigación

El proyecto se realizará con el diseño no experimental transversal descriptivo simple, teniendo como esquema a emplear:



Dónde:

M: El edificio de 8 niveles con disipadores de energía de área 416 m<sup>2</sup> que se ubicará en la calle Colombia Mz F lote 02 de la urbanización El Recreo de la ciudad de Trujillo.

O: Recolección de datos del proyecto.

### 2.2 Variables, Operacionalización

**2.2.1 Variable:** Diseño estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía en la ciudad de Trujillo.

- Definición Conceptual: El diseño estructural sismorresistente apropiado será el que resista, en el rango elástico, todos aquellos sismos de intensidad severa que ocurran durante su vida útil, el nivel de daños debe ser mínimo, para así garantizar su continuidad después de la ocurrencia de dichos sismos. (Rochel, 2012, p. 27).
- Definición Operacional: El diseño estructural del edificio de 8 niveles se realizará mediante la serie de procedimientos mencionados en el marco teórico, siguiendo los requisitos mínimos en las normas ya mencionadas, permitiendo así la buena realización de nuestro proyecto de investigación.

#### 2.2.2 Dimensiones

- Levantamiento topográfico
- Estudio de mecánica de suelos
- Diseño arquitectónico
- Análisis sismorresistente
- Diseño estructural

#### 2.2.3 Operacionalización

La matriz de Operacionalización de variables es la siguiente:

Cuadro 13. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía	Levantamiento Topográfico	Son procedimientos destinados a lograr la representación gráfica de las formas naturales y artificiales que se encuentran sobre una superficie terrestre en un plano. (Jiménez, 2007, p.1)	Mediante el estudio topográfico obtendremos la descripción del terreno de nuestro proyecto, y mediante un mapa obtendremos la posición relativa entre varios puntos sobre un plano horizontal.	Levantamiento topográfico (m <sup>2</sup> )	Razón
				Exportación del levantamiento al software AutoCAD	Razón
	Estudio de Mecánica de Suelos	Serie de procedimientos nos permitiría conocer las propiedades mecánicas, físicas y químicas del suelo que nos ayudaran a determinar el comportamiento de dicho suelo. (Sanhueza, 2004, p.1)	El estudio de mecánica de suelos se realiza con el fin de saber el tipo de cimentación que se acomodara mejor a la solicitación que el edificio puede otorgar al piso.	Clasificación de suelos SUCS (%)	Ordinal
				Capacidad Portante (kg/cm <sup>2</sup> )	Razón
	Diseño Arquitectónico	Es un acto de creatividad e invención que va desde el comienzo del proyecto del edificio hasta la ejecución de un plan que situación deseada sin efectos no deseados. (Sifuentes y Yon, 1982, p.18)	El diseño arquitectónico consiste esencialmente en crear espacios físicos para satisfacer necesidades habitacionales según el uso que se le pueda brindar a dicho ambiente.	Distribución de ambientes (m <sup>2</sup> )	Razón
	Análisis Sísmico	El análisis sísmico de una edificación tiene como objetivo encontrar las fuerzas y momentos internos debido a carga sísmica, en cada uno	El análisis sísmico de un edificio se realiza teniendo en cuenta criterios de estructuración, para luego ser sometido a análisis	Pre dimensionamiento y estructuración (m <sup>3</sup> )	Razón
				Metrado de Cargas (m <sup>3</sup> )	Razón

		de los elementos del sistema estructural para luego proceder al diseño (Aguiar, 2008, p.76)	y verificación de las deformaciones mínimas según normas preestablecidas.	Análisis Sísmico Estático (Ton, Ton.m <sup>2</sup> , m)	Razón
				Análisis Sísmico Dinámico (Ton, Ton.m <sup>2</sup> , m)	Razón
				Análisis Tiempo Historia (Ton, Ton.m <sup>2</sup> , m)	Razón
	Diseño Estructural	Diseño de acuerdo a las normas que regulen las construcciones sismoresistentes, y que debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le impone su uso, sismos fuertes, presentando daños mínimos, pero sin colapso. (Rochel, 2012, p.27)	El diseño de las estructuras para resistir sismos consiste esencialmente en un diseño con fuerzas reducidas, aceptando que parte de la energía introducida a la estructura por el sismo, se disipe por deformaciones inelásticas.	Elección de los disipadores sísmicos (m <sup>3</sup> )	Razón
				Diseño de elementos estructurales (m <sup>3</sup> )	Razón

### 2.3 Población y muestra

- Población:  
El edificio de 8 niveles con disipadores de energía.
- Muestra:  
El edificio de 8 niveles con disipadores de energía.

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

#### 2.4.1 Técnicas:

La técnica empleada para la realización del proyecto de investigación fue la observación.

#### 2.4.2 Instrumentos:

- Instrumentos mecánicos:  
Se utilizó equipos topográficos que nos permitieron la realización del levantamiento topográfico del área del proyecto. A su vez también se utilizó

instrumentos para la recolección de muestras de suelos y el laboratorio de suelos de la UCV para la realización del EMS.

- Instrumentos electrónicos:

Se utilizó equipos y aparatos electrónicos como memorias USB y discos para el almacenamiento de información y laptops que contaron con softwares que están mencionados más adelante para el procesamiento de la información.

### **2.4.3 Validez y confiabilidad**

Los instrumentos topográficos fueron validados por el técnico en topografía, correspondientemente calibrados y los instrumentos para la recolección de muestras de suelos fueron validados por el ingeniero civil encargado del laboratorio de suelos de la UCV.

Los softwares utilizados para la realización del análisis y diseño fueron validados por mi asesor un ingeniero civil, que corroboró que contaban con las normas peruanas correspondientes.

## **2.5 Método de análisis de datos**

- Se realizó levantamiento topográfico usando una estación total para el recojo de información y el software AutoCAD y Civil 3D para representar dicho levantamiento topográfico del terreno del proyecto.
- Se realizó el estudio de suelos empleando el laboratorio de suelos de la universidad César Vallejo con la que obtuvimos la capacidad portante de terreno del proyecto.
- Se realizó el diseño arquitectónico a través del software AutoCAD 2016 teniendo en cuenta las correspondientes normas.
- Se realizó el análisis sismorresistente a través de la modelación con el software Etabs 2016 y SAFE 2016 teniendo en cuenta las normas correspondientes.
- Se realizó el diseño estructural empleando las Normas Técnicas E.020, E.030, E.050 y E.060 según corresponda para el edificio de 8 niveles con disipadores de energía.

## **2.6 Aspectos éticos**

El proyecto de investigación se elaboró con honestidad y responsabilidad, respetando las opiniones, juicio de expertos y uso adecuado de las normas:

- Norma Técnica – E.020: Cargas
- Norma Técnica – E.030: Diseño sismorresistente
- Norma Técnica – E.050: Suelos y cimentaciones
- Norma Técnica – E.060: Concreto Armado

Así mismo, Los datos obtenidos fueron respaldados por los por el técnico topográfico, laboratorio de suelos de la UCV, y el ingeniero civil asesor del proyecto.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Estudio topográfico

##### 3.1.1 Trabajos realizados

###### 3.1.1.1 Trabajo de campo

Se realizó el levantamiento topográfico del terreno con una estación total (Ver Anexo 15), observando que el terreno es relativamente plano, sin relieves pronunciadas importantes.

Para el presente proyecto, ya que el terreno presenta una pendiente menor a 1% y que el área de la edificación es pequeña, no se adjunta un plano de curvas de nivel.

###### 3.1.1.2 Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete concluyo con la exportación del levantamiento con estación total al AutoCAD 2016 con un Bench Marck conocido con las siguientes coordenadas UTM.

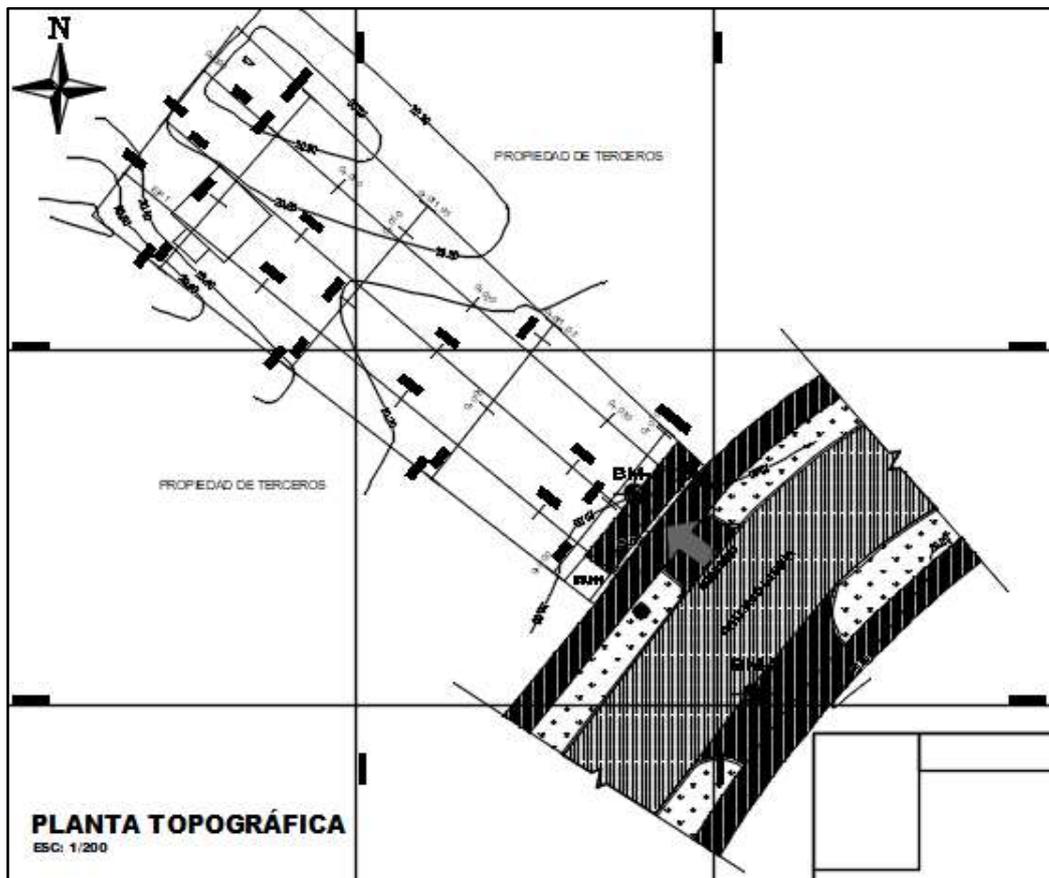


Figura 7. Plano topográfico del terreno consignado para el proyecto.

Cuadro 14. Coordenadas del terreno del proyecto.

CUADRO DE COORDENADAS UTM (DATUM WGS984) BENCH MARCK (BM)				
PUNTO	NORTE (Y)	ESTE (X)	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	9102271.882	716955.633	20.000	BM-1
2	9102260.583	716962.252	19.820	BM-2

Fuente. GPS utilizado en el levantamiento topográfico.

### 3.2 Diseño arquitectónico

#### 3.2.1 Entorno urbano

Nuestro terreno para el edificio se encuentra ubicado en la calle Colombia Mz F lote 02 de la urbanización El Recreo de la ciudad de Trujillo; a una cuadra de la avenida Víctor Larco, y del punto muy conocido llamado “OR” en la avenida España.



Figura 8. Entorno urbano del terreno del proyecto

#### 3.2.2 Descripción arquitectónica

El desarrollo arquitectónico del edificio de 8 niveles con disipadores incluye planos en planta, corte, elevaciones y detalles. El proyecto contempla un edificio

multifamiliar de 416 m2 de área que se ubicará en la calle Colombia Mz F lote 02 de la urbanización El Recreo de la ciudad de Trujillo.

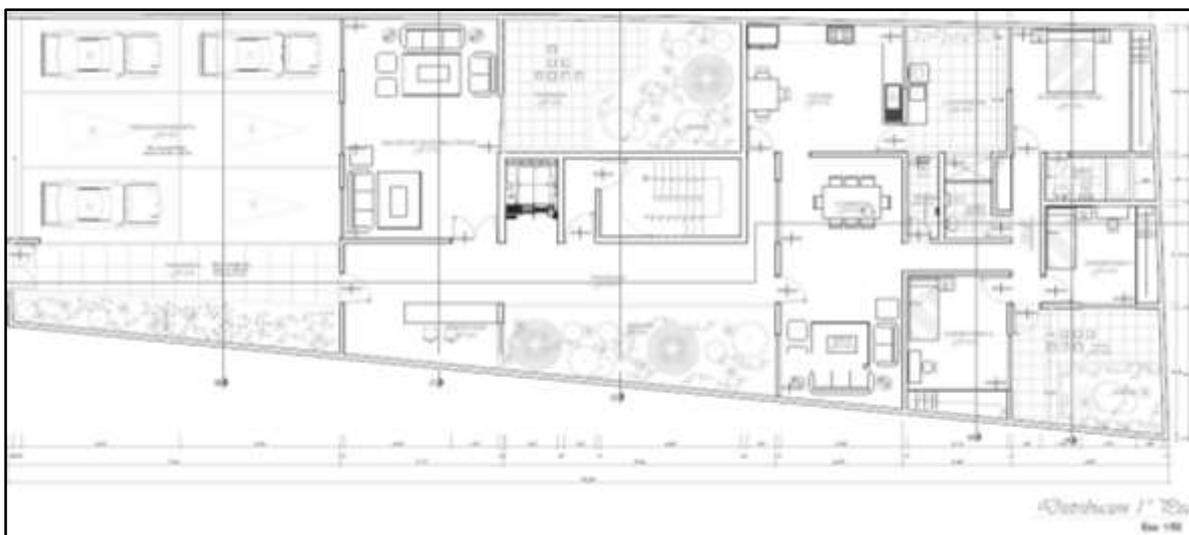


Figura 9. Distribución arquitectónica del 1° nivel.

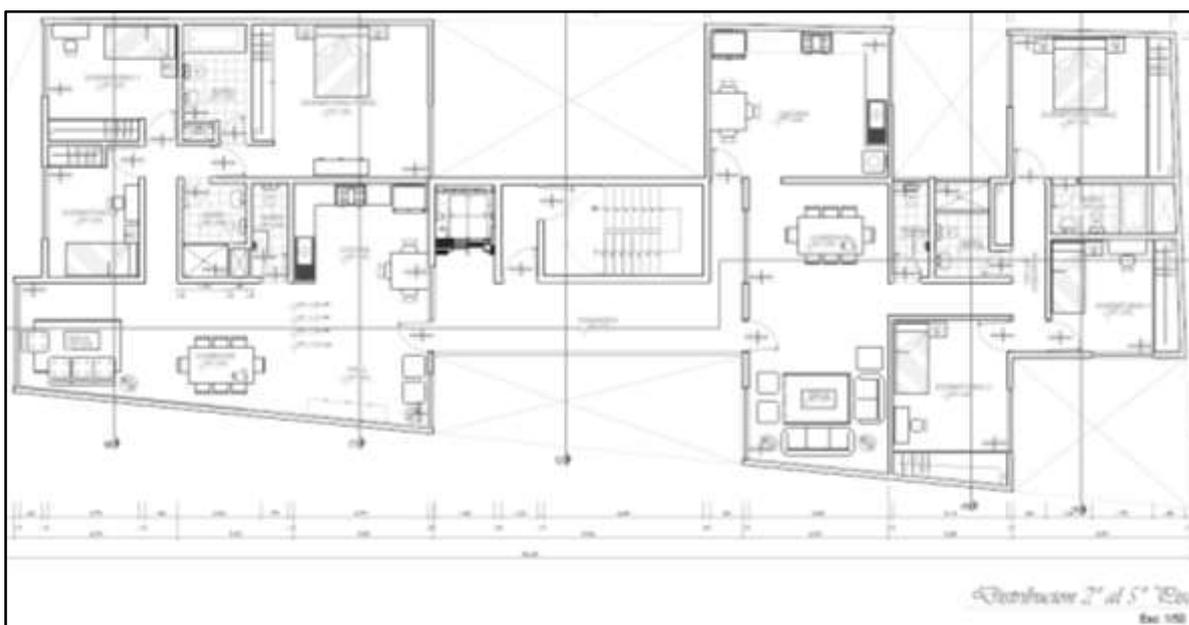


Figura 10. Distribución arquitectónica del 2° al 8° nivel.

Los departamentos serán de aproximadamente 120 m2 con tres dormitorios, una sala y un hall, una cocina, un comedor, un baño completo y medio baño, siendo dos departamentos por piso, lo que nos da un total de 9 viviendas, ya que en el primer piso encontramos un estacionamiento, salón de usos múltiples y dos jardines.

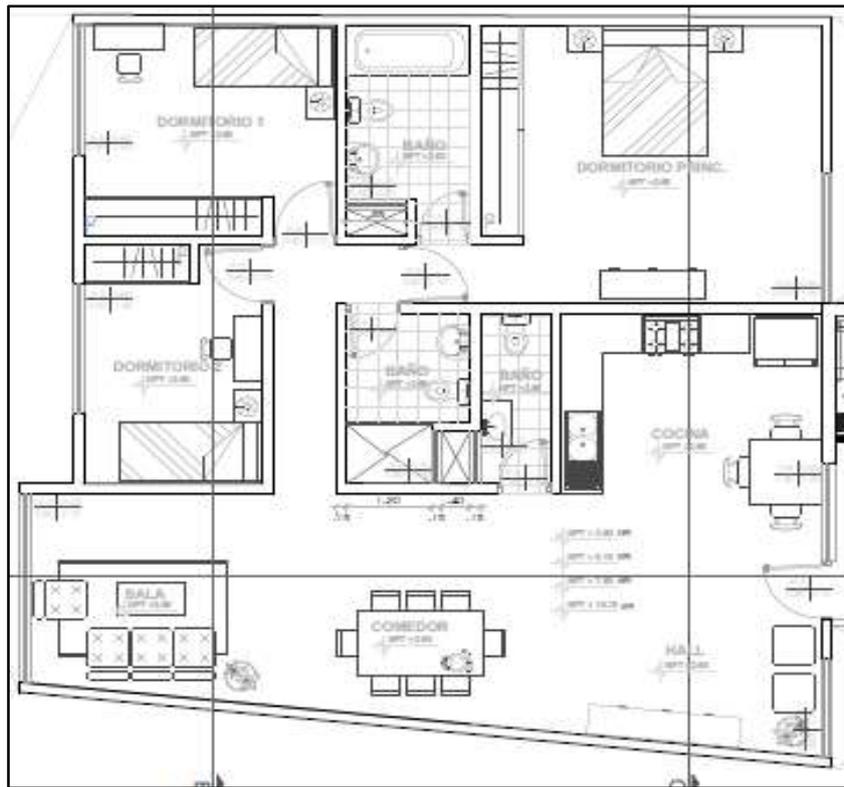


Figura 11. Apartamento del lado izquierdo.

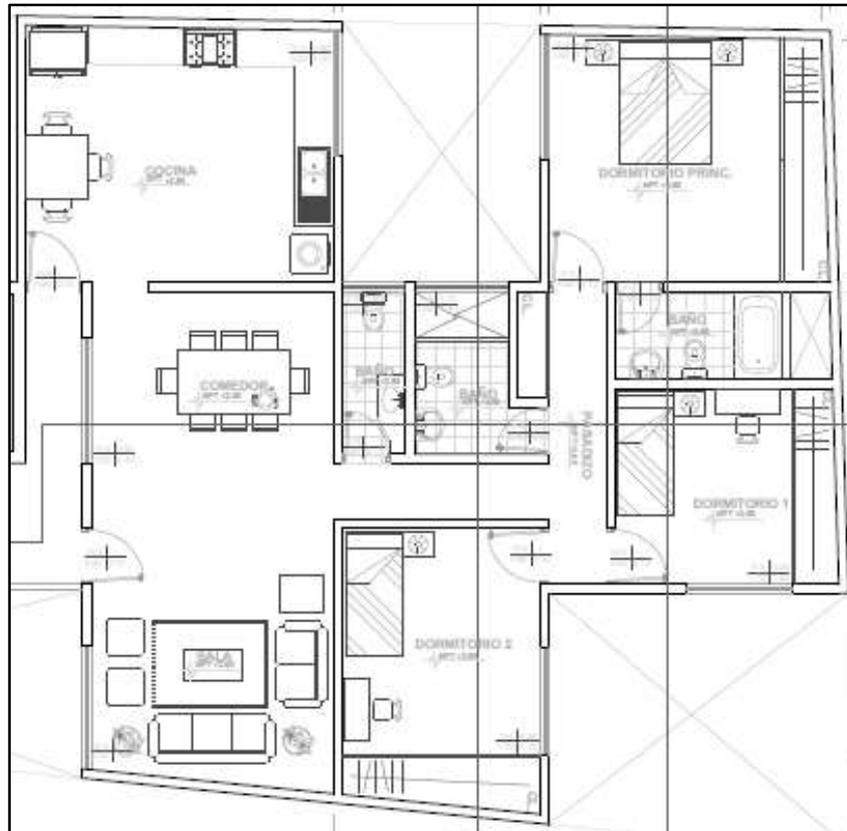


Figura 12. Apartamento del lado derecho.

### 3.2.3 Criterios arquitectónicos para el diseño

Los criterios utilizados para el diseño arquitectónico del proyecto, cumplen con los requisitos de dimensiones mínimas de los ambientes, mencionadas en la norma técnica peruana A.010 Condiciones generales de diseño y en la A.020 Vivienda.

## 3.3 Estudio de mecánica de suelo

### 3.3.1 Trabajo de campo

Para obtener las muestras de suelos y la capacidad portante del terreno, se realizaron 3 calicatas de 3m cada una en el terreno de la edificación de área 416m<sup>2</sup> ubicado en la calle Colombia Mz F lote 02 de la urbanización El Recreo de la ciudad de Trujillo (Ver Anexo 16).

### 3.3.2 Ensayos y laboratorio

#### 3.3.2.1 Clasificación de suelos

Se realizó la clasificación de suelos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual nos da el tipo de suelo de arena mal graduada y según AASHTO, nuestro suelo presenta una arena fina de excelente a bueno, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Cuadro 15. Clasificación de suelos

ESTUDIO	Clasificación de la muestra	Descripción de la muestra
SUCS	SP	Arena mal graduada
AASHTO	A-3 IG: 0	Arena fina / Excelente a bueno

Fuente: Laboratorio de suelos de la UCV

### 3.3.3 Cálculo de la capacidad portante

De los ensayos realizados a las 3 calicatas en el laboratorio de suelos de la UCV y considerando un cálculo de capacidad de carga admisible para suelos granulares, una profundidad de cimentación de 1.50 m y un factor de seguridad de 3 para un ancho de cimentación de 1.20 m. se detallan los siguientes valores:

Cuadro 16. Capacidad de carga admisible

Muestra	Ancho B de la cimentación	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
Calicata 1	1.20 m	1.28
Calicata 2	1.20 m	1.19
Calicata 3	1.20 m	1.45

Fuente: Laboratorio de suelos de la UCV

### 3.3.4 Resultados

Un resumen de los resultados de las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo del terreno proyectado para el edificio de 8 niveles con disipadores de energía realizadas en el laboratorio de suelos de la universidad César Vallejo de Trujillo son los siguientes:

Cuadro 17. Propiedades físicas del suelo

Calicata		UBICACIÓN	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS						
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP
C-1	E-1	Calicata 1	3.00 m	1.06	1.27	98.73	0.00	NP	NP	NP
C-2	E-1	Calicata 2	3.00 m	1.16	4.53	95.47	0.00	NP	NP	NP
C-3	E-1	Calicata 3	3.00 m	1.04	4.74	95.26	0.00	NP	NP	NP

Fuente: Laboratorio de suelos de la UCV

Cuadro 18. Propiedades mecánicas del suelo

Calicata		UBICACIÓN	Prof. Estrato	CLASIFICACIÓN			PROPIEDADES MECÁNICAS					
Nº	Estrato			SUCS	AASHTO	IG	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	PU (g/cm <sup>3</sup> )	Qadm. (g/cm <sup>2</sup> )
C-1	E-1	Calicata 1	3.00 m	SP	A-3	0	-	-	-	-	1.385	1.28
C-2	E-1	Calicata 2	3.00 m	SP	A-3	0	-	-	-	-	1.306	1.19
C-3	E-1	Calicata 3	3.00 m	SP	A-3	0	-	-	-	-	1.474	1.45

Fuente: Laboratorio de suelos de la UCV

Los resultados de todos los ensayos obtenidos de manera detallada del laboratorio de suelos de la Universidad César Vallejo de Trujillo se encuentran en el Anexo 17 del presente trabajo de investigación.

## 3.4 Análisis Sismorresistente

### 3.4.1 Generalidades

Para el análisis sísmico de nuestra estructura se tomaron en cuenta las disposiciones de las normas E.020 y E.030 empleando a su vez el programa ETABS 2016, pero anteriormente se realizó su predimensionamiento y estructuración del edificio.

### 3.4.2 Predimensionamiento y Estructuración

#### 3.4.2.1 Predimensionamiento de losa aligerada

La losa aligerada se armará en la dirección que tenga la menor dimensión entre apoyos (dirección X-X). Entonces el peralte de la losa aligerada será:

$$h \geq \frac{l}{25}$$

$$h = \frac{4.30}{25} m$$

$$h = 0.172 m$$

Entonces trabajaremos con una losa aligerada de 0.20 m.

### 3.4.2.2 Predimensionamiento de losa maciza

La losa maciza trabaja en dos direcciones por ello se puede considerar espesores reducidos recomendados de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$h = \frac{ln}{40} \quad \text{ó} \quad h = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$h = \frac{4.44}{40} \quad \text{ó} \quad h = \frac{12.18}{180}$$

$$h = 0.11 m \quad \text{ó} \quad h = 0.1 m$$

Debido a la presencia de placas de gran rigidez en sus bordes, podemos considerar un espesor mayor al recomendado, eligiendo un espesor de 0.20m (será comprobado en el análisis sísmico y diseño) para todas las losas macizas del edificio.

### 3.4.2.3 Predimensionamiento de vigas

#### 3.4.2.3.1 Vigas principales

Son las que soportan el peso de las losas que conjuntamente con las columnas constituyen los pórticos principales. De acuerdo a la teoría de predimensionamiento de vigas para sobrecargas de  $250 \text{ kg/m}^2$ , el peralte considerado fue:

$$h = \frac{l}{10}$$

$$h = \frac{5}{10} = 0.50 m$$

$$h = 0.50 m$$

Entonces trabajaremos con un peralte de  $h = 0.50 m$ .

El ancho será considerando de la siguiente expresión:

$$b = \frac{1}{20} (\text{ancho tributario})$$

$$b = \frac{5.33}{20} = 0.26 \text{ m}$$

$$b = 0.26 \text{ m}$$

Entonces trabajaremos con un ancho de  $b = 0.30 \text{ m}$ .

Finalmente, las vigas principales serán de:  $0.30 \times 0.50 \text{ m}^2$ .

#### 3.4.2.3.2 Vigas secundarias

Son las que constituyen los pórticos secundarios. De acuerdo a la teoría de predimensionamiento de vigas para sobrecargas de  $250 \text{ kg/m}^2$ , el peralte considerado fue:

$$h = \frac{l}{10}$$

$$h = \frac{3.59}{10}$$

$$h = 0.36 \text{ m}$$

Entonces trabajaremos con un peralte de  $h = 0.40 \text{ m}$ .

