



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo – Laredo.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Perfecto Bernardo, Elibelton Osmer ([orcid.org/0000-0001-8389-9514](https://orcid.org/0000-0001-8389-9514))

Vega Salinas, Glariceldy Mavel ([orcid.org/0000-0002-0699-9738](https://orcid.org/0000-0002-0699-9738))

**ASESOR:**

Mgtr. Noriega Vidal, Eduardo Manuel ([orcid.org/0000-0001-7674-7125](https://orcid.org/0000-0001-7674-7125))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios, y a mis padres Veli Aparicio Vega Vásquez y Manuela Natividad Salinas Gastañadui por brindarme de manera constante la fortaleza de ser perseverante con mis objetivos y a nunca rendirme y así mismo permitirme ser fuente de inspiración para las futuras generaciones. (Glariceldy Mavel Vega Salinas)

A Dios, y a mi padre Perfecto Yupanqui Eli Guillermo, así como también a mi madre Bernardo Reyes Esmelda, y mi hermano Perfecto Bernardo Ector, por brindarme el apoyo incondicional día a día y darme la fortaleza para poder lograr mis objetivos y así mismo permitirme ser el ejemplo para mis hermanos. (Perfecto Bernado Elibelton Osmer)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres y docentes por ser mis guías durante esta etapa de mi formación profesional. (Glariceldy Mavel Vega Salinas).

Mi agradecimiento va dirigido primeramente a Dios y a mis padres por estar conmigo a lo largo de mi formación profesional, y también a mis hermanos. (Perfecto Bernado Elibelton Osmer).



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo – Laredo.", cuyos autores son PERFECTO BERNARDO ELIBELTON OSMER, VEGA SALINAS GLARICELDY MAVEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 17 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL DNI: 43236142 ORCID: 0000-0001-7674-7125	Firmado electrónicamente por: ENORIEGAVI el 17- 11-2023 19:53:04

Código documento Trilce: TRI - 0655650





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, PERFECTO BERNARDO ELIBELTON OSMER, VEGA SALINAS GLARICELDY MAVEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo – Laredo.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
PERFECTO BERNARDO ELIBELTON OSMER : 73756477 ORCID: 0000-0001-8389-9514	Firmado electrónicamente por: EPERFECTO el 02-01- 2024 13:44:08
VEGA SALINAS GLARICELDY MAVEL : 77921200 ORCID: 0000-0002-0699-9738	Firmado electrónicamente por: GVEGASA26 el 02-01- 2024 13:49:58

Código documento Trilce: INV - 1508143

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.5. Procedimientos .....	17
3.6. Método de análisis de datos .....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS .....	19
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIONES.....	27
VII. RECOMENDACIONES .....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Matriz de operacionalización de Variables.</i> .....	1
Tabla 2. <i>Matriz de consistencia.</i> .....	1
Tabla 3. <i>Espesores típicos y luces recomendables.</i> .....	2
Tabla 4. <i>Predimensionamiento de vigas.</i> .....	4
Tabla 5. <i>Pesos por m2 en edificios de concreto armado.</i> .....	4
Tabla 6. <i>Predimensionamiento de columnas.</i> .....	5
Tabla 7. <i>Cargas vivas mínimas requeridas.</i> .....	7
Tabla 8. <i>Parámetros sísmicos según EMS.</i> .....	7
Tabla 9. <i>Peso sísmico.</i> .....	19
Tabla 10. <i>Periodos en estructura con base fija.</i> .....	20
Tabla 11. <i>Irregularidad torsional dirección X.</i> .....	21
Tabla 12. <i>Irregularidad torsional dirección Y.</i> .....	21
Tabla 13. <i>irregularidad por esquinas entrantes.</i> .....	21
Tabla 14. <i>Irregularidad por piso blando en dirección X.</i> .....	22
Tabla 15. <i>Irregularidad por piso blando en dirección Y.</i> .....	22
Tabla 16. <i>Irregularidad de diafragmas.</i> .....	22
Tabla 17. <i>Distribución de fuerzas estáticas en dirección X.</i> .....	23
Tabla 18. <i>Distribución de fuerzas estáticas en dirección Y.</i> .....	24
Tabla 19. <i>Periodos y Pseudo aceleración usada para crear el espectro inelástico de pseudo-aceleración.</i> .....	25
Tabla 20. <i>Cortantes dinámicas en cada entrepiso dirección X.</i> .....	27
Tabla 21. <i>Cortantes dinámicas en cada entrepiso dirección Y.</i> .....	28
Tabla 22. <i>Resultados de cortante estático y dinámico.</i> .....	28
Tabla 23. <i>Factor de corrección para sismo dinámico en dirección X.</i> .....	28
Tabla 24. <i>Factor de corrección para sismo dinámico en dirección Y.</i> .....	29
Tabla 25. <i>Verificación de derivas en dirección X.</i> .....	30
Tabla 26. <i>Verificación de derivas en dirección Y.</i> .....	31
Tabla 27. <i>Propiedades físicas y mecánicas del aislador.</i> .....	36
Tabla 28. <i>Propiedades a la mitad del desplazamiento.</i> .....	41
Tabla 29. <i>Verificaciones del comportamiento del aislador LRB.</i> .....	42
Tabla 30. <i>Verificación de área reducida del aislador.</i> .....	42
Tabla 31. <i>Datos para ingresar a Etabs para un análisis TH lineal o espectro de respuesta.</i> .....	43

Tabla 32. <i>Datos para ingresar a Etabs para un análisis TH no lineal.</i> .....	43
Tabla 33. Balance torsional del sistema aislado.....	46
Tabla 34. <i>Excentricidad natural y accidental.</i> .....	47
Tabla 35. <i>Periodos de análisis espectral con base.</i> .....	50
Tabla 36. <i>Fuerzas cortantes con R=1.</i> .....	52
Tabla 37. <i>Fuerzas cortantes con R=2</i> .....	52
Tabla 38. <i>Desplazamientos máximos con R=2 y R=1</i> .....	52
Tabla 39. <i>Derivas de análisis modal espectral con aisladores.</i> .....	54
Tabla 40. <i>Resultados de fuerzas cortantes de análisis TH (FNA).</i> .....	57
Tabla 41. <i>Desplazamiento relativo en dirección x.</i> .....	57
Tabla 42. <i>Desplazamiento relativo en dirección Y.</i> .....	58
Tabla 43. Resumen comparativo de derivas en dirección-XX.....	59
Tabla 44. Resumen comparativo de derivas en dirección-YY.....	61
Tabla 45. <i>Comparación de aceleraciones en dirección-XX.</i> .....	63
Tabla 46. <i>Comparación de aceleraciones en dirección-YY.</i> .....	64



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Aislador LDRB</i> .....	7
Figura 2. <i>Aislador (LRB)</i> .....	7
Figura 3. <i>Aislador HDRB</i> .....	8
Figura 4. <i>Espectro de respuesta con base fija y con aislada</i> . ....	9
Figura 5. <i>Desplazamientos laterales de una estructura con base fija y aislada</i> . 9	
Figura 6. <i>Sistema de dos grados de libertad en estructuras con aisladores</i> . ...	10
Figura 7. <i>Principios de aislación sísmica</i> .....	10
Figura 8. <i>Modelo bilineal</i> . ....	11
Figura 9. <i>Ejemplo de bucles de un sistema de aislamiento</i> .....	11
Figura 10. <i>Comparación de distorsiones en dirección-XX</i> .....	19
Figura 11. <i>Comparación de distorsiones en dirección-YY</i> .....	19
Figura 12. <i>Cortantes en super estructura, con y sin aisladores de base en la dirección x</i> . ....	20
Figura 13. <i>Cortantes en la super estructura, con y sin aisladores de base en la dirección Y</i> .....	20
Figura 14. <i>Desplazamientos en dirección X, con y sin aisladores de base</i> . ....	21
Figura 15. <i>Desplazamientos en dirección Y, con y sin aisladores de base</i> . ....	22
Figura 16. <i>Propiedades del concreto</i> .....	9
Figura 17. <i>Propiedades del acero de refuerzo</i> .....	10
Figura 18. <i>Columna C-1</i> .....	10
Figura 19. <i>Columna C-2</i> .....	11
Figura 20. <i>Viga V-1 (0.25x0.50)</i> .....	11
Figura 21. <i>Viga V-2 (0.25x0.40)</i> .....	12
Figura 22. <i>Viga V-3 (0.25x20)</i> .....	12
Figura 23. <i>Muros estructurales</i> .....	13
Figura 24. <i>Losa aligerada de 25 cm</i> .....	13
Figura 25. <i>Losa aligerada de 20 cm</i> .....	14
Figura 26. <i>Losa maciza de 20cm</i> .....	14
Figura 27. <i>Losa de escalera 18 cm</i> .....	15
Figura 28. <i>Modelo estructural de la edificación en ETABS</i> . ....	16
Figura 29. <i>Vista en planta del primer nivel</i> . ....	17
Figura 30. <i>Vista en planta de nivel atípico</i> .....	18
Figura 31. <i>Cortantes en cada entrepiso en dirección X</i> .....	24

Figura 32. Cortantes en cada entrepiso en dirección Y.....	25
Figura 33. <i>Espectro de respuesta en dirección X</i> .....	26
Figura 34. <i>Espectro de respuesta en dirección Y</i> .....	27
Figura 35. <i>Colocación de factor en sismo dinámico X</i> .....	29
Figura 36. <i>Colocación de factor en sismo dinámico Y</i> .....	29
Figura 37. <i>Imagen de derivas en Etabs</i> .....	32
Figura 38. <i>Imagen de derivas en Etabs</i> .....	32
Figura 39. <i>Categorías y regularidad de edificaciones aisladas</i> . ....	33
Figura 40. <i>Distribución de aisladores LRB y SLIDER</i> .....	48
Figura 41. <i>Modelo 3D de edificio con aisladores</i> .....	48
Figura 42. <i>Modelo 3D de la edificación con aisladores de base</i> .....	49
Figura 43. <i>Primer modo de vibración</i> . ....	50
Figura 44. <i>Segundo modo de vibración</i> .....	51
Figura 45. <i>Desplazamientos en eje X</i> .....	53
Figura 46. <i>Desplazamientos en eje Y</i> .....	53
Figura 47. <i>Registro sísmico de Ancash 1970 en NS</i> .....	55
Figura 48. <i>Registro sísmico de Ancash 1970 en EW</i> .....	55
Figura 49. <i>Registro sísmico de Ica 2007 en NS</i> .....	56
Figura 50. <i>Registro sísmico de Ica 2007 en EW</i> .....	56
Figura 51. <i>Registro sísmico de Lima 1974 en NS</i> .....	56
Figura 52. <i>Registro sísmico de Lima 1974 en EW</i> .....	57
Figura 53. <i>Energía que absorbe el sistema de aislamiento</i> .....	58
Figura 54. <i>Comparación de derivas con y sin aislamiento de base en dirección X</i> .....	60
Figura 55. <i>Comparación de derivas con y sin aislamiento de base en dirección Y</i> .....	62
Figura 56. <i>Aceleraciones en cada entre piso dirección-XX</i> .....	63
Figura 57. <i>Aceleraciones en cada entre piso dirección-YY</i> .....	64
Figura 58. <i>Diagrama de histéresis de aislador LRB K1, dirección X</i> . ....	65
Figura 59. <i>Diagrama de histéresis de aislador LRB K1, dirección Y</i> . ....	65
Figura 60. <i>Diagrama de histéresis de aislador LRB K16, dirección X</i> . ....	66
Figura 61. <i>Diagrama de histéresis de aislador LRB K16, dirección Y</i> . ....	66
Figura 62. <i>Diagrama de histéresis de Deslizador K-9, dirección X</i> .....	67
Figura 63. <i>Diagrama de histéresis de Deslizador K-9, dirección Y</i> .....	67

Figura 64. <i>Diagrama de histéresis global en dirección X.</i> .....	68
Figura 65. <i>Diagrama de histéresis global en dirección X.</i> .....	68
Figura 66. <i>Ficha técnica de aisladores LRB.</i> .....	69
Figura 67. <i>Ficha técnica de Aislador SLIDERS.</i> .....	70
Figura 68. <i>Plano de Arquitectura A-01.</i> .....	71
Figura 69. <i>Plano de Arquitectura A-02.</i> .....	72
Figura 70. <i>Plano de Arquitectura A-03.</i> .....	73
Figura 71. <i>Plano de ubicación y localización.</i> .....	74
Figura 72. <i>Plano topográfico.</i> .....	75
Figura 73. <i>Plano de estructuras E-01.</i> .....	76
Figura 74. <i>Plano de estructuras E-02.</i> .....	77
Figura 75. <i>Plano de estructuras E-03.</i> .....	78
Figura 76. <i>Plano de estructuras E-04.</i> .....	79
Figura 77. <i>Plano de estructuras E-05.</i> .....	80
Figura 78. <i>Plano de estructuras E-06.</i> .....	81
Figura 79. <i>Plano de estructuras E-07.</i> .....	82
Figura 80. <i>Escalamiento de registros sísmicos.</i> .....	83
Figura 81. <i>Registros espectro compatibles.</i> .....	84

## RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación es realizar la evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, el tipo de investigación es aplicada y el diseño de investigación es no experimental transversal descriptivo, en donde se evaluó un edificio multifamiliar ubicado en el AA.HH. Alto Laredo Mz A Lt. 18, distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, La Libertad, en la cual se emplearon aisladores de alto amortiguamiento con núcleo de plomo LRB y deslizadores simples (SLIDER), para evaluar el comportamiento dinámico del edificio multifamiliar con base fija se realizó un análisis modal espectral y para el edificio con base aislada se realizó un análisis tiempo historia no lineal(FNA), como lo indica la norma E0.31 para edificaciones mayores a 5 niveles, en cual se utilizaron los registros sísmicos de Ancash 1970, Ica 2007 y Lima 1974, en sus componentes NS y EW, el análisis se hizo en el software ETABS para el análisis TH no lineal. Como resultados se obtuvieron una reducción importante en distorsiones y aceleraciones en cada nivel teniendo como distorsión máxima de 0.0044 en la dirección Y, mientras que en la dirección X 0.0043, cumpliendo los requisitos mínimos de 0.005 que indica la Norma Técnica 0.31 Aislamiento Sísmico del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Palabras clave: Aisladores, Análisis tiempo historia, estructura.

## **ABSTRACT**

The general objective of this research is to evaluate the dynamic behavior of a 10-story multifamily building, with and without base isolation, the type of research is applied and the research design is non-experimental transversal descriptive, where a multifamily building located in the AA.HH. Alto Laredo Mz A Lt. 18, district of Laredo, Province of Trujillo, La Libertad, in which high damping isolators with LRB lead core and simple sliders (SLIDER) were used, to evaluate the dynamic behavior of the multifamily building with fixed base a spectral modal analysis was performed and for the building with isolated base a nonlinear time history analysis (FNA) was performed, as indicated in the standard E0. 31 for buildings higher than 5 levels, in which the seismic records of Ancash 1970, Ica 2007 and Lima 1974 were used, in their NS and EW components, the analysis was done in the ETABS software for the nonlinear TH analysis. The results obtained were a significant reduction in distortions and accelerations at each level, with a maximum distortion of 0.0044 in the Y direction and 0.0043 in the X direction, meeting the minimum requirements of 0.005 indicated in the Technical Standard 0.31 Seismic Isolation of the National Building Regulations.

Keywords: isolators, time-history analysis, structure.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel global se han venido registrando sismos de diversas magnitudes e intensidades, trayendo consigo pérdidas materiales, humanas, etc. Estos sismos son impredecibles y se manifiestan principalmente en zonas altamente sísmicas. El Perú es considerado como un país en constante movimiento sísmico debido a que se encuentra muy cerca del cinturón de fuego del pacífico, siendo las ciudades de la región costa las más perjudicadas, tal es el caso de la ciudad de Trujillo, teniéndose el riesgo de que pueda ocurrir un terremoto de gran intensidad, actualmente el país no se encuentra preparado para soportar estos eventos, debido a que existe desconocimiento y/o poca aplicación de nuevos mecanismos de protección sísmica, actualmente existen los aisladores sísmicos los cuales tienen como propósito mitigar la acumulación de energía sísmica para evitar que las estructuras sufran daños considerables.

(Letona, 2018) sostiene que la posibilidad de que ocurra un terremoto de gran magnitud, es un objeto de preocupación y centra un debate ya que son muchos países potencialmente expuestos a un desastre con daños irre recuperables. La tecnología de aisladores sísmicos se viene dando desde inicios de los 70 y en muchos países se está implementado como una alternativa de protección sísmica con el propósito de tener un óptimo desempeño sismorresistente y un mejor control de distorsiones.

(Alva, 2021) indica que las bases de una metodología para el diagnóstico de daños estructurales con el cual se propone estimar el grado de afectación en edificios a partir del cambio en sus propiedades dinámicas, se centran en evaluar los daños de la estructura y su relación con propiedades modales, se investiga el aumento del periodo fundamental provocado por la reducción de rigidez como consecuencia del daño estructural.

(La Rosa, y otros, 2019) indica que, debido a la complejidad de las nuevas edificaciones y la presencia del riesgo sísmico en zonas altamente sísmicas, son las que provocan mayor daño en las estructuras, por lo cual se plantea analizar cuál es el comportamiento estructural teniendo en cuenta la normativa vigente (E.030) con ayuda del software ETABS, donde realizó un análisis tiempo historia tomando en cuenta sismos ocurridos en los años 1966, 1970 y 1974.

(Pretell, 2018) menciona que el Perú, principalmente en la región costa es la que cuenta con mayor índice de sismicidad, lo cual subordina a sufrir determinados acontecimientos sísmicos de magnitudes considerables, ya que en el Perú son muy pocos los estudios o implementación de esta tecnología de aisladores sísmicos. Por lo que es primordial realizar un previo estudio de los elementos estructurales para evitar fallas, se debe de tener en cuenta las normativas impuestas en el RNE de acuerdo a indicadores establecidos dentro de la misma. Entonces, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo es la evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base?

La presente investigación se justifica de manera teórica ya que permite abordar nuevos conocimientos sobre el comportamiento dinámico de una estructura con y sin aisladores de base. Se justifica de manera práctica debido a la alternativa de solución que se plantea de usar aisladores de base en estructuras para evaluar su comportamiento dinámico ante sismos. Se justifica de manera metodológica ya que se siguen los lineamientos de la normativa de la E 0.31 para el aislamiento de base con el principal fin de contribuir a la sociedad sobre la implementación de la tecnología de aisladores sísmicos, ya que busca implementar métodos constructivos para lograr mitigar los efectos más devastadores que provocan los sismos.

El objetivo general de la presente investigación es realizar la evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base y como objetivos específicos; realizar la comparación de distorsiones de la estructura con y sin aislamiento de base, determinar el cortante basal del edificio multifamiliar para diferentes espectros de diseño, determinar el máximo desplazamiento del edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base.

La hipótesis general de la investigación es: el edificio multifamiliar de 10 niveles, con aislamiento y sin aislamiento de base tendrá el mismo comportamiento dinámico.

## II. MARCO TEÓRICO

(Larco, 2022) realizó un análisis comparativo del comportamiento de las estructuras (con y sin aisladores en cimientos) donde evaluó el comportamiento basal del edificio obteniendo resultados de la cortante máxima con base fija obtuvo un valor SDx con una Vx de 53.2055 tonf y Vy 6.4981 tonf y un valor SDy con una Vx 6.9589 tonf y Vy 53.2054 tonf, por otro lado, con aislador obtuvo un valor SDx con una Vx de 21.8702 tonf y Vy 0.1163 tonf y un valor SDy con una Vx 0.1164 tonf y Vy 23.4398 tonf. por el cual obtuvo una disminución de SDx en x de 31.3353 tonf en Y 6.3818 tonf y un valor SDy con una x de 6.8425 tonf y Vy 29.7656 tonf.

(Chimbo, 2022) en su investigación que tiene como finalidad analizar, estudiar y comparar el comportamiento sísmico de estructuras con base perfectamente empotrada vs con aislamiento de base, donde se evaluó: derivas, periodos, participación de masas, aceleraciones y cortantes. Realizó un análisis no lineal empleando un espectro de diseño. Como conclusión indica que empleando aisladores sísmicos se lograr mejorar el comportamiento estructural debido al amortiguamiento adquirido, de esta manera la estructura permanecerá en el tiempo con daños imperceptibles a comparación de una estructura con base fija.

(Rosada, 2018) indica en su investigación las recientes tecnologías de protección sísmica las cuales aíslan, amortiguan y disipan la energía generada por sismos, mejoran la seguridad estructural de una edificación ya que permite separar la edificación del movimiento del suelo; también destaca los aisladores elastoméricos siendo estos los cuales permiten grandes desplazamientos horizontales y ofrecen una alta rigidez vertical. en su investigación analiza el comportamiento sísmico con y sin aisladores elastoméricos de base de un edificio de seis niveles que se encuentra ubicado en Guatemala, realizando el análisis y modelación en el software ETABS 2016 obteniendo una cortante basal para la base fija de Vx 311.69 tonf y Vy 373.74 tonf y para la base aislada Vx 278.31 tonf y Vy 282.96 tonf concluyendo que los resultados obtenidos para la edificación utilizando una base fija son mayores a los obtenidos para el sistema



de aislamiento de base, por lo que al emplear un sistema de aislamiento de base la estructura se comporta de manera más eficiente..

(Quiroz, 2020) busca comparar las diferencias entre una estructura que posee disipadores de energía y otra con aislamiento. Utilizó la metodología cuasiexperimental en el cual se realizó el análisis dinámico, donde se obtiene resultados favorables obteniendo desplazamientos elásticos para la estructura fija en el piso 12 un desplazamiento en la dirección xx de 29.48 mm y en yy de 43.52 mm y por otro lado al emplear aisladores en la dirección xx obtuvo 11.88 mm y en dirección yy 9.87 mm lo cual favorece significativamente a la respuesta estructural del edificio

(Yalico, 2018) en su investigación la cual analiza una comparación del comportamiento sísmico de dos sistemas estructurales (dual y aporticado) empleando para ambos aisladores HDR para el edificio Country que se encuentra localizado en Nuevo Chimbote, para el modelado se recolectó información de las condiciones del edificio, de esta manera se sometió al análisis sismo estático y dinámico bajo los lineamientos o parámetros por RNE. Se llevó a cabo el diseño para el sistema aporticado bajo norma E.031 para luego ser analizado usando aisladores sísmicos. Finalmente se realizó la comparación con y sin aislamiento de base del proyecto construido. Como resultados obtuvo las aceleraciones al utilizar aisladores de base para un sismo máximo de la aceleración es 0.69 g.

(Maquera, 2019) realiza el análisis del comportamiento dinámico de un hospital, en el cual presenta un primer caso teniendo una edificación con base empotrada, en un segundo caso implementa un aislador de base (LRB) y el tercero como aislamiento usa un dispositivo Triple Péndulo de Fricción. En su modelamiento y análisis lo realizó mediante el programa ETABS, en donde buscó evaluar los desplazamientos, fuerzas cortantes y distorsiones en entrepisos. Concluye que el sistema de aislamiento TPF, presenta valores de distorsiones de 0.0015, mientras los aisladores de LRB presentan distorsiones de 0.0035.

(Pretell, 2018) busco realizar el análisis comparativo usando aisladores de base, tomando como muestra una edificación multifamiliar de 9 pisos para su evaluación, el modelamiento se utilizó el ETABS según los planos que se

tuvieron en cuenta para construirlo, para el análisis se consideró la norma E.030, como resultados el periodo en el nivel 1 fue de 0.42 seg para la estructura con base fija y con aisladores obtuvo un periodo de 2.25 seg.

(Angulo, y otros, 2020) realizó la investigación de una estructura mediante el método estático y dinámico, teniendo como principal objetivo específico comparar los desplazamientos máximos de la estructura, una sin disipadores ni aisladores vs con aisladores y disipadores, para este estudio utilizó el software ETABS donde analizó las derivas y deformaciones. como conclusión tuvo que al utilizar disipadores de tipo fluido viscoso estos reducen en un 78.04% la deformación de la edificación y un 53.29% usando aisladores; todo esto con respecto al desplazamiento máximo original.

(Castillo, y otros, 2020) indica en su investigación realizada sobre el análisis sísmico usando dispositivos de aislamiento en un edificio, en el cual se planteó verificar como es su comportamiento sísmico con y sin aisladores de base, teniendo como resultados en el piso 1 aplicando el combo en dirección xx ICA 2007-WE\_XX Max obtuvo una  $V_x$  410.43 tonf Para el desplazamiento de los dispositivos, se calculó a partir del análisis tiempo historia, obteniendo los siguientes resultados máximos para el Sismo Ica-2007  $U_x$  0.16m. Concluyó que al emplear dispositivos de aislamiento la edificación permite la optimización de las distorsiones en cada piso en un 30%, también se mostró que redujo la fuerza lateral al 53% en eje X, y con un 17% en eje Y

Principales conceptos teóricos:

(Rodríguez, 2021) define a la estructura como la parte importante de cualquier tipo de construcción ya que se encarga de proveer rigidez y dar resistencia junto a otros sistemas, los valores de respuesta que se obtienen deben de ser comparados con los reglamentos actualizados y deben de satisfacerlos y con el fin de tener un concepto más claro del diseño teniendo las siguientes etapas; estructuración, análisis, dimensionamiento. Es fundamental tener claro las etapas anteriormente descritas ya que nos permite garantizar la vida útil de una

estructura y satisfacer los parámetros como asentamientos en las cimentaciones, dilataciones, estados límites de falla y desplazamientos.

(Urruticoechea, 2019) refiere que las vibraciones de una estructura se dan desde las acciones más simples que realizan los humanos como saltos, paseos, e inclusive acciones de baile hasta acciones graves como los sismos o terremotos. Para que se pueda ver el efecto del movimiento que se produce se debe de modelar el comportamiento dinámico es decir cómo actúa esta estructura en función al tiempo que se encuentra sometida. Se debe de emplear métodos confiables para este tipo de estudio y debe de ser representativo para obtener los valores más reales posibles.

(Oviedo sarmiento, y otros, 2022) Indica cual es la eficiencia de implementar aisladores elastomericos y como estos permiten que la aceleración sísmica disminuya en una estructura, permitiendo un mejor comportamiento estructural, debido que permite separa la super estructura de la sub estructura convirtiéndose en el mejor sistema de aislamiento sísmico. Esta idea nace con el propósito de poder reducir los efectos de los sismos en cuestión de la fuerza y deformaciones ya que nos va a permitir dar a la estructura un efecto elástico. Por otro lado, también busca evitar que se produzcan fallas que no hayan sido provocadas por un terremoto si no realizadas por acciones humanas, así poder proteger a la estructura y salvaguardar a los seres humanos y materiales.

(Rodríguez, 2021) señala que dentro de todos los tipos de aisladores que existen se tiene a los de goma (LDRB), el amortiguamiento que tiene oscila entre el 5% y 10%, por lo que es necesario colocar algunos amortiguadores complementarios. También está presente el aislador (LRB) el cual presenta un núcleo de plomo, el amortiguamiento que tiene oscila entre el 25% y 30%, este tipo de aislador da un mejor amortiguamiento y estabilidad a la estructura. Además, también tenemos los aisladores de alto amortiguamientos (HDRB) conocidos como los aisladores de neopreno zunchado que cuenta con unas láminas finas de acero los cuales van dentro del bloque cilíndrico de neopreno, su principal ventaja es su rigidez vertical ya que esta conserva su rigidez lateral.

Figura 1. *Aislador LDRB*



Fuente. *Brochure LDRB 2020*

Figura 2. *Aislador (LRB)*



Fuente. *Fip industriale*

Figura 3. Aislador HDRB

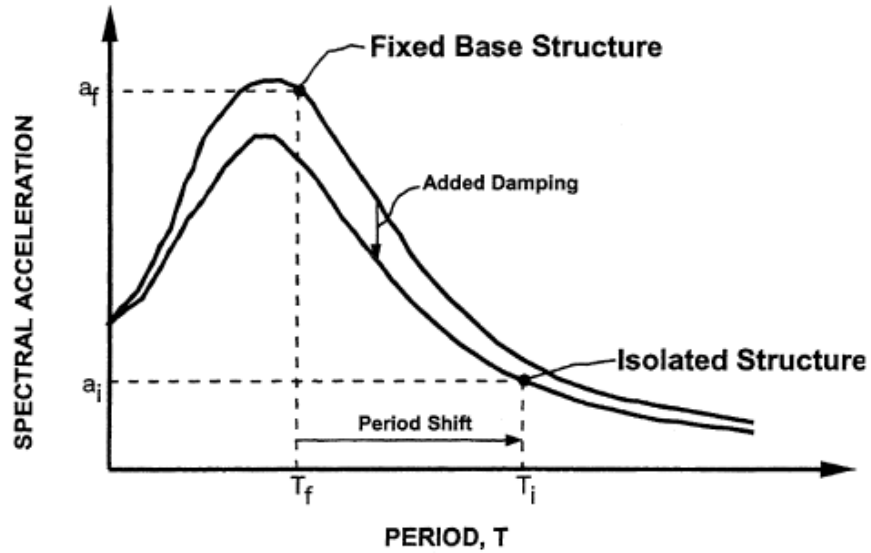


Fuente. *Mageba lasto*

(Rodriguez, y otros, 2022) indica que ETABS es un software el cual permite realizar el modelado análisis y diseño de diversas estructuras, este posee una interfaz gráfica intuitiva donde se puede realizar el modelado, análisis y diseño. Para el análisis utiliza métodos numéricos y de elementos finitos, así como también se rige bajo códigos normativos internacionales convirtiéndolo en una excelente herramienta para los ingenieros estructurales, pero es necesario que estos tengan un conocimiento claro y conciso de la teoría que maneja este software.

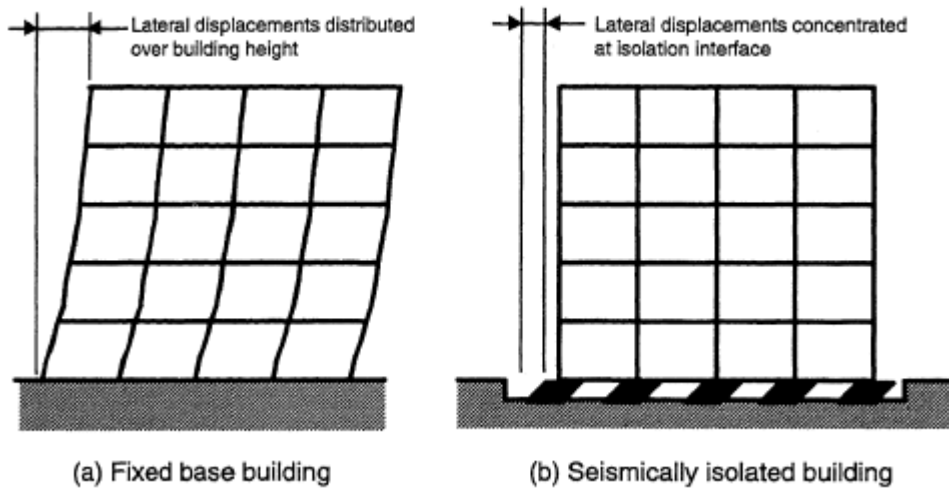
(ASCE, 2019) define a un sistema de aislamiento como una interfaz flexible y deslizante, la cual se ubica entre una estructura y su cimiento, esto tiene la finalidad de desacoplar los movimientos horizontales, de esta manera se logra reducir los daños. Las estructuras aisladas muestran una reducción de espectro de pseudo aceleración. Por otro lado, las estructuras que son aisladas muestran un aumento de periodo añadiendo amortiguamiento, de esta manera se logra reducir la aceleración y las fuerzas laterales en la estructura.

Figura 4. Espectro de respuesta con base fija y con aislada.



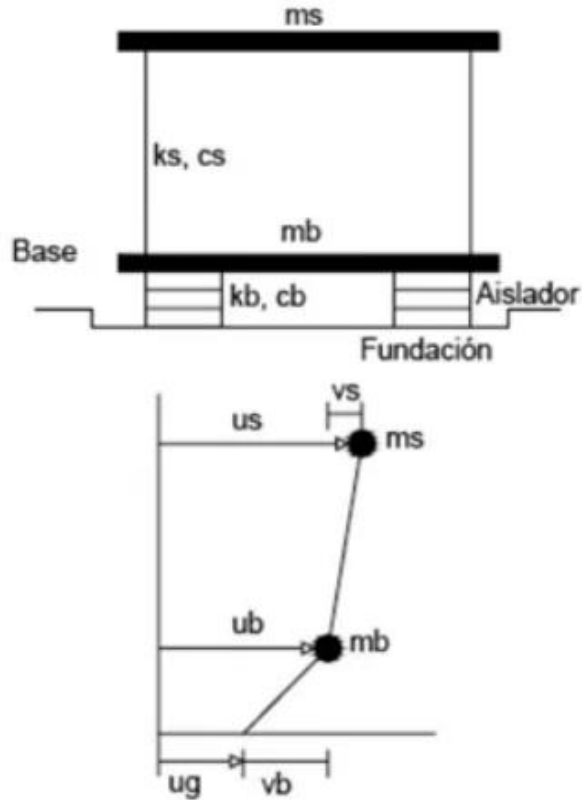
Fuente. (ASCE, 2019 pág. 2)

Figura 5. Desplazamientos laterales de una estructura con base fija y aislada.



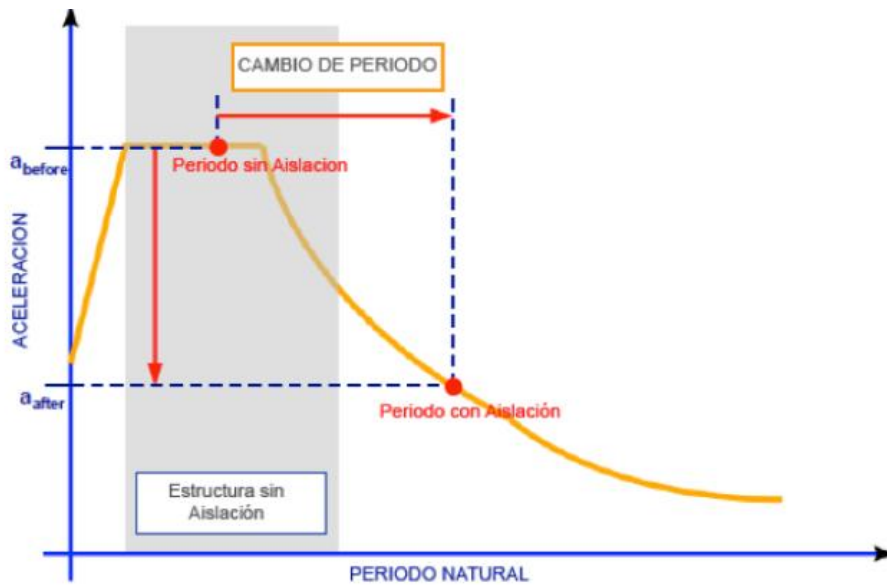
Fuente. (ASCE, 2019 pág. 2)

Figura 6. Sistema de dos grados de libertad en estructuras con aisladores.



Fuente. (González, 2019)

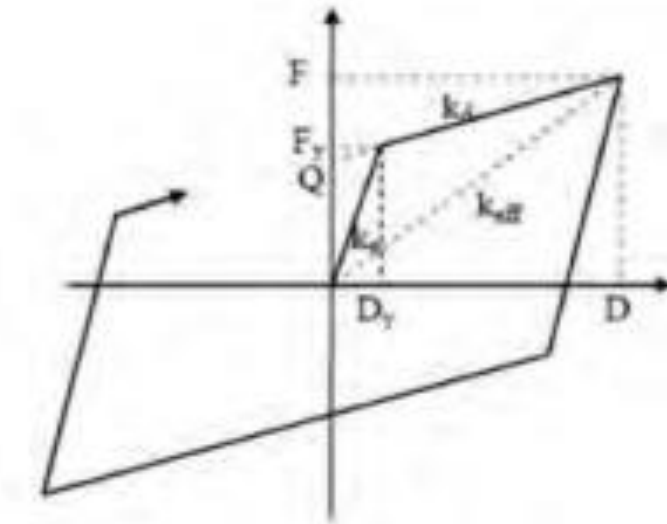
Figura 7. Principios de aislación sísmica.



Fuente. (Structures, 2020 pág. 3)

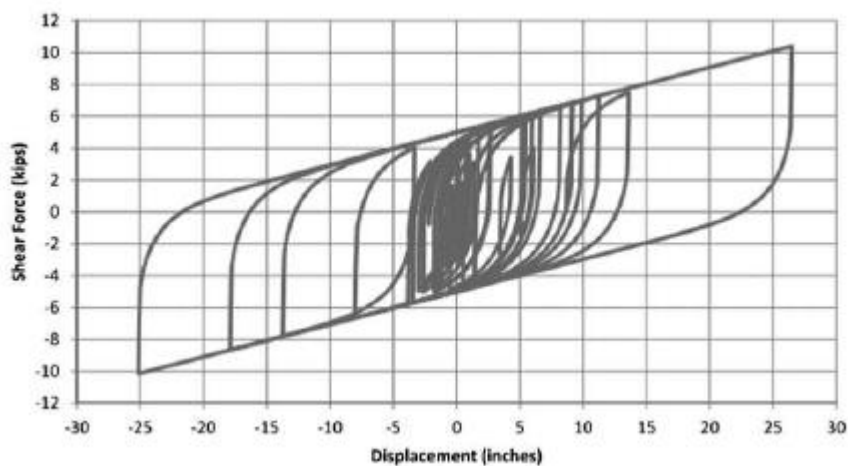
(Garrido Chávez, 2022) el modelo bi-lineal está representada por los parámetros de Rigidez elástica, rigidez posterior a la fluencia y resistencia característica(Q), normalmente esta última se utiliza para verificar la estabilidad del comportamiento histórico, cuando se experimentó muchos ciclos de carga.

Figura 8. *Modelo bilineal.*



Fuente. (Garrido Chávez, 2022 pág. 29)

Figura 9. *Ejemplo de bucles de un sistema de aislamiento.*



Fuente. (ASCE/SEI, 2017 pág. 687)



(Bridgestone, 2017) señala que el caucho es una estructura la cual contiene laminas que incluye un relleno especial del propio material, con la finalidad de tener una mejor absorción de energía, con la nueva generación de aisladores de caucho de alto amortiguamiento de Bridgestone, permite una reducción en efectos de los diagramas de histéresis por carga.

(Ministerio de Vivienda, 2018) presenta las consideraciones para el análisis sismorresistente, también indica que dicha norma es de aplicación obligatoria, la cual se aplicará a diseño de nuevas edificaciones, el reforzamiento y reparación de estructuras dañadas por sismos. tiene como finalidad evitar pérdidas ya sean humanas o materiales. Sobre todo, garantizar que estas estructuras protegen la integridad de cualquier individuo bajo dominio peruano.

(Ministerio de Vivienda, 2019) la norma presenta las condiciones y pasos a seguir para el análisis de estructuras que se requieran ser diseñadas con algún tipo de aislador de base, por otro lado, establece las condiciones y los principales requisitos que se utilizarán en la ejecución de esta misma. También presenta los parámetros que se deben de tener en cuenta para los ensayos de los aisladores y así poder dar veracidad y fiabilidad a los diversos dispositivos de aislamiento. Tiene como finalidad brindar un mejor desempeño sísmico y proteger la estructura. Es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación:**

Según su finalidad, el presente trabajo se utilizará la investigación aplicada.

(Arias, y otros, 2021), menciona que la investigación aplicada parte del conocimiento adquirido por la investigación básica, ya que permite identificar problemas que se deben de intervenir para definir las estrategias de solución. De acuerdo a la finalidad de investigación es aplicada porque se propone dar solución a principales problemas que impactan en la sociedad.

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que utilizarán instrumentos estadísticos, informáticos y matemáticos para poder obtener nuestros resultados.

##### **3.1.2 Diseño de investigación:**

(Álvarez, 2020) menciona que en una investigación de tipo no experimental las variables no se manipulan, esta se divide de manera transversal midiendo las variables solo en una oportunidad y con esos resultados se realiza el análisis longitudinal, la cual mide dos o más ocasiones de variables estudiadas. En ese sentido esta investigación es de tipo no experimental transversal descriptiva, pues nuestras variables no serán modificadas.

Según su alcance, para el presente trabajo se utilizará la investigación descriptiva.

(Guevara, 2020) indica que la investigación descriptiva está encargada de enfocarse en las características de la población, donde el método de observación es la más eficaz para hacer una investigación descriptiva.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

(Arias, y otros, 2021) indica que la variable viene a ser todo aquello que se pretende estudiar, controlar o medir. puede darse de una manera conceptual y operacional, primero se tiene que definir y posteriormente la descomposición

mediante el proceso de deducción. Se clasifican según su finalidad en dos tipos de variables: la independiente y dependiente.

(Arias, y otros, 2021) menciona que la variable independiente se toma como injerencia para poder manipularla y conseguir cambios en la variable de estudio dependiente. En ese sentido la presente investigación tiene como variable independiente el aislador de base. También menciona que la variable dependiente es consecuencia de la variable independiente, ya que modifican o cambian ante esta intervención empleando alcances aplicativos, explicativos o predictivos, en esta presente investigación nuestra la variable dependiente es la estructura.

Definiciones de operacionalización:

(Arias, y otros, 2021) señala que la definición conceptual de las variables permite tener un mejor entendimiento de la investigación, se debe de usar diccionarios, artículos, entre otros Para poder construir teóricamente las variables, es recomendable hacer uso de bibliografía epistemológica.

Variable dependiente: Estructura (Edificio multifamiliar)

- (Rodas, 2014) define a la estructura como elementos conectados que tienen funciones de soportar esfuerzos.
- Definición operacional: Conjunto de elementos unidos entre sí encargados de resistir cargas a gravedad y laterales.
- Dimensiones: cortante basal, desplazamiento.
- Indicador:

$$[U] = [K]^{-1} * [F] \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R}.P \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Escala de medición: Razón

(Arias, y otros, 2021) Indica que la definición operacional de variables es una serie de actividades las cuales se realizan después del análisis teórico de las variables, la principal finalidad es dar a conocer que instrumento o herramienta se usará para brindar resultados verídicos.

Variable independiente: Aisladores

- Definición conceptual: Es un elemento de alta tecnología el cual está diseñado para proteger a la estructura ante un sismo, ya que permite que se comporte de manera flexible (Detek, 2021)
- Definición operacional: Un aislador es un dispositivo que tiene capacidad elástica, ya que actúa mitigando la energía liberada en el sismo. Esto permite dar un mejor comportamiento estructural.
- Dimensiones: tipos de aislamiento
- Indicador: Serie, rigidez inicial, rigidez posterior al límite elástico, resistencia, rigidez equivalente.
- Escala de medición: Razón.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1 Población:**

(López, 2004) señala que para el estudio de la población se necesita conocer y comprender el tamaño de las investigaciones, por lo que es necesario delimitar la constitución de grupos o conjuntos de personas, animales, objetos, muestras de laboratorios, entre otros en ese sentido para la presente investigación en desarrollo se ha planteado tomar como población a todas las estructuras (edificios) de 10 niveles construidas hasta la fecha en el distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, La Libertad.

- Criterio de inclusión: se incluirá a los edificios que cuenten con 10 niveles que estén ubicados en el AAHH. Alto Laredo.
- Criterio de exclusión: se excluirá a los edificios que tengan menos de 10 niveles las cuales se encuentran en el AAHH Alto Laredo.

#### **3.3.2 Muestra:**

(López, 2004) menciona a la muestra como un grupo derivado o extraído de la población elegida inicialmente a investigar, con el fin de obtener una cantidad de componentes requeridos para el análisis, como principal recomendación indica que es mejor tomar una muestra más grande ya que el error de la muestra será menor. Para la determinación del tamaño de la muestra “n”, considerando una variable con población finita se utiliza la siguiente formula:

$$n = \frac{NZ^2S^2}{(N - 1)E^2 + Z^2S^2} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Z: valor de tabla que depende del nivel de confianza que quieres para tu muestra

N: tamaño de la población

E: error entre el 2% y el 8%, término medio 5%

Con una confiabilidad de 95%, en la presente investigación se ha considerado un edificio multifamiliar de 10 niveles que se encuentra ubicada en el AAHH Alto Laredo Mz a Lt 18, distrito de Laredo, provincia Trujillo, Departamento La Libertad.

### **3.3.3 Muestreo:**

(López, 2004) señala que el muestreo es un método que permite seleccionar a un componente de la muestra total con la finalidad de realizar una investigación. De esta manera se usará el método no probabilístico usando la Razón.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnica de recolección de datos**

(Hernández, y otros, 2007) señala que para cualquier investigación se debe utilizar algún tipo de técnica de recolección de datos (observación, encuesta, entrevistas, etc.) esto permitirá obtener los resultados y dar respuesta a la pregunta de investigación. Para la presente investigación se optó como técnica para la recolección de datos a la observación, la cual nos ayudará a obtener la información necesaria para realizar la presente investigación.

### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

(Arias, y otros, 2021) señala que cualquier instrumento nos va a permitir anotar todos los acontecimientos o situaciones que se observen durante todo el estudio. En ese sentido para la presente investigación se usará como

instrumento de evaluación una ficha de observación, donde se ha tenido en cuenta las variables en estudio y que tengan relación con nuestros objetivos para poder brindar una mayor fiabilidad.

(Rodríguez, 2021) indica que la validez son grupos establecidos de la investigación que pretenden medir y utilizar diversas pruebas lógicas. En ese sentido para esta investigación se realizará la validación mediante fichas de observación las cuales serán aprobadas por 3 especialistas indicando su porcentaje de validez.

(Rodríguez, 2021) menciona que se le conoce a la confiabilidad como el grado de seguridad, el cual se debe de autorizar para la aceptación de resultados.

### **3.5. Procedimientos**

Como primera fase se dispuso realizar la arquitectura de la edificación a evaluar, donde se tendrá las dimensiones y la categoría de la edificación. Para este proyecto de investigación se realizará el estudio de mecánica de suelos según lo especifica la Norma E.050 (Ministerio de vivienda, 2018).

Para el modelado de la estructura de 10 niveles, se realizará mediante software ETABS el cual trabaja con el método computarizado de elementos finitos, realizando un análisis tiempo historia no lineal. iniciando por la configuración de grilla y el número de niveles, se realizará la configuración de materiales teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas, así como también las propiedades físicas. También las configuraciones y asignaciones de los casos de cargas, todo esto cumpliendo las normativas E.020 (SENCICO, 2020), E.030 las cuales brindan consideraciones para el análisis.

Para el análisis inicialmente se considerará una estructura con base perfectamente empotrada y luego se realizará la evaluación mediante aisladores de base. En el análisis se configurará y se asignarán las cargas además de realizar las envolventes, para esto se deberá seguir los lineamientos de las siguientes normativas E.030 y E.050. las cuales nos brindan las consideraciones que se debe tener para el análisis de estructuras. En el caso de implementación del aislador sísmico se hará según lo que estipula la norma E.031 y también del ASCE/SEI-2017, donde nos brindaran las consideraciones que se debe tener en

cuenta para analizar estructuras con implementación de aislamiento de base. Para el diseño de edificaciones se empleará la NT. E.060 (Ministerio de vivienda, 2020).

