



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE SENATI AL INCORPORAR AISLADORES SÍSMICOS TIPO LRB, CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Johan Miguel Carranza Alvarez

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres, quienes fueron el pilar para lograr mis sueños profesionales.

A mi esposa por su constante apoyo a lo largo de mi formación profesional.

Johan Carranza.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la oportunidad de salir adelante. A mis padres por su esfuerzo en mi educación, a mi esposa por darme el apoyo necesario para salir adelante. A mis hijos por ser mi motivo de superación.

Johan Carranza.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	33
CAPÍTULO III. RESULTADOS	101
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	108
REFERENCIAS	113
ANEXOS	119
Anexo 1. Escala de Intensidades de Mercalli Modificada	119
Anexo 2. Arquitectura primer piso	120
Anexo 3. Arquitectura segundo piso	121
Anexo 4. Arquitectura tercer piso.....	122
Anexo 5. Arquitectura cuarto piso.....	123
Anexo 6. Autorización de la empresa.....	124
Anexo 7. Ficha RUC	125
Anexo 8. Herramienta de recolección de datos	132
Anexo 9. Dynamic isolation systems	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.....	18
Tabla 2	Factor de suelo S.....	19
Tabla 3	Periodos T_p y T_L	19
Tabla 4	Categoría de las edificaciones y factor “U”.....	20
Tabla 5	Categoría y sistema estructural de las edificaciones.....	21
Tabla 6	Sistemas estructurales.....	21
Tabla 7	Irregularidades estructurales en altura.....	22
Tabla 8	irregularidades estructurales en planta.....	23
Tabla 9	Categoría y regularidad de las edificaciones.....	23
Tabla 10	Límites para la distorsión del entrepiso.....	26
Tabla 11	Factores de modificación máximos y mínimos de propiedades de dispositivos clase I...	27
Tabla 12	Factores de modificación máximos y mínimos de propiedades de dispositivos clase II. .	28
Tabla 13	Instrumentos de recolección y análisis de datos.....	34
Tabla 14	Técnicas para de recolección de datos.....	35
Tabla 15	Ficha de análisis documental.....	36
Tabla 16	Cargas de acuerdo a los ambientes.....	47
Tabla 17	Formas de modo consideradas y factores de participación modal.....	61
Tabla 18	Parámetros para determinar el coeficiente sísmico.....	63
Tabla 19	Verificación de R.....	72
Tabla 20	Descripción de las irregularidades en altura.....	72
Tabla 21	Límites de periodo para tipos de suelos.....	78
Tabla 22	Factor de Amortiguamiento BM.....	79
Tabla 23	Parámetros para análisis.....	85
Tabla 24	Distancias horizontales entre los centros de masas del sistema de aislamiento.....	88
Tabla 25	reacciones en los aisladores.....	90
Tabla 26	Cortante del análisis modal espectral del SMC.....	99
Tabla 27	Desplazamientos del análisis modal espectral del SMC.....	99
Tabla 28	Variación de periodos.....	101
Tabla 29	Desplazamientos de base fija y base aislada.....	103
Tabla 30	Derivas base fija y base aislada.....	105
Tabla 31	Cortantes de base fija y base aislada.....	107
Tabla 32	Resumen de resultados.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas sísmicas de Perú.....	13
Figura 2. Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli.	14
Figura 3. Mapa de isoaceleraciones en Cajamarca.....	16
Figura 4. Geometría típica de una estructura con aislamiento sísmico.	31
Figura 5. Modelo bilineal para aisladores elastoméricos.	32
Figura 6. Instrumentos de investigación.....	36
Figura 7. Plano de ubicación.	38
Figura 8. Estructura de planta cimentación.	39
Figura 9. Estructuras de techo primer piso.....	40
Figura 10. Estructuras de techo segundo piso.	41
Figura 11. Estructuras de techo cuarto piso.	43
Figura 12. Estructuras secciones de placas, columnas.	44
Figura 13. Estructuras pórticos B, H, F e I.....	45
Figura 14. Estructuras pórticos ejes 6 y 7.	46
Figura 15. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del primer piso.	48
Figura 16. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del segundo piso.	49
Figura 17. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del tercer piso.....	50
Figura 18. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del cuarto piso.....	51
Figura 19. Configuración de unidades y códigos de diseño.	52
Figura 20. Grilla en ejes “X” y “Y”.	52
Figura 21. Grilla en eje “Z”.....	53
Figura 22. Creación del material de concreto $f'c = 210\text{kgf/cm}^2$	53
Figura 23. Creación del material de acero A615 Gr60.....	54
Figura 24. Definición de las barras de acero.	54
Figura 25. Definición de columnas y vigas.....	55
Figura 26. Definición de la losa en 1 dirección.....	55
Figura 27. Definición de la losa en 2 direcciones.	56
Figura 28. Definición de la losa maciza.	56
Figura 29. Definición de los muros de concreto.	57
Figura 30. Modelo tridimensional, desarrollado en ETABS.....	58
Figura 31. Definición de tipos de carga.	59
Figura 32. Cargas asignadas en losas de la edificación.....	59
Figura 33. Masa sísmica de la estructura, desarrollado en ETABS.	60
Figura 34. Asignación de casos modales.....	60
Figura 35. Primer modo de la estructura, desarrollado en ETABS.	62
Figura 36: Segundo modo de la estructura, desarrollado en ETABS.....	62
Figura 37. Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS.	63
Figura 38. Sismo estático en dirección “X”.	64
Figura 39. Sismo estático en dirección “Y”.	65
Figura 40. Espectro de pseudo aceleración.	65
Figura 41. Espectro de pseudo aceleración en software ETABS.	66
Figura 42. Sismo dinámico en la dirección “x”.....	67
Figura 43. Sismo dinámico en la dirección “y”.....	68

Figura 44. Consideraciones para la distorsión del sismo dinámico en “x”.	69
Figura 45. Consideraciones para la distorsión del sismo dinámico en “Y”.	69
Figura 46. Incremento del factor de escala para cumplir con la cortante en “x”.	70
Figura 47. Incremento del factor de escala para cumplir con la cortante en “y”.	71
Figura 48. Cargas amplificadas por combinaciones.	76
Figura 49. Composición de la envolvente.	77
Figura 50. Estructura con base aislada.	83
Figura 51. Elevación de estructura con base aislada.	84
Figura 52. En la distribución se puede apreciar que no existe excentricidad natural significativa.	84
Figura 53. Parámetros geométricos de la estructura.	87
Figura 54. Propiedades del modelo bilineal fuerza – deformación del aislador.	93
Figura 55. Análisis modal.	94
Figura 56. Diseño del sistema aislado.	95
Figura 57. Sismo dinámico espectral en la dirección X.	96
Figura 58. Propiedades para un análisis lineal.	97
Figura 59. Acción del sistema de aislamiento en dirección X.	98
Figura 60. Acción del sistema de aislamiento en dirección Y.	98
Figura 61. Comparación de periodos de base fija y base aislada.	101
Figura 62. Espectro elástico de la norma E.030 vs Sismo máximo considerado de norma E.031.	102
Figura 63. Ampliación de grafico en zona de variación de los espectros.	102
Figura 64. Variación de del desplazamiento en eje X.	104
Figura 65. Variación de del desplazamiento en eje Y.	104
Figura 66. Base fija vs base aislada eje X.	105
Figura 67. Base fija vs base aislada eje Y.	106

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Periodo menor a periodo TP.....	19
Ecuación 2. Periodo entre TP y TL.....	19
Ecuación 3. Periodo mayor a TL.....	19
Ecuación 4. Coeficiente de reducción.....	24
Ecuación 5. Fuerza cortante total.....	24
Ecuación 6. Valor C/R.....	24
Ecuación 7. Fuerzas sísmicas horizontales.....	25
Ecuación 8. Fuerzas sísmicas horizontales en nivel i.....	25
Ecuación 9. Periodo fundamental de vibración.....	25
Ecuación 10. Espectro inelástico de pseudoaceleraciones.....	26
Ecuación 11. Valores de C.....	26
Ecuación 12. Resistencia requerida.....	76
Ecuación 13. Resistencia requerida.....	76
Ecuación 14. Resistencia requerida.....	76
Ecuación 15. Resistencia requerida.....	76
Ecuación 16. Rigidez efectiva.....	77
Ecuación 17. Desplazamiento.....	77
Ecuación 18. Espectro de diseño.....	78
Ecuación 19. Factor de amplificación sísmica.....	78
Ecuación 20. Factor de amplificación sísmica.....	78
Ecuación 21. Factor de amplificación sísmica.....	78
Ecuación 22. Factor de amplificación sísmica.....	79
Ecuación 23. Periodo efectivo.....	79
Ecuación 24. Desplazamiento máximo.....	79
Ecuación 25. Desplazamiento total.....	80
Ecuación 26. Razón entre el periodo traslacional efectivo del sistema de aislamiento.....	80
Ecuación 27. Radio de giro del sistema de aislamiento.....	80
Ecuación 28. Fuerza lateral mínima.....	80
Ecuación 29. Fuerza de diseño para la superestructura.....	81
Ecuación 30. Fuerza cortante no reducida.....	81
Ecuación 31. Carga vertical promedio.....	85
Ecuación 32. Carga vertical máxima.....	85
Ecuación 33. Carga vertical mínima.....	85
Ecuación 34. Rigidez efectiva KM.....	86
Ecuación 35. Rigidez por aislador Keff.....	86
Ecuación 36. Desplazamiento traslacional.....	86
Ecuación 37. Desplazamiento traslacional del sistema de aislamiento.....	87
Ecuación 38. Cortante del sistema de aislamiento.....	89
Ecuación 39. Cortante superestructura sin reducir.....	89

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la variación del comportamiento estructural del edificio SENATI bloque -A al incorporar aisladores sísmicos tipo LRB, Cajamarca 2021. El enfoque considerado para esta investigación es aplicado, y tipo descriptiva con diseño no experimental. Los primeros periodos del sistema aislado tienen un incremento significativo, un periodo máximo de 2.641s con un incremento de 469% respecto a la base fija. El espectro elástico de la norma E.030 (2019) cuenta con un valor de uso $U= 1.5$, la diferencia de los espectros es por un factor de amplificación = 1.5 que solicita la norma E.031 (2019) lo que los hace similar en su amplitud. Las derivas en X de las bases fijas si cumplen con lo mínimo de 0.007 solicitado por la Norma E.030 y las derivas del sistema con aislador también cumplen con lo mínimo de 0.0035 solicitado por la norma E.031 (2019), el sistema de aislamiento reduce un 66% las derivas, en conclusión, el sistema de aislamiento presenta mejor respuesta sísmica a diferencia del diseño de sistema de base fija. Las derivas en Y de las bases fijas del 4to nivel no cumple con lo mínimo de 0.007 solicitado por la norma E.030 (2019) a diferencia de la deriva con el sistema de aislador se observa que esta cumple con lo mínimo de 0.0035 solicitado por la norma E.031 (2019), el sistema de aislamiento cumple muy bien la función de disipar la energía al punto de reducir en un 63% la deriva. El espectro de sismo máximo considerado también debe tener el factor de reducción $R=1$ de esta manera se logra una comparación efectiva del sistema de aislamiento. Como conclusión general se tiene que empleando los aisladores sísmicos se mejoró el comportamiento estructural los esfuerzos cortantes mejoran desde 195% hasta 493%, las derivas mejoran desde el 20% hasta el 66% y los periodos mejoran desde 19% hasta 910%.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería sísmo resistente se han realizado numerosos estudios con el objetivo de mejorar de manera significativa el análisis y diseño de edificaciones propensas a sismos de altas magnitudes, los cuales pueden provocar que una estructura colapse, quede fuera de servicio o requiriera de reparaciones complicadas y costosas (Siso, 2017).

En ese sentido, Díaz (2014) especifica que se han desarrollado sistemas de control de vibraciones generadas por terremotos, cuya función es minimizar el daño en la estructura a través de la absorción de la energía proveniente del sismo. Trujillo (2017) en su investigación muestra la clasificación de forma general en tres tipos de estos dispositivos: i) de disipación pasiva, ii) de disipación semi-activa y iii) los activos e híbrido.

A lo largo de la historia, el principio del aislamiento en la base ha sido motivo de investigación para el desarrollo de distintos tipos de dispositivos que reproduzcan este comportamiento, tales como elastoméricos, sistemas de fricción, rodillos, cables, columnas mecedoras, entre otras. Algunos de estos dispositivos han logrado desarrollarse lo suficiente como para pasar del marco teórico a ser implementados en edificaciones (Leyton, 2017).

Es así que, en las últimas décadas, se han venido desarrollando diversos avances tecnológicos para la mejora del desempeño de las estructuras frente a sollicitaciones sísmicas. Uno de estos avances son los aisladores sísmicos que son herramientas de avanzada tecnología que protegen determinadas estructuras de los daños que causan los sismos. A través de este sistema de aislamiento se separa del suelo la base de la edificación, permitiendo que esta actúe de forma flexible ante los movimientos de la tierra (Siso, 2017).

El Perú está ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico, una de las regiones sísmicamente más activas del mundo, por lo que los eventos sísmicos nos han acompañado desde siempre (Vásquez y Proaño, 2014). Muchos de estos sismos (1970, 2001, 2007, etc.) han ocasionado pérdidas económicas considerables, así como pérdidas humanas dejando además heridos y damnificados (Bustamante, 2019). Los efectos perjudiciales que dejan los terremotos no dependen directamente de este fenómeno natural, sino de las fallas en las estructuras construidas por el ser humano. Este hecho nos exige tener un buen entendimiento del comportamiento de estas estructuras, así como de las tecnologías sísmicas existentes con el fin de reducir el nivel de daño estructural y prevenir posibles fallas catastróficas (Siso, 2017). A pesar que Perú es un país con gran actividad sísmica, son muy pocos los edificios construidos con aisladores o con amortiguadores. Algunos de los edificios que actualmente utilizan aisladores sísmicos que se pueden mencionar, y que emplean estos dispositivos, son: el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez reforzado con dispositivos de amortiguamiento sísmico (2012); el Centro de Información e Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI diseñado con aisladores en la base (2013); y por último el edificio del banco de la nación en Lima (2015), entre otros, que presenta amortiguadores en los últimos pisos de la estructura (Herrera, 2018).

En Perú, la norma E.030 indica que las edificaciones educacionales que pertenecen a la categoría A2 no se permiten irregularidades y su sistema estructural debe estar compuesto únicamente de sistema dual, muros de concreto armado y albañilería confinada, la edificación SENATI bloque – “A” pertenece a una edificación esencial y de alta exigencia en su diseño, habiendo métodos que permitan mejorar las respuestas se consideró implementar aisladores sísmicos.

A partir de lo señalado, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿En cuánto varía el comportamiento estructural del edificio SENATI al incorporar aisladores sísmicos tipo LRB, Cajamarca 2021?

Para lo cual se tuvo como variable independiente a los aisladores sísmicos y como variable dependiente al comportamiento estructural. De este modo, la unidad de estudio estuvo constituida por el edificio del bloque-A de la institución SENATI - Cajamarca; y considerando como objetivo principal determinar la variación del comportamiento estructural del edificio SENATI al incorporar aisladores sísmicos tipo LRB, Cajamarca 2021, para finalmente responder a la pregunta de investigación, con la siguiente hipótesis: al incorporar los aisladores sísmicos tipo LRB varía en más del 10% el comportamiento estructural, reduciendo las derivas y los esfuerzos de los elementos del edificio SENATI, Cajamarca, 2021.

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica (Carhuacusma, 2020).

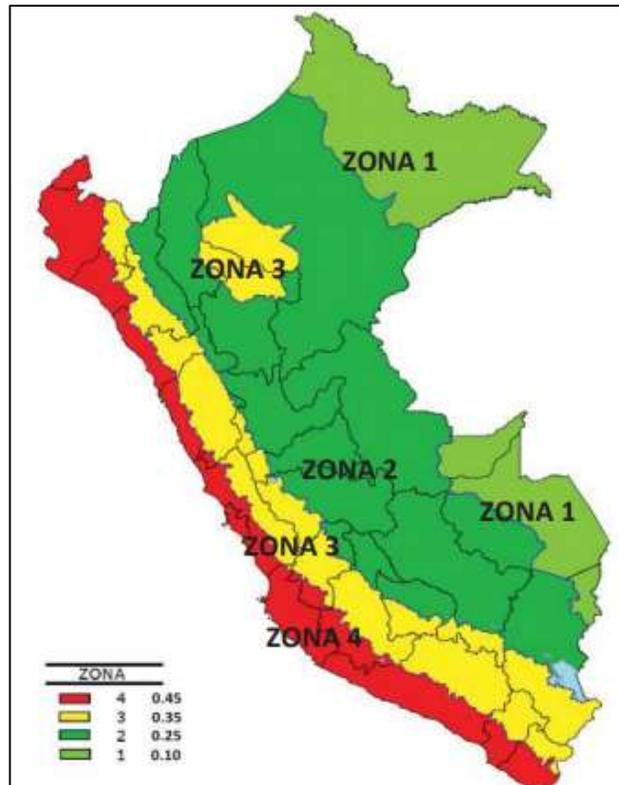


Figura 1. Zonas sísmicas de Perú.
Fuente: (Carhuacusma, 2020).

En la Figura 2 se presenta el mapa de intensidades máximas para sismos ocurridos entre los años 1900 a 1960. Destaca la zona costera y continental de la región norte del Perú con intensidades del orden de IX y X-XI (MM) (ver anexo 1 de órdenes) que afectaron a los departamentos de Piura, Cajamarca, Lambayeque, Amazonas y San Martín (INDECI, 2014). En esta región, el sismo del año 1912 produjo el colapso de un gran número de viviendas en el departamento de Piura, fragmentación de suelos, surgimiento de agua del subsuelo y un gran número de fallecidos.