El ancho será considerando de la siguiente expresión:

$$b = \frac{1}{20} (\text{ancho tributario})$$

$$b = \frac{5.33}{20} = 0.26 \text{ m}$$

$$b = 0.26 \text{ m}$$

Entonces trabajaremos con un ancho de  $b = 0.30 \text{ m}$ .

Finalmente, las vigas secundarias serán de:  $0.30 \times 0.40 \text{ m}^2$ .

#### 3.4.2.4 Predimensionamiento de columnas

Para el predimensionamiento de columnas utilizaremos el Método del Área Tributaria Acumulada. El área de la columna correspondiente al segundo y antepenúltimo piso de un edificio, se puede calcular mediante la relación:

$$A_g = K \cdot A_{TA}$$

$A_g$ : área de la sección transversal de la columna.

$K$ : coeficiente que se obtiene de tabla.

$A_{TA}$ : Área tributaria acumulada del Piso Considerado.

Conociendo el área, se puede determinar la dimensión  $t$  de la sección cuadrada de la columna. La dimensión  $t$  de las columnas intermedias se hallan por interpolación lineal; las del 1<sup>er</sup> piso por extrapolación lineal aumentando además de un 5% y las de los últimos pisos se tomará igual a la del antepenúltimo piso. Según A.C.I  $b_{\text{mín}}=0.25\text{m}$

La tabla de Dimensionamiento de Columnas, se considera además el hecho de uniformizar secciones, el cual es conveniente poner los efectos del encofrado.

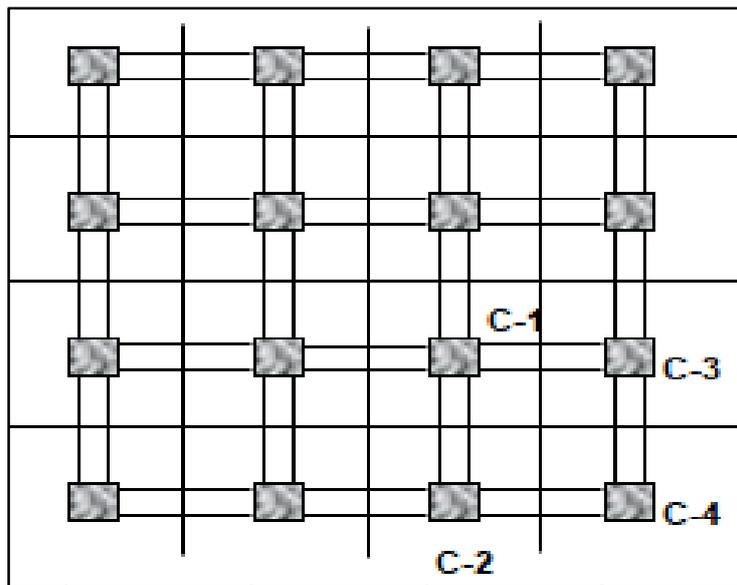


Figura 13. Tipos de columnas en el edificio

Fuente. Libro de Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales

Donde:

C1: Columna central

C2: Columna extrema de un pórtico principal interior

C3: Columna extrema de un pórtico principal interior

C4: Columna en esquina

Cuadro 19. Tipos de columnas en la edificación

		<b>P</b>	<b>n</b>
<b>C-1</b> (para los primeros pisos)	columna interior	1.10PG	0.3
<b>C-1</b> (para los 4 últimos pisos)	columna interior	1.10PG	0.25
<b>C-2, C-3</b>	columna extrema	1.25PG	0.25
<b>C-4</b>	columna de esquina	1.50PG	0.2

Fuente: Libro Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales.

$$b_t = \frac{p}{n * f_c}$$

Donde:

$b_t$ : la otra dimensión de la sección de la columna

PG: peso total de cargas de gravedad

n: valor que depende del tipo de columna

$f_c$ : resistencia del concreto del elemento

Cuadro 20. Áreas tributarias consideradas para cada columna

Área tributaria C-1	7.47 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-2	9.89 m <sup>2</sup>	Extremas
Área tributaria C-3	11.90 m <sup>2</sup>	Extremas
Área tributaria C-4	5.08 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-5	13.89 m <sup>2</sup>	Extremas
Área tributaria C-6	17.68 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-7	16.82 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-8	10.28 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-9	6.46 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-10	11.69 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-11	11.14 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-12	7.46 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-13	3.17 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-14	5.54 m <sup>2</sup>	Extremas
Área tributaria C-15	9.07 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-16	4.49 m <sup>2</sup>	Extremas
Área tributaria C-17	6.27 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-18	10.98 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-19	9.74 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-20	6.89 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-21	2.49 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-22	6.14 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-23	11.08 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-24	9.89 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-25	11.27 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-26	7.47 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-27	5.19 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-28	10.15 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-29	9.26 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-30	7.59 m <sup>2</sup>	Interior
Área tributaria C-31	3.45 m <sup>2</sup>	Esquina
Área tributaria C-32	5.21 m <sup>2</sup>	Esquina

Área tributaria C-33	11.08 m2	Extremas
Área tributaria C-34	6.47 m2	Esquina

Fuente. Etabs 2016.

Cuadro 21. Pesos unitarios considerados por piso

Carga	Unidad	Peso Unitario
Aligerado	kg/m2	300
acabados	kg/m2	100
tabaquería	kg/m2	150
vigas principales	kg/m2	100
vigas secundarias	kg/m2	80
columnas	kg/m2	60
sobrecarga	kg/m2	200

Fuente. Norma Técnica E.020.

Cuadro 22. Peso total por cargas de gravedad por columna

<b>C-1 (ton)</b>	<b>C-2 (ton)</b>	<b>C-3 (ton)</b>	<b>C-4 (ton)</b>	<b>C-5 (ton)</b>	<b>C-6 (ton)</b>	<b>C-7 (ton)</b>
2.24	2.97	3.57	1.52	4.17	5.30	5.05
0.75	0.99	1.19	0.51	1.39	1.77	1.68
1.12	1.48	1.79	0.76	2.08	2.65	2.52
0.75	0.99	1.19	0.51	1.39	1.77	1.68
0.60	0.79	0.95	0.41	1.11	1.41	1.35
0.45	0.59	0.71	0.30	0.83	1.06	1.01
1.49	1.98	2.38	1.02	2.78	3.54	3.36
7.40	9.79	11.78	5.03	13.75	17.50	16.65
<b>36.9765</b>	<b>48.9555</b>	<b>58.905</b>	<b>25.146</b>	<b>68.7555</b>	<b>87.516</b>	<b>83.259</b>
<b>C-8 (ton)</b>	<b>C-9 (ton)</b>	<b>C-10 (ton)</b>	<b>C-11 (ton)</b>	<b>C-12 (ton)</b>	<b>C-13 (ton)</b>	<b>C-14 (ton)</b>
3.08	1.94	3.51	3.34	2.24	0.95	1.66
1.03	0.65	1.17	1.11	0.75	0.32	0.55
1.54	0.97	1.75	1.67	1.12	0.48	0.83
1.03	0.65	1.17	1.11	0.75	0.32	0.55
0.82	0.52	0.94	0.89	0.60	0.25	0.44
0.62	0.39	0.70	0.67	0.45	0.19	0.33
2.06	1.29	2.34	2.23	1.49	0.63	1.11
10.18	6.40	11.57	11.03	7.39	3.14	5.48
<b>50.886</b>	<b>31.977</b>	<b>57.8655</b>	<b>55.143</b>	<b>36.927</b>	<b>15.6915</b>	<b>27.423</b>
<b>C-15 (ton)</b>	<b>C-16 (ton)</b>	<b>C-17 (ton)</b>	<b>C-18 (ton)</b>	<b>C-19 (ton)</b>	<b>C-20 (ton)</b>	<b>C-21 (ton)</b>
2.72	1.35	1.88	3.29	2.92	2.07	0.75
0.91	0.45	0.63	1.10	0.97	0.69	0.25
1.36	0.67	0.94	1.65	1.46	1.03	0.37

0.91	0.45	0.63	1.10	0.97	0.69	0.25
0.73	0.36	0.50	0.88	0.78	0.55	0.20
0.54	0.27	0.38	0.66	0.58	0.41	0.15
1.81	0.90	1.25	2.20	1.95	1.38	0.50
8.98	4.45	6.21	10.87	9.64	6.82	2.47
<b>44.8965</b>	<b>22.2255</b>	<b>31.0365</b>	<b>54.351</b>	<b>48.213</b>	<b>34.1055</b>	<b>12.3255</b>
<b>C-22 (ton)</b>	<b>C-23 (ton)</b>	<b>C-24 (ton)</b>	<b>C-25 (ton)</b>	<b>C-26 (ton)</b>	<b>C-27 (ton)</b>	<b>C-28 (ton)</b>
1.84	3.32	2.97	3.38	2.24	1.56	3.05
0.61	1.11	0.99	1.13	0.75	0.52	1.02
0.92	1.66	1.48	1.69	1.12	0.78	1.52
0.61	1.11	0.99	1.13	0.75	0.52	1.02
0.49	0.89	0.79	0.90	0.60	0.42	0.81
0.37	0.66	0.59	0.68	0.45	0.31	0.61
1.23	2.22	1.98	2.25	1.49	1.04	2.03
6.08	10.97	9.79	11.16	7.40	5.14	10.05
<b>30.393</b>	<b>54.846</b>	<b>48.9555</b>	<b>55.7865</b>	<b>36.9765</b>	<b>25.6905</b>	<b>50.2425</b>
<b>C-29 (ton)</b>	<b>C-30 (ton)</b>	<b>C-31 (ton)</b>	<b>C-32 (ton)</b>	<b>C-33 (ton)</b>	<b>C-34 (ton)</b>	
2.78	2.28	1.04	1.56	3.32	1.94	
0.93	0.76	0.35	0.52	1.11	0.65	
1.39	1.14	0.52	0.78	1.66	0.97	
0.93	0.76	0.35	0.52	1.11	0.65	
0.74	0.61	0.28	0.42	0.89	0.52	
0.56	0.46	0.21	0.31	0.66	0.39	
1.85	1.52	0.69	1.04	2.22	1.29	
9.17	7.51	3.42	5.16	10.97	6.41	
<b>45.837</b>	<b>37.5705</b>	<b>17.0775</b>	<b>25.7895</b>	<b>54.846</b>	<b>32.0265</b>	

Fuente. Etabs 2016.

Cuadro 23. Área de cada columna del edificio

	<b>PG(ton)</b>	<b>x</b>	<b>P= x.PG</b>	<b>n</b>	<b>fc(kg/cm2)</b>	<b>bt(cm2)</b>	<b>POSICION</b>
<b>C-1</b>	36.98	1.50	55.46	0.20	210.00	1320.59	Esquina
<b>C-2</b>	48.96	1.25	61.19	0.25	210.00	1165.61	Extremas
<b>C-3</b>	58.91	1.25	73.63	0.25	210.00	1402.50	Extremas
<b>C-4</b>	25.15	1.50	37.72	0.20	210.00	898.07	Esquina
<b>C-5</b>	68.76	1.25	85.94	0.25	210.00	1637.04	Extremas
<b>C-6</b>	87.52	1.10	96.27	0.30	210.00	1528.06	Interior
<b>C-7</b>	83.26	1.10	91.58	0.30	210.00	1453.73	Interior
<b>C-8</b>	50.89	1.10	55.97	0.30	210.00	888.49	Interior
<b>C-9</b>	31.98	1.50	47.97	0.20	210.00	1142.04	Esquina
<b>C-10</b>	57.87	1.10	63.65	0.30	210.00	1010.35	Interior

C-11	55.14	1.10	60.66	0.30	210.00	962.81	Interior
C-12	36.93	1.10	40.62	0.30	210.00	644.76	Interior
C-13	15.69	1.50	23.54	0.20	210.00	560.41	Esquina
C-14	27.42	1.25	34.28	0.25	210.00	652.93	Extremas
C-15	44.90	1.10	49.39	0.30	210.00	783.91	Interior
C-16	22.23	1.25	27.78	0.25	210.00	529.18	Extremas
C-17	31.04	1.50	46.55	0.20	210.00	1108.45	Esquina
C-18	54.35	1.10	59.79	0.30	210.00	948.99	Interior
C-19	48.21	1.10	53.03	0.30	210.00	841.81	Interior
C-20	34.11	1.10	37.52	0.30	210.00	595.49	Interior
C-21	12.33	1.50	18.49	0.20	210.00	440.20	Esquina
C-22	30.39	1.50	45.59	0.20	210.00	1085.46	Esquina
C-23	54.85	1.10	60.33	0.30	210.00	957.63	Interior
C-24	48.96	1.10	53.85	0.30	210.00	854.78	Interior
C-25	55.79	1.10	61.37	0.30	210.00	974.05	Interior
C-26	36.98	1.50	55.46	0.20	210.00	1320.59	Esquina
C-27	25.69	1.50	38.54	0.20	210.00	917.52	Esquina
C-28	50.24	1.10	55.27	0.30	210.00	877.25	Interior
C-29	45.84	1.10	50.42	0.30	210.00	800.33	Interior
C-30	37.57	1.10	41.33	0.30	210.00	655.99	Interior
C-31	17.08	1.50	25.62	0.20	210.00	609.91	Esquina
C-32	25.79	1.50	38.68	0.20	210.00	921.05	Esquina
C-33	54.85	1.25	68.56	0.25	210.00	1305.86	Extremas
C-34	32.03	1.50	48.04	0.20	210.00	1143.80	Esquina

Fuente. Etabs 2016.

### 3.4.2.5 Predimensionamiento de placas

Dada su gran rigidez, los muros de concreto armado o placas terminan absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos cortantes de sismo (fuerzas horizontales acumuladas). Para su predimensionamiento primero calculamos el peso total, para poder calcular la Fuerza Cortante en la Base de la estructura, según la norma E.030.

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P$$

Donde

V: Fuerza cortante en la base de la estructura

P: Peso total de la estructura

Z, U, C, S: Parámetros sísmicos según Norma E.030.

El orden de cálculo será el siguiente:

Se realizó el correspondiente metrado de cargas para hallar el peso total (P) de la edificación:

Cuadro 24. Peso total de la edificación

NIVELES	Peso (Tn)
PISO 1	405.640263
PISO 2	403.418396
PISO 3	403.411038
PISO 4	403.411038
PISO 5	403.411038
PISO 6	403.411038
PISO 7	403.464012
PISO 8	279.297273
$\Sigma$	2675.6509

Fuente. Etabs 2016.

Los parámetros sísmicos según norma E.030 son:

$$Z= 0.45$$

$$U=1$$

$$C=2.5$$

$$S= 1.1$$

$$R= 4.05 (R = R_o \cdot I_a \cdot I_p)$$

Entonces la cortante basal será:

$$V = \frac{(0.45)(1)(2.5)(1.1)}{4.05} \cdot 2675.6509$$

$$V = 817.56 \text{ tn}$$

Una vez obtenida la cortante basal se la incrementará en un 25% ( $V = 1021.95\text{tn}$ ) y se tanteará la longitud de la placa dando diferentes valores de espesor, por medio de la expresión de resistencia al cortante de elementos de concreto armado.

$$V \geq \phi \sqrt{f'_c} t_w L_w$$

Se podrá tantear la longitud de la placa  $L_w$  considerando diferentes espesores de placa  $t_w$  y tomando en cuenta que el espesor mínimo debe ser  $t_{w\text{mín}} = 10 \text{ cm}$ , pero se elegirá una longitud razonable. Con la longitud de placa  $L_w$  elegida se distribuirá la longitud tanto en la dirección X-X como en Y-Y.

Tanteo de la longitud de placa  $L_w$

$$L_w = \frac{V}{\Phi \sqrt{f'_c} t_w}$$

$$\Phi = 0.75$$

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

Cuadro 25. Tanteo del espesor de placa.

$t_w =$	20 cm	=>	$L_w =$	46.77 m
$t_w =$	25 cm	=>	$L_w =$	37.42 m
$t_w =$	30 cm	=>	$L_w =$	31.18 m
$t_w =$	35 cm	=>	$L_w =$	26.73 m

Fuente. Libro de Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales.

El espesor  $t_w$  de la placa para este predimensionamiento será 0.30 m y la longitud total  $L_w = 15.57\text{m}$  se distribuirá de la siguiente forma.  $\text{cm}^2$

Cuadro 26. Longitudes de las placas en ambas direcciones.

$t_w = 0.30 \text{ m}$			
Dirección X-X			
$L_w =$	31.18 m	$L_w/2 =$	15.59 m
Dirección Y-Y			
$L_w =$	31.18 m	$L_w/2 =$	15.59 m

Fuente. Libro de Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales.

Tomando en cuenta que las longitudes calculadas, tomaremos como longitud de placas:

$$L_x = 17.3 \text{ y } L_y = 11.95 \text{ m}$$

### 3.4.3 Metrado de cargas

El metrado de cargas del edificio se realiza con el fin de obtener el peso total de la edificación, el cual, lo obtuvimos del software Etabs, después de haber predimensionado y estructurado, se procedió a ingresar las secciones de los elementos estructurales al software Etabs para posteriormente obtener el modelamiento.

El peso por cada piso lo podemos encontrar en el cuadro 24, finalmente el peso total de la edificación es 3105.4641 toneladas.

### 3.4.4 Análisis modal

Antes de realizar el análisis sísmico de un edificio es necesario conocer sus modos de vibración y periodos fundamentales, ya que de estos parámetros dependerá su respuesta durante un evento telúrico. Cabe resaltar que el análisis modal es independiente de las cargas que actúan sobre el edificio, y depende, entre otras, de la ubicación y rigidez de los elementos que forman el sistema estructural.

#### 3.4.4.1 Modelo de análisis

Para analizar el edificio se usó el programa ETABS, el cual sirvió para realizar el análisis modal, el análisis dinámico, el análisis estructural y el análisis no lineal del edificio. Es importante resaltar respecto a la elaboración del modelo:

- Se consideró un solo diafragma para cada piso, asignando 3 grados de libertad a cada piso. Se tendrán 8 diafragmas y 24 modos en total.
- En la base del primer piso se restringió el movimiento lateral.
- Se empotraron todas las columnas y placas en sus bases debido a que el suelo tiene buena capacidad portante.
- La carga muerta se asigna secuencialmente para simular el proceso constructivo del edificio. El programa tiene una opción para este fin.

A continuación, se presentan algunas vistas del modelo:

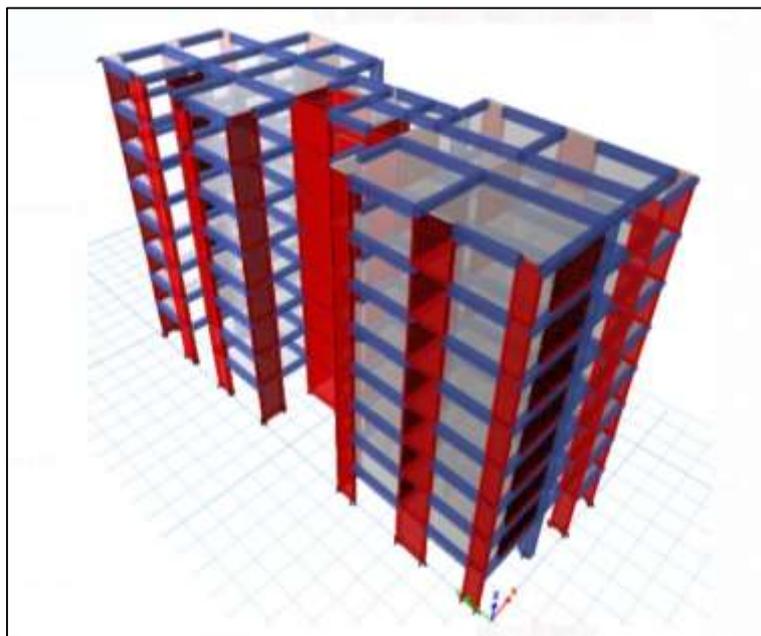


Figura 14. Vista 3D del Modelo Estructural en Etabs.

Fuente. Etabs 2016.

### 3.4.4.2 Análisis de resultados

Se obtuvo los siguientes resultados del análisis modal

Cuadro 27. Periodos en ambas direcciones

MODO	PERIODO (s)	PARTICIPACIÓN X-X	PARTICIPACIÓN Y-Y
1	0.702	2%	7%
2	0.567	85%	10%
3	0.554	13%	83%
4	0.205	4%	7%
5	0.155	1%	93%
6	<b>0.485</b>	<b>95%</b>	0%
7	0.101	8%	6%
8	0.075	2%	94%
9	0.065	86%	1%
10	0.062	16%	5%
11	0.046	2%	95%
12	0.042	13%	5%
13	0.039	87%	0%
14	<b>0.512</b>	2%	<b>95%</b>
15	0.03	12%	7%
16	0.026	86%	0%
17	0.025	2%	93%
18	0.023	9%	14%
19	0.021	3%	86%
20	0.02	86%	1%
21	0.019	4%	41%
22	0.018	3%	59%
23	0.016	90%	0%
24	0.014	94%	0%

Fuente. Etabs 2016.

Los periodos fundamentales son aquellos que presentan mayor porcentaje de participación en cada dirección de la estructura. Se observa que para X-X el periodo 0.145 s. presenta un porcentaje de 95%, y para Y-Y el periodo 0.033 s. presenta un porcentaje de 95%, siendo los más importantes.

Cuadro 28. Periodos fundamentales

Dirección	Periodo T (s)
X-X	0.485
Y-Y	0.512

Fuente. Etabs 2016.

### 3.4.5 Análisis Sísmico Estático

#### 3.4.5.1 Parámetros sísmicos

##### 3.4.5.1.1 Factor de zona

La estructura se ubicará en Trujillo, y según tabla N°1 de la Norma E.030, se ubicará en zona 3, por lo tanto, su factor de zona  $Z_4=0.45$

##### 3.4.5.1.2 Condiciones geotectónicas

Según el estudio de suelos realizado en el laboratorio de la UCV de Trujillo, el suelo del edificio es una arena mal graduada, que corresponde al Perfil Tipo  $S_3$  (suelos blandos) según la Norma E.030.

##### 3.4.5.1.3 Parámetros de sitio

Según la tabla N° 3 de la Norma E.030, y acorde con nuestro  $Z_4$  y  $S_3$ , los valores de nuestros parámetros de sitio serán:

$$S_3 = 1.10$$

$$T_P = 1$$

$$T_L = 1.6$$

##### 3.4.5.1.4 Periodo fundamental de vibración

Según Norma E.030,  $T=h_n/C_T$ , donde  $h_n=21.20m$  (altura del edificio) y  $C_T=35$  (edificio dual). Operando tendremos que  $T=0.61$ .

##### 3.4.5.1.5 Factor de amplificación sísmica

Según la Norma E.030, nuestro  $C=2.5$  ya que cumple con la expresión  $T < T_P$ .

##### 3.4.5.1.6 Factor de uso o importancia

Según la tabla N° 5 de la Norma E.030, nuestra categoría de edificación es  $C=1$  (edificación común de uso vivienda)

##### 3.4.5.1.7 Coeficiente básico de reducción

Para Edificaciones dual, la norma E.030 en la tabla N° 7 nos dice que, nuestro coeficiente básico de reducción es  $R_0=6$  tanto para los ejes "X" e "Y".

##### 3.4.5.1.8 Factores de irregularidad

Según las tablas N° 8 y 9 de la Norma E.030, los valores de factor de irregularidad son  $I_a = 0.75$  (presenta piso blando) e  $I_p = 0.90$  (presenta esquinas entrantes) tanto para los ejes "X" e "Y".

#### 3.4.5.1.9 Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica

Según la Norma E.030,  $R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$ , operando tendremos que  $R=4.05$  (el valor de  $R_X$  y  $R_Y$  son iguales ya que presentan las mismas irregularidades en ambos ejes).

#### 3.4.5.2 Peso de la edificación

Para el peso de la edificación, se consideró todos los elementos estructurales menos las escaleras (estas últimas estarán apoyadas en las vigas, por lo que consideramos despreciarlas). Según la norma E.030 sumamos el 25% de la carga viva por ser edificación C. El programa Etabs nos dio los siguientes pesos por pisos y total de la edificación y lo encontramos en el cuadro 24, siendo el peso total de la edificación 2675.6509 tn.

#### 3.4.5.3 Fuerza cortante en la base

Según la Norma E.030, la fuerza cortante total en la base se calcula de la siguiente expresión:

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

De donde sabemos que  $P = 2675.6509$  tn y el  $R_X=R_Y=4.73$

$$V = \frac{0.45 \cdot 1 \cdot 2.5 \cdot 1.10}{4.05} \cdot 2675.6509$$

$$V = 817.56 \text{ tn}$$

Entonces tendremos que las cortantes:

$$V_X = 817.56 \text{ tn}$$

$$V_Y = 817.56 \text{ tn}$$

#### 3.4.5.4 Distribución de las fuerzas de inercia

Según la norma E.030, las determinaciones de los valores de las fuerzas sísmicas en altura se harán con la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i \times V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i \times (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j \times (h_j)}$$

Donde n=5 (número de pisos del edificio) y k=1 (ya que T<0.5); y la distribución de fuerzas tanto en el eje X como el Y serían:

Cuadro 29. Distribución de las fuerzas de inercia

NIVEL	PESO TOTAL	hi	Pi hi	Factor	Fx	Fy
8	405.640263	21.2	5921.10	0.17	134.29	134.29
7	403.418396	18.55	7484.26	0.21	169.74	169.74
6	403.411038	15.9	6414.24	0.18	145.48	145.48
5	403.411038	13.25	5345.20	0.15	121.23	121.23
4	403.411038	10.6	4276.16	0.12	96.98	96.98
3	403.411038	7.95	3207.12	0.09	72.74	72.74
2	403.464012	5.3	2138.12	0.06	48.49	48.49
1	279.297273	2.65	1074.95	0.03	24.38	24.38
P =	2675.6509		35861.13	1	813.34	813.34

Fuente. Etabs 2016.

### 3.4.6 Análisis sísmico dinámico

Según la Norma E.030 existen dos formas de realizar el análisis dinámico: por medio de un análisis tiempo-historia o por medio de procedimientos de combinación espectral. La Norma también indica que para edificios convencionales puede usarse cualquiera de los dos, pero para edificios importantes necesariamente se realizará un análisis tiempo- historia. Como nuestro edificio de acuerdo a su uso es una edificación común, realizaremos un análisis de combinación espectral.

Al modelo ya definido en el análisis modal se le asigna un caso de carga en cada dirección, definido por el espectro de diseño que estipula la Norma E.030. Además, se asigna una excentricidad accidental debido a la incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel. La Norma E.030, en su inciso 18.2.e, indica un valor del 5% de la dimensión en la dirección perpendicular al análisis.

#### 3.4.6.1 Aceleración espectral

La Norma E.030 indica que se utilizará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g$$

Cuadro 30. Valores de T vs. Sa del espectro de diseño.

<b>T (s)</b>	<b>Sa (m/s<sup>2</sup>)</b>
0	2.996
0.05	2.996
0.1	2.996
0.15	2.996
0.2	2.996
0.25	2.996
0.3	2.996
0.35	2.996
0.4	2.996
0.45	2.996
0.5	2.996
0.55	2.996
0.6	2.996
0.65	2.996
0.7	2.996
0.75	2.996
0.8	2.996
0.85	2.996
0.9	2.996
0.95	2.996
1	2.996
1.1	2.724
1.2	2.497
1.3	2.305
1.4	2.140
1.5	1.998
1.6	1.873
1.7	1.659
1.8	1.480
1.9	1.328
2	1.199
2.25	0.947
2.5	0.767
2.75	0.634
3	0.533
3.25	0.454
3.5	0.391
3.75	0.341
4	0.300

Fuente: Etabs 2016.