### **3.6. Método de análisis de datos**

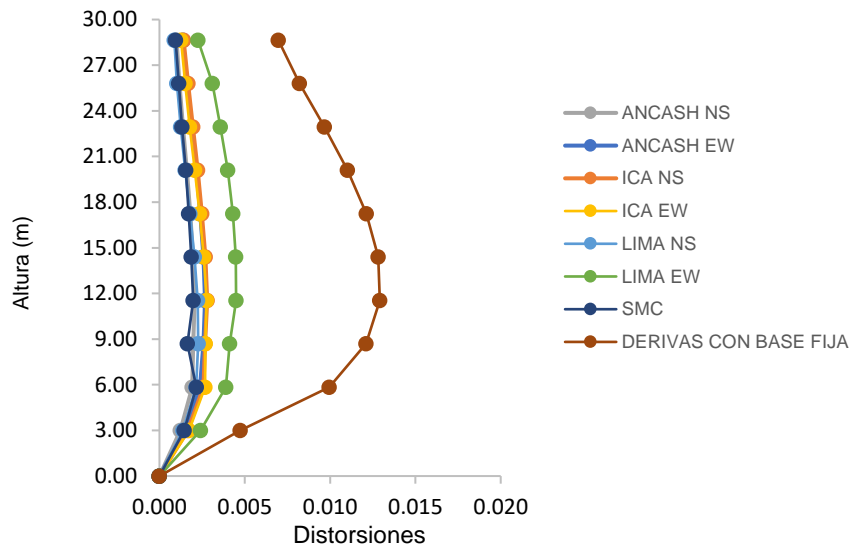
Para este proyecto de investigación realizaremos el análisis con un software el cual emplea métodos de elementos finitos, de este modo realizar el desarrollo de la evaluación del comportamiento dinámico de una estructura con y sin aislamiento de base, el análisis se dispuso representar mediante gráficos y tablas que fueron elaborados en Excel u obtenidas en el software ETABS en función a las fichas de observación y de recolección de datos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para esta investigación se realizará una solicitud mediante la escuela de ingeniería civil para la obtención del permiso y autorización del lugar de estudio. Por otro lado, la investigación se realiza respetando los derechos de autores de la información obtenida en tesis, artículos, normas y revistas todo esto mediante el uso de referencias según la norma ISO 690, con la finalidad de brindar información verídica.

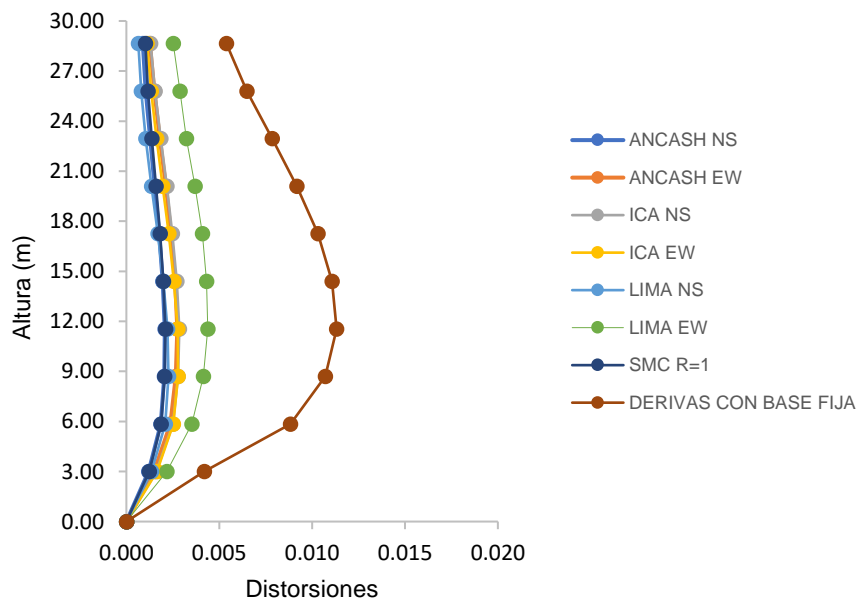
#### IV. RESULTADOS

Figura 10. Comparación de distorsiones en dirección-XX



**Nota:** Se puede apreciar cómo influye la implementación de aisladores en las distorsiones de cada nivel, en donde luego de un análisis tiempo historia (FNA) las distorsiones en cada nivel no superan el límite máximo permitido de 0.005 como lo indica la norma E 0.31. Teniendo una distorsión máxima de 0.0043 en la dirección X con el registro sísmico de Lima 1974 en su componente EW. Por otro lado, se observa que la estructura con base fija no cumple con la deriva máxima de 0.007 según lo indica la norma E.030.

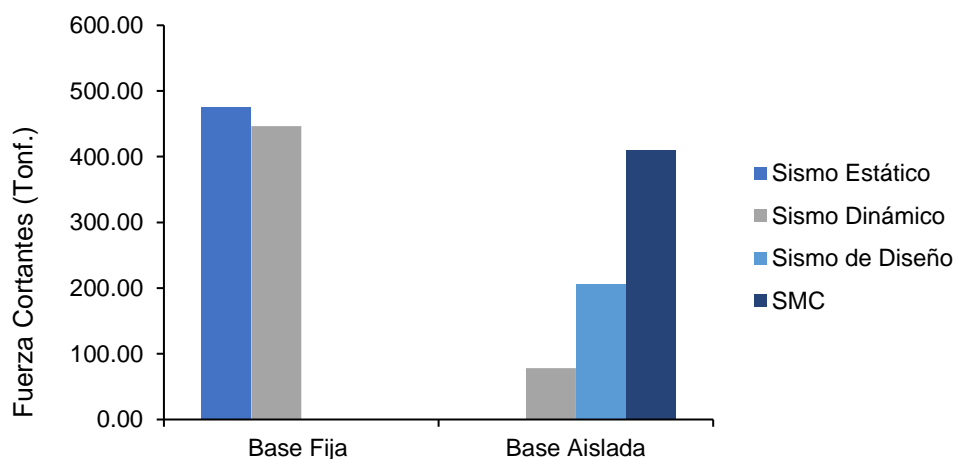
Figura 11. Comparación de distorsiones en dirección-YY.





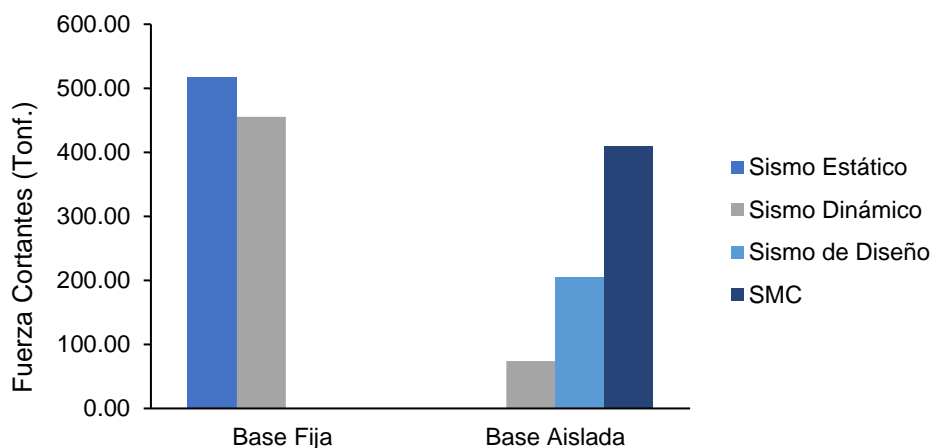
**Nota:** Se puede observar la influencia que tiene la implementación de un sistema de aislamiento sísmico en el comportamiento dinámico de una estructura la cual muestra una notable reducción de distorsiones en comparación con un sistema de base fija, teniendo como resultado una distorsión máxima de 0.0044 en la dirección Y con el sismo de lima en su componente EW el cual se obtuvo luego de realizar un análisis tiempo historia (FNA).

Figura 12. Cortantes en super estructura, con y sin aisladores de base en la dirección x.



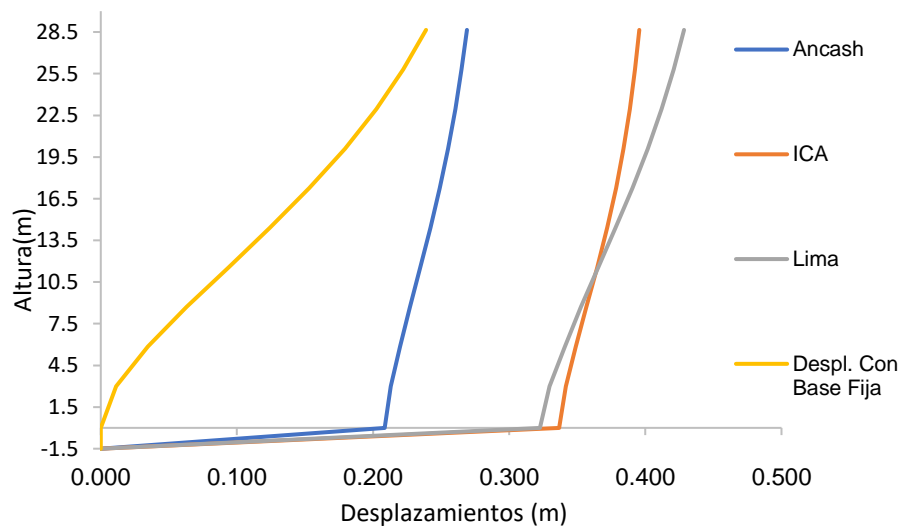
**Nota:** Se observa las cortante como influye la implementación del sistema de aislamiento, reduciendo el cortante en la base, donde se tiene una cortante dinámica de 78.33 Tonf. con el sistema aislado en comparación con 446.60 Tonf. con el sistema de base fija.

Figura 13. Cortantes en la super estructura, con y sin aisladores de base en la dirección Y.



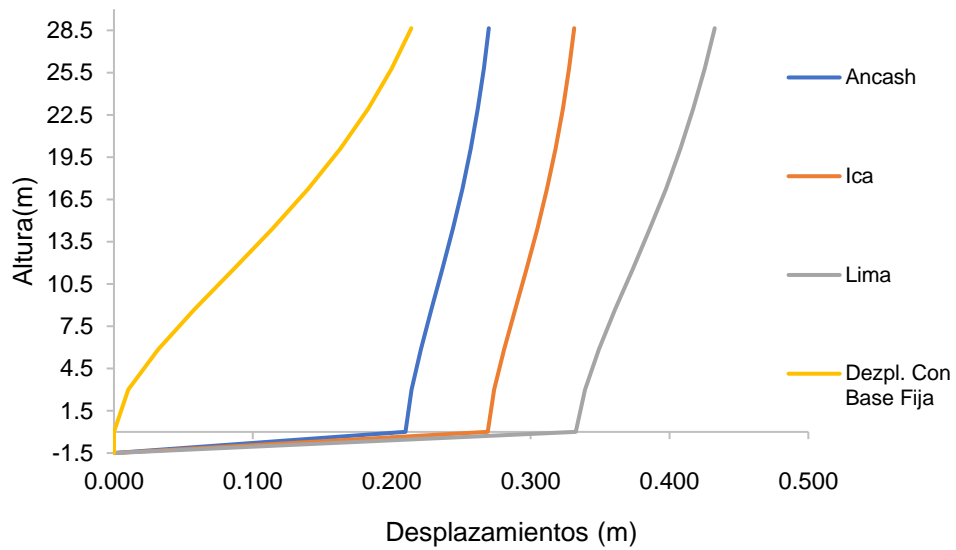
**Nota:** se observa la comparación de los resultados de cortante basal luego que la estructura sea sometida a diferentes espectros, en donde la cortante basal máxima para el sistema de aislamiento es de 410.24 Tonf. evaluado con el espectro de un sismo máximo considera según la norma E0.31, en el edificio con base fija se tiene una cortante estática de 517.13 Tonf. y una cortante dinámica de 455.47 Tonf. siendo analizado con el espectro de la norma E0.30.

Figura 14. Desplazamientos en dirección X, con y sin aisladores de base.



**Nota:** se evidencia un aumento en desplazamientos absolutos, el desplazamiento máximo es para el sismo de Lima 1974 en el cual se obtiene un desplazamiento de 0.32 m. en la plataforma aislada y 0.42 m. en el último nivel. por otro lado, se muestra el desplazamiento máximo del sistema con base fija es de 0.24 m en el último nivel.

Figura 15. Desplazamientos en dirección Y, con y sin aisladores de base.



**Nota:** se puede evidenciar el desplazamiento máximo del edificio luego de someterlo al sismo de Lima de 1974 en donde se tiene un desplazamiento máximo en la plataforma aislada de 0.32 m. mientras que en el nivel 10 se tiene un desplazamiento de 0.43 m. Por otro lado, para el sismo de Ica 2007 se tiene un desplazamiento 0.269 m. (plataforma aislada) y 0.33 m. en el techo del nivel 10; finalmente para el sismo de Ancash 1970 se tiene un desplazamiento máximo de 0.20 m. y 0.26 m. tanto en la plataforma aislada como en el techo del nivel 10, mientras que en el sistema de base fija se tiene un desplazamiento máximo de 0.21 m.

## V. DISCUSIÓN

La evaluación del comportamiento dinámico del edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, valida la hipótesis establecidas en esta presente investigación; en ese sentido, permitió determinar que la edificación con base aislada tiene un mejor comportamiento dinámico a comparación de una estructura con base fija, teniendo una reducción en los desplazamientos tal como se muestra, en la tabla 43 y 44. Por otro lado, la fuerza cortante de la base aislada es bastante inferior a una base fija brindando una mayor resistencia a la super estructura ante un sismo ver tabla 36 y 37 . Se determinó que la edificación con base aislada está diseñada para resistir 9 grados en la escala de Richter ver tabla.

(Larco, 2022) realizó un análisis comparativo del comportamiento de las estructuras (con y sin aisladores en cimientos) donde evaluó el comportamiento basal del edificio obteniendo resultados de la cortante máxima con base fija obtuvo un valor sismo dinámico en dirección X teniendo una cortante basal de 53.2055 tonf y 6.4981 tonf para dirección Y, para un sismo dinámico en la dirección Y, se obtuvo una cortante de 6.9589 tonf en dirección X, para la dirección Y un valor de 53.2054 tonf. Por otro lado, con aislador se obtuvo una fuerza cortante de 21.8702 tonf para la dirección X, para la dirección Y una cortante de 0.1163 tonf al someterse a un sismo dinámico en X. mientras que con un sismo dinámico en Y se obtuvo un valor de 0.1164 tonf para la cortante en X, para Y se obtuvo 23.4398 tonf. Por el cual obtuvo una disminución de 31.3353 tonf para un sismo dinámico en X, un valor de 29.76 tonf para un sismo dinámico en Y. Coincidimos con el autor, en la tabla N° 22 se muestra los resultados de la cortante dinámico para la estructura con base fija en la dirección X, Y con un valor de 291.91 Tnf. y 316.25 tonf. respectivamente; en la tabla N° 37 se muestra los resultados con base aislada para un sismo de diseño con  $R=2$  teniendo un valor de 205.83 tonf. para la dirección X, 205.43 tonf. para la dirección Y. Por lo tanto, se evidencia una reducción la fuerza cortante para ambas direcciones para un sistema con base aislada.

(Chimbo, 2022) realizó la evaluación del comportamiento sísmico de estructuras con base perfectamente empotrada vs con aislamiento de

base, donde se evaluó: derivas, periodos, participación de masas, aceleraciones y cortantes. Realizó un análisis no lineal empleando un espectro de diseño. Como conclusión indica que empleando aisladores sísmicos se logra mejorar el comportamiento estructural debido al amortiguamiento adquirido, de esta manera la estructura permanecerá en el tiempo con daños imperceptibles a comparación de una estructura con base fija. Coincidimos con el autor ya que en la presente investigación verificamos que hay un mejor comportamiento dinámico de la estructura ya que cumple con lo requerido en la norma E.030 y E.031 a diferencia de una estructura con base fija. La norma indica que debe llegar a un 90% de masa participativa para estructuras de base fija lo cual se cumple en el modal 8, y para la estructura con aislamiento en la base se obtiene la masa participativa mayores al 93% en el primer modo de vibración lo cual indica que la estructura se mueve como un solo elemento. Coincidimos con el autor para la estructura fija en el piso 10 hay un desplazamiento de 29.49 mm y por otro lado al emplear aisladores obtuvo 9.87 mm.

(Rosada, 2018) en su investigación analiza el comportamiento sísmico con y sin aisladores elastoméricos de base de un edificio de seis niveles que se encuentra ubicado en Guatemala, realizando el análisis y modelación en el software ETABS 2016 obteniendo una cortante basal para la base fija de  $V_x$  311.69 tonf y  $V_y$  373.74 tonf y para la base aislada  $V_x$  278.31 tonf y  $V_y$  282.96 tonf concluyendo que los resultados obtenidos para la edificación utilizando una base fija son mayores a los obtenidos para el sistema de aislamiento de base, por lo que al emplear un sistema de aislamiento de base la estructura se comporta de manera más eficiente. Coincidimos con el autor ya que los resultados de nuestra estructura para la base fija son de  $V_x$  446.60 tonf y  $V_y$  455.47 tonf y para la base aislada  $V_x$  248.76 tonf y  $V_y$  89.18 tonf por lo que en efecto utilizando aisladores de base se obtiene una menor cortante basal en la edificación es decir la superestructura va a reducir daños y distorsiones.

(Quiroz, 2020) busca comparar las diferencias entre una estructura que posee disipadores de energía y otra con aislamiento. Utilizó la metodología cuasiexperimental en el cual se realizó el análisis dinámico, donde se obtienen resultados favorables obteniendo desplazamientos

elásticos para la estructura fija en el piso 12 un desplazamiento en la dirección xx de 29.48 mm y en yy de 43.52 mm y por otro lado al emplear aisladores en la dirección xx obtuvo 11.88 mm y en dirección yy 9.87 mm lo cual favorece significativamente a la respuesta estructural del edificio, Coincidimos con el autor para la estructura fija en el piso 10 hay un desplazamiento en la dirección xx de 63.00 mm y en la dirección yy de 53.00 mm, por otro lado al emplear aisladores obtuvo en la dirección xx de 9.87 mm por lo que hay un mejor comportamiento dinámico en la estructura.

(Yalico, 2018) en su investigación la cual analiza una comparación del comportamiento sísmico de dos sistemas estructurales (dual y aporticado) empleando para ambos aisladores HDR para el edificio Country que se encuentra localizado en Nuevo Chimbote, para el modelado se recolectó información de las condiciones del edificio, de esta manera se sometió al análisis sismo estático y dinámico bajo los lineamientos o parámetros por RNE. Se llevó a cabo el diseño para el sistema aporticado bajo norma E.031 para luego ser analizado usando aisladores sísmicos. Finalmente se realizó la comparación con y sin aislamiento de base del proyecto construido. Como resultados obtuvo las aceleraciones al utilizar aisladores de base para un sismo máximo de la aceleración es 0.69. Coincidimos con el autor ya que la estructura en estudio con aisladores se obtuvo una aceleración de 0.20 por lo que se reduce significativamente el daño de la edificación y cumplir con el objetivo de uso de aislamiento sísmico, en conclusión, los resultados fueron más satisfactorios que el sistema dual.

(Maquera, 2019) realiza el análisis del comportamiento dinámico de un hospital, en el cual presenta un primer caso teniendo una edificación con base empotrada, en un segundo caso implementa un aislador de base (LRB) y el tercero como aislamiento usa un dispositivo TPF. En su modelamiento y análisis lo realizó mediante el programa ETABS, en donde buscó evaluar los desplazamientos, fuerzas cortantes y distorsiones en entrepisos. Concluye que el sistema de aislamiento TPF, presenta valores de distorsiones de 0.0015, mientras los aisladores de LRB presentan distorsiones de 0.0035. Discrepamos con el autor ya que

la estructura en estudio con base aislada presenta distorsiones en dirección xx 0.0022 y en dirección yy 0.0021

(Pretell, 2018) busco realizar el análisis comparativo usando aisladores de base, tomando como muestra una edificación multifamiliar de 9 pisos para su evaluación, el modelamiento se utilizó el ETABS según los planos que se tuvieron en cuenta para construirlo, para el análisis se consideró la norma E.030, como resultados el periodo en el nivel 1 fue de 0.42 seg para la estructura con base fija y con aisladores obtuvo un periodo de 2.25 seg. Coincidimos con el autor ya que la estructura en estudio con base fija y con aisladores obtuvimos resultados el periodo en el nivel 1 fue de 0.88 seg para la estructura con base fija y con aisladores obtuvo un periodo de 2.89 seg.

(Angulo, y otros, 2020) realizó la investigación de una estructura mediante el método estático y dinámico, teniendo como principal objetivo específico comparar los desplazamientos máximos de la estructura, una sin disipadores ni aisladores vs con aisladores y disipadores, para este estudio utilizó el software ETABS donde analizó las derivas y deformaciones. Como conclusión tuvo que al utilizar disipadores de tipo fluido viscoso estos reducen en un 78.04% la deformación de la edificación y un 53.29% usando aisladores; todo esto con respecto al desplazamiento máximo original. Discrepamos con el autor ya que la estructura en estudio con base aislada aumenta un 89.85% con relación al desplazamiento máximo original.

(Castillo, y otros, 2020) indica en su investigación realizada sobre el análisis sísmico usando dispositivos de aislamiento en un edificio, en el cual se planteó verificar como es su comportamiento sísmico con y sin aisladores de base, teniendo como resultados en el piso 1 aplicando el combo en dirección xx ICA 2007-WE\_XX Max obtuvo una  $V_x$  410.43 tonf Para el desplazamiento de los dispositivos, se calculó a partir del análisis tiempo historia, obteniendo los siguientes resultados máximos para el Sismo Ica-2007  $U_x$  0.16m. Concluyó que al emplear dispositivos de aislamiento la edificación permite la optimización de las distorsiones en cada piso en un 30%, también se mostró que redujo la fuerza lateral al 53% en eje X, y con un 17% en eje Y. Coincidimos con el autor ya que la

estructura en estudio con aisladores S. DISEÑO \_X\_R1 en el piso 1 aplicando el combo en dirección xx obtuvimos  $V_x$  410.24 tnf.

## VI. CONCLUSIONES

Se concluye que el comportamiento dinámico del edificio multifamiliar, ubicado en el AA.HH. Alto Laredo Mz. A Lt. 18, al implementarse un sistema de aislamiento de base se optimiza de manera significativa puesto que el sistema logra absorber un 93.38% de energía total producida por los diferentes espectros de diseño y registros sísmicos, teniendo como conclusión que es un sistema altamente efectivo al ser usado como protección sísmica.

Al realizar la comparación de distorsiones de la estructura con y sin aisladores de base, se observa que implementar los aisladores LRB y SLIDER hubo una reducción en distorsiones de entre pisos, en donde usando un análisis modal espectral en la estructura con base fija nos deja como distorsión máxima 0.0129, mientras que para el edificio con aisladores (LRB y SLIDER) se tiene una distorsión máxima de 0.0022 con un sismo máximo considerado, estando por debajo del límite de 0.0035 según norma E 0.31. Para un análisis tiempo historia se tiene que en el sismo de Ancash hay una distorsión máxima de 0.0027, en el registro sísmico de Ica 0.0028 y para Lima 0.0044 en donde el límite máximo es de 0.005 según norma E0.31. De esta manera se puede evidenciar la influencia que tiene implementar un sistema de aislamiento de base y como este influye directamente en el comportamiento dinámico de la estructura. Para la determinación se optó por hacer una combinación entre aisladores de alto amortiguamiento y los de bajo amortiguamiento, en el cual se utilizaron los LRB y SLIDER (deslizadores simples) esta combinación nos permitió que la estructura tenga ese amortiguamiento ideal para acercarse lo más posible a nuestro periodo objetivo, de esta manera la estructura tendrá un mejor comportamiento, debido a que a mayor periodo se reduce la pseudo aceleración que llega a la estructura.

Se concluye que la cortante basal que ingresa a la estructura se reduce al momento de implementar los aisladores, pues estos logran amortiguar la



fuerza producida por los espectros de la norma E0.31 y E0.30 en donde inicialmente se tiene una cortante de 455.47 Tonf. con un sismo dinámico, mientras que con un sistema de aislamiento se tiene 78.33 Tonf. Para un sismo dinámico de esa manera se puede observar cómo los aisladores nos permiten tener menores cortantes por ende menores distorsiones.

Se concluye que con la implementación de aisladores de base el desplazamiento absoluto aumenta teniendo un desplazamiento máximo total de 0.322 m., por otro lado, se tiene un desplazamiento relativo máximo de 0.012 m. con base aislada y con base fija 0.037 m. dando como resultado pequeñas distorsiones en el edificio con sistema aislado.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un balance torsional, para estructuras que cuenten con irregularidades, de esta manera poner garantizar un mejor comportamiento de la estructura aislada con la finalidad de evitar rotaciones y distribuir de manera correcta los aisladores, haciendo una combinación entre aisladores de alto amortiguamiento con de caucho natural o deslizadores simples de esta manera se podrá optimizar costos en un proyecto real.
- Se recomienda que para un proyecto se debe usar 7 registros en sus 2 componentes (NS-EW) los cuales se deben hacer espectros compatibles en función del espectro objetivo que indica la norma E0.31. Por otro lado, se recomienda realizar en análisis considerando los dos posibles casos de dirección en el cual el sismo puede llegar, teniendo así que para el registro NS se evaluara al 100% tanto en dirección X como en Y, de esta manera se garantiza que la estructura cumpla los requisitos mínimos para ambos casos.
- Se recomiendo utilizar un sistema de aislamiento en edificaciones de mediana altura, entre 7 a 15 niveles, pues las estructuras que cuentan con mayor altura tienden a tener un periodo más largo, por lo cual no se aprovecha al 100% al sistema de aislamiento de base.
- También se recomienda utilizar un amortiguamiento menor al 30% de lo contrario la estructura se comportará como si estuviera con base fija. Por otro lado, también no debe bajar del 10% pues el sistema será muy flexible y tendrá grandes desplazamientos.
- El análisis económico a corto plazo al emplear aisladores de base indudablemente es más elevado, sin embargo, al realizar el análisis a largo plazo es preferible construir una estructura con un sistema de aislamiento de base, puesto a que nos garantiza la completa operabilidad de la edificación ante sismos con una probabilidad de retorno de 2500 años, por lo tanto, los costos y tiempos de reparación serán menores y van permitir a la edificación pueda continuar con su normal funcionamiento y tiempo de vida útil. De esta manera se compensa el costo de la implementación de aisladores.
- Se recomienda utilizar aisladores de base para los sistemas estructurales de pórticos y dual; de utilizarse con muros estructurales se deber revisar que los aisladores no fallen por tracción.

## REFERENCIAS

**Alva, Rodrigo. 2021.** *Daño sísmico y propiedades modales en estructuras de edificación.* España : s.n., 2021.

**Álvarez, Aldo. 2020.** *Clasificación de las Investigaciones.* Lima : s.n., 2020.

**Angulo, Deniss y Escobedo, Muska. 2020.** *análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo-La Libertad.* Trujillo : s.n., 2020.

**Arias, José y Mitsui, Covinos. 2021.** *Diseño y metodología de la investigación.* Arequipa : s.n., 2021.

**Arias, José y Mitsuo, Covinos. 2021.** *Diseño y metodología de la investigación.* Primera. Arequipa : enfoques consulting Eirl, 2021.

**ASCE. 2019.** *Primer on Seismic Isolation.* Virginia : s.n., 2019.

**ASCE/SEI. 2017.** *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.* Virginia : s.n., 2017.

**Bridgestone. 2017.** *Seismic Isolation Product Line-up.* Tokio : s.n., 2017.

**Bustamante Nuñez, Alexander. 2019.** *propuesta de aislador sísmico para la disipación de energía en el desempeño estructural por desplazamiento en edificaciones-Unach-Chota.* Chiclayo : s.n., 2019.

**Castillo, Giancarlo y Vásquez, Brayan. 2020.** *análisis comparativo del comportamiento sísmico entre una vivienda multifamiliar con y sin aislamiento en la base, en la urbanización.* Trujillo : s.n., 2020.

**Cheng, Franklin, Jiang, Hongping y Lou, Kanyu. 2008.** *Innovative Systems for seismic response control.* London : s.n., 2008.

**Chimbo, Washington. 2022.** *“Análisis Y Diseño De Un Edificio Con Aisladores Sísmicos Utilizando El Programa Etabs”.* Ambato : s.n., 2022.

**FIP, INDUSTRIALE. 2011.** *CURVED SURFACE SLIDERS.* 2011.

**Garrido Chávez, César. 2022.** *comportamiento sísmico de edificios asimétricos con sistemas de aislamiento.* 2022.

**González, Andrux. 2019.** *FORMATECH BIM.* [En línea] 2019. <https://formatechbim.com/blog/metodos-de-disipacion-de-energia-para-estructuras-civiles/>.

**Hernán, Rodas Andrade. 2014.** *Estructuras 1.* 2014.

**Hernández, Sandra y Avila, Danae. 2007.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.* 2007.

**Instituto Geofísico del Perú, (IGP). 2023.** *Registros Acelerométricos.* [En línea] gob.pe, 20 de 05 de 2023. [Citado el: 8 de 06 de 2023.]

<https://www.igp.gob.pe/servicios/aceldat-peru/reportes-registros-acelerometricos>.

**Kelly, James y Dimitrios, Kontantinidis. 2011.** *Mechabics of rubber brearings for seismic and vibration isolation*. New Delhi : s.n., 2011.

**La Rosa, Jhonathan y Giuseppe, Vila. 2019.** *Comportamiento estructural del Edificio Prisma Tower mediante el análisis dinámico no lineal, Lima 2019*. Lima : s.n., 2019.

**La Rosa, Jhonathan y Giuseppe, Villa. 2019.** *Comportamiento estructural del Edificio Prisma Tower mediante el análisis dinámico no lineal, Lima 2019*. Lima : s.n., 2019.

**La Rosa, Jhonathan y Vila, Giuseppe. 2019.** *Comportamiento estructural del Edificio Prisma Tower mediante el análisis dinámico no lineal, Lima 2019*. Lima : s.n., 2019.

**Letona, José. 2018.** *Análisis y diseño de edificio con aisladores sísmicos en Guatemala*. 2018.

**López, Pedro. 2004.** *Población muestra y muestreo*. 2004.

**Maquera, Joel. 2019.** *Evaluación del comportamiento sísmico del Hospital Hipólito*. Lima : s.n., 2019.

**Méndez, Katya. 2022.** *Interacción Suelo Estructura mediante modelo simplificado*. Santiago de Chile : s.n., 2022.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2019.** *NT E031 Aislamiento Sísmico*. Lima : s.n., 2019.

**Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2018.** *E.050 Suelos y Cimentaciones*. Lima : s.n., 2018.

**Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2020.** *E.060*. Lima : s.n., 2020.

**Ministerio de Vivienda, Cosntrucción y Saneamiento. 2018.** *NT E030 Diseño Sismorresistente*. Lima : s.n., 2018.

**Natalia, Agudelo Marín, Enrique, Benavides Castañeda Rafael y Lisset, Díaz López Brenda. 2014.** *análisis y diseño estructural con etabs básico*. Mexico : s.n., 2014.

**Oviedo sarmiento, Ricardo y Villarreal Castro, Genner. 2022.** *Eficiencia de los aisladores elastoméricos en la reducción de la aceleración sísmica en la base de edificaciones de concreto armado sometidos a registros sísmico peruanos*. 2022.

**Pretell, Paul. 2018.** *análisis sismorresistente utilizando aisladores sísmicos en un edificio multifamiliar de 9 pisos en la urb. san andrés distrito de trujillo*. Trujillo : s.n., 2018.

**Quiroz, Laura. 2020.** *análisis comparativo de la Respuesta Estructural de un Edificio de concreto armado con disipadores de energía y aislador sísmico.* Lima : s.n., 2020.

**Rodas, Hernán. 2014.** *Estructuras 1: Apuntes de clase.* s.l. : Universidad de Cuenca, 2014.

**Rodríguez, José. 2021.** *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio multifamiliar implementando aisladores basales, Lima 2021.* Lima : s.n., 2021.

**Rodriguez, Julieth y Camilo, Vega. 2022.** *MANUAL DE USO DEL SOFTWARE ETABS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE.* Bogotá D.C. : s.n., 2022.

**Rosada, Mario. 2018.** *Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos en Guatemala.* 2018.

**SENCICO. 2020.** *NT E.020 Cargas.* Lima : s.n., 2020.

**Structures, Global. 2020.** *Sistemas de aislamiento sísmico en estructuras de edificios.* *Global structures.* [En línea] 15 de 05 de 2020. [Citado el: 16 de 07 de 2023.] [www.tstructures.com](http://www.tstructures.com).

**Yalico, Rafael. 2018.** *análisis comparativo del comportamiento sísmico de un sistema dual frente al modelo con aisladores sísmicos HDR, de un sistema aporticado, del edificio country, ubicado en Nuevo Chimbote.* Chimbote : s.n., 2018.

## ANEXOS

### ANEXO 1

Tabla 1. Matriz de operacionalización de Variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	indicador	Escala de medición
Estructura (Edificio multifamiliar)	(Rodas, 2014) define a la estructura como elementos conectados que tienen funciones de soportar esfuerzos.	Conjunto de elementos unidos entre sí encargados de resistir cargar a gravedad y laterales.	Cortante basal	$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P$	Razón
			desplazamiento	$[U] = [K]^{-1} * [F]$	Razón
Aislador	Es un elemento de alta tecnología que protege a la estructura ante un sismo, ya que permite que se comporte de manera flexible (Detek, 2021)	Un aislador es un dispositivo que tiene capacidad elástica, ya que actúa mitigando la energía liberada en el sismo. Esto permite dar un mejor comportamiento estructural.	tipos de aisladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serie</li> <li>• rigidez inicial</li> <li>• rigidez posterior al límite elástico</li> <li>• resistencia</li> <li>• rigidez equivalente</li> </ul>	Razón

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Tesistas: Perfecto Bernardo, Elibelton Osmer

Vega Salinas, Glariceldy Mavel

<b>FICHA TÉCNICA: SELECCIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b><u>Valorización</u></b>
<b>Proyecto de investigación:</b> Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo – Laredo.	1- De acuerdo 0- No está de acuerdo
<b>POBLACIÓN: UBICACIÓN Y DESCRIPCION GENERAL</b>	
Población	1
Departamento, provincia, distrito.	1
Alto impacto	1
<b>CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA</b>	
Mayor esbeltez en la edificación	1
Número de niveles	1
Importancia	1
<b>PUNTAJE</b>	<b>7</b>

**Anexo 3. Tabla 2. Matriz de consistencia.**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	MARCO TEORICO	DISEÑO METODOLOGICO
¿Cómo es la evaluación del comportamiento dinámico de una estructura de 10 niveles, con y sin aislamiento de base?	realizar la evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles con y sin aislamiento de base.	Para el edificio de 10 niveles con aislamiento y sin aislamiento de base se podría evaluar el comportamiento dinámico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méndez, 2022 en su investigación titulada “Interacción Suelo Estructura mediante modelo simplificado.”</li> <li>• Chimbo, 2022 en su tesis titulada “Análisis Y Diseño De Un Edificio Con Aisladores Sísmicos Utilizando El Programa Etabs”</li> <li>• Rosada, 2018 en su tesis titulada “Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos en Guatemala”</li> <li>• Quiroz, 2020 en su tesis titulada “análisis comparativo de la Respuesta Estructural de un Edificio de concreto armado con disipadores de energía y aislador sísmico”</li> <li>• Yelico, 2018 en su tesis titulada” análisis comparativo del comportamiento sísmico de un sistema dual frente al modelo con aisladores</li> </ul>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACION:</b> Cuantitativo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b> no experimental transversal descriptiva</p> <p><b>POBLACION:</b> todos los edificios de 10 niveles construidas hasta la fecha en el distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, La Libertad.</p>
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA		
¿Cómo determinar el cortante basal de la estructura para diferentes espectros de diseño?	realizar la comparación de distorsiones de un edificio multifamiliar con y sin aislamiento de base	Para el edificio de 10 niveles se podría determinar las distorsiones en cada nivel.		



---

<p>¿Cómo determinar el tipo de aislador de base para una estructura de 10 niveles en función del espectro de diseño?</p>	<p>determinar el cortante basal de la estructura para diferentes espectros de diseño.</p>	<p>para el edificio de 10 niveles se podría determinar las cortantes en para diferentes espectros de diseño.</p>	<p>sísmicos HDR, de un sistema a porticado, del edificio country, ubicado en Nuevo Chimbote”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquera, 2019 en su tesis titulada” Evaluación del comportamiento sísmico del Hospital Hipólito”</li> <li>• Pretell, 2018 en su tesis titulada” análisis sismorresistente utilizando aisladores sísmicos en un edificio multifamiliar de 9 pisos en la urb. san Andrés distrito de Trujillo.”</li> <li>• Angulo y otros, 2020 en su tesis titulada” análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio SKY UP, Trujillo-La Libertad.”</li> <li>• Castillo y otros, 2020 en su tesis titulada” análisis comparativo del comportamiento sísmico entre una vivienda multifamiliar con y sin aislamiento en la base, en la urbanización.”</li> </ul>	<p><b>MUESTRA:</b></p> <p>un edificio de 10 niveles que se encuentra ubicada en AA.HH. Alto Laredo Mz. A Lt. 18</p> <p><b>MUESTREO:</b></p> <p>método no probabilístico usando la Razón.</p>
<p>¿Cómo determinar el máximo desplazamiento de una estructura de 10 niveles, con y sin aislamiento de base?</p>	<p>determinar el máximo desplazamiento de una estructura de 10 niveles con y sin aislamiento de base.</p>	<p>para el edificio de 10 niveles y se podría determinar el máximo desplazamiento</p>		

---

## Anexo4. Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Anexo 4.1: Fichas de observación 1

**Tesistas:** Perfecto Bernardo, Elibelton Osmer

Vega Salinas, Glariceldy Mavel

**Proyecto:** Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo – Laredo.

**Ubicación:** Alto Laredo Mz “A” Lote “18”

**Fecha:**

**Descripción:** Propiedades físicas y mecánicas de los aisladores de base.

**Referencia:** Norma E0.31

Ítem N°	Nombre del aislador de base	Código	Propiedades físicas			Propiedades mecánicas				
			Diámetro externo [mm]	Espesor total de caucho [mm]	Altura total [mm]	Rigidez inicial-K1 (kN/m)	Amortiguamiento efectivo (KN.s/m)	Rigidez efectiva (KN/m)	Relación del amortiguamiento	Resistencia a la fluencia-Fy (KN)
1	LRB	LH085G4	850	5.7	41.31	13323.82	336.28	1345.97	0.0769	132.86
2	SLIDER	FIP-DM	400	--	20.00	41011.36	937.67	107.36	---	41.01

VALIDACION DE INSTRUMENTO		
Apellidos: Henríquez Ulloa Nombres: Juan Paul Edward Título: Inq. Civil Grado: Magister N° Reg. CIP: 118101 Firma: 	Apellidos: Martell Ortiz Nombres: Juan Carlos Título: Inq. Civil Grado: Magister N° Reg. CIP: 153009 Firma:  Juan C. Martell Ortiz MSc. ING. CIVIL R. CIP 153009	Apellidos: Chávez Roncal Nombres: Luis Alberto Título: Inq. Civil Grado: Magister N° Reg. CIP: 74108 Firma: 

### Anexo 4.2: Fichas de observación 3

**Tesistas:** Perfecto Bernardo, Elibelton Osmer

Vega Salinas, Glariceldy Mavel

**Proyecto:** Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Laredo, La Libertad 2023.

**Ubicación:** Alto Laredo Mz "A" Lote "18"

**Fecha:**

**Descripción:** Análisis comparativo del comportamiento dinámico con y sin aisladores de base.

**Referencia:** Norma E0.30 – E0.31

Story	SIN AISLAMIENTO DE BASE						CON AISLAMIENTO DE BASE					
	Cortante (V)		Distorsiones ( $\Delta$ )		Desplazamiento (U)		Cortante (V)		Distorsiones ( $\Delta$ )		Desplazamiento (U)	
	Min. (tnf)	Máx. (tnf)	Min.	Máx.	Min. (cm)	Máx. (cm)	Min. (tnf)	Máx. (tnf)	Min.	Máx.	Min. (cm)	Máx.(cm)
10	92.22	82.98	0.0076	0.0077	0.172	0.182	25.12	50.17	0.0010	0.0023	0.265	0.433
9	168.67	166.24	0.0085	0.0090	0.159	0.169	50.99	101.84	0.0012	0.0031	0.260	0.425
8	227.61	240.21	0.0094	0.0104	0.145	0.155	74.88	149.54	0.0014	0.0036	0.255	0.417
7	275.79	303.43	0.0100	0.0116	0.128	0.137	96.76	193.24	0.0016	0.0040	0.249	0.408
6	316.56	356.18	0.0103	0.0126	0.109	0.117	117.25	234.15	0.0018	0.0043	0.242	0.397
5	353.20	398.76	0.0100	0.0131	0.088	0.095	136.16	271.93	0.0020	0.0045	0.235	0.386
4	386.54	431.55	0.0090	0.0130	0.066	0.072	153.94	307.43	0.0021	0.0045	0.227	0.373
3	414.97	454.98	0.0070	0.0121	0.045	0.048	171.10	341.71	0.0020	0.0041	0.220	0.361
2	436.61	469.63	0.0032	0.0097	0.024	0.026	188.20	375.87	0.0019	0.0039	0.213	0.349
1	446.60	476.31	0.0076	0.0046	0.008	0.008	205.83	411.06	0.0012	0.0024	0.265	0.339

VALIDACION DE INSTRUMENTO		
Apellidos: Henriquez Ulloa Nombres: Juan Paul Edward Título: Inq. Civil Grado: Magister N° Reg. CIP: 118101 Firma: 	Apellidos: Martell Ortiz Nombres: Juan Carlos Título: Inq. Civil Grado: Magister N° Reg. CIP: 153009 Firma:  Juan C. Martell Ortiz MSc. ING. CIVIL R. CIP 153009	Apellidos: Chávez Roncal Nombres: Luis Alberto Título: Inq. Civil Grado: Magister N° Reg. CIP: 74108 Firma: 

## **Anexo 5. CALCULOS Y CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA:**

### **1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO:**

- Descripción del proyecto:

El edificio se encuentra ubicado en el AAHH Alto laredo Mz A Lt 18, en el distrito de Laredo, Provincia Trujillo, Departamento La Libertad. Cuenta con: 10 niveles destinado a departamentos. El predio cuenta con un total de 358.5 m<sup>2</sup> de los cuales se considera un área techada de 240 m<sup>2</sup> los departamentos cuentan con distribución similar que consta de: 1 sala comedor, 2 dormitorios con baño compartido, 1 dormitorio con baño privado y 1 cocina.

#### a) Consideraciones Generales de Diseño:

- Estudio de suelos: se realizó un estudio de mecánica de suelos, bajo los lineamientos de la norma E.050, obteniendo como resultado:

La condición del suelo es grava arenosa bien graduada con arena, capacidad admisible = 1.41 kg/cm<sup>2</sup> y la profundidad mínima de cimentación es de 1.50 m

- Características y propiedades de los materiales

1. Para el concreto se aplicará una resistencia de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, para el módulo de la elasticidad se empleará la fórmula 8.3 de la E 0.60.

$$E_c = 15000\sqrt{f'c}$$

módulo de Poisson =0.20

2. Para el acero de refuerzo, se respetará lo establecido en la norma E060, por lo que se emplearán acero de refuerzo de Grado 60, con un esfuerzo de fluencia  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>, módulo de la elasticidad  $E=2'000,000$  kg/cm<sup>2</sup>,  $\gamma=7.85$  tonf/m<sup>3</sup> y con una deformación inicial de la fluencia = 0.001

#### b) Normas usadas para el análisis y diseño del presente proyecto:

- Metrado de cargas (Norma E.020)
- Diseño sismorresistente (Norma E.030)
- Suelos y cimentaciones (Norma E.050)
- Concreto armado (Norma E.060)

- Norma técnica E 0.31
- ASCE/SEI 2017.
- c) Consideraciones des estructuración para el edificio en mención:
  - En un inicio se consideró un sistema estructural para la edificación de porticado en la dirección X & Y ya que se cuenta con poca simetría en la arquitectura planteada.
  - El criterio para colocar L, fue para controlar que la edificación no tenga torsión extrema, debido a que la norma E 0.31 no permite irregularidad extrema en edificios de categoría C en la zona 4. Las cuales fueron distribuidas en las esquinas buscando que siempre prevalezca la simetría, de esta manera evitar excentricidades.
  - En la dirección X-X notamos que no se pueden colocar placas tan largas como en YY, pero se pueden habilitar varias placas de menor longitud, como por ejemplo en los ejes 3 y 4 y así aportar a la rigidez lateral del edificio. Además, donde la arquitectura lo permita, se colocan columnas para transmitir las cargas verticales.
  - Para las vigas en la edificación que forman pórticos con placas y columnas, se debe de priorizar vigas a peraltadas siempre y cuando la arquitectura lo permita. Para el caso de tabiquería paralela a la losa aligerada se debe de colocar vigas chatas para que transfieran las cargas a las vigas principales.
  - Para los techos se empleará losas aligeradas de 20 y 25 cm. armadas en una dirección. Se opto por colocar losas macizas de 20cm, por motivos de instalaciones sanitarias las cuales estarán embebidas en ellas.

### 1.1. Predimensionamiento de elementos estructurales:

#### a) Losa aligerada:

Para poder Predimensionar losas aligeradas tendremos en cuenta el RNE y las teorías sobre espesores típicos y luces máximas aplicables a losas aligeradas en una dirección.