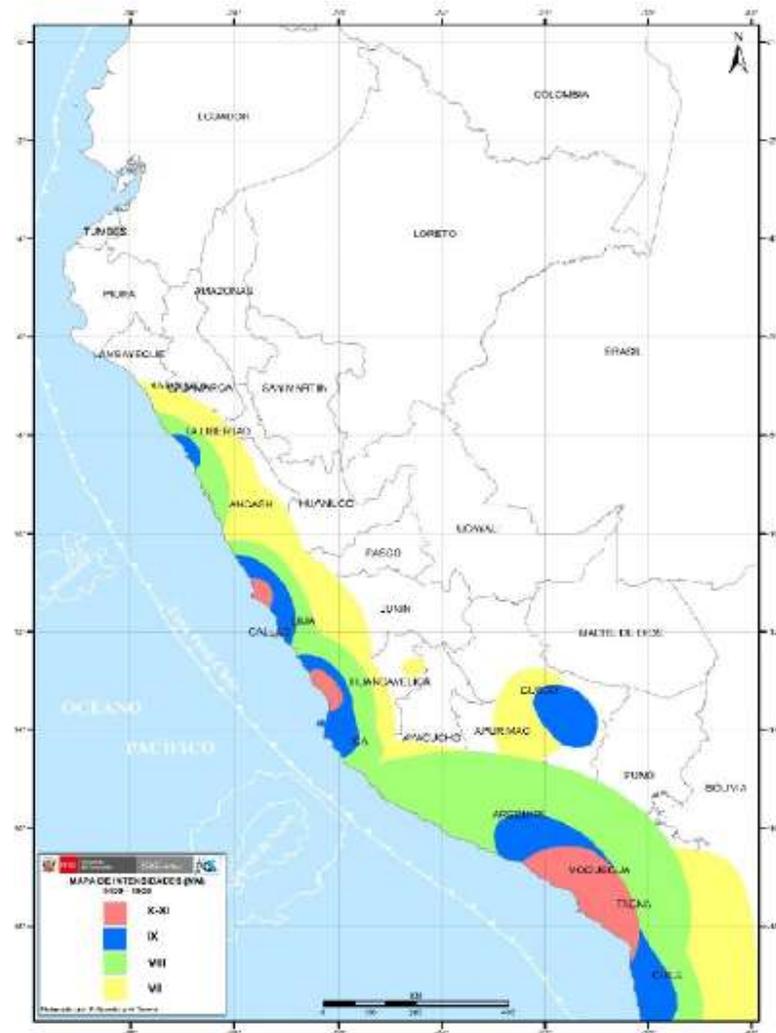


Figura 2. Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli. Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1400 y 1900. **Fuente:** (INDECI, 2014).

El estudio de peligros de la ciudad de Cajamarca elaborado por el Instituto Nacional de Defensa Civil en el marco del convenio INDECI-PNUD-PER/02/051, ha identificado cuatro zonas sísmicas (nivel severo, nivel moderado, nivel menor y nivel leve) en función al análisis de las variables de aceleración, amplificación de ondas, factor de sitio y tiempo de recurrencia, determinando las variaciones de intensidades sísmicas en el área urbana de la ciudad. Actualmente la ciudad de Cajamarca se encuentra en silencio sísmico (INDECI/PNUD 2005).

El nivel severo presenta suelos lagunares, compuestos principalmente por arcillas plásticas y arcillas limosas, con contenidos de humedad relativamente altos, debido a la proximidad con un nivel freático alto. Son en su mayoría suelos expansibles, arcillosos en grandes proporciones, con altas aceleraciones sísmicas. Este nivel de peligro se ubica al este de la ciudad, dentro de esta clasificación se encuentra la Universidad Nacional de Cajamarca (INDECI, 2014) (Marín, 2020).

Según INDECI (2014), explica que el nivel moderado se caracteriza por presentar suelos aluviales con aceleraciones sísmicas altas. Otro fenómeno que se puede presentar en este sector, es la probabilidad de asentamientos diferenciales parciales por la presencia de suelos arcillosos, ante la presencia de un sismo de gran magnitud. Dentro de esta clasificación se encuentra gran porcentaje de la ciudad; además dentro de este nivel de peligro se concentra la mayor cantidad de las actividades cívico administrativas y de servicios. El nivel menor se caracteriza por presentar un suelo compuesto predominante por depósitos de roca, con bajas aceleraciones sísmicas y capacidad portante media. Este nivel de peligro se presenta en la zona norte, noroeste y suroeste de la ciudad (citao por Marín, 2020).

Además, INDECI (2014) explica que el nivel leve presenta un suelo compuesto predominante por materiales de origen volcánico, con depósitos de roca y gravas muy densas, presenta bajas aceleraciones sísmicas y alta capacidad portante; se localiza al Oeste de la ciudad, sobre las laderas de los cerros que bordean la misma (Citado por Marín, 2020).

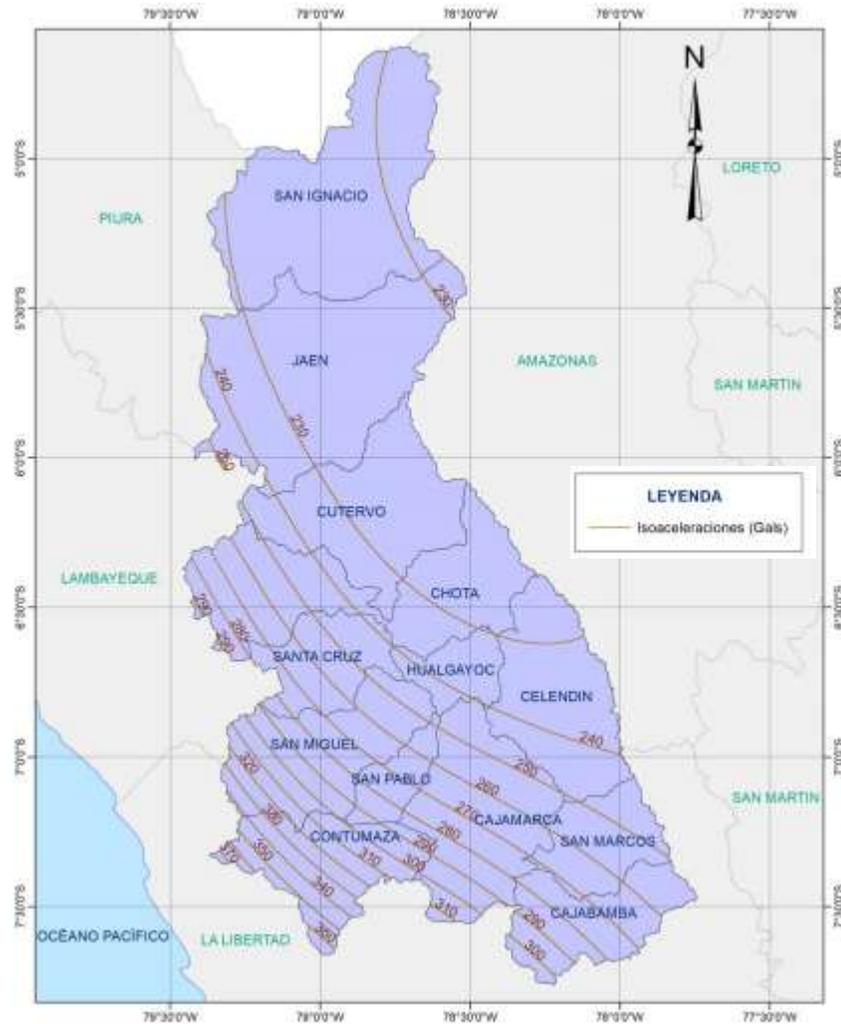


Figura 3. Mapa de isoaceleraciones en Cajamarca.
Fuente: (INDECI, 2014) (Citado por Marín, 2020).

La historia sísmica de Cajamarca, del siglo pasado (1513-1899) no cuenta con información específica; sin embargo, ha sido afectada en cierto grado por algunos sismos que han ocurrido en el territorio peruano (Deza, 2004).

Tabla 1
Sismos más importantes ocurridos en Cajamarca.

Fecha	Intensidad en el epicentro	Lugar del epicentro	Intensidad en Cajamarca
24 de julio de 1912	-	Piura	VIII RF
14 de mayo de 1928	-	Chachapoyas	VII MM
24 de mayo de 1940	6.77 mb	Lima	VI MM
17 de octubre de 1966	6.30 mb	Lima	IV MM

19 de junio de 1968	6.23 mb	Moyobamba	V y VI MM
31 de mayo de 1970	6.6 mb	Chimbote	VI y VII MM
3 de octubre de 1974	6.6 mb	Lima	V y VI MM

Adaptado de “Variación del comportamiento sísmico y costo de ejecución en el módulo “E” del colegio “Santa Teresita” con la norma E-0.30 del 2003 y del 2016”, Cajamarca.

El edificio SENATI, tiene pendiente la evaluación de cumplimiento de la norma E030- (2019). Las edificaciones que conforman las instituciones educativas en su mayoría son de dos a cuatro niveles, construidas con el sistema dual, porticado y muros de concreto armado como el bloque “A” del edificio que se llevará a cabo en la investigación. Las nuevas edificaciones se están construyendo según la Norma Técnica E.030 (2019) lo cual implica que su función no debe interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. Para predecir los posibles efectos de los sismos en el edificio es necesario conocer el riesgo sísmico al que está expuesto (Mestanza, 2015).

La tesis consiste en determinar el comportamiento estructural del edificio SENATI, bloque “A” incorporando aisladores elastoméricos LRB (Lead Rubber Bearing), los aisladores sísmicos vienen hacer una tecnología que protege a las estructuras de sismo de alto impacto con un efecto destructivo, la función del aislador es separar la superestructura del suelo, debido a esta separación la edificación se comporta con mayor flexibilidad también proporciona amortiguamiento de esta manera se absorbe energía producida por el sismo por el sistema de aislamiento (Huanca & Melendez, 2016).

La norma E30 (2019) establece las condiciones mínimas para el Diseño Sismorresistente de las edificaciones, mientras no se cuente con normas nacionales específicas para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, túneles y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico

difiera del de las edificaciones, se debe utilizar los valores Z y S de acuerdo a la importancia de la estructura considerando la práctica internacional (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2019).

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

- a. Perfil Tipo S0: Roca Dura A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte \bar{V}_s mayor que 1500 m/s (MVCS, 2019).
- b. Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos A, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 500 m/s y 1500 m/s (MVCS, 2019).
- c. Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s (MVCS, 2019).
- d. Perfil Tipo S3: Suelos Blandos Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , menor o igual a 180 m/s (MVCS, 2019).
- e. Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables (MVCS, 2019).

Tabla 1
Valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: NTE 030: (MVCS, 2018).

Se considera el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T_P y T_L dados en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2
Factor de suelo S .

Zona \ Suelo	S₀	S₁	S₂	S₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: (MVCS, 2019).

Tabla 3
Periodos T_p y T_L .

T \ Suelo	S₀	S₁	S₂	S₃
T_p (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: (MVCS, 2019).

Según MVCS (2019) en la NTE 030, define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5 \quad (1)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (2)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \quad (3)$$

T es el período de acuerdo al numeral 28.4, concordado con el numeral 29.1. Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo (MVCS, 2019).

Cada estructura está clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla 4. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla 5 se usa según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se puede considerar $U = 1$, en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5 (MVCS, 2019).

Tabla 4
Categoría de las edificaciones y factor “U”.

Categoría	Descripción	Factor U
	A1: “Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud”.	Ver nota 1
A	A2: “Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1”.	
Edificaciones Esenciales	- “Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado”.	1,5
B	“Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento”.	1,3
C	“Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes”.	1,0
D	“Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares”.	Ver nota 2
Edificaciones Temporales		

Nota: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Fuente: (MVCS, 2019).

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta se proyecta empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla 5 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla 10 (MVCS, 2019).

Tabla 5
Categoría y sistema estructural de las edificaciones.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	"Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural".
		"Estructuras de acero tipo SCBF y EBF".
	2 y 1	"Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado". "Albañilería Armada o Confinada".
A2 (**)	4, 3	"Estructuras de acero tipo SCBF y EBF".
		"Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado".
	y 2	"Albañilería Armada o Confinada".
	1	"Cualquier sistema".
B		"Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado".
	4, 3	"Albañilería Armada o Confinada".
	y 2	"Estructuras de madera".
	1	"Cualquier sistema".
C	4, 3, 2 y 1	"Cualquier sistema".

(*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural. (**) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se puede usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

Fuente: (MVCS, 2019).

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla 6. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se toma el menor coeficiente R_0 que corresponda (MVCS, 2019).

Tabla 6
Sistemas estructurales.

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

(*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido. (**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

Fuente: (MVCS, 2019).

Los factores de irregularidad (Ia, Ip), el factor Ia se determina como el menor de los valores de la tabla 7 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis (MVCS, 2019).

El factor Ip se determina como el menor de los valores de la tabla 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las tablas 7 y 8 se obtuvieran valores distintos de los factores Ia o Ip para las dos direcciones de análisis, se toma para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones (MVCS, 2019).

Tabla 7
Irregularidades estructurales en altura.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad <i>I_a</i>
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando <i>“Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga”.</i></p>	0,75
<p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil <i>“Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior”.</i></p>	
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez <i>“Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga”.</i></p>	0,50
<p>Irregularidad Extrema de Resistencia <i>“Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior”.</i></p>	
<p>Irregularidad de Masa o Peso <i>“Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos”.</i></p>	0,90

Irregularidad Geométrica Vertical "La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos".	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes "Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento".	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes "Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total".	0,60

Fuente: (MVCS, 2019).

Tabla 8
irregularidades estructurales en planta.

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA		Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Extrema "Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11".		0,60
Esquinas Entrantes "La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta".		0,90
Discontinuidad del Diafragma "La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta".		0,85
Sistemas no Paralelos "Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso".		0,90

Fuente: (MVCS, 2019).

Según su categoría y la zona en donde se ubican, la edificación se va a proyectar respetando las restricciones a las irregularidades de la Tabla 9.

Tabla 9
Categoría y regularidad de las edificaciones.

Categoría y regularidad de las edificaciones		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas

C	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: (MVCS, 2019).

Los coeficientes de reducción de las fuerzas sísmicas se van a determinar como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla 6 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas 7 y 8 (MVCS, 2019).

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (4)$$

El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera (MVCS, 2019):

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c. En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión (MVCS, 2019):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (5)$$

El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11 \quad (6)$$

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante (MVCS, 2019):

$$F_i = \alpha_i * V \quad (7)$$

$$F_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (8)$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a (MVCS, 2018):

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$

El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión (MVCS, 2019):

$$T = \frac{h_n}{c_T} \quad (9)$$

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por (MVCS, 2019):

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (10)$$

Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los $2/3$ del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de C , definidos en el artículo 14, excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2 TP$) en la que se considera (MVCS, 2019):

$$T < 0,2 T_P \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_P} \right) \quad (11)$$

El desplazamiento máximo relativo de entrepiso, determinado según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla 10 (MVCS, 2019).

Tabla 10
Límites para la distorsión del entrepiso.

Límites para la distorsión del entrepiso	
Material predominante	(Δ_i / h_{pi})
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Fuente: (MVCS, 2019).

Asimismo, la norma técnica E.031 (2019) establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones con cualquier tipo de sistema de aislamiento sísmico (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2019).

Todos los elementos de la estructura sísmicamente aislada, incluidos los que no forman parte del sistema sismorresistente, deben ser diseñados utilizando las cargas sísmicas establecidas en esta Norma Técnica y las combinaciones de cargas adicionales para el diseño del sistema de aislamiento sísmico.

Cuando se usen dispositivos de aislamiento a escala para los ensayos de calificación, la interpretación de los resultados debe considerar los factores de escalamiento y similitud entre el espécimen y la muestra que tiene la verdadera dimensión (MVCS, 2019).

Tabla 11
Factores de modificación máximos y mínimos de las propiedades de los dispositivos clase I.

Variable	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	u o Q_d	u o Q_d	K	K_d	Q_d	K_d	Q_d
Mínimo							
Factor de Modificación λ max	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7
Máximo							
Factor de Modificación λ min	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente: (MVCS, 2019).

Los dispositivos Clase II son aquellos que no cumplan con los requisitos establecidos para la Clase I y sus valores se encuentran acotados por los valores mostrados a continuación.

Tabla 12

Factores de modificación máximos y mínimos de las propiedades de los dispositivos clase II.

Variable	Interfaz sin lubricación u o Qd	Interfaz lubricada u o Qd	Aislador de bajo amortiguamiento K	Aislador de caucho con núcleo de plomo Kd	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo Qd	Aislador de Alto Amortiguamiento Kd	Aislador de Alto Amortiguamiento Qd
Mínimo							
Factor de Modificación λ max	2.1	3.2	1.8	1.8	1.8	2.2	1.8
Máximo							
Factor de Modificación λ min	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente: (MVCS, 2018).

Los aisladores sísmicos son herramientas de avanzada tecnología que protegen determinadas estructuras de los daños que causan los sismos. A través de este sistema de aislamiento se separa del suelo la base de la edificación, permitiendo que esta actúe de forma flexible ante los movimientos de la tierra (Hernández & Montesinos, 2019).

Los aisladores sísmicos son capaces de disipar la energía asegura que otros elementos estructurales no sufran daños significativos. Una forma adecuada de proporcionar seguridad a una estructura es combinando aislamiento sísmico y disipación de energía (Moncada, 2018).

Debido a la flexibilidad de sus capas de acero y caucho, la estructura consigue deformarse de lado a lado durante el sismo. De esta forma, separa y absorbe la energía que produce el sismo de la edificación, llegando a reducir la vibración hasta en un 80% (Bustamante, 2019).

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB) (por sus siglas en inglés Lead Rubber Bearing) están formados por un conjunto de láminas de goma (elastómero) con placas de acero intercaladas entre sí, logrando la adherencia de estos materiales gracias

a la vulcanización de la goma al aplicar presión a alta temperatura en el momento de su manufacturación (Carhuacusma, 2020).

La fuerza de adhesión de estos materiales esta normada mediante el ensayo ASTM D429 Método B, este conjunto de láminas incluye un núcleo de plomo extruido generalmente de forma circular. El elastómero (compuesto en el cual no se incluyen metales) es un vulcanizado, es decir, un polímero elástico o goma, compuesto normalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno o silicio cuya característica principal es su alta elasticidad y flexibilidad frente a cargas antes de fracturarse (Herrera, 2018).

Muchas de las razones por las cuales el plomo se utiliza como núcleo en este tipo de aisladores son la fluencia del mismo bajo esfuerzos de corte con deformaciones relativamente bajas, comportándose como un sólido elásto-plástico, la restauración de sus propiedades mecánicas (Choun, Park, and Choi 2014) durante la deformación del mismo a temperatura ambiente le otorga buenas características de fatiga y existe gran disponibilidad del material de gran pureza, consiguiendo un material viable para utilizarlo (Carhuacusma, 2020).

De acuerdo con estudios realizados se conoce que el plomo es un material trabajado al caliente en temperatura ambiente, por lo que los procesos mediante los cuales el plomo recupera las características mecánicas bajo deformación plástica son: endurecimiento por deformación, recristalización (formación de nuevos granos no deformados) y crecimiento de granos (Carhuacusma, 2020).

La aislación sísmica es la interrupción de la continuidad de la subestructura y la superestructura mediante la inclusión de un sistema flexible (Chopra, 1995). Al

implementar aisladores sísmicos podemos observar diferentes cambios en el comportamiento bajo cargas sísmicas.

Las características dinámicas de un sistema aislado son:

- El aumento del periodo que se debe a la flexibilidad horizontal que aportan los aisladores.
- Disminución de aceleraciones el cual se debe al aumento del periodo.
- Disminución de las fuerzas de diseño las cuales disminuyen a la par con las aceleraciones por lo que se relacionan directamente proporcional a la masa.
- Disminución de derivas que resulta la disminución del desplazamiento en los entresijos de la estructura.
- Diseñar en el rango elástico se puede dar debido a la disminución de la fuerza lateral y de las deformaciones.
- El aumento del amortiguamiento debido a la disipación de la energía convertida en calor.
- Cuando se incluye los sistemas de aisladores a una edificación, esta cambia de geometría de manera en relación con lo convencional. Las estructuras pueden presentar diferentes soluciones ante el sistema de aislamiento como para estructuras con sótanos como se muestra en la siguiente figura.