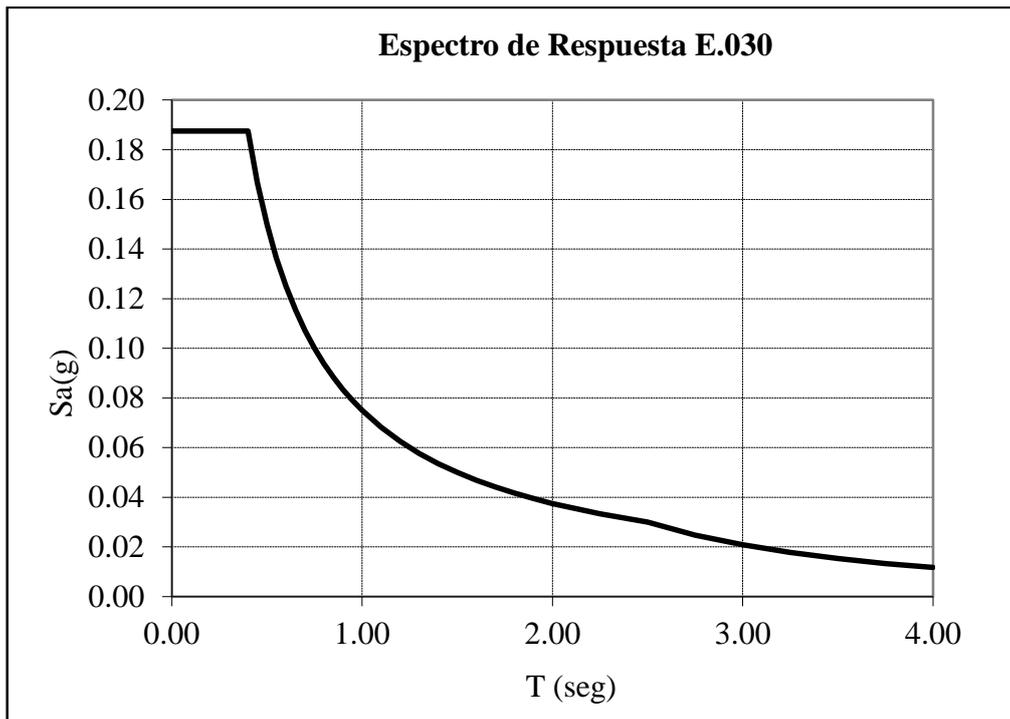


Figura 15. Curva de los valores del espectro de diseño.

Fuente: Etabs 2016.

### 3.4.6.2 Fuerza cortante en la base

La Norma E.030 señala que la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado en el análisis estático para estructurales regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares. De no cumplir con esta condición será necesario escalar todas fuerzas obtenidas para obtener las fuerzas de diseño. En nuestro caso, para una estructura irregular se tiene:

Cuadro 31. Fuerza cortante en la base en ambas direcciones

SISMO X-X	
	VX
V estático	817.56
V dinámico	1120.56
F.E=	1
SISMO Y-Y	
	VY
V estático	817.56
V dinámico	1180.56
F.E=	1

Fuente. Etabs 2016.

### 3.4.6.3 Control de desplazamientos laterales

Según la Norma E.030, se multiplican por 0.75R los desplazamientos obtenidos como respuesta máxima elástica del análisis dinámico. Esto se hace para evaluar los efectos de la incursión en el rango inelástico de la estructura durante un sismo severo.

Cuadro 32. Desplazamientos laterales de entrepiso en ambas direcciones

NIVEL	Deriva X-X ENTRE PISO (%)	NIVEL	Deriva Y-Y ENTRE PISO(%)
NIVEL 8	0.57	NIVEL 8	0.31
NIVEL 7	0.62	NIVEL 7	0.36
NIVEL 6	0.67	NIVEL 6	0.42
NIVEL 5	0.70	NIVEL 5	0.46
NIVEL 4	<b>0.50</b>	NIVEL 4	<b>0.48</b>
NIVEL 3	0.64	NIVEL 3	0.46
NIVEL 2	0.51	NIVEL 2	0.40
NIVEL 1	0.24	NIVEL 1	0.21

Fuente. Etabs 2016.

Observamos que en la dirección X-X tenemos una deriva máxima de 0.5%, que se da en el piso 4. y en la dirección Y-Y tenemos en el mismo piso una deriva máxima de 0.48%. Según la Norma E.030, la deriva máxima para un edificio de concreto armado es de 0.7%. Considerando que el sistema es de muros estructurales, es de esperar que los desplazamientos estén controlados con holgura.

### 3.4.7 Junta de separación sísmica

Para evitar el contacto entre estructuras vecinas durante el movimiento sísmico, la norma especifica una distancia mínima (s) que debe ser mayor a los siguientes valores:

- ✓  $2/3$  de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes.
- ✓ 3 cm
- ✓  $S = 3 + 0.004(h - 500)$  h y s en cm.
- ✓ Donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s.
- ✓ Al no conocer los desplazamientos de las edificaciones vecinas, sólo podemos

- ✓ hallar el valor de “s” según dos de los criterios, considerando la altura del edificio 19.15m.
- ✓ 3 cm
- ✓  $S = 3 + 0.004(2385 - 500) = 10.54$  cm
- ✓ Adicional a esto, la norma también indica que el edificio deberá separarse del límite de propiedad una distancia que no será menor que:
- ✓  $2/3$  del desplazamiento máximo del edificio, hallado según Artículo 16 (16.4) de la norma E.030.
- ✓  $S/2$ , según valor de S calculado anteriormente.

Como no conocemos el desplazamiento del edificio vecino, no podemos establecer un valor exacto de la junta, sin embargo, sí podemos cumplir con el criterio de separarnos del límite de propiedad una distancia mínima según lo indicado anteriormente. Así tenemos para la dirección YY:

- ✓  $2/3$  Máximo Desplazamiento =  $2/3 \times 11.4 = 7.60$  cm  $\cong 3$ ”
- ✓  $S/2 = 10.54/2 = 5.27$  cm

Entonces nuestro edificio se separará del límite de propiedad las siguientes dimensiones a partir del nivel +0.00:

- ✓ 3” a lo largo de los ejes G y F.

### 3.4.7.1 Control de efectos de segundo orden (P-Delta)

Dado que los factores de escalamiento incrementan en más del 10% las fuerzas internas de los elementos, es necesario comprobar que los efectos de segundo orden no sean significativos.

La Norma E.030 define el coeficiente de estabilidad Q. Si el valor de Q es mayor a 0.1, necesitamos realizar un análisis especial de los efectos de segundo orden.

$$Q = \frac{N_i * \Delta_i}{V_i * h_{ei} * R}$$

Donde:

$N_i$  = Fuerza Axial de entrepiso.

$\Delta_i$  = Desplazamiento de entrepiso.

$V_i$  = Fuerza cortante de entrepiso.

$h_{ei}$  = Altura de entrepiso.

R = Factor de reducción sísmica.

Cuadro 33. Derivas en ambas direcciones

H(ALTURA) ENTREPISO	DERIVA X	DERIVA Y
	(Deriva/h)	(Deriva /h)
2.65	0.0044	0.0041
2.65	0.0047	0.0054
2.65	0.0050	0.0063
2.65	0.0053	0.0050
2.65	0.0053	0.0073
2.65	0.0049	0.0071
2.65	0.0041	0.0061
3.3	0.0018	0.0029

Fuente. Etabs 2016.

Como vemos, se obtiene valores de muy lejanos a 0.1, por lo tanto, según lo dispuesto en la Norma E.060 no es necesario tomar en cuenta los efectos de segundo orden en el análisis. En este tema se ahondará en el Capítulo 9 referente al diseño de columnas.

### 3.5 Diseño Estructural

#### 3.5.1 Diseño de Losa Aligera

Para las losas aligeradas del edificio, el diseño se desarrolló por flexión y corte.

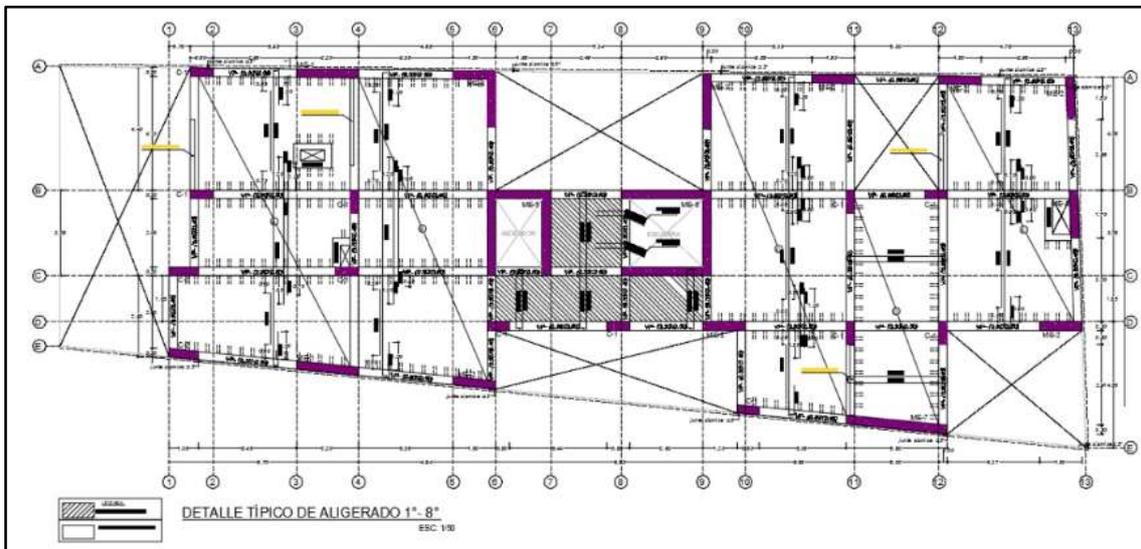


Figura 16. Sentido del aligerado en el eje “X”

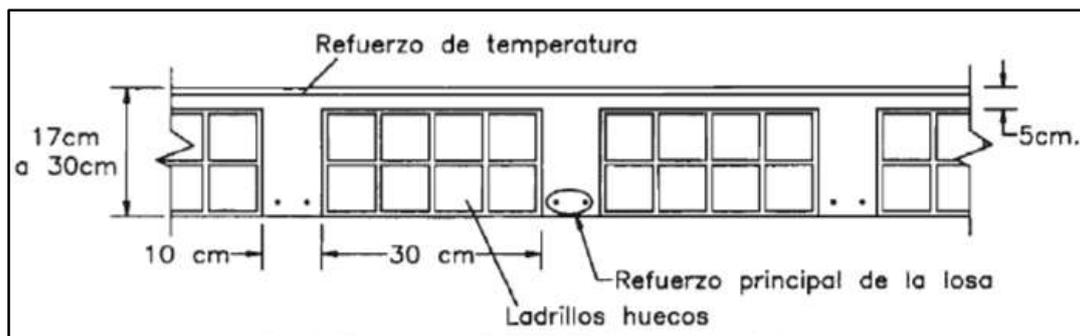


Figura 17. Sección típica de losas aligeradas

Fuente. Libro de Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales.

Las losas aligeradas se diseñan por vigueta, seleccionando la vigueta más crítica del paño para el diseño, este se aplica a las demás viguetas del paño para poder uniformizar la distribución del refuerzo.

### 3.5.1.1 Diseño por flexión

Se verifico el diseño del paño entre los ejes 1-3/A-B.

Cuadro 34. Cargas de diseño para aligerado

<b>Carga Viva</b>	Valor	Unidades
Peralte del aligerado	20	Cm
Sobrecarga	200	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga Muerta</b>		
Peso de acabados	150	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de losa	300	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería	150	Kg/m <sup>2</sup>
Total de cargas muertas	600	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Ancho tributario</b>	0.4	m
<b>Cargas</b>		
WD=	240	Kg/m
WL=	80	Kg/m

Fuente. Etabs 2016.

Empleando la combinación de cargas  $U = 1.4 CM + 1.7 CV$  de la E.060, obtendremos una carga última y junto con el diagrama de momento flector obtuvimos los momentos últimos en la cara del apoyo para calcular el acero requerido por flexión.

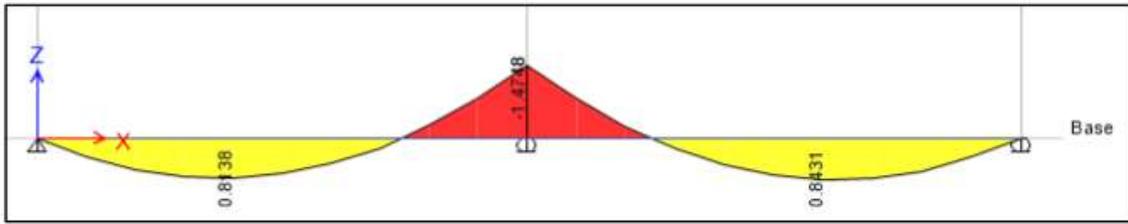


Figura 18. Diagrama de momento flector de losa aligerada

Fuente. Etabs 2016.

$$A_s = \frac{0.85 \times f'_c \times b \times d}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_u}{\phi \times 0.85 \times f'_c \times b \times d^2}} \right)$$

Cuadro 35. Cálculo del refuerzo por flexión para la vigueta en estudio

	h=20 cm		
	As <sup>+</sup> (A)	As <sup>-</sup> (B)	As <sup>+</sup> (C)
<b>bw (cm)</b>	10	10	10
<b>b (cm)</b>	40	10	40
<b>d (cm)</b>	17	17	17
<b>Mu (Ton-m)</b>	0.8474	1.3366	0.8474
<b>As calculado (cm<sup>2</sup>)</b>	1.31	2.41	1.31
<b>As mín=0.24%bw d (cm<sup>2</sup>)</b>	0.408	0.408	0.408
<b>As máx=1.59%bd (cm<sup>2</sup>)</b>	10.81	2.7	10.81
<b>Refuerzo escogido</b>	1 $\phi$ 1/2" + 1 $\phi$ 3/8"	2 $\phi$ 1/2"	1 $\phi$ 1/2" + 1 $\phi$ 3/8"
<b>As colocado (cm<sup>2</sup>)</b>	1.98	2.54	1.98
<b>Ascolocado/Ascalculado</b>	1.51	1.05	1.51
<b>Ascolocado/Asmáx</b>	0.18	0.94	0.18
<b>a &lt; 5cm</b>	1.16	-	1.16

Fuente. Etabs 2016.

### 3.5.1.2 Diseño por corte

Como los aligerados no llevan estribos, todos los esfuerzos producidos por las deberá tomar el concreto. La norma E.030 permite un incremento de la resistencia para aligerados, siendo así la resistencia de diseño:

$$\phi V_c \geq 1.1 \times \phi \times 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$$

Se comprobará que la resistencia  $\phi V_c$  sea mayor que la fuerza cortante ultima  $V_u$ , obtenida a una distancia "d" medida desde la cara de los apoyos.

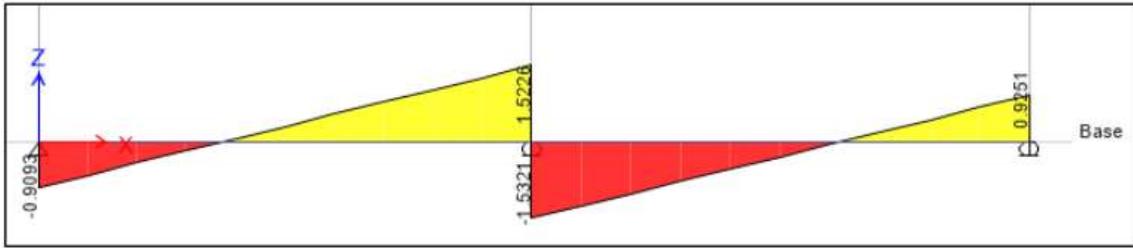


Figura 19. Diagrama de fuerzas cortante para aligerado

Fuente. Etabs 2016.

Cuadro 36. Verificación por corte de la vigueta en estudio.

	h=20 cm
d (cm)	17
Vu (Kg)	1170
$\phi Vc$ (Kg)	1256
$\phi Vc$ (Kg)/Vu	1.07 (Ok)

Fuente: Etabs 2016.

### 3.5.1.3 Refuerzo por temperatura

Consideramos la losa superior del aligerado (h=5cm) y un metro de ancho de sección. Según norma, el  $\rho=0.0025$  para barras lisas. Entonces tendremos:

$$A_{st} = 0.0025 \times 100 \times 5 = 1.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Si consideramos barras de  $\phi 1/4''$ , =0.32cm<sup>2</sup>, hallamos el espaciamiento:

$$s = 0.32 / 1.25 = 26 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se colocará barras lisas de  $\phi 1/4'' @25$  cm como refuerzo por temperatura.

### 3.5.2 Diseño de losa Maciza

Según la norma E.030, las losas armadas en dos direcciones se analizan mediante el método directo y el método de coeficientes; y para nuestro caso, analizaremos las losas mediante el programa SAP 2000. La combinación de cargas más crítica en las losas macizas será 1.4CM+1.7CV, se calcula la carga última repartida y se la asigna al modelo.

#### 3.5.2.1 Diseño por flexión

Para el cálculo del refuerzo por flexión se consideran secciones de un metro de ancho (b=100 cm), y se procede de forma similar que, con los aligerados.

Se verifico el diseño del paño entre los ejes 7-8/B-C.

Del metrado de cargas tenemos:

$$WD=0.68 \text{ ton/m}^2$$

$$WL=0.2 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Hallando la carga última de diseño: } W_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} = 1.30 \text{ ton/m}^2$$

Para los momentos paralelos a X-X tenemos el siguiente diagrama, el cual se usará para diseñar el refuerzo en la dirección del eje X.

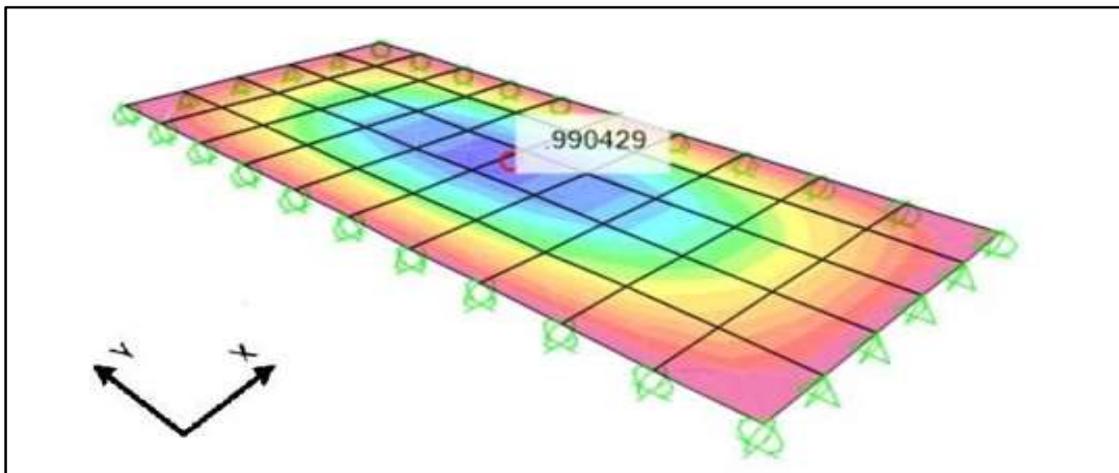


Figura 20. Diagrama de momentos de la losa maciza en la dirección X-X (ton-m/m).

Fuente. SAP 2000.

Para los momentos paralelos a Y-Y tenemos el siguiente diagrama, el cual se usará para diseñar el refuerzo en la dirección del eje Y.

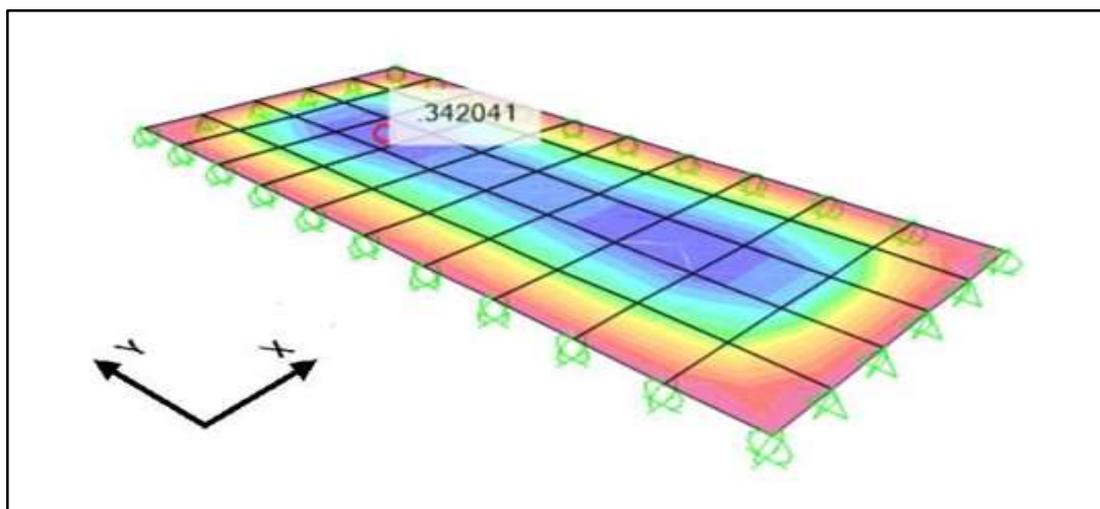


Figura 21. Diagrama de momentos de la losa maciza en la dirección Y-Y (ton-m/m).

Fuente. SAP 2000.

Primero calculamos el acero mínimo por contracción y temperatura:

$$A_{smin} = 0.0018bh = 0.0018 \times 100 \times 17 = 3.06 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Cuadro 37. Cálculo del refuerzo por flexión para la losa maciza en estudio.

	Dirección XX	Dirección YY
	As	As
<b>b (cm)</b>	100	100
<b>h (cm)</b>	20	20
<b>d (cm)</b>	17	17
<b>Mu (ton-m)</b>	0.99	0.35
<b>As calculado (cm<sup>2</sup>/m)</b>	1.51	0.53
<b>As mín (cm<sup>2</sup>/m)</b>	1.53	1.53
<b>As máx=1.59%bd (cm<sup>2</sup>/m)</b>	27.03	27.03
<b>Refuerzo escogido</b>	1 $\phi$ 3/8"	1 $\phi$ 3/8"
<b>Ab (cm<sup>2</sup>)</b>	0.71	0.71

Fuente. Etabs 2016.

### 3.5.2.2 Diseño por corte

El diseño es similar que, en los aligerados, ya que estas losas tampoco cuentan con refuerzo por corte. La norma E.060 no especifica el incremento del 10% que se usa en los aligerados, entonces tenemos:

$$\phi V_c \geq \phi \times 0.53 \sqrt{f'c} b_w d$$

Comprobando que  $\phi V_c > V_u$ , medida (distancia d) desde la cara de los apoyos.

Para las fuerzas cortantes en la dirección X-X tenemos el siguiente diagrama.

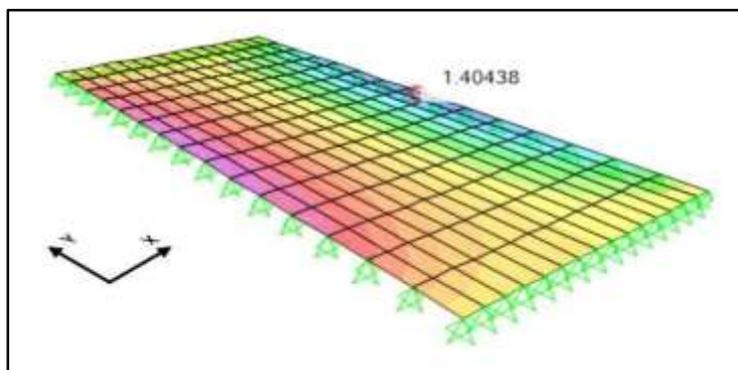


Figura 22. Diagrama de fuerzas cortantes de la losa maciza en la dirección X-X (ton/m).

Fuente. SAP 2000.

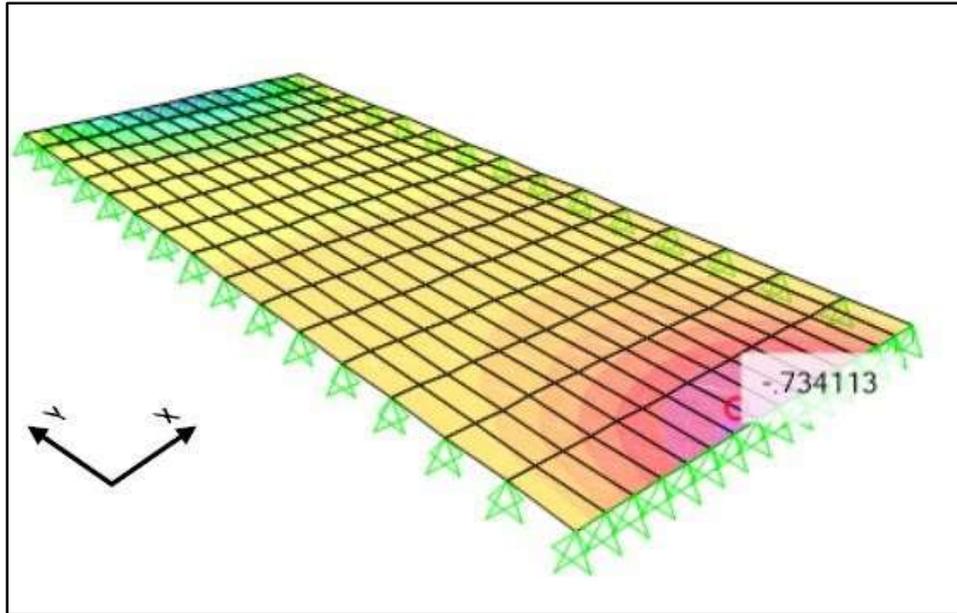


Figura 23. Diagrama de fuerzas cortantes de la losa maciza en la dirección Y-Y (ton/m).

Fuente. SAP 2000

Se obtienen las fuerzas máximas, las cuales se ubican en los puntos señalados en los diagramas. Verificando los requerimientos de resistencia y observando que cumple con estos, tenemos:

Cuadro 38. Verificación por corte de la losa maciza en estudio.

	Dirección XX	Dirección YY
<b>h (cm)</b>	20	20
<b>d (cm)</b>	17	17
<b>Vu (ton/m)</b>	1.40	0.75
$\phi Vc$ (ton/m)	11.1	11.1
$\phi Vc/Vu$	7.93	14.8

Fuente. Etabs 2016.

### 3.5.3 Diseño de Vigas

Las vigas serán modeladas como parte de pórticos considerando la rigidez de los apoyos (columnas). También consideramos todas las combinaciones de carga estipuladas en la norma, ya que las vigas si pueden absorber cargas de sismos.