Tabla 3. *Espesores típicos y luces recomendables*

h (m)	Peso propio aproximado (kg/m <sup>2</sup> )	Luces máximas recomendadas
-------	---	----------------------------

<b>0.17</b>	280	$ln \leq 4$
<b>0.20</b>	300	$4 \leq ln \leq 5$
<b>0.25</b>	350	$5 \leq ln \leq 6.5$
<b>0.30</b>	420	$6 \leq ln \leq 7.5$

*Fuente: Luna, J. 2023*

En el proyecto se optó por colocar losas de 25 cm y 20 cm debido que existen luces mayores a 5 m.

b) Predimensionamiento de losa maciza

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

Para el edificio en mención, se tiene losas macizas, en todos los pisos, solo en donde existes conexiones sanitarias, las cuales tiene una luz critica de 5.10 m.

$$h = \frac{5.10}{40} = 0.13$$

Se optó por considerar un espesor de 20 cm. para todas las losas macizas, aun para aquellas que trabajen en una sola dirección y que presentan secciones menores, debido a una exigencia constructiva.

c) Predimensionamiento de vigas:

Según la norma E-0.60 menciona en el artículo 21.5 requisitos para las vigas de los edificios con sistemas sismorresistentes a fuerzas laterales de pórticos. En el inciso 1.2 recomienda que la luz libre del elemento  $l_n$  no debe ser menor que cuatro veces su peralte. Por otro lado, el Ing. Antonio Blanco (1994) recomienda considerar un peralte entre 1/10 y 1/12 de la luz libre ( $l_n$ ). En cuanto al ancho de las vigas la Norma E.060 en su artículo 21.5.1.3 indica que ésta no debe ser menor de 0.25 veces el peralte ni de 25 cm.

$$\text{Base } (b) = \frac{h}{2} \text{ ó } \frac{h}{3} ; \geq 25\text{cm. Según E.060}$$

Para el proyecto se consideró 3 tipos de vigas siendo V-1 en dirección Y la viga principal en la cual se apoyan las losas, V-2 la viga secundaria en dirección X la cual en su mayoría no recibe cargas, de esa manera se optó por un peralte menor. La V-3 se consideró de la misma altura de losa, es una viga de confinamiento para los bordes de los voladizos.

Tabla 4. *Predimensionamiento de vigas.*

Elemento	Ln	Ln/11	h	b/2
V-1	4.75	0.43	0.50	0.30
V-2	4.40	4.40	0.40	0.25
V-3	---	---	0.20	0.25

d) Predimensionamiento de columnas

Para poder dimensionar debemos tener en consideración los dos efectos, la carga axial y el momento flector, en que son sometidas las columnas para así poder evaluar cuál de los efectos mencionados predominan con mayor influencia en el dimensionamiento

Se tendrán en cuenta el peso de servicio que la norma E.030 nos indica. Para nuestro proyecto, se analizará y diseñará como una edificación común, con una categoría

Tabla 5. *Pesos por m2 en edificios de concreto armado.*

<i>P =</i>	<i>1500</i>	<i>Kg/m2</i>	<i>Cat. A</i>
<i>P =</i>	<i>1250</i>	<i>Kg/m2</i>	<i>Cat. B</i>
<i>P =</i>	<i>1000</i>	<i>Kg/m2</i>	<i>Cat. C</i>

Para el predimensionamiento de columnas centrales se usó la siguiente fórmula (Blanco,1994).

$$\text{Area de la columna} = \frac{P. \text{servicio}}{0.45f'c}$$

para columnas esquineras y laterales se usó la siguiente expresión:

$$\text{Area de la columna} = \frac{P. \text{servicio}}{0.35f'c}$$

Con referencia a las columnas rectangulares que formen parte del sistema sismorresistente, la Norma E.060 en su artículo 21.6.1.2, menciona que la medida de su lado menor tendrá como mínimo 25 cm.

Tabla 6. *Predimensionamiento de columnas.*

Numeración	Área Tributaria m <sup>2</sup>	f'c kg/m <sup>2</sup>	N. P	P. servicio kg	Acol. Diseñada cm <sup>2</sup>	Dimensiones Finales		A. Col. final
						a (cm)	b (cm)	
C-1	25 m <sup>2</sup>	280	10	1000	1984	40	60	2400
C-2	12 m <sup>2</sup>	280	10	1000	1224.48	30	50	1500

La tabla muestra los resultados luego de seguir los criterios antes mencionado, estas dimensiones son una aproximación.

e) Predimensionamiento de placas

La Norma E.060 brinda indicaciones para determinar las dimensiones de las placas.

- El artículo 21.9 inciso 3.2 menciona que el espesor de los muros de corte no debe de ser menor de 1/25 de la altura de los elementos que le proporcionan apoyo lateral, ni menor de 15 cm.
- El artículo 21.9 inciso 3.4 menciona que las placas que se convierten en muros de contención en los sótanos, se deberán considerar como mínimo 20 cm de espesor.

En el caso que las vigas tengan 25 cm de anchos en los pórticos principales, las placas deben de tener el mismo ancho de la viga para un óptimo anclaje

$$e(\text{min}) = \frac{3}{25} = 0.12m$$



para el presente proyecto se consideró placas de espesor 0.25 m para un mejor anclaje con las vigas.

f) Predimensionamiento de la escalera:

En nuestro edificio tenemos una sola escalera ubicada a lado del ascensor y que va desde el primer nivel hasta el décimo. Los descansos intermedios deben tener en la línea de pasos una longitud mínima de 0.90 m. Para la losa de descanso adoptaremos una longitud de 1.2 m.

un espesor de 20 cm y la garganta de 15 cm. Teniendo una longitud promedio específica de 18 cm. Que el espesor que se tomara para el modelado en Etabs

Para el caso del semisótano para inspección de aisladores:

- Altura del semisótano: se consideró una altura libre de 1.8 m cumpliendo con lo especificado en la norma E 0.31.

## 1.2. Metrado de cargas:

La Norma E.020 en su artículo 2 define los tipos de carga de gravedad:

- Carga muerta: “Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes”. (p.1)
- Carga viva: “Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación”. (p.1)

a) Metrado de cargas en losas aligeradas: se realizó mediante el software Etabs en donde se le asignó las sobrecargas muerta y viva según lo indica la norma E 0.20, por otro lado, se realizó la comprobación de peso por m<sup>2</sup> no sea menor 1 tonf. Para estructuras de concreto armado.

La carga muerta para la losa aligerada:

- Peso propio de losa aligerada = 300 kg/m<sup>2</sup>

- Piso terminado = 100 kg/m<sup>2</sup>
- Tabiquería = 150 kg/m<sup>2</sup>
- Carga Muerta = 550 kg/m<sup>2</sup>

Tabla 7. Cargas vivas mínimas requeridas.

CARGAS VIVAS MÍNIMAS REQUERIDAS		
OCUPACIÓN	CARGAS REPARTIDAS	
	kPa	kgf/m <sup>2</sup>
Vivienda	2 kPa	200 kgf/m <sup>2</sup>
Barandas	0.3 Kpa	30 kgf/m <sup>2</sup>
Corredores y escaleras	2 kPa	200 kgf/m <sup>2</sup>
Piso terminado	1 kPa	100 kgf/m <sup>2</sup>
garaje	2.5 kPa	250 kgf/m <sup>2</sup>
Azotea	1 kPa	100 kgf/m <sup>2</sup>

### 1.3. Parámetros normativos para el análisis de con base fija y con aislamiento de base.

#### 1.3.1. Con base fija:

- Peligro sísmico
  - Factor de zona (Z): el proyecto se encuentra ubicado en una zona 4 según la clasificación de la NTP 0.30 en su figura 1. Teniendo un  $Z=0.45$
  - Perfil de suelo: para esto se realizó un estudio de mecánica de suelos **ver anexo** en donde:

Tabla 8. Parámetros sísmicos según EMS.

Parámetros sísmicos	Perfil	Tp	TL	S
Laredo	S2	0.6	2.00	1.05

- Factor de amplificación sísmica:
- Categoría de edificación: la norma E0.30 en su tabla N°05 clasifica a viviendas como edificaciones comunes,  $U=1.0$ .

- Coeficiente de reducción de fuerzas sísmica: está dado por la siguiente formula:  $R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$
- Coeficiente de básico de Reducción: para un sistema de muros estructurales  $R_o=6$
- Factor  $I_a$ : irregularidades estructurales en altura, se obtendrá según lo especifica la tabla N°10 de la E0.30
- Factor  $I_p$ : irregularidades estructurales en planta, se obtendrá según lo especifica la tabla N°10 de la E0.30
- Sistema estructural:
  - Pórticos: son los cuales las columnas absorben un 80% de la fuerza cortante.
  - Muros estructurales: son los que absorben al menos 70% de la fuerza cortante.
  - Dual: cuando los muros absorben entre un 20% a 70% de fuerza cortante.
- Peso sísmico: será obtenido siguiendo los lineamientos del art. 26 de la norma E0.30, donde indica que para edificaciones de categoría C, se toma el 100% Carga muerta y un 25 Carga viva.
- Procedimiento de análisis: para el análisis sismorresistente se empleará los siguientes métodos de análisis:
  - Análisis estático: consiste en hallar una corte basal que está dada por la siguiente ecuación:

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

En donde C/R debe ser igual o mayor a 0.11

Para la distribución de fuerzas se empleará la siguiente ecuación:

$$F_i = \alpha_i * V$$

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

$$T \leq 0.5; \text{ entonces } K = 1$$

$$T \geq 0.5; \text{ entonces } K = (0.75 + 0.5T) \leq 2$$

- Análisis dinámico modal espectral: para el análisis modal se realizó con el apoyo del software ETABS, en donde podemos se consideró 30 modos de vibración, para los resultados de distorsiones se usó la metodología SSRRS, para la aceleración espectral se utilizó la siguiente formula de la norma E0.30

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

#### 1.4. Análisis estructural de edificio con base fija:

##### 1.4.1. Propiedades mecánicas de materiales usados:

Figura 16. *Propiedades del concreto*

The image shows a screenshot of the 'Material Property Data' dialog box in ETABS software. The dialog is titled 'Material Property Data' and contains several sections for defining material properties:

- General Data:**
  - Material Name: Concreto Fc=280kg/cm²
  - Material Type: Concrete
  - Directional Symmetry Type: Isotropic
  - Material Display Color: (Color selection box) Change...
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
  - Specify Weight Density (selected) / Specify Mass Density
  - Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
  - Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴
- Mechanical Property Data:**
  - Modulus of Elasticity, E: 2509980.08 tonf/m²
  - Poisson's Ratio, U: 0.2
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000055 1/F
  - Shear Modulus, G: 1045825.03 tonf/m²
- Design Property Data:**
  - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
  - Nonlinear Material Data...
  - Material Damping Properties...
  - Time Dependent Properties...
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:**
  - Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) (selected)
  - User Specified: (Empty text box)

At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 17. Propiedades del acero de refuerzo

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: Acero fy=4200kg/cm<sup>2</sup>

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color:   Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density     Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000065 1/F

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data...    Material Damping Properties...    Time Dependent Properties...

OK    Cancel

#### 1.4.2. Configuración de elementos estructurales en Etabs:

Figura 18. Columna C-1

**Frame Section Property Data**

**General Data**

Property Name: C-1=40x60cm

Material: Concreto Fc=280kg/cm<sup>2</sup>

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.6 m

Width: 0.4 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...    Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK    Cancel

Figura 19. Columna C-2

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C-2=30x50cm

Material: Concrete  $f_c=280\text{kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.3 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Figura 20. Viga V-1 (0.25x0.50)

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: V-1=25x50cm

Material: Concrete  $f_c=280\text{kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Figura 21. Viga V-2 (0.25x0.40)

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: V-2=25x40

Material: Concreteo f<sub>c</sub>=280kg/cm<sup>2</sup>

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.4 m

Width: 0.25 m

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers: Currently Default

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Figura 22. Viga V-3 (0.25x0.20)

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: V-25x20cm

Material: Concreteo f<sub>c</sub>=280kg/cm<sup>2</sup>

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.2 m

Width: 0.25 m

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers: Currently Default

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Figura 23. Muros estructurales.

**Wall Property Data**

**General Data**

Property Name: M ascensor=25cm

Property Type: Specified

Wall Material: Concreto  $f_c=280\text{kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color:   Change...

Property Notes: Modify/Show...

**Property Data**

Thickness: 0.25 m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Figura 24. Losa aligerada de 25 cm

**Slab Property Data**

**General Data**

Property Name: L. Aligerada=25cm

Slab Material: Concreto  $f_c=280\text{kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color:   Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

Type: Ribbed

Overall Depth: 0.25 m

Slab Thickness: 0.05 m

Stem Width at Top: 0.1 m

Stem Width at Bottom: 0.1 m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m

Rib Direction is Parallel to: Local 1 Axis

OK Cancel



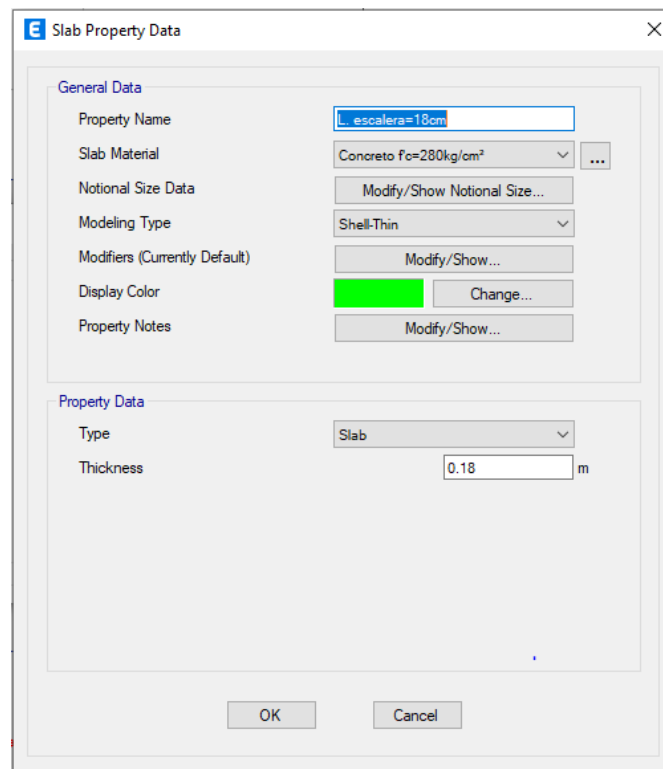
Figura 25. Losa aligerada de 20 cm

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes: Property Name (Aligerada=20cm), Slab Material (Concreto  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ ), Notional Size Data (Modify/Show Notional Size...), Modeling Type (Membrane), Modifiers (Currently Default) (Modify/Show...), Display Color (cyan, Change...), and Property Notes (Modify/Show...). The checkbox 'Use Special One-Way Load Distribution' is checked. The 'Property Data' section includes: Type (Ribbed), Overall Depth (0.2 m), Slab Thickness (0.05 m), Stem Width at Top (0.1 m), Stem Width at Bottom (0.1 m), Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction) (0.4 m), and Rib Direction is Parallel to (Local 1 Axis). Buttons for OK and Cancel are at the bottom.

Figura 26. Losa maciza de 20cm

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes: Property Name (L. maciza=20cm), Slab Material (Concreto  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ ), Notional Size Data (Modify/Show Notional Size...), Modeling Type (Membrane), Modifiers (Currently Default) (Modify/Show...), Display Color (blue, Change...), and Property Notes (Modify/Show...). The checkbox 'Use Special One-Way Load Distribution' is unchecked. The 'Property Data' section includes: Type (Slab) and Thickness (0.2 m). Buttons for OK and Cancel are at the bottom.

Figura 27. Losa de escalera 18 cm



### 1.4.3. Cargas:

#### ➤ Carga muerta:

- Tabiquería = 150 kg/m<sup>2</sup>
- Acabados= 100 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de losa 20 cm=300 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de losa 25 cm= 350 kg/m<sup>2</sup>

#### ➤ Cargas vivas:

- Sobre carga en viviendas= 200 kg/m<sup>2</sup>
- Pasillos y corredores en viviendas= 200 kg/m<sup>2</sup>
- Carga viva en azotea= 100kg/m<sup>2</sup>

**1.4.4. Modelado del edificio:** el modelado y/o idealización del edificio se hizo en el software Etabs, para luego realizar el análisis sísmico según lo estipulado por la norma E 0.30

Figura 28. Modelo estructural de la edificación en ETABS.

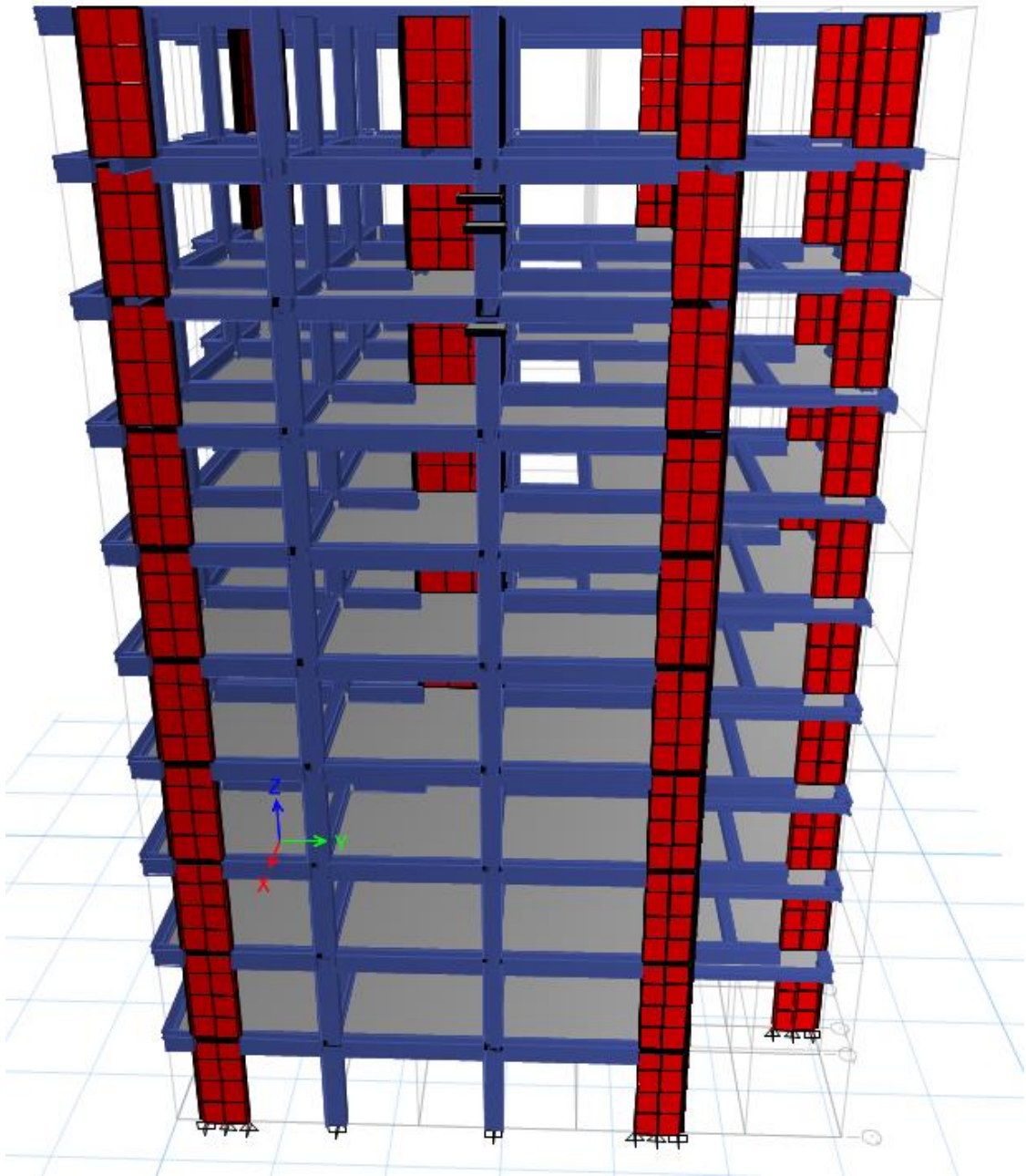


Figura 29. Vista en planta del primer nivel.

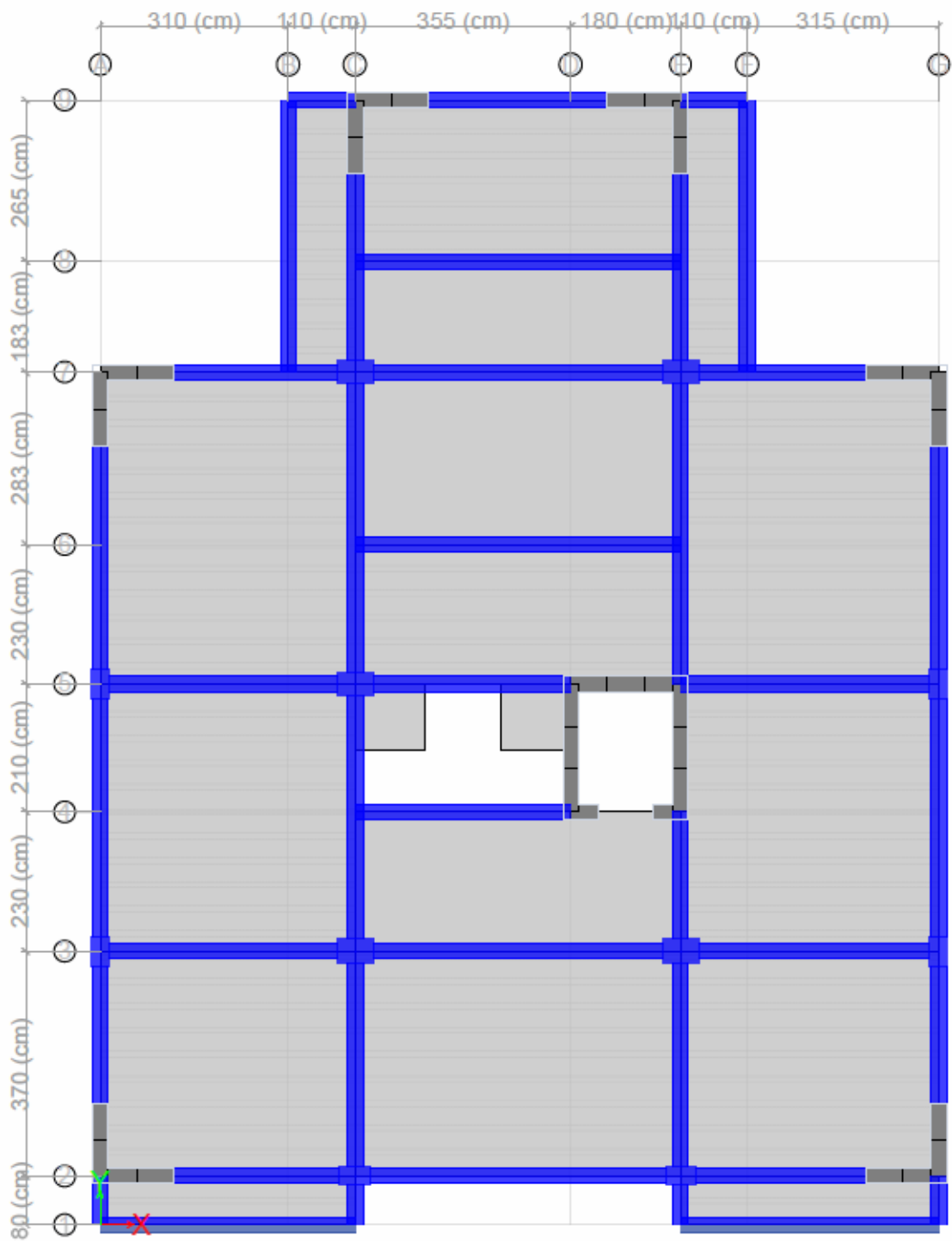
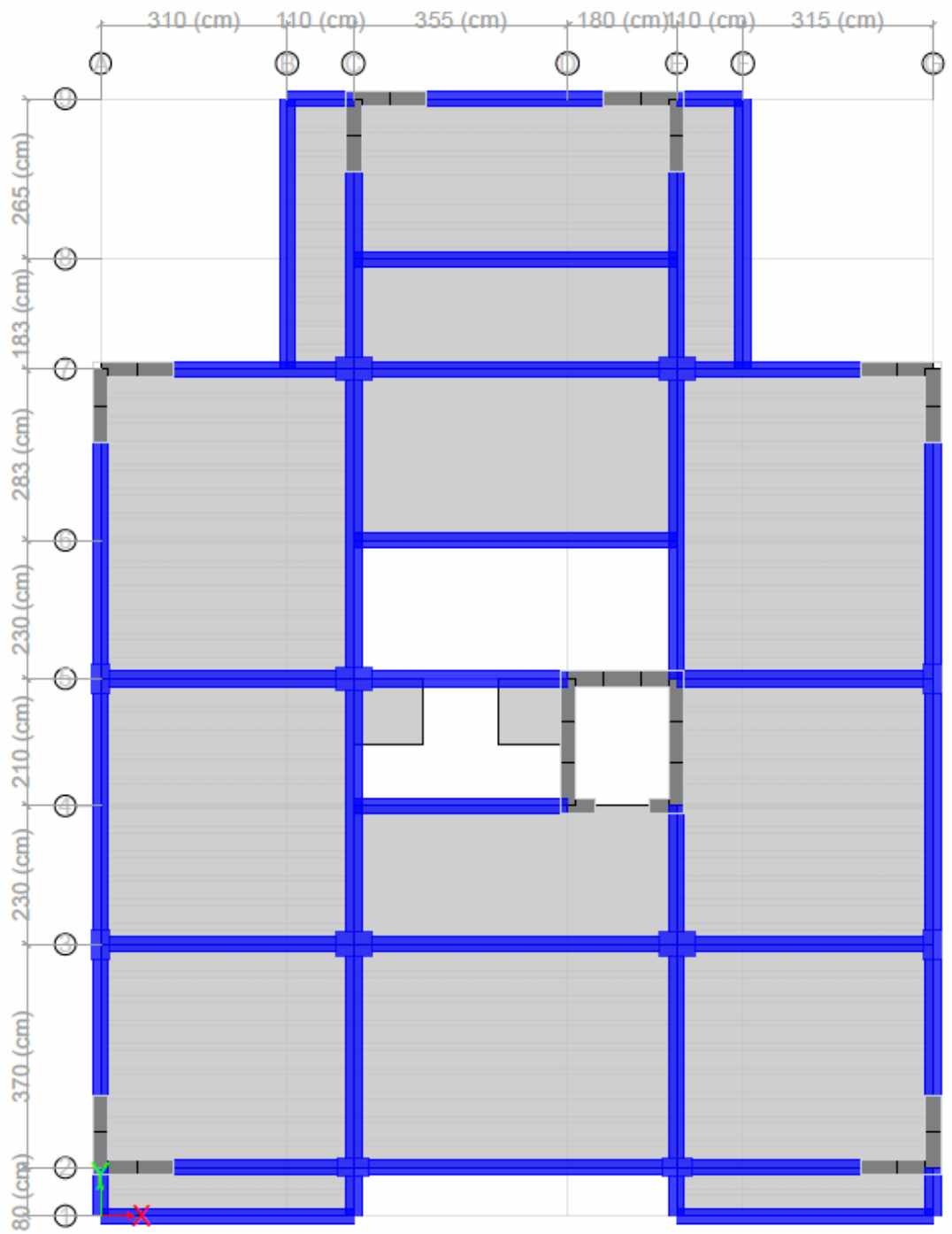


Figura 30. Vista en planta de nivel atípico.



#### 1.4.5. Análisis estático:

- Peso sísmico: considerando: 1CM+0.25CV

Tabla 9. *Peso sísmico*

<b>PESO SISMICO SEGÚN-0.30</b>				
<b>Nivel</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Masa (tonf-s<sup>2</sup>/m)</b>	<b>Peso (tonf)</b>	<b>P/A (*) (tonf/m2)</b>
PISO 10	214	26.43	259.27	1.2
PISO 9	214	26.43	259.27	1.2
PISO 8	214	26.43	259.27	1.2
PISO 7	214	26.43	259.27	1.2
PISO 6	214	26.43	259.27	1.2
PISO 5	214	26.43	259.27	1.2
PISO 4	214	26.43	259.27	1.2
PISO 3	214	26.43	259.27	1.2
PISO 2	214	26.43	259.27	1.2
PISO 1	230	26.49	259.91	1.1
		<b>P total (tonf)</b>	<b>2593.34</b>	

- Parámetros sísmicos:

$$Z=0.45$$

$$U=1$$

$$S=1.05$$

C= está dado por:

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

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

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

Donde:

$$T_p = 0.60$$

$$T_L = 2.00$$

- Periodos obtenidos del software Etbas:

$$T_x = 0.869 \quad ; \quad T_y = 0.81$$

Tabla 10. Periodos en estructura con base fija.

PERIODOS												
TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX
		sec										
Modal	1	0.869	0.7133	0.002	0	0.7133	0.002	0	0.0006	0.2562	0.033	0.0006
Modal	2	0.811	0.006	0.7279	0	0.7193	0.7299	0	0.2464	0.0022	0.0257	0.247
Modal	3	0.692	0.0288	0.0285	0	0.7481	0.7584	0	0.0107	0.0106	0.7013	0.2577
Modal	4	0.251	0.1181	0.0034	0	0.8661	0.7617	0	0.0126	0.3823	0.0082	0.2704
Modal	5	0.24	0.0061	0.1114	0	0.8723	0.8731	0	0.4035	0.0203	0.0035	0.6739
Modal	6	0.204	0.0063	0.007	0	0.8786	0.8801	0	0.0228	0.0213	0.1056	0.6966
Modal	7	0.123	0.0378	0.0074	0	0.9164	0.8875	0	0.0145	0.0761	0.0056	0.7111
Modal	8	0.119	0.011	0.0382	0	0.9273	0.9257	0	0.0748	0.0219	0.0008	0.786
Modal	9	0.101	0.0032	0.0037	0	0.9305	0.9294	0	0.0074	0.0062	0.0432	0.7933
Modal	10	0.074	0.0203	0.0042	0	0.9509	0.9336	0	0.0125	0.0598	0.0032	0.8058
Modal	11	0.071	0.0058	0.0213	0	0.9567	0.9549	0	0.0632	0.017	0.0005	0.869
Modal	12	0.06	0.0015	0.0021	0	0.9582	0.957	0	0.0062	0.0044	0.0246	0.8752
Modal	13	0.05	0.0135	0.0015	0	0.9717	0.9585	0	0.0041	0.0367	0.0016	0.8793
Modal	14	0.048	0.0021	0.0141	0	0.9738	0.9727	0	0.0382	0.0058	0.0005	0.9175
Modal	15	0.039	0.0006	0.0012	0	0.9745	0.9739	0	0.0034	0.0017	0.0157	0.9209
Modal	16	0.036	0.0092	0.0006	0	0.9837	0.9745	0	0.0018	0.0282	0.0008	0.9227
Modal	17	0.034	0.0008	0.0096	0	0.9846	0.984	0	0.029	0.0026	0.0004	0.9517
Modal	18	0.028	0.0015	0.0001	0	0.9861	0.9841	0	0.0003	0.0045	0.008	0.9519
Modal	19	0.028	0.005	0.0009	0	0.9911	0.9851	0	0.0028	0.0149	0.0028	0.9547
Modal	20	0.026	0.0004	0.0064	0	0.9915	0.9914	0	0.0188	0.0012	0.0003	0.9735
Modal	21	0.023	0.004	0.0001	0	0.9955	0.9915	0	0.0004	0.0124	0.0004	0.9739
Modal	22	0.021	0.0003	0.0007	0	0.9958	0.9922	0	0.002	0.0009	0.0065	0.9759
Modal	23	0.021	0.0003	0.0039	0	0.9961	0.9961	0	0.0121	0.0008	0.0004	0.988
Modal	24	0.019	0.0024	0.0001	0	0.9985	0.9962	0	0.0002	0.0074	0.0001	0.9883
Modal	25	0.018	0.0001	0.0026	0	0.9986	0.9987	0	0.0078	0.0003	0.00004969	0.9961
Modal	26	0.017	0.0001	0.0001	0	0.9987	0.9989	0	0.0004	0.0003	0.0043	0.9965
Modal	27	0.017	0.001	0.0001	0	0.9997	0.9989	0	0.0002	0.0033	0.00003155	0.9966
Modal	28	0.016	0.0000467	0.001	0	0.9998	0.9999	0	0.003	0.0001	0.00002581	0.9996
Modal	29	0.014	0.0002	0.0001	0	0.9999	1	0	0.0003	0.0005	0.0023	0.9999
Modal	30	0.013	0.0001	0.0000278	0	1	1	0	0.0001	0.0002	0.0007	1

$$R = Ro \cdot Ia \cdot Ip$$

- Irregularidades estructurales en planta:

Tabla 11. Irregularidad torsional dirección X

TABLE: Story Max Over Avg Drifts						
Story	Output Case	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
PISO 10	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.017638	0.014763	1.195
PISO 9	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.020497	0.01707	1.201
PISO 8	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.023617	0.01957	1.207
PISO 7	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.026477	0.021848	1.212
PISO 6	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.028683	0.02358	1.216
PISO 5	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.029894	0.02448	1.221
PISO 4	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.029687	0.024204	1.227
PISO 3	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.027427	0.022258	1.232
PISO 2	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.021976	0.017759	1.237
PISO 1	SDX-DERIVAS-0.85R	Max	X	0.010865	0.008824	1.231
				Máximo Ratio=		1.24
						REGULAR

Tabla 12. Irregularidad torsional dirección Y

TABLE: Story Max Over Avg Drifts						
Story	Output Case	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
PISO 10	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.016188	0.014857	1.09
PISO 9	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.018119	0.016744	1.082
PISO 8	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.020343	0.018928	1.075
PISO 7	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.022424	0.020943	1.071
PISO 6	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.023974	0.022455	1.068
PISO 5	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.024634	0.02314	1.065
PISO 4	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.024003	0.022622	1.061
PISO 3	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.021568	0.020385	1.058
PISO 2	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.016636	0.015726	1.058
PISO 1	SDY-DERIVAS-0.85R	Max	Y	0.008134	0.007689	1.058
				Máximo Ratio=		1.09
						REGULAR

Tabla 13. Irregularidad por esquinas entrantes.

IRREGULARIDAD POR ESQUINAS ENTRANTES					
DIRECCION X-X			DIRECCION Y-Y		
Lx=	14	m	LY=	18	m
a=	6.3	m	b=	4.45	m
20%Lx=	2.8	m	20%Ly=	3.6	m
<b>SI</b>			<b>SI</b>		



-Irregularidad estructural en planta.

Tabla 14. Irregularidad por piso blando en dirección X

IRREGULARIDAD POR PISO BLANDO DIRECCION-X									
Nivel	Output Case	VX (tonf)	UCMx (m)	ΔCMx (m)	KIa(tonf/m)	70%K*Ps		80%Kpro	
PISO 10	SDX	51.5638	0.0441	0.0034	15011.30			NO	12009.04
PISO 9	SDX	104.1316	0.0407	0.0038	27096.44	10507.91		NO	12009.04
PISO 8	SDX	147.4362	0.0369	0.0044	33462.60	18967.50		NO	16843.09
PISO 7	SDX	183.917	0.0325	0.0049	37335.97	23423.82		NO	20152.09
PISO 6	SDX	214.8809	0.0275	0.0053	40338.07	26135.18		NO	26105.33
PISO 5	SDX	241.1027	0.0222	0.0055	43528.20	28236.65		NO	29636.44
PISO 4	SDX	262.7337	0.0167	0.0055	47909.14	30469.74		NO	32320.60
PISO 3	SDX	279.4508	0.0112	0.0051	55325.84	33536.39		NO	35140.11
PISO 2	SDX	290.5984	0.0061	0.0041	71717.28	38728.09		NO	39136.85
PISO 1	SDX	296.097	0.0021	0.0021	142559.94	50202.09		NO	46653.93

Tabla 15. Irregularidad por piso blando en dirección Y

IRREGULARIDAD POR PISO BLANDO DIRECCION-Y									
Nivel	Output Case	VX (tonf)	UCMx (m)	ΔCMx (m)	KIa(tonf/m)	70%K*Ps		80%Kpro	
PISO 10	SDY	4.3022	0.0443	0.0036	1208.14			NO	966.52
PISO 9	SDY	9.2013	0.0407	0.0040	2305.51	845.70		NO	966.52
PISO 8	SDY	13.6455	0.0367	0.0045	3024.27	1613.86		NO	1405.46
PISO 7	SDY	17.5994	0.0322	0.0050	3510.05	2116.99		NO	1743.45
PISO 6	SDY	20.9612	0.0272	0.0054	3879.55	2457.04		NO	2357.29
PISO 5	SDY	23.6668	0.0218	0.0056	4233.02	2715.68		NO	2777.03
PISO 4	SDY	25.6965	0.0162	0.0055	4687.43	2963.11		NO	3099.36
PISO 3	SDY	27.0653	0.0107	0.0050	5458.91	3281.20		NO	3413.33
PISO 2	SDY	27.8511	0.0058	0.0039	7234.05	3821.24		NO	3834.50
PISO 1	SDY	28.1647	0.0019	0.0019	14815.73	5063.84		NO	4634.77

Tabla 16. Irregularidad de diafragmas.

DISCONTINUIDAD DE DIAFRAGMAS			
AREA TOTAL=	214	m <sup>2</sup>	50%Area Total= 107
AREA LIBRE=	12.46		NO

Se puede apreciar que solo existe irregularidad de esquinas entrantes para ambas direcciones de análisis.

$$R_x = 6 * 0.9 * 1 = 5.4$$

$$R_y = 6 * 0.9 * 1 = 5.4$$

$$P = 2128.91 \text{ tonf}$$

- Cortante basal en X, Y

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 1.73 * 1.05}{5.4} * 2128.91 = 391.69 \text{ Tonf.}$$

$$V_y = \frac{0.45 * 1 * 1.85 * 1.05}{5.4} * 2128.91 = 419.70 \text{ Tonf.}$$

Distribución de fuerzas:

Tabla 17. *Distribución de fuerzas estáticas en dirección X*

<b>Distribución de Fuerzas Estáticas XX en Altura</b>					
<b>Nivel</b>	<b>hi (m)</b>	<b>Pi (tonf)</b>	<b>Pi hi^k</b>	<b>ai</b>	<b>Fi x-x (tonf)</b>
PISO 1	3	259.91	954.93	0.0136	5.310
PISO 2	5.85	259.27	2101.11	0.0298	11.683
PIOS 3	8.7	259.27	3362.12	0.0477	18.694
PISO 4	11.55	259.27	4703.07	0.0668	26.150
PISO 5	14.4	259.27	6107.08	0.0867	33.957
PISO 6	17.25	259.27	7563.62	0.1074	42.056
PISO 7	20.1	259.27	9065.44	0.1287	50.406
PISO 8	22.95	259.27	10607.18	0.1506	58.979
PISO 9	25.8	259.27	12184.75	0.1730	67.750
PISO 10	28.65	259.27	13794.85	0.1958	76.703
Total=			<b>70444.14</b>	<b>1.00</b>	<b>391.69</b>

Tabla 18. *Distribución de fuerzas estáticas en dirección Y*

<b>Distribución de Fuerzas Estáticas YY en Altura</b>					
<b>Nivel</b>	<b>hi (m)</b>	<b>Pi (tonf)</b>	<b>Pi hi<sup>k</sup></b>	<b>αi</b>	<b>Fi x-x (tonf)</b>
PISO 1	3	259.91	954.93	0.0136	5.689
PISO 2	5.85	259.27	2101.11	0.0298	12.518
PIOS 3	8.7	259.27	3362.12	0.0477	20.031
PISO 4	11.55	259.27	4703.07	0.0668	28.020
PISO 5	14.4	259.27	6107.08	0.0867	36.385
PISO 6	17.25	259.27	7563.62	0.1074	45.063
PISO 7	20.1	259.27	9065.44	0.1287	54.011
PISO 8	22.95	259.27	10607.18	0.1506	63.197
PISO 9	25.8	259.27	12184.75	0.1730	72.596
PISO 10	28.65	259.27	13794.85	0.1958	82.188
Total =			<b>70444.14</b>	<b>1.00</b>	<b>419.70</b>

A continuación, se muestra las cortantes obtenidas con el software:

Figura 31. *Cortantes en cada entrepiso en dirección X*

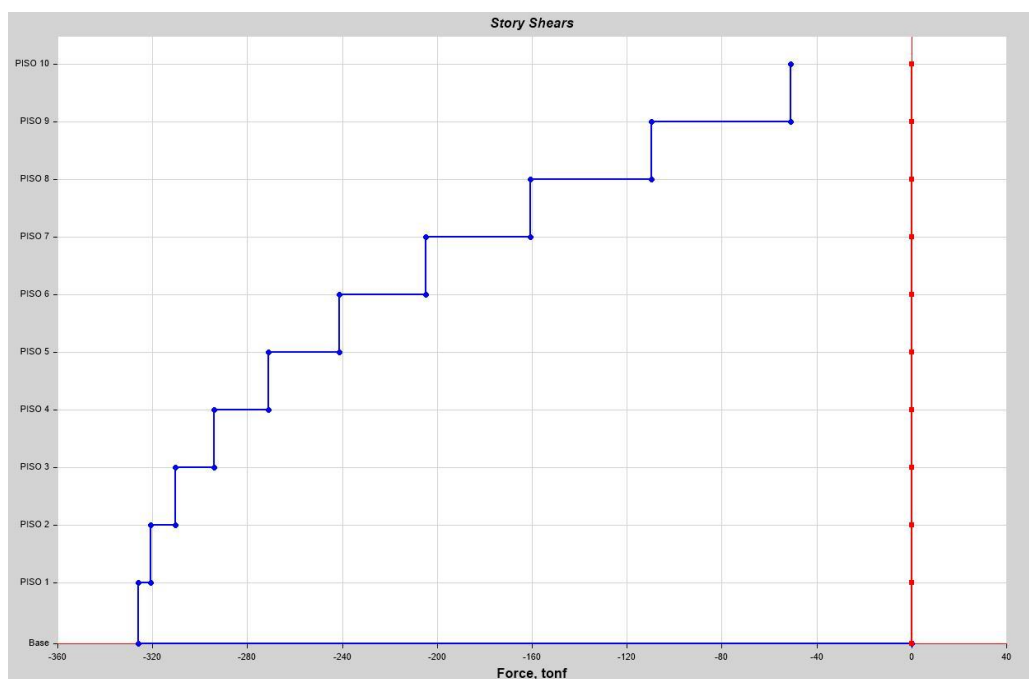
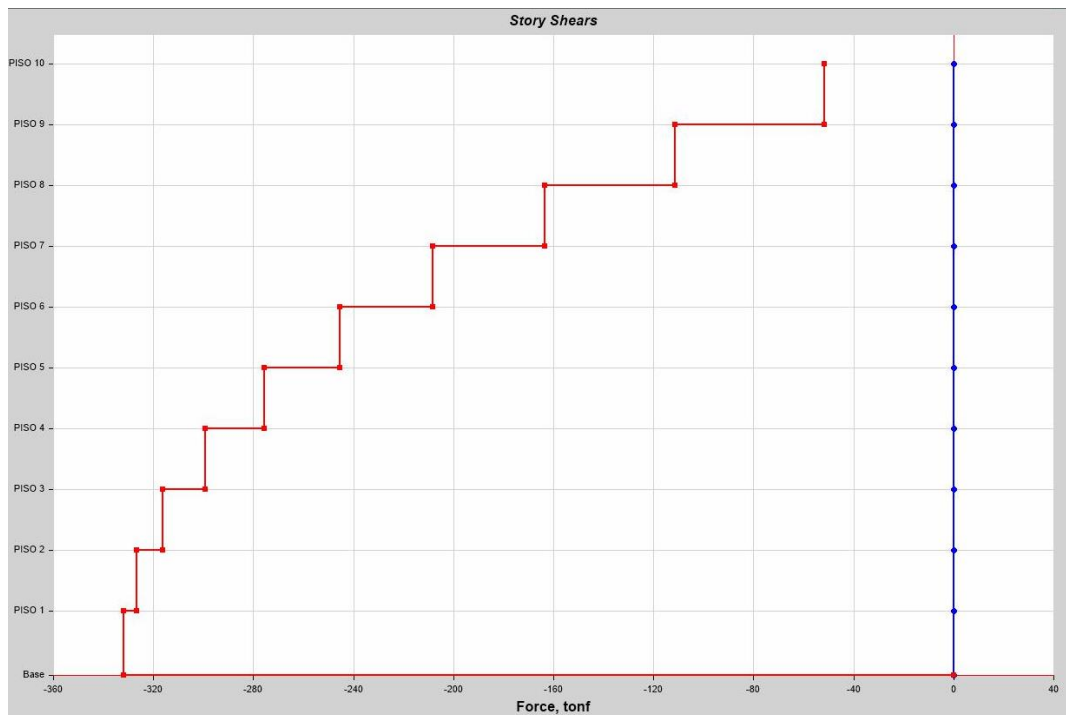


Figura 32. Cortantes en cada entrepiso en dirección Y



#### 1.4.6. Análisis modal espectral:

- pseudo aceleración: definida por la siguiente formula:

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

Tomando los parámetros sísmicos anteriormente mostrado se realizó el espectro de respuesta según lo indica la norma E 0.30.

Tabla 19. Periodos y Pseudo aceleración usada para crear el espectro inelástico de pseudo-aceleración.

T	C	Sa (m/s <sup>2</sup> )
0.00	2.50	2.15
0.10	2.50	2.15
0.20	2.50	2.15
0.30	2.50	2.15
0.40	2.50	2.15
0.50	2.50	2.15
0.60	2.50	2.15
0.70	2.14	1.84

0.80	1.88	1.61
0.90	1.67	1.43
1.00	1.50	1.29
1.10	1.36	1.17
1.20	1.25	1.07
1.30	1.15	0.99
1.40	1.07	0.92
1.50	1.00	0.86
1.60	0.94	0.80
1.70	0.88	0.76
1.80	0.83	0.72
1.90	0.79	0.68
2.00	0.75	0.64
2.10	0.68	0.58
2.20	0.62	0.53
2.30	0.57	0.49
2.40	0.52	0.45
2.50	0.48	0.41
2.60	0.44	0.38
2.70	0.41	0.35
2.80	0.38	0.33
2.90	0.36	0.31
3.00	0.33	0.29

Los espectros de respuesta se crearon para cada dirección de análisis, con el criterio de que pueda existir irregularidades distintas para cada dirección por lo cual el factor R cambiaria.

Figura 33. *Espectro de respuesta en dirección X*

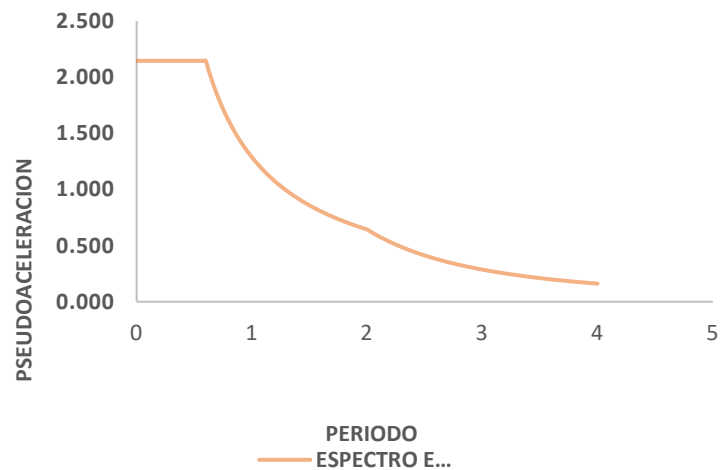
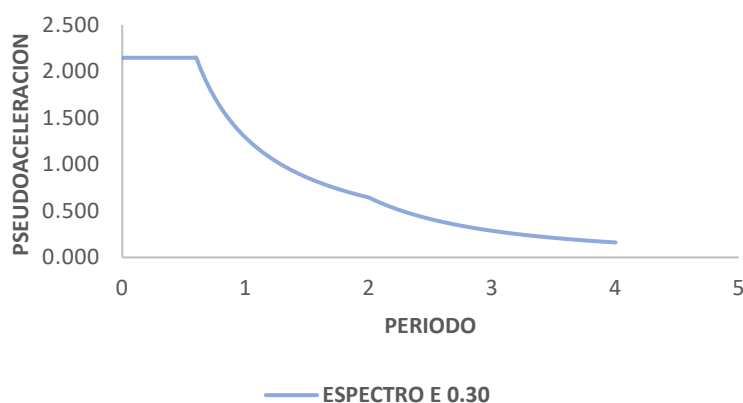


Figura 34. Espectro de respuesta en dirección Y



Cálculo de cortantes dinámicas en los entrepisos para la comparación con las cortantes del análisis estático, la norma E0.30 nos indica que para estructuras irregulares el corten dinámico no debe ser menor al 80% del cortante estático para estructuras regulares, y para estructuras regulares no menor al 90%.