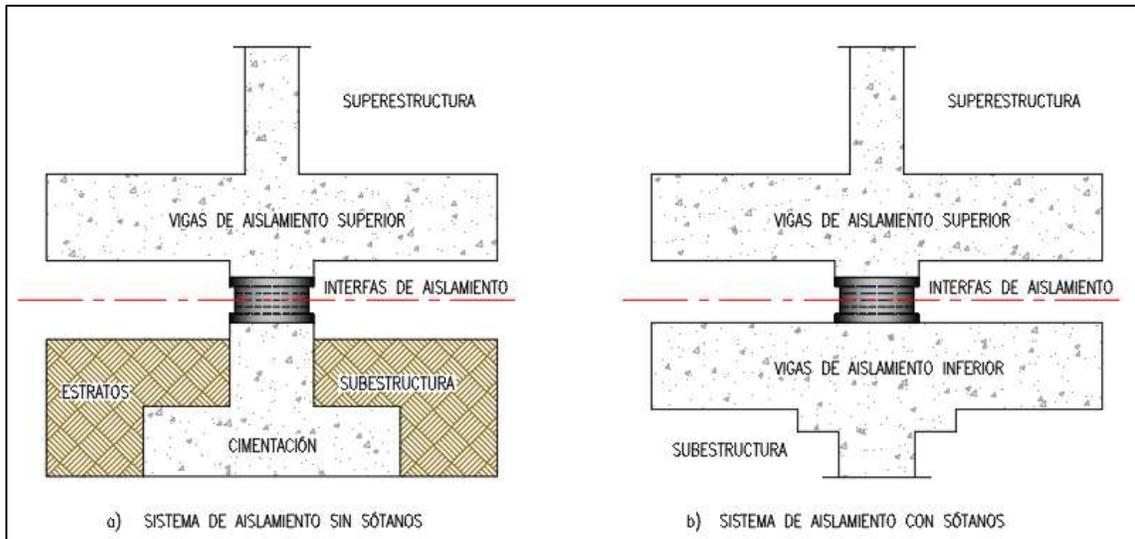


Figura 4. Geometría típica de una estructura con aislamiento sísmico.

Fuente: (Portillo, 2019).

- Súper estructura, es la edificación que se encuentra por encima del nivel de los aisladores sísmicos y para diseñarlo se hace uso de un factor de reducción R igual a $3/8R_0$ o 2.
- Subestructura, se encuentra en la parte inferior debajo del nivel base de los aisladores sísmicos, para su diseño se hace uso del factor de reducción R igual a 1.
- Se debe tomar precauciones de emplear tuberías flexibles debido al desplazamiento por los aisladores por lo que puede producir desacople entre la subestructura y superestructura.
- Al incluir sistema de aislamiento en una edificación se debe considerar una losa por encima del nivel de aislamiento el cual debe ser constituido por un diafragma rígido diseñado con un factor de reducción R igual a 1.
- Los aisladores elastoméricos están introducidos en el análisis de la edificación por un modelo bilineal y es definido por los parámetros: F_y , D_y , Q , K_1 y K_2 . El valor K_1 representa a la rigidez del aislador, el valor Q representa la fuerza característica del

CAPÍTULO II. MÉTODO

Para el desarrollo del presente estudio, se tuvo como elementos metodológicos a la pregunta de investigación: ¿En cuánto varía el comportamiento estructural del edificio SENATI al incorporar aisladores sísmicos tipo LRB, Cajamarca 2021? De igual modo estuvo el objetivo general, el cual consistió en determinar la variación del comportamiento estructural del edificio SENATI al incorporar aisladores sísmicos tipo LRB, Cajamarca 2021; y para ello primero se tuvo que cumplir con los siguientes objetivos específicos: calcular los periodos, las derivas y los esfuerzos cortantes que se presentan en el edificio SENATI antes de incorporar los aisladores sísmicos, diseñar la incorporación de aisladores sísmicos tipo LRB en la estructura del edificio SENATI y comparar los periodos, derivas y esfuerzos al incorporar los aisladores sísmicos tipo LRB en el edificio SENATI. Finalmente, como respuesta a la pregunta de investigación se planteó la siguiente hipótesis: al incorporar los aisladores sísmicos tipo LRB varía en más del 10% el comportamiento estructural, reduciendo las derivas y los esfuerzos de los elementos edificio SENATI, Cajamarca, 2021. El enfoque considerado para esta investigación es aplicado, ya que se centra en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, el cual es determinar la variación del comportamiento estructural del edificio SENATI al incorporar aisladores sísmicos. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado. Además, se van a aplicar conocimientos y teorías ya definidas como lo es el comportamiento de los aisladores sísmicos.

Esta investigación se enmarca dentro del tipo descriptiva, esta investigación tiene como objetivo central describir la variación del comportamiento estructural del edificio SENATI.

La presente investigación es de diseño no experimental, ya que se trabajan con hechos de experiencia directa no manipulados, como la aplicación de aisladores sísmicos. Este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación.

La población de estudio, está constituida por todos los edificios de SENATI construidos en la ciudad de Cajamarca.

Para determinar la muestra se ha utilizado un muestreo no probabilístico, por conveniencia se ha seleccionado al edificio construido más reciente de SENATI- Cajamarca.

Las variables de estudio fueron:

Independiente:

Incorporación de Aisladores sísmicos.

Dependiente:

Comportamiento estructural.

Para la recolección y análisis de datos encontramos gran diversidad de técnicas y herramientas para desarrollar sistemas de información que pueden ser utilizadas por el investigador, algunas de ellas serán detalladas en la tabla 13.

Tabla 13

Instrumentos de recolección y análisis de datos

METODOS	FUENTES	TECNICAS
Cuantitativos	✓ Secundaria	✓ Análisis de documentos
	✓ Primaria	✓ Ficha resumen

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Las técnicas que se utilizaron para la recaudación de datos se muestran en la próxima tabla.

Tabla 14

Técnicas para de recolección de datos.

TECNICAS	JUSTIFICACION	INSTRUMENTO	APLICACIÓN
Análisis documental	Nos permitió identificar la situación actual en la que se encuentra el proceso constructivo del edificio SENATI.	✓ Ficha resumen.	Registros y ficha de parámetros estructurales.
	Nos posibilitará analizar los comportamientos del acero con aisladores sísmicos.	✓ Ficha de análisis documental	Análisis de planos.

Fuente: Elaboración propia, (2021).

El procedimiento fue:

- **Ficha resumen:** El objetivo de la ficha resumen fue seleccionar a los reportes referentes al comportamiento estructural del edificio SENATI. La ficha implicó dos tablas, en la primera se determinan los datos esenciales como factor de zona sísmica, perfil de suelo, parámetros de sitio, categoría del edificio, factor de uso, periodo fundamental y coeficiente básico de reducción y factores de irregularidad; en la segunda tabla se determina el análisis estructural mediante el análisis estructural estático y el análisis estructural dinámico, en la tabla 16, muestra los datos para realizar el análisis sísmico dinámico, según la norma E-030 del 2019 para determinar la variación del comportamiento estructural (figura 6).

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Civil		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
FICHA - MODELAMIENTO: DATOS ESENCIALES		FICHA - MODELAMIENTO: ANÁLISIS ESTRUCTURAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TESTIS: VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE SENATI AL INCORPORAR AISLADORES SÍSMICOS TIPO LRB, CAJAMARCA 2021		TESTIS: VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE SENATI AL INCORPORAR AISLADORES SÍSMICOS TIPO LRB, CAJAMARCA 2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
UBICACIÓN: Cajamarca NORMA: E030 2018 CODIGO: UPN-IR-03		UBICACIÓN: Cajamarca NORMA: E030 2018 CODIGO: UPN-IR-03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez ASESOR: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosquera Moreno		RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez ASESOR: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosquera Moreno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
ETAPA: EVALUACIÓN DE DATOS SÍSMICOS		ETAPA: ANÁLISIS ESTRUCTURAL ESTÁTICO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
FACTORES DE ZONA SÍSMICA PERFIL DE SUELO Zona = 2B Tipo de suelo = SF Factor Zona = 0.35		Cálculo del esfuerzo cortante en la base V = 303.60 $V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$ Consideraciones de C/Rd.11 C/R = 0.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
PARAMETROS DE SÍTO		ETAPA: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DINÁMICO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
S = 1.15 Período Tp = 0.60 Período TL = 2.00		FACTORES DE ZONA Z = 0.35 FACTORES DE USO U = 1.5 F. DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA C = 2.5 PARAMETROS DE SÍTO S = 1.15 COEFICIENTE DE REDUCCIÓN R = 6 $S_s = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot A}{R} \cdot E$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
CATEGORÍA DE EDIFICIO, FACTOR DE USO Y PERÍODO FUNDAMENTAL Categoría = A2 (Especiales) T = Tp C = 2.5 U = 1.5 Tp + Tl C = 2.5(Tp/Tl) Cl = 2.0 Tl = 0.579 T = Tl C = 2.5(Tp/Tl) ² Tl = 0.419 C = 2.5		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tp</th> <th>Tl</th> <th>Cl</th> <th>C</th> <th>S</th> <th>R</th> <th>Ss</th> <th>Sd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.05</td><td>0.05</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.10</td><td>0.10</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>0.15</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.20</td><td>0.20</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.25</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>0.30</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.35</td><td>0.35</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>0.40</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.45</td><td>0.45</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>0.50</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.55</td><td>0.55</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>0.60</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.65</td><td>0.65</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.70</td><td>0.70</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>0.75</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.80</td><td>0.80</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.85</td><td>0.85</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.90</td><td>0.90</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>0.95</td><td>0.95</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>1.00</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.05</td><td>1.05</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.10</td><td>1.10</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.15</td><td>1.15</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.20</td><td>1.20</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>1.25</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.30</td><td>1.30</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.35</td><td>1.35</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>1.40</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.45</td><td>1.45</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>1.50</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.55</td><td>1.55</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.60</td><td>1.60</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.65</td><td>1.65</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.70</td><td>1.70</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.75</td><td>1.75</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.80</td><td>1.80</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.85</td><td>1.85</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.90</td><td>1.90</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>1.95</td><td>1.95</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>2.00</td><td>2.0</td><td>2.5</td><td>1.15</td><td>6</td><td>0.0000</td><td>0.0000</td></tr> </tbody> </table>		Tp	Tl	Cl	C	S	R	Ss	Sd	0.05	0.05	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.10	0.10	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.15	0.15	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.20	0.20	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.25	0.25	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.30	0.30	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.35	0.35	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.40	0.40	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.45	0.45	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.50	0.50	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.55	0.55	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.60	0.60	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.65	0.65	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.70	0.70	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.75	0.75	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.80	0.80	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.85	0.85	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.90	0.90	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	0.95	0.95	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.00	1.00	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.05	1.05	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.10	1.10	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.15	1.15	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.20	1.20	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.25	1.25	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.30	1.30	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.35	1.35	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.40	1.40	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.45	1.45	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.50	1.50	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.55	1.55	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.60	1.60	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.65	1.65	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.70	1.70	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.75	1.75	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.80	1.80	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.85	1.85	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.90	1.90	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	1.95	1.95	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000	2.00	2.00	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000
Tp	Tl	Cl	C	S	R	Ss	Sd																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.05	0.05	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.10	0.10	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.15	0.15	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.20	0.20	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.25	0.25	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.30	0.30	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.35	0.35	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.40	0.40	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.45	0.45	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.50	0.50	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.55	0.55	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.60	0.60	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.65	0.65	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.70	0.70	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.75	0.75	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.80	0.80	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.85	0.85	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.90	0.90	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0.95	0.95	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.00	1.00	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.05	1.05	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.10	1.10	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.15	1.15	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.20	1.20	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.25	1.25	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.30	1.30	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.35	1.35	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.40	1.40	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.45	1.45	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.50	1.50	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.55	1.55	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.60	1.60	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.65	1.65	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.70	1.70	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.75	1.75	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.80	1.80	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.85	1.85	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.90	1.90	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1.95	1.95	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.00	2.00	2.0	2.5	1.15	6	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN Y FACTORES DE IRREGULARIDAD Rbx = 6 Muros estructurales Rby = 6 Muros estructurales Ia = 1 Regular Ib = 1 Regular Rcx = 6 Coeficiente de reducción Rcy = 6 Coeficiente de reducción		EXPONENTE DEL PERÍODO FUNDAMENTAL Kx = 1 Ky = 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
COEFICIENTE DE CORTANTE BASAL Z*U*C*S/R = 0.252 MASA SÍSMICA = 11.983		RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez ASESOR: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosquera Moreno RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez ASESOR: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosquera Moreno																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Figura 6. Instrumentos de investigación.

- **Ficha de análisis documental:** Se ha analizado los planos estructurales del edificio SENATI, de los cual se ha determinado el uso por nivel, las cargas, propiedades físico y mecánicas de la estructura. Es necesario recalcar que no se ha podido acceder al expediente técnico del edificio, ya que por motivo de pandemia no se permite el ingreso a la institución tecnológica.

Tabla 15
Ficha de análisis documental.

Plano de arquitectura
Análisis de usos por niveles y pisos
Desplazamiento del centro de masa
Máximo desplazamiento por masa

Máximas cortantes laterales por piso		
Concreto	Resistencia de diseño	F_c
	Módulo de elasticidad	E_c
Acero	Esfuerzo de fluencia	F_y

Para iniciar con la investigación se determinó la ubicación del edificio seguido con los planos estructurales y los procedimientos para determinar el análisis sísmico, estático, dinámico espectral y los aisladores sísmicos.

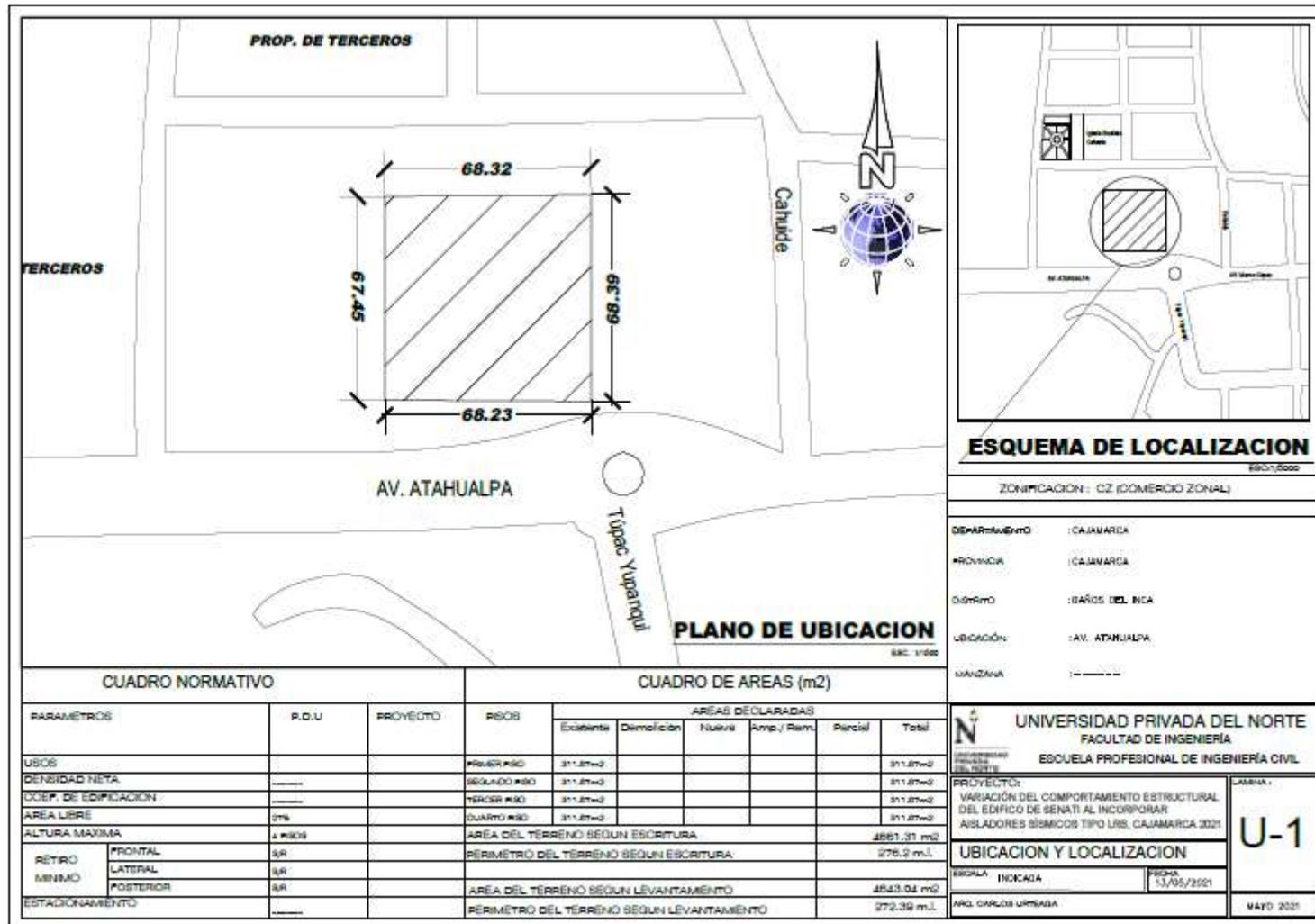


Figura 7. Plano de ubicación.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

Asimismo, se analizó los planos estructurales del edificio mostrados a continuación:

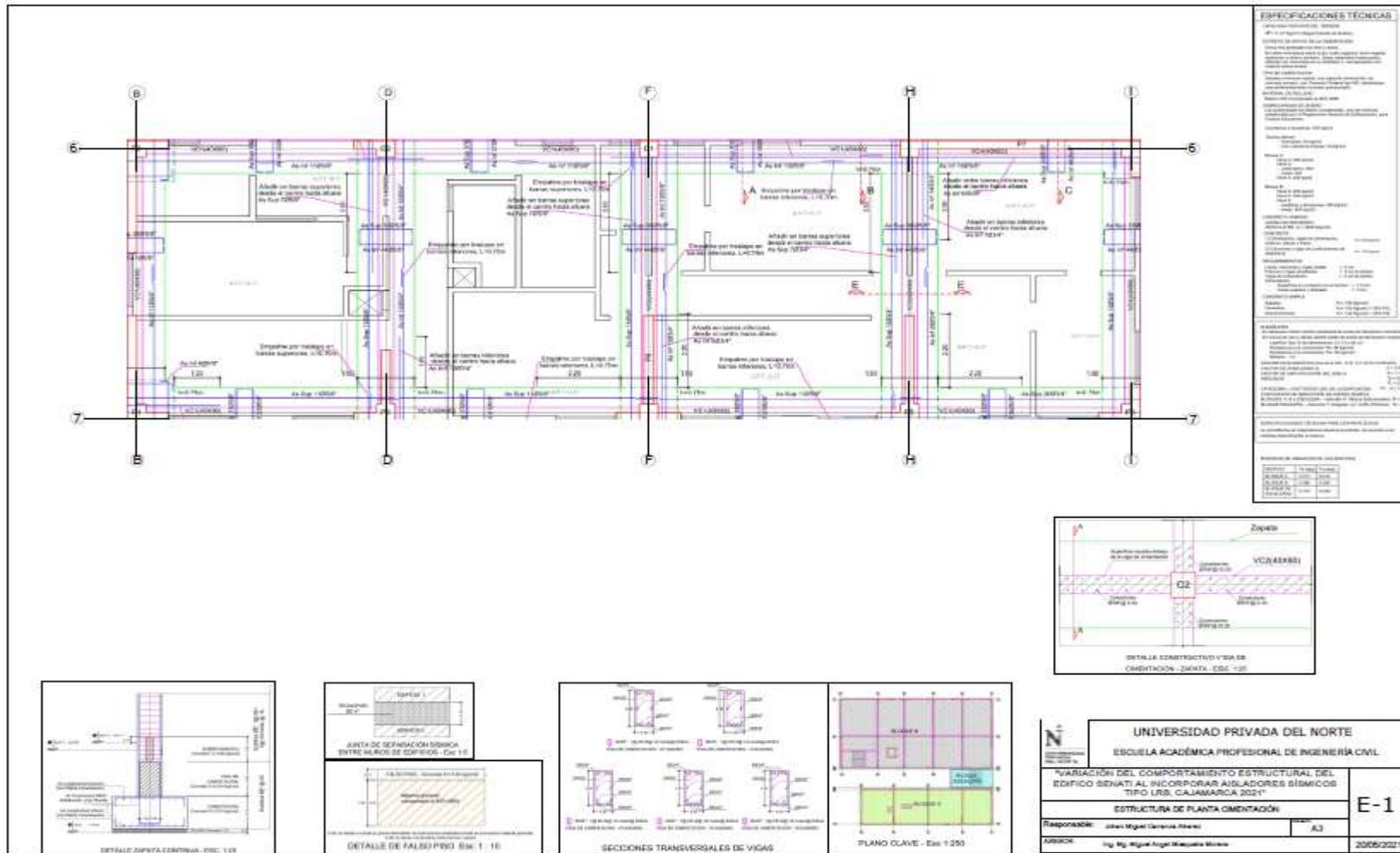


Figura 8. Estructura de planta cimentación.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

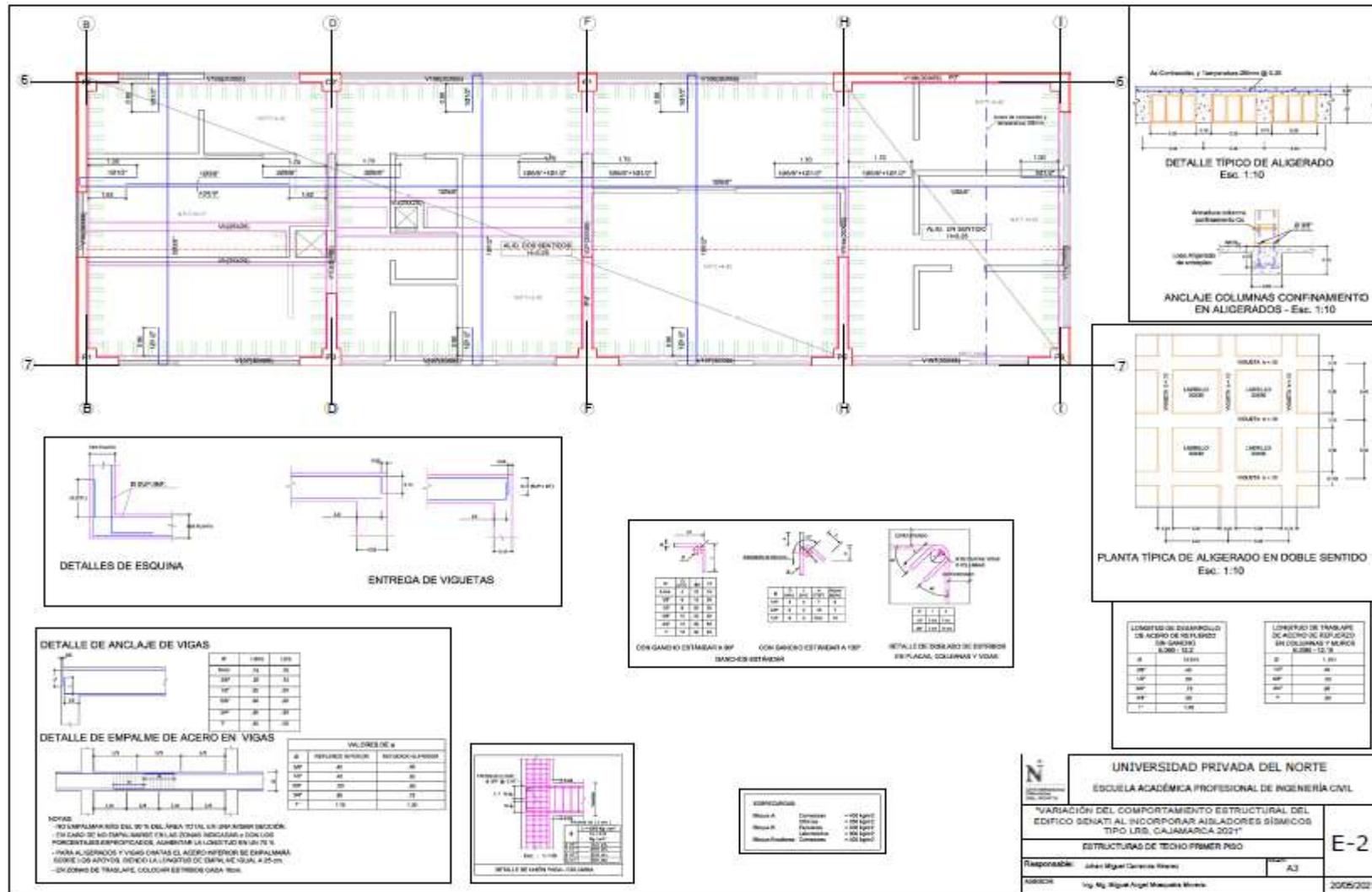


Figura 9. Estructuras de techo primer piso.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

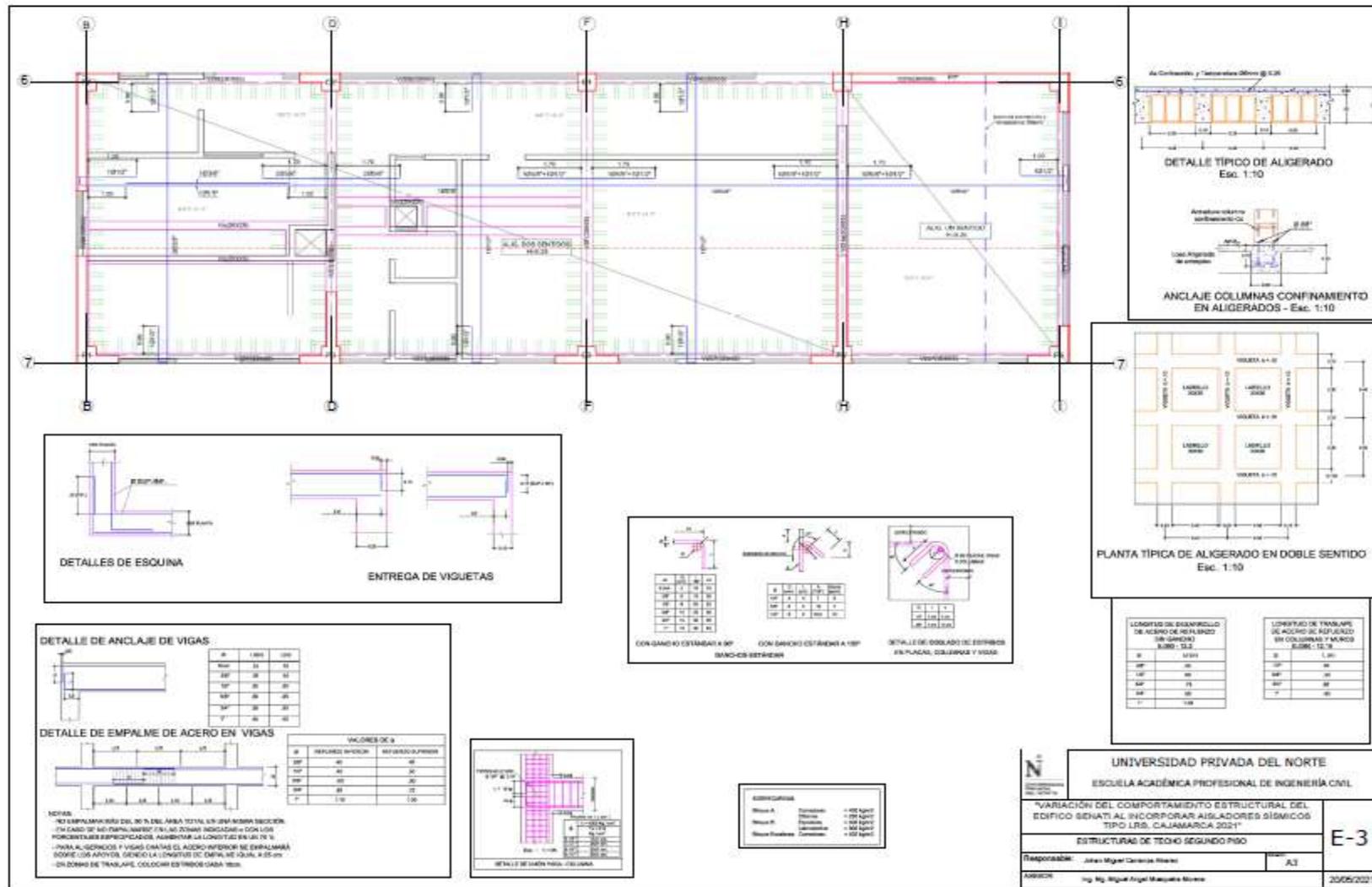
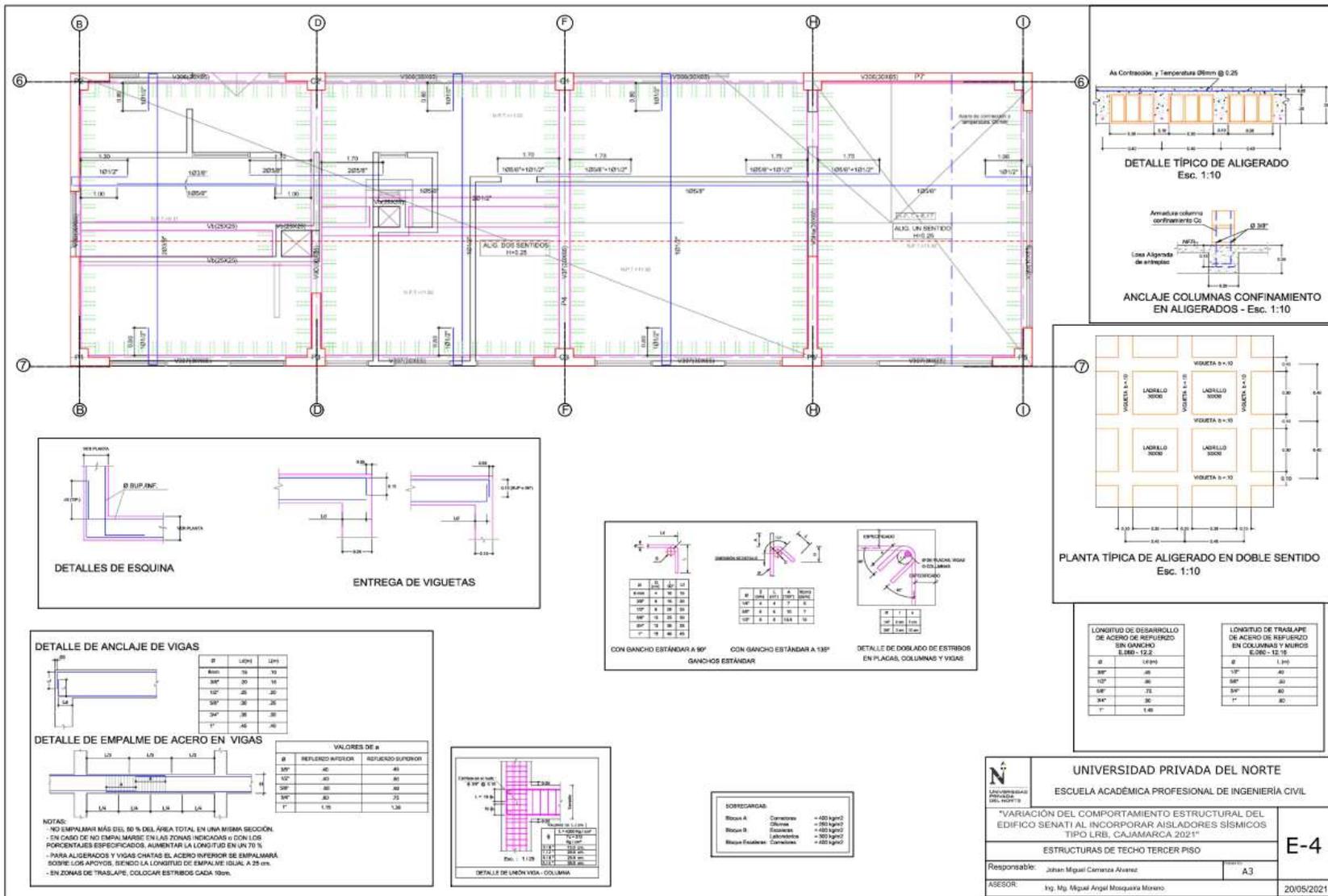


Figura 10. Estructuras de techo segundo piso.

Fuente: Adaptado de expediente técnico "Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A".



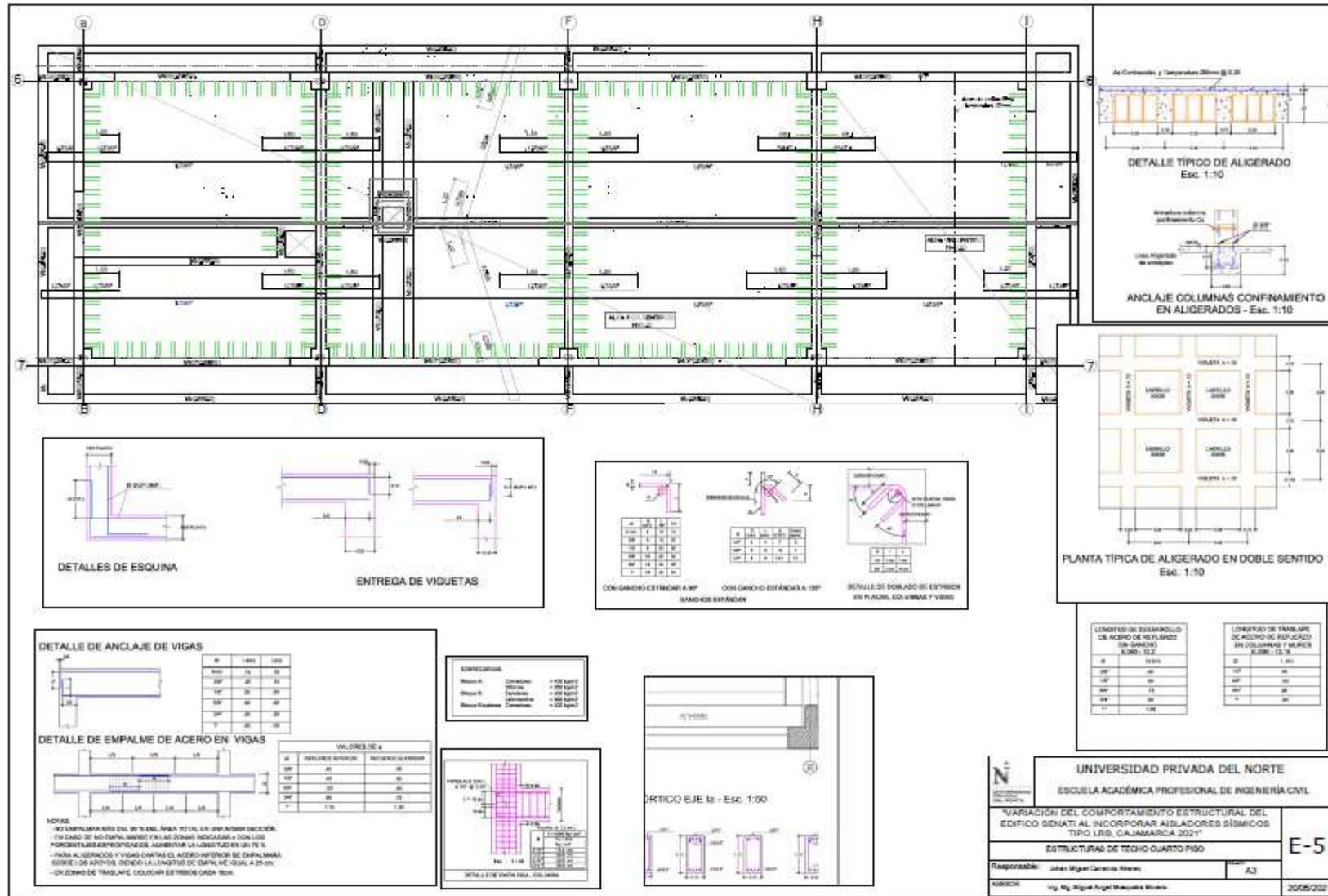


Figura 11. Estructuras de techo cuarto piso.