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9 CM \pm CS$$

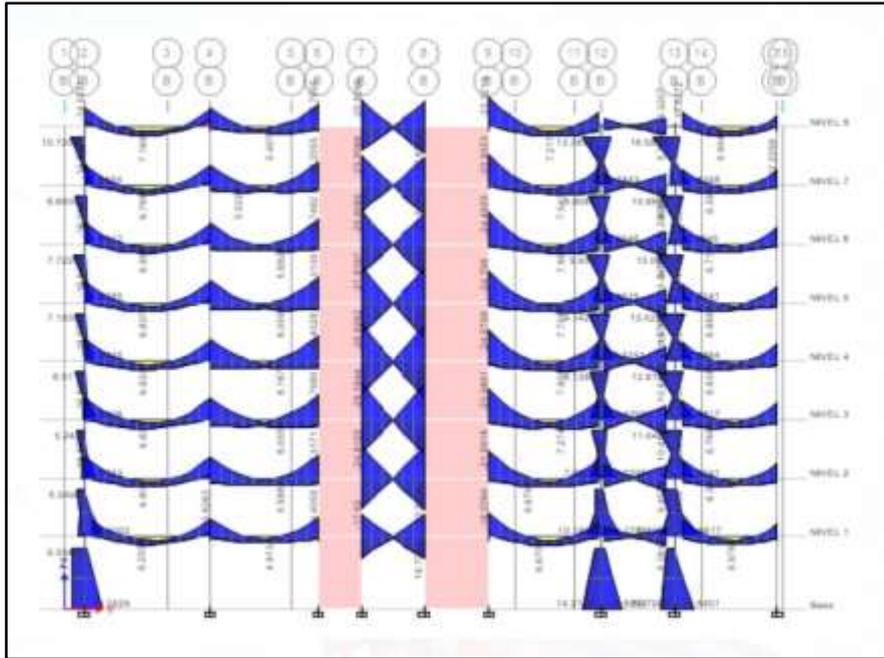


Figura 24. Diagrama de momento flector del pórtico de análisis.

Fuente. Etabs 216.

### 3.5.3.1 Diseño por flexión

El siguiente gráfico muestra la sección de una viga rectangular sub reforzada en el momento de falla, el acero se encuentra en la etapa de fluencia y el concreto ha llegado a su máximas deformación.

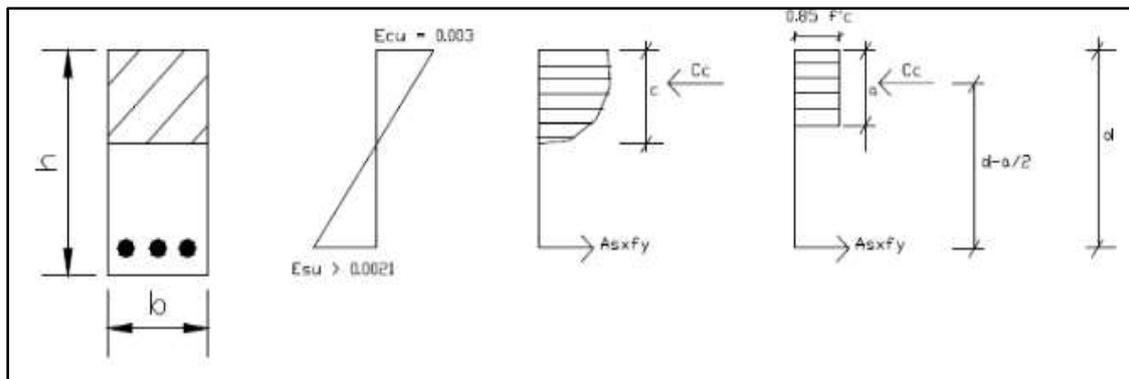


Figura 25. Sección de viga rectangular en el momento de falla

Fuente. Libro de Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales

Se procederá con el diseño del pórtico presentado que corresponde al pórtico más cargado dentro de la estructura (Eje B en Plano). Para ello seleccionamos la combinación den porque me da los momentos más críticos de las vigas, además se verificó que las cuantías de acero de diseño sean mayores a las mínimas y/o menores estipuladas en la norma E.060.

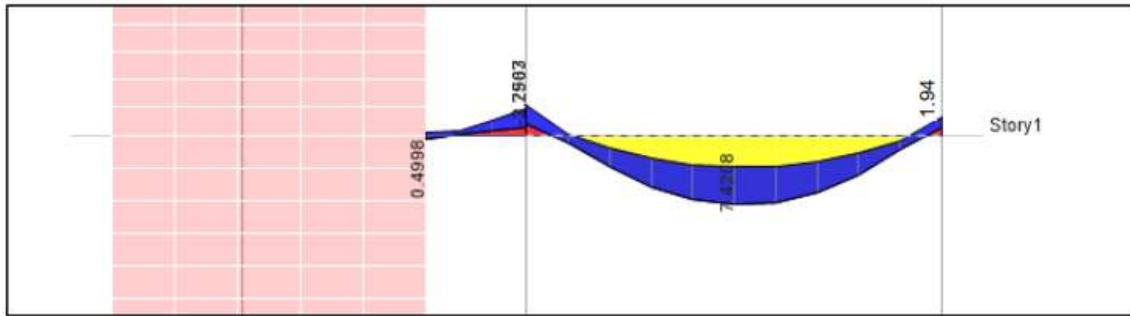


Figura 26. Diagrama de momento flector de la viga de diseño.

Fuente. Etabs 2016.

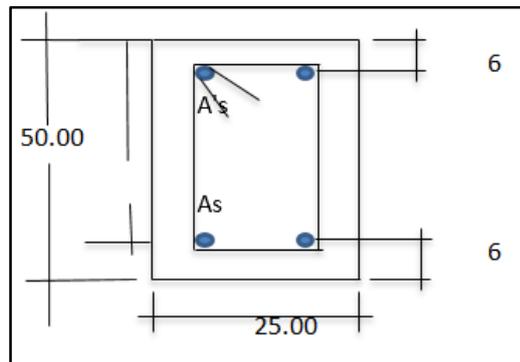


Figura 27. Sección de viga predimensionada

Cálculo del acero negativo (-)

Primer Apoyo

Datos:

$B = 25 \text{ cm}$

$\phi = 0.90$

$d = 44 \text{ cm}$

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

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$M_u = 3.29 \text{ tn.m}$

$$A_s = \frac{0.85f'cxBxd}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi 0.85f'cxBxd^2}} \right)$$

$A_s\text{- calculado} = 8.57 \text{ cm}^2$

$A_s\text{- Colocado} = 3.25 \text{ cm}^2 \rightarrow 3 \text{ } \emptyset 3/4'' + 3 \text{ } \emptyset 5/8''$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = 0.0038$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0.0038$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right) = 0.02125$$

$$\rho_{\max} = 0.5 \rho_b = 0.0106 \text{ OK.}$$

Segundo Apoyo

Datos:

$$B = 25 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

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

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 1.94 \text{ tn.m}$$

$$A_s = \frac{0.85 f'_c B x d}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{\phi 0.85 f'_c B x d^2}} \right)$$

$$A_s - \text{calculado} = 8.57 \text{ cm}^2$$

$$A_s - \text{Colocado} = 3.25 \text{ cm}^2 \rightarrow 3 \text{ } \emptyset 3/4'' + 3 \text{ } \emptyset 5/8''$$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = 0.0038$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0.0038$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right) = 0.02125$$

$$\rho_{\max} = 0.5 \rho_b = 0.0106 \text{ OK.}$$

Cálculo del acero positivo (+)

Entre apoyos

Datos:

$$B = 25 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

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

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 7.42 \text{ tn.m}$$

$$A_s = \frac{0.85f'_c x B x d}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi 0.85 x f'_c x B x d^2}} \right)$$

$$A_s \text{ calculado} = 17.04 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ Colocado} = 7.29 \text{ cm}^2 \rightarrow 6 \text{ } \emptyset \text{ 3/4"}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = 0.0092$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right) = 0.02125$$

$$\rho_{\text{máx}} = 0.5 \rho_b = 0.0106 \text{ OK.}$$

### 3.5.3.2 Diseño por corte

La resistencia al corte de la sección vendrá dada por la suma de los aportes del concreto y el acero. El aporte del concreto se calcula de igual manera que para las losas macizas.

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$$

La norma E.060 especifica para el cálculo del refuerzo por corte perpendicular al eje de la viga a la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

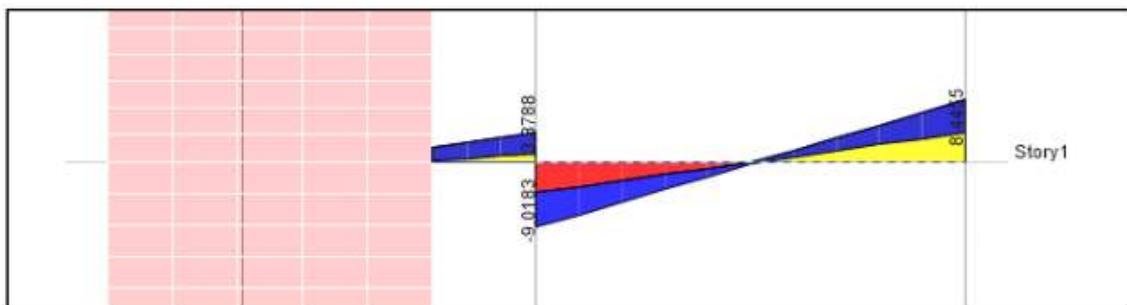


Figura 28. Diagrama de fuerzas cortantes de la viga de diseño.

Fuente. Etabs 2016.

Confinamiento inicial de viga

Datos:

$$B = 25 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.85$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

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

$$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Vud = 1.94 \text{ tn.m}$$

Resistencia nominal a cortante

$$Vn = Vc + Vs$$

$$Vn = 9.52 \text{ Tn}$$

Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

$$Vc = 0.53 \sqrt{f'c} b d$$

$$Vc = 6.57 \text{ Tn}$$

Resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo por cortante

$$Vs = \frac{Av fy d}{S}$$

$$Vs = Vn - Vc = 2.95 \text{ Tn}$$

Diseño por corte usando estribos  $\emptyset 3/8''$ ;  $Av = 2 \times 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$ .

$$S = \frac{Av fy d}{Vs} = 69.24 \text{ cm}$$

Diseño de refuerzo transversal según norma E.60 Concreto armado:

a) Longitud de confinamiento

$$Ld = 2d$$

$$Ld = 68.50 \text{ cm}$$

b) Separación de refuerzo transversal en zona de confinamiento

Se tomará el menor valor de las siguientes expresiones:

$$\frac{d}{4} \emptyset 8; \text{ varilla longitudinal}; \emptyset 24 \text{ estribos}; 3 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{4} = 8.56 \text{ cm}; 10.16 \text{ cm}; 17.04 \text{ cm}; 30 \text{ cm}$$

Por lo calculado anteriormente se considerará una separación de estribos de 8 cm.

c) Separación de refuerzo transversal en zona no confinada

Se tomará el menor valor de las siguientes expresiones:

$$\frac{d}{2}; 20 \text{ cm} \Rightarrow \text{Usar } \Phi 3/8'': 1@0.05, 10@0.10 \text{ y Rto } @ 0.20$$

### 3.5.3.3 Control de fisuración

Las fisuras son inevitables cuando el refuerzo por flexión de una viga empieza a trabajar en condiciones de servicio; sin embargo, deben ser controladas para no afectar la estética y la integridad del elemento.

$$Z = f_s \sqrt{dc} \quad Act \quad f_s = \frac{Ms}{0.9dAs} \quad Act = \frac{2y_s b}{N^{\circ} \text{barras}}$$

### 3.5.3.4 Cortado de deflexiones

Cada tramo de la viga está compuesto con un extremo apoyado y otro extremo continuo. Según la tabla 9.1 de la Norma E.060, para esta condición la viga en cada tramo debe contar con un peralte mínimo de  $Ln/18.5$ . Tenemos para cada tramo:

$$h \text{ min} = \frac{ln}{18.5} = \frac{3.65}{18.5} = 20 \text{ cm}$$

La viga cuenta con  $h = 50 \text{ cm}$ , por lo tanto, se cumple con los requerimientos de peralte mínimo a menos que se calculen las deflexiones, según la Norma E.060.

### 3.5.3.5 Cortado del refuerzo

La Norma E.060 exige una serie de requisitos para asegurar una adecuada longitud de desarrollo en lugares donde se corte el refuerzo, a continuación, se presentan algunos de los más importantes:

El refuerzo se debe extender, más allá del punto en el que ya no es necesario para resistir flexión, una distancia igual a  $d$  ó  $12b$ , la que sea mayor, excepto en los apoyos de vigas simplemente apoyadas y en el extremo libre de los voladizos.

- ✓ Cuando existan dos o más bastones, el refuerzo que continúa deberá tener una longitud de anclaje mayor o igual a la longitud de desarrollo  $l_d$  más allá del punto donde el refuerzo que se ha cortado o doblado no es necesario por cálculo.
- ✓ El refuerzo por flexión no debe terminarse en una zona de tracción, a menos que se satisfaga alguno de los siguientes requisitos:

$$V_u \text{ en el punto terminal no excede } 2/3 \text{ de } \phi V_n.$$

El refuerzo que continúa proporciona el doble del área requerida por la flexión en el punto terminal y  $V_u$  no excede  $3/4 \phi V_n$ .

- ✓ Por lo menos 1/3 del refuerzo para momento positivo se debe prolongar a lo largo de la misma cara del elemento hasta el apoyo. En las vigas, dicho refuerzo se debe prolongar por lo menos 15 cm dentro del apoyo.
- ✓ Por lo menos 1/3 del refuerzo total por tracción en el apoyo proporcionado para resistir momento negativo debe tener una longitud embebida más allá del punto de inflexión, no menor que  $d$ ,  $12d_b$  ó  $l_n/16$ , la que sea mayor.
- ✓ El refuerzo para momento negativo debe tener una longitud embebida en el tramo según los requerimientos de longitud de anclaje.
- ✓ Se deberá tener en cuenta lo descrito respecto a las disposiciones para el diseño sísmico por flexión.

Estas disposiciones se resumen en el siguiente esquema:

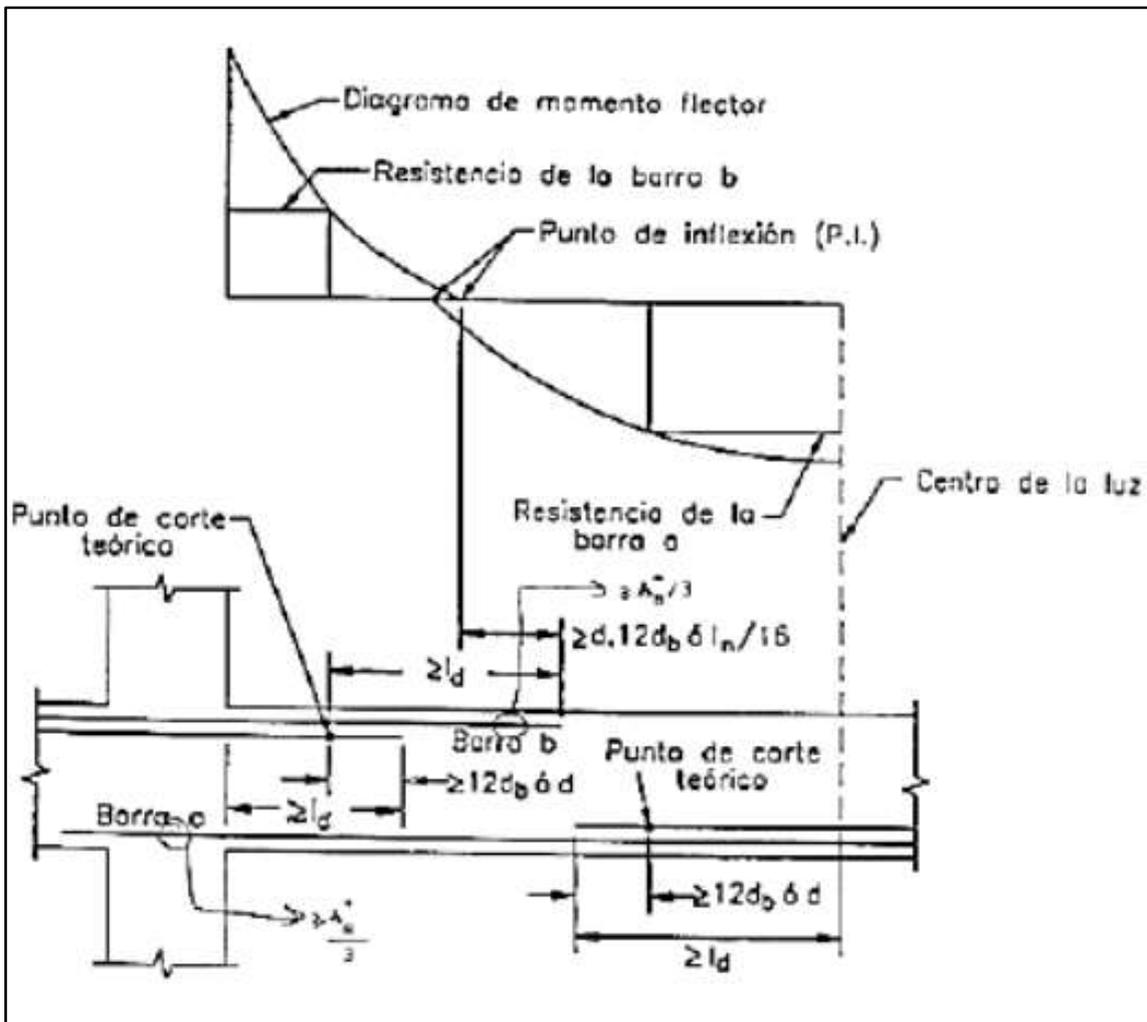


Figura 29. Condiciones para el corte del refuerzo.

Fuente. Libro Diseño de Concreto Armado. Roberto Morales

### 3.5.4 Diseño de Columnas

Para el diseño de columnas se empleó el programa SAP 2000, exportando los datos de nuestro edificio del programa Etabs y teniendo en cuenta los requerimientos de las respectivas normas. Obteniendo las cargas sísmicas y de gravedad, las combinaciones que establece la norma para columnas son:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9CM \pm CS$$

#### 3.5.4.1 Diseño por flexocompresión uniaxial

El diseño es un procedimiento iterativo, se empieza asumiendo una armadura para la sección y se elaboran los diagramas de interacción correspondientes a cada dirección del análisis, usando los factores de reducción especificados para cada tipo de solicitación. Para dar por concluido el diseño, todas las combinaciones de carga deben cumplir con ubicarse por debajo de la curva de resistencia de la sección asumida; y dependiendo de la holgura en la iteración, también se debe considerar disminuir la armadura.

Como uniformizamos columnas, las dimensiones son las mismas, y el ejemplo de diseño elaborado en SAP 2000 es el siguiente:

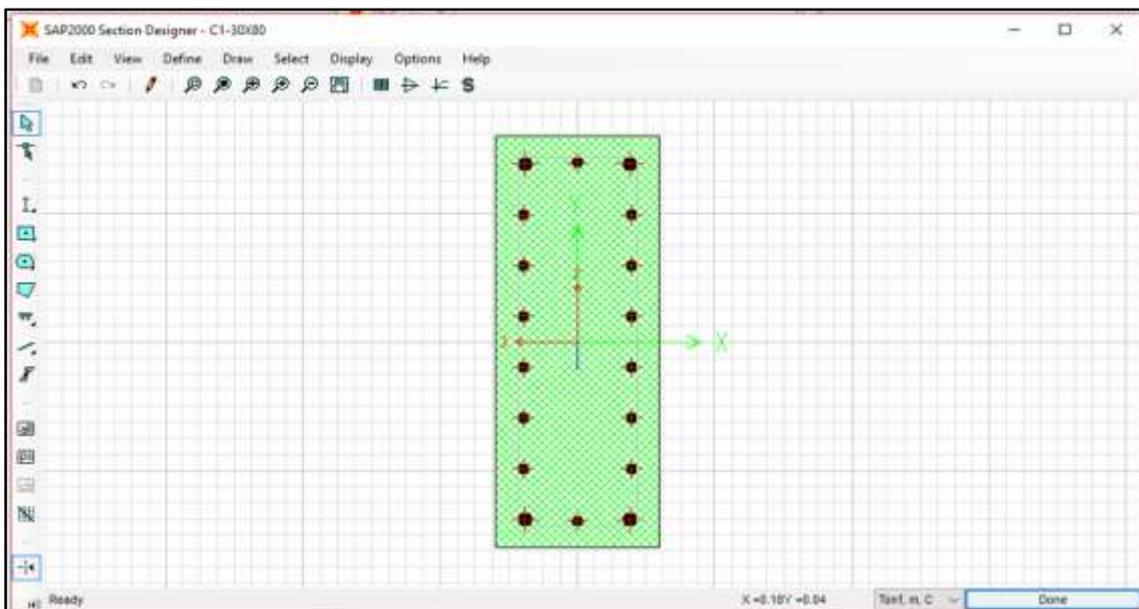


Figura 30. Modelo de la sección de la columna en SAP 2000

Fuente. SAP 2000.

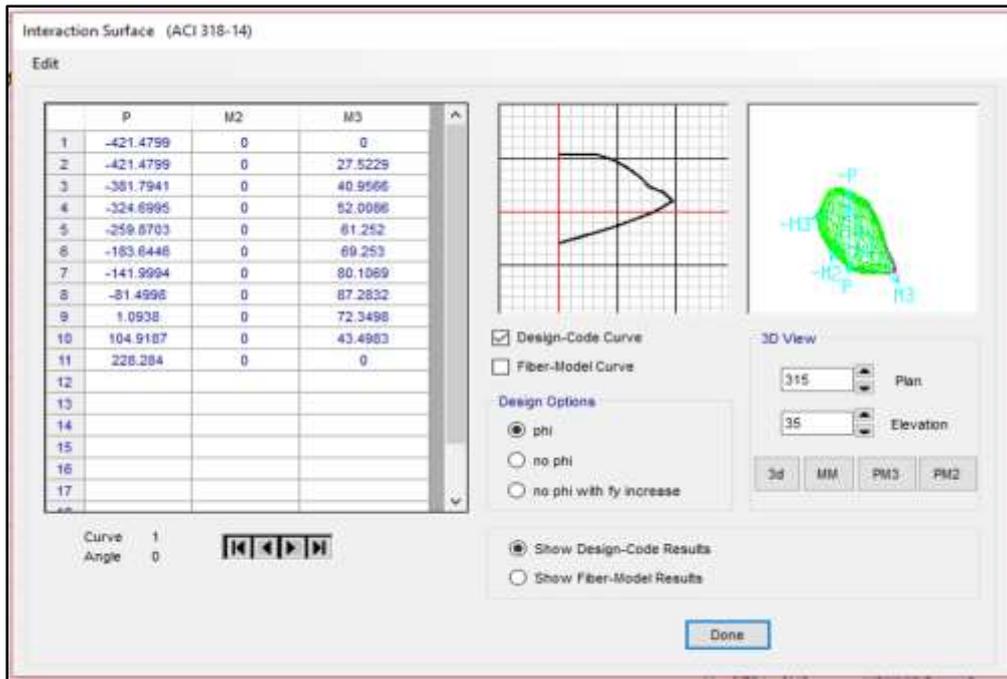


Figura 31. Pesos y momentos exportados del Etabs al SAP 2000.

Fuente. SAP 2000.

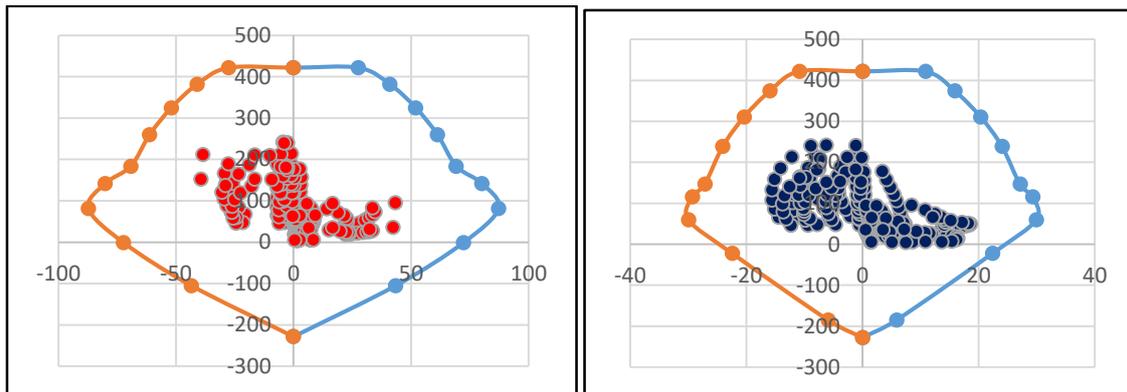
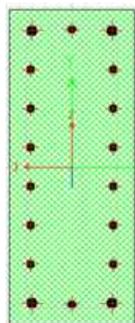


Figura 32. Puntos Mu y Pu de los diagramas de iteración para cada dirección.

Fuente. Microsoft Excel 2013.

Del diseño por flexocompresión anterior obtenemos que las columnas serán:



=> 18  $\Phi$  3/4" con 2 estribos y 6 ganchos de  $\Phi$  3/8" 1 @ 0.05, 10 @ 0.10 y Rto @ 0.20

### 3.5.4.2 Efectos de esbeltez

La norma permite ignorar los efectos de esbeltez en estructuras sin desplazamiento lateral si se satisface que:

$$\frac{Klu}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right); \left[ 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) \right] \leq 40$$

Donde:

M1 = Menor momento de diseño en uno de los extremos de la columna, positivo si el elemento está flexionado en curvatura simple y negativo si hay doble curvatura.

M2 = Mayor momento de diseño en uno de los extremos de la columna, siempre positivo.

k = Factor de longitud efectiva. La Norma E.060 indica que para estructuras sin

desplazamiento lateral se puede asumir =1 conservadoramente.

lu = Longitud sin arriostrar en la columna.

r = Radio de giro de la sección transversal.

Verificando en ambas direcciones, y considerando el radio de giro  $r$  igual a  $0.3h$ ,  $lu$  como la altura de entrepiso 265 cm y  $k = 1$ ; tenemos:

Para la dirección X-X:  $k lu / rx = 1 \times 265 / (0.3 \times 70) = 12.61$

Para la dirección Y-Y:  $k lu / ry = 1 \times 265 / (0.3 \times 25) = 35.33$

Se verifica que en ambas direcciones el valor de  $klu/r$  es menor que 40, por lo tanto, no se tomarán en cuenta los efectos de la esbeltez para esta columna.

### 3.5.4.3 Diseño por corte

La fuerza cortante última de diseño es  $V_u = 51.3$  tn, fue obtenido considerando las capacidades en los nudos de las columnas para la combinación más desfavorable.