- Cortantes dinámicas:

Tabla 20. Cortantes dinámicas en cada entrepiso dirección X

TABLE: Story Forces					
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VX
					tonf
PISO 10	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	68.16
PISO 9	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	127.51
PISO 8	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	176.66
PISO 7	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	218.23
PISO 6	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	253.74
PISO 5	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	283.99
PISO 4	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	309.12
PISO 3	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	328.63
PISO 2	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	341.64
PISO 1	S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	Bottom	347.38

Tabla 21. Cortantes dinámicas en cada entrepiso dirección Y

<b>TABLE: Story Forces</b>					
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Location</b>	<b>VX (Tonf)</b>
PISO 10	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	71.32
PISO 9	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	135.21
PISO 8	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	189.63
PISO 7	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	236.45
PISO 6	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	276.68
PISO 5	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	310.79
PISO 4	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	338.73
PISO 3	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	359.96
PISO 2	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	373.70
PISO 1	S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	Bottom	379.51

- Comparación de cortantes dinámicas vs estáticas

Tabla 22. Resultados de cortante estático y dinámico.

<b>TABLE: Base Reactions</b>				
<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>FX</b>	<b>FY</b>
			tonf	tonf
S. ESTATICO XX	LinStatic		387.3091	0
S. ESTATICO YY	LinStatic		0	420.6536
S. Dinamico-X	LinRespSpec	Max	291.9195	24.0941
S. Dinamico-Y	LinRespSpec	Max	24.0941	316.2558

A continuación, se muestra el factor de corrección para el sismo dinámico, obtenido mediante el 90% del cortante estático dividido entre el dinámico, para una estructura irregular.

Tabla 23. Factor de corrección para sismo dinámico en dirección X

<b>FACTOR DE CORRECCION X-X</b>	
SISMO ESTATICO EN X-X	387.3091
SISMO DINAMICO X-X	291.9195
FACTOR x-x	1.19

Tabla 24. Factor de corrección para sismo dinámico en dirección Y

FACTOR DE CORRECCION Y-Y	
SISMO ESTATICO Y-Y	420.6536
SISMO DINAMICO Y-Y	316.2558
FACTOR y-y	1.2

Figura 35. Colocación de factor en sismo dinámico X

**E Load Case Data**

**General**

Load Case Name: S. DINÁMICO X [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E 0.30	0.8175*1.19

[Add] [Delete]  Advanced

Figura 36. Colocación de factor en sismo dinámico Y

**E Load Case Data**

**General**

Load Case Name: S. DINÁMICO Y [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E 0.30	0.8175*1.2

[Add] [Delete]  Advanced

- Derivas: para estructuras de concreto armado las derivas no deben exceder el 0.007 como lo menciona la norma E 0.30 en su tabla N°11 del art. 32. Además, en el art. 31 nos indica que estos desplazamientos se calculan multiplicando en un 0.75 y 0.85 de R para estructuras regulares e irregulares respectivamente.



Tabla 25. Verificación de derivas en dirección X

TABLE: Story Drifts-X						Máxima deriva	
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Z	según Norma E 0.30	
PISO 10	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0077	28.65	0.007	NO CUMPLE
PISO 9	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0090	25.8	0.007	NO CUMPLE
PISO 8	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0104	22.95	0.007	NO CUMPLE
PISO 7	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0116	20.1	0.007	NO CUMPLE
PISO 6	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0126	17.25	0.007	NO CUMPLE
PISO 5	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0131	14.4	0.007	NO CUMPLE
PISO 4	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0130	11.55	0.007	NO CUMPLE
PISO 3	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0121	8.7	0.007	NO CUMPLE
PISO 2	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0097	5.85	0.007	NO CUMPLE
PISO 1	DERIVAS 0.85R S. D XX	Max	X	0.0046	3	0.007	OK

Tabla 26. Verificación de derivas en dirección Y

TABLE: Story Drifts-Y						Maxima deriva	
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Z	según Norma E 0.30	
PISO 10	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0068	28.65	0.007	OK
PISO 9	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0076	25.8	0.007	NO CUMPLE
PISO 8	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0085	22.95	0.007	NO CUMPLE
PISO 7	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0094	20.1	0.007	NO CUMPLE
PISO 6	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0100	17.25	0.007	NO CUMPLE
PISO 5	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0103	14.4	0.007	NO CUMPLE
PISO 4	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0100	11.55	0.007	NO CUMPLE
PISO 3	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0090	8.7	0.007	NO CUMPLE
PISO 2	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0070	5.85	0.007	OK
PISO 1	DERIVAS 0.85R S. D YY	Max	Y	0.0032	3	0.007	OK

Figura 37. Imagen de derivas en Etabs.

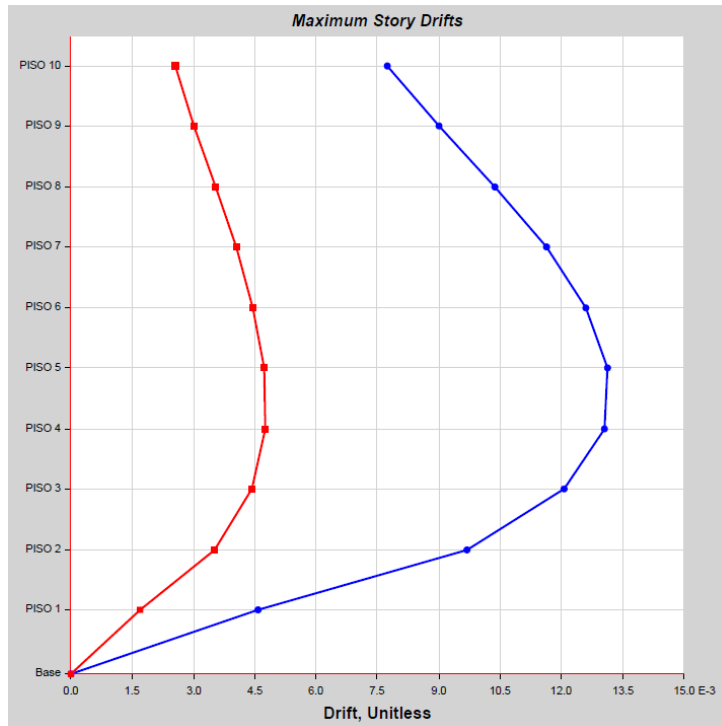
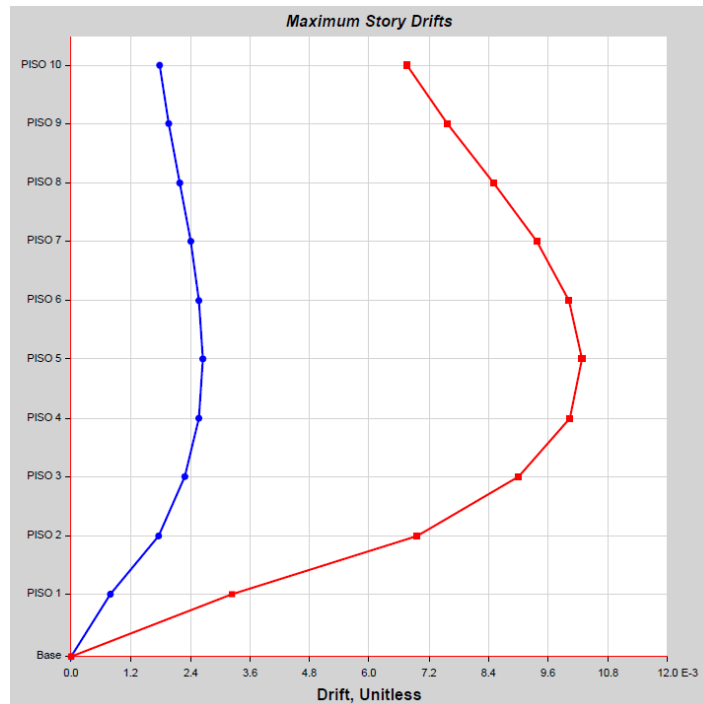


Figura 38. Imagen de derivas en Etabs.



## 2. Cálculo de aisladores de base:

2.1.1. Normativa empleada: el diseño de aisladores y el análisis de la edificación se realizó siguiendo los lineamientos estipulados en la norma técnica E0.31 "aislamiento sísmico". En donde menciona:

- Se debe clasificar si la estructura es regular o irregular, con la finalidad de ver si cumple las restricciones a irregularidades como se muestra en la siguiente figura.

Figura 39. *Categorías y regularidad de edificaciones aisladas.*

Tabla N° 1		
Categoría y regularidad de edificaciones aisladas		
Categoría de La edificación	Zona	Restricciones
A y B	4 y 3	No se permite irregularidades extremas
	2 y 1	Sin restricciones
C	4	No se permite irregularidades extremas
	3,2 y 1	Sin restricciones

Fuente. *Norma técnica E0.31 aislamiento sísmico.*

- Combinaciones de carga: las cargas promediadas se realizarán con las fórmulas que nos indica la norma E0.31 en el art. 12.2.

Carga promedio:

$$1,0 CM + 0,5 CV$$

Carga vertical máxima:

$$1,25(CM + CV) + +1,0(CSH + CSV) + 0,2CN$$

Carga mínima:

$$0,9CM - 1,0(CSH + CSV)$$

Donde:

CM= carga muerta.

CV= carga viva.

CSH= carga sísmica horizontal.

CSV= carga sísmica horizontal=  $0.5(1.5ZS) CM$ .

CN= carga de nieve.

- Peso sísmico:

- Peso total: 43679.19 KN
- Peso de super estructura: 35423.73 KN
- Carga promedio (en un aislador-LRB): 2191.85 KN

- Desplazamiento traslacional: se calcula mediante la ecuación 6 de la norma E 0.31

$$D_M = \frac{S_{aM} * T_M^2}{4\pi B_M}$$

Donde:

- Para  $T_M$  periodo objetivo el cual es 3 veces periodo en base fija 0.87, se tomó como periodo objetivo 3 segundos.
- $S_{aM}$  Sismo máximo considerado.
- $B_M$  factor de amortiguamiento obtenido de la siguiente formula:

$$B_M = \frac{4}{(5.6 - \ln(\beta m))}$$

$$S_{aM} = 1,5ZCSg = 1.5 * 0.45 * 1.05 * 0.33 \\ = 0.236g$$

$$S_{aM} = 1.5 * 0.45 * 1.05 * 0.33 = 2.32g$$

$$T_M = 3 * 0.87 = 2.61 \rightarrow \text{elegimos } T_M = 3 \text{ seg.}$$

$$D_M = \frac{(0.236 * 9.81) * 3^2}{4\pi * 1.38} = 0.38m$$

- Desplazamiento total: no debe ser menor a 1.15Dm según norma E0.31. para la excentricidad natural se debe obtuvo mediante un balance torsional que se muestra en la tabla N° 34.

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + \left( \frac{y}{P_T^2} \right) \left( \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right]$$

Donde:

- Y: distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento y el aislador a evaluar.
- b: dimensión menor en planta.
- d: dimensión mayor en planta.
- $P_T$  Razón entre periodo traslacional y rotacional, no puede ser menor que 1.

$$D_{TM} = 0.38 \left[ 1 + \left( \frac{9}{1.15^2} \right) \left( \frac{12(0.9)}{14.05^2 + 18^2} \right) \right] = 0.46m$$

- Diámetro del aislador: se inicia por considerar un diámetro de 1.25 veces  $D_{TM}$ ,

$$\phi LRB = 1.25 * 0.46 = 0.57m$$

Se considero un diámetro de 0.85 m. ya que este cumple con las verificaciones.

$$Area = \frac{\pi D^2}{4} = 0.57m$$

- Rigidez del sistema de aislamiento:

$$K_{total} = \frac{4\pi^2 * Masa}{Tm^2}$$

Masa=4452.52 kN (masa promedio, dato de Etabs)

$$K_{total} = \frac{4\pi^2 * 4452.52}{3^2} = 19530.92 \text{ KN/m}$$

Ahora obtenemos la rigidez para 1

$$K_{eff} = \frac{19530.92}{14} = 1395.07 \text{ KN/m}$$

- Altura de aislador:

$$Hr = \frac{G * A}{K_{eff}}$$

Donde:

G: módulo de corte al 100%= 385 KN/m<sup>2</sup>

A= área de aislador.

Keff= rigidez efectiva de un aislador.

$$Hr = \frac{385 * 0.57}{101395.07} = 0.16 \text{ m.}$$

se consideró una altura de 20 cm.

- Elección del aislador: como una primera iteración se puede considerar un diámetro no menor a 1.25 veces  $D_{TM}$ .

En donde se considera un aislador de 0.85 m. de diámetro, se usó el catálogo Bridgestone para obtener los datos de las propiedades físicas y mecánicas.

Tabla 27. *Propiedades físicas y mecánicas del aislador.*

<b>LRB-LH085G4</b>			
<b>*número de aisladores propuestos</b>	Und.	<b>14</b>	Und.
*Diámetro elegido	diametro=	0.85	m
*Espesor de cada goma	tr=	0.0057	m
*Número de capas de goma	#r=	35	
*Altura total de la goma	Ht=	0.20	m
*Altura total del aislador	H=	0.4131	m
*Módulo de corte del plomo- $\alpha_p$	$\alpha_p$ =	583	KN/m <sup>2</sup>
*Módulo de corte de goma-100% Geq	Geq=	385	KN/m <sup>2</sup>
*Peso del aislador	P=	13.3	KN
*Area efectiva en el plano	Ar=	0.5521	m <sup>2</sup>
*Diámetro efectivo del núcleo-Dp	$\Phi_p$ =	0.14	m
*Esfuerzo a corte de fluencia del plomo- $\rho_{pb}$	$\rho_{pb}$ =	7967	KN/m <sup>2</sup>
*Ratio de rigidez inicial post-fluencia ( $\beta$ : 10-15)	#	13	
*Area eff. del núcleo de plomo-Ap	Ap=	0.0154	m <sup>2</sup>

Fuente. *Catálogo Bridgestone.*

- **VERIFICACION PRELIMINAR DE AISLADOR**

**LRB:**

**1. Rigidez al corte de la goma laminar (formula usada del catálogo)**

Donde:

Geq= 385 KN/m<sup>2</sup>

Ar= 0.5521 m<sup>2</sup>

H= 0.20 m

1062.7 KN/m

Keq= 9

**1.2. Rigidez adicional del plomo (formula usada del catálogo)**

$$Kp = \frac{\alpha p * Ap}{H}$$

Kp= 44.87 KN/m

Donde:

$\alpha p = 583.00 \text{ KN/m}^2$

$Ap = 0.0154 \text{ m}^2$

$H = 0.20 \text{ m}$

**1.3. Rigidez K2:  $K2 = Ckd * (Kr + Kp)$**

$$Ckd = \begin{cases} 0.779\gamma^{-0.43} & [\gamma < 0.25] \\ \gamma^{-0.25} & [0.25 \leq \gamma < 1.0] \\ \gamma^{-0.12} & [1.0 \leq \gamma < 2.5] \end{cases}$$

Donde:

deformación por corte

$\gamma = 1.91$

$Keq = 1062.79 \text{ KN/m}$

$Kp = 44.87 \text{ KN/m}$

$Ckd = 0.93$

$K2 = 1024.910 \text{ KN/m}$  \*Rigidez K2 efectiva

$K2 = 14348.738 \text{ KN/m}$  \*De todo el sistema

$K1 = 13 * K2$

$K1 = 13323.829 \text{ KN/m}$  \*Rigidez K1 efectiva

$K1 = 186533.5991 \text{ KN/m}$  \*De todo el sistema

**1.4. Resistencia característica Qd:  $Qd = CQd * \sigma pb * Ap$**

$$CQd = \begin{cases} 2.036\gamma^{0.41} & [\gamma < 0.1] \\ 1.106\gamma^{0.145} & [0.1 \leq \gamma < 0.5] \\ 1 & [0.5 \leq \gamma] \end{cases}$$

Donde:

$CQd = 1$

$Ap = 0.0154 \text{ m}^2$

$\rho pb = 7967 \text{ KN/m}^2$

$Qd = 122.64 \text{ KN}$

$Qd_{total} = 1716.99 \text{ KN}$  \*Qd de todo el sistema



**1.5. Rigidez efectiva con los nuevos valores obtenidos:**  $k_{eff} = \frac{Qd}{\gamma.H} + K2$

**K<sub>eff</sub>**= 1345.97 KN \*Con datos del catálogo  
\*Del  
**K<sub>e</sub>**= 1395.07 KN predimensionamiento  
aporte de rigidez a todo el  
sistema= 18843.58 KN

**NOTA:** No debe haber una diferencia menor al 80% del predimensionamiento inicial

96.5% **OK**

**1.6. Amortiguamiento efectivo:**

$$\beta_{eff} = \frac{4 * Qd(DM - Dy)}{2\pi * K_{eff} * DM^2}$$

$$Dy = \frac{Qd}{K1 - K2}$$

Datos:

D<sub>M</sub>= 0.38 m

D<sub>y</sub>= 0.00997 m

D<sub>y</sub>= 0.997 cm

**β<sub>eff</sub>**= 0.148 >>> 15%

Nota: β<sub>eff</sub> debe salir lo más exacto que el amortiguamiento del diseño preliminar.

**1.7. Energía Ed y Es:**  $Ed = 4 * Qd(DM - Dy)$

**Ed**= 182.50 KN/m

\*Energía de deformación máxima elástica-Es

$$Es = 0.5 * K_{eff} * DM^2$$

**Es**= 98.20 KN/m

**1.8. Fuerza de fluencia y fuerza máxima**

$$F_{max} = Qd + (K2 * DM)$$

F<sub>y</sub>= 132.863 KN

F<sub>max</sub>= 514.15 KN \*Fuerza al 100% de desplazamiento

**Módulos y factores (S1-S2)**

<b>E</b> =	2.2 N/mm <sup>2</sup>	*Módulo de Young-E	$S1 = \frac{\Phi_{aislador}}{4 * tr}$
<b>E</b> =	2200 KN/m <sup>2</sup>		
<b>E<sub>∞</sub></b> =	1176 N/mm <sup>2</sup>	*Módulo volumétrico-E--	
<b>E<sub>∞</sub></b> =	1176000 KN/m <sup>2</sup>		
<b>K</b> =	0.85	*Fact. de corrección por rugosidad-K	

### 1.9. Primer factor de forma del material-S1

Donde:

diámetro=	0.85 m	$S2 = \frac{\Phi_{aislador}}{\#r * tr}$
tr=	0.0057 m	
<b>S1</b> =	37.28	Fórmula de Bridgestone

### 1.10. Segundo factor de forma del material-S2

Donde:

diámetro=	0.85 m	
tr=	0.0057 m	*espero de una goma
#r=	35	*Número de gomasp(lanchas) en un aislador
<b>S2</b> =	4.26065	

### 1.11. Módulo de compresión efectivo-Ec

$$E_c = \frac{E(1 + 2kS1^2)}{1 + E(1 + 2kS1^2)/E_\infty}$$

Donde:

<b>E</b> =	2200
<b>E<sub>∞</sub></b> =	1176000
<b>K</b> =	0.85
<b>E<sub>c</sub></b> =	959104.8 KN/m <sup>2</sup>

### 1.12. Rigidez a la compresión vertical-Kv

$$Kv = \alpha_v * Ec * \frac{A}{H}$$

Donde:

<b>α<sub>v</sub></b> =	1.23	<b>α<sub>v</sub></b> : Young's modulus correction factor = 1.23
------------------------	------	---

$E_c$ =	959104.83	KN/m <sup>2</sup>	*Módulo de compresión efectivo- $E_c$
$A$ =	0.5521	m <sup>2</sup>	*Área del aislador
$H$ =	0.20	m	*Altura solo de goma del aislador
$K_v$ =	3256558.94	KN/m	*Rigidez a la compresión efectiva vertical U1

### 1.13. Amortiguamiento vertical- $C_v$

$$C_v = 0.025\sqrt{K_v * M_{total}}$$

$$C_v = 674.36 \text{ KN.s/m}$$

Comprobando el periodo:

$$K_{effTotal} = 22881.49 \text{ KN/m}$$

$$masa = 3610.98 \text{ KN}$$

$$T = 2.50$$

### 1.14. Amortiguamiento horizontal- $C_h$ :

$$C_h = 2(\beta_{eff} - 0.05) * \sqrt{K_{eff} * m_i}$$

$$P_{promedio} = 2191.85$$

$$\beta_{eff} = 0.15$$

$$K_{effTotal} = 1345.97 \text{ KN/}$$

$$masa = 2191.85 \text{ KN}$$

$$C_h = 336.28 \text{ Kn.s/m}$$

- **VERIFICACIONES DEL AISLADOR:** propiedades a la mitad del desplazamiento con la finalidad de verificar la fuerza de restitución la cual no debe ser menor a 2.5% la masa total de la edificación.

Tabla 28. *Propiedades a la mitad del desplazamiento.*

Desplazamiento $DM/2$	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.8</b>
Desplazamiento $DTM/2$	0.19	0.19	0.19
Deformación por corte- $\gamma$	0.23	0.23	0.23
F. corrección de rigidez post-fluencia- $Ckd$	0.95	0.95	0.95
F. corrección de resistencia post-fluencia- $Cqd$	1.01	1.01	1.01
<b>Fact. de modificación de propiedades-goma</b>	1.00	1	1.00
Rigidez al corte de la goma laminada- $Kr$	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.8</b>
Rigidez al corte adicional por el plomo- $Kp$	850.23	1062.79	1913.03
Rigidez post-fluencia- $K2$	35.90	44.87	80.77
Rigidez post-fluencia- $K2$ -Total del sistema	896.40	1120.50	2016.89
Rigidez inicial- $K1$	12549.55	15686.93	28236.48
Rigidez inicial- $K1$ -Total del sistema	11653.15	14566.44	26219.59
Resistencia característica- $Qd$	163144.11	203930.13	367074.24
Resistencia $Qd$ -Total del sistema	98.11	122.64	220.76
Rigidez equivalente al corte- $Keq$	1373.60	1716.99	3090.59
Desplazamiento de fluencia- $Dy$	1364.88	1706.10	3070.98
Rel. de amortiguamiento equivalente- $Heq-\beta$	0.01	0.01	0.02
Energía en un ciclo de histéresis- $Ed$	0.18	0.23	0.41
Energía de deformación elástica- $Es$	71.38	89.22	160.60
Fuerza de fluencia- $Fy$	24.90	31.12	56.01
Fuerza max en el asiento del apoyo	106.29	132.86	239.15
Factor $B_M$	269.32	336.65	605.97
Aporte total de la rigidez efectiva	1.29	1.62	2.91
aporte total de la energía por ciclo	19108.33	23885.41	42993.74

Tabla 29. Verificaciones del comportamiento del aislador LRB.

Fact. de modificación de propiedades-goma	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.8</b>
Fuerza al 100% del desplazamiento-FDD	411.32	514.15	925.47
Fuerza al 50% del desplazamiento-F0.5DD	269.32	336.65	605.97
(FDD-F0.5DD)	142.00	177.50	319.50
0.025W	89.05	111.31	200.36
Verificación	OK	OK	OK

Tabla 30. Verificación de área reducida del aislador.

Fact. de modificación de propiedades-goma	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.8</b>	
Area del aislador	0.57			m <sup>2</sup>
Diámetro del aislador	0.85			m
D <sub>M</sub>	0.38			m
Area reducida con formula E0.31	0.25			
Relación AR/A(no menor al 25%)	44.77%			
Relación de área cargada con no cargada-goma-S	16.7			
Factor de seguridad-FS	1.1			
Carga crítica en el aislador P <sub>cr</sub>	6180.24	7725.30	13905.54	
P <sub>cr</sub> /FS	5618.40	7023.00	12641.40	KN
aislador P <sub>max</sub>	2400.00	3000.00	5400.00	KN
Verificación de resistencia a carga crítica	OK	OK	OK	
Deformación por corte a compresión- $\epsilon_c$	0.7207	0.90	1.622	
Def. POR al desp. NO sísmico(5%DM)- $\Delta_s$	0.0153	0.019	0.034	m
Def. de corte por despla. NO sísmico - $\epsilon_s/e_q$	0.0764	0.095	0.172	
Rotación por efectos del DL, LL- $\theta$	0.0080	0.01	0.018	
Derf. por efectos del DL, LL - $\epsilon_r$	1.9013	2.37664	4.278	
$\epsilon_c + \epsilon_s, e_q + 0.5\epsilon_r \leq 6/FS$	2.7217	3.40	6.124	
Aprobación	OK			

Tabla 31. Datos para ingresar a Etabs para un análisis TH lineal o espectro de respuesta.

<b>ANALISIS TH LINEAL O ESPECTRO DE RESPUESTA</b>				
Amortiguamiento Cv(U1)	539.49	674.36	1213.84	KN.s/m
Rigidez efectiva vertical (U1)	2605247.15	3256558.9	5861806.09	KN/m

Tabla 32. Datos para ingresar a Etabs para un análisis TH no lineal.

Tipo de análisis	<b>ANALISIS TH NO LINEAL</b>			
	MINIMO	NOMINAL	MAXIMO	
Limites				
Factores	0.8	1	1.8	
Rigidez Keff (U2, U3)	1076.78	1345.97	2422.75	KN/m
Amortiguamiento eff(U2,U3)	269.02	336.28	605.30	KN.s/m
Rigidez K1 (U2, U3)	10659.06	13323.829	23982.89	KN/m
Resistencia de fluencia (U2, U3)	106.29	132.863	239.15	KN
Relación de rigidez post-fluencia (U2,U3)	0.0769			

### **DISEÑO DE 5 AISLADORES SLIDER**

Utilizando un amortiguamiento de: 15%

Bm según tabla N° 05 de E 0.31

Bm= 1.38  
 DM= 0.38 m  
 DTM= 0.45  
 DTM/DM= 1.19 OK

$$\phi_{\text{aislador}} = \sqrt{\frac{4 * P_{\text{servicio}}}{\pi * \rho_{\text{min}}}}$$

#### **Diseño preliminar**

u= 0.02 \*Coeficiente de fricción  
 tr= 0.025 \*Espesor de teflón  
 E= 1569000 Módulo volumétrico

**Peso promedio** 2050.568 KN

# aisladores	3			
<b>FACTORES</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.8</b>	
Coefficiente de fricción	0.0160	0.02	0.036	
fuerza de fluencia-Fy	32.8091	41.01	73.820	KN
Qd	32.8091	41.01	73.820	KN
Rigidez efectiva-Kef	85.8895	107.36	193.251	KN/m
Rigidez total-slider	257.6684	322.09	579.754	KN/m
<b>Energia disipada por ciclo-Ed</b>	50.1313	62.66	112.795	KN.m
<b>E. elástica de deformación máxima-Es</b>	6.2664	7.83	14.099	KN.m
relación de amortiguamiento efectivo-B	0.5093	0.64	1.146	
Desplazamiento de fluencia-Dy	0.0008	0.001	0.002	m
<b>Rigidez inicial-K1</b>	32809.0944	41011.368	73820.462	KN/m
masa mi	209.03			tonf
amortiguamiento-Ch	140.61	175.76	316.36	KN.s/m

Esfuerzo axial permisible en el teflon=	40	KN/mm <sup>2</sup>
	40000	KN/m <sup>2</sup>
<b>Área del teflón 1</b>	0.051	m <sup>2</sup>
diámetro	0.255	m
Diámetro total	0.31	m
diámetro escogido	0.4	m
Kv	2628884.73	KN/m
Cv	937.67	KN.s/m

### III. DISEÑO DE 4 AISLADORES SLIDER

Utilizando un amortiguamiento de: 15%

Bm según tabla N° 05 de E 0.31

Bm= 1.38

D<sub>M</sub>= 0.38 m

D<sub>TM</sub>= 0.45

D<sub>TM</sub>/D<sub>M</sub>= 1.19 OK

$$\phi_{\text{aislador}} = \sqrt{\frac{4 * P_{\text{servicio}}}{\pi * \rho_{\text{min}}}}$$

**Diseño preliminar**

$u=$	0.02	*Coeficiente de fricción
$tr=$	0.025	*Espesor de teflón
$E=$	1569000	Módulo volumétrico

**Peso promedio**

1243.245 KN

	<b>4</b>			
	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1.8</b>	
Coeficiente de fricción	0.0160	0.02	0.036	
fuerza de fluencia-Fy	19.8919	24.86	44.757	KN
Qd	19.8919	24.86	44.757	KN
Rigidez efectiva-Kef	52.0742	65.09	117.167	KN/m
Rigidez total-slider	208.2967	260.37	468.668	KN/m
<b>Energía disipada por ciclo-Ed</b>	30.3942	37.99	68.387	KN.m
<b>E. elástica de deformación máxima-Es</b>	3.7993	4.75	8.548	KN.m
relación de amortiguamiento efectivo-B	0.5093	0.64	1.146	
Desplazamiento de fluencia-Dy	0.0008	0.001	0.002	m
<b>Rigidez inicial-K1</b>	19891.9216	24864.902	44756.824	KN/m
masa mi	126.73			tonf
amortiguamiento-Ch	85.25	106.56	191.81	KN.s/m
Esfuerzo axial permisible en el teflón	40			KN/mm <sup>2</sup>

40000

**Área del teflón 1**

diámetro	0.031	m <sup>2</sup>
Diámetro total	0.199	m
diámetro escogido	0.25	m
Rigidez a la compresión-Kv	2012739.87	KN/m
Amortiguamiento vertical-Cv	638.85	KN.s/m



- Balance torsional: se realiza este balance con la finalidad de reducir la excentricidad natural, distribuyendo de manera correcta los aisladores.

Tabla 33. *Balance torsional del sistema aislado.*

<b>Balance torsional</b>										
Label	Output Case	FZ	X	Y	Aislador	keff	Pxx	Pyy	Kx	Ky
<b>1</b>	P. Servicio E0.31	2050.57	4.20	0.00	LRB	1345.97	8612.39	0.00	5653.07	0.00
<b>2</b>	P. Servicio E0.31	2001.70	9.55	0.00	LRB	1345.97	19116.19	0.00	12854.01	0.00
<b>3</b>	P. Servicio E0.31	2797.31	4.20	4.50	SLIDER	107.36	11748.71	12587.90	450.92	483.13
<b>4</b>	P. Servicio E0.31	2596.85	9.55	4.50	SLIDER	107.36	24799.92	11685.83	1025.31	483.13
<b>5</b>	P. Servicio E0.31	2866.33	4.20	14.03	SLIDER	107.36	12038.60	40214.66	450.92	1506.29
<b>6</b>	P. Servicio E0.31	2925.41	9.55	14.03	LRB	1345.97	27937.68	41043.52	12854.01	18883.96
<b>7</b>	P. Servicio E0.31	2740.25	4.20	8.90	LRB	1345.97	11509.03	24388.19	5653.07	11979.13
<b>8</b>	P. Servicio E0.31	2141.10	0.00	14.03	LRB	1345.97	0.00	30039.58	0.00	18883.96
<b>9</b>	P. Servicio E0.31	2075.57	0.00	8.90	LRB	1345.97	0.00	18472.54	0.00	11979.13
<b>10</b>	P. Servicio E0.31	2007.04	0.00	4.50	LRB	1345.97	0.00	9031.66	0.00	6056.87
<b>11</b>	P. Servicio E0.31	1939.35	13.80	4.50	LRB	1345.97	26763.04	8727.08	18574.39	6056.87
<b>12</b>	P. Servicio E0.31	2076.51	13.80	8.90	LRB	1345.97	28655.89	18480.97	18574.39	11979.13
<b>13</b>	P. Servicio E0.31	2111.67	13.80	14.03	LRB	1345.97	29141.09	29626.78	18574.39	18883.96
<b>14</b>	P. Servicio E0.31	2164.19	0.00	0.00	LRB	1345.97	0.00	0.00	0.00	0.00

<b>17</b>	P. Servicio E0.31	2152.98	13.80	0.00	LRB	1345.97	29711.07	0.00	18574.39	0.00	
<b>20</b>	P. Servicio E0.31	2441.07	9.55	18.51	LRB	1345.97	23312.22	45184.21	12854.01	24913.91	
<b>25</b>	P. Servicio E0.31	2450.77	4.20	18.51	LRB	1345.97	10293.22	45363.71	5653.07	24913.91	
<b>30</b>	P. Servicio E0.31	1243.25	7.75	6.80	SLIDER	65.09	9635.15	8454.07	504.47	442.63	
<b>31</b>	P. Servicio E0.31	1593.84	7.75	8.90	SLIDER	65.09	12352.29	14185.21	504.47	579.33	
<b>32</b>	P. Servicio E0.31	1635.81	9.55	8.90	SLIDER	65.09	15622.03	14558.75	621.64	579.33	
<b>33</b>	P. Servicio E0.31	1262.34	9.55	6.80	SLIDER	65.09	12055.31	8583.89	621.64	442.63	
<b>peso total=</b>		<b>45273.90</b>				<b>TOTAL=</b>	<b>19426.04</b>	<b>313303.84</b>	<b>380628.55</b>	<b>133998.16</b>	<b>159047.27</b>

Tabla 34. *Excentricidad natural y accidental.*

<b>CENTRO DE MASAS</b>		
X=	6.92	m
Y=	8.41	m
<b>CENTRO DE RIGIDEZ</b>		
X=	6.90	m
Y=	8.19	m
<b>EXCENTRICIDAD NATURAL</b>		
X=	0.02	m
Y=	0.22	m
<b>EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL</b>		
X=	0.69	m
Y=	0.89	m

Figura 40. Distribución de aisladores LRB y SLIDER

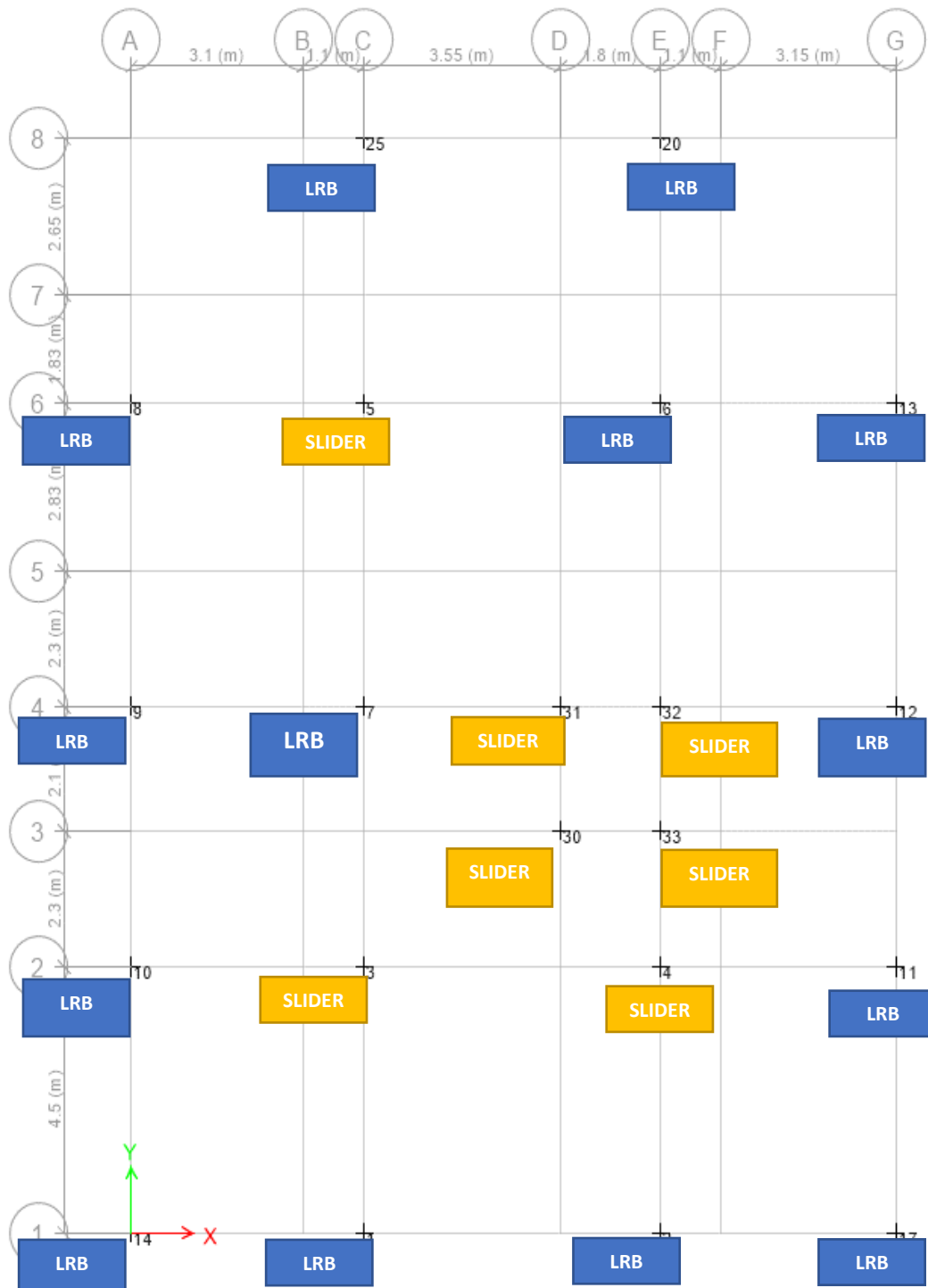
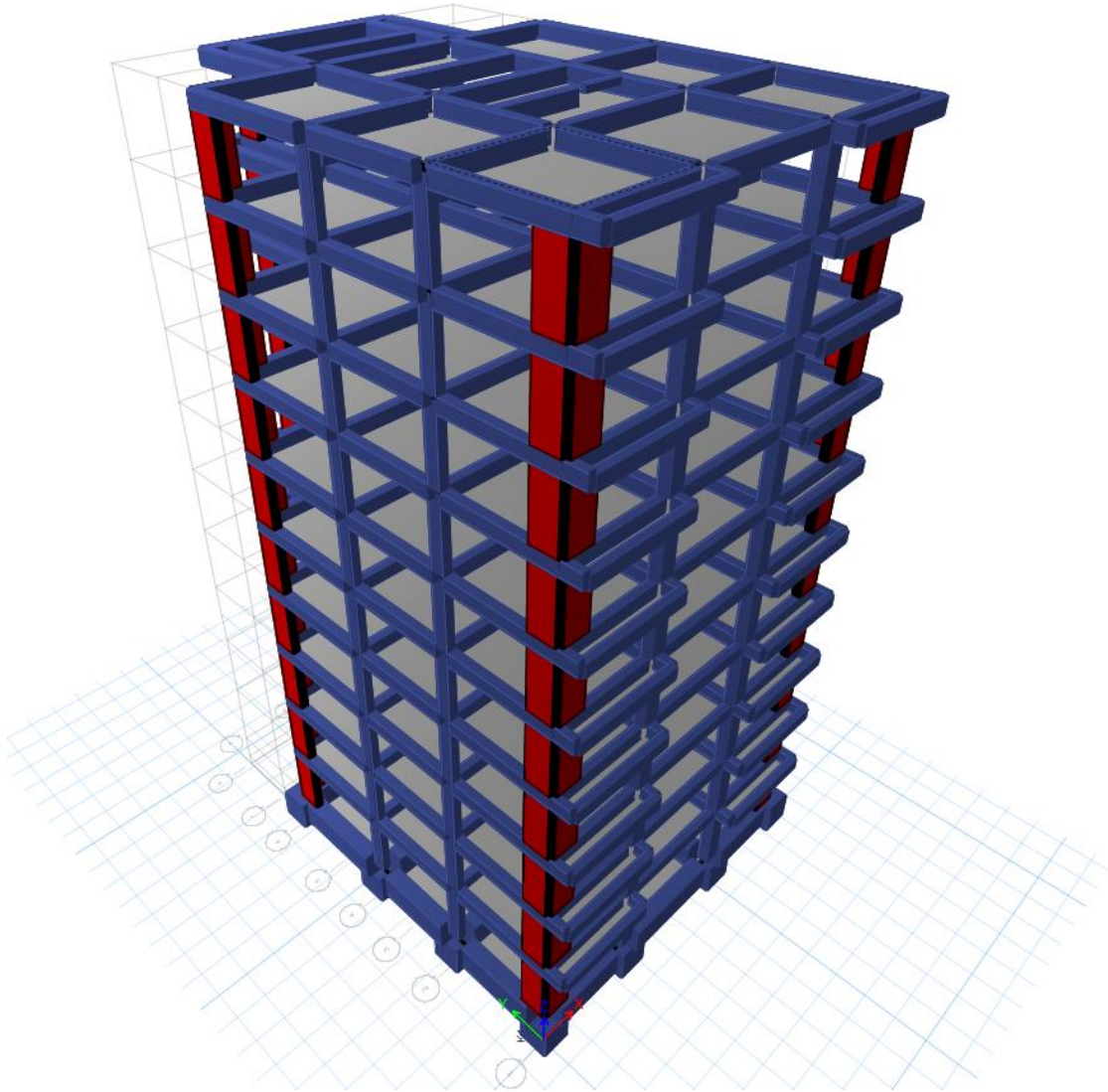


Figura 42. Modelo 3D de la edificación con aisladores de base.



#### 2.1.2. Análisis modal espectral:

Para la edificación con el sistema de aislamiento sísmico se realizó un análisis espectral usando el de la norma E0.31, en donde se consideró en 100% en la dirección de análisis y un 30% en la dirección perpendicular al análisis. El análisis se hizo considerando un amortiguamiento de 15% para los 3 primeros modos.

2.1.2.1. Resultados: se puede apreciar el incremento de los modos fundamentales de la estructura, donde se observa que se asemeja en un 95% a nuestro periodo objetivo

inicialmente propuesto.

Tabla 35. *Periodos de análisis espectral con base.*

MODOS EN SISTEMA AISLADO			
Modos	T	Ux	Uy
1	2.878	0.001	0.995
2	2.876	0.993	0.001
3	2.385	0.003	0.000
4	0.618	0.000	0.003
5	0.611	0.003	0.000
6	0.499	0.000	0.000
7	0.249	0.000	0.000
8	0.241	0.000	0.000
9	0.206	0.000	0.000
10	0.134	0.000	0.000

Figura 43. *Primer modo de vibración.*

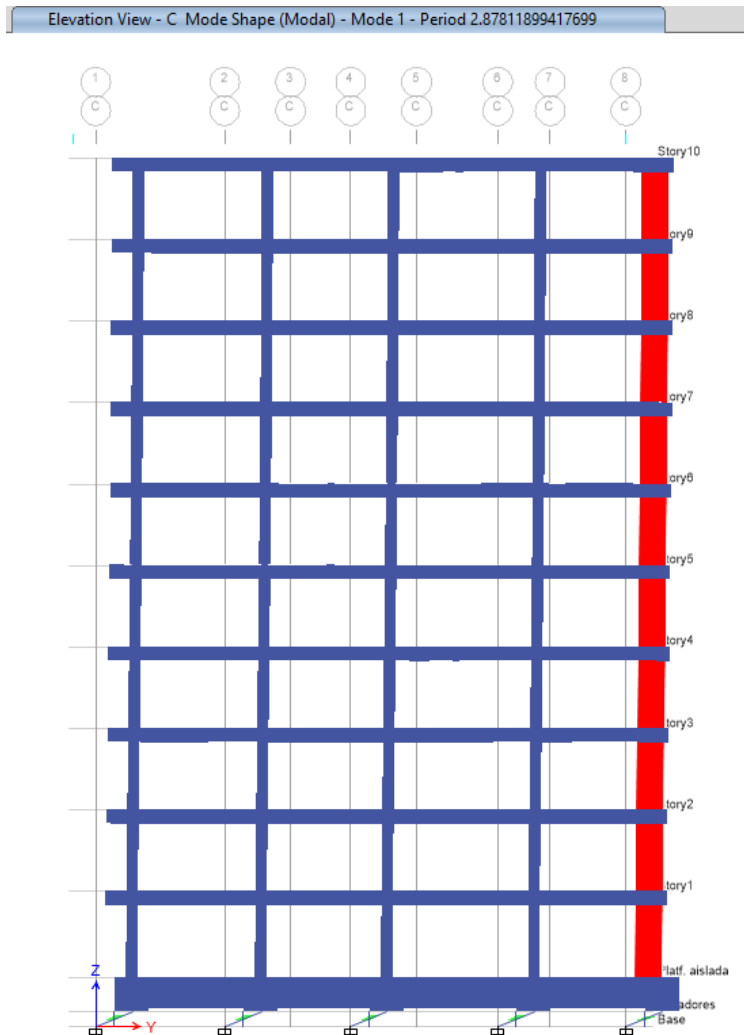
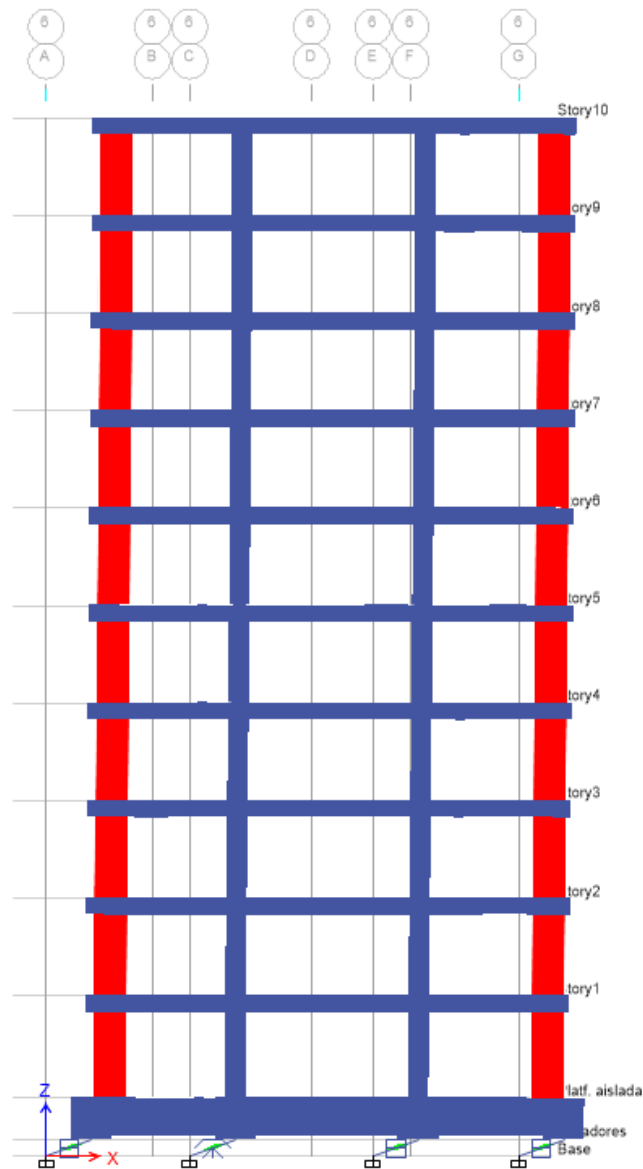


Figura 44. Segundo modo de vibración.