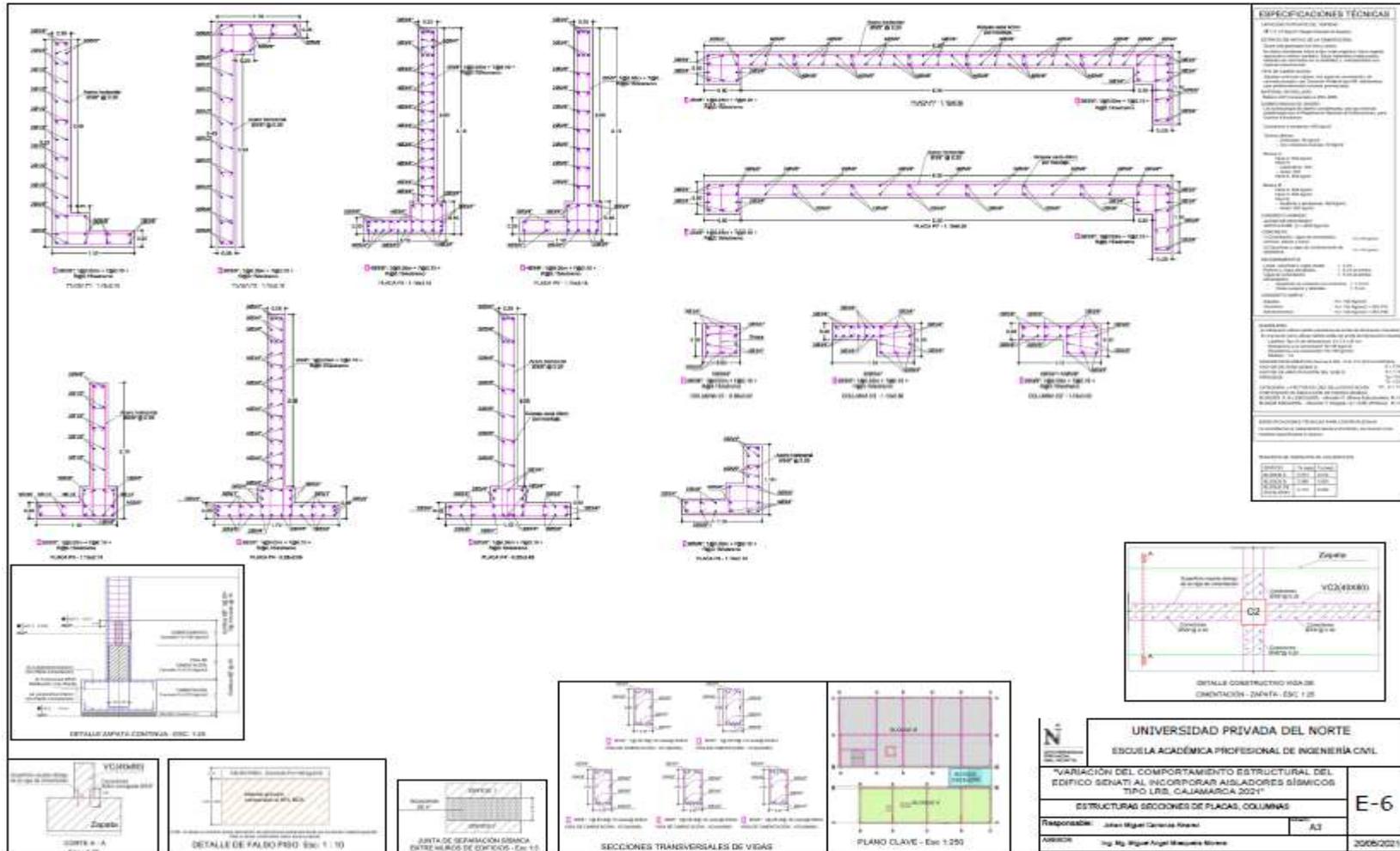


Figura 12. Estructuras secciones de placas, columnas.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

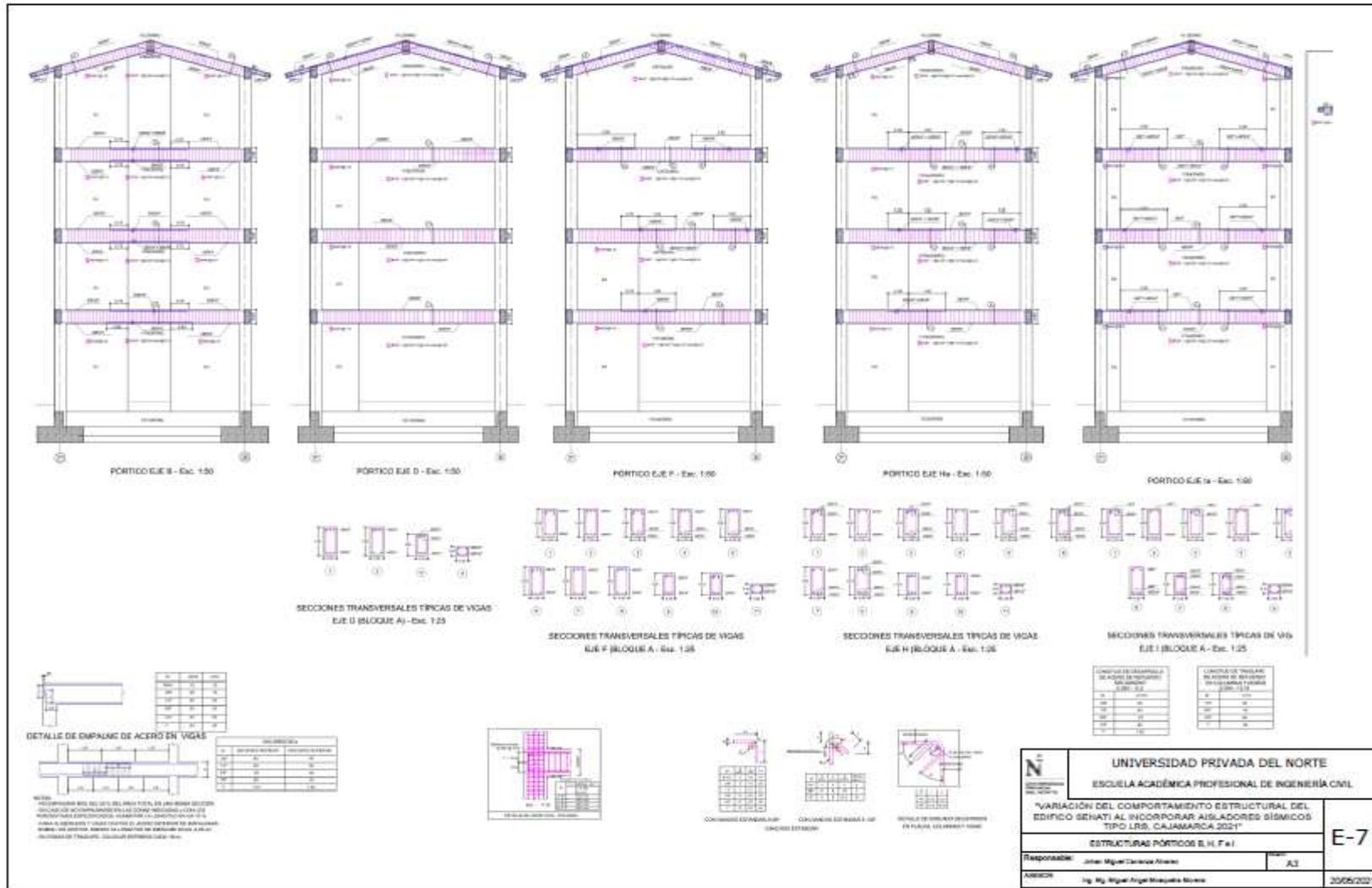


Figura 13. Estructuras pórticos B, H, F e I.

Fuente: Adaptado de expediente técnico "Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A".

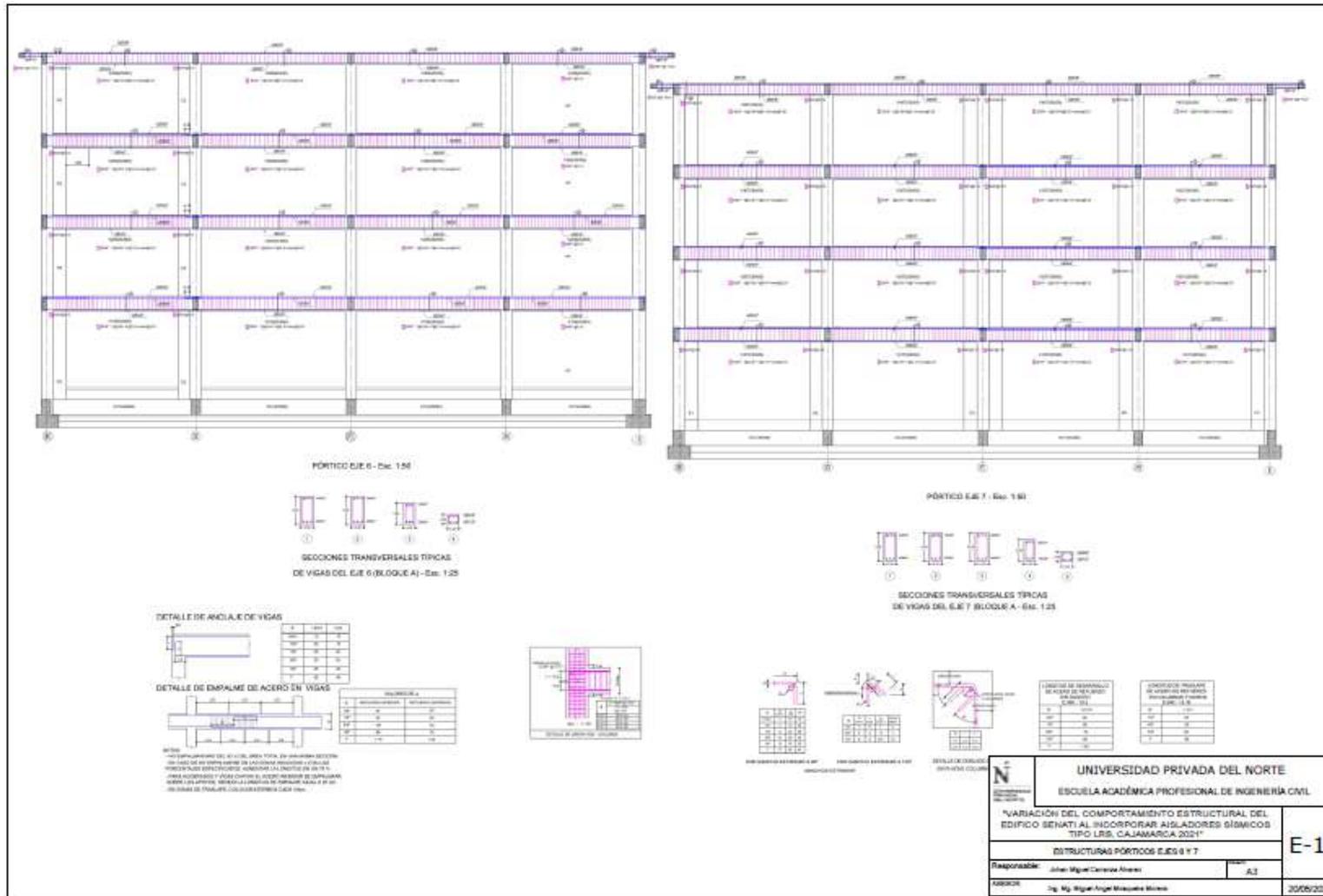


Figura 14. Estructuras pórticos ejes 6 y 7.

Fuente: Adaptado de expediente técnico "Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A".

Asimismo, se realizó la evaluación de los usos por niveles y pisos, de acuerdo al uso de los diferentes ambientes se realiza el metrado de cargar de acuerdo a la norma E020 del RNE, con los siguientes colores que los clasifica, tal como muestra la tabla 1.

Tabla 16
Cargas de acuerdo a los ambientes

		AMARILLO	CYAN	AZUL	ROJO MAC	ANARANJADO	PLOOMO
		Oficina	SSHH	SUM	pasadizo	AULA	AZOTEA
CM	TAB	0	150	0	0	0	
	ACAB	120	120	120	120	120	120
	LAD TECHO	48.75	48.75	48.75	48.75	65	48.75
		168.75	318.75	185	185	185	168.75
CV	S/C	250	250	300	400	250	50
	TAB MOV	0	0	0	0	0	
			250	250	300	400	250

En la figura 15, se muestra el uso del primer piso del edificio en estudio.

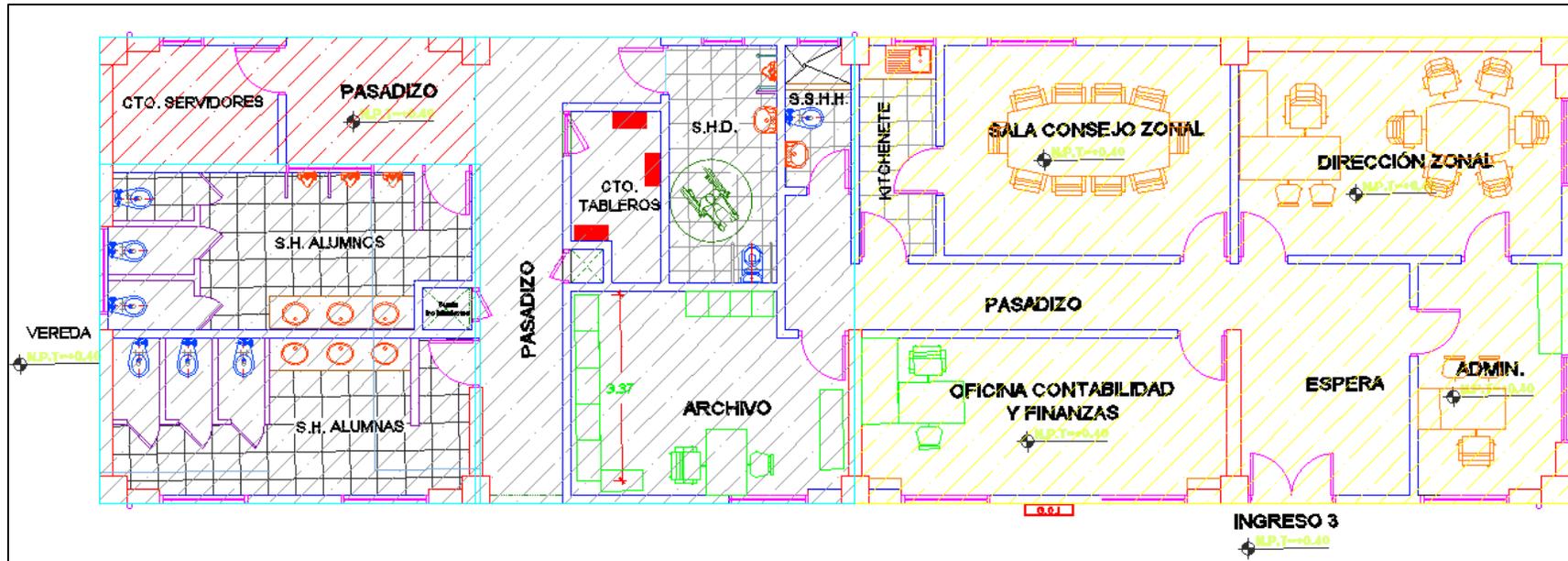


Figura 15. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del primer piso.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

En la figura 16, se muestra el uso del segundo piso del edificio en estudio.

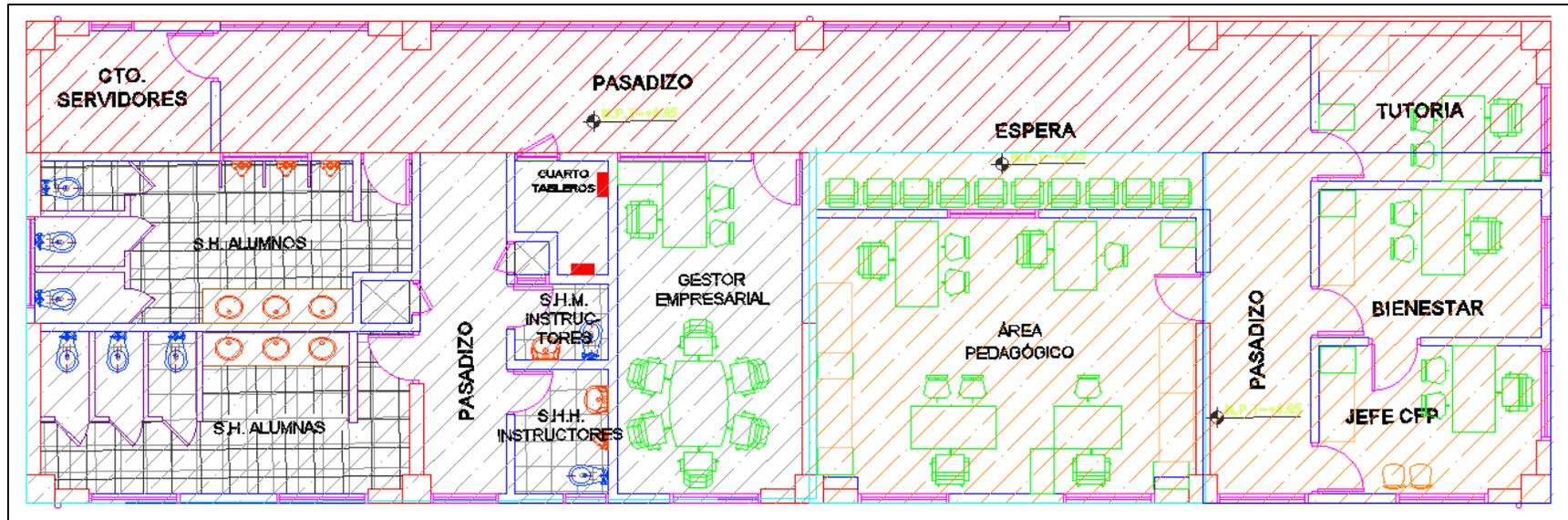


Figura 16. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del segundo piso.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

En la figura 17, se muestra el uso del tercer piso del edificio en estudio.

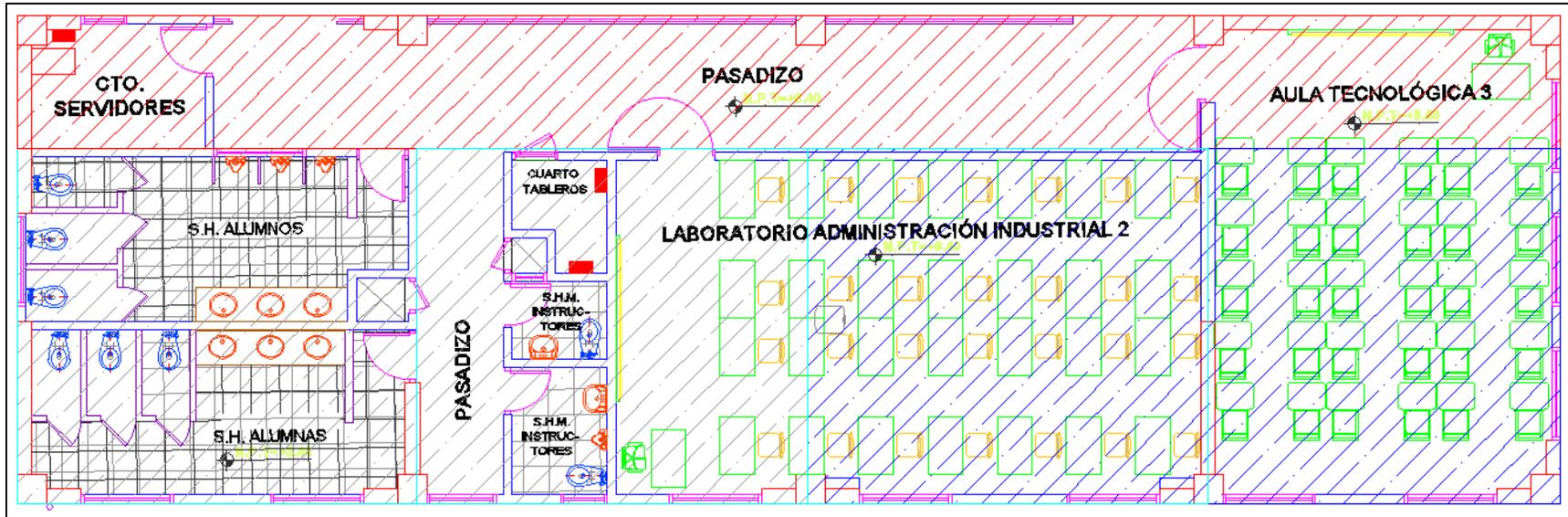


Figura 17. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del tercer piso.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

En la figura 18, se muestra el uso del cuarto piso del edificio en estudio.