La norma establece la siguiente expresión para estimar el aporte del concreto a la resistencia en elementos sometidos a compresión

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'c} \left( 1 + \frac{Nu}{140 Ag} \right) bw d$$

Donde  $N_u$  es la carga axial en kg y positiva por ser de compresión. Al igual que las vigas, las columnas llevan estribos que sirven como refuerzo por corte.

$$V_c = 0.53\sqrt{280} \left(1 + \frac{130000}{140 \times 30 \times 70}\right) \times 30 \times 64$$

$$V_c = 24.55 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 20.87 \text{ ton}$$

La resistencia requerida para el acero y el espaciamiento necesario se calcula mediante:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c; \quad s = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

Observamos que  $V_u > \phi V_c$ . Considerando estribos triples de  $\phi 3/8''$  tenemos 6 ramas en cada espaciamiento,  $A_v = 6A_b = 6 \times 0.71 = 4.26 \text{ cm}^2$ . Calculando la resistencia y el espaciamiento requeridos para el refuerzo, tenemos:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{51.3}{0.85} - 24.55 = 35.8 \text{ ton}$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{4.26 \times 4200 \times 64}{35.8 \times 1000} = 32 \text{ cm}$$

Por fuerza cortante se requiere 32cm de espaciamiento. Considerando lo dispuesto por la Norma E060, la zona de confinamiento debe ser como mínimo el mayor entre:

- ✓  $L_n/6 = 235/6 = 40 \text{ cm}$
- ✓ La mayor dimensión: 70cm
- ✓ 50 cm

El espaciamiento dentro de esta zona de confinamiento no será mayor que el menor valor de:

- ✓ 8 db (longitudinal 1'') =  $8 \times 1 \times 2.54 = 20.32 \text{ cm}$
- ✓ La mitad de la menor dimensión:  $30/2 = 15.00 \text{ cm}$
- ✓ 10 cm

Fuera de la zona de confinamiento, el espaciamiento no será mayor que:

- ✓ El requerido por  $V_u$ : 32 cm
- ✓  $d/2 = 64/2 = 32$
- ✓ 48db (estribos de  $\phi 3/8''$ ) =  $48 \times 3/8 \times 2.54 = 45.52 \text{ cm}$
- ✓ La menor dimensión: 30 cm
- ✓ 30cm

En el nudo, el espaciamiento no será mayor que:

$$\checkmark S_{\text{máx}} = Avfy / 0.2vf'cbw = (4.26 \times 4200) / (0.2 \times v280 \times 70) = 75$$

$$\checkmark S_{\text{máx}} = Avfy / 3.5bw = (4.26 \times 4200) / (3.5 \times 70) = 73$$

$$\checkmark 15 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$$

### 3.5.5 Diseño de Muros Estructurales

Según las Normas E.060, para la gran dimensión que presentan los muros de corte, especifica cuantías mínimas de refuerzo para evitar fisuración:

$$\rho_h \geq 0.002 \quad \rho_v \geq 0.0015$$

Esto siempre y cuando no se necesite cuantías mayores por corte, con un espaciamiento no mayor a tres veces el espesor del muro.

#### 3.5.5.1 Diseño por flexión y carga axial

Se desarrolló el diseño del muro de corte del eje 3, dicha placa nace de la cimentación y su sección crítica se encuentra en la base del primer piso. Por combinaciones de carga Pu y Mu obtenemos los siguientes resultados:

Cuadro 39. Combinaciones de carga Pu y Mu para la placa de diseño

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	M3
				tonf	tonf-m
TECHO 1	ME4	Comb1	Top	248.1105	-13.2636
TECHO 1	ME4	Comb1	Bottom	256.5791	-2.9436
TECHO 1	ME4	Comb2 Max	Top	129.622	256.457
TECHO 1	ME4	Comb2 Max	Bottom	137.1832	506.1799
TECHO 1	ME4	Comb2 Min	Top	301.952	-279.1816
TECHO 1	ME4	Comb2 Min	Bottom	309.5133	-511.4818
TECHO 1	ME4	Comb3 Max	Top	-69.8575	79.9121
TECHO 1	ME4	Comb3 Max	Bottom	-62.2963	249.5777
TECHO 1	ME4	Comb3 Min	Top	501.4315	-102.6367
TECHO 1	ME4	Comb3 Min	Bottom	508.9927	-254.8797
TECHO 1	ME4	Comb4 Max	Top	49.9145	261.252
TECHO 1	ME4	Comb4 Max	Bottom	55.3585	506.8458
TECHO 1	ME4	Comb4 Min	Top	222.2445	-274.3866
TECHO 1	ME4	Comb4 Min	Bottom	227.6886	-510.8159
TECHO 1	ME4	Comb5 Max	Top	-149.565	84.7071
TECHO 1	ME4	Comb5 Max	Bottom	-144.1209	250.2436
TECHO 1	ME4	Comb5 Min	Top	421.724	-97.8417
TECHO 1	ME4	Comb5 Min	Bottom	427.1681	-254.2138
TECHO 1	ME1	Comb1	Top	186.2404	-2.2512
TECHO 1	ME1	Comb1	Bottom	193.8176	17.3248
TECHO 1	ME1	Comb2 Max	Top	62.5295	198.0914
TECHO 1	ME1	Comb2 Max	Bottom	69.2948	344.0909

TECHO 1	ME1	Comb2 Min	Top	261.3738	-201.9788
TECHO 1	ME1	Comb2 Min	Bottom	268.1391	-314.1195
TECHO 1	ME1	Comb3 Max	Top	67.3843	47.5348
TECHO 1	ME1	Comb3 Max	Bottom	74.1496	169.6294
TECHO 1	ME1	Comb3 Min	Top	256.519	-51.4222
TECHO 1	ME1	Comb3 Min	Bottom	263.2843	-139.6579
TECHO 1	ME1	Comb4 Max	Top	2.6193	198.8583
TECHO 1	ME1	Comb4 Max	Bottom	7.4903	338.2725
TECHO 1	ME1	Comb4 Min	Top	201.4636	-201.212
TECHO 1	ME1	Comb4 Min	Bottom	206.3346	-319.9379
TECHO 1	ME1	Comb5 Max	Top	7.4741	48.3017
TECHO 1	ME1	Comb5 Max	Bottom	12.3451	163.8109
TECHO 1	ME1	Comb5 Min	Top	196.6088	-50.6554
TECHO 1	ME1	Comb5 Min	Bottom	201.4798	-145.4763

Fuente. Etabs 2016.

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi f_y (0.9L)} = \frac{50800000}{0.9 \times 4200 \times 0.9 \times 380} = 39 \text{ cm}^2$$

Se consideró núcleos confinados de 25x70cm en los extremos, con 12 barras de  $\phi 3/4''$  en cada núcleo. Adicionalmente en el resto de la sección se consideró 2 barras de  $1/2''$  separadas cada 10 cm.

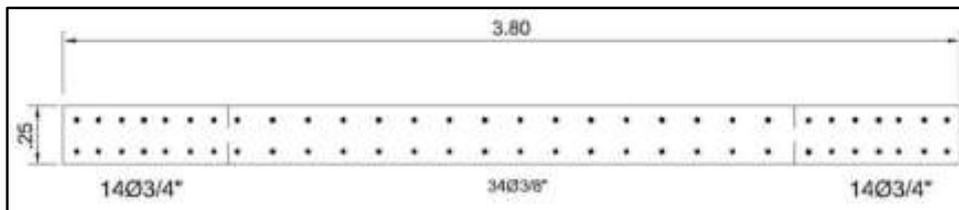


Figura 33. Armado por flexión y carga axial para la placa de estudio

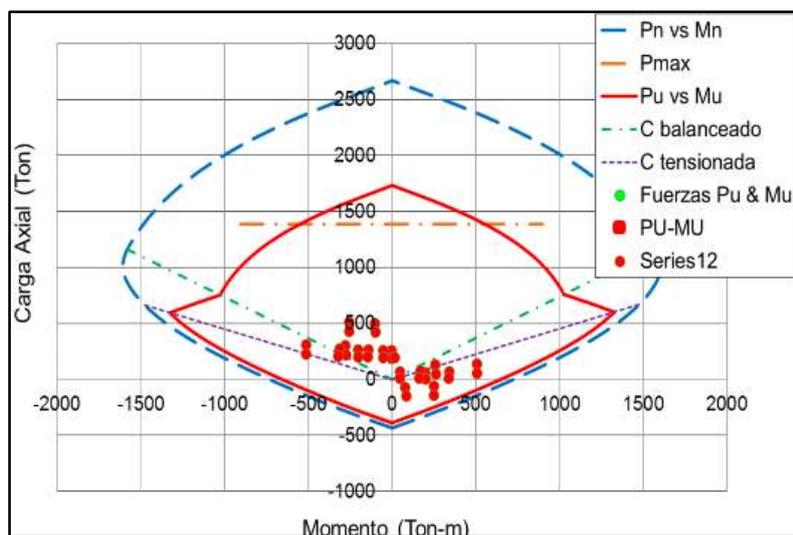


Figura 34. Puntos Mu y Pu de los diagramas de iteración para ambas direcciones.

Fuente. Microsoft Excel 2013

Tenemos aproximadamente 39.9 cm<sup>2</sup> de acero en cada extremo, cercanos a los 39 cm<sup>2</sup> estimados con la ecuación aproximada. Efectuando los diagramas de iteración tenemos que el refuerzo asumido cumple con los requerimientos para la dirección XX con un margen aceptable.

### 3.5.5.2 Diseño por corte

Para la combinación “1.25(CM+CV)-CSX” obtenemos = 66.86ton. La capacidad asociada a la carga Pu=137 ton es Mn<sub>x-x</sub> =917.12 ton-m. Hallando la fuerza cortante de diseño tenemos:

$$V_{u\text{diseño}} = V_u \left( \frac{M_n}{M_u} \right) = 94.91 \times \left( \frac{865}{256.457} \right) = 310 \text{ ton} \quad \left( \frac{859}{256.457} \right) = 3.35 < R$$

Para el esfuerzo cortante, la resistencia requerida para el acero es:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{335.71}{0.85} - 0 = 394.12 \text{ Tn}$$

Verificando el límite dispuesto para:

$$V_n = V_c + V_s = 0 + 394.12 = 394.12 \text{ Tn}$$

$$V_{n\text{max}} = 2.6 \times \sqrt{f'c} \times t \times d = 2.6 \times \sqrt{280} \times 25 \times (0.8 \times 380) = 330 \text{ ton}$$

Se cumple con el límite. Calculando la cuantía del refuerzo horizontal:

$$\rho_h = \frac{V_s}{f_y \times t \times d} = \frac{394000}{4200 \times 25 \times 0.8 \times 380} = 1.23\% \quad \rho_{v\text{min}} = 0.0025$$

$$A_s = \rho_b h = 1.23\% \times 25 \times 100 = 30.75 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

El refuerzo se redistribuirá en ambas caras, teniendo 15.375 cm<sup>2</sup>/m.

Calculando la separación necesaria para barras de  $\phi 1/2$ ”

$$s = \frac{A_b}{A_s} = \frac{1.27}{15.375} = 8.26 \text{ cm}$$

$$s_{\text{max}} = 3t = 3 \times 25 = 75 \text{ cm} \quad \text{y} \quad s_{\text{max}} = 40 \text{ cm}$$

El espaciamiento calculado cumple con los máximos establecidos, por lo que el refuerzo horizontal será 2 barras de 1/2” separadas cada 8.5 cm. Para la cuantía del refuerzo vertical, tenemos:

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{H}{L} \right) (\rho_h - 0.0025) \approx 0; \rho_{vmin} = 0.0025$$

Obteniendo así una cuantía vertical de orden de 1.26%, muy superior al mínimo de 1.07%. El diseño final de la placa será:

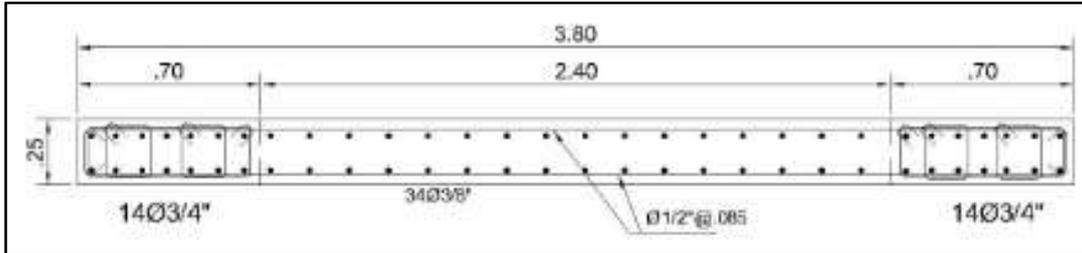


Figura 35. Armado final para la placa de estudio

### 3.5.6 Disipadores de Energía Shear Link Bozzo

#### 3.5.6.1 Selección de los dispositivos de protección sísmica SLB

El disipador Shear-Link propuesto está basado inicialmente en el arriostramiento excéntrico de pórticos ya que la forma global es una sección en I bien rigidizada como muestra la ilustración 72. Esta sección en I permite potencialmente una disipación de energía óptima en toda el alma. Sin embargo, el sistema no está basado en formas estándar o especialmente soldadas. El dispositivo se obtiene por fresado a partir de una platina plana. Este proceso de fabricación propuesto por Cahís (1998) permite áreas disipativas muy delgadas sin soldar. Por otra parte, como en las diagonales excéntricas, la disipación de energía es muy estable siempre que se evite la abolladura del alma.

Otra característica importante del disipador SL es que presenta un modo doble de trabajo. Inicialmente la energía es disipada principalmente en el alma por las tensiones uniformes de cortante en un “modo de cortante”. Después de la degradación del alma los rigidizadores continúan disipando energía en un modo de flexión. La deformada cambia significativamente entre estos modos de una lineal a otra curvada. La importancia de esta característica es que proporciona un sistema robusto que continúa disipando energía incluso después de que el alma se degrada. Aunque en el diseño de la conexión se cuenta sólo con el primer modo de trabajo, el segundo proporciona un factor de seguridad adicional.

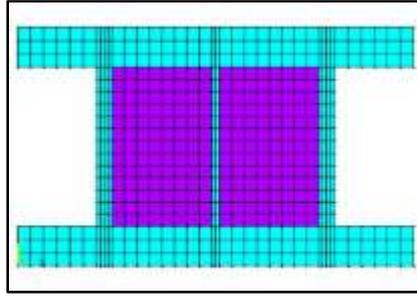


Figura 36. Geometría del dispositivo Disip1SL30\_2.

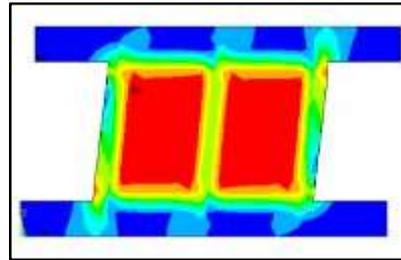


Figura 37. Tensiones de Von Mises para un desplazamiento impuesto de 20mm del dispositivo Disip1SL30\_2.

### 3.5.6.2 Predimensionamiento de los dispositivos de protección sísmica

Inicialmente se definirá los dispositivos disipadores como elementos tipo frame rectangulares de dimensiones 30cm x 2cm para así obtener la cortante inicial para un prediseño.

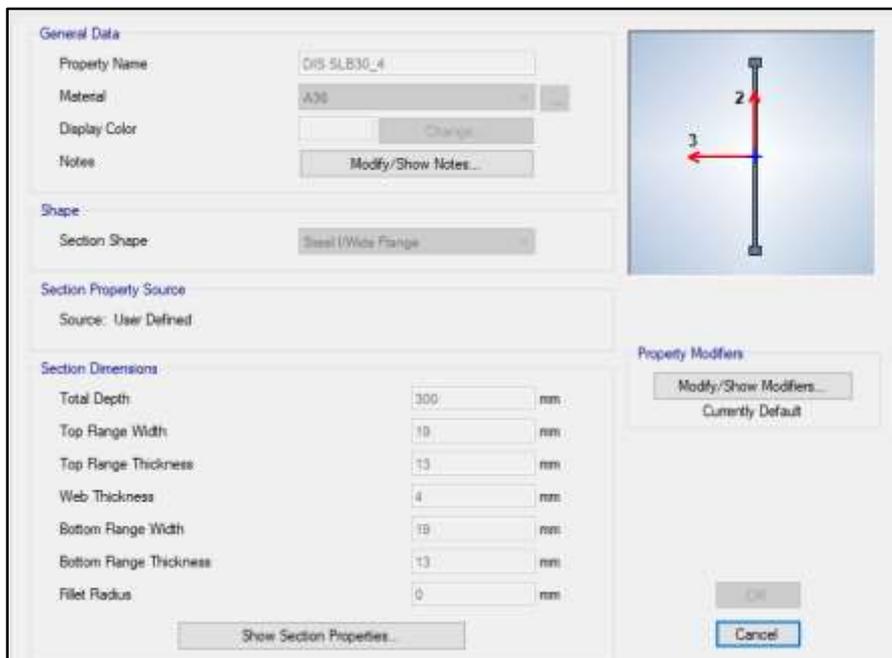


Figura 38. Modelado de disipador mediante elementos frame con geometría rectangular y propiedades de acero estructural tipo A36 (ETAPA INICIAL).

Fuente. Etabs 2016.

Se asignan los disipadores en ambos extremos del panel de concreto. Es importante liberar el extremo del disipador para no tomar fuerza axial.

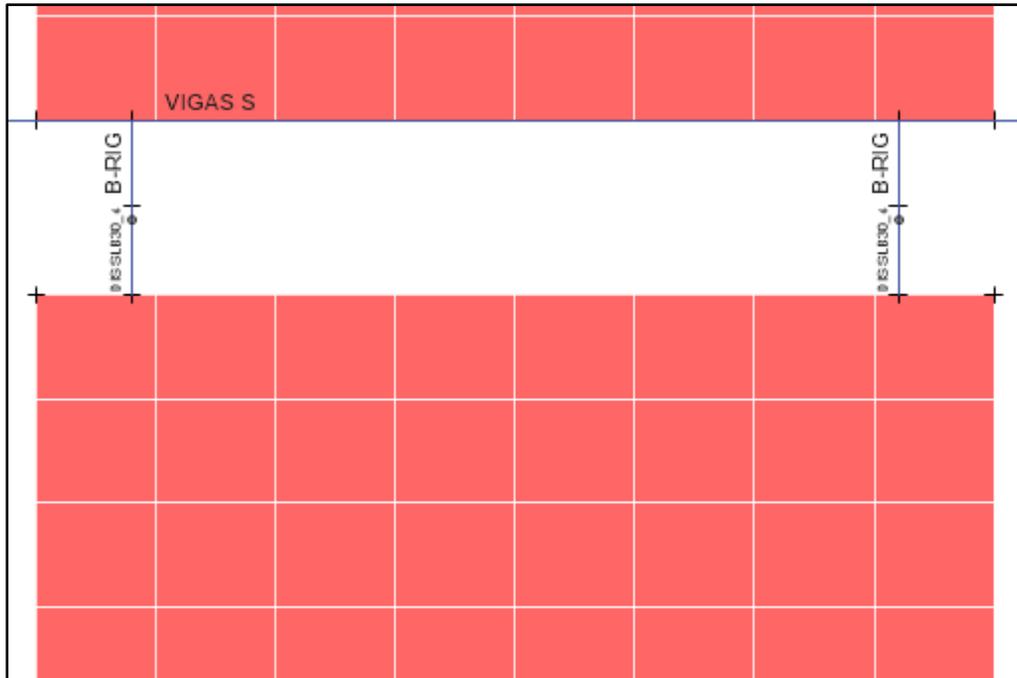


Figura 39. Panel disipativo de concreto + disipador sísmico (modelado tipo “frame”) para prediseño.

Fuente. Etabs 2016.

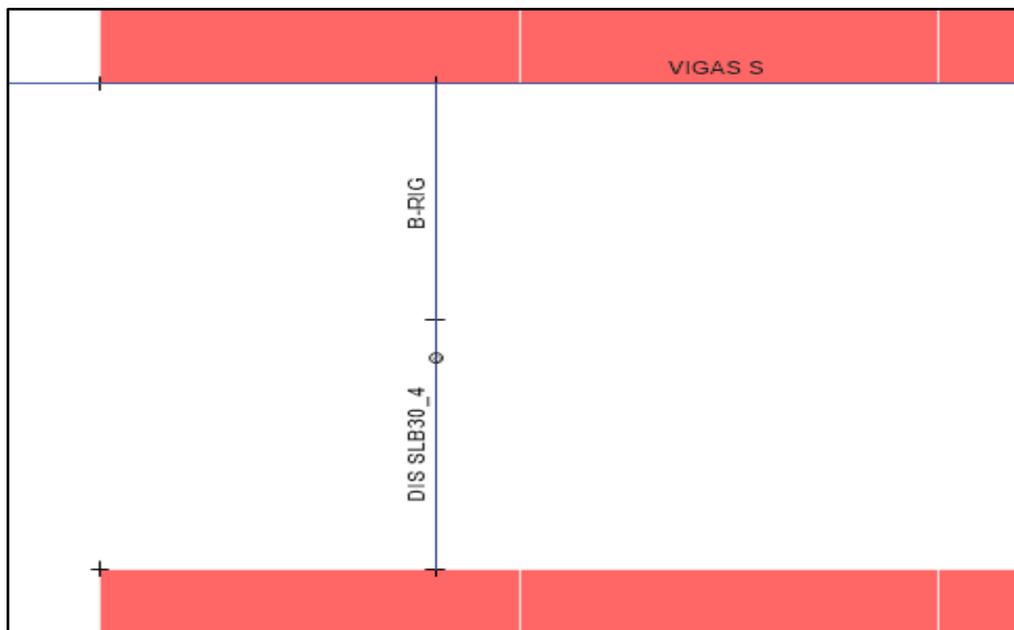


Figura 40. Detalle del dispositivo con la rótula para liberar la fuerza axial y el respectivo brazo rígido desde el centro de la Viga Secundaria.

Fuente. Etabs 2016.

Se deberá confirmar que los elementos modelados como “disipador” se encuentren definidos en el plano del muro por lo que se recomienda extraer la vista para visualizar gráficamente y confirmar la orientación de sus ejes locales.

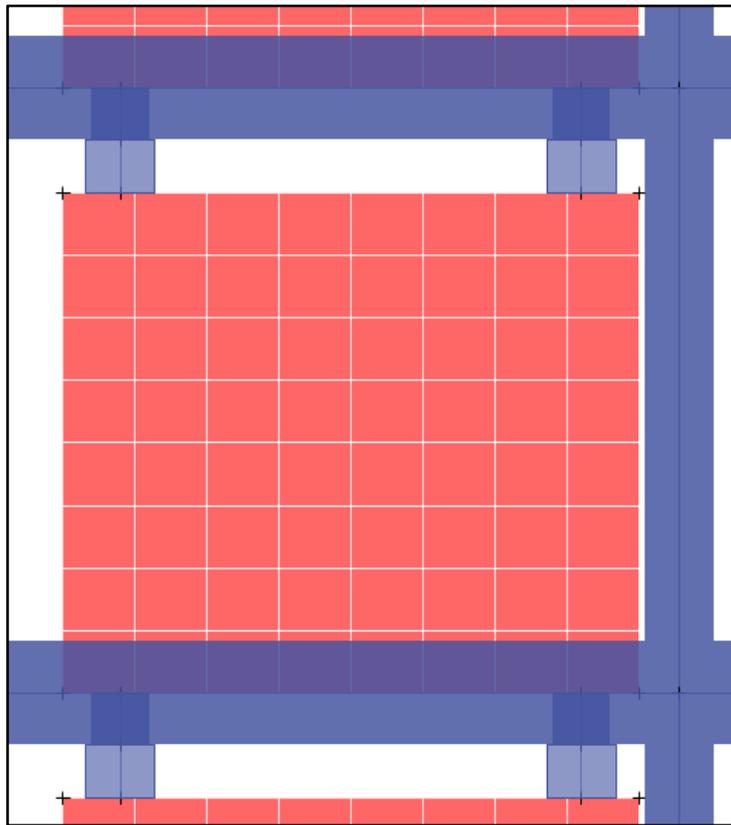


Figura 41. Confirmación de orientación de la placa disipativa.

Fuente. Etabs 2016.

Se procede a determinar los cortantes en el dispositivo del primer piso para su predimensionamiento utilizando la tabla (Hurtado et al 2008).

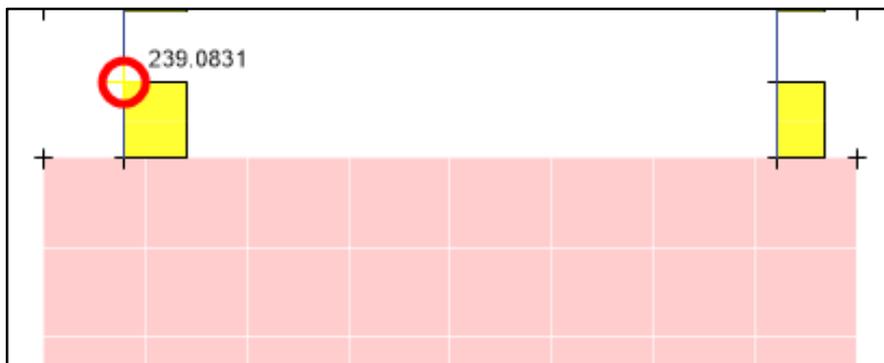


Figura 42. Cortante en dispositivos de segundo nivel.

Fuente. Etabs 2016.

Selección del dispositivo Shear Link Bozzo (SLB) de acuerdo a su demanda cortante ( $F_y$ - Fuerza de plastificación)

Table 2. The most relevant design parameters for the devices

Device	$n$	$K_L$ (DN/cm)	$K_D$ (DN/cm)	$d_p$ (mm)	$L$ (DN)	$D_s$ (mm)	$F_y$ (DN)	$F_{max}$ (DN)	$D_s$ (mm)	$E_d$ (DN/cm)
SL5-2	2	546.1	14.4	0.250	13.65	0.463	25.27	47.32	39.93	54
SL5-3	3	663.5	13.4	0.321	21.30	0.549	36.40	56.59	80.87	69
SL5-4	4	763.8	11.8	0.357	27.27	0.628	47.96	65.26	159.83	84
SL5-5	5	834.3	8.8	0.357	29.78	0.716	59.76	72.93	249.81	97
SL10-2	2	1 273.8	22.1	0.250	31.85	0.437	55.68	89.56	29.81	109
SL10-3	3	1 644.4	21.6	0.277	45.55	0.491	80.67	113.62	67.10	146
SL10-4	4	1 979.1	20.1	0.304	60.16	0.540	106.88	136.91	119.35	182
SL10-5	5	2 216.7	17.4	0.331	73.26	0.600	133.00	159.27	186.43	216
SL15-2	2	2 283.9	22.4	0.250	57.15	0.567	129.60	163.04	20.29	216
SL15-3	3	2 929.6	23.3	0.268	78.51	0.565	165.55	200.32	45.66	271
SL15-4	4	3 493.5	22.9	0.286	99.91	0.573	200.20	236.30	81.18	323
SL15-5	5	3 856.1	22.3	0.321	123.78	0.618	238.33	271.48	126.85	377
SL20-2	2	2 971.2	24.1	0.250	74.28	0.536	159.18	195.36	15.96	262
SL20-3	3	3 980.0	24.9	0.268	106.66	0.527	209.68	247.72	35.92	339
SL20-4	4	4 719.3	25.8	0.286	134.97	0.553	261.00	298.88	63.85	414
SL20-5	5	5 262.7	24.0	0.321	168.93	0.596	313.46	349.12	99.77	489
SL25-2	2	3 660.6	24.3	0.250	91.31	0.514	188.18	234.74	14.44	305
SL25-3	3	4 859.0	25.2	0.268	130.22	0.534	254.52	292.09	32.50	404
SL25-4	4	5 921.3	24.7	0.286	169.35	0.544	321.82	358.05	57.79	501
SL25-5	5	6 613.5	24.5	0.321	212.29	0.588	389.20	433.17	90.30	597
SL30-2	2	4 353.6	24.5	0.250	108.84	0.497	216.56	253.78	13.75	348
SL30-3	3	5 791.0	25.5	0.268	153.20	0.513	297.22	336.02	30.93	468
SL30-4	4	7 129.9	25.4	0.286	203.91	0.531	378.48	416.81	54.99	587
SL30-5	5	7 981.8	25.2	0.321	256.21	0.575	459.17	496.73	85.92	704
SL40-2	2	5 820.4	30.9	0.250	145.31	0.490	285.12	331.02	14.02	455
SL40-3	3	7 778.5	32.0	0.268	208.46	0.507	394.44	442.74	31.55	619
SL40-4	4	9 621.2	33.1	0.286	275.17	0.523	503.33	553.98	66.90	781
SL40-5	5	10 777.4	31.8	0.321	345.95	0.570	614.29	662.15	104.53	941
SL50-2	2	7 223.6	32.9	0.250	180.59	0.473	342.00	391.08	13.40	542
SL50-3	3	9 703.1	35.9	0.268	260.04	0.495	480.00	533.58	30.16	749
SL50-4	4	12 109.3	32.7	0.286	346.33	0.514	622.22	671.76	53.62	954
SL50-5	5	13 566.7	31.0	0.321	435.49	0.563	764.00	810.65	83.79	1160

Figura 43. Valores característicos de los dispositivos tipo Shear Link Bozzo SLB (Hurtado et al 2008)

A continuación, se muestra los dispositivos seleccionados.