Elevation View - 6 Mode Shape (Modal) - Mode 2 - Period 2.87601555545885



2.1.2.2. Fuerzas cortantes y desplazamiento: se puede evidenciar una reducción de fuerza cortante para dirección de análisis, en el cual se sometió a la edificación el espectro de la norma E0.31 con  $R=1$ , de la misma manera se realizó para  $R=2$ .

Tabla 36. Fuerzas cortantes con R=1.

Cortantes en cada nivel con R=1					
Story	Caso	H	Vx	Caso	Vy
		m	Tonf		Tonf
PISO 10	S. MAXIMO_X_R1	28.65	50.17	S. MAXIMO_Y_R1	50.66
PISO 9	S. MAXIMO_X_R1	25.80	101.84	S. MAXIMO_Y_R1	102.68
PISO 8	S. MAXIMO_X_R1	22.95	149.54	S. MAXIMO_Y_R1	150.62
PISO 7	S. MAXIMO_X_R1	20.10	193.24	S. MAXIMO_Y_R1	194.45
PISO 6	S. MAXIMO_X_R1	17.25	234.15	S. MAXIMO_Y_R1	235.33
PISO 5	S. MAXIMO_X_R1	14.40	271.93	S. MAXIMO_Y_R1	272.87
PISO 4	S. MAXIMO_X_R1	11.55	307.43	S. MAXIMO_Y_R1	307.99
PISO 3	S. MAXIMO_X_R1	8.70	341.71	S. MAXIMO_Y_R1	341.78
PISO 2	S. MAXIMO_X_R1	5.85	375.87	S. MAXIMO_Y_R1	375.44
PISO 1	S. MAXIMO_X_R1	3.00	411.06	S. MAXIMO_Y_R1	410.24
P. aislada	S. MAXIMO_X_R1	0.00	496.81	S. MAXIMO_Y_R1	495.53

Tabla 37. Fuerzas cortantes con R=2

Cortantes en cada nivel con R=2					
Story	Caso	H	Vx	Caso	Vy
		m	Tonf		Tonf
PISO 10	S. DISEÑO-X_R=2	28.65	25.12	S. DISEÑO-Y_R=2	25.37
PISO 9	S. DISEÑO-X_R=2	25.80	50.99	S. DISEÑO-Y_R=2	51.41
PISO 8	S. DISEÑO-X_R=2	22.95	74.88	S. DISEÑO-Y_R=2	75.42
PISO 7	S. DISEÑO-X_R=2	20.10	96.76	S. DISEÑO-Y_R=2	97.37
PISO 6	S. DISEÑO-X_R=2	17.25	117.25	S. DISEÑO-Y_R=2	117.83
PISO 5	S. DISEÑO-X_R=2	14.40	136.16	S. DISEÑO-Y_R=2	136.63
PISO 4	S. DISEÑO-X_R=2	11.55	153.94	S. DISEÑO-Y_R=2	154.22
PISO 3	S. DISEÑO-X_R=2	8.70	171.10	S. DISEÑO-Y_R=2	171.14
PISO 2	S. DISEÑO-X_R=2	5.85	188.20	S. DISEÑO-Y_R=2	187.99
PISO 1	S. DISEÑO-X_R=2	3.00	205.83	S. DISEÑO-Y_R=2	205.42
P. aislada	S. DISEÑO-X_R=2	0.00	248.76	S. DISEÑO-Y_R=2	248.12

Tabla 38. Desplazamientos máximos con R=2 y R=1

DESPLAZAMIENTOS EN XX (m)					
NIVELES	Altura	Sismo de diseño R=2		Sismo máximo R=1	
	(m)	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
PISO 10	28.65	0.151	0.001	0.301	0.003
PISO 9	25.80	0.149	0.002	0.298	0.003
PISO 8	22.95	0.148	0.002	0.295	0.004
PISO 7	20.10	0.146	0.002	0.291	0.004
PISO 6	17.25	0.144	0.002	0.287	0.005
PISO 5	14.40	0.141	0.003	0.282	0.005
PISO 4	11.55	0.138	0.003	0.276	0.006
PISO 3	8.70	0.136	0.002	0.271	0.005
PISO 2	5.85	0.133	0.003	0.266	0.006
PISO 1	3.00	0.130	0.002	0.260	0.004
Platf. aislada	0.00	0.128	0.000	0.256	0.000

Figura 45. Desplazamientos en eje X.

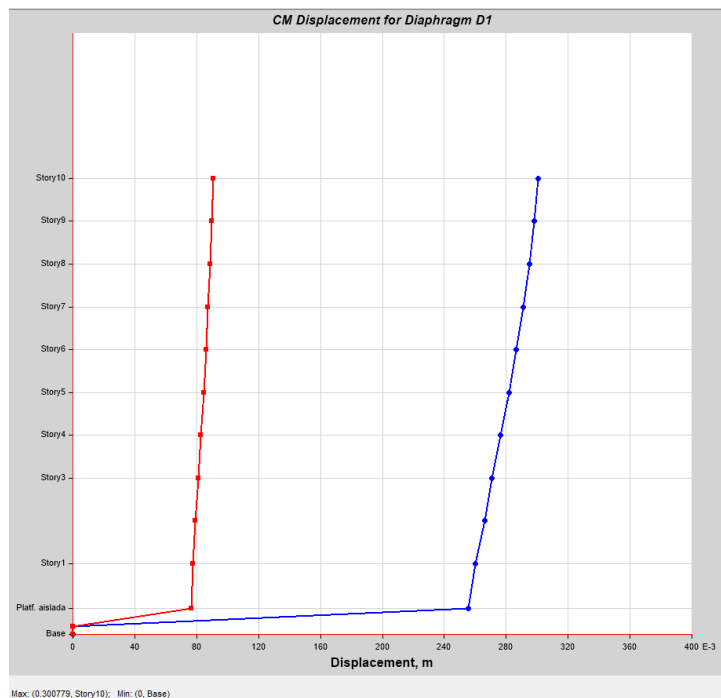
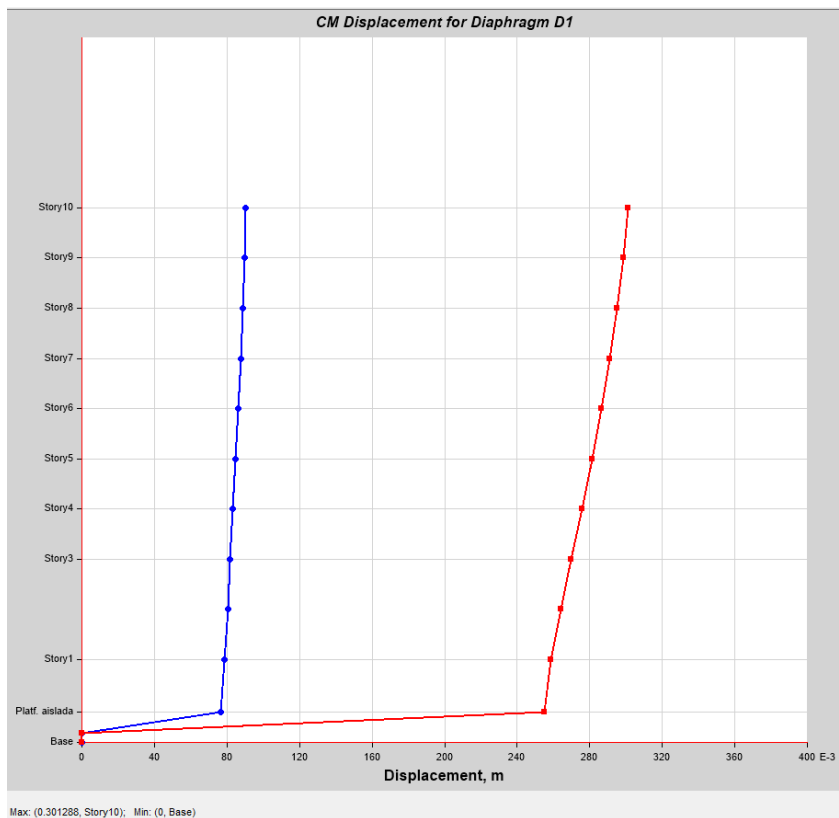


Figura 46. Desplazamientos en eje Y.





2.1.2.3. Verificación de derivas: la norma indica que para un análisis modal espectral las derivas no deben exceder al 0.0035, en la tabla N°39 se puede observar que las derivas están cumpliendo con el requisito mínimo que la norma nos exige.

Tabla 39. *Derivas de análisis modal espectral con aisladores.*

DERIVAS DE ANALISIS MODAL ESPECTRAL									
NIVELES	Altura	SISMO DE E.030		SISMO DE DISEÑO		SISMO MAXIMO		Deriva limite	verificación
	(m)	X	Y	X	Y	X	Y		
PISO 10	28.65	0.0002	0.0002	0.0005	0.0005	0.0009	0.0010	0.0035	OK
PISO 9	25.80	0.0002	0.0002	0.0006	0.0006	0.0011	0.0012	0.0035	OK
PISO 8	22.95	0.0003	0.0002	0.0007	0.0007	0.0013	0.0014	0.0035	OK
PISO 7	20.10	0.0003	0.0003	0.0008	0.0008	0.0016	0.0016	0.0035	OK
PISO 6	17.25	0.0003	0.0003	0.0009	0.0009	0.0017	0.0018	0.0035	OK
PISO 5	14.40	0.0004	0.0004	0.0009	0.0010	0.0019	0.0020	0.0035	OK
PISO 4	11.55	0.0004	0.0004	0.0010	0.0011	0.0020	0.0021	0.0035	OK
PISO 3	8.70	0.0004	0.0004	0.0008	0.0010	0.0016	0.0021	0.0035	OK
PISO 2	5.85	0.0004	0.0003	0.0011	0.0009	0.0022	0.0019	0.0035	OK
PISO 1	3.00	0.0002	0.0002	0.0007	0.0006	0.0014	0.0012	0.0035	OK
P. Aislada	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	OK

En el cuadro anterior se muestran las derivas luego de implementar un sistema de aisladores LRB y SLIDER, dando como resultado la reducción de distorsiones en cada entre piso, la norma E0.31 no indica que para un análisis espectral con un SMC las distorsiones deben estar por debajo de 0.0035, teniendo una deriva máxima de 0.0022 estando 62.8% de la máxima permitida, dejando entre ver la eficiencia de implementar aisladores de base

### 2.1.3. Análisis tiempo historia:

Para el análisis tiempo historia se elegio 3 registros: Lima 1974, Ica 2007 y Ancash 1970 en sus componentes NS y EW, Los cuales fueron extraídos del IGP (Instituto Geofísico del Perú, 2023) .Para el filtrado se realizó mediante el software SeismoSignal y para hacerlo espectros compatibles se usó el software SeismoMatch, en donde se usó el espectro de la norma E0.31 como espectro objetivo.

Figura 47. *Registro sísmico de Ancash 1970 en NS*

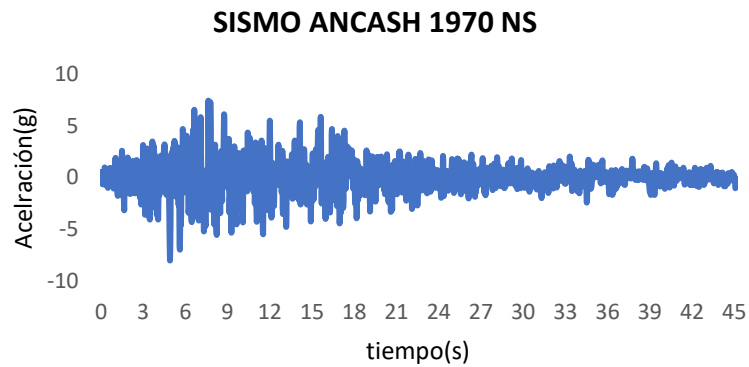


Figura 48. *Registro sísmico de Ancash 1970 en EW*

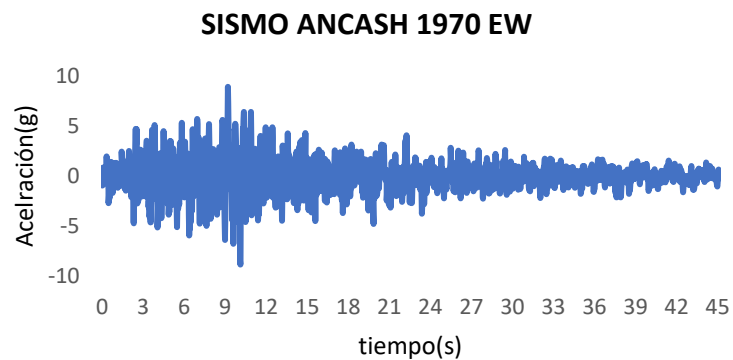


Figura 49. Registro sísmico de Ica 2007 en NS

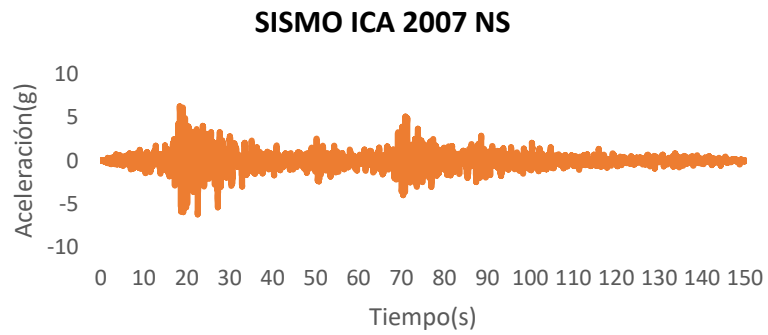


Figura 50. Registro sísmico de Ica 2007 en EW

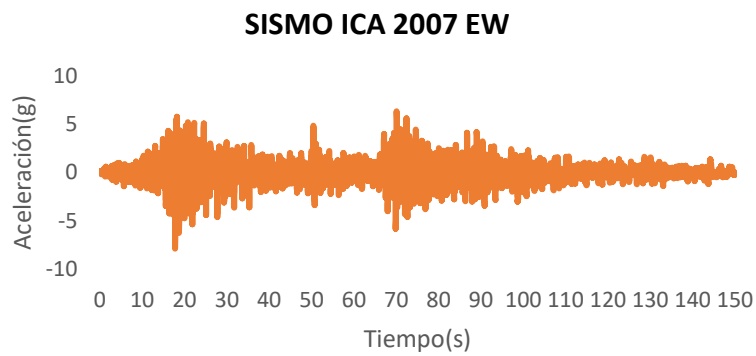


Figura 51. Registro sísmico de Lima 1974 en NS

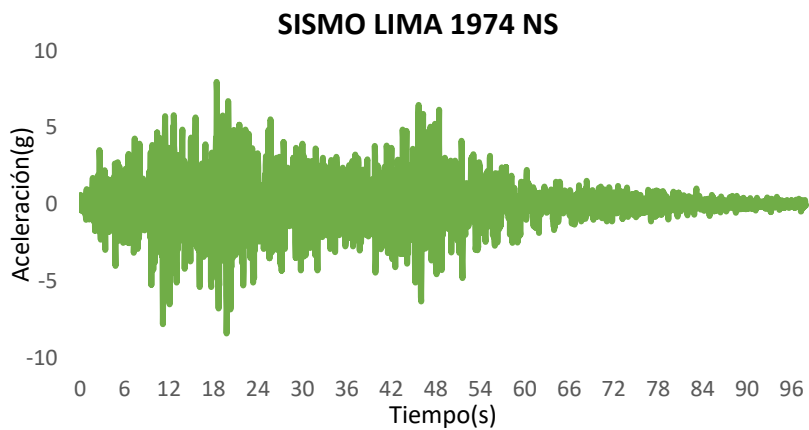
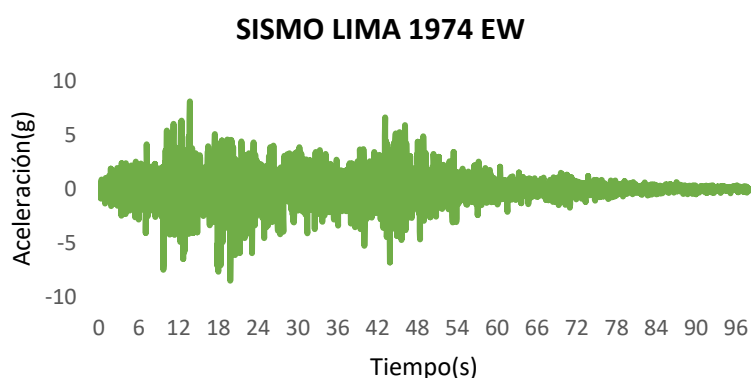


Figura 52. Registro sísmico de Lima 1974 en EW



- Resultados obtenidos del análisis tiempo historia: los resultados fueron obtenidos luego con un análisis tiempo historia usando la metodología Ritz. Fuerzas cortantes:

Tabla 40. Resultados de fuerzas cortantes de análisis TH (FNA)

<b>Fuerzas cortantes para cada registro sísmico (Tonf.)</b>						
	<b>ANCASH</b>		<b>ICA</b>		<b>LIMA</b>	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
BASE AISLADA	455.04	451.25	547.88	566.43	551.86	657.95

- Desplazamientos: se muestran los desplazamientos relativos obtenidos con y sin aislamiento de base.

Tabla 41. Desplazamiento relativo en dirección x.

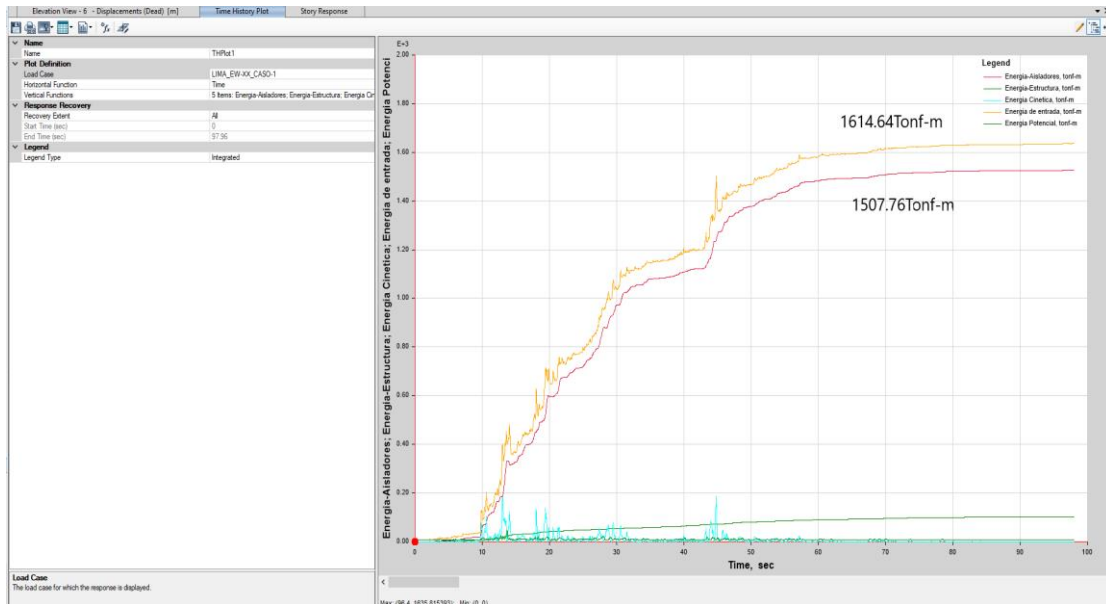
<b>Desplazamientos en dirección XX (m)</b>					
NIVELES	Altura	Ancash	Ica	Lima	Base fija
	(m)	D. Relativo	D. Relativo	D. Relativo	D. Relativo
PISO 10	28.65	0.004	0.004	0.008	0.020
PISO 9	25.8	0.005	0.004	0.009	0.023
PISO 8	22.95	0.005	0.005	0.010	0.028
PISO 7	20.1	0.006	0.006	0.011	0.031
PISO 6	17.25	0.007	0.007	0.012	0.035
PISO 5	14.4	0.007	0.007	0.013	0.037
PISO 4	11.55	0.008	0.008	0.013	0.037
PISO 3	8.7	0.007	0.008	0.012	0.035
PISO 2	5.85	0.007	0.008	0.011	0.028
PISO 1	3	0.004	0.005	0.007	0.014
P. Aislada	0	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 42. Desplazamiento relativo en dirección Y.

Desplazamientos en dirección YY (m)					
NIVELES	Altura	Ancash	Ica	Lima	Base fija
	(m)	D. Relativo	D. Relativo	D. Relativo	D. Relativo
PISO 10	28.65	0.004	0.003	0.007	0.015
PISO 9	25.8	0.004	0.004	0.008	0.018
PISO 8	22.95	0.005	0.005	0.009	0.022
PISO 7	20.1	0.006	0.006	0.011	0.026
PISO 6	17.25	0.007	0.006	0.012	0.029
PISO 5	14.4	0.007	0.007	0.012	0.032
PISO 4	11.55	0.008	0.008	0.012	0.032
PISO 3	8.7	0.008	0.008	0.012	0.031
PISO 2	5.85	0.007	0.007	0.010	0.025
PISO 1	3	0.004	0.005	0.007	0.013
P. Aislada	0	0.000	0.000	0.000	0.000

- Balance energético:

Figura 53. Energía que absorbe el sistema de aislamiento.



De la figura 28 se puede observar la energía que absorbe los aisladores donde la energía de entrada es de 1614.64 Tonf-m de los cuales 1507.76 Tonf-m absorben los aisladores entonces:

$$\% = \frac{1507.76}{1614.64} = 93.3\%$$











2.1.3.1. Aceleraciones: A continuación, se muestra como una comparación en cuanto a la reducción de aceleraciones en los entre pisos.

Tabla 45. Comparación de aceleraciones en dirección-XX

DIRECCION XX					
NIVELES	Altura (m)	con Base Fija	Con Sistema de aislamiento		
		Sismo dinámico x	Sismo dinámico x	Sismo con R=2	SMC (g)
PISO 10	28.65	0.38	0.039	0.102	0.20
PISO 9	25.8	0.28	0.036	0.094	0.19
PISO 8	22.95	0.25	0.033	0.087	0.17
PISO 7	20.1	0.24	0.030	0.080	0.16
PISO 6	17.25	0.24	0.028	0.074	0.15
PISO 5	14.4	0.25	0.027	0.071	0.14
PISO 4	11.55	0.24	0.027	0.072	0.14
PISO 3	8.7	0.23	0.028	0.074	0.15
PISO 2	5.85	0.19	0.030	0.078	0.16
PISO 1	3	0.09	0.032	0.083	0.17
B. Aislada	0	----	0.032	0.085	0.17

Figura 56. Aceleraciones en cada entre piso dirección-XX.

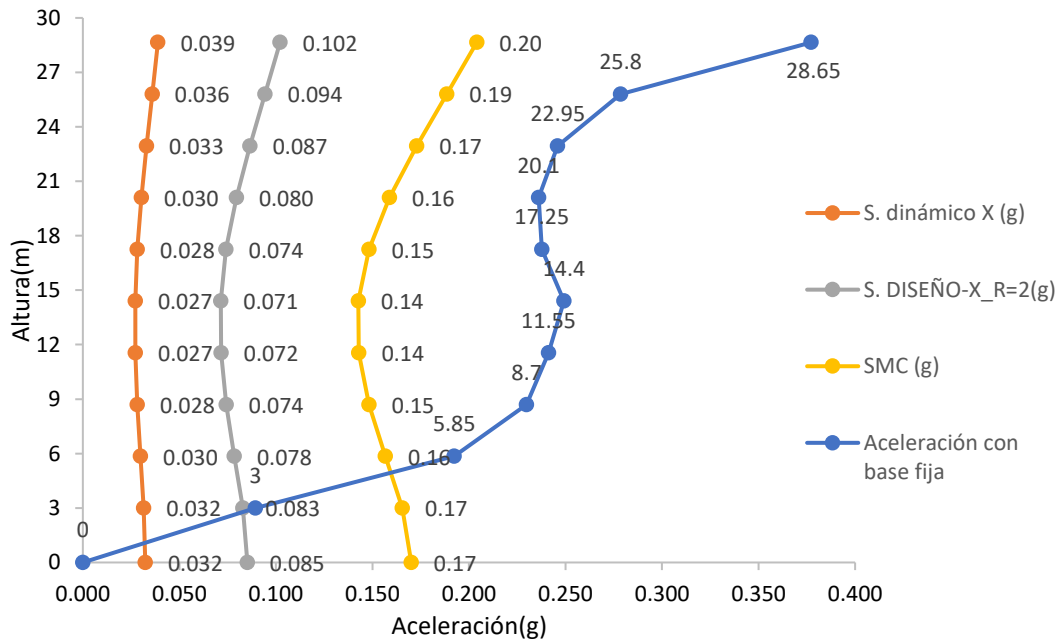
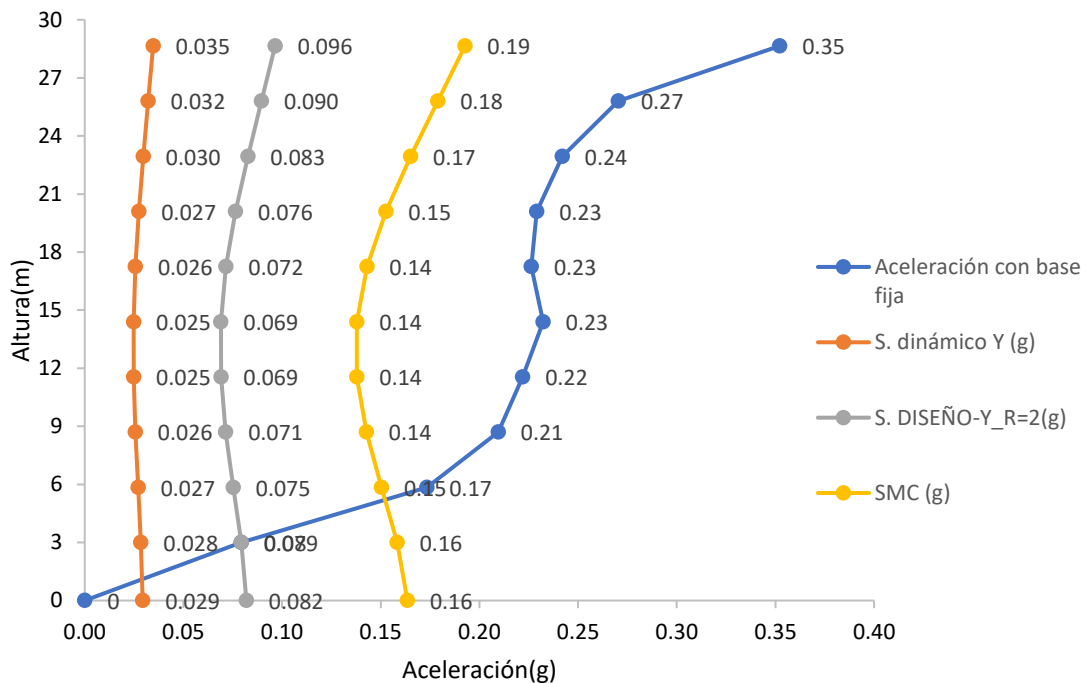


Tabla 46. Comparación de aceleraciones en dirección-YY

DIRECCION YY					
NIVELES	Altura (m)	con Base Fija	Con Sistema de aislamiento		
		Sismo dinámico Y	Sismo dinámico Y	Sismo con R=2	SMC (g)
PISO 10	28.65	0.35	0.035	0.096	0.19
PISO 9	25.8	0.27	0.032	0.090	0.18
PISO 8	22.95	0.24	0.030	0.083	0.17
PISO 7	20.1	0.23	0.027	0.076	0.15
PISO 6	17.25	0.23	0.026	0.072	0.14
PISO 5	14.4	0.23	0.025	0.069	0.14
PISO 4	11.55	0.22	0.025	0.069	0.14
PISO 3	8.7	0.21	0.026	0.071	0.14
PISO 2	5.85	0.17	0.027	0.075	0.15
PISO 1	3	0.08	0.028	0.079	0.16
B. Aislada	0	----	0.029	0.082	0.16

Figura 57. Aceleraciones en cada entre piso dirección-YY.



### 2.1.3.2. Diagrama de histéresis:

Figura 58. Diagrama de histéresis de aislador LRB K1, dirección X.

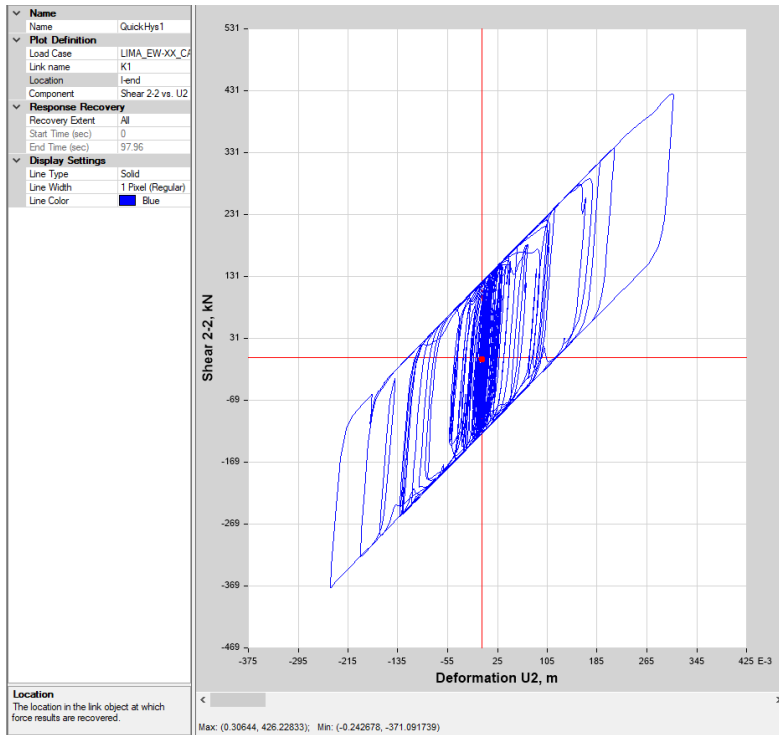


Figura 59. Diagrama de histéresis de aislador LRB K1, dirección Y.

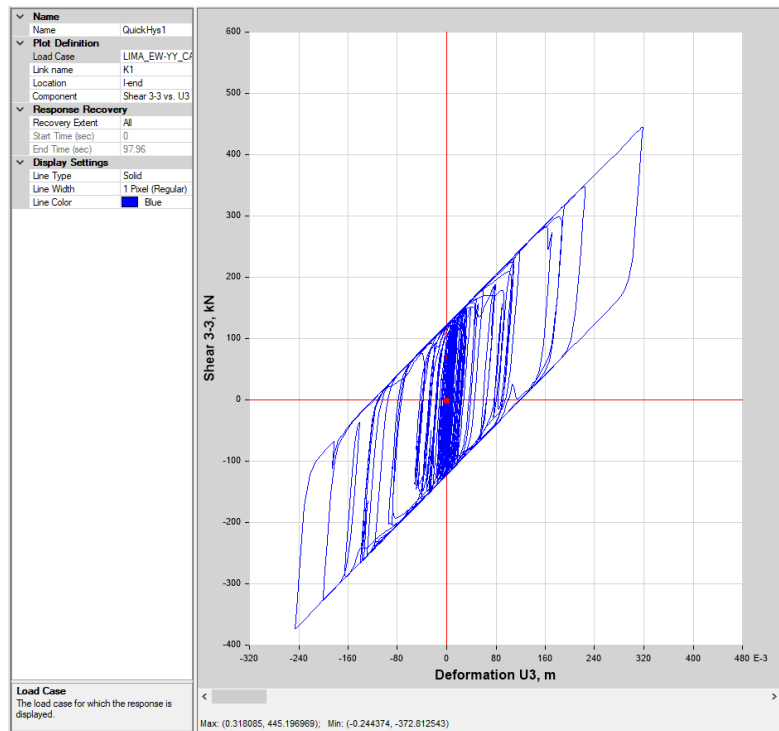


Figura 60. Diagrama de histéresis de aislador LRB K16, dirección X.

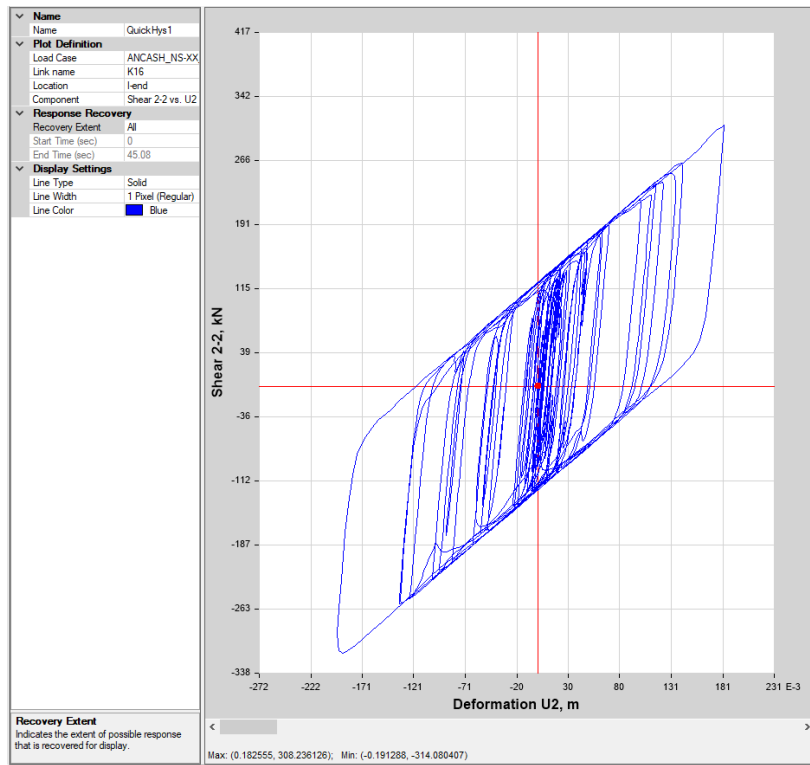


Figura 61. Diagrama de histéresis de aislador LRB K16, dirección Y.

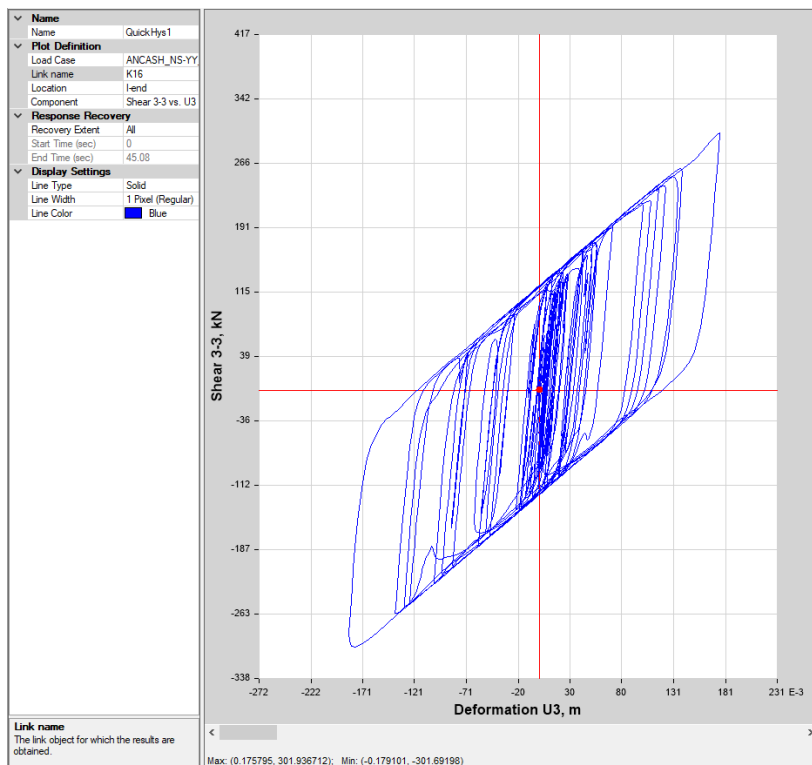


Figura 62. Diagrama de histéresis de Deslizador K-9, dirección X.

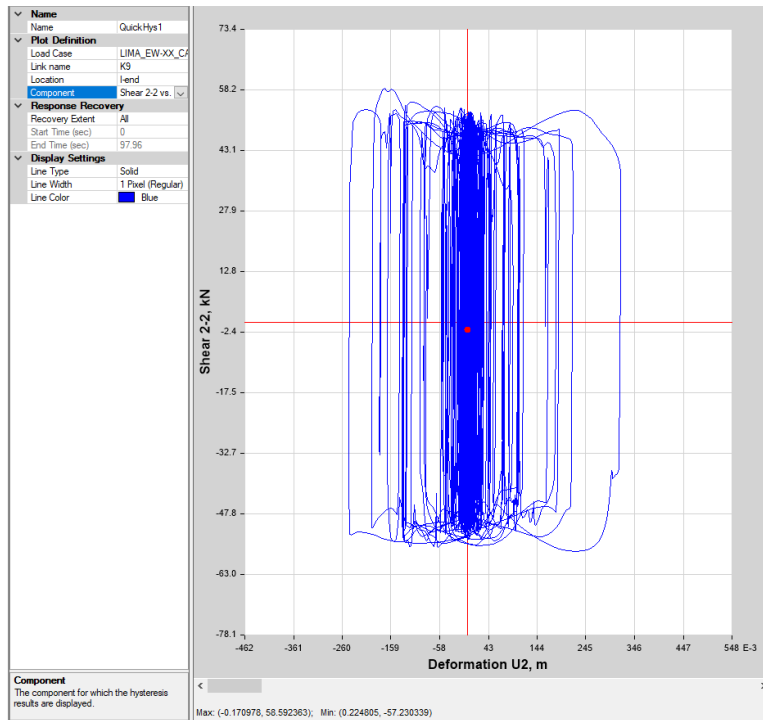


Figura 63. Diagrama de histéresis de Deslizador K-9, dirección Y.

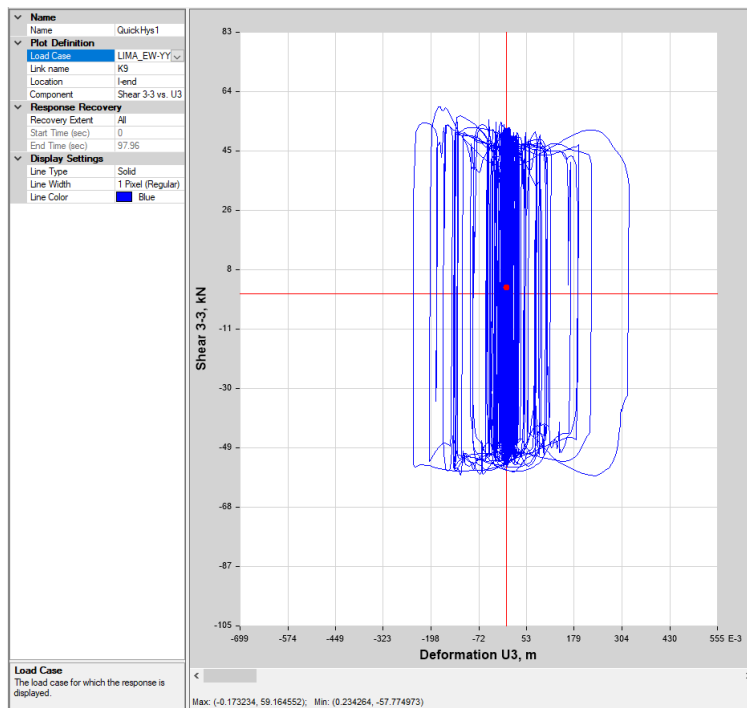


Figura 64. Diagrama de histéresis global en dirección X.

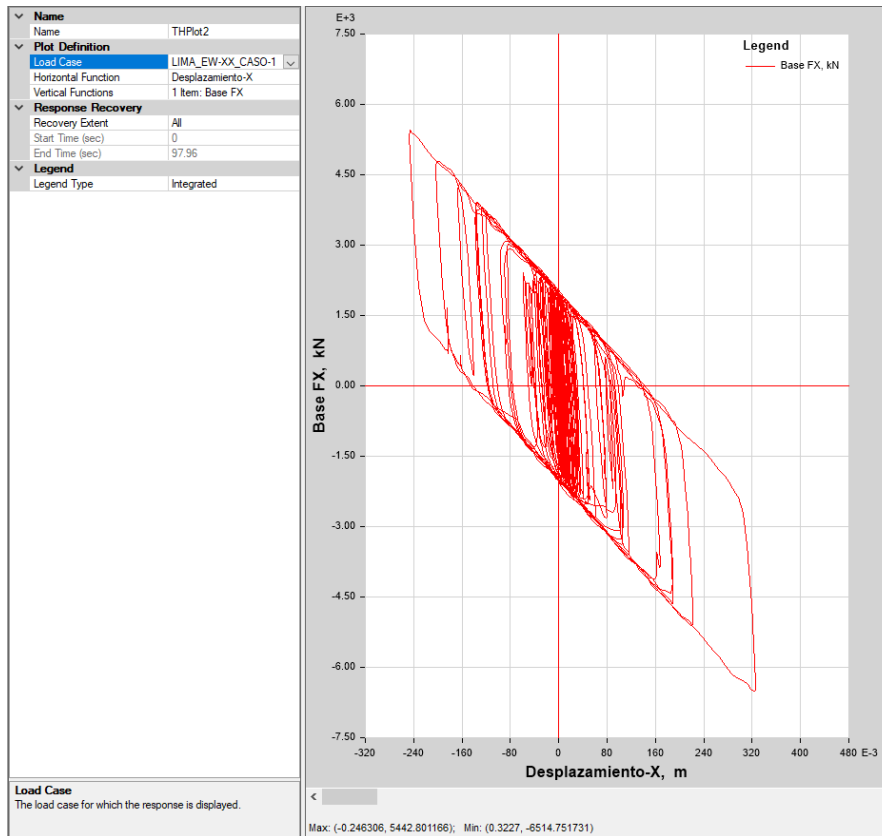
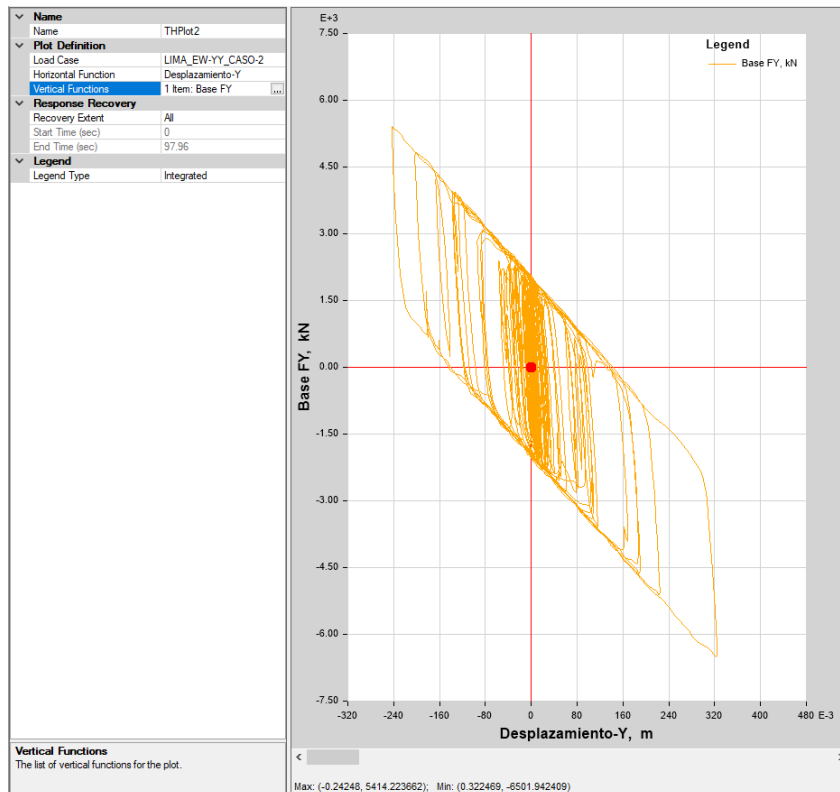


Figura 65. Diagrama de histéresis global en dirección X.



## Anexo 5. Ficha técnica de los aisladores.

Figura 66. Ficha técnica de aisladores LRB.