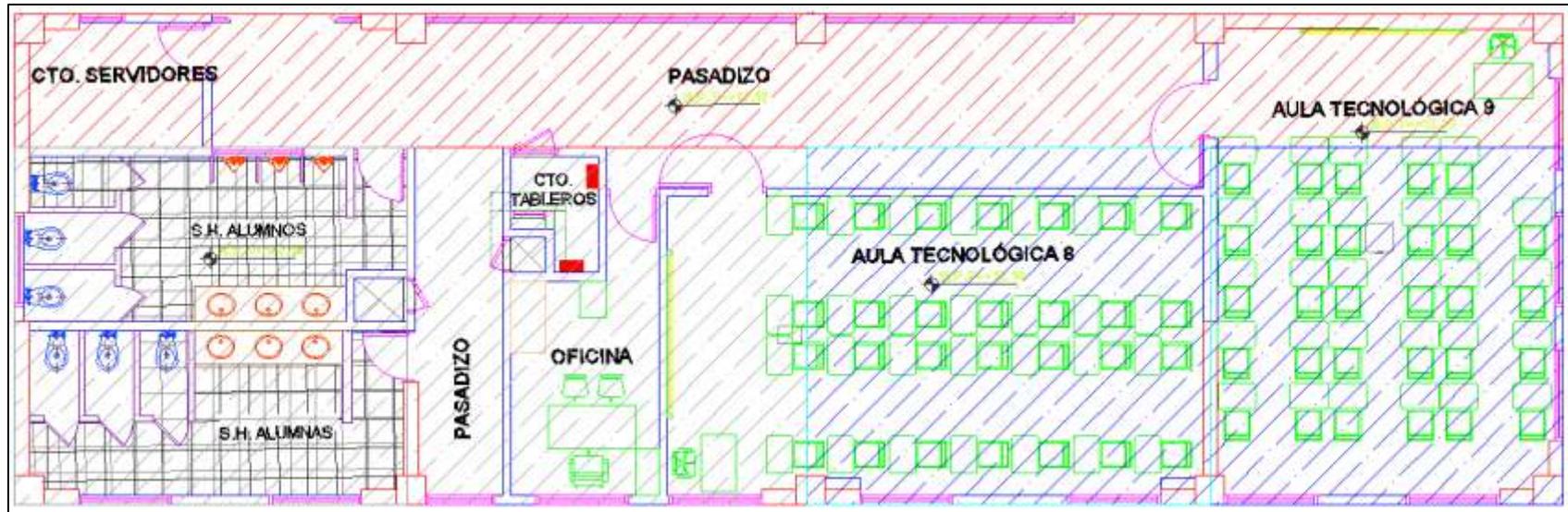


Figura 18. Achurado de los ambientes de acuerdo al uso del cuarto piso.

Fuente: Adaptado de expediente técnico “Edificio SENATI-Cajamarca, bloque A”.

Dentro del modelado estructural, se ha considerado los siguientes ítems:

- **Definición del modelo estructural en ETABS:** EL software ETABS es una herramienta de cómputo creado para facilitar el diseño de edificaciones por medio de algoritmos apoyados en la resistencia de materiales y normativas de construcción, la forma de obtener resultados es introduciendo valores iniciales como dimensiones de la edificación, definir cargas y parámetros de diseño, de igual manera para obtener resultados de análisis sísmicos se debe introducir los valores establecidos en la Norma E030 (2019) y el software automáticamente nos proporcionara resultados.

- Configuración del sistema de unidades y códigos de diseño

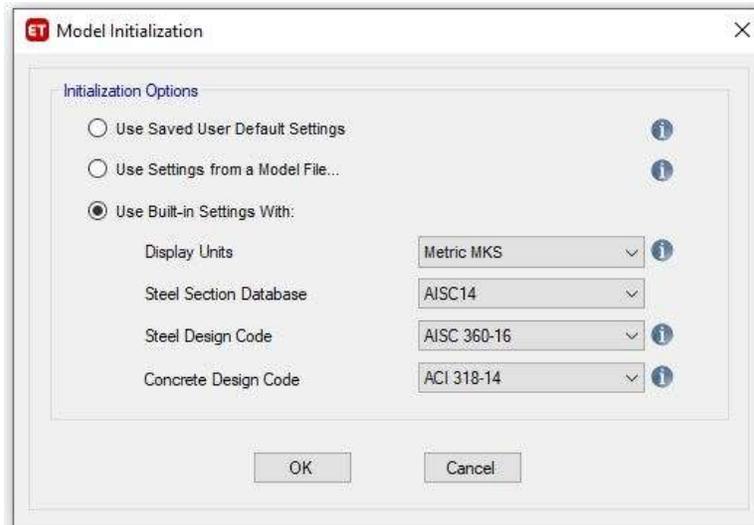


Figura 19. Configuración de unidades y códigos de diseño.

- Configuración de las grillas en los ejes “X”, “Y” y “Z”

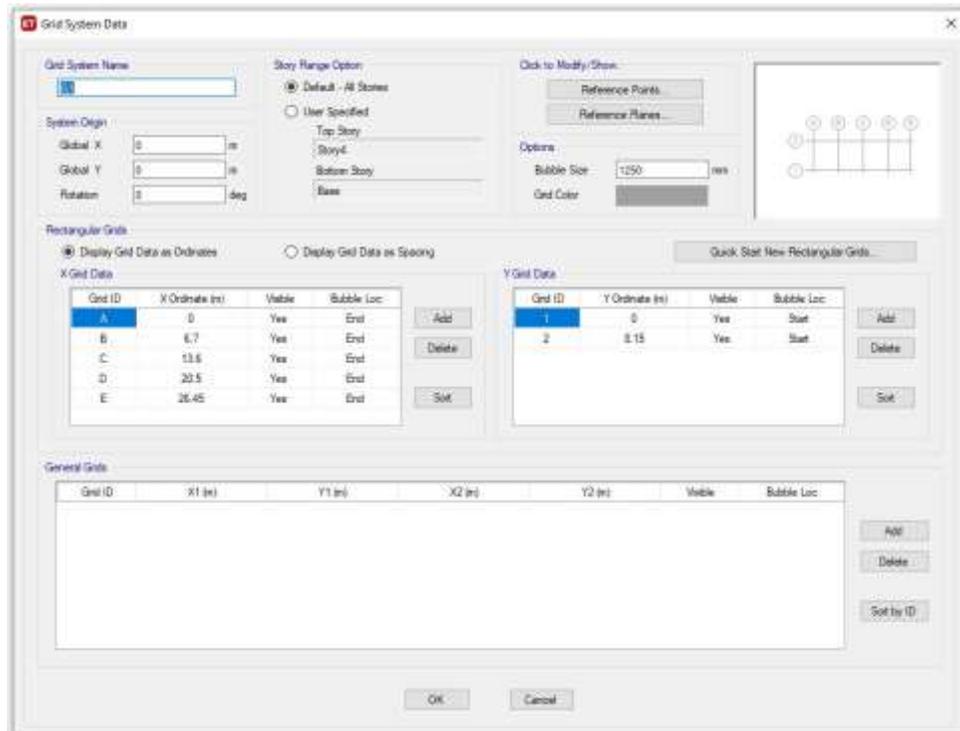
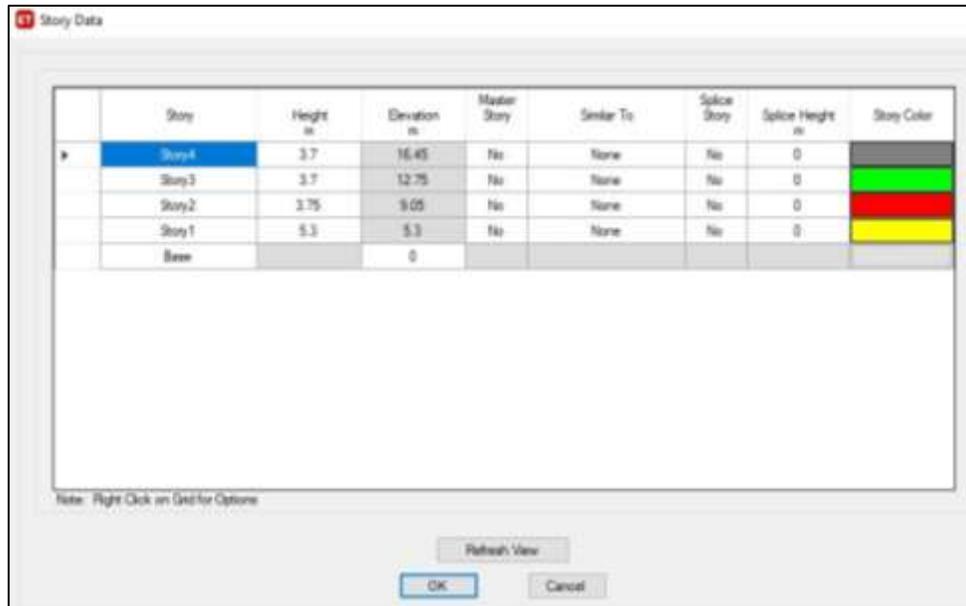


Figura 20. Grilla en ejes “X” y “Y”.



Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story4	3.7	16.45	No	None	No	0	Green
Story3	3.7	12.75	No	None	No	0	Red
Story2	3.75	9.05	No	None	No	0	Yellow
Story1	5.3	5.3	No	None	No	0	
Base		0					

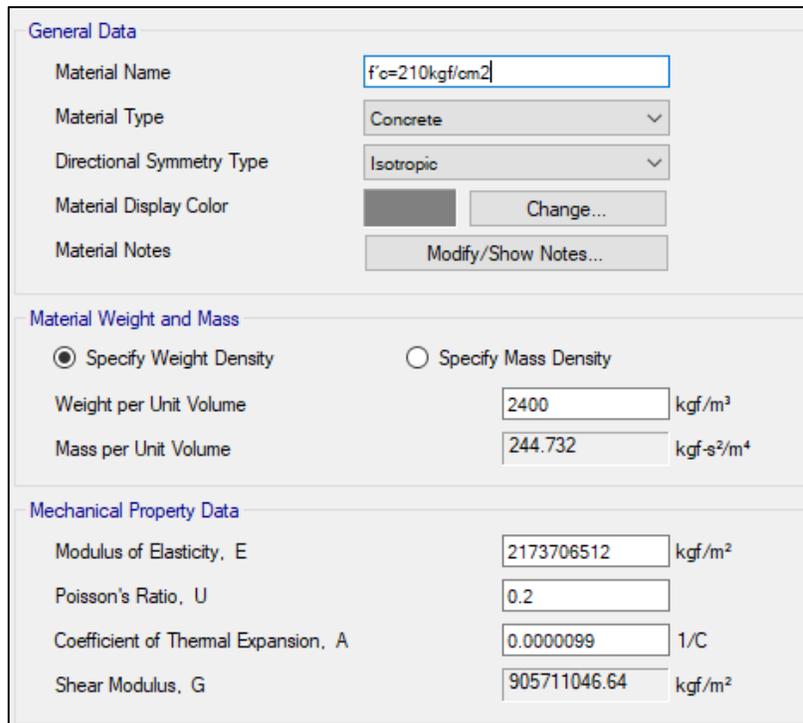
Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View

OK Cancel

Figura 21. Grilla en eje "Z".

- Definición de materiales



General Data

Material Name:

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/m³

Mass per Unit Volume: kgf-s³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: kgf/m²

Figura 22. Creación del material de concreto $f'c = 210\text{kgf/cm}^2$.

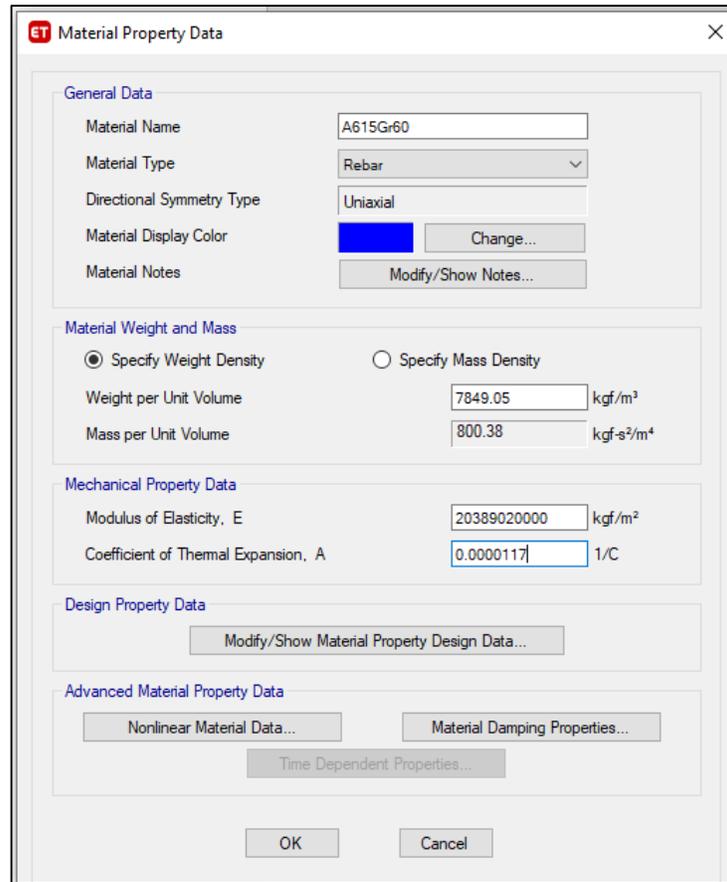
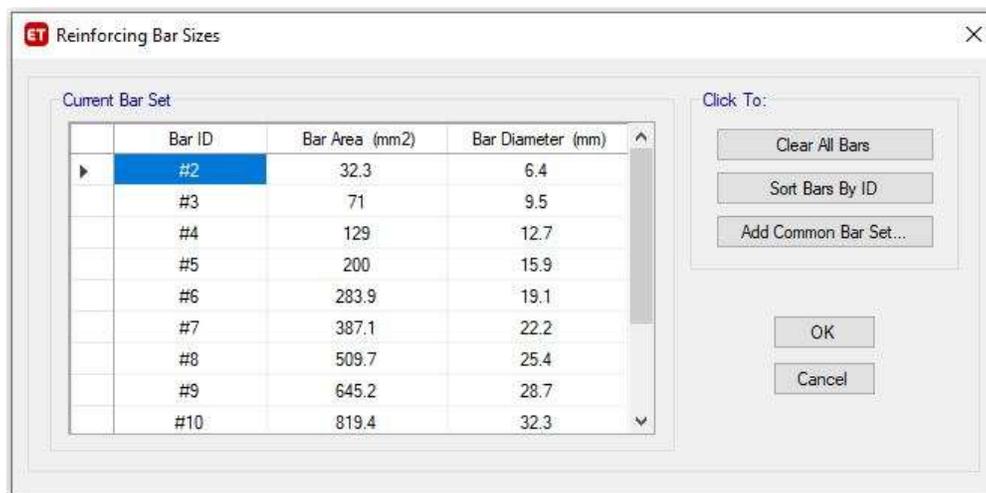


Figura 23. Creación del material de acero A615 Gr60.



Bar ID	Bar Area (mm ²)	Bar Diameter (mm)
#2	32.3	6.4
#3	71	9.5
#4	129	12.7
#5	200	15.9
#6	283.9	19.1
#7	387.1	22.2
#8	509.7	25.4
#9	645.2	28.7
#10	819.4	32.3

Figura 24. Definición de las barras de acero.

- Definición de los elementos estructurales

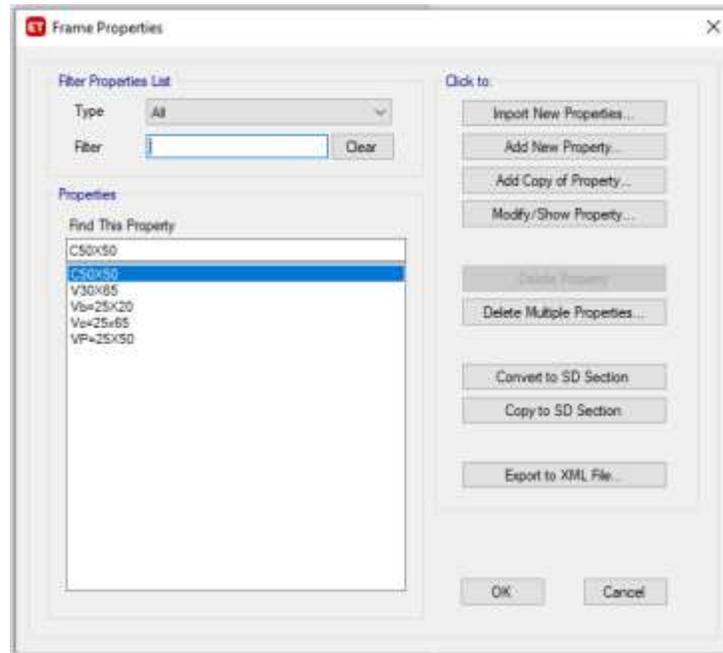


Figura 25. Definición de columnas y vigas.