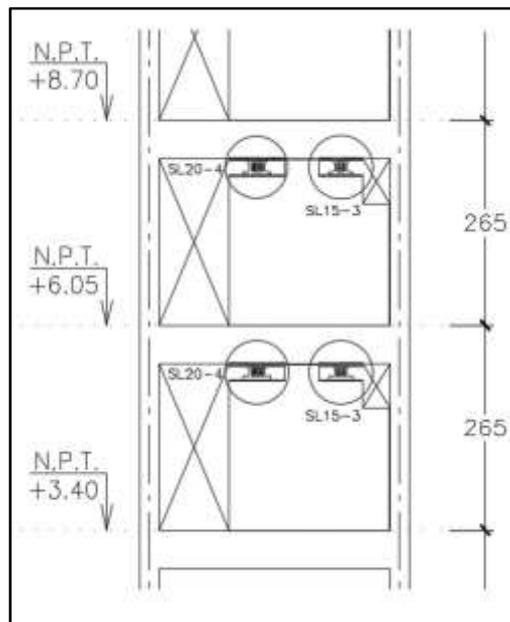


Figura 44. Dispositivos de protección SL20-4; SL15-3.

### 3.5.6.3 Definición de las características no lineales de los disipadores SLB

#### 3.5.6.3.1 Asignación de parámetros de disipadores

Se asigna la respuesta no lineal de las conexiones SLB utilizando el modelo plástico de Wen por medio de elementos no lineales tipo link. NOTA. Se deberá liberar la fuerza axial en estos elementos.

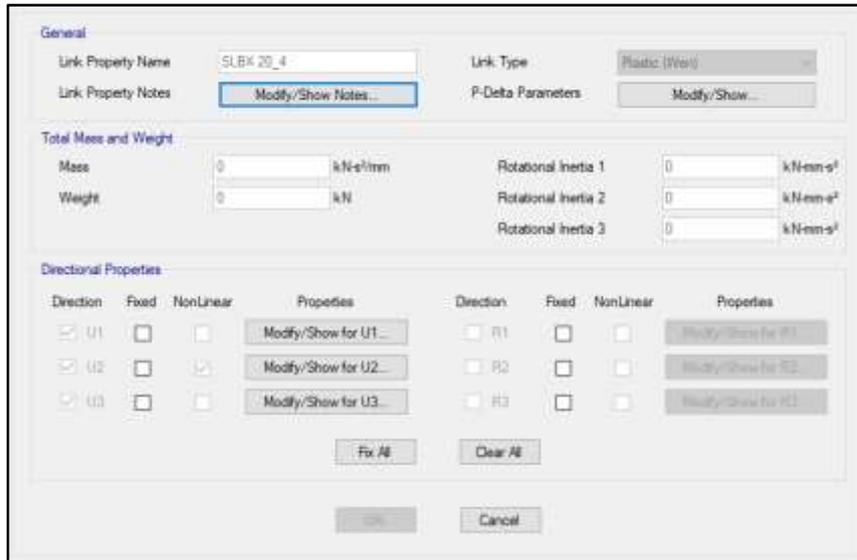


Figura 45. Asignación de propiedades no lineales a elementos “link” (disipador SL)

Fuente. Etabs 2016.

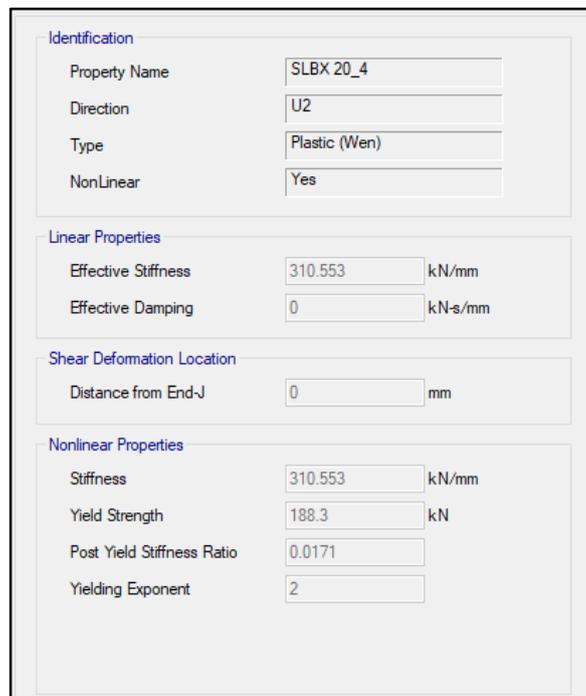


Figura 46. Asignación los parámetros de diseño del disipador.

Fuente. Etabs 2016.

### 3.5.6.4 Análisis Dinámico Tiempo Historia

Para verificar el desempeño de los disipadores, se emplearon los registros de Huaraz (31 de mayo de 1970) y se aplicó el escalamiento y acople espectral, empleando el software seísmo match:

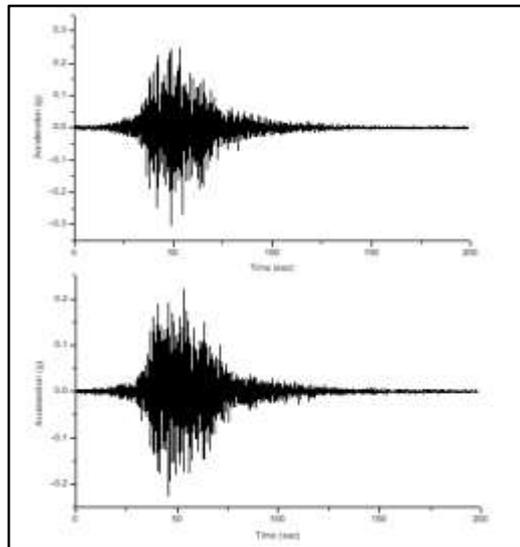


Figura 47. Espectro escalado sismo match Moquegua EW y NS (31 de mayo de 1970) ACELEROGRAMA.

Fuente. Etabs 2016.

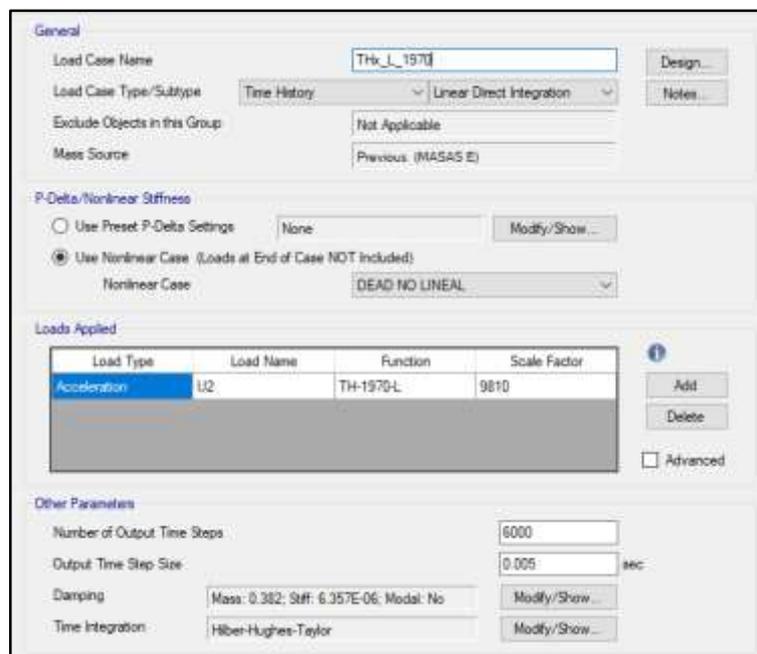


Figura 48. Ingreso de la señal de sismo escalado en el programa y su respectiva configuración en su primera fase de comportamiento lineal.

Fuente. Etabs 2016.

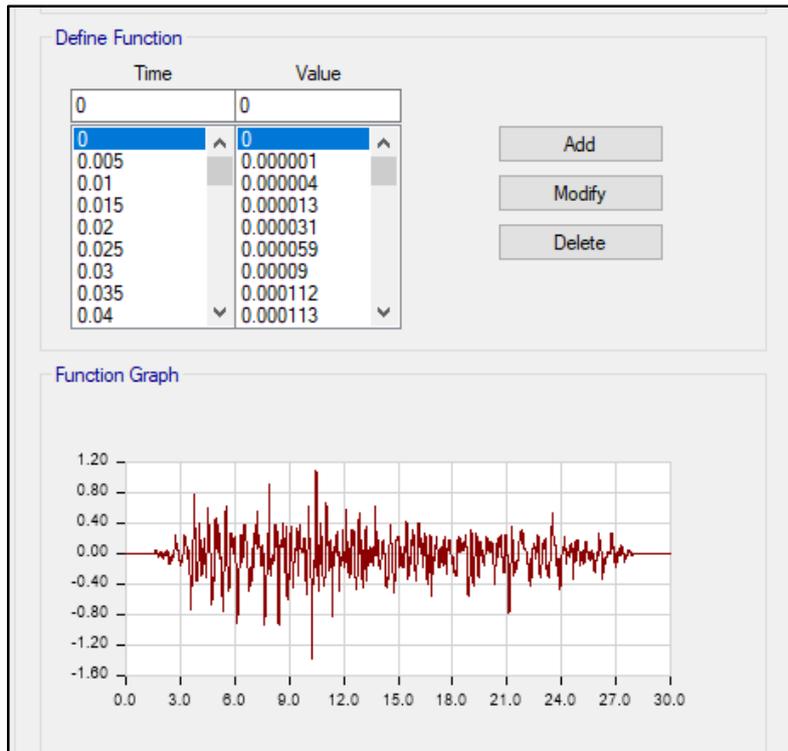


Figura 49. Vista de la señal en el programa.

Fuente. Etabs 2016.

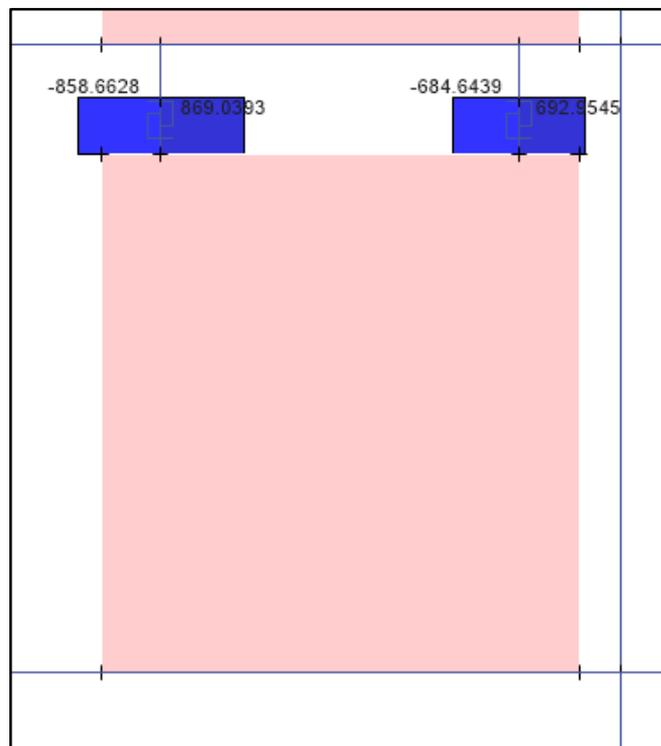


Figura 50. Fuerza cortante en los dispositivos SLBX 15\_4 y SLBX 15\_2 luego del análisis Tiempo Historia Lineal. Eje 2, entre G y B.

Fuente. Etabs 2016.

Mediante un factor de reducción denominado  $F=12$  se divide la fuerza cortante para elegir el dissipador definitivo para el análisis Tiempo Historia No Lineal.

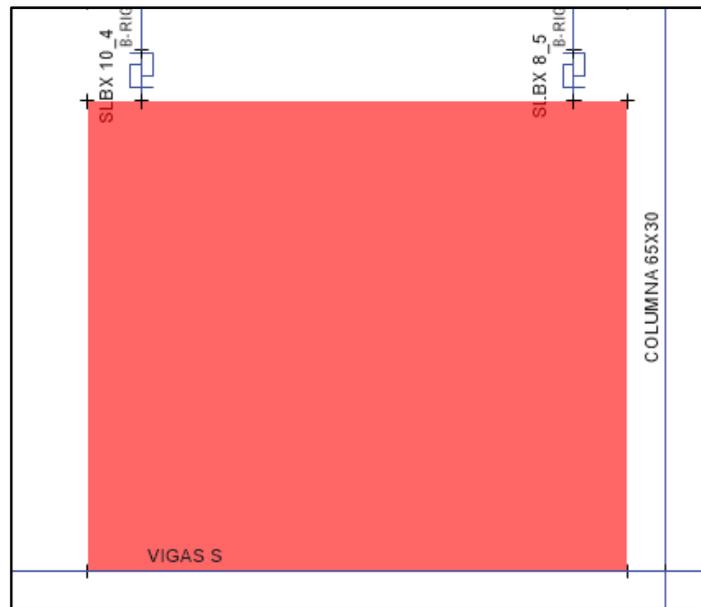


Figura 51. Dispositivos luego del análisis Tiempo Historia Lineal. Eje 2, entre G y B.  
Fuente. Etabs 2016.

General

Load Case Name: THx\_NL\_1970 [Design...]

Load Case Type/Subtype: Time History / Nonlinear Direct Integration [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: DEAD NO LINEAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	TH-1970-L	9.81

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: None

Number of Output Time Steps: 6000

Output Time Step Size: 0.005 sec

Damping: Mass: 0.382; Stiff: 6.357E-06; Modal: No [Modify/Show...]

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Figura 52. Ingreso de la señal de sismo escalado en el programa y su respectiva configuración en su primera fase de comportamiento No Lineal.

Fuente. Etabs 2016.

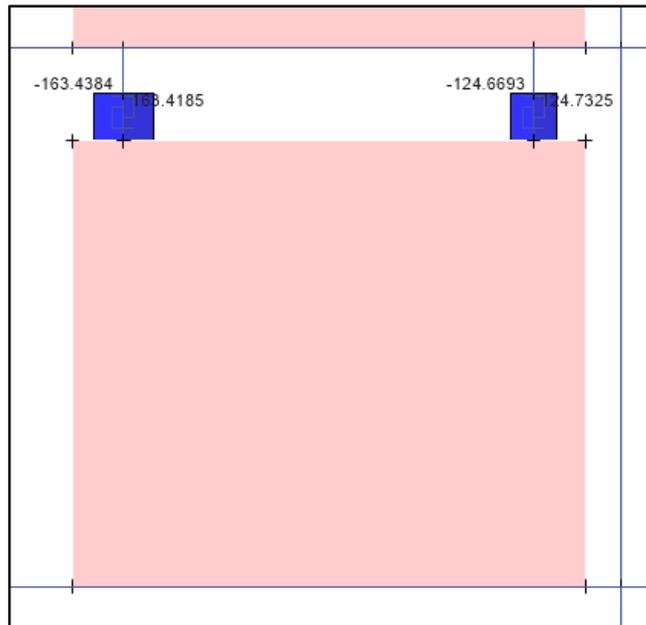


Figura 53. Fuerza cortante en los dispositivos SLBx 10\_4 y SLBx 8\_5.  
Fuente. Etabs 2016.

### 3.5.7 Diseño de Cimentación

El tipo de cimentación optado para el presente proyecto es la platea de cimentación.

#### 3.5.7.1 Comportamiento e idealización de la platea

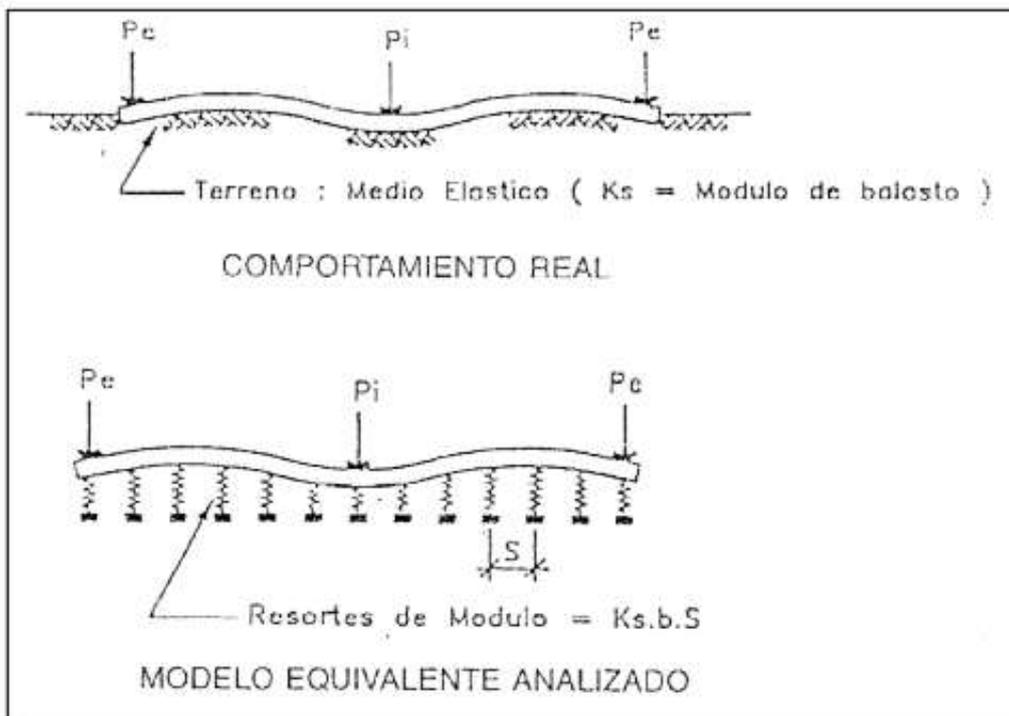


Figura 54. Comportamiento de la platea e idealización del suelo

Para el análisis de la cimentación de uso el programa SAFE, el cual empleo el método de elementos finitos para la obtención de las presiones actuantes en el terreno y los esfuerzos internos en la platea de cimentación, tomando en cuenta las tracciones del suelo.

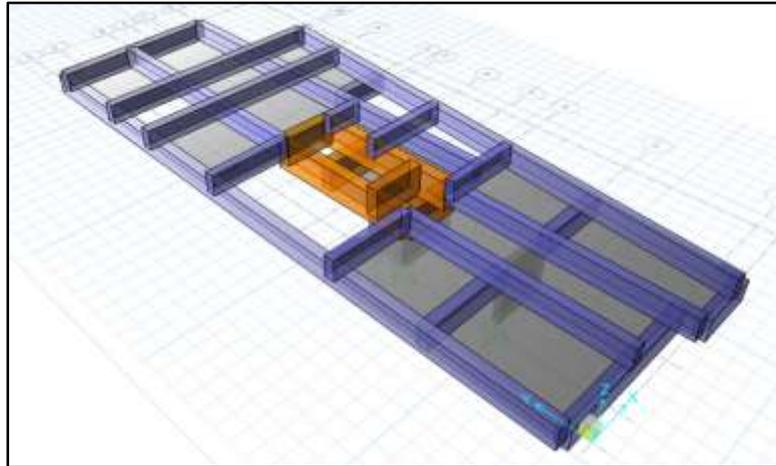


Figura 65. Modelo estructural de la platea de cimentación  
Fuente. SAFE 2016.

### 3.5.7.2 Esfuerzo cortante en el suelo

Según la Norma E.060, la presión admisible solo puede incrementar en 30% aplicando para casos de carga que incluyen efectos sísmicos. Las combinaciones de cargas a verificar las presiones actuantes sobre el terreno son:

$$CM + CV$$

$$CM + CV \pm 0.8 CSx$$

$$CM + CV \pm 0.8 CSy$$

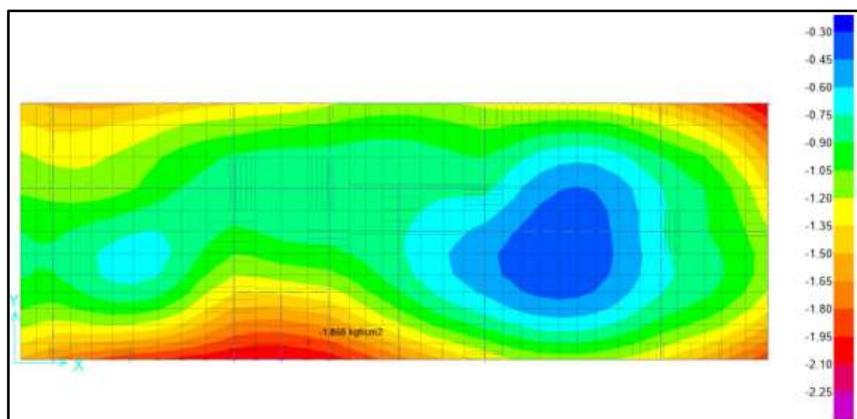


Figura 56. Presiones en el suelo debido a cargas de gravedad (CM + CV)  
Fuente. SAFE 2016.

### 3.5.7.3 Diseño por flexión y cortante en la platea

Se tomaron las mismas consideraciones de diseño que para la losa maciza, ya que la platea de cimentación también es una losa de concreto que trabaja en dos direcciones.

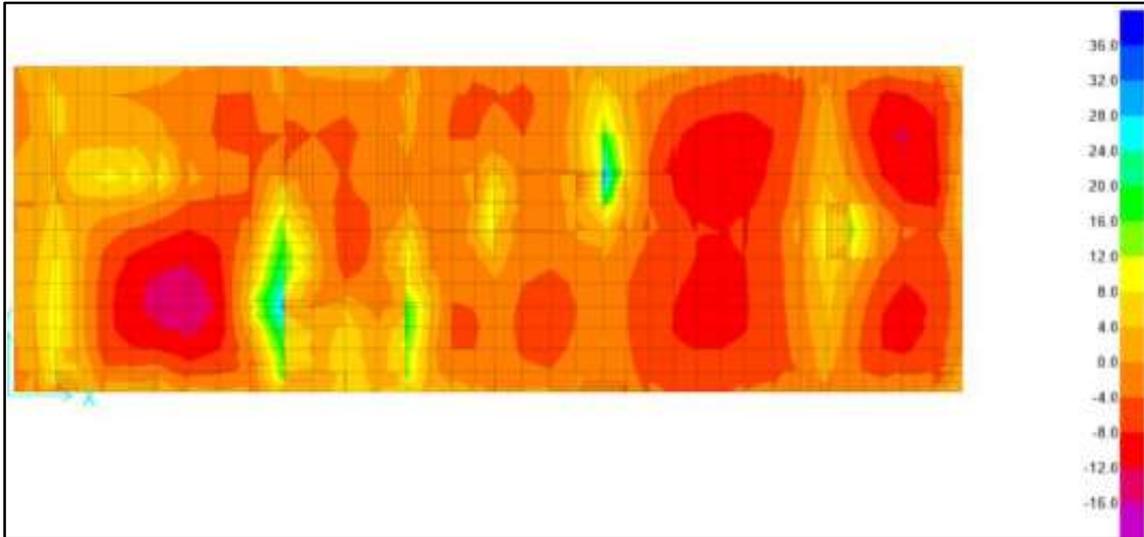


Figura 57. Distribución de M. F. en la dirección X debido a cargas de gravedad  
Fuente. SAFE 2016.

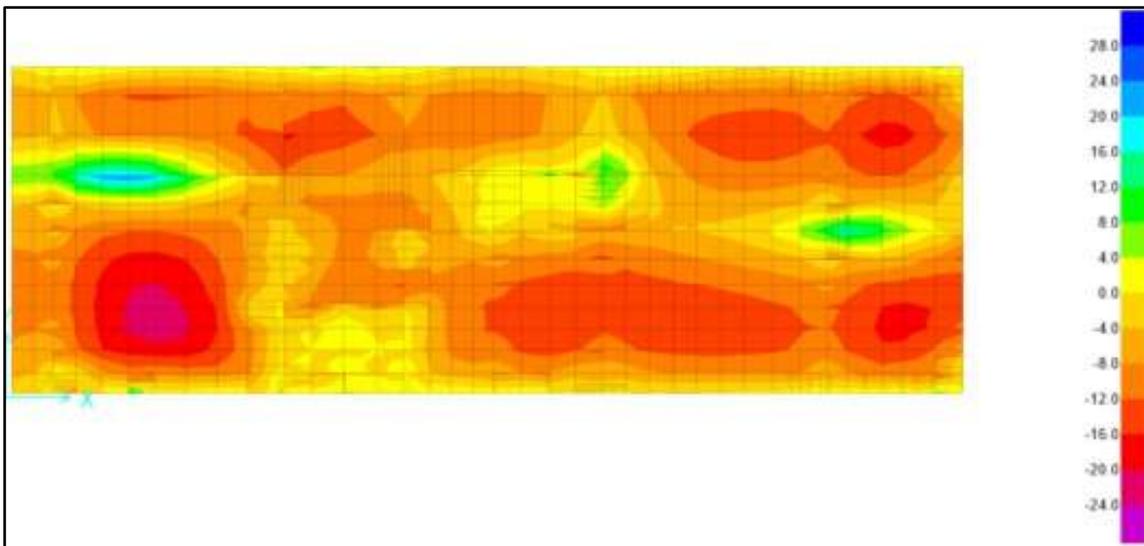


Figura 58. Distribución de M. F. en la dirección Y debido a cargas de gravedad  
Fuente. SAFE 2016.

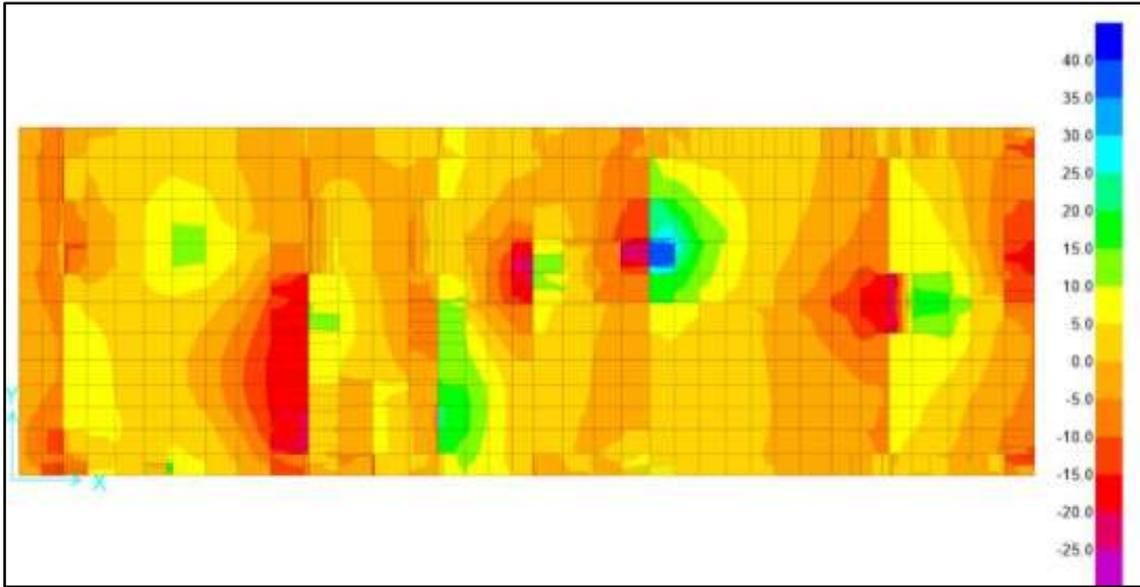


Figura 59. Distribución de F. C. en la dirección X debido a cargas de gravedad.