Certification number MVBR-0517

Characteristics		LH080G4										LH085G4									
		E	D	C	B	A	G	H	I	J	F	E	D	C	B	A	G	H	I	J	K
Physical Dimensions	Outer diameter (mm)	800										850									
	Lead plug diameter (mm)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	Effective plane area ( $\times 10^3$ mm <sup>2</sup> )	4913	4894	4873	4850	4825	4800	4772	4743	4712	5561	5542	5521	5498	5473	5448	5420	5391	5360	5328	5294
	Thickness of one rubber layer (mm)	5.4										5.7									
	Number of rubber layers (-)	37										35									
	Total rubber thickness (mm)	200										200									
	First shape factor (-)	37.0										37.3									
	Second shape factor (-)	4.00										4.26									
	Diameter of flange (mm)	1150										1200									
	Thickness of flange <sup>*)</sup> (edge/center) (mm)	24/32										24/32									
	Connecting bolt PCD (mm)	1000										1050									
	Diameter of connecting bolt hole x qty (mm)	$\varnothing 33 \times 12$										$\varnothing 33 \times 12$									
	Bolt size (assumption) (-)	M30										M30									
	Thickness of each reinforced steel plate (mm)	4.4										4.4									
	Total height (mm)	422.2										413.1									
Total weight (tonf)	1.25	1.25	1.26	1.26	1.27	1.28	1.29	1.29	1.30	1.34	1.35	1.36	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	
Total weight (kN)	12.2	12.3	12.3	12.4	12.5	12.6	12.6	12.7	12.8	13.2	13.2	13.3	13.4	13.4	13.6	13.6	13.7	13.7	13.8	13.9	
Compression Properties	Critical stress [N/mm <sup>2</sup> ]	48										56									
	Ultimate compressive stress [N/mm <sup>2</sup> ]	(0.00,48)										(0.00,56)									
	Compressive stiffness ( $\times 10^3$ kN/m)	2860										3360									
	Nominal long term compressive stress [N/mm <sup>2</sup> ]	10.5										11.7									
	Nominal long term column load (kN)	5160	5160	5190	5110	5080	5060	5030	5000	4960	6500	6480	6480	6430	6400	6370	6340	6300	6270	6230	6190
	Allowable tensile stress [ $\gamma = 100\%$ ] [N/mm <sup>2</sup> ]	1.0										1.0									
Shear Properties ( $\gamma = 100\%$ )	Initial stiffness ( $\times 10^3$ kN/m)	12.7	12.8	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9	13.0	13.0	14.4	14.4	14.4	14.5	14.5	14.5	14.6	14.6	14.6	14.7	14.7
	Post yield stiffness [ $\gamma = 100\%$ ] ( $\times 10^3$ kN/m)	0.980	0.982	0.984	0.986	0.989	0.991	0.994	0.997	1.00	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13
	Characteristic Strength (kN)	80.1	106	123	141	160	181	203	226	250	80.1	106	123	141	160	181	203	226	250	276	303
	Equivalent shear stiffness ( $\times 10^3$ kN/m)	1.43	1.51	1.60	1.69	1.79	1.90	2.01	2.13	2.25	1.56	1.64	1.73	1.82	1.92	2.02	2.14	2.26	2.38	2.51	2.65
	Equivalent damping ratio (-)	0.193	0.213	0.232	0.250	0.266	0.281	0.294	0.306	0.317	0.179	0.199	0.216	0.234	0.251	0.266	0.280	0.293	0.304	0.315	0.324

\*: Special thickness for flange is available. Please refer to the table above for more details.



Figura 67. Ficha técnica de Aislador SLIDERS.

## TABLES FIP-D STANDARD

Low friction		Medium friction		Displacement $\pm 100$ mm					
Isolator Mark	$N_{es}$ kN	Isolator Mark	$N_{es}$ kN	D mm	Y mm	Z mm	H mm	n	W kg
FIP-D L 250/200 (2500)	1000	FIP-D M 250/200 (2500)	220	350	460	350	98	4	50
FIP-D L 340/200 (2500)	1500	FIP-D M 340/200 (2500)	560	380	490	380	104	4	65
FIP-D L 440/200 (2500)	2000	FIP-D M 440/200 (2500)	990	410	520	410	99	4	75
FIP-D L 510/200 (2500)	2500	FIP-D M 510/200 (2500)	1330	430	600	470	96	4	85
FIP-D L 590/200 (2500)	3000	FIP-D M 590/200 (2500)	1690	450	620	480	117	4	110
FIP-D L 670/200 (2500)	3500	FIP-D M 670/200 (2500)	2100	470	640	490	113	4	120
FIP-D L 760/200 (2500)	4000	FIP-D M 760/200 (2500)	2540	490	660	510	110	4	130
FIP-D L 910/200 (2500)	5000	FIP-D M 910/200 (2500)	3270	520	690	530	136	4	180
FIP-D L 1100/200 (2500)	6000	FIP-D M 1100/200 (2500)	4380	560	810	630	138	4	230
FIP-D L 1200/200 (2500)	7000	FIP-D M 1200/200 (2500)	4980	580	830	650	144	4	260
FIP-D L 1400/200 (2500)	8000	FIP-D M 1400/200 (2500)	5960	610	860	670	156	4	300
FIP-D L 1600/200 (2500)	9000	FIP-D M 1600/200 (2500)	7030	640	890	690	158	4	340
FIP-D L 1750/200 (2500)	10000	FIP-D M 1750/200 (2500)	7780	660	910	700	164	4	380
FIP-D L 2100/200 (2500)	12500	FIP-D M 2100/200 (2500)	9830	710	1040	810	202	4	560
FIP-D L 2500/200 (2500)	15000	FIP-D M 2500/200 (2500)	12120	760	1090	850	208	4	680
FIP-D L 2950/200 (2500)	17500	FIP-D M 2950/200 (2500)	14630	810	1050	970	213	8	800
FIP-D L 3450/200 (2500)	20000	FIP-D M 3450/200 (2500)	17360	860	1100	1000	259	8	1100
FIP-D L 4150/200 (2500)	25000	FIP-D M 4150/200 (2500)	21600	930	1210	1120	253	8	1300
FIP-D L 4950/200 (2500)	30000	FIP-D M 4950/200 (2500)	26250	1000	1280	1340	332	12	2000
FIP-D L 6500/200 (2500)	40000	FIP-D M 6500/200 (2500)	35300	1120	1400	1430	344	12	2650
FIP-D L 8050/200 (2500)	50000	FIP-D M 8050/200 (2500)	44700	1230	1510	1670	433	16	4000
FIP-D L 9650/200 (2500)	60000	FIP-D M 9650/200 (2500)	54250	1330	1610	1910	424	20	4800

Low friction		Medium friction		Displacement $\pm 150$ mm					
Isolator Mark	$N_{es}$ kN	Isolator Mark	$N_{es}$ kN	D mm	Y mm	Z mm	H mm	n	W kg
FIP-D L 250/300 (2500)	1000	FIP-D M 250/300 (2500)	220	400	510	400	101	4	65
FIP-D L 340/300 (2500)	1500	FIP-D M 340/300 (2500)	560	430	540	430	96	4	75
FIP-D L 440/300 (2500)	2000	FIP-D M 440/300 (2500)	990	460	630	490	101	4	100
FIP-D L 510/300 (2500)	2500	FIP-D M 510/300 (2500)	1330	480	660	500	97	4	110
FIP-D L 590/300 (2500)	3000	FIP-D M 590/300 (2500)	1690	500	670	520	118	4	140
FIP-D L 670/300 (2500)	3500	FIP-D M 670/300 (2500)	2100	520	690	530	114	4	150
FIP-D L 760/300 (2500)	4000	FIP-D M 760/300 (2500)	2540	540	710	540	110	4	160
FIP-D L 910/300 (2500)	5000	FIP-D M 910/300 (2500)	3270	570	820	640	136	4	220
FIP-D L 1100/300 (2500)	6000	FIP-D M 1100/300 (2500)	4380	610	860	670	135	4	260
FIP-D L 1200/300 (2500)	7000	FIP-D M 1200/300 (2500)	4980	630	880	680	140	4	290
FIP-D L 1400/300 (2500)	8000	FIP-D M 1400/300 (2500)	5960	660	910	700	164	4	360
FIP-D L 1600/300 (2500)	9000	FIP-D M 1600/300 (2500)	7030	690	940	720	156	4	380
FIP-D L 1750/300 (2500)	10000	FIP-D M 1750/300 (2500)	7780	710	1040	810	160	4	460
FIP-D L 2100/300 (2500)	12500	FIP-D M 2100/300 (2500)	9830	760	1090	850	208	4	650
FIP-D L 2500/300 (2500)	15000	FIP-D M 2500/300 (2500)	12120	810	1050	970	213	8	770
FIP-D L 2950/300 (2500)	17500	FIP-D M 2950/300 (2500)	14630	860	1100	1000	217	8	910
FIP-D L 3450/300 (2500)	20000	FIP-D M 3450/300 (2500)	17360	910	1190	1110	260	8	1250
FIP-D L 4150/300 (2500)	25000	FIP-D M 4150/300 (2500)	21600	980	1260	1330	254	12	1550
FIP-D L 4950/300 (2500)	30000	FIP-D M 4950/300 (2500)	26250	1050	1330	1380	333	12	2150
FIP-D L 6500/300 (2500)	40000	FIP-D M 6500/300 (2500)	35300	1170	1450	1630	342	16	2950
FIP-D L 8050/300 (2500)	50000	FIP-D M 8050/300 (2500)	44700	1280	1560	1880	429	20	4400
FIP-D L 9650/300 (2500)	60000	FIP-D M 9650/300 (2500)	54250	1380	1660	2120	438	24	5500

Fuente. (FIP, 2011 pág. 12)

# Anexo 6. PLANOS DE ARQUITECTURA.

Figura 68. Plano de Arquitectura A-01.

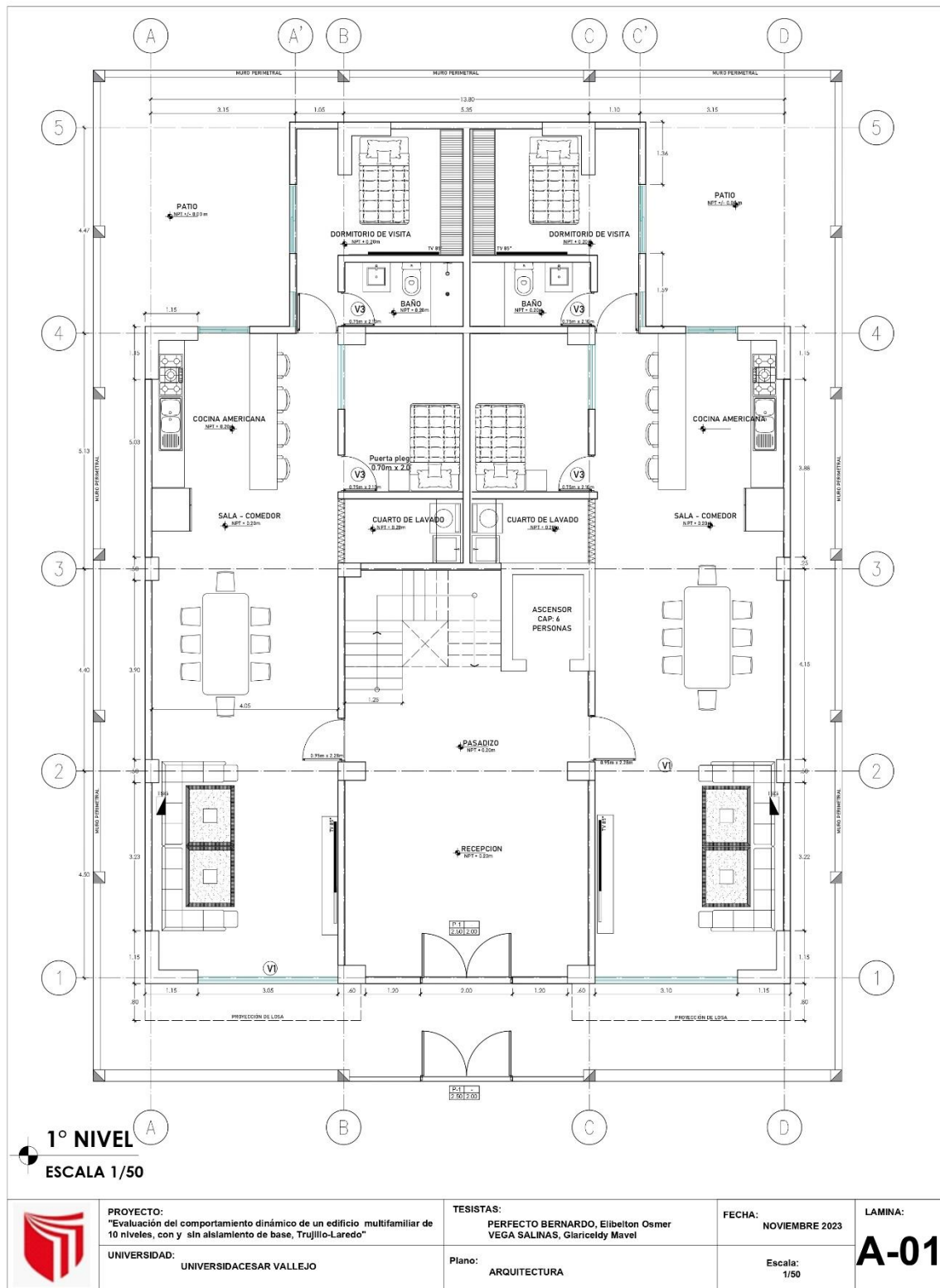


Figura 69. Plano de Arquitectura A-02.

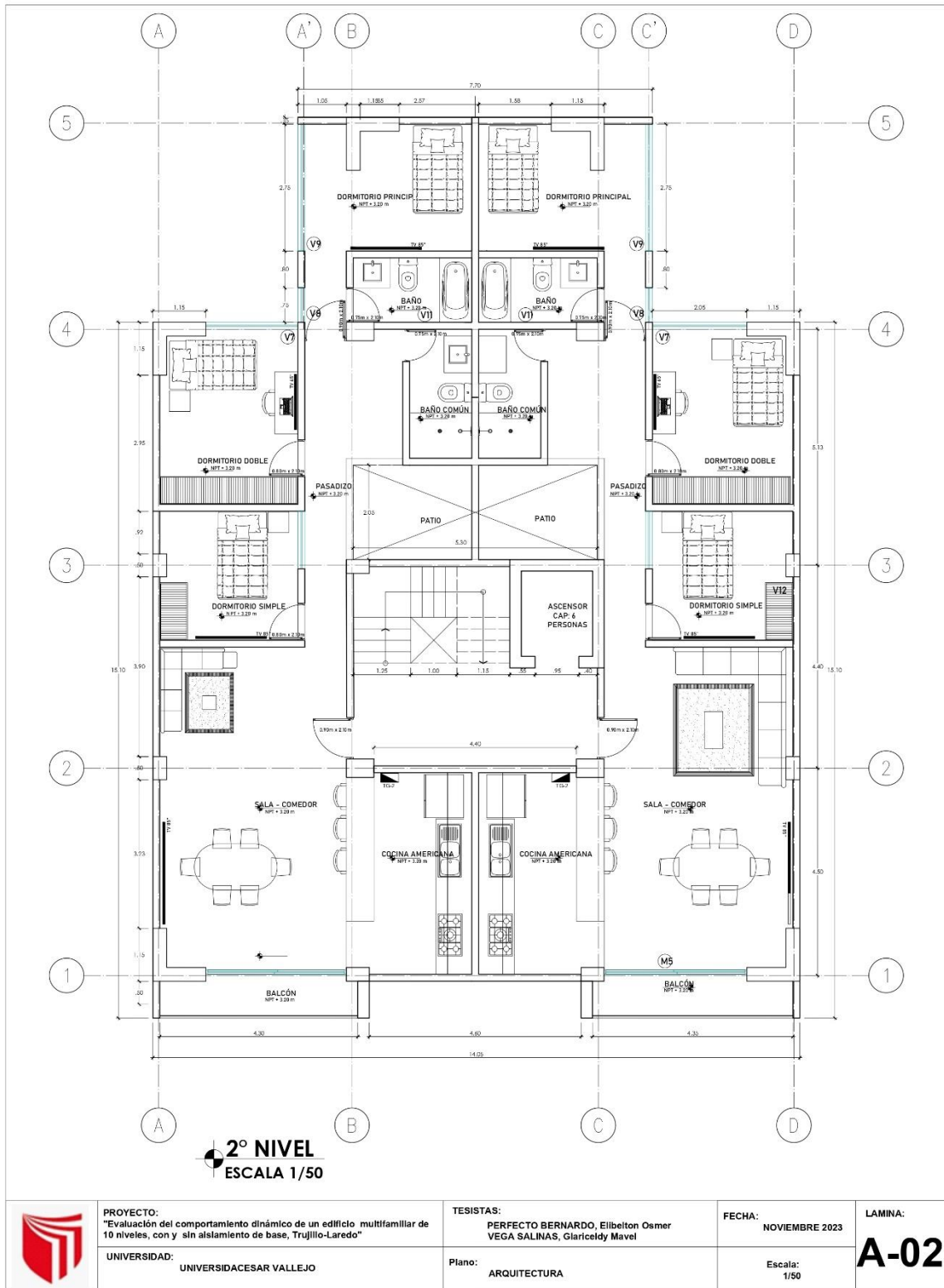
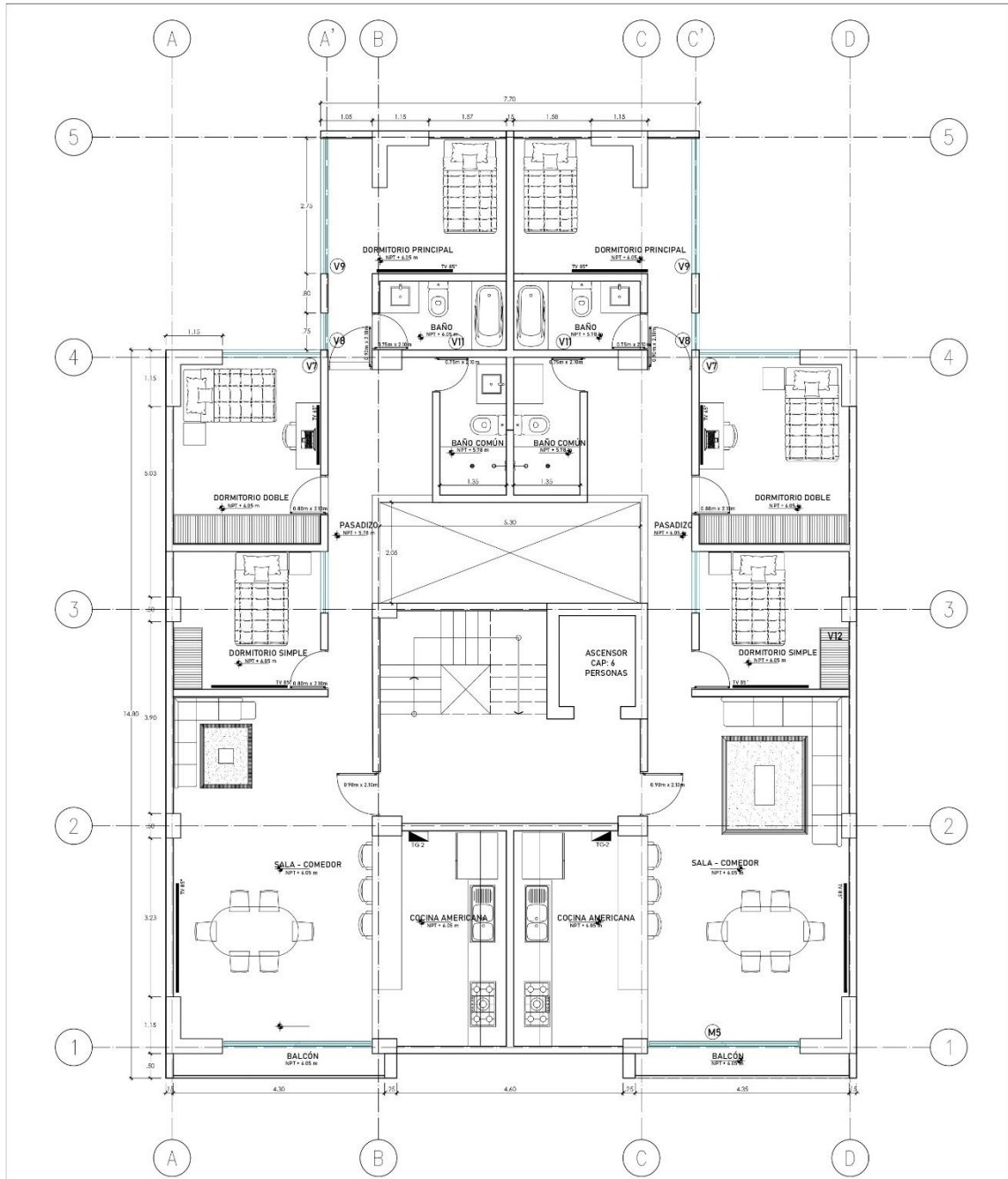


Figura 70. Plano de Arquitectura A-03.



**NIVEL ATÍPICO HASTA 10**  
**ESCALA 1/50**

	<b>PROYECTO:</b> "Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo-Laredo"	<b>TESISTAS:</b> PERFECTO BERNARDO, Eilbelton Osmer VEGA SALINAS, Glaricely Mavel	<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2023	<b>LAMINA:</b> <b>A-03</b>
	<b>UNIVERSIDAD:</b> UNIVERSIDACESAR VALLEJO	<b>Plano:</b> ARQUITECTURA	Escala: 1/50	

## Anexo 7. Plano topográfico, de ubicación y localización.

Figura 71. Plano de ubicación y localización.

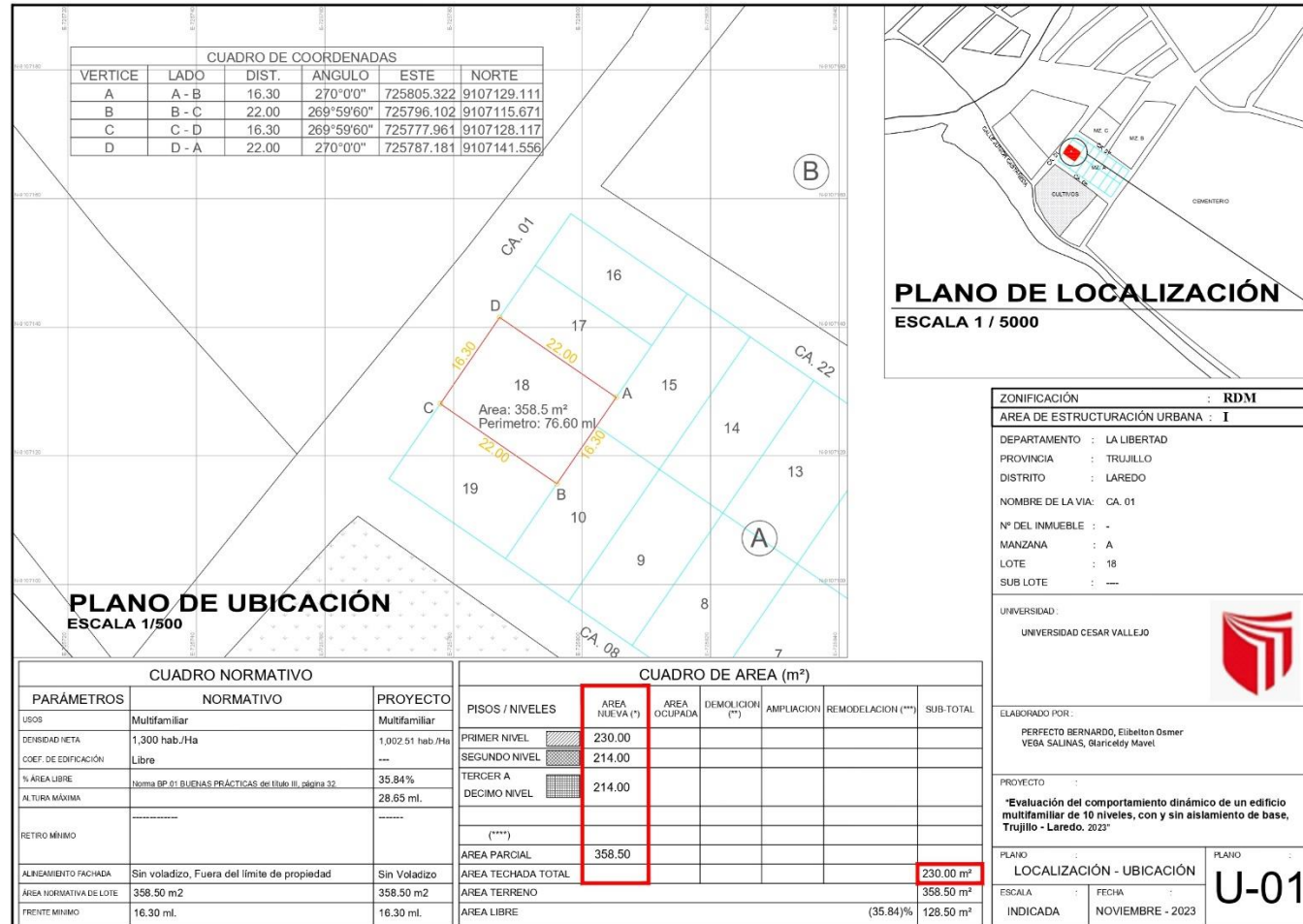


Figura 72. Plano topográfico.





Figura 74. Plano de estructuras E-02

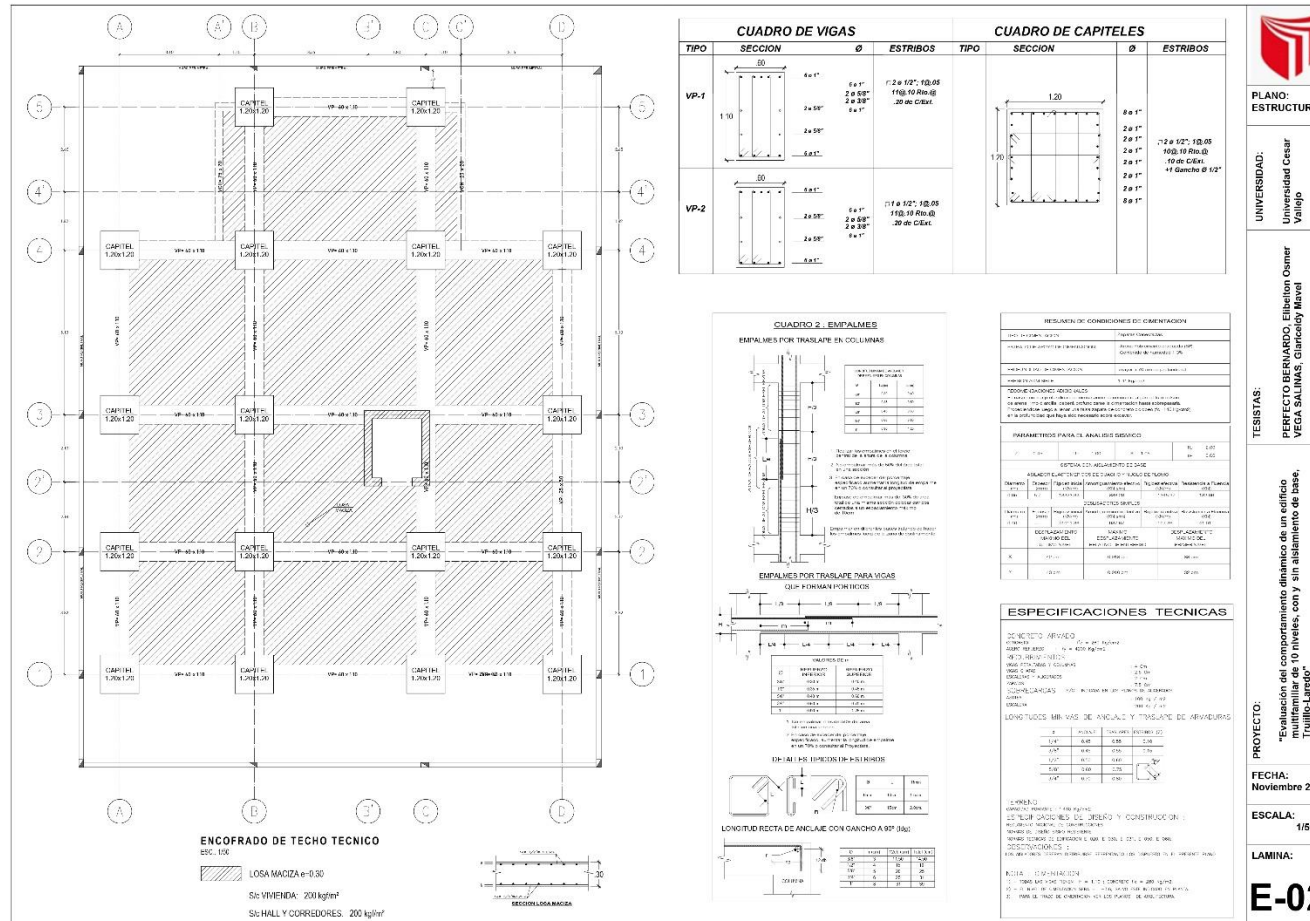




Figura 75. Plano de estructuras E-03.

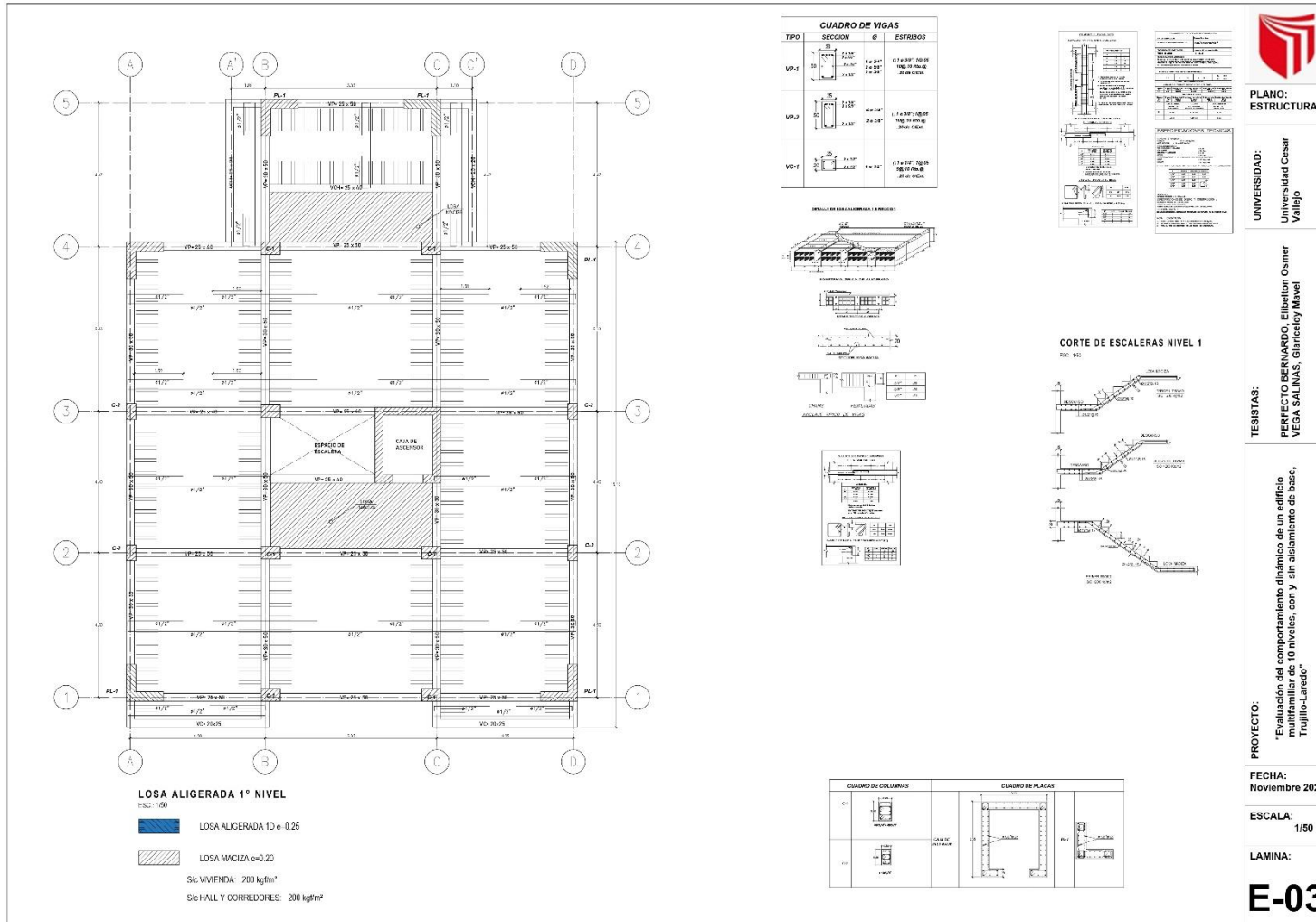


Figura 76. Plano de estructuras E-04.

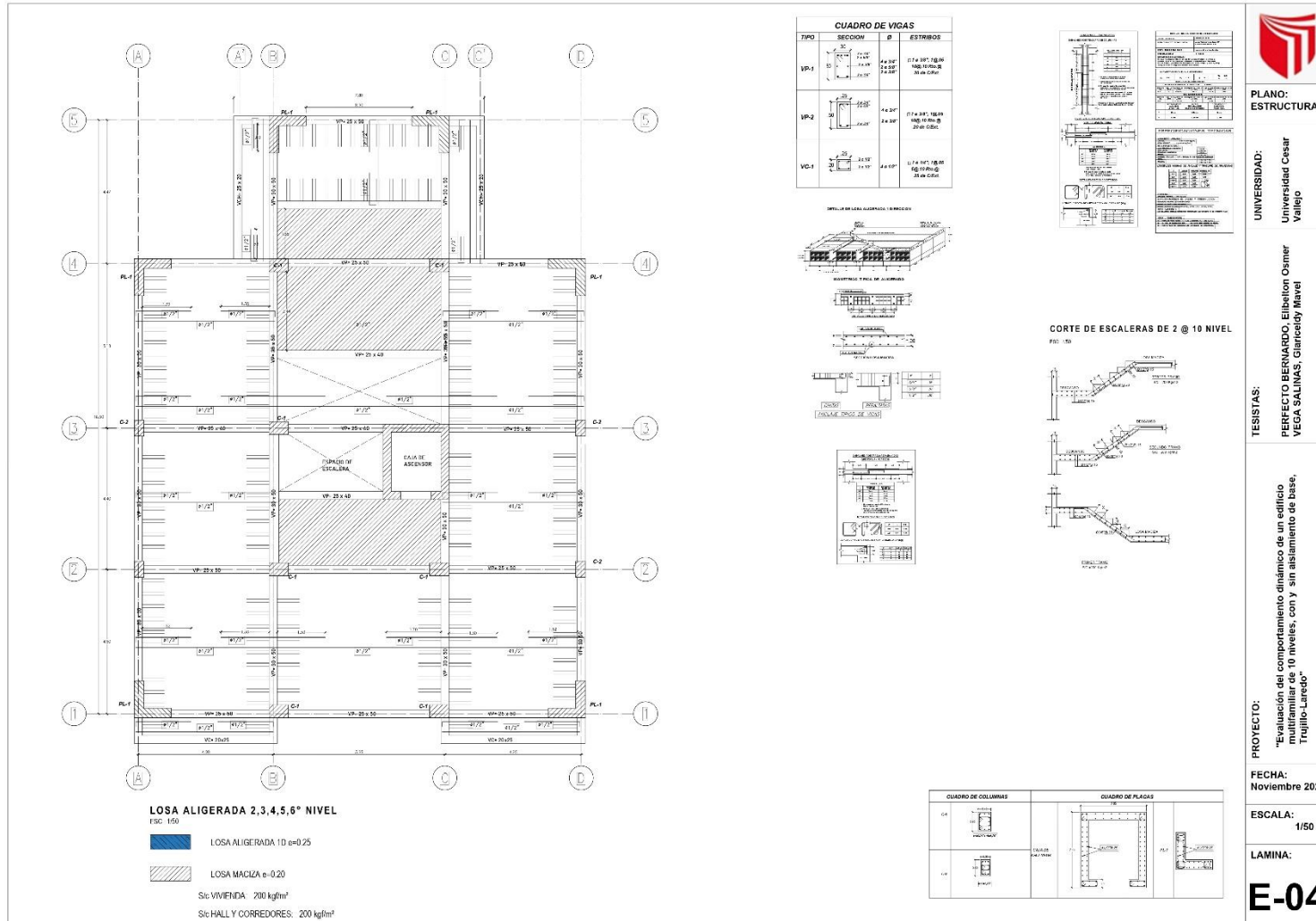


Figura 77. Plano de estructuras E-05.

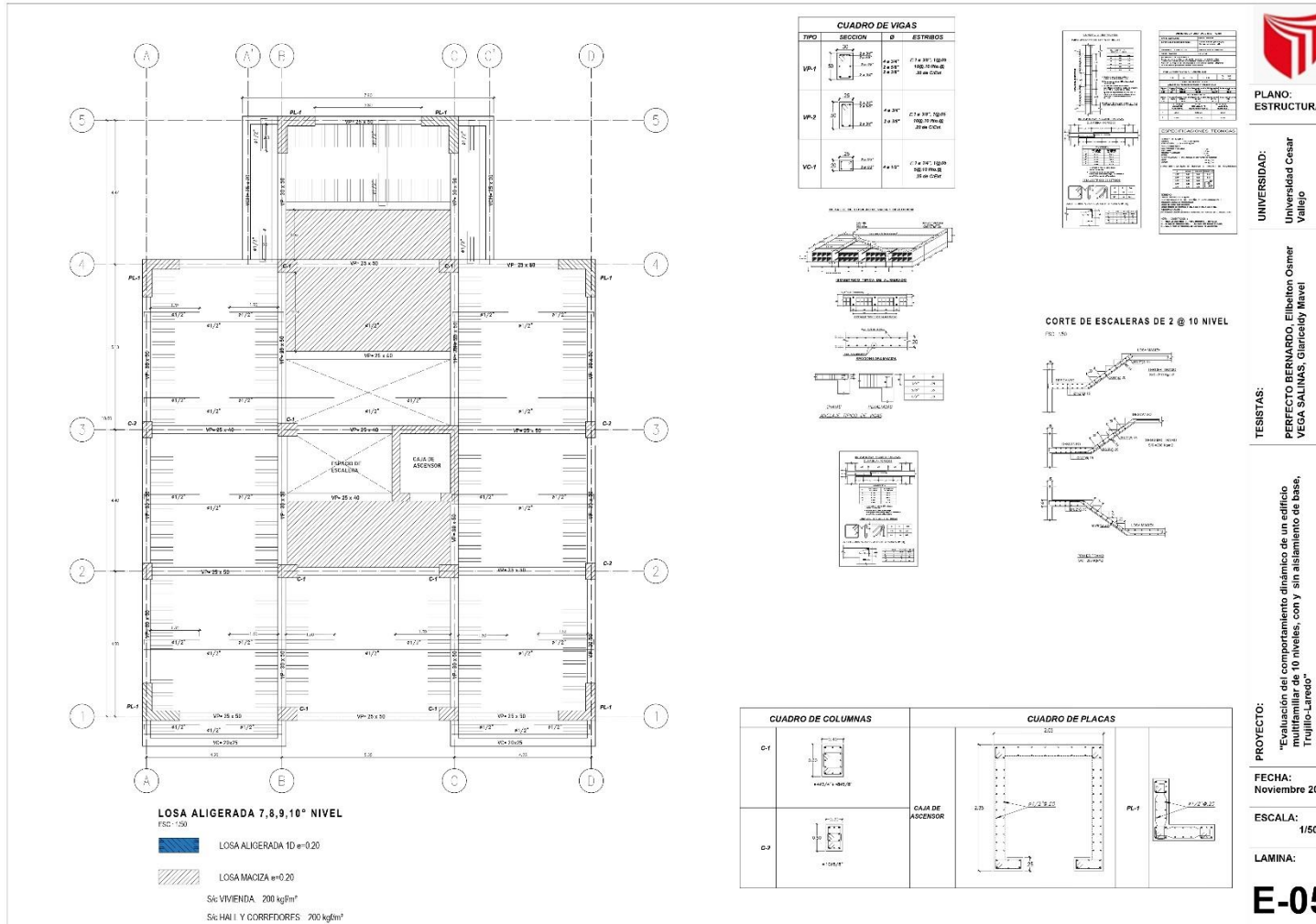
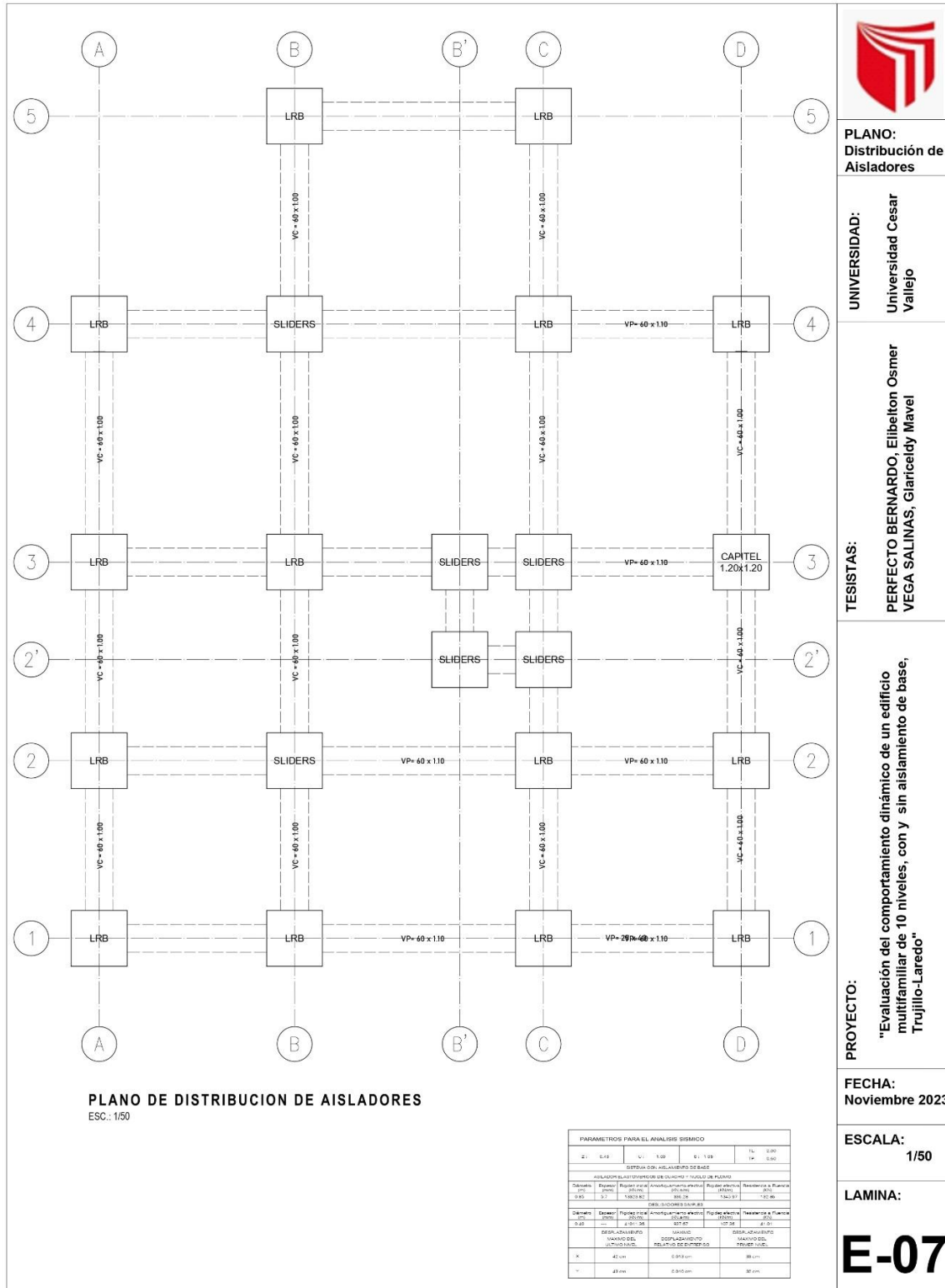




Figura 79. Plano de estructuras E-07.



PARAMETROS PARA EL ANALISIS SISMICO					
Z:	0.45	0.1	0.02	0.109	1.0
SERIES CON VIGILANCIA DE BASE					
AISLADOR AISLACIONES EN DISEÑO 10 NIVEL DE PLANO					
Diámetro	Espesor	Radio total	Amortiguamiento efectivo	Radio efectivo	Resistencia a tracción
Ø45	57	10823.82	100.28	10420.77	100.46
SERIE: SUCOMER 8.1x1.87					
Diámetro	Diámetro	Radio total	Amortiguamiento efectivo	Radio efectivo	Resistencia a tracción
Ø45	57	10823.82	100.28	10420.77	100.46
SERIE: SUCOMER 8.1x1.87					
Diámetro	Diámetro	Radio total	Amortiguamiento efectivo	Radio efectivo	Resistencia a tracción
Ø45	57	10823.82	100.28	10420.77	100.46
SERIE: SUCOMER 8.1x1.87					
X	42 mm	0.915 mm		38 mm	
Y	42 mm	0.915 mm		38 mm	



**PLANO:**  
Distribución de Aisladores

**UNIVERSIDAD:**  
Universidad Cesar Vallejo

**TESISTAS:**  
PERFECTO BERNARDO, Eibeiton Osmer VEGA SALINAS, Glarticeidy Mavel

**PROYECTO:**  
"Evaluación del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar de 10 niveles, con y sin aislamiento de base, Trujillo-Laredo"

**FECHA:**  
Noviembre 2023

**ESCALA:**  
1/50

**LAMINA:**

**E-07**

## Anexo 9. ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS EN SEISMOMATCH.

Figura 80. Escalamiento de registros sísmicos.