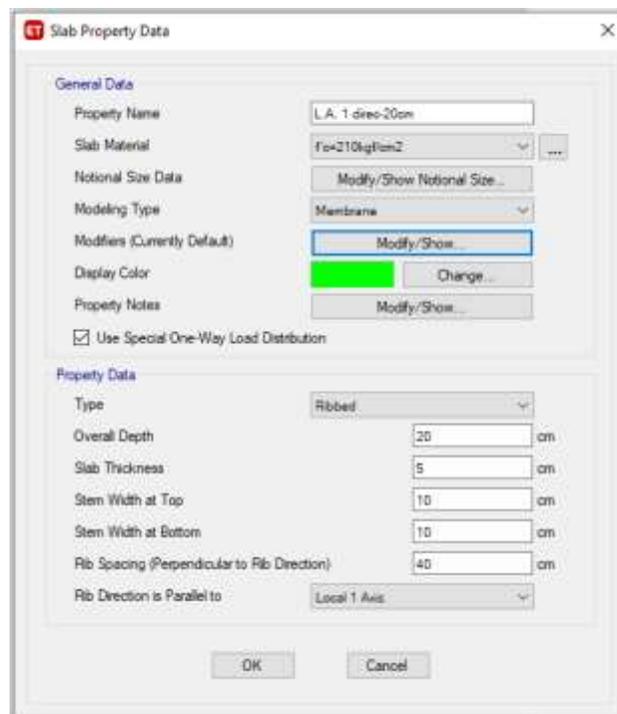


Figura 26. Definición de la losa en 1 dirección.



Figura 27. Definición de la losa en 2 direcciones.



Figura 28. Definición de la losa maciza.



Figura 29. Definición de los muros de concreto.

- **Definición del modelo estructural tridimensional:** La estructura fue analizada como modelo tridimensional, suponiendo losas infinitamente rígidas frente a acciones en su plano. En el análisis de la estructura se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los elementos de concreto armado se representaron con elementos lineales. Los modelos se analizaron considerando sólo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga debido a que aquellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

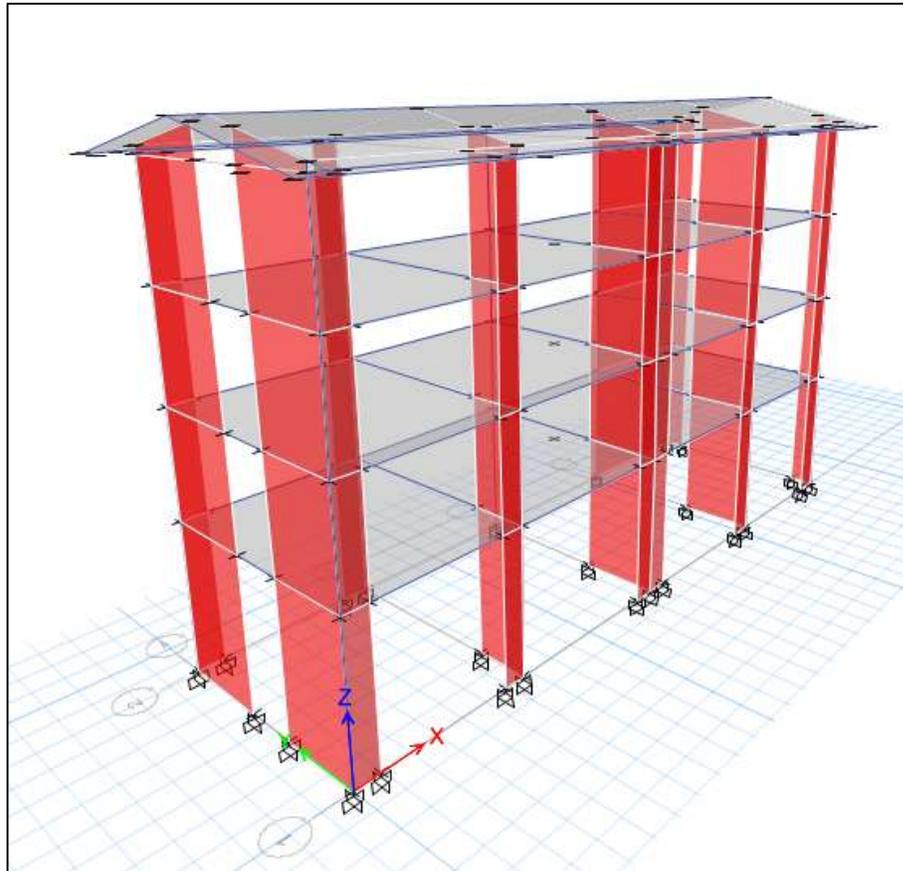


Figura 30. Modelo tridimensional, desarrollado en ETABS.

Dentro del análisis sísmico estático, se ha considerado los siguientes ítems:

- **Asignación de cargas:** Las cargas se asignan de acuerdo al uso según indica la Norma E020 (2019), para el caso se realizó una evolución de cargas de acuerdo al uso como muestra la Tabla 16. Las losas deben transmitir solo las cargas a la estructura mas no la rigidez es por ello que el diseño de las losas se realizó con el tipo Membrana con la finalidad de obtener un análisis lo más cercano a la realidad de la estructura.

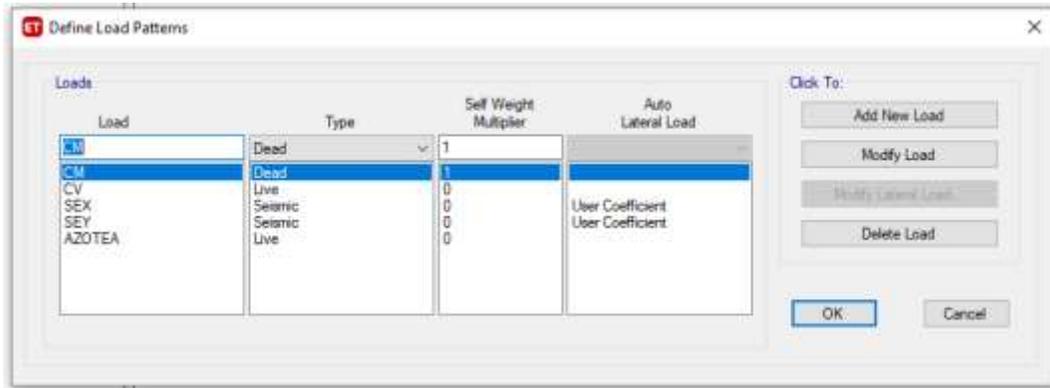


Figura 31. Definición de tipos de carga.

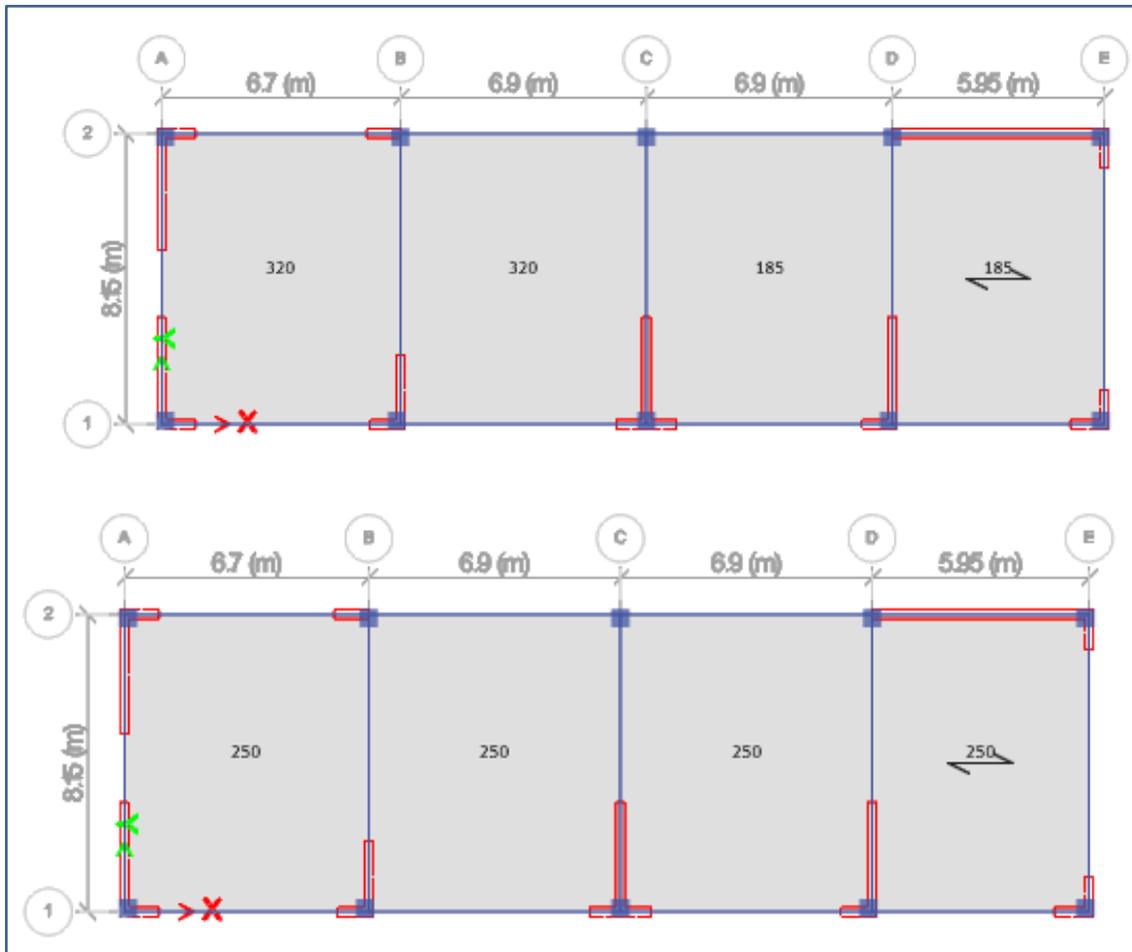


Figura 32. Cargas asignadas en losas de la edificación.

- **Definición de la masa sísmica:** Se calcula adicionándolo a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga, para el caso de la edificación es el 100% carga permanente, 50% de la carga viva, y 25% de la carga en techos o azoteas.



Figura 33. Masa sísmica de la estructura, desarrollado en ETABS.

- **Casos Modales:** La norma E030 (2019) solicita contar con mínimo tres modos de vibración que contenga el 90% de masa participativa y en las oficinas de proyectos se considera tres modos de vibración por piso para el máximo solicitado.

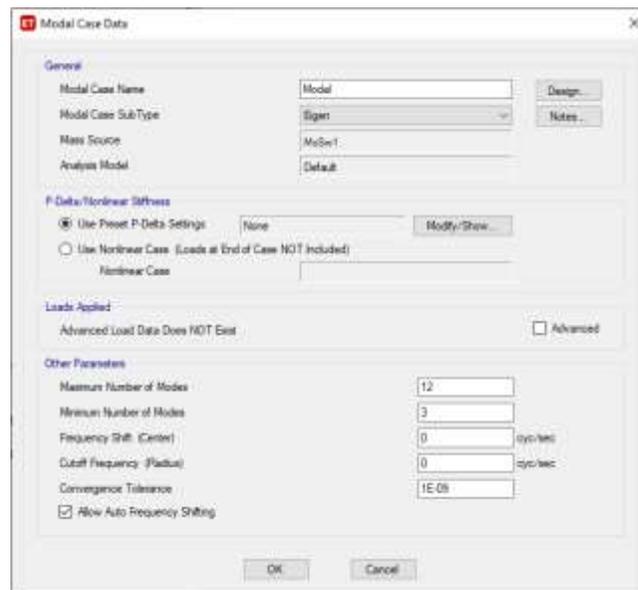


Figura 34. Asignación de casos modales.

Tabla 17

Formas de modo consideradas y factores de participación modal.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
sec								
Modal	1	0.464	0.085	0.419	0.000	0.085	0.419	0.000
Modal	2	0.331	0.579	0.167	0.000	0.664	0.586	0.000
Modal	3	0.248	0.099	0.152	0.000	0.763	0.738	0.000
Modal	4	0.116	0.024	0.087	0.005	0.787	0.825	0.005
Modal	5	0.095	0.043	0.021	0.001	0.830	0.847	0.006
Modal	6	0.089	0.038	0.003	0.037	0.868	0.850	0.044
Modal	7	0.082	0.038	0.030	0.043	0.905	0.880	0.086
Modal	8	0.079	0.000	0.000	0.079	0.905	0.880	0.166
Modal	9	0.065	0.024	0.045	0.005	0.929	0.924	0.170
Modal	10	0.062	0.000	0.005	0.030	0.930	0.929	0.200
Modal	11	0.061	0.000	0.002	0.056	0.930	0.931	0.256
Modal	12	0.052	0.020	0.001	0.003	0.950	0.932	0.259

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
sec								
Modal	1	0.464	0.107	0.006	0.239	0.107	0.006	0.239
Modal	2	0.331	0.048	0.042	0.013	0.155	0.048	0.252
Modal	3	0.248	0.040	0.008	0.497	0.195	0.056	0.750
Modal	4	0.116	0.117	0.024	0.047	0.312	0.080	0.797
Modal	5	0.095	0.031	0.085	0.000	0.343	0.164	0.797
Modal	6	0.089	0.003	0.001	0.008	0.346	0.165	0.805
Modal	7	0.082	0.071	0.009	0.006	0.417	0.174	0.811
Modal	8	0.079	0.042	0.000	0.000	0.458	0.175	0.811
Modal	9	0.065	0.104	0.013	0.100	0.563	0.188	0.911
Modal	10	0.062	0.003	0.002	0.005	0.566	0.189	0.916
Modal	11	0.061	0.059	0.061	0.001	0.625	0.249	0.917
Modal	12	0.052	0.000	0.011	0.013	0.625	0.260	0.930

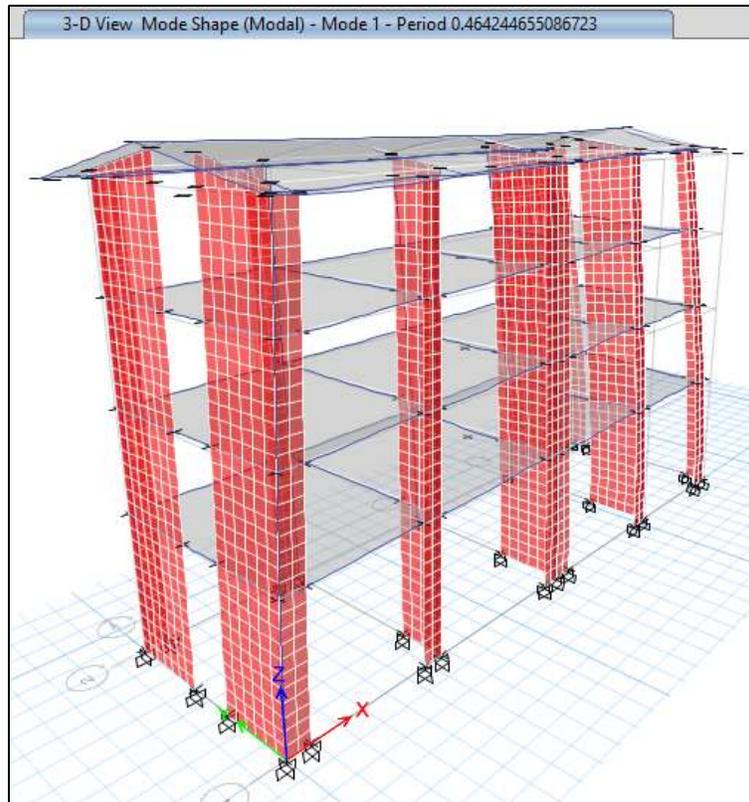


Figura 35. Primer modo de la estructura, desarrollado en ETABS.

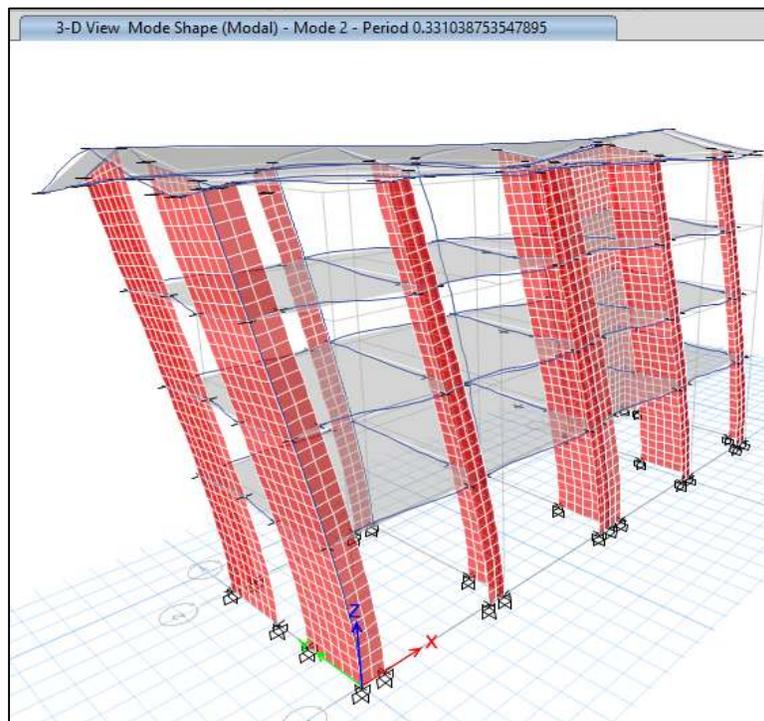


Figura 36: Segundo modo de la estructura, desarrollado en ETABS

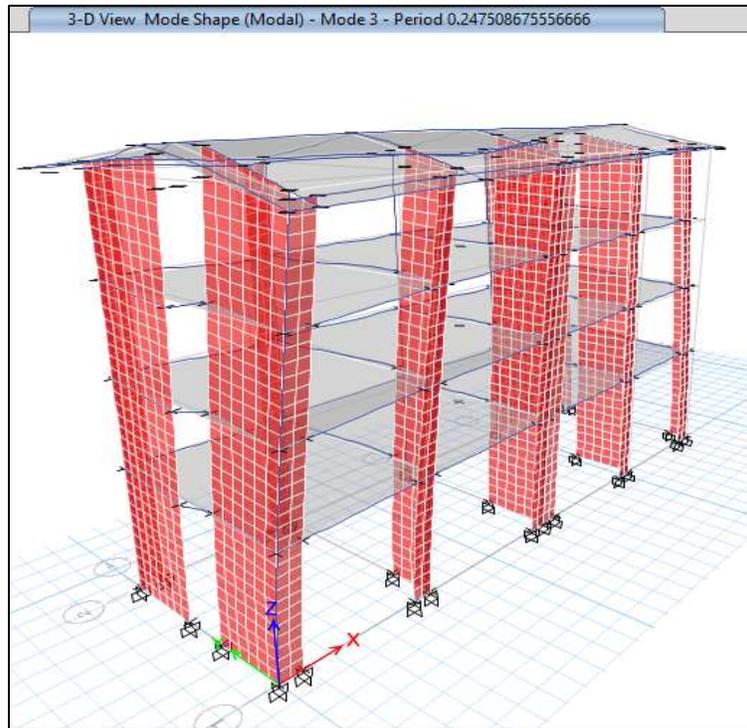


Figura 37. Tercer modo de la estructura, desarrollado en ETABS.

- **Parámetros para determinar el coeficiente sísmico:**

El espectro de respuesta se define con las sollicitaciones que describe la

Norma E030 (2019), los parámetros son:

Tabla 18

Parámetros para determinar el coeficiente sísmico.