Fuente. SAFE 2016.

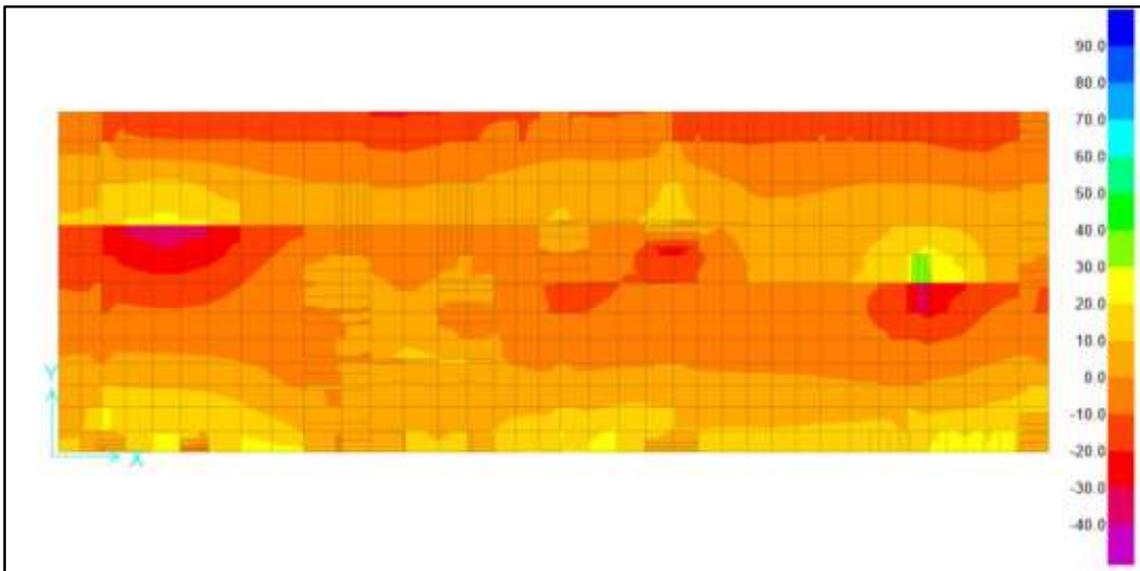


Figura 60. Distribución de F. C. en la dirección Y debido a cargas de gravedad.

Fuente. SAFE 2016.

## IV. DISCUSIÓN

En la investigación de López y Plasencia (2017) “Diseño estructural del edificio multifamiliar las flores del golf de 9 niveles empleando disipadores de energía “shear link bozzo””, comprobó la seguridad del disipador SLB, en la cual el empleo de estos sistemas de protección comprobó en el análisis sismorresistente el cumplimiento de los parámetros especificados en la Norma E.030. A la cual puedo añadir que la inclusión de disipadores Sheark Link Bozzo permite disminuir los daños propensos ante un sismo; en comparación a una edificación desprovista de cualquier sistema de protección.

En la tesis de Corpus y Morales (2015) “Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el distrito de Víctor Larco herrera aplicando ETABS 2013”, evaluó qué sistema estructural es más favorable, comparando un sistema de reforzamiento con muros estructurales con uno con disipadores de fluido viscoso, modelando tanto estática como dinámicamente y determinando su comportamiento ante un sismo. Luego del estudio, se concluyó que el sistema de muros estructurales requiere reestructuración y reparación, caso contrario del sistema de disipación de fluido viscoso, que solo necesitará una nueva calibración por parte de la compañía contratada. Es por ello que en mi presente trabajo de investigación opte por el uso de algún sistema de protección, eligiendo los disipadores Sheark Link Bozzo, por ser más económicos y porque su creador es un ingeniero peruano, el Ing. Luis Bozzo.

En la Investigación de Cano y Zumaeta (2012) “Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo”, seleccionó una edificación de 3 pisos con 232 m<sup>2</sup> de área techada por piso, dando una deriva de 9%, la cual superaba el límite consentido por la norma NTE E-030 (7%). Luego optó por la utilización de un sistema de amortiguamiento fluido-viscoso y viscoelásticos para cumplir satisfactoriamente con el límite mencionado anteriormente. Los resultados obtenidos con el sistema de amortiguamiento fluido-viscoso lograron la reducción de la deriva a menos de 5.8% e incrementar en un 25% el amortiguamiento con el sistema de amortiguamiento viscoelástico.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ El estudio topográfico se efectuó con estación total al terreno de 416 m<sup>2</sup> de área, consignado para el edificio de disipadores de energía de 8 niveles, con una pendiente menor al 1%, sin relieves pronunciadas importantes, observándose que el terreno es relativamente plano.
- ✓ El diseño arquitectónico del edificio de 8 niveles con disipadores de energía, se realizó, cumpliendo los requisitos de dimensiones mínimas de los ambientes destinados para vivienda (edificio multifamiliar), mencionadas en la norma técnica peruana A.010 Condiciones generales de diseño y en la A.020 Vivienda. cimentación de 1.50 m
- ✓ Se efectuó el EMS en el laboratorio de suelos de la UCV, realizando 3 calicatas de acuerdo al área del terreno (416 m<sup>2</sup>) a una profundidad de 3 m cada una, obteniendo como clasificación del suelo SUCS, una arena mal graduada, con una capacidad portante de 1.28 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de cimentación de 1.50 m.
- ✓ El análisis sismorresistente del edificio de 8 niveles con disipadores de energía se realizó con el software Etabs, el cual nos permitió minimizar el tiempo de creación del modelo con una aproximación en lo que es el comportamiento real de la estructura con disipadores. El análisis final consistió en el Tiempo Historia conjuntamente con los disipadores SLB, el cual nos dio como resultados que los valores obtenidos del desplazamiento en el eje “X” y eje “Y” se encuentran en el rango permisible según la Norma E.03, tanto para el análisis estático como el dinámico.
- ✓ La realización del diseño estructural de los elementos de concreto armado del edificio fue realizado mediante los softwares Etabs, SAFE y SAP, los cuales brindaron las cuantías de acero de manera rápida; contemplando los requerimientos mínimos establecidos por nuestras normas y combinaciones de cargas correspondientes y para la elección de disipadores, se optó por los Shear Link, los cuales están basados inicialmente en el arriostramiento

excéntrico de pórticos lo que permite potencialmente una disipación de energía óptima en toda el alma, asegurando de esta manera la funcionalidad y continuidad del edificio.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, para futuro proyectos, los resultados obtenidos de los para la etapa tanto de análisis como de diseño, sean examinados y comparados con la teoría de análisis y diseño estructural, para que de esta manera se pueda asumir con responsabilidad los cálculos y valores obtenidos de estos para posteriormente efectuar el diseño estructural de manera que cumplan siempre los requerimientos mínimos establecidos por las normas correspondientes.
- Se recomienda el uso de cualquier disipador de energía para edificios de gran altura, para que esta manera se pueda garantizar más aun la seguridad de estos. Por otra parte, cabe resaltar que los disipadores Sheark Link Bozzo se encuentran con un costo cómodo en el mercado peruano (\$250.00 - \$ 150.00) en comparación con otros sistemas de protección. correspondientes.
- Finalmente se recomienda que los futuros proyectos que cuenten con sistemas de protección, contengan un manual para poder darle mantenimiento cada cierto tiempo que sea necesario y evaluación de estos sistemas de protección.

## REFERENCIAS

- AGUIAR, Roberto. “Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía y reforzamiento clásico aplicado a una estructura de la escuela sucre”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 2012. 12 pp.

Disponible en:

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7999/1/AC-C-ESPE-047662.pdf>

- AGUIAR, Roberto. “Análisis sísmico de edificios”. [en línea] Ecuador. Escuela Politécnica del Ejercito. Abril, 2008. 705 pp. [fecha de consulta: 29 de abril de 2018]

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/279188057\\_Analisis\\_Sismico\\_de\\_Edificios](https://www.researchgate.net/publication/279188057_Analisis_Sismico_de_Edificios)  
ISBN: 978-9978-30-104-3

- BOZA, Zuen y GALÁN, Danny. “Diseño de un edificio aporticado con disipadores en arreglo Chevron”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Pontifica Universidad Católica del Perú. 2013. 76 pp.

Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4518/BOZA\\_ZUEN\\_Y\\_GALAN\\_DANNY\\_DISIPADORES\\_ENERGIA\\_CHEVRON.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4518/BOZA_ZUEN_Y_GALAN_DANNY_DISIPADORES_ENERGIA_CHEVRON.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- BOZZO, Luis y GAXIOLA, Gustavo. El Concepto “Rígido-Flexible-Dúctil” Y Las Conexiones SLB. [En línea] México. Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Acapulco 2015. 20 pp. [Fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]

Disponible en: [http://www.academia.edu/30347209/EL\\_CONCEPTO\\_RIGIDO-FLEXIBLE-DUCTIL\\_Y\\_LAS\\_CONEXIONES\\_SLB](http://www.academia.edu/30347209/EL_CONCEPTO_RIGIDO-FLEXIBLE-DUCTIL_Y_LAS_CONEXIONES_SLB)

- BOZZO, Luis y BARBAT, Alex. Nonlinear response of structures with sliding base isolation. [En línea]. México. Journal of structural control. Acapulco 1995. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2018]

Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/1538523x>

- BOZZO, Luis, LOTI, Dora, LÓPEZ, Francisco. Design criteria for earthquake resistant buildings with energy dissipators. [En línea]. México. Eleventh world conference on earthquake engineering. Acapulco. 1998. [Fecha de consulta: 16 de junio del 2018]

Disponible en: [http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/11\\_1933.PDF](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/11_1933.PDF)

- CANO, Himler y ZUMAETA, Ener. “Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2012. 125 pp.

Disponible en:

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/301565/cano\\_hl-pub-delfos.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/301565/cano_hl-pub-delfos.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- CARRANZA, Marco y CALDERÓN, Luisa. “Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 2015. 178 pp.

Disponible en:

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1141/1/CARRANZA\\_JOHAN\\_REFORZAMIENTO\\_ESTRUCTURA\\_APORTICADA.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1141/1/CARRANZA_JOHAN_REFORZAMIENTO_ESTRUCTURA_APORTICADA.pdf)

- CIFUENTES, Elmer y YON, Alfredo. “El estudio del proceso de diseño en la arquitectura”. Tesis (Bachiller en Arquitectura). Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala. 1982. 113 pp.

Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_0557.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_0557.pdf)

- CORPUS, Jorge y MORALES, Edwin. “Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento con disipadores de fluido viscoso para un edificio en el distrito de Víctor Larco herrera aplicando ETABS 2013”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 2015. 102 pp.

Disponible en:

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/686/1/CORPUS\\_JORGE\\_SISMICO%20COMPARATIVO\\_DUAL.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/686/1/CORPUS_JORGE_SISMICO%20COMPARATIVO_DUAL.pdf)

- DÍAZ, Marco. “Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 2014. 214 pp.

Disponible en:

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/637/1/DIAZ\\_MARCO\\_EVALUACION%20ESTRUCTURAL\\_DISIPADORES.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/637/1/DIAZ_MARCO_EVALUACION%20ESTRUCTURAL_DISIPADORES.pdf)

- ESPINACE, Raúl y SANHUEZA, Carola. Texto guía para la Cátedra de Mecánica de Suelos. [en línea]. Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 2004. 295 pp. [fecha consultada: 2 de mayo de 2018]

Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/130932487/Libro-Mecanica-de-Suelo>

- FUENTES, Juan. “Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2015. 105 pp.

Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6091/FUENTES\\_JUAN\\_ANALISIS\\_SISMICO\\_EDIFICACION\\_DISIPADORES\\_FLUIDO\\_VISCOSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6091/FUENTES_JUAN_ANALISIS_SISMICO_EDIFICACION_DISIPADORES_FLUIDO_VISCOSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- GAXIOLA, Gustavo, GONZALES, Herbert y BOZZO, Luis. Proceso de análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos SLB. [La línea] Perú. Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L. Lima 2016. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2018]

Disponible en: <http://docplayer.es/36855090-Proceso-de-analisis-y-diseno-utilizando-disipadores-sismicos-tipo-slb.html>

- HISTORIA de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 – 1974). (Enero, 1978). [en línea]. Lima: Instituto de Geología y Minería. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018]

Disponible en: [http://apps.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/251/2/C-003-Boletin-Historia\\_sismos\\_mas\\_notables\\_Peru.pdf](http://apps.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/251/2/C-003-Boletin-Historia_sismos_mas_notables_Peru.pdf)

- JIMÉNEZ, Gonzalo. Topografía para Ingenieros Civiles. [en línea] Colombia. Universidad de Quindío. Armenia 2007. 190 pp. [fecha de consulta: 28 de abril de 2018]

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo\\_Jimenez\\_Cleves/publication/256762003\\_TOPOGRAFIA\\_PARA\\_INGENIEROS\\_CIVILES/links/00b7d523bb5a690499000000/TOPOGRAFIA-PARA-INGENIEROS-CIVILES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo_Jimenez_Cleves/publication/256762003_TOPOGRAFIA_PARA_INGENIEROS_CIVILES/links/00b7d523bb5a690499000000/TOPOGRAFIA-PARA-INGENIEROS-CIVILES.pdf)

- LÓPEZ, Stewart y PLASENCIA, Carlos. “Diseño estructural del edificio multifamiliar las flores del golf de 9 niveles empleando disipadores de energía “shear link bozzo””. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 2017. 160 pp.

Disponible en:

<http://cip-trujillo.org/ovcipcdll/uploads/biblioteca/abstract/T0032228.pdf>

- MORALES, Roberto. Diseño en Concreto Armado. [en línea] Perú. 3° Edición por Fondo Editorial ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia). Mayo. 2006. 226 pp. [fecha consultada: 2 de mayo de 2018].

Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/283887100/Diseno-en-Concreto-Armado-ROBERTO-MORALES-MORALES>

- MORALES, Roberto. Deformaciones de las Estructuras. [en línea]. 2013. Revista de la Universidad de Mendoza. [fecha de consulta: 2 de mayo de 2018]

Disponible en [www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/RUM/article/download/107/12](http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/RUM/article/download/107/12)

- NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.020 Cargas. [en línea]. Lima: RNE, 2006. 8 pp. [fecha de consulta: 5 de mayo de 2018].

Disponible en:

[http://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/RNE2006\\_E\\_020.pdf](http://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_020.pdf)

- NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. [en línea]. Lima: RNE, 2016. 30 pp. [fecha de consulta: 5 de mayo de 2018].

Disponible en:

[http://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/DS003-2016\\_E.030.pdf](http://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/DS003-2016_E.030.pdf)

- NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones. [en línea]. Lima: RNE, 2006. 18 pp. [fecha de consulta: 5 de mayo de 2018].

Disponible en:

[http://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/RNE2006\\_E\\_050.pdf](http://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_050.pdf)

- NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.060 Concreto Armado. [en línea]. Lima. RNE, 2009. 201 pp. [fecha de consulta: 5 de mayo de 2018].

Disponible en: <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

- PALAZZO, Gustavo [et al]. Análisis Dinámico no lineal de una estructura de hormigón armado con barras de pandeo restringido. [En línea] Chile. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Concepción. 2005. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2018]

Disponible en:

<http://www.ingenieriasismica.utpl.edu.ec/sites/default/files/publicaciones/UCG-ES-00256.pdf>

- ROMERO, Daniela. licenciado “Diseño de edificaciones con disipadores de energía sísmica de tipo fluido viscoso”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 2013. 146 pp.

Disponible en:

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/91/T%20551.22%20R763%202013.pdf?sequence=1>

- ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. [en línea]. Colombia. 2da. Edición. Fondo editorial Universidad EAFIT. Medellín. 2012. 388 pp. [fecha consultada: 29 de abril del 2018].

Disponible en: <https://es.slideshare.net/juantul/anlisis-y-diseo-ssmico-de-edificios-2daed-roberto-rochel-awad>

- RUIZ, Paul. “Análisis y diseño de edificios con aisladores sísmico de péndulo friccional doble y triple”. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Perú. Pontifica Universidad Católica del Perú. 2017. 122 pp.

Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9330>

- SAN BARTOLOMÉ, Ángel. Análisis de Edificios. [en línea] Perú. 1° Edición por Fondo Editorial de la PUCP (Pontifica Universidad Católica del Perú). Marzo. 1998. 344 pp. [fecha de consulta: 2 de mayo de 2018].

Disponible en: <https://es.slideshare.net/GuillermoFernandoZubieta/analisis-edificios>  
ISBN: 9972-42-112-0

- TAVERA, Hernando. El terremoto de la región sur del Perú del 23 de junio del 2001. [en línea]. Perú. Instituto Geofísico del Perú. Lima 2002. 444 pp. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2018]

Disponible en:

[http://intranet.igp.gob.pe/hernando.tavera/documentos/publicacion/editor/tavera\\_arequi  
pa\\_2001.pdf](http://intranet.igp.gob.pe/hernando.tavera/documentos/publicacion/editor/tavera_arequi<br/>pa_2001.pdf)

- VILLAREAL, Genner. Análisis Estructural. [en línea] Perú, Asamblea Nacional de Rectores. Lima. 2009. 327 pp. [fecha consultada: 1 de mayo de 2018].

Disponible en:

[http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2009/09/ZLibro-Analisis-  
Estructural-GV.pdf](http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2009/09/ZLibro-Analisis-<br/>Estructural-GV.pdf)

# ANEXOS

## ANEXO 1

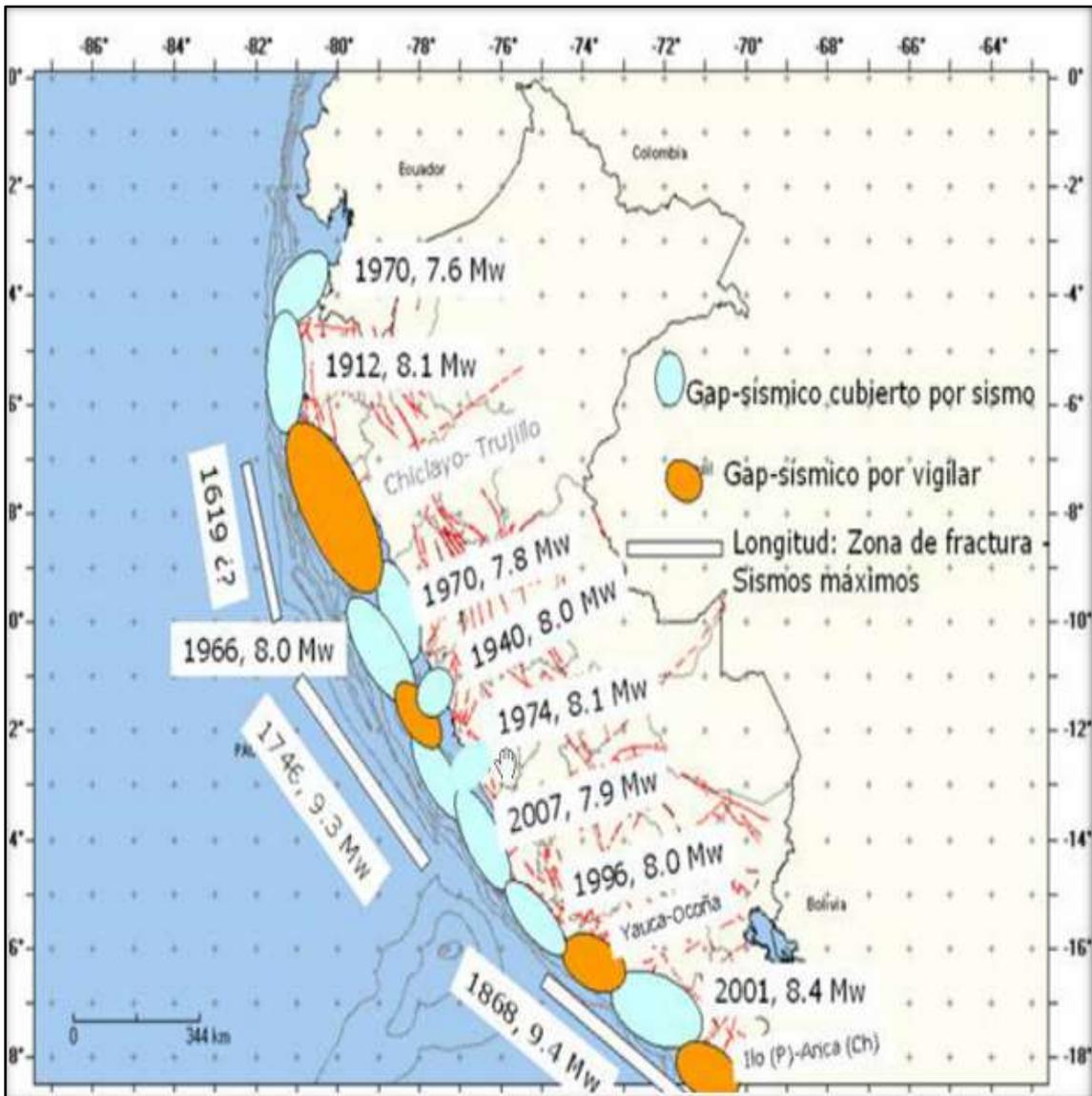


Figura 61. Mapa del registro histórico de sismos en el Perú y las regiones que presentan un gap sísmico

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)

## ANEXO 2



Figura 62. Levantamiento topográfico.

## ANEXO 3



Figura 63. Estudio de mecánica de suelos.

## ANEXO 4

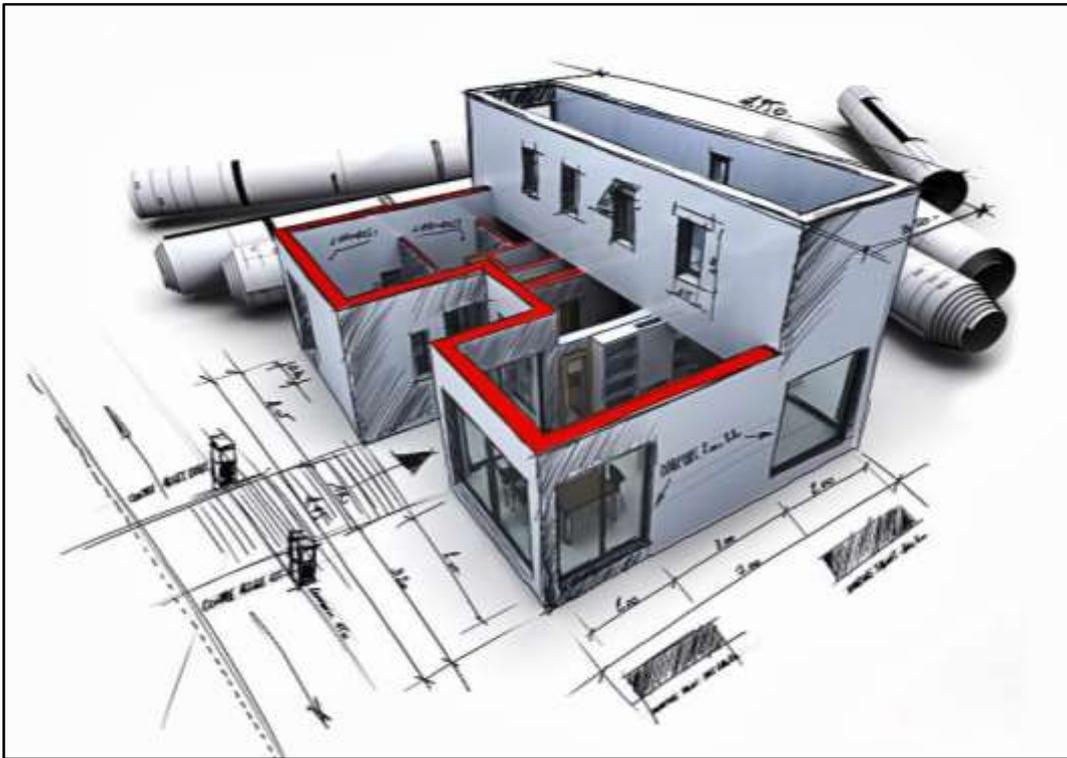


Figura 64. Diseño arquitectónico.

## ANEXO 5



Figura 65. Los sismos generan aceleraciones a las masas de la estructura.

## ANEXO 6

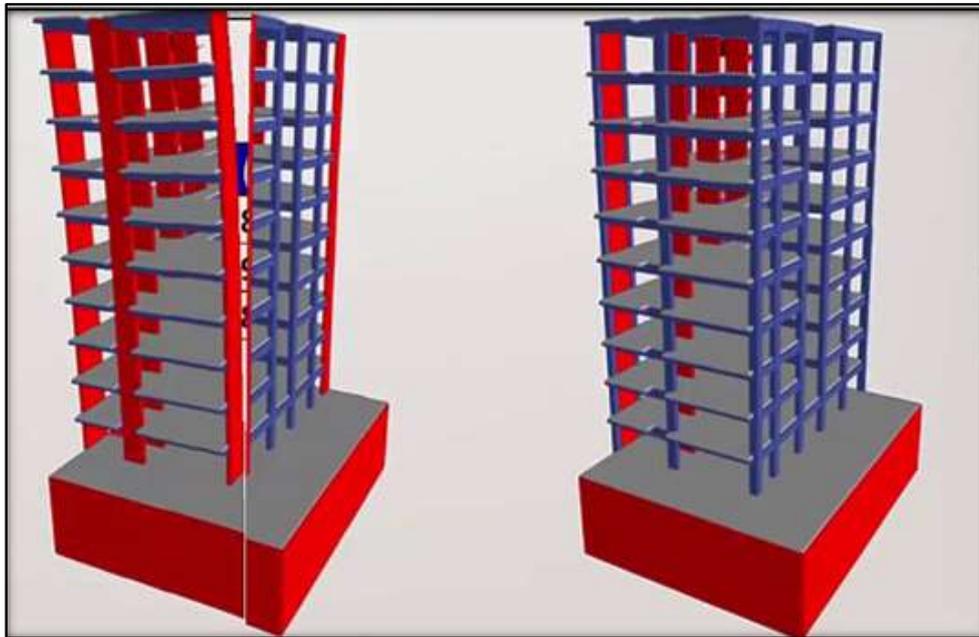


Figura 66. La deformación de un sistema estructural es una variación del estado físico debido a fuerzas internas y/o externas.