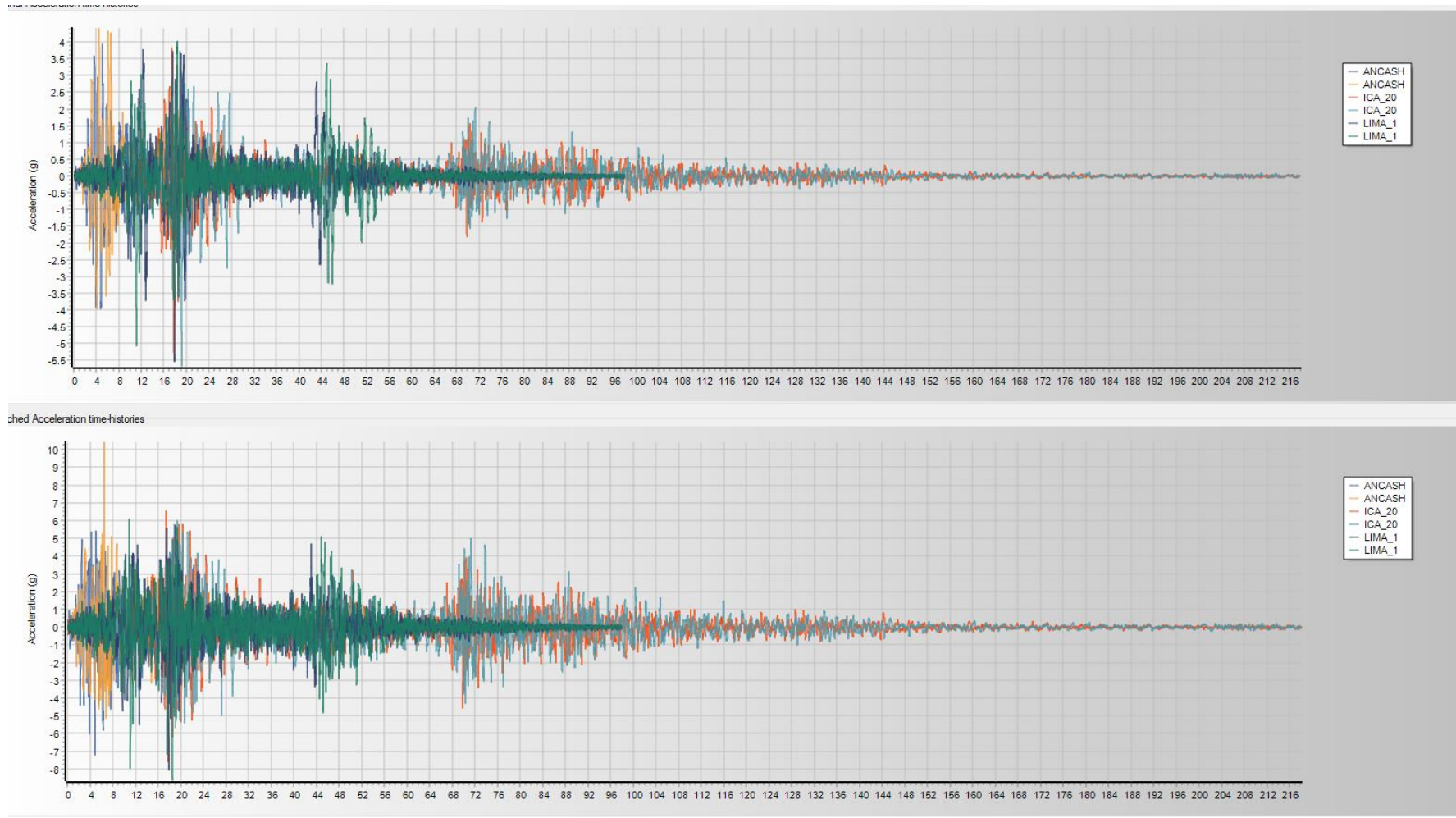
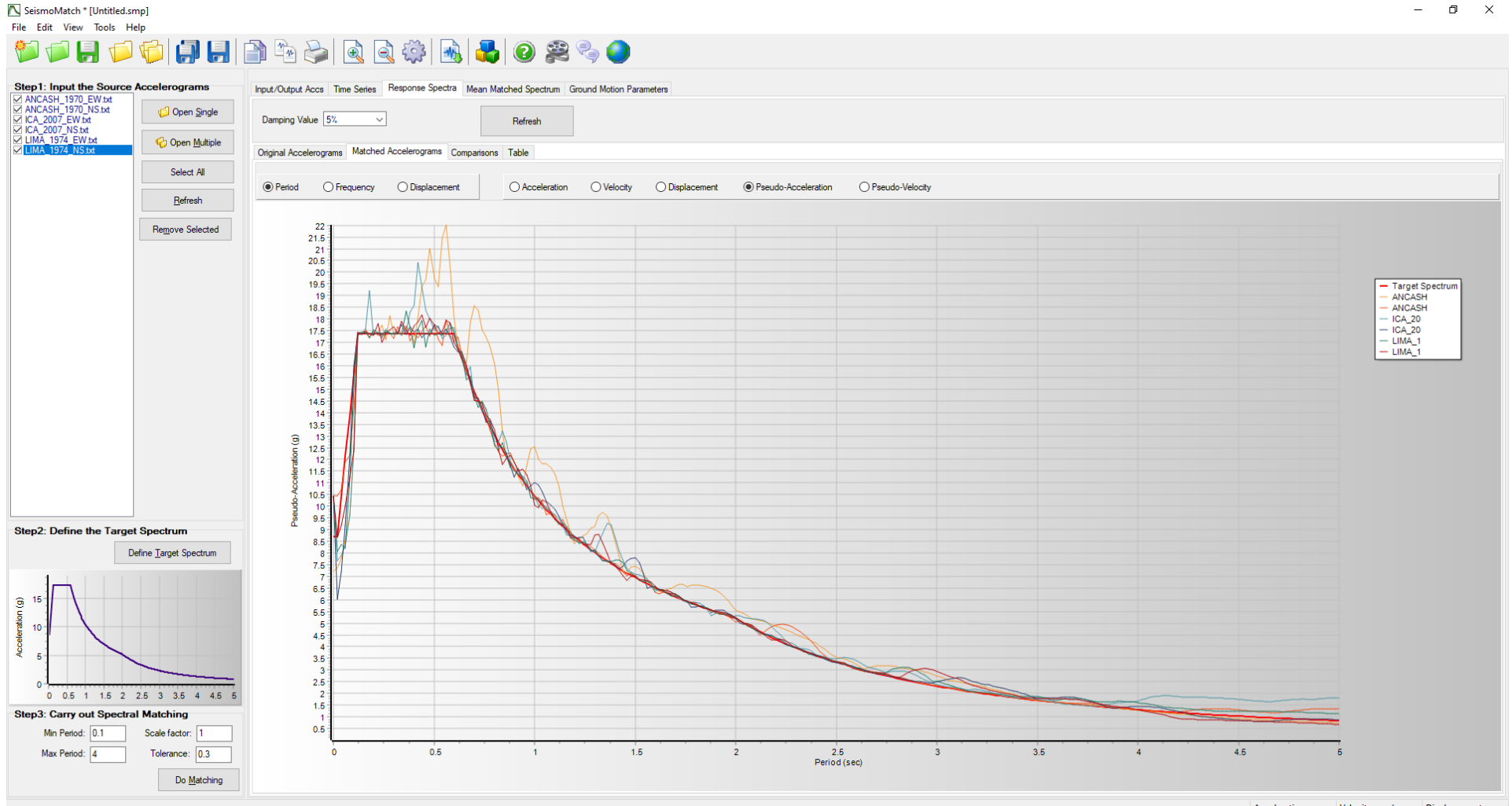


Figura 81. Registros espectro compatibles.



Anexo 10. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.



"EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"



INFORME: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS

CON FINES DE CIMENTACIÓN

JALCEP S.A.C.  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

TRUJILLO, SEPTIEMBRE 2023



## INDICE

<b>1. GENERALIDADES</b> .....	4
<b>1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO:</b> .....	4
<b>1.2. NORMATIVIDAD:</b> .....	5
<b>1.3. UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:</b> .....	5
<b>1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO:</b> .....	6
<b>1.5. CONDICIÓN CLIMÁTICA :</b> .....	6
<b>2. GEOLOGIA REGIONAL Y LOCAL:</b> .....	7
<b>2.1.1. GEOMORFOLOGIA:</b> .....	8
<b>2.1.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL:</b> .....	10
<b>2.1.3. GEOLOGIA LOCAL:</b> .....	11
<b>2.2. FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA E INTERNA:</b> .....	11
<b>2.2.1. GEODINAMICA INTERNA:</b> .....	11
<b>2.2.2. GEODINAMICA EXTERNA:</b> .....	11
<b>2.3. SISMICIDAD, ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y PARÁMETROS:</b> .....	14
<b>3. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN:</b> .....	16
<b>3.1.1. TIPO DE CIMENTACIÓN:</b> .....	17
<b>3.1.2. ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:</b> .....	17
<b>3.1.3. RECOMENDACIONES ADICIONALES:</b> .....	17
<b>3.2. INFORMACIÓN PREVIA:</b> .....	17
<b>3.2.1. DEL TERRENO A EXPLORAR:</b> .....	17
<b>3.2.2. DATOS GENERALES DE LA OBRA:</b> .....	17
<b>3.2.3. DE LAS EDIFICACIONES COLINDANTES:</b> .....	17
<b>3.2.4. OTRA INFORMACIÓN:</b> .....	17
<b>3.3. EXPLORACIÓN DE CAMPO:</b> .....	17
<b>3.3.1. CONDICIÓN DE FRONTERA:</b> .....	17
<b>3.3.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE EXPLORACIÓN:</b> .....	18
<b>3.3.3. NUMERO Y TIPO DE MUESTRAS A EXTRAER:</b> .....	18

<b>3.3.4.</b>	<b>ENSAYOS A REALIZAR “in situ” Y EN LABORATORIO:</b>	
		19
<b>4.</b>	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO:</b>	19
<b>4.1.</b>	<b>RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO:</b>	20
<b>4.2.</b>	<b>RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO:</b>	20
<b>4.3.</b>	<b>PERFIL DEL SUELO:</b>	21
<b>4.4.</b>	<b>NIVEL DE NAPA FREATICA:</b>	22
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN:</b>	22
<b>5.1.</b>	<b>MEMORIA DE CÁLCULO:</b>	22
<b>5.2.</b>	<b>CÁLCULO DE LA CARGA DE ROTURA POR CORTE Y CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD:</b>	24
<b>5.3.</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS QUE SUFRIRIA LA ESTRUCTURA CON LA CARGA APLICADA (DIFERENCIAL Y TOTALES):</b>	26
<b>5.3.1.</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE COMO CARGA NETA APLICADA:</b>	28
<b>5.4.</b>	<b>PRESIÓN ADMISIBLE DEL SUELO:</b>	29
<b>5.5.</b>	<b>OTROS PARÁMETROS QUE SE REQUIERAN PARA EL DISEÑO O CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y CUYO VALOR DEPENDAN DIRECTAMENTE DEL SUELO:</b>	29
<b>5.6.1.</b>	<b>EXCAVABILIDAD Y RIPABILIDAD</b>	29
<b>5.6.2.</b>	<b>COLAPSO DE SUELO DEBIDO A EXCAVACIONES</b>	29
<b>6.</b>	<b>PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN:</b>	30
<b>6.1.</b>	<b>EXPANSIVIDAD</b>	30
<b>6.2.</b>	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	31
<b>6.3.</b>	<b>LICUACIÓN DE SUELOS</b>	32
<b>7.</b>	<b>AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN:</b>	32
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	33
<b>9.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	35

## 1. GENERALIDADES

Por encargo del solicitante, se realizó el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) para el Proyecto: "EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023", ubicado en la localidad de Alto Laredo en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo y región La Libertad.

### 1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO:

El Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) recoge el conjunto de trabajos realizados de campo y laboratorio, así como por los resultados derivados de los mismos y la documentación aportada por el cliente.

Es objetivo del presente EMS, es el desarrollo de los siguientes puntos:

- Identificar y localizar espacialmente los diferentes niveles que conforman el subsuelo.
- Determinar los parámetros y propiedades geotécnicas del terreno de apoyo de la estructura prevista.
- Detectar y caracterizar el agua freática.
- Dar recomendaciones para la estructura que se pretende construir, atendiendo a sismicidad, modelos de cimentación, asentamientos, tensión admisible, excavabilidad, estabilidad y sostenimiento de taludes, agresividad y alterabilidad de los materiales.
- Identificar los tramos que presentan problemas geológicos, con la finalidad de formular la implementación de obras de ingeniería, minimizar los riesgos o adecuarlas a la problemática existente, mediante diseños específicos.

Se excluyen en este estudio, tanto el diseño, como el cálculo del tipo de cimentación y muros, donde intervienen aspectos del proyecto que no se llegan a considerar.

**1.2. NORMATIVIDAD:**

El presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) está concordado con la Norma Técnica E-050 (R.M. N° 406-2018-VIVIENDA), E0.30 y ACI 350.3-06 correspondientes al RNE vigente.

**1.3. UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:**

El distrito de Laredo está ubicado en la costa liberteña del Perú, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Está ubicado a 6.1 kilómetros de Trujillo a una altura de 89 m.s.n.m.

El distrito de Laredo posee 335.4 kilómetros cuadrados de área superficial y sus límites son los siguientes:

**Por el Este:** Con los distritos de Poroto, Salpo y Carabamba.

**Por el Oeste:** Con los distritos El Porvenir, Trujillo y Moche.

**Por el Norte:** Con los distritos de Simbal y La Esperanza.

**Por el Sur:** Con el distrito de Salaverry y la provincia de Virú.

El sector en estudio se ubica en el distrito de Laredo la cual geográficamente se ubica al Este de la ciudad de Trujillo, en el Valle de Santa Catalina. El distrito de Laredo está en las márgenes derecha e izquierda del Río Moche.

Tabla 1 Localización geográfica del Proyecto

LOCALIZACION GEOGRAFICA	COORDENADAS (UTM WGS 84 ZONA 17L)		ALTURA PROMEDIO	EXTENSIÓN (km²)	UNIDAD HIDROGRÁFICA
	Este	Norte			
Departamento: La Libertad Provincia: Trujillo Distrito: Laredo	724293.00	9105152.00	89 m.s.n.m.	335.4	Cuenca Hidrografica del Río Moche

**1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO:**

El proyecto Reparación del campo polideportivo y servicios higiénicos y/o vestidores; en el(la) polideportivo en la localidad Laredo, posee vías asfaltadas en estado regular. Las condiciones de tránsito en las vías de acceso se describirán en la Tabla 2. "Vías de acceso al proyecto".

Tabla 2 Vías de acceso a la Zona del Proyecto

ITEM	INICIO	FIN	LOG. (Km)	MEDIO	TIEMPO (hora-minutos)	ESTADO	VEHICULO
1	TRUJILLO	LAREDO	6.1	carretera asfaltada	20 minutos	Regular	Camioneta

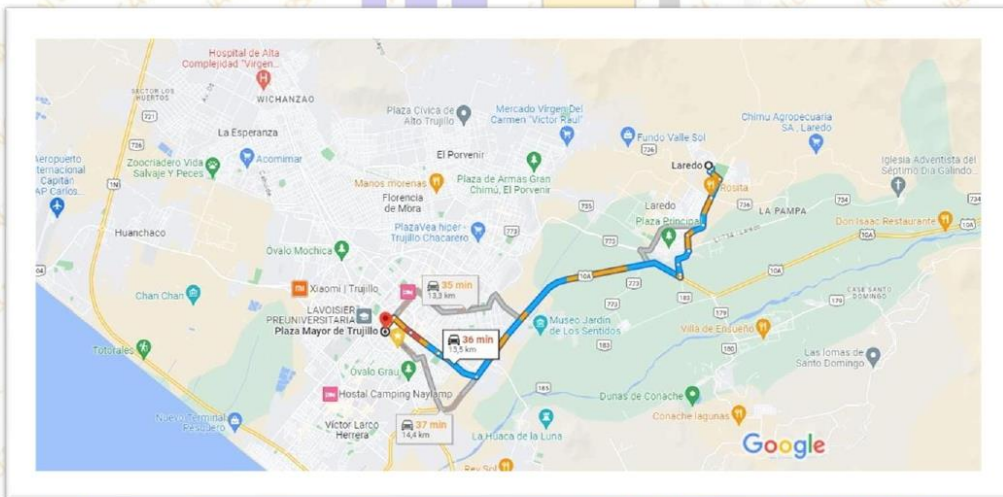


Fig 1. Vías de acceso al área de estudio

**1.5. CONDICIÓN CLIMÁTICA:**

De acuerdo al Mapa de Clasificación Climática del Perú elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, En Laredo, los veranos son cortos, calurosos, húmedos,

y nublados; los inviernos son largos, cómodos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 26 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 29 °C.

## 2. GEOLOGIA REGIONAL Y LOCAL:

El área estudiada se halla en la región Norte del país, cubre una extensión de 9.875 Km<sup>2</sup>, y comprende parte de los departamentos de La Libertad y Ancash.

Las rocas cartografiadas han sido divididas en 16 unidades litoestratigráficas con un espesor máximo de 7,200 m., cuyas edades van desde el Triásico superior hasta el Cuaternario reciente.

El Triásico se halla representado por el grupo Zaña, constituido por derrames y brechas andesíticas de colores marrón, verde y gris oscuro, con ocasionales intercalaciones de lutitas negras. En el área no se ha observado una relación directa entre esta unidad y las formaciones suprayacentes, fijándose su posición en la columna en base a ciertas características litológicas que permiten su correlación con unidades mejor identificadas en otras localidades.

Su límite cronológico superior llega posiblemente hasta el Jurásico inferior y su espesor se estima en 400 m.

Sobre el grupo Zaña se ha supuesto que descansa la formación Chicama compuesta por una secuencia de 700 a 1,660 m. de lutitas marinas con intercalaciones de calizas, tufos y derrames en su base y de cuarcitas hacia el tope.

En los cuadrángulos de Puémape, Chocope y Otuzco, sobre la formación Chicama yace una pila sedimentaria de 2,200 m. de espesor, correspondiente al Cretáceo inferior.

Este está representado por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat, Inca, Chulec y Pariatambo; la litología de las cuatro primeras indica una alternancia de facies marinas y continentales, y las tres últimas un ambiente netamente marino. Sobre esta columna se asienta la formación

Huaylas del Cretáceo superior constituida por clásticos continentales con espesor aproximado de 300 m.

En el área de los cuadrángulos de Trujillo, Salaverry y Santa, las condiciones de deposición de las rocas cretáceas han sido diferentes; pues, en el Cretáceo inferior y posiblemente comienzos del superior, se produjo una intensa actividad volcánica que dio lugar a la acumulación de los derrames y piroclásticos andesíticos, dacíticos y riolíticos del volcánico Casma, que alcanza un espesor aproximado de 1,600 m.

El volcánico Calipuy sobreyace con fuerte discordancia angular a la formación Huaylas y a otras formaciones aún más antiguas, se le supone eyectado en el intervalo Cretáceo superior-Terciario inferior. Su espesor es de 1,300 m.

Finalmente, el Cuaternario reciente se halla representado por depósitos aluviales y eólicos que constituyen el relleno del fondo de los valles y la cubierta de las pampas de la Costa.

Las rocas intrusivas tienen amplia distribución en las hojas investigadas y se presentan instruyendo a la gruesa serie sedimentaria y volcánica. En general se han diferenciado tres tipos de rocas intrusivas: diorita, granodiorita y granito, que en conjunto forman parte del batolito andino; el emplazamiento de este gran macizo, de acuerdo a los estudios regionales, se asigna al intervalo Cretáceo superior-Terciario inferior.

#### 2.1.1. GEOMORFOLOGIA:

El territorio estudiado se encuentra en la vertiente pacífica y comprende sectores de la costa y la sierra de los departamentos de la Libertad y Ancash. De Oeste a Este se distinguen tres unidades geomorfológicas:

- a) Pampas costaneras
- b) Flanco disectado de los Andes
- c) Altiplano

La distribución de estas unidades está graficada en la Fig. No. 2

##### a) Pampas costaneras

Esta unidad geomorfológica se desarrolla a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud

aproximada de 200 m., y presenta notables ensanchamientos en las porciones correspondientes a los valles. Por el Oeste está limitada por pequeñas escarpas que bordean el litoral y hacia el Este por las cadenas de cerros bajos de los primeros contrafuertes andinos. Tiene una superficie más o menos llana, en la que destacan algunos cerros y colinas redondeadas.

Las pampas costaneras están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena.

#### **b) Flanco disectado de los Andes**

Esta unidad se extiende entre las pampas costaneras y el borde altiplano, con altitudes que varían de 200 a 3,500 m. Está esculpida en rocas volcánicas y sedimentarias cuyas edades van desde el Jurásico superior hasta el Terciario inferior, y en rocas intrusivas del batolito andino.

Esta unidad se caracteriza por su fuerte pendiente y por estar intensamente disectada por numerosos valles profundos que corren generalmente de Noreste a Suroeste. Todos los valles son jóvenes con sección transversal en "V", pisos estrechos y fuerte gradiente; sólo en sus tramos inferiores, correspondientes a las pampas costaneras, adquieren gran amplitud y sus cauces tienen gradientes moderados.

#### **c) Altiplano**

Esta unidad se desarrolla en las porciones orientales de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry, aproximadamente desde los 3,500 m. de altitud. Se caracteriza por su topografía suave, más o menos ondulada, donde existen algunas elevaciones y cadenas de cerros con formas típicas de modelado glaciar.

Dentro de esta unidad se aprecian profundos cañones esculpidos por los principales ríos de la región. Al igual que otros autores consideramos a esta superficie como equivalente a la superficie Puna de Mc Laughlin (1925).



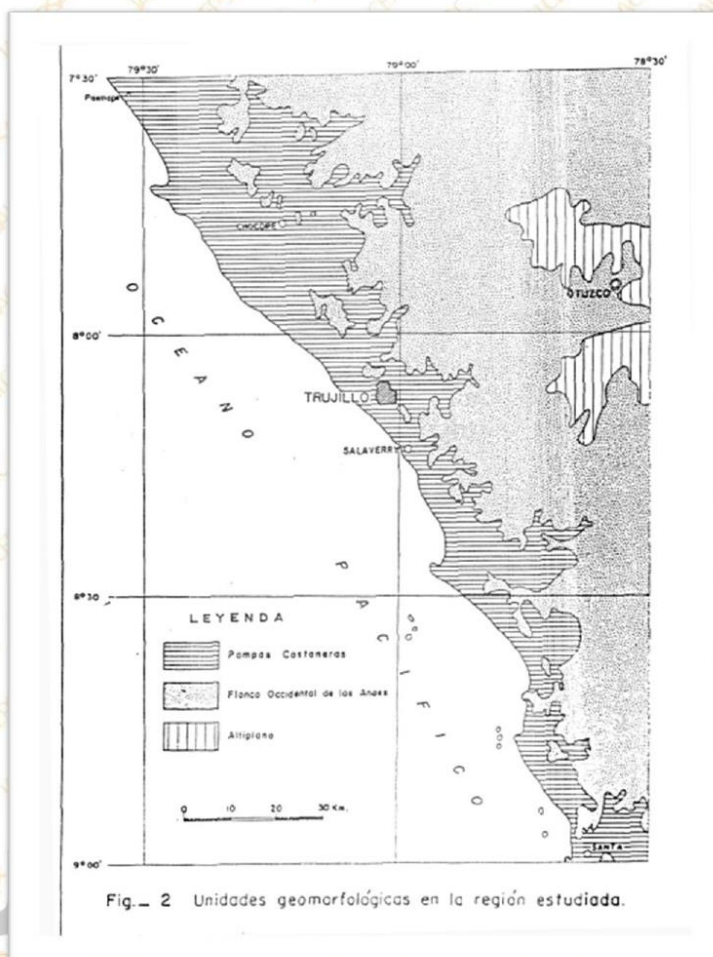


Fig. 2 Unidades geomorfológicas en la región estudiada.

**2.1.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL:**

En el aspecto estructural, las rocas volcánicas y sedimentarias se hallan plegadas y falladas, poniendo en evidencia el intenso tectonismo acaecido durante la orogenia andina, cuyas compresiones en sentido Suroeste a Noreste originaron las diferentes estructuras existentes.

**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarillo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973

El ascenso epigenético de la región comenzó en el Terciario superior y posiblemente continúa en la actualidad; este levantamiento atestiguado por la altitud actual de la superficie Puna y de las terrazas marinas, ha originado fallas tensionales de poca magnitud.

### **2.1.3. GEOLOGIA LOCAL:**

#### DEPOSITOS FLUVIALES

Son depósitos Cuaternarios constituidos por sedimentos transportados por la corriente de un río, en este caso por el río Moche, están conformados por gravas polimícticas y arenas finas redondeadas, afloran a lo largo y ancho del lecho fluvial y terrazas fluviales del río Marañón.

### **2.2. FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA E INTERNA:**

La zona en estudio presenta los siguientes fenómenos de geodinámica externa e interna.

#### **2.2.1. GEODINAMICA INTERNA:**

El territorio peruano está sometido a una constante actividad sísmica, debido a la interacción de la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca considerada como la primera fuente sismogénica en el Perú, produciendo los eventos de mayor magnitud conocidos hasta el presente. La segunda fuente, la constituye la zona continental, cuya deformación ha dado origen a la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores (Modificado de Cahill et al, 1992; Tavera et al, 2001).

#### **2.2.2. GEODINAMICA EXTERNA:**

La geodinámica externa estudia la acción de los procesos exógenos sobre la superficie de la Tierra, donde intervienen diversos factores como las lluvias, el viento, entre otros; éstos

originan la destrucción y el modelamiento del relieve. Entre ellas, las precipitaciones pluviales son consideradas uno de los agentes con mayor incidencia en la geodinámica del territorio, pues constituyen el principal factor detonante de los movimientos en masa (MM) tales como: Reptación, deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas; los cuales a su vez afectan la seguridad física de los centros poblados donde ocurren este tipo de eventos. Además, la presencia de “El Niño”, ocasiona el incremento de la temperatura en la superficie del mar, provocando lluvias torrenciales con valores que sobrepasan los índices normales de precipitaciones.

#### 2.2.2.1. MOVIMIENTOS EN MASA (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). En la zona de estudio se han identificado tres tipos de eventos: Reptación de suelos, deslizamientos y las caídas de rocas. A continuación, se describen los eventos:

##### 2.2.2.1.1. REPTACIÓN DE SUELOS

La reptación es un movimiento extremadamente lento e imperceptible, excepto para largos periodos de tiempo (Sharpe, 1938). Es el desplazamiento descendente causado por efecto de la gravedad, generalmente ocurre en laderas con presencia de material arcilloso y suelto. Las zonas afectadas por estos eventos obedecen a factores condicionantes como son la pendiente y la geología, entre los principales, además, se ven influenciados por factores detonantes como son los periodos de lluvia, generando mecanismos de expansión y contracción alternantes en materiales arcillosos, producto de la humedad estacional en el suelo, aumentando el peso del mismo. La reptación de suelos se manifiesta en las laderas con la formación de pequeñas ondulaciones a manera de terrazas o escalones.



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

#### 2.2.2.1.2. DESLIZAMIENTO

Los deslizamientos son movimientos en masa (MM), en las que volúmenes de materiales se desprenden y se desplazan cuesta abajo, sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava, la que se le considera la superficie de falla del evento.

En la zona de estudio existen otros eventos que no se encuentran dentro de la clasificación de los movimientos en masa, sin embargo, son parte de la geodinámica superficial, así tenemos:

#### 2.2.2.2. PROCESOS FLUVIALES

Son originados por el agua que discurre por las quebradas y ríos, que se incrementa en la temporada de lluvias (800 a 1,000 mm anuales) y especialmente en presencia de eventos tipo “El Niño” (> 1,200 mm anuales).

##### 2.2.2.2.1. EROSIÓN

Es el desgaste continuo ocasionado por el flujo de agua sobre la superficie, el grado de erosión depende de lo torrencioso que sea el flujo, esta condición está ligada a fuertes lluvias, su acción es destructiva y modeladora. La erosión en el pie de la ladera permite la ocurrencia de eventos tales como la reptación de suelos y deslizamientos. La dinámica de la erosión fluvial es cíclica dependiendo de los periodos de lluvia, afectando la carreteras y zonas cultivo. Así mismo se recalca que, en la zona de estudio no existen obras de mitigación tales como enrocados o muros de contención que disminuyan la acción erosiva en las laderas

#### 2.2.2.3. FLUJOS DE DETRITOS

Presentes en las quebradas estacionales de San Carlos, Las Uvas o San Ildelfonso de Laredo y Caballo Muerto, que invaden zonas de cultivos de caña, maíz, yuca y camote, al ser reactivados en periodos de lluvias excepcionales o extremas y se dispersan en la parte baja de Laredo con la finalidad de seguir su recorrido al río Moche, por ejemplo los flujos de detritos de la

quebrada San Carlos afectan cerca de 200 m aproximadamente de la carretera asfaltada hacia el Poblado Galindo y 3 canales o drenes de regadío agrícola (30 m y 40 m aproximadamente). Cabe destacar que estos flujos de detritos al llegar a las zonas agrícolas y cerca al río Moche se comportan como flujos de lodo inundando partes del valle e infraestructura civil.

#### 2.2.2.4. INUNDACIÓN PLUVIAL

Se identificó en el área del cementerio principal de Laredo, que en épocas de lluvias extremas ocasionan lagunas por presentar terrenos con cierta ondulación, generando un foco infeccioso (epidemias y plagas) afectando a la población del A.A.H.H. Las Palmeras y Alrededores. Flujos de detritos de la quebrada Las Uvas o San Idelfonso de Laredo, durante el evento de El Niño Costero 2017, afectó zonas de cultivo de caña, maíz y coliflor, la vía de acceso de Laredo-El Porvenir.

#### 2.2.2.5. FLUJOS DE LODO

Se identificó flujos de lodo en la quebrada La Campiña que al ser reactivada en periodos de lluvias extremas afectan a áreas de cultivo de maíz legumbres y verduras.

#### 2.2.2.6. ARENAMIENTO

De la misma forma se identificó arenamiento al noroeste del poblado de Laredo, en los alrededores de la quebrada Campiña y en ciertos sectores que podrían ser afectadas por este peligro; tal es el caso del sector Villa Sol, que se encuentra asentado sobre terrenos ondulados, surcos de quebradas y laderas de montañas intrusivas, que están cubiertos por mantos de arena de 12 m y 50 m de altura aproximadamente.

### 2.3. **SISMICIDAD, ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y PARÁMETROS:**

El Perú está ubicado en una de las regiones de más alta sismicidad en el mundo, al borde del encuentro de dos placas tectónicas, la placa sudamericana y la placa de Nazca, que interactúan entre sí, produciéndose un proceso de subducción, en el cual la última penetra por debajo de la primera, generando una zona de contacto

a lo largo del litoral de la costa peruana, donde se produce una acción de presión y ruptura, que es la causa de la mayor parte de los macrosismos en la parte occidental del territorio. Esta actividad libera cerca del 90% del total de la energía sísmica anual, es más frecuente y puede ocasionar sismos de gran magnitud.

Además de esa sismicidad asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca debajo de la Placa Continental; existe otra sismicidad producida por deformaciones y está asociada a los fallamientos tectónicos activos existentes en el Perú. Estos sismos locales y regionales que se dan dentro del territorio y tienen como causa a las fallas geológicas locales, tienen una menor frecuencia y magnitudes moderadas, pero por producirse muy cerca de la superficie, tienen un gran poder destructor.

El término sismicidad describe la calidad o característica sísmica de una zona y se expresa en el número de sismos por unidad de área o volumen y por unidad de tiempo, el modo de ocurrencia y sus efectos en la superficie.

El Instituto Geofísico del Perú hace distinción de la sismicidad según la profundidad en la que se produce el foco sísmico, así tenemos: sismicidad superficial, que es la que se desarrolla entre los 0-32 km; sismicidad intermedia superficial, que es la que se registra entre los 33-70 km; sismicidad intermedia, entre los 71-150 km; sismicidad intermedia profunda, entre los 151-300 km, sismicidad mesoprofunda, entre los 301-540 km y finalmente sismicidad profunda, entre los 541-667 km

Los sismos superficiales en el país se producen como resultado del proceso de colisión-subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana y también como resultado del proceso de reajuste cortical en el continente, producto de esfuerzos tectónicos en las capas superficiales de la corteza terrestre. Los sismos superficiales de magnitudes moderadas o mayores tienen

capacidad para causar fallas geológicas con desplazamientos de terrenos a lo largo de estas fracturas, lo que revela su peligrosidad. Igualmente pueden registrar altas aceleraciones que pueden exceder la aceleración de la gravedad como fue el caso del sismo producido en la falla de Huaytapallana en Huancayo. Los sismos de este tipo se constituyen en los más destructivos para la población, las edificaciones, los sistemas vitales y en general toda la infraestructura.

De acuerdo a la Norma Técnica E030 Diseño Sismo Resistente, el territorio nacional se ha dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 2: Parámetros sísmicos de la zona de estudio

PARAMETROS	Parámetros Sísmicos					
	Zona	Z	Perfil	Tp	TL	S
LAREDO	4	0.45	S2	0.6	2.00	1.05

### 3. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN:

Los trabajos de exploración del suelo, los ensayos de campo y de laboratorio, efectuados a las muestras de suelo del área investigada, tienen por objeto determinar las características físicas y mecánicas de los estratos de suelo subyacentes al área en estudio, con el fin de determinar la presión admisible del suelo de fundación de la cimentación y; del comportamiento del suelo ante las cargas impuestas por la edificación proyectada.



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

**3.1.1. TIPO DE CIMENTACIÓN:**

Cimentación Superficial, zapatas aisladas cuadradas y rectangulares, con cargas centradas y excéntricas.

**3.1.2. ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:**

La cimentación se apoyará sobre suelos gruesos tales como: Gravas Limosas.

**3.1.3. RECOMENDACIONES ADICIONALES:**

Ninguna.

**3.2. INFORMACIÓN PREVIA:**

**3.2.1. DEL TERRENO A EXPLORAR:**

Se desconoce la existencia de estudios de mecánica de suelos o geotécnicos del área a intervenir.

**3.2.2. DATOS GENERALES DE LA OBRA:**

En base a la información consultada la zona en estudio no está enmarcada dentro de una zona arqueológica.

Se advierte presencia colindante al área del proyecto de quebradas, canales o ríos.

**3.2.3. DE LAS EDIFICACIONES COLINDANTES:**

El área donde se emplazarán las estructuras presenta edificaciones colindantes.


**3.2.4. OTRA INFORMACIÓN:**

Ninguna.

**3.3. EXPLORACIÓN DE CAMPO:**

El programa de exploración de campo consistió en:

**3.3.1. CONDICIÓN DE FRONTERA:**



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO



Las condiciones de frontera no aplican para el presente estudio.

### 3.3.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE EXPLORACIÓN:

Debido al tipo de edificación, la distribución de los puntos de exploración se realizó de manera de abarcar toda el área del proyecto. Se presenta la ubicación de los puntos de exploración en el anexo 3.

Tabla 3: Distribución, ubicación y metros excavados por sondeo

CALICATA	UBICACIÓN		PROFUNDIDAD (*) (m)
	X	Y	
C-01	17 L 725793.74	9107122.12	2.50

### 3.3.3. NUMERO Y TIPO DE MUESTRAS A EXTRAER:

Se extrajeron muestras por cada calicata, debajo del plano de apoyo de la cimentación, cuyas cantidades y tipos se describen a continuación:

Tabla 4: Numero y tipos de muestras extraídas

TIPO DE MUESTRA	FORMA DE OBTENCIÓN Y TRANSPORTE	ESTADO DE MUESTRA	CANTIDAD
Muestra inalterada en Bloque (Mib)	Bloques	Inalterada	1
Muestra inalterada en Tubo de Pared Delgada (Mit)	Tubos de pared delgada	Inalterada	--
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Con bolsa de plástico	Alterada	1
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	En lata sellada	Alterada	1



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Fariello Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

### 3.3.4. ENSAYOS A REALIZAR "in situ" Y EN LABORATORIO:

Dada las características del proyecto se realizaron ensayos in situ, extrayendo muestras tipo Mib, Mab y Mah para su posterior ensayo en laboratorio:

Tabla 5: Ensayos a realizar "in situ" y laboratorio

GRUPO	ENSAYO	Nº
CLASIFICACIÓN	Granulometría por Tamizado	01
	Granulometría por Sedimentación	--
	Límite Líquido	01
	Límite Plástico	01
	Humedad	01
VOLUMETRICAS	Densidad aparente	01
	Gravedad específica de sólidos	01
RESISTENCIA	Compresión Simple	--
	Corte Directo	01
	CBR	--
	Proctor Modificado	--
QUIMICOS SUELO	Contenido de sales solubles	--
	Contenido de cloruros solubles	--
	Determinación del Ph	--
QUIMICOS AGUA FREATICA	Contenido de sulfatos	--
	Contenido de cloruros	--
	Determinación del Ph	--
ENSAYOS IN SITU	SPT	--
	DPL	--

### 4. ENSAYOS DE LABORATORIO:

Con las muestras de suelo obtenidas en las calicatas, se realizaron ensayos de mecánica de suelos, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la empresa Concretos y Geotecnia EIRL.

Los ensayos de mecánica de suelos fueron llevados a cabo para todas las muestras inalteradas obtenidas, en base a Norma Técnica E-050 (R.M. N° 406-2018-VIVIENDA) y ASTM, siendo los siguientes:

Los ensayos y sus resultados se adjuntan en el Anexo N° 06.

  
**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO

Tabla 6: Ensayos de laboratorio realizados según normativa

GRUPO	ENSAYO	Nº	NORMATIVA APLICADA
CLASIFICACIÓN	Granulometría por Tamizado	01	ASTM D-422.
	Granulometría por Sedimentación	--	ASTM D-422.
	Límite Líquido	01	ASTM D-4318.
	Límite Plástico	01	ASTM D-4318.
	Humedad	01	ASTM D-2216.
VOLUMETRICAS	Densidad aparente	01	
	Gravedad específica de sólidos	01	ASTM D-854
RESISTENCIA	Compresión Simple	--	ASTM D-2166.
	Corte Directo	01	ASTM D-3080.
	CBR	--	ASTM D-1883
	Proctor Modificado	--	ASTM D-1557
QUIMICOS SUELO	Contenido de sales solubles	--	N.T.P. 339.152
	Contenido de cloruros solubles	--	AASHTO T291
	Determinación del Ph	--	ASTM D4792
QUIMICOS AGUA FREATICA	Contenido de sulfatos	--	ASTM D516
	Contenido de cloruros	--	ASTM D512
	Determinación del Ph	--	ASTM D1293
ENSAYOS IN SITU	SPT	--	N.T.P. 339.133
	DPL	--	N.T.P. 339.159

#### 4.1. RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO:

Dada la naturaleza del proyecto NO se realizaron ensayos de campo.

#### 4.2. RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO:

Las muestras ensayadas, los ensayos realizados y los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7: Resumen de los resultados de los ensayos de suelos y en el análisis del agua freática

SUELOS				
PARAMETROS		CALICATAS		
		C-01 (E-1)	C-01 (E-2)	
Profundidad (m)		0.05-0.45	0.45-2.50	
Granulometría por	Gravas	5.1	72.3	

  
**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO

Tamizado (%)	Arenas	93.8	25.8					
	Finos	1.2	1.9					
Granulometría por Sedimentación (%)	Limo							
	Arcillas							
Límites de Atterberg	L. Líquido	NP	NP					
	L. Plástico	NP	NP					
Clasificación S.U.C.S.		<b>SP</b>	<b>GW</b>					
Clasificación AASHTO		<b>A-1-b (0)</b>	<b>A-1-a (0)</b>					
w (%)		1.2	1.3					
P <sub>w</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )								
P <sub>s</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )								
γ (gr/cm <sup>3</sup> )			2.17					
G <sub>s</sub>								
Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )			0					
Ø (°)			34					
C' (Kg/cm <sup>2</sup> )								
Ø' (°)								
SULFATOS (ppm)								
<b>AGUA FREATICA</b>								
pH								
SO <sub>4</sub>								
W: Humedad		Cu/C' : Cohesión/ Cohesión efectiva						
P <sub>w</sub> / P <sub>s</sub> : Densidad Húmeda/Densidad Seca		Ø/ Ø' : Angulo de rozamiento/ángulo rozamiento efectivo						
γ: Peso específico								
G <sub>s</sub> : Gravedad Especifica								

#### 4.3. PERFIL DEL SUELO:

El perfil estratigráfico del subsuelo del área en estudio está representado por las calicatas y por los tipos de materiales registrados en las auscultaciones, los cuales se detallan en el Anexo N° 05, y los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8: Registro de excavaciones

  
**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)		SUCS	DESCRIPCIÓN
	Inicio	Fin		
C-01	0.00	-0.05		FALSO PISO
	0.05	-0.45	SP	Material ARENA POBREMENTE GRADADA (SP), NO se encontró raíces secas, ni materiales orgánicos
	-0.45	-2.50	GM	Grava bien graduada con arena (GW), color marrón oscuro, con estructura semi compacto, NO tiene índice de plasticidad, mantiene un contenido de humedad de 1.3%. Se evidencia presencia de bolonería

#### 4.4. NIVEL DE NAPA FREÁTICA:

En la profundidad explorada no se detectó la presencia del nivel freático en todas las calicatas exploradas.

#### 5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN:

En esta sección se realiza el análisis de la cimentación para el área estudiada y se proponen la capacidad de carga admisible y la magnitud de los posibles asentamientos.

La presión admisible de servicio del terreno, se calcula por medio de la presión de hundimiento y por la limitación de asentamiento, pudiendo obtenerse estas mediante formulaciones de autores reconocidos.

#### 5.1. MEMORIA DE CÁLCULO:

La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros determinados mediante los ensayos in situ o ensayos de laboratorio.

Se ha calculado la capacidad de carga por hundimiento en base a las características del subsuelo encontrado en el área de estudio.

Para tal efecto se han utilizado el criterio de Terzaghi-Peck (1967).

**JALCEP S.A.C.**  
  
 Bryan Antony Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO

modificado por Vesic (1973), y los factores de capacidad de carga  $N_q$ ,  $N_c$  de Terzaghi y  $N_\gamma$  de Hansen; los factores de forma de Meyerhof y los factores de profundidad de Hansen.

El asentamiento permisible de una cimentación superficial puede controlar la capacidad de carga admisible. El asentamiento tolerable considerados para una edificación lo define el artículo 19 de la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones".

El asentamiento de una cimentación se puede dividir en dos categorías principales: a) asentamiento elástico, o inmediato y b) asentamiento por consolidación. El asentamiento inmediato, o elástico, de una cimentación tiene lugar durante o inmediatamente después de la construcción de la estructura. El asentamiento por consolidación ocurre al paso del tiempo. El asentamiento total de una cimentación es la suma del asentamiento elástico y del asentamiento por consolidación.

El asentamiento por consolidación comprende dos fases: primaria y secundaria. El asentamiento por consolidación primaria es causado por el drenaje del agua contenida en el suelo produciendo reduciendo la masa del suelo y produciendo cambios en la tensión efectiva. El asentamiento por consolidación secundaria ocurre después de terminar la consolidación primaria ocasionada por el deslizamiento y la reorientación de las partículas del suelo ante una carga sostenida. El asentamiento por consolidación primaria es más importante que el asentamiento secundario en arcillas inorgánicas y en suelos limosos. Sin embargo, en suelos orgánicos, el asentamiento por consolidación secundaria es más significativo.

Para el cálculo de asentamientos de cimentaciones (tanto elástico como por consolidación), se requiere estimar el incremento del esfuerzo vertical en la masa de suelo debido a la carga neta aplicada sobre la cimentación. De aquí que para nuestros cálculos



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarullo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

consideraremos la capacidad de carga admisible como la carga neta aplicada.

## 5.2. CÁLCULO DE LA CARGA DE ROTURA POR CORTE Y CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD:

La capacidad de carga admisible se determina dividiendo la capacidad de carga última entre un factor de seguridad (FS) y la capacidad de carga última, utilizando la fórmula de Terzaghi y Peck; los factores de capacidad de carga  $N_q$ ,  $N_c$  de Meyerhof y  $N_\gamma$  de Hansen; los factores de forma de Meyerhof y los factores de profundidad de Hansen.

Se tiene:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

$$q_u = qN_qS_qd_q + cN_cS_c d_c + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

Dónde:

$q_{adm}$  = Capacidad de carga admisible

FS = Factor de seguridad

$q_u$  = Capacidad de carga última

B = Ancho de la cimentación

$q = D_f \cdot \gamma$  = Esfuerzo efectivo en el nivel de desplante de la cimentación

$D_f$  = Profundidad de desplante de la cimentación

$\gamma$  = Peso específico del suelo

c = Cohesión

$N_q$ ,  $N_c$  y  $N_\gamma$  = Factores de carga

$S_q$ ,  $S_c$  y  $S_\gamma$  = Factores de forma

$d_q$ ,  $d_c$  y  $d_\gamma$  = Factores de profundidad



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarzillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

Para cimentaciones que presentan el modo de falla local por corte en suelos se emplearán las ecuaciones modificadas sugeridas por Terzaghi:

$$q_u = 2/3 c' u N'c + q N'q + 1/2 \gamma B N'y \quad (\text{Cimentación continua})$$

$$q_u = 0.867 c' u N'c + q N'q + 0.4 \gamma B N'y \quad (\text{Cimentación cuadrada})$$

$$q_u = 0.867 c' u N'c + q N'q + 0.3 \gamma B N'y \quad (\text{Cimentación cuadrada})$$

El factor de seguridad frente a una falla por corte ha sido seleccionada acorde al artículo 21 de la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones", el cual para cargas estáticas es de FS=3.00

Como la estructura se cimentará sobre un suelo ARENOSO de compacidad baja se prevé una **falla local por corte del suelo**.

A continuación, se presentan los resultados de capacidad de carga admisible de las calicatas analizadas para diferentes tipos y medidas de cimentación. La metodología empleada y los resultados obtenidos se muestran ampliamente desarrollados en el Anexo 06.

Tabla 9: Capacidad de carga admisible

CIMENTACIÓN CORRIDA							
CALICATA	DIMENSIONES		FACTORES CAPACIDAD DE CARGA			TIPO DE FALLA	qad (kg/cm2) Terzagui
	B(cm)	L(cm)	Nc	Nq	Ny		
C-01	40		23.72	11.67	7.20	LOCAL	0.79
	50						0.81
	60						0.84
	70						0.86
	80						0.89
	100						0.94



CIMENTACIÓN CUADRADA							
CALICATA	DIMENSIONES		FACTORES CAPACIDAD DE CARGA			TIPO DE FALLA	qad (kg/cm <sup>2</sup> ) Terzagui
	B(cm)	L(cm)	Nc	Nq	Ny		
C-01	100	100	23.72	11.67	7.20	LOCAL	0.89
	150	150					0.99
	200	200					1.10
	250	250					1.20
	300	300					1.31
	350	350					1.41
CIMENTACIÓN CIRCULAR							
CALICATA	DIMENSIONES		FACTORES CAPACIDAD DE CARGA			TIPO DE FALLA	qad (kg/cm <sup>2</sup> ) Terzagui
	D(cm)		Nc	Nq	Ny		
C-01	100		23.72	11.67	7.20	LOCAL	0.84
	150						0.92
	200						0.99
	250						1.07
	300						1.15
	350						1.23

### 5.3. ESTIMACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS QUE SUFRIRIA LA ESTRUCTURA CON LA CARGA APLICADA (DIFERENCIAL Y TOTALES):

Para definir la Capacidad admisible de carga por asentamiento, se ha realizado un cálculo de asientos mediante la aplicación de la teoría elástica que emplea el módulo de elasticidad estimado a partir de las características geotécnicas del subsuelo y su resistencia. En los cálculos se ha considerado el apoyo directo sobre cualquiera de los niveles geotécnicos descritos, según las posibilidades establecidas en el Apartado 4.3, y se ha considerado que las cargas son transmitidas en profundidad.

En todo análisis de cimentación se distinguen dos clases de asentamientos: totales y diferenciales, de los cuales estos últimos son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura. El

tipo de suelo en la zona de estudio es grueso y fino, por lo tanto, el asentamiento, en la base de la cimentación, se calculará utilizando la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1969).

#### Asentamiento Elástico

$$Se = \Delta q_s \frac{B(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

$$Stotal = Se$$

Dónde:

Se = asentamiento elástico (cm)

Stotal = asentamiento total (cm)

Sdif = asentamiento diferencial (cm)

$\Delta q_s$  = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm<sup>2</sup>)

B = ancho de cimentación (m)

Es = módulo de elasticidad (Ton/m<sup>2</sup>)

$\mu$  = relación de Poisson

I<sub>f</sub> = factor de influencia que depende de la forma (cm/m)  
(Bowles, 1977)

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando lo siguiente:

- Cimentación flexible.
- Los parámetros del suelo de cimentación  $\mu$  y Es.
- Los asentamientos, más desfavorables, se producen en el centro de la cimentación.
- Los esfuerzos netos transmitidos por las estructuras serán como máximo igual al valor de capacidad de carga admisible, para el caso del cimiento corrido; y, en el caso de zapatas se emplearán las cargas de servicio transmitidas al suelo por los elementos estructurales.
- La distorsión angular máxima permisible (Sdif/L) será de 1/500 = 0.0020, que aplica para edificios en las cuales no se permiten grietas.