## ANEXO 7

Cuadro 1. Datos de catálogos de los fabricantes

MATERIALES	Peso KN/m <sup>3</sup> (kgf/m <sup>3</sup> )
<b>Aislamiento de:</b>	
Corcho	2.0(200)
Fibra de vidrio	3.0(300)
Fibro cemento	6.0(600)
Poliuretano y poliestireno	2.0(200)
<b>Albañilería de:</b>	
Adobe	16.0(1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18.0(1800)
Unidades de arcilla cocida huecas	13.5(1350)
<b>Concreto Simple de:</b>	18.0(1800)
Cascote de ladrillo	23.0(2300)
Grava	16.0(1600)
Pómez	
<b>Concreto Armado</b>	Añadir 1.0(100)al PCS

<b>Enlucido o Revoque de:</b>	
Mortero de cemento	20.0(2000)
Mortero de cal y cemento	18.5(1850)
Mortero de cal	17.0(1700)
Yeso	10.0(1000)
<b>Líquidos</b>	
Aceites	9.3(930)
Ácido Muriático	12.0(1200)
Ácido Nítrico	15.0(1500)
Ácido sulfúrico	18.0(1800)
Agua dulce	10.0(1000)
Agua de mar	10.3(1030)
Alcohol	8.0(800)
Gasolina	6.7(670)
Kerosene	8.7(870)
Petróleo	8.7(870)
Sosa Caustica	17.0(1700)
<b>Maderas:</b>	
Coníferas	7.5(750)
Grupo A*	11.0(1100)
Grupo B*	10.0(1000)
Grupo C*	9.0(900)
*NTE E.101 Agrupamiento de Madera para Uso Estructural	
<b>Mampostería de:</b>	
Bloques de vidrio	10.0(1000)
Caliza	24.0(2400)
Granito	26.0(2600)
Mármol	27.0(2700)
Pómez	12.0(1200)
<b>Materiales almacenados</b>	
Azúcar	7.5(750)
Basuras Domesticas	6.6(660)
Briquetas de carbón de piedra	17.5(1750)
Carbón de piedra	15.5(1550)
Cebada	6.5(650)
Cemento	14.5(1450)
Coke	12.0(1200)
Frutas	6.5(650)
Harinas	7.0(700)
Hielo	9.2(920)

Leña	6.0(600)
Lignito	12.5(1250)
Papas	7.0(700)
Papel	10.0(1000)
Pastos secos	4.0(400)
Sal	10.0(1000)
Trigo, frijoles, pallares, arroz	7.5(750)
Turba	6.0(600)
<b>Materiales amontonados</b>	
Arena húmeda	18.0(1800)
Caliza molida	16.0(1600)
Carburo	9.0(900)
Coke	5.2(520)
Escorias de altos hornos	15.0(1500)
Escorias de carbón	10.0(1000)
Grava y arena secas	16.0(1600)
Nieve fresca	1.0(100)
Piedra pómez	7.0(700)
Tierra seca	16.0(1600)
Tierra saturada	18.0(1800)
<b>Metales</b>	
Acero	78.5(7850)
Aluminio	27.5(2750)
Bronce	85.0(8500)
Cobre	89.0(8900)
Estaño	74.0(7400)
Fundición	72.5(7250)
Hierro dulce	78.0(7800)
Latón	85.0(8500)
Mercurio	136.0(13600)
Níquel	90.0(9000)
Plomo	114.0(11400)
Zinc	69.0(690)
Otros	
Acrílicos	12.0(1200)
Cartón bituminado	6.0(600)
Concreto asfáltico	24.0(2400)
Ladrillo pastelero	16.0(1600)
Losetas	24.0(2400)
Teja artesanal	16.0(1600)
Teja industrial	18.0(1800)
Vidrios	25.0(2500)

<b>Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto Armado</b>		
Con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes		
Espesor del aligerado(m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio Kpa(Kgf/m <sup>2</sup> )
	0.17	0.05
0.20	0.05	2.8(280)
0.25	0.05	3.0(300)
0.3	0.05	3.5(350)
		4.2(420)

Fuente: Norma Técnica E.020

## ANEXO 8

Cuadro 2. Cargas Vivas Mínimas Repartidas

<b>OCUPACIÓN O USO</b>	<b>CARGAS REPARTIDAS Kpa (Kgf/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Almacenaje</b>	5,0(500) Ver 6.4
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que se exceda de 3,0(300)
<b>Bibliotecas</b>	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0(300)
Salas de almacenaje con estantes	
Fijos(no apilables)	7,5(750)
Corredores y escaleras	4,0(400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5(250)
Talleres	3,5(350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0(300)
Corredores y escaleras	4,0(400)
<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3

<b>Hospitales</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0(300)
Cuartos	2,0(200)
Corredores y escaleras	4,0(400)
<b>Hoteles</b>	
Cuartos	2,0(200)
Salas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Almacenaje y servicios	5,0(500)
Corredores y escaleras	4,0(400)
<b>Industria</b>	Ver 6.4
<b>Instituciones Penales</b>	
Celdas y zona de habitación	2,0(200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Corredores y escaleras	4,0(400)
<b>Lugares de Asamblea</b>	
Con asientos fijos	3,0(300)
Con asientos móviles	4,0(400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatro y cines	4,0(400)
Graderías y tribunas	5,0(500)
Corredores y escaleras	5,0(500)
<b>Oficinas (*)</b>	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0(500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0(400)
<b>Teatros</b>	
Vestidores	2,0(200)
Cuarto de proyección	3,0(300) Ver 6.4
Escenario	7.5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Tiendas</b>	5,0(500) Ver 6.4
Corredores y escaleras	5,0(500)
<b>Viviendas</b>	2,0(200)
Corredores y escaleras	2,0(200)

Fuente: Norma Técnica E.020

## ANEXO 9

Cuadro 7. Categoría de Edificaciones según su Uso

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según ki normado por el Ministerio de salud	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A1: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <p style="padding-left: 40px;">Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1</p> <p style="padding-left: 40px;">Puertos, aeropuertos, locales, municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</p> <p style="padding-left: 40px;">Instalaciones de generación y transformación de electricidad</p> <p style="padding-left: 40px;">reservorios y plantas de tratamiento de agua.</p> <p>Todas aquellas edificaciones que puedan ser refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universales.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información del estado.</p>	1,5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros estadios coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas</p> <p>También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles restaurantes, depositos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma Técnica E030

## ANEXO 10

Cuadro 8. Coeficientes básicos de reducción de fuerzas sísmicas.

SISTEMA ESTRUCTURAL	Ro
<b>Acero:</b>	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	6
P. especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	8
P. ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	6
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto armado</b>	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
<b>Muros de ductilidad limitada (MDL)</b>	4
<b>Albañilería armada o confinada</b>	3
<b>Madera (por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: Norma Técnica E030

## ANEXO 11

Cuadro 9. Factor de Irregularidad “Ia” e “Ip”

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	FACTOR “Ia”
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0.75
<p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez</b> Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces</p>	0.5

<p>el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.9
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.9
<p><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0.8
<p><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0.6
<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>FACTOR “Ip”</b>
<p><b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (<math>\Delta_{max}</math>), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{CM}</math>). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 12.</p>	0.75
<p><b>Irregularidad Torsional Extrema</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (<math>\Delta_{CM}</math>), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{CM}</math>). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 12.</p>	0.6
<p><b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0.9
<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 %</p>	0.85

del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0.9

Fuente: Norma Técnica E030

## ANEXO 12

Cuadro 10. Restricciones a la Irregularidad

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN	ZONA	RESTRICCIONES
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Norma Técnica E030

## ANEXO 13

Cuadro 11. Desplazamientos Laterales

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DE ENTREPISO	
MATERIAL PREDOMINANTE	$(\Delta_i/h_{ei})$
CONCRETO ARMADO	0.007
ACERO	0.010
ALBAÑILERÍA	0.005
MADERA	0.010
EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON MDL	0.005

Fuente: Norma Técnica E030

## ANEXO 14

Cuadro 12. Aplicaciones y limitaciones para ensayos de pruebas de carga

APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS								
Ensayos In Situ	Norma Aplicable	Aplicación Recomendada			Aplicación Restringida		Aplicación recomendada	
		Técnica de investigación	Tipo de suelo	Parámetro a obtener	Técnica de investigación	Tipo de suelo(1)	Técnica de investigación	Tipo de Suelo (1)
STP	NTP 339.133(ASTM D1586)	Perforación	SW,SP,SM,SC-SM	N	Perforación	CL,ML,SC,MH,CH	Calicata	Lo restante
DPSH	UNE 103 801:1994	Auscultación	SW,SP,SM,SC-SM	N <sub>20</sub>	Auscultación	CL,ML,SC,MH,CH	Calicata	Lo restante
Cono tipo Peck	UNE 103 801:1994	Auscultación	SW,SP,SM,SC-SM	Cn	Auscultación	CL,ML,SC,MH,CH	Calicata	Lo restante
CPT	NTP 339.148(ASTM D3441)	Auscultación	Todos excepto gravas	qc , f c	Auscultación	----	Calicata	Gravas
DPL	NTP 339.159(DIN4094)	Auscultación	SP	n	Auscultación	SW,SM	Calicata	Lo restante
Veleta de Campo	NTP 339.155(ASTM D2573)	Perforación/Calicata	CL, ML, CH, MH	Cu , St	----	----	----	Lo restante
Prueba de carga	NTP 339.153(ASTM D1194)	-----	Suelos granulares y rocas blandas	Asentamiento vs. Presión	----	----	----	----

Fuente: Norma Técnica E.050

## ANEXO 15



Figura 72. Levantamiento topográfico del terreno con estación total

ANEXO 16



Figura 73. Trabajo de campo para el estudio de mecánica de suelos.

## ANEXO 17

Oficio 1. Estudio de suelos realizado por los laboratorios de la UCV



### UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

---

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

---

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

---

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILÍN, EBER JOSUÉ

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

---

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN			PROPIEDADES MECÁNICAS					
				% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	IG	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	PU (g/cm3)	Qadm. (tn/cm3)
C-1	E-1	CALICATA 1	3.00 m	1.06	1.27	98.73	0.00	NP	NP	NP	SP	A-3	0	-	-	-	-	1.385	1.28
C-2	E-1	CALICATA 2	3.00 m	1.16	4.53	95.47	0.00	NP	NP	NP	SP	A-3	0	-	-	-	-	1.306	1.19
C-3	E-1	CALICATA 3	3.00 m	1.04	4.74	95.26	0.00	NP	NP	NP	SP	A-3	0	-	-	-	-	1.474	1.45



**Ing. José Alindor Boyd Llanos**  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

Fuente. Laboratorios de Suelos de la Universidad César Vallejo



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUE

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1974.51

Peso perdido por lavado : 25.49

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.04%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : NP
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : NP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : NP
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación de la Muestra
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
8	2.360	0.08	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SP
10	2.000	0.43	0.02	0.03	99.97	Clas. AASHTO : A-3 ID: 0
15	1.180	34.62	1.73	1.75	98.24	Descripción de la Muestra
20	0.850	75.71	3.79	5.54	94.46	
30	0.600	89.83	4.49	10.03	89.97	SUCS: Arena mal graduada
40	0.420	85.50	4.28	14.31	85.69	AASHTO: Arena fina / Excelente a buena
50	0.300	789.10	38.46	52.76	47.24	
60	0.250	498.30	24.92	77.68	22.32	Con un 1.27% de finos
80	0.180	258.60	12.93	90.61	9.39	
100	0.150	112.87	5.64	96.25	3.75	Descripción de la Calicata
200	0.074	48.47	2.47	98.73	1.27	
< 200		25.49	1.27	100.00	0.00	C-1 E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 - 3.00 m



D10	: 0.1833
D30	: 0.2654
D60	: 0.3398
Cu	: 1.86
Cc	: 1.13

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



*Ing. José Alindor Boyd Llanos*  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

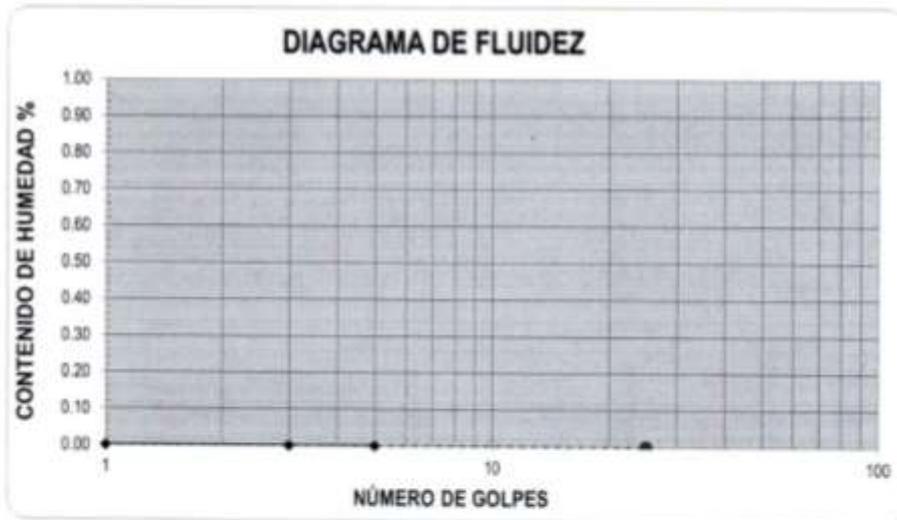
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUÉ

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000; Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



fb/ucv\_peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018  
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUÉ  
**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	8.69	8.05	8.65
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	73.23	81.49	101.18
Peso del tarro + suelo seco (g)	72.54	80.72	100.23
Peso del suelo seco (g)	63.85	72.67	91.58
Peso del agua (g)	0.69	0.77	0.95
% de humedad (%)	1.08	1.06	1.04
% de humedad promedio (%)	1.06		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



fb/ucv\_peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

Fuente. Laboratorios de Suelos de la Universidad César Vallejo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018  
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUCULÁN, EBER JOSUE  
**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

**PESO UNITARIO DEL SUELO**

Frasco Graduado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	113.94	113.94
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	1027.41	1027.41
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	1516.80	1557.13
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1402.86	1443.19
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.365	1.405
Contenido de Humedad (%)	1.06%	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.365	1.405
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.385</b>	

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018
SOLICITANTE : PAREDES CHUCULIN, EBER JOSUE
RESPONSABLE : ING. JOSÉ ALDOR BOYD LLANOS
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : SETIEMBRE DEL 2018

CAPACIDAD DE CARGA

(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)

qu = c Nc Sc + q Nq Sq + (gamma/2) B Ny Sy

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Nc = cot phi (Nq - 1)

Nq = e^(tan^2(phi/4 \* pi + phi/2))

Ny = 2(Nq + 1) tan phi

ASENTAMIENTO INICIAL

Teoría Elástica

S = Cc q B^(1-v^2)/Es

FACTORES DE FORMA (Vesic)

Sc = 1 + B/L \* Nq/Nc

Sq = 1 + B/L \* tan phi

Sy = 1 - 0.4 \* B/L

Table with soil parameters: Peso Unitario del Suelo encima del NNF (gamma = 1.045 ton/m3), Relación de Poisson (nu = 0.25), etc.

Table titled 'CONSIDERANDO FALLA LOCAL POR CORTE' with columns for friction angle, cohesion, and various bearing capacity factors.

Table titled 'CIMENTACIÓN CORRIDA' showing bearing capacity factors for different dimensions and depths.

Se puede considerar como valor único de diseño: qadmisible = 1.28 Kg/cm2, qadmisible = 12.82 t/m2, D = 18.45 tn, S = 0.20 cm

Table titled 'CIMENTACIÓN CUADRADA' showing bearing capacity factors for square foundations.

CARGA ADMISIBLE BRUTA: 18.45 tn

Table titled 'CIMENTACIÓN RECTANGULAR' showing bearing capacity factors for rectangular foundations.

Table titled 'CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO' with columns for soil type, classification, and physical properties.

CAMPUS TRUJILLO, Av. Larco 1770, Tel.: (044) 485 000, Fax: (044) 485 019.

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, Ing. José Aldor Boyd Llano, Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



Facebook and Twitter handles for UCV Peru, website ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018  
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUE  
**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2018

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1909.48  
 Peso perdido por lavado : 90.52

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.16%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : NP
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Plástico : NP
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : NP	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		Clas. SUCS : SP
No4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00		Clas. AASHTO : A-3 IG: 0
8	2.360	0.25	0.01	0.01	99.99	Descripción de la Muestra	
10	2.000	1.23	0.06	0.07	99.93		SUCS: Arena mal graduada
15	1.180	60.68	3.03	3.11	96.89		AASHTO: Arena fina / Escalante a luzera
20	0.850	101.16	5.06	8.17	91.83	Con un 4.53% de finos	
30	0.600	104.33	5.22	13.38	86.62		
40	0.420	646.90	32.35	45.73	54.27		
60	0.300	270.93	13.55	59.27	40.73	Descripción de la Calicata	
80	0.250	386.47	19.32	78.60	21.40		
100	0.150	156.19	7.81	86.41	13.59		
200	0.074	87.43	4.37	90.77	9.23	C-2 E-1 Profundidad : 0.00 - 3.00 m	
< 200		90.52	4.53	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00				



D10	: 0.1570
D50	: 0.2722
D60	: 0.4519
Cu	: 2.88
Cc	: 1.04

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. José Alindor Boyd Llanos  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y R22-17

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

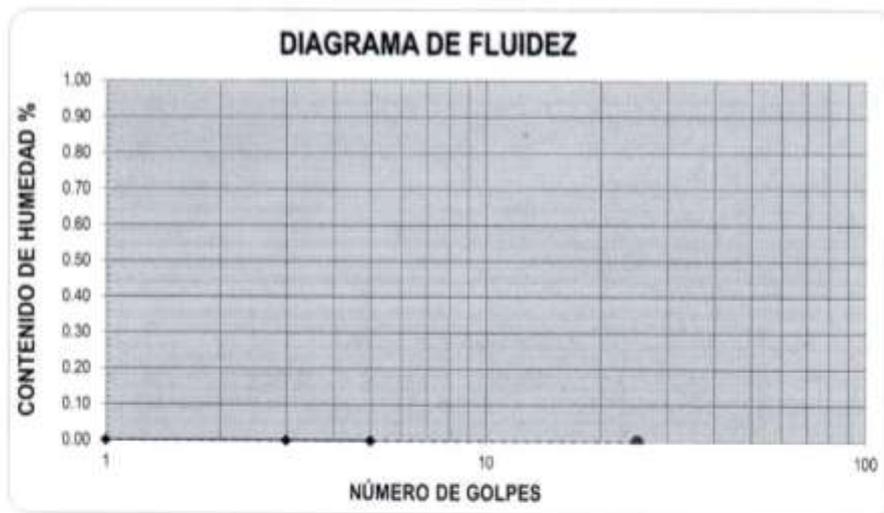
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUCULÍN, EBER JOSUE

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2018

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
Nº de golpes	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.

**UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. José Alindor Boyd Llanos  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018  
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUCULÍN, EBER JOSUE  
**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	8.48	8.79	8.17
Peso del tarro + suelo humedo (g)	89.25	91.26	75.94
Peso del tarro + suelo seco (g)	88.35	90.30	75.16
Peso del suelo seco (g)	79.87	81.51	66.99
Peso del agua (g)	0.90	0.96	0.78
% de humedad (%)	1.13	1.18	1.16
% de humedad promedio (%)	1.16		

CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.

Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.

Fax: (044) 485 019.

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



Fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

Fuente. Laboratorios de Suelos de la Universidad César Vallejo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018  
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUCULÍN, EBER JOSUE  
**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2018

PESO UNITARIO DEL SUELO

Frasco Graduado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	113.94	113.94
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	1027.41	1027.41
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	1555.40	1356.60
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1441.46	1242.66
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.403	1.210
Contenido de Humedad (%)	1.16%	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.403	1.209
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.306	

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.

Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.

Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 3 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA. TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018
SOLICITANTE : PAREDES CHUQUIN, EBER JOSUE
RESPONSABLE : ING. JOSÉ ALDOR BOYD LLANOS
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : SETIEMBRE DEL 2018

CAPACIDAD DE CARGA

(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)

qu = c Nc Sc + q Nq Sq + (gamma/2) B Ny Sy

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Nc = cot phi (Nq - 1)

Nq = e^(-tan phi) tan^2 (1/4 pi + 1/2 phi)

Ny = 2 (Nq + 1) tan phi

ASENTAMIENTO INICIAL

Teoría Elástica

S = Cc q B (1 - nu^2) / Es

FACTORES DE FORMA (Vesic)

Sc = 1 + B Nq / L Nc

Sq = 1 + B tan phi / L

Sy = 1 - 0.4 B / L

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes: Peso Unitario del Suelo encima del NNF (gamma = 0.956 ton/m3), Relación de Poisson (nu = 0.25), Módulo de elasticidad del suelo (Es = 635.00 Kg/cm2), etc.

Table titled 'CONSIDERANDO FALLA LOCAL POR CORTE' with columns: Angulo de fricción phi, C (Kg/cm2), Nc, Nq, Ny (Vesic), Nq/Nc, Tan phi.

Table titled 'CIMENTACION CORRIDA' with columns: B (m), L (m), Sc, Sq, Sy, qu (kg/cm2), qad (kg/cm2), S (cm).

Table titled 'CIMENTACION CUADRADA' with columns: B (m), L (m), Sc, Sq, Sy, qu (kg/cm2), qad (kg/cm2), S (cm).

Table titled 'CIMENTACION RECTANGULAR' with columns: B (m), L (m), Sc, Sq, Sy, qu (kg/cm2), qad (kg/cm2), S (cm).

Se puede considerar como valor único de diseño:

qadmisible = 1.19 Kg/cm2
qadmisible = 11.89 t/m2
Q = 17.13 tn
S = 0.21 cm

CARGA ADMISIBLE BRUTA
17.13 tn

Table titled 'CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO' with columns: SUCS, AASHTO, phi, C (Kg/cm2), P. u. (Tn/m3).

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 700
Fax: (044) 485 015.



Ing. José Aldor Boyd Llanos
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



FB: ucvcv\_peru
@ucvcv\_peru
#saliradelante
ucvcv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUE

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1305.75

Peso perdido por lavado : 694.25

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.94%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L Líquido : SP
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L Plástico : MP
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : MP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SP
8	2.360	0.08	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-3 (G) 0
10	2.000	0.69	0.03	0.04	99.96	Descripción de la Muestra
16	1.180	42.43	2.12	2.16	97.84	
20	0.850	89.37	4.47	6.63	93.37	SUCS: Arena mal graduada
30	0.600	520.98	26.05	32.68	67.32	
40	0.420	325.46	16.27	48.95	51.05	AASHTO: Arena fina / Excelente a buena
60	0.250	647.46	32.37	81.32	18.68	
80	0.180	67.28	3.36	84.68	15.32	Con un 4.74% de finos
100	0.150	31.02	1.55	86.23	13.77	
200	0.074	19.33	0.97	87.20	12.80	Descripción de la Calicata
+ 300		94.81	4.74	91.94	8.06	
Total		2000.00	100.00			C-3 E-1
						Profundidad : 0.00 - 3.00 m



D10	: 0.2371
D30	: 0.3420
D60	: 0.5190
Cu	: 2.16
Cc	: 0.95

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.

**UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 Ing. José Alindor Boyd Llanos  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



Fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

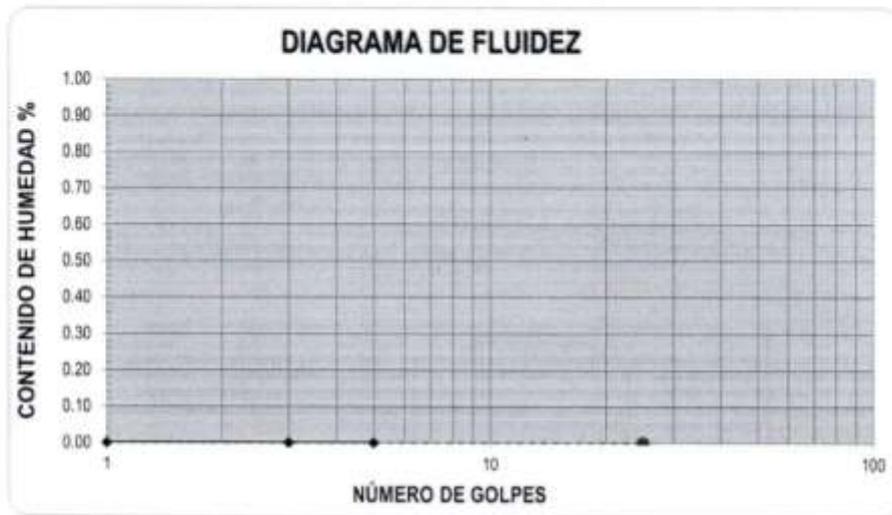
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUCULÍN, EBER JOSUE

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
Descripción		Limite Líquido			Limite Plástico	
		NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes		NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara	(g)					
Peso de tara + suelo húmedo	(g)					
Peso tara + suelo seco	(g)					
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	NP	NP
Limites	%	NP			NP	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.

**UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**  
 Trujillo - Perú

*Ing. José Alindor Boyd Llanos*  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



fb/ucv-peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018

**SOLICITANTE** : PAREDES CHUCULÁN, EBER JOSUE

**RESPONSABLE** : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	8.37	8.09	8.95
Peso del tarro + suelo humedo (g)	90.79	76.22	80.58
Peso del tarro + suelo seco (g)	89.94	75.53	79.84
Peso del suelo seco (g)	81.57	67.44	70.89
Peso del agua (g)	0.85	0.89	0.74
% de humedad (%)	1.04	1.02	1.04
% de humedad promedio (%)	1.04		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



Fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#salradelante  
ucv.edu.pe

Fuente. Laboratorios de Suelos de la Universidad César Vallejo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018  
**SOLICITANTE** : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUE  
**RESPONSABLE** : ING. JOSE ALINDOR BOYD LLANOS  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2018

PESO UNITARIO DEL SUELO

Frasco Graduado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	113.94	113.94
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	1027.41	1027.41
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	1668.30	1588.70
Peso del Suelo Húmedo (gr)	1554.36	1474.76
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.513	1.435
Contenido de Humedad (%)	1.04%	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.513	1.435
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.474</b>	

CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1270.

Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000

Fax: (044) 485 019.

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. José Alindor Boyd Llanos  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 8 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA, TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2018
SOLICITANTE : PAREDES CHUQUILIN, EBER JOSUE
RESPONSABLE : ING. JOSÉ ALINDOR BOYD LLANOS
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2018

CAPACIDAD DE CARGA

(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)

qu = c Nc Sc + q Nq Sq + (gamma B / 2) Ny Sy

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Nc = cot phi (Nq - 1)

Nq = e^(tan^2(1/4 pi + 1/2 phi))

Ny = 2(Nq + 1) tan phi

ASENTAMIENTO INICIAL

Teoría Elástica

S = Cc q B (1 - nu^2) / Es

FACTORES DE FORMA (Vesic)

Sc = 1 + (B / L) Nq / Nc

Sq = 1 + (B / L) tan phi

Sy = 1 - 0.4 (B / L)

Table with soil parameters: Peso Unitario del Suelo encima del NNF (gamma = 1.112 ton/m3), Relación de Poisson (nu = 0.25), etc.

Table titled 'CONSIDERANDO FALLA LOCAL POR CORTE' with columns for friction angle, cohesion, and bearing capacity factors.

Table titled 'CIMENTACION CORRIDA' showing bearing capacity factors for various dimensions.

Table titled 'CIMENTACION CUADRADA' showing bearing capacity factors for various dimensions.

Table titled 'CIMENTACION RECTANGULAR' showing bearing capacity factors for various dimensions.

Se puede considerar como valor unico de diseño:

qadmisoite = 1.45 Kg/cm2
qadmisoite = 14.53 tn/m2
Q = 20.93 tn
S = 0.25 cm

CARGA ADMISIBLE BRUTA
20.93 tn

Table titled 'CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO' with columns for SUCS, AASHTO, and soil strength parameters.

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx. 7000.
Fax: (044) 485 019.



UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Ing. José Alindor Boyd Llanos
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Eléctricas

#saliradelante
ucv.edu.pe