### 5.3.1. ESTIMACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE COMO CARGA NETA APLICADA:

Para el cálculo de asentamientos de cimentaciones (tanto elástico como por consolidación), se requiere estimar el incremento del esfuerzo vertical en la masa de suelo debido a la carga neta aplicada sobre la cimentación. De aquí que para nuestros cálculos consideraremos la capacidad de carga admisible como la carga neta aplicada.

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de asentamientos de las calicatas analizadas para diferentes tipos y medidas de cimentación. La metodología empleada y los resultados obtenidos se muestran ampliamente desarrollados en el Anexo 06.

Tabla 10: Estimación de asentamientos

CIMENTACIÓN CORRIDA								
CALICATA	DIMENSIONES		$\Delta q_s$ (ton/m <sup>2</sup> )	Flexible		Rígido	Distorsión Angular ( $\alpha$ )	Observación
	B(cm)	L(cm)		Si (cm) Centro	Si (cm) Esquina	Si (cm)		
C-01	40	100	7.87	0.09	0.05	0.07	0.00016	CUMPLE
	50	100	8.13	0.11	0.06	0.09	0.00019	CUMPLE
	60	100	8.39	0.13	0.06	0.10	0.00021	CUMPLE
	70	100	8.65	0.14	0.07	0.11	0.00024	CUMPLE
	80	100	8.91	0.16	0.08	0.12	0.00027	CUMPLE
	100	100	9.43	0.19	0.09	0.14	0.00031	CUMPLE
CIMENTACIÓN CUADRADA								
CALICATA	DIMENSIONES		$\Delta q_s$ (ton/m <sup>2</sup> )	Flexible		Rígido	Distorsión Angular ( $\alpha$ )	Observación
	B(cm)	L(cm)		Si (cm) Centro	Si (cm) Esquina	Si (cm)		
C-01	100	100	8.91	0.18	0.09	0.13	0.00029	CUMPLE
	150	150	9.95	0.29	0.15	0.22	0.00049	CUMPLE
	200	200	10.99	0.43	0.22	0.32	0.00072	CUMPLE
	250	250	12.03	0.59	0.30	0.44	0.00099	CUMPLE
	300	300	13.07	0.77	0.39	0.57	0.00129	CUMPLE
	350	350	14.11	0.97	0.49	0.72	0.00162	CUMPLE
CIMENTACIÓN CIRCULAR								

**JALCEP S.A.C.**  
  
 Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO

CALICATA	DIMENSIONES		$\Delta q_s$ (ton/m <sup>2</sup> )	Flexible		Rígido	Distorsión Angular ( $\alpha$ )	Observación
	D(cm)			Si (cm) Centro	Si (cm) Esquina	Si (cm)		
C-01	100		8.39	0.15	0.10	0.13	0.00025	CUMPLE
	150		9.17	0.24	0.16	0.22	0.00041	CUMPLE
	200		9.95	0.35	0.23	0.31	0.00059	CUMPLE
	250		10.73	0.48	0.31	0.42	0.00079	CUMPLE
	300		11.51	0.61	0.39	0.54	0.00102	CUMPLE
	350		12.29	0.76	0.49	0.67	0.00127	CUMPLE

#### 5.4. PRESIÓN ADMISIBLE DEL SUELO:

A partir de los cálculos realizados frente a hundimiento y asiento del suelo estudiado, resulta admisible la cimentación directa mediante apoyos combinados o continuos, a la presión admisible de trabajo y ancho de cimentación que se indican a continuación, siendo el factor de seguridad frente al hundimiento igual a 3 y el asiento máximo previsible tolerable.

Tabla 12: Presión admisible de servicio y asiento

NIVEL	$q_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm)
Grava bien gradada con arena (C-01)	1.41	<2.50

#### 5.5. OTROS PARÁMETROS QUE SE REQUIERAN PARA EL DISEÑO O CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y CUYO VALOR DEPENDAN DIRECTAMENTE DEL SUELO:

##### 5.6.1. EXCAVABILIDAD Y RIPABILIDAD

Los materiales localizados en la zona de estudio podrán excavar con métodos convencionales a mano, excavadoras o retroexcavadoras.

##### 5.6.2. COLAPSO DE SUELO DEBIDO A EXCAVACIONES



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

Con la finalidad de evitar daños a la integridad del personal obrero, es necesario determinar la altura crítica de colapso de las paredes de zanjas, para tal fin aplicaremos la siguiente ecuación:

$$H_c = \frac{2c}{\gamma} \sqrt{\frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi}}$$

$$C = 0.1 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = 34^\circ$$

$$\gamma = 1850 \text{ Kg/m}^3$$

$$H_c = 2.03 \text{ m}$$

$$FS = 3$$

$$H_c = 0.68 \text{ m}$$

De requerirse excavar a una profundidad mayor a 0.70 m, se debe de emplear un sistema provisional de contención de tierras.

Será competencia del proyectista, con los datos, precedentes de este estudio, el diseñar el sistema provisional de contención de tierras.

## 6. PROBLEMAS ESPECIALES DE CIMENTACIÓN:

### 6.1. EXPANSIVIDAD

La capacidad de cambio de volumen de los suelos cohesivos viene condicionada por el contenido de arcilla y su mineralogía, su estructura y fábrica.

De acuerdo a la norma E.050 "Suelos y cimentaciones" del RNE, los suelos expansivos, son suelos cohesivos con bajo grado de saturación y alta plasticidad ( $LL >= 50$ ) que aumentan de volumen al humedecerse o saturarse.

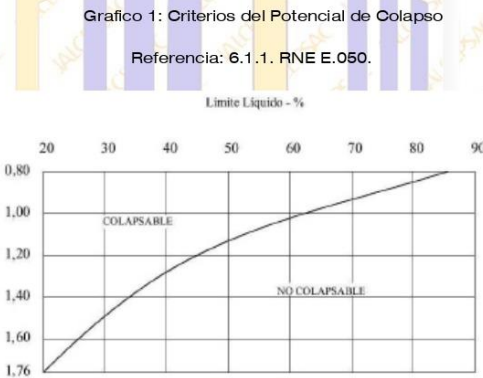
Con los datos obtenidos de los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, y según los criterios de expansividad recopilados por

diversos autores y R.N.E E.050, el riesgo de expansividad se considera bajo.

## 6.2. POTENCIAL DE COLAPSO

De acuerdo a la norma E.050 "Suelos y cimentaciones" del RNE, los suelos colapsables, son suelos que cambian violentamente de volumen por la acción combinada o individual del incremento de carga y/o saturación del suelo.

Para la estimación de la potencialidad de colapso se puede determinar a través de la siguiente gráfica:



Con los datos obtenidos de los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, densidad natural, contenido natural de humedad y según los criterios de potencial de colapso recopilados por diversos autores y R.N.E E.050, el riesgo de colapsabilidad se considera colapsable.



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

### 6.3. LICUACIÓN DE SUELOS

Los suelos granulares y en algunos casos suelos granulares con finos cohesivos ubicados bajo la napa freática, ante sollicitaciones sísmicas, pueden licuar.

La licuación de suelos consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte del suelo, como consecuencia del incremento de la presión de poros que se genera en el agua contenida en sus vacíos y originada por la vibración que produce el sismo.

De acuerdo a la norma E.050 "Suelos y cimentaciones" del RNE, para que un suelo granular sea susceptible de licuar durante un sismo, debe presentar *simultáneamente* las características siguientes:

- Debe estar constituido por arena fina, arena limosa, arena arcillosa, limo arenoso no plástico o grava empacada en una matriz constituida por alguno de los materiales anteriores.
- Debe encontrarse sumergido.

Con los datos obtenidos de los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, nivel freático y según los criterios de licuación de suelos recopilados por diversos autores y R.N.E.E.050, el riesgo de licuación de suelo se considera nulo ya que no presenta niveles de aguas freáticas.

### 7. AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN:

De los ensayos efectuados para el análisis del contenido de sulfatos (SO<sub>4</sub>), se obtiene un tipo de exposición para la futura cimentación de "Baja", es decir, no influirá en el concreto armado, de acuerdo a la Tabla 4.4 de la Norma E.060 "Concreto Armado".

El cemento utilizado será el cemento PORTLAND TIPO I.



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

De todo lo anteriormente expuesto, se aconseja que la dosificación de cemento para los elementos de la estructura y cimentación en contacto directo con el terreno objeto en estudio, no sea inferior a 210 kg/cm<sup>2</sup>, y que la relación máxima agua/cemento sea de 0.60, según criterios del ACI-211, ACI-318, Tabla 4.4 de la Norma Técnica E.060 "Concreto Armado" y Boletín ASOCEM.

Debido al ambiente antes expuesto, se deja al criterio del proyectista el recubrimiento de las armaduras al objeto de que se garantice adecuadamente la protección de las mismas frente a la acción agresiva ambiental.

### 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se ha realizado 01 calicatas, tomando muestras inalteradas y alteradas, realizándose los ensayos de identificación mecánica de la muestra extraída.
2. En el aspecto geológico, son depósitos Cuaternarios constituidos por sedimentos transportados por la corriente de un río, en este caso por el río Moche, están conformados por gravas polimícticas y arenas finas redondeadas, afloran a lo largo y ancho del lecho fluvial y terrazas fluviales del río Maraón.
3. Según la Norma E.030 "Diseño Sismoresistente" del RNE, se determinaron los parámetros sísmicos, obteniéndose:

PARAMETROS	Parámetros Sísmicos					
	Zona	Z	Perfil	Tp	TL	S
LAREDO	4	0.45	S2	0.6	2.00	1.05

4. En el programa de reconocimiento se han reconocido los siguientes niveles geotécnicos:

NIVEL	DEFINICION
NIVEL 0	FALSO PISO



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarrillo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO



NIVEL 1	ARENA POBREMENTE GRADADA
NIVEL 2	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA

5. En la profundidad reconocida, en los trabajos de campo llevados a cabo, no se detectó la presencia de nivel freático.
6. Se considera necesario el disponer medidas de contención provisional de tierras. En el caso de realizar excavaciones mayores a 0.70m será competencia del proyectista, con los datos, precedentes de este estudio, el diseñar el sistema provisional de contención de tierras.
7. La profundidad de cimentación, sitúan la cota de cimentación en torno a -1.50 metros de profundidad, medidos desde el Nivel de terreno natural.
8. El cemento utilizado será el cemento PORTLAND TIPO I.
9. Los materiales localizados en la zona de estudio podrán excavar con métodos convencionales a mano, excavadoras o retroexcavadoras.
10. Dados los parámetros geotécnicos y de deformación del suelo estudiado, resulta admisible la cimentación directa mediante apoyos combinados y/o continuos, a la presión admisible de trabajo que se indican a continuación, siendo el factor de seguridad frente al hundimiento igual a 3.00.

NIVEL	$q_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	S (cm)
Grava bien gradada con arena (C-01)	1.41	<2.50

11. El valor de tensión admisible y de dimensiones de cimentación señalados en el presente informe son válidos para la cota de cimentación indicada en el presente informe, y para la estructura y cargas indicadas, no pudiéndose extrapolar a otras cotas de cimentación, variación de la estructura o solares cercanos. En el caso de requerir una modificación de


las características señaladas, será necesario recalcular los valores indicados de tensión admisible y dimensiones de la cimentación.

#### 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- PECK-HANSON-THORNBURN "Ingeniería de Cimentaciones" Editorial Limusa SA.
- JUAREZ BADILLO – RICO RODRIGUEZ "Mecánica de Suelos I y II" Edit. Limusa SA.
- BRAJA M. DAS "Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones" Thompson Editores México. VII edición.
- NORMA E-030, E-050 "Reglamento Nacional de Edificaciones"



**JALCEP**  
INGENIERIA



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Fariño Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 01: SITUACIÓN GEOGRAFICA

# JALCEP

INGENIERIA

  
**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos



EP  
INGENIERIA



📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalepsac@gmail.com](mailto:jalepsac@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 02: CONTEXTO GEOLÓGICO

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antonio Tarullo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

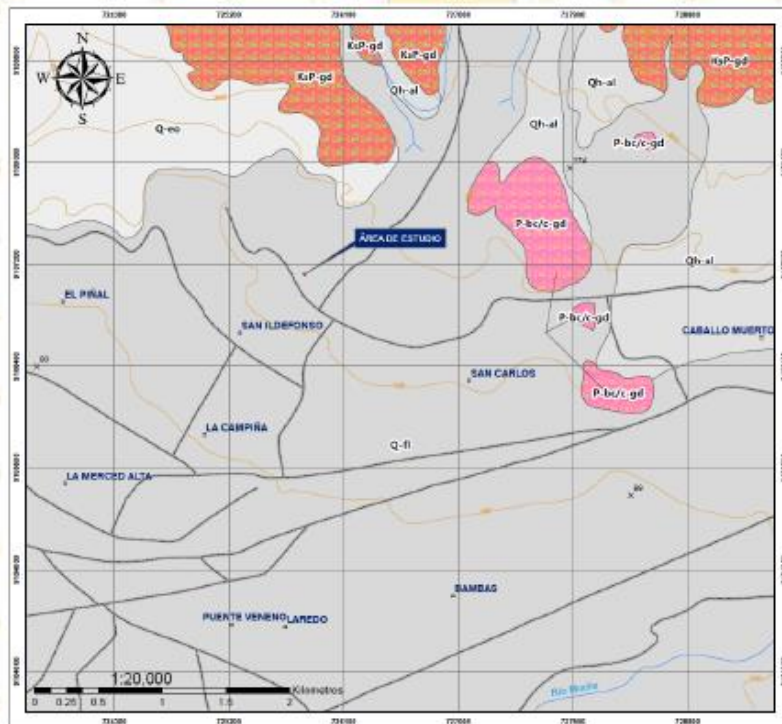
📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Carrillo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 03: UBICACIÓN DE CALICATAS

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antonio Carrillo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973





Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 04: PERFILES ESTATIGRÁFICOS

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antony Tarrillo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973

**REGISTRO DE SONDAJE  
(PERFIL ESTATIGRAFICO DEL TERRENO)**

**PROYECTO :** \*EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023\*

**UBICACIÓN :** AAHIL ALTO LAREDO MZA LOTE 18 - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

**FECHA :** TRUJILLO, SEPTIEMBRE DEL 2023

**CALICATA :** C - 01

**CALICATA C - 01**

ESCALA	PROF. (m)	ESPESES (m)	DESCRIPCIÓN	SUCS	GRÁFICA	OBSERVACIÓN
5	000	0.05	0.05	Fin tubo	-	
10	000					
20	000					
30	000	0.40	0.45	Matricial ARENA POBREMENTE GRADADA (SPA, NO se encontro ricas coque, ni materiales orgánicos)	SP	
40	000					
50	000					
60	000					
70	000					
80	000					
90	000					
100	000					
110	000					
120	000					
130	000					
140	000					
150	000	2.05	2.50	Grava bien graduada con arena (GW), color marrón oscuro, con estructura semi compacto, NO tiene indice de plasticidad, mantiene un contenido de humedad de 1.5%. Se evidencia presencia de botanalia	GW	Excavación Cíelo Abierto
160	000					
170	000					
180	000					
190	000					
200	000					
210	000					
220	000					
230	000					
240	000					
250	000					
260	000					
270	000					
280	000					
290	000					
300	000					
310	000					
320	000					
330	000					
340	000					
350	000					
360	000					
370	000					
380	000					
390	000					
400	000					

  
**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antony Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 05: ENSAYOS DE LABORATORIO

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antony Fariello Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973

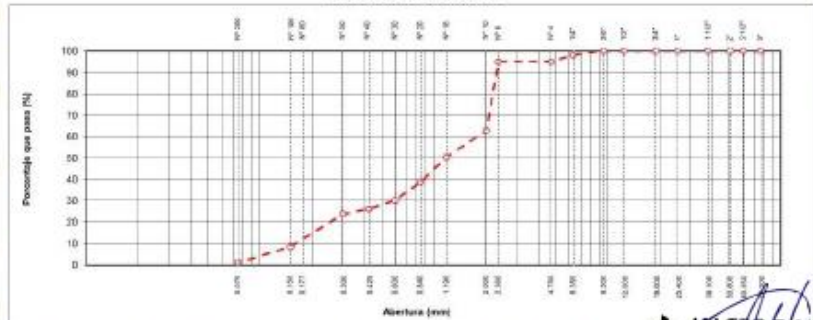
 <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)	
<b>PROYECTO</b> : EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 20 NIVELES, CON Y SIN AGRIAMIENTO DE BAGE, TRUJILLO - LAREDO, 2022	<b>Registro N°:</b>
<b>UBICACIÓN</b> : AMH. ALTO LAREDO HZ A LOTE 18 - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD	<b>Fecha:</b> Set-23

**I. Datos Generales**

<b>PROCEDENCIA</b> : AMH. ALTO LAREDO HZ A LOTE 18 <b>CALCATA</b> : C-1 (E-1) <b>MATERIAL</b> : - <b>PROFUND.</b> : 2.50 metros	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 3/8" <b>LADO</b> : -
--	--

TAMIZ	ÁRBITO (µm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
10'	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 237.8 gr.
5"	127.000						Peso Fracción : 249.8 gr.
4"	101.600						
3"	76.200						Contenido de Humedad (%): 1.2
2 1/2"	60.350						
2"	50.800						Límite Líquido (LL): NP
1 1/2"	38.100						Límite Plástico (LP): NP
1"	25.400						Índice Plástico (IP): NP
3/4"	19.000						Clasificación (SUCS): GP
1/2"	12.500						Clasificación (AASHTO): A-1-b (X)
3/8"	9.500				100.0		Índice de Consistencia: NP
1/4"	6.350	5.8	1.9	1.9	98.1		
Nº 4	4.750	5.8	3.1	5.1	94.9		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Arena pobremente graduada
Nº 10	2.000	82.4	32.8	37.1	62.9		
Nº 16	1.190	32.5	12.7	49.8	50.2		Materia Orgánica: -
Nº 20	840	29.5	11.5	61.2	38.8		Turbid: -
Nº 30	600	22.4	8.7	69.9	30.1		CU: 10.972 CC: 0.965
Nº 40	425	10.2	4.0	73.9	26.1		<b>OBSERVACIONES:</b>
Nº 60	250	5.1	2.4	79.3	20.7		Grama > 2": 0.0
Nº 80	177	3.0	1.1	82.7	17.3		Grama 2" - Nº 4: 3.1
Nº 100	150	1.2	0.5	84.7	15.3		Arena NP - Nº 200: 93.8
Nº 200	75	0.7	0.3	85.4	14.6		Fines < Nº 200: 1.2
< Nº 200	FONDO	3.1	1.2	100.0	0.0		% > 2": 0.0%

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antonio Tarrillo Benítez  
 JEFE DE LABORATORIO

Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

Email: jalcepsac@gmail.com

Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
(ASTM D 2216, MTC E 108)**

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2027	<b>Registro N°:</b>	-
<b>UBICACIÓN</b>	: AMPL. ALTO LAREDO N2 A LOTE 18 - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD	<b>Fecha:</b>	Set-23

**I. Datos Generales**

<b>PROCEDENCIA</b>	: AAHH. ALTO LAREDO N2 A LOTE 18	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>	: 3/8"
<b>CALÍCATA</b>	: C-1 (E-1)	<b>LADO</b>	: -
<b>MATERIAL</b>	: -		
<b>PROFUND.</b>	: 2.50 metros		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	237.4	210.5	270.7
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	235.0	208.0	267.0
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	2.3	2.5	3.7
Peso Suelo Seco	(gr.)	235.0	208.0	267.0
Contenido de Humedad	(gr.)	1.0	1.2	1.4
<b>Promedio (%)</b>		<b>1.2</b>		

**Observaciones:**

.....  
.....  
.....

# JALCEP

INGENIERIA

  
**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

 <b>LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40</b> (ASTM D4318 , MTC E-110)			
<b>PROYECTO</b>	"EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO PLATZAPALLAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"	<b>Registro N°:</b>	
<b>UBICACION</b>	AMH, ALTO LAREDO M2 A LOTE 18 - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD	<b>Fecha:</b>	Set-23

**I. Datos Generales**

<b>PROCEDENCIA</b> : AAHH, ALTO LAREDO M2 A LOTE 18	<b>TAMANO MAXIMO</b> : 3/8"
<b>CALICATA</b> : C-1 (E-1)	<b>LADO</b> : 1"
<b>MATERIAL</b> : -	
<b>PROFUND.</b> : 2.50 metros	

		LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)			
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)					
PESO TARRO + SUELO SECO (g)					
PESO DE AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
NUMERO DE GOLPES					

		LIMITE PLASTICO (MTC E 111)			
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)					
PESO TARRO + SUELO SECO (g)					
PESO DE AGUA (g)					
PESO DEL TARRO (g)					
PESO DEL SUELO SECO (g)					
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)					



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES

  
**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Carrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: jalcepsac5@gmail.com

☎ Cel: 942739259/938 992 973

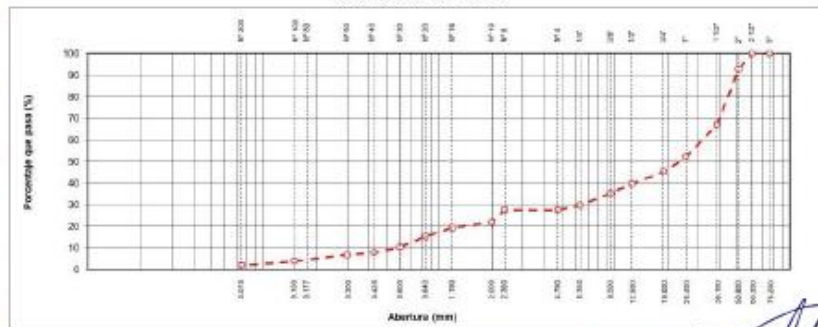
 <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (ASTM D422 - HTC E107 - HTC E204 - ASTM C136)	
<b>PROYECTO</b> : ENALACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023	<b>Registro N°:</b>
<b>UBICACIÓN</b> : AAHH. ALTO LAREDO MZ A LOTE 18 - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD	<b>Fecha:</b> Set-23

**I. Datos Generales**

<b>PROCEDENCIA</b> : AAHH. ALTO LAREDO MZ A LOTE 18 <b>CALICATA</b> : C-1 (E-2) <b>MATERIAL</b> : - <b>PROFUND.</b> : 2.50 metros	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 2 1/2" <b>LADO</b> : "
--	--

TAMIZ	APERTURA (P)	POSO NETANDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE PASA REJA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
18"	254.000						
6"	152.400						Peso inicial seco : 3443.0 gr.
5"	127.000						Peso fracción : 289.0 gr.
4"	101.600						Contenido de Humedad (%): 1.3
3"	76.200						
2 1/2"	63.500				100.0		
2"	50.800	282.9	7.1	7.1	92.9		Límite Líquido (LL): NP
1 1/2"	38.100	1018.0	29.7	32.8	67.1		Límite Plástico (LP): NP
1"	25.400	692.9	19.8	47.9	52.1		Índice Plástico (IP): NP
3/4"	19.000	264.9	6.7	54.6	45.4		Clasificación (SUCS): GW
1/2"	12.500	225.9	5.7	60.3	39.7		Clasificación (AASHTO): A-1-a (0)
3/8"	9.500	185.9	4.7	64.9	35.1		Índice de Consistencia: NP
1/4"	6.350	207.9	5.2	70.2	29.8		
N° 4	4.750	85.0	2.2	72.3	27.7		Descripción (AASHTO): BUENO
N° 6	2.360						Descripción (SUCS): Grava bien graduada con arena
N° 10	2.000	229.2	5.7	78.1	21.9		
N° 16	1.190	109.2	2.8	80.8	19.2		Materia Orgánica: --
N° 20	0.840	152.1	3.9	84.7	15.3		Turba: --
N° 30	0.600	191.1	4.8	88.5	11.5		CU : 60.982 CC : 2.546
N° 40	0.425	105.3	2.7	92.2	7.8		<b>OBSERVACIONES :</b>
N° 50	0.300	42.9	1.1	93.3	6.7		Grava > 2" : 7.1
N° 60	0.177	88.7	2.3	95.6	4.4		Grava 2" - N° 4 : 65.2
N° 100	0.150	23.4	0.6	96.1	3.9		Arena N°4 - N° 200 : 25.8
N° 200	0.075	78.0	2.0	98.1	1.9		Finos < N° 200 : 1.3
< N° 200	FONDO	74.1	1.9	100.0	1.9		> 5" : 0.95

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
(ASTM D 2216, MTC E 108)**

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIPAPELAR, DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023	<b>Registro N°:</b>
<b>UBICACIÓN</b>	: AVDA. ALTO LAREDO N2 A LOTE 05 - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - (SEÑALAMIENTO LA 005040)	<b>Fecha:</b> 05/01/23

**I. Datos Generales**

<b>PROCEDECENCIA</b>	: AA-HH, ALTO LAREDO N2 A LOTE 18	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>	: 2 1/2"
<b>CALICATA</b>	: C-1 (E-2)	<b>LADO</b>	: -
<b>MATERIAL</b>	: -		
<b>PROFUND.</b>	: 2.50 metros		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara				
Peso Tara + Suelo Húmedo	(gr.)	347.5	300.0	390.0
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	342.0	297.0	385.0
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	5.5	3.0	5.0
Peso Suelo Seco	(gr.)	342.0	297.0	385.0
Contenido de Humedad	(gr.)	1.6	1.0	1.3
<b>Promedio (%)</b>		1.3		

**Observaciones:**

.....  
.....  
.....

**JALCEP**  
INGENIERIA

**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: jalcepsac@gmail.com

☎ Cel: 942739259/938 992 973





		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D4318 , MTC E-110)</b>	
<b>PROYECTO</b>	REVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023	<b>Registro N°:</b>	
<b>UBICACION</b>	ASHH, ALTO LAREDO M2 A LOTE 1B - DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD	<b>Fecha:</b>	30-23

**I. Datos Generales**

<b>PROCEDENCIA</b> : AAH-L, ALTO LAREDO M2 A LOTE 1B	<b>TAMAÑO MAXIMO</b> : 2 1/2"
<b>CALECATA</b> : C-1 (E-2)	<b>LADO</b> : "
<b>MATERIAL</b> : "	
<b>PROFUND.</b> : 3.50 metros	

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
NUMERO DE GOLPES				

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)				
PESO TARRO + SUELO SECO (g)				
PESO DE AGUA (g)				
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)				



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

<b>OBSERVACIONES</b>
 <b>JALCEP S.A.C.</b> Bryan Antony Tarrillo Benitez JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 06: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antonio Tarullo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973

### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - TERZAGHÍ

PROYECTO: "EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"

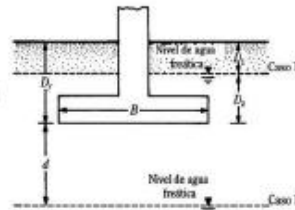
**Datos del Estudio de Mecánica de Suelos:**

Peso Específico "γ":	2.17 g/cm <sup>3</sup>
Cohesión "c":	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo de Fricción del suelo "φ":	34 °
Profundidad de desplante "D <sub>1</sub> ":	-1.50 m
Nivel Freático "NAF":	0.00 m
Factor de seguridad "FS":	3
Módulo de Elasticidad del suelo "E <sub>s</sub> ":	5500 ton/m <sup>2</sup>
Módulo de Poisson "ν":	0.30

**CALICATA C-01**

**Modificación de la sobrecarga efectiva por nivel freático del agua:**

D <sub>1</sub> :	0.00 m
d:	0.00 m
Caso I:	0 ≤ D <sub>1</sub> ≤ D <sub>1</sub> q = sobrecarga efectiva = D <sub>1</sub> γ + D <sub>1</sub> (γ <sub>sat</sub> - γ <sub>w</sub> )
Caso II:	0 ≤ d ≤ B      q = γD <sub>1</sub> γ̄ = γ' + $\frac{d}{B}(\gamma - \gamma')$
Caso III:	d ≥ B      q = γD <sub>1</sub>



**Capacidad de Carga Última para FALLA GENERAL POR CORTE:**

$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$ (cimentación corrida)
$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$ (cimentación cuadrada)
$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma B N_\gamma$ (cimentación circular)

**FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA**

$$N_c = \cot \phi \left[ \frac{e^{2.3(N_q + 4.8) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{e^{2.3(N_q + 4.8) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)}$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} (N_q - 1) \tan \phi \quad (\text{Hansen})$$

**Factores de capacidad de carga para FALLA GENERAL POR CORTE:**

Nc:	52.64
Nq:	36.50
Nγ:	35.92

**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benítez  
JEFE DE LABORATORIO

**CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - FALLA GENERAL POR CORTE - TERZAGHÍ**

CIMENTACIÓN CORRIDA							
B(cm)	L(cm)	Nc	Nq	Nγ	q (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qad (kg/cm <sup>2</sup> )
40		52.64	36.50	35.92	0.18	7.97	2.66
50		52.64	36.50	35.92	0.18	8.36	2.79
60		52.64	36.50	35.92	0.18	8.75	2.92
70		52.64	36.50	35.92	0.18	9.13	3.04
80		52.64	36.50	35.92	0.18	9.52	3.17
100		52.64	36.50	35.92	0.18	10.30	3.43

**CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - FALLA GENERAL POR CORTE - TERZAGHÍ**

CIMENTACIÓN CUADRADA							
B(cm)	L(cm)	Nc	Nq	Nγ	q (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qad (kg/cm <sup>2</sup> )
100	100	52.64	36.50	35.92	0.18	9.52	3.17
150	150	52.64	36.50	35.92	0.18	11.08	3.69

### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - TERZAGHÍ

PROYECTO: "EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"

#### Datos del Estudio de Mecánica de Suelos

Peso Específico "γ":	2.17	gr/cm <sup>3</sup>
Cohesión "c":	0.00	Kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo de Fricción del suelo "φ":	34	°
Profundidad de desplante "D <sub>f</sub> ":	-1.50	m
Nivel Freatico "NAF":	0.00	m
Factor de seguridad "FS":	3	
Módulo de Elasticidad del suelo "E <sub>s</sub> ":	5500	ton/m <sup>2</sup>
Módulo de Poisson "ν":	0.30	

**CALICATA C-01**

200	200	52.64	36.50	35.92	0.18	12.64	4.21
250	250	52.64	36.50	35.92	0.18	14.20	4.73
300	300	52.64	36.50	35.92	0.18	15.76	5.25
350	350	52.64	36.50	35.92	0.18	17.32	5.77

#### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - FALLA GENERAL POR CORTE - TERZAGHÍ

##### CIMENTACIÓN CIRCULAR

D(cm)	Nc	Nq	Ny	q (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qad (kg/cm <sup>2</sup> )
100	52.64	36.50	35.92	0.18	8.75	2.92
150	52.64	36.50	35.92	0.18	9.91	3.30
200	52.64	36.50	35.92	0.18	11.08	3.69
300	52.64	36.50	35.92	0.18	13.42	4.47
350	52.64	36.50	35.92	0.18	14.59	4.86
400	52.64	36.50	35.92	0.18	15.76	5.25

#### Capacidad de Carga Última para FALLA LOCAL POR CORTE:

##### FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$q_u = \frac{2}{3} c N_c + q N_q + 1.3 \gamma B N_y \quad (\text{cimentación corrida})$$

$$q_u = 0.867 c N_c + q N_q + 0.4 \gamma B N_y \quad (\text{cimentación cuadrada})$$

$$q_u = 0.867 c N_c + q N_q + 0.3 \gamma B N_y \quad (\text{cimentación circular})$$

$$N_c = \cot \phi \left[ \frac{e^{2.3(1-\sin \phi)} - 1}{2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{e^{1.7(1-\sin \phi)} - 1}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)}$$

$$\frac{3}{2} (N_q - 1) \tan \alpha \quad (\text{Hansen})$$

##### Factores de capacidad de carga para FALLA LOCAL POR CORTE:

Nc: 23.72

Nq: 11.67

Ny: 7.20

**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

#### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - FALLA LOCAL POR CORTE - TERZAGHÍ

##### CIMENTACIÓN CORRIDA

B(cm)	L(cm)	Nc	Nq	Ny	q (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qad (kg/cm <sup>2</sup> )
40		23.72	11.67	7.20	0.18	2.36	0.79
50		23.72	11.67	7.20	0.18	2.44	0.81
60		23.72	11.67	7.20	0.18	2.52	0.84
70		23.72	11.67	7.20	0.18	2.59	0.86
80		23.72	11.67	7.20	0.18	2.67	0.89
100		23.72	11.67	7.20	0.18	2.83	0.94

#### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - FALLA LOCAL POR CORTE - TERZAGHÍ

##### CIMENTACIÓN CUADRADA

Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque - Trujillo, La Libertad

Email: jalcepsac5@gmail.com

Cel: 942739259/938 992 973

## CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - TERZAGHI

PROYECTO: "EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"

Datos del Estudio de Mecánica de Suelos:

Peso Específico "γ": 2.17 gr/cm<sup>3</sup>  
 Cohesión "c": 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Ángulo de Fricción del suelo "φ": 34°  
 Profundidad de desplante "D<sub>p</sub>": -1.50 m  
 Nivel Freático "NAF": 0.00 m  
 Factor de seguridad "FS": 3  
 Módulo de Elasticidad del suelo "E<sub>s</sub>": 5500 ton/m<sup>2</sup>  
 Módulo de Poisson "ν": 0.30

### CALICATA C-01

B(cm)	L(cm)	Nc	Nq	Nγ	q (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qsad (kg/cm <sup>2</sup> )
100	100.00	23.72	11.67	7.20	0.18	2.67	0.89
150	150.00	23.72	11.67	7.20	0.18	2.98	0.99
200	200.00	23.72	11.67	7.20	0.18	3.30	1.10
250	250.00	23.72	11.67	7.20	0.18	3.61	1.20
300	300.00	23.72	11.67	7.20	0.18	3.92	1.31
350	350.00	23.72	11.67	7.20	0.18	4.23	1.41

### CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE - FALLA LOCAL POR CORTE - TERZAGHI

D(cm)	Nc	Nq	Nγ	q (kg/cm <sup>2</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qsad (kg/cm <sup>2</sup> )
100	23.72	11.67	7.20	0.18	2.52	0.84
150	23.72	11.67	7.20	0.18	2.75	0.92
200	23.72	11.67	7.20	0.18	2.98	0.99
250	23.72	11.67	7.20	0.18	3.22	1.07
300	23.72	11.67	7.20	0.18	3.45	1.15
350	23.72	11.67	7.20	0.18	3.69	1.23

### CIMENTACIÓN CIRCULAR

  
 JALCEP S.A.C.  
 Bryan Antonio Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO



### CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS Y DIFERENCIALES PARA FALLA GENERAL Y LOCAL

PROYECTO: EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023

Datos del Estación Mecánica de Suelos:

500  $\text{t/cm}^2$   
 0.15  
 6.08 m

CALICATA C-01

#### ASENTAMIENTO INMEDIATO - FALLA GENERAL

B(cm)	L(cm)	LIB	Flexible		Rigido	$q$ ( $\text{t/cm}^2$ )	Flexible		Rigido	Asentamiento Diferencial (s)	Distorsión Angular (el)	Distorsión Angular Permissible	Observación
			$I_x$ ( $\text{cm}^4$ ) Centro	$I_x$ ( $\text{cm}^4$ ) Esquina			$S_x$ ( $\text{cm}^3$ ) Centro	$S_x$ ( $\text{cm}^3$ ) Esquina					
40	100	2.50	108	84	1.32	26.55	0.32	0.16	0.25	0.00029	0.00200	CUMPLE	
50	100	2.00	154	77	1.20	27.85	0.38	0.19	0.30	0.00035	0.00200	CUMPLE	
60	100	1.70	144	72	1.11	29.15	0.45	0.22	0.35	0.00046	0.00200	CUMPLE	
70	100	1.40	132	66	1.00	30.45	0.60	0.26	0.38	0.00053	0.00200	CUMPLE	
80	100	1.30	127	64	98	31.75	0.57	0.29	0.43	0.00055	0.00200	CUMPLE	
100	100	1.00	111	56	82	34.35	0.68	0.34	0.50	0.00129	0.00200	CUMPLE	

#### ASENTAMIENTO INMEDIATO - FALLA GENERAL

B(cm)	L(cm)	LIB	Flexible		Rigido	$q$ ( $\text{t/cm}^2$ )	Flexible		Rigido	Asentamiento Diferencial (s)	Distorsión Angular (el)	Distorsión Angular Permissible	Observación
			$I_x$ ( $\text{cm}^4$ ) Centro	$I_x$ ( $\text{cm}^4$ ) Esquina			$S_x$ ( $\text{cm}^3$ ) Centro	$S_x$ ( $\text{cm}^3$ ) Esquina					
100	100	1.00	111	56	82	31.75	0.43	0.32	0.46	0.001644	0.00200	CUMPLE	
150	150	1.00	111	56	82	36.95	1.09	0.55	0.69	0.001822	0.00200	CUMPLE	
200	200	1.00	111	56	82	42.14	1.66	0.84	1.22	0.002711	0.00200	NO CUMPLE	
250	250	1.00	111	56	82	47.34	2.33	1.10	1.72	0.003391	0.00200	NO CUMPLE	
300	300	1.00	111	56	82	52.54	3.11	1.37	2.29	0.004182	0.00200	NO CUMPLE	
350	350	1.00	111	56	82	57.73	3.99	2.31	2.83	0.004844	0.00200	NO CUMPLE	

#### ASENTAMIENTO INMEDIATO - FALLA GENERAL

B(cm)	L(cm)	LIB	Flexible		Rigido	$q$ ( $\text{t/cm}^2$ )	Flexible		Rigido	Asentamiento Diferencial (s)	Distorsión Angular (el)	Distorsión Angular Permissible	Observación
			$I_x$ ( $\text{cm}^4$ ) Centro	$I_x$ ( $\text{cm}^4$ ) Esquina			$S_x$ ( $\text{cm}^3$ ) Centro	$S_x$ ( $\text{cm}^3$ ) Esquina					
100	64	64	88	29.15	88	0.32	0.33	0.46	0.000633	0.00200	CUMPLE		
150	64	64	88	33.05	88	0.38	0.36	0.78	0.001468	0.00200	CUMPLE		
200	64	64	88	36.95	88	0.44	0.34	1.16	0.002189	0.00200	NO CUMPLE		
300	64	64	88	44.74	88	0.53	0.33	2.10	0.003976	0.00200	NO CUMPLE		

### CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS Y DIFERENCIALES PARA FALLA GENERAL Y LOCAL

PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CÓN Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"

Datos del Estado de Mecánica de Suelos:

Modulo de Elasticidad del suelo "E"  
Medulo de Poisson "ν"  
Longitud entre Zapatas "L"

3998 ton/m<sup>2</sup>  
0.16  
9.00 m

CALICATA C-01

350  
400

160 160 64 64 98 98 49.64 3.03 1.84 2.66 3.03 0.005042 0.00200  
160 160 64 64 98 98 52.54 3.73 2.38 3.29 3.73 0.006225 0.00200

NO CUMPLE  
NO CUMPLE

#### ASENTAMIENTO INMEDIATO - FALLA LOCAL

Bitem	L1(m)	L1B	Flotante Centro	Flotante Esquina	Rigido q (ton/m <sup>2</sup> )	Rigido q (ton/m <sup>2</sup> )	Flotante Centro	Flotante Esquina	Rigido S1 (cm)	Rigido S2 (cm)	Asemtamiento Diferencial (δ)	Distorsión Angular (α)	Distorsión Angular Permisible	Observación
40	100	2.00	168	84	132	7.57	0.09	0.03	0.07	0.09	0.09	0.001157	0.00200	CUMPLE
50	100	2.00	154	77	120	8.13	0.11	0.06	0.09	0.11	0.11	0.001185	0.00200	CUMPLE
60	100	1.70	144	72	111	8.39	0.08	0.10	0.10	0.13	0.13	0.001215	0.00200	CUMPLE
70	100	1.40	132	60	106	0.65	0.14	0.07	0.11	0.14	0.14	0.001237	0.00200	CUMPLE
80	100	1.30	127	64	96	0.91	0.16	0.08	0.12	0.16	0.16	0.001266	0.00200	CUMPLE
100	100	1.00	111	56	92	3.43	0.19	0.05	0.14	0.19	0.19	0.001310	0.00200	CUMPLE

#### ASENTAMIENTO INMEDIATO - FALLA LOCAL

Bitem	L1(m)	L1B	Flotante Centro	Flotante Esquina	Rigido q (ton/m <sup>2</sup> )	Rigido q (ton/m <sup>2</sup> )	Flotante Centro	Flotante Esquina	Rigido S1 (cm)	Rigido S2 (cm)	Asemtamiento Diferencial (δ)	Distorsión Angular (α)	Distorsión Angular Permisible	Observación
100	100	1.00	111	56	82	8.61	0.28	0.15	0.13	0.16	0.16	0.001253	0.00200	CUMPLE
150	150	1.00	111	56	82	10.99	0.43	0.22	0.32	0.43	0.43	0.001483	0.00200	CUMPLE
200	200	1.00	111	56	82	12.03	0.59	0.39	0.44	0.59	0.59	0.001733	0.00200	CUMPLE
300	300	1.00	111	56	82	13.07	0.77	0.39	0.57	0.77	0.77	0.001989	0.00200	CUMPLE
350	350	1.00	111	56	82	14.11	0.97	0.48	0.72	0.97	0.97	0.001624	0.00200	CUMPLE

#### ASENTAMIENTO INMEDIATO - FALLA LOCAL

Ditem	L1(m)	L1B	Flotante Centro	Flotante Esquina	Rigido q (ton/m <sup>2</sup> )	Rigido q (ton/m <sup>2</sup> )	Flotante Centro	Flotante Esquina	Rigido S1 (cm)	Rigido S2 (cm)	Asemtamiento Diferencial (δ)	Distorsión Angular (α)	Distorsión Angular Permisible	Observación
100	100	1.00	160	84	98	8.39	0.15	0.18	0.13	0.15	0.15	0.001248	0.00200	CUMPLE
150	150	1.00	160	64	98	9.17	0.24	0.16	0.22	0.24	0.24	0.001487	0.00200	CUMPLE



**CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS Y DIFERENCIALES PARA FALLA GENERAL Y LOCAL**

PROYECTO: "EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"

Datos del Estado de Mecánica de Suelos:

5000 ton/m2  
0.15  
6.00 m

Módulo de Elasticidad del suelo "Es"

Módulo de Poisson "ν"

Longitud entre Zapatas "L"

200  
250  
300  
350

64  
64  
64  
64

88  
88  
88  
88

9.95  
10.73  
11.51  
12.29

0.35  
0.48  
0.61  
0.76

0.23  
0.31  
0.39  
0.49

0.31  
0.42  
0.54  
0.67

0.35  
0.48  
0.61  
0.76

0.000589  
0.000795  
0.001023  
0.001274

0.00200  
0.00200  
0.00200  
0.00200

CUMPLE  
CUMPLE  
CUMPLE  
CUMPLE

**CALICATA C-01**



**JALCEP S.A.C.**  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 7: PLANO DE ZONIFICACIÓN SISMICA

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antony Tarrillo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973

### ZONAS SÍSMICAS



**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antony Tarrillo Benítez  
 JEFE DE LABORATORIO

Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

Cel: 942739259/938 992 973



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 8: ENSAYO DE CORTE DIRECTO

# JALCEP

INGENIERIA

  
Bryan Antonio Tarullo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac@gmail.com](mailto:jalcepsac@gmail.com)

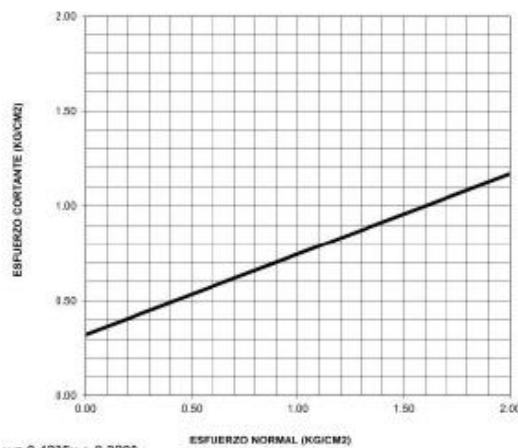
☎ Cel: 942739259/938 992 973

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D-3080)**

PROYECTO:	"EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 10 NIVELES, CON Y SIN AISLAMIENTO DE BASE, TRUJILLO - LAREDO, 2023"		
CALCATA:	<b>C-1</b>	FECHA:	Trujillo, Setiembre del 2023
MUESTRA:	<b>ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA</b>	CODIGO:	016-2023-JALCEP/INGENIERIA/EMS
SOLICITANTE:	0	PROFUNDIDAD:	2.50
LOCALIDAD:	AAHH. ALTO LAREDO MZ A LOTE 18	DISTRITO:	LAREDO
PROVINCIA:	TRUJILLO	REGION:	LA LIBERTAD

**ESTADO DEL ENSAYO : SATURADO**

MUESTRA N°	1	2	3
PESO VOLUMETRICO NATURAL (gr/cm3)	2.170	2.164	2.158
HUMEDAD NATURAL (%)	1.30	1.30	1.30
PESO VOLUMETRICO SATURADO (gr/cm3)	2.178	2.172	2.166
HUMEDAD SATURADA (%)	1.69	1.69	1.69
ESFUERZO NORMAL (kg/cm2)	0.500	1.000	1.500
ESFUERZO DE CORTE (kg/cm2)	0.536	0.738	0.959
PROPORCION DE ESFUERZOS	1.07	0.74	0.64
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm3)	2.142	2.136	2.130



Cohesion (kg/cm2): **0.00**  
 Angulo de Friccion (°): **34.00**

**JALCEP S.A.C.**  
 Bryan Antony Tarrillo Benitez  
 JEFE DE LABORATORIO

\* El presente documento no debiera ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que su reproducción sea en su totalidad (Ley Peruana INDECOPI 0004-1993)



Laboratorio de Suelos, Concreto, Asfalto y Estudios Geotécnicos

## ANEXO N° 9: PANEL FOTOGRAFICO

# JALCEP

INGENIERIA

  
JALCEP S.A.C.  
Bryan Antony Tarullo Benitez  
JEFE DE LABORATORIO

📍 Oficina: Calle José Gil de Castro N° 557 Urb. El Bosque – Trujillo, La Libertad

✉ Email: [jalcepsac5@gmail.com](mailto:jalcepsac5@gmail.com)

☎ Cel: 942739259/938 992 973



**IMAGEN 1:** Se puede apreciar la muestra extraída al igual que la excavación realizada.



**IMAGEN 2:** Se puede apreciar la realización del ensayo granulométrico.



**IMAGEN 3:** Se puede apreciar el ingreso del material al horno para el secado y obtener el contenido de humedad de la muestra.



**IMAGEN 3:** Se puede apreciar el proceso del ensayo para obtener el índice de plasticidad del material extraído