Factor	Descripción	Categoría	Valor
Z	Zona de ubicación del proyecto	Z3	0.35
S	Clasificación del suelo, para determinar se ha recurrido a los planos de diseño donde hace mención.	S2	1.15
TP	Periodo de vibración del terreno	-	0.6
TL	Periodo de cedencia del terreno	-	2
C	Factor de amplificación sísmica	-	2.5
T	Periodo fundamental de vibración de la estructura	-	0.293
hn	Altura total de la edificación	-	17.6
CT	Coeficiente para estimar el periodo fundamental	Muros estructurales	60

U	Uso para instituto tecnológico	A2	1.5
Ro	Coeficiente básico de reducción	Muros estructurales	6
Ia	Irregularidad en altura	-	1
Ip	Irregularidad en planta	-	1
R	Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	-	6
V	Fuerza cortante basal	-	0.252*P

- **Sismo estático:** En el software Etabs se definen los valores de carga para el sismo en “X” y “Y”, considerando las excentricidades solicitadas por la Norma E030 el cual es 0.05 en cada uno de los diafragmas por piso.

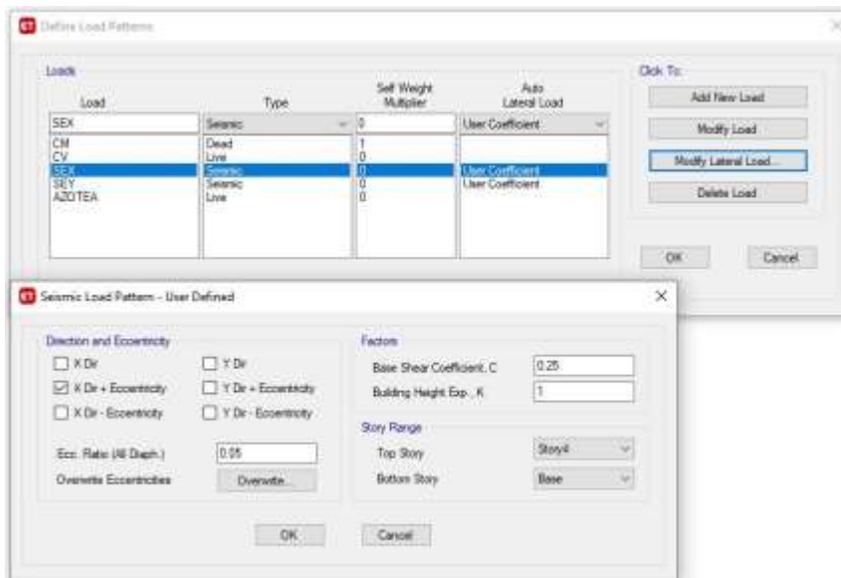


Figura 38. Sismo estático en dirección “X”.

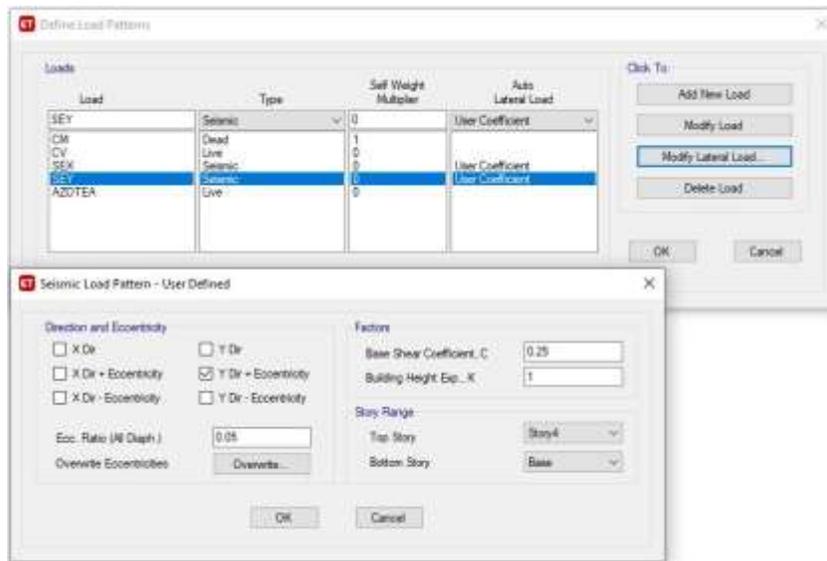


Figura 39. Sismo estático en dirección “Y”.

Dentro del análisis sísmico modal espectral se consideraron los siguientes items:

- **Determinar el espectro de diseño:** El espectro de diseño es la representación gráfica de la aceleración espectral y el periodo fundamental el cual puede ser elaborado en una tabla de Excel ó directamente en el software ETABS.

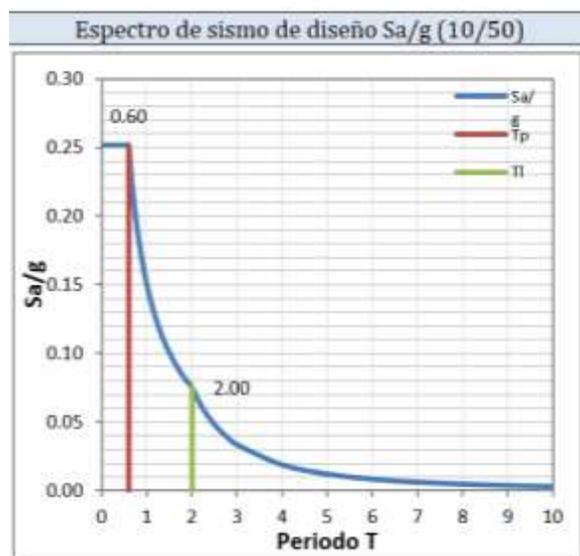


Figura 40. Espectro de pseudo aceleración.

Espectro de diseño elaborado en software ETABS

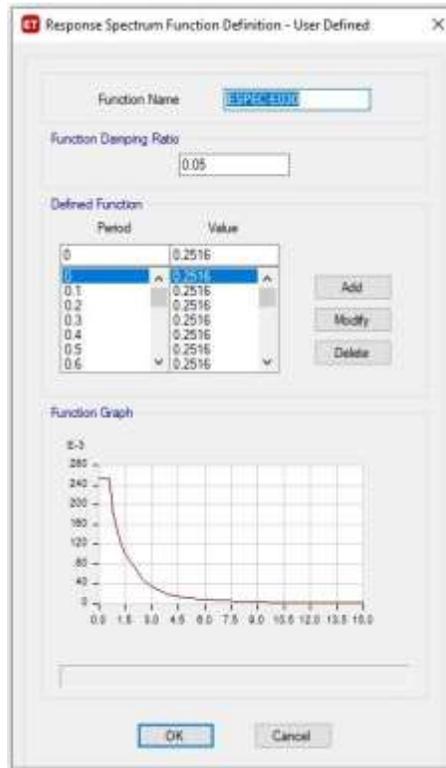
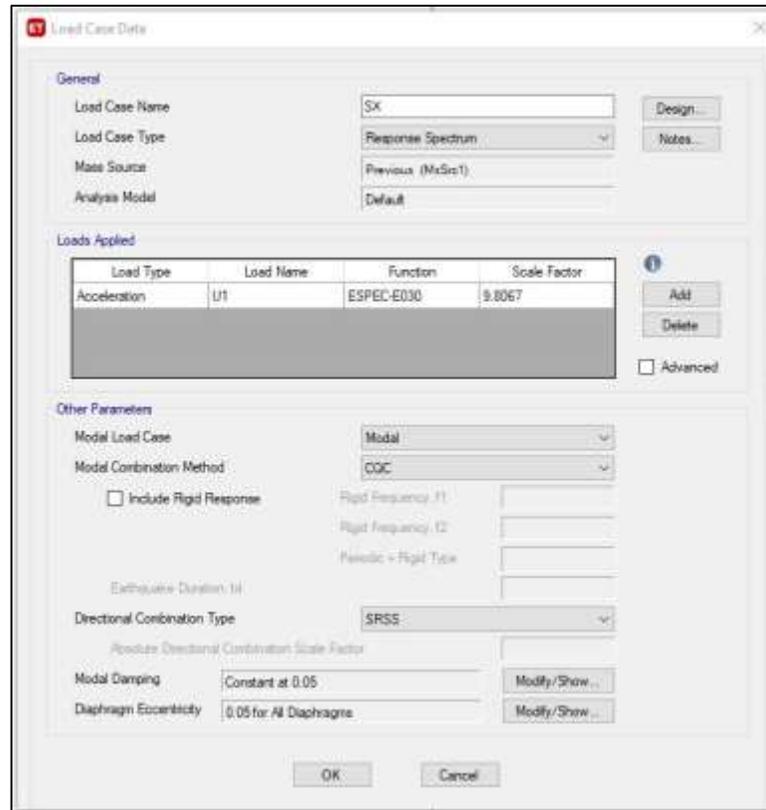


Figura 41. Espectro de pseudo aceleración en software ETABS.

- **Sismo dinámico:** Para determinar el sismo dinámico en dirección “X” y “Y”, es necesario llevar al software ETABS los parámetros solicitados por la Norma E030 (2019).

Donde se tendrá en cuenta el factor de escala con el valor de la gravedad 9.8067m/s^2 .



Load Case Data

General

Load Case Name: SX [Design...]

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

Mass Source: Previous (McSisT)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	L1	ESPEC-E030	9.8067

[Add] [Delete] Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency 1: []

Rigid Frequency 2: []

Periodic = Rigid Type: []

Earthquake Duration 1s: []

Directional Combination Type: SRSS

Reduce Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 42. Sismo dinámico en la dirección “x”.

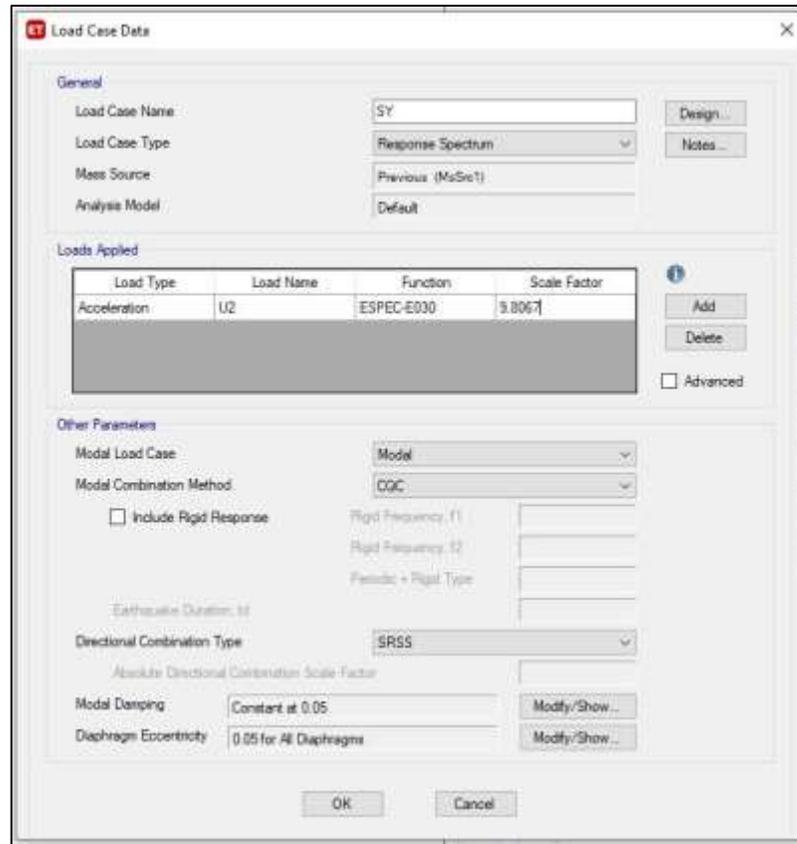


Figura 43. Sismo dinámico en la dirección “y”.

En el caso de análisis sísmico espectral se ha considera la combinación cuadrática completa (CQC), para el tipo de combinación direccional utilizaremos la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS), un amortiguamiento del 5% con una excentricidad del 5% en cada diafragma por piso.

- **Distorsiones por entrepiso:** Se debe tener en cuenta las solicitaciones que nos indica la Norma E030 (2019) y es que debemos multiplicar a la gravedad por el factor de reducción “R”, pero el factor de reducción deberá ser multiplicado también por un coeficiente de 0.75 por tratarse de una estructura regular. Las distorsiones no deben superar a 0.007 por ser un edificio de muros estructurales.

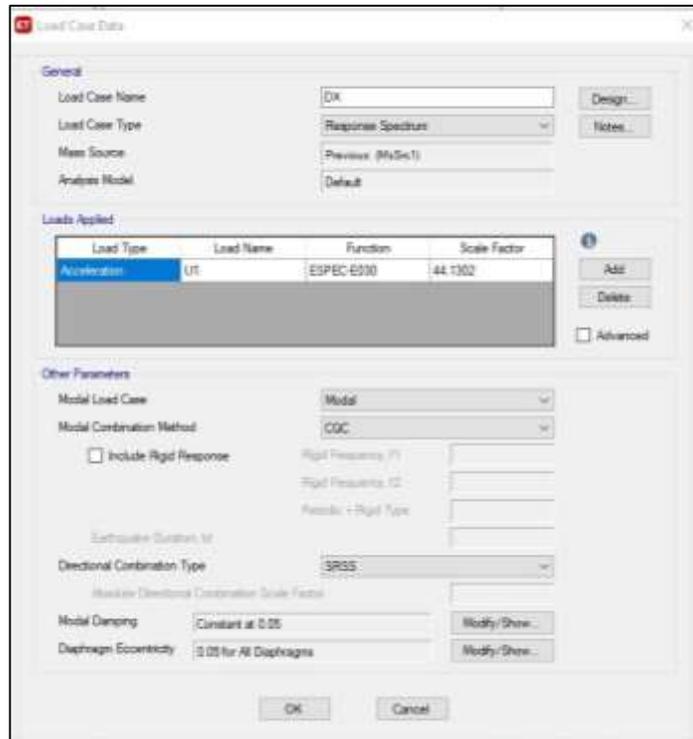


Figura 44. Consideraciones para la distorsión del sismo dinámico en “X”.

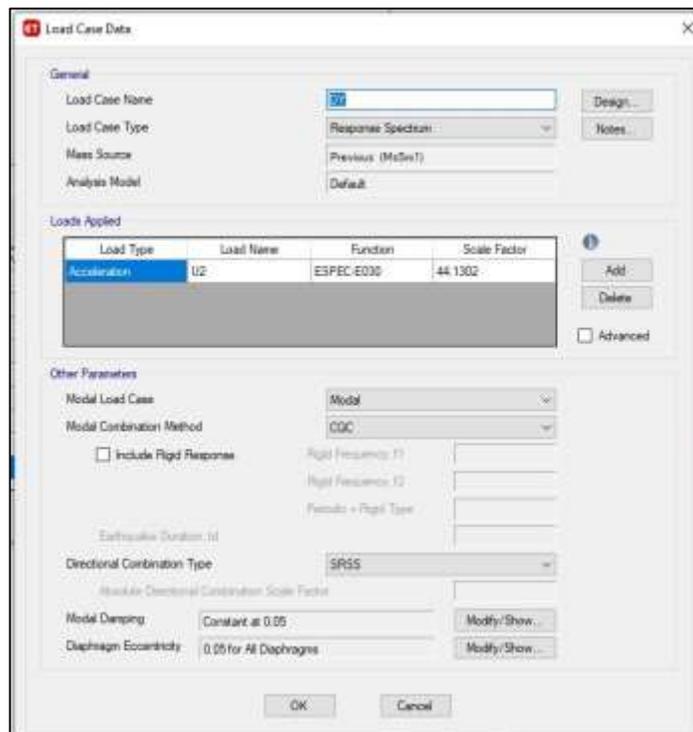
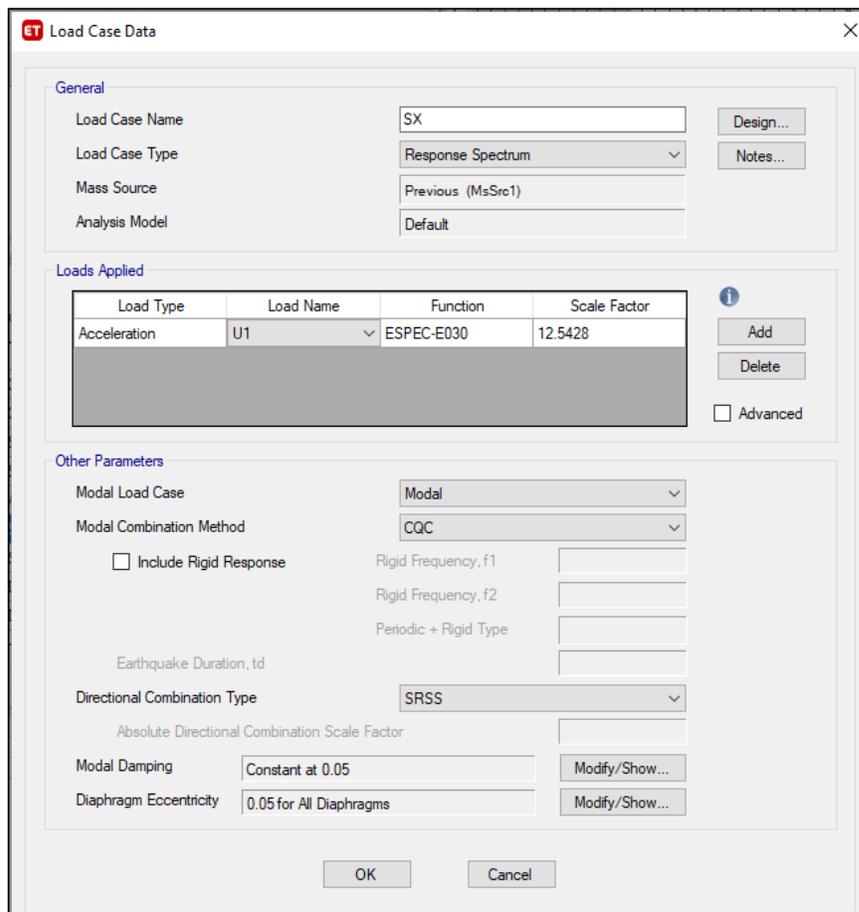


Figura 45. Consideraciones para la distorsión del sismo dinámico en “Y”.

- **Verificaciones de las fuerzas cortantes:** Luego de obtener las fuerzas cortantes en la base del sismo estático y del sismo dinámico, es necesario realizar una verificación que solicita la Norma E030 (2019) el cual es que el cortante dinámico debe alcanzar o ser mayor al 80% del cortante estático para el caso de la estructura por ser regular, si esto no cumple, la gravedad debe ser multiplicado por un factor de escala para llegar a cumplir el requerimiento.



ET Load Case Data

General

Load Case Name: SX [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	ESPEC-E030	12.5428

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 46. Incremento del factor de escala para cumplir con la cortante en “x”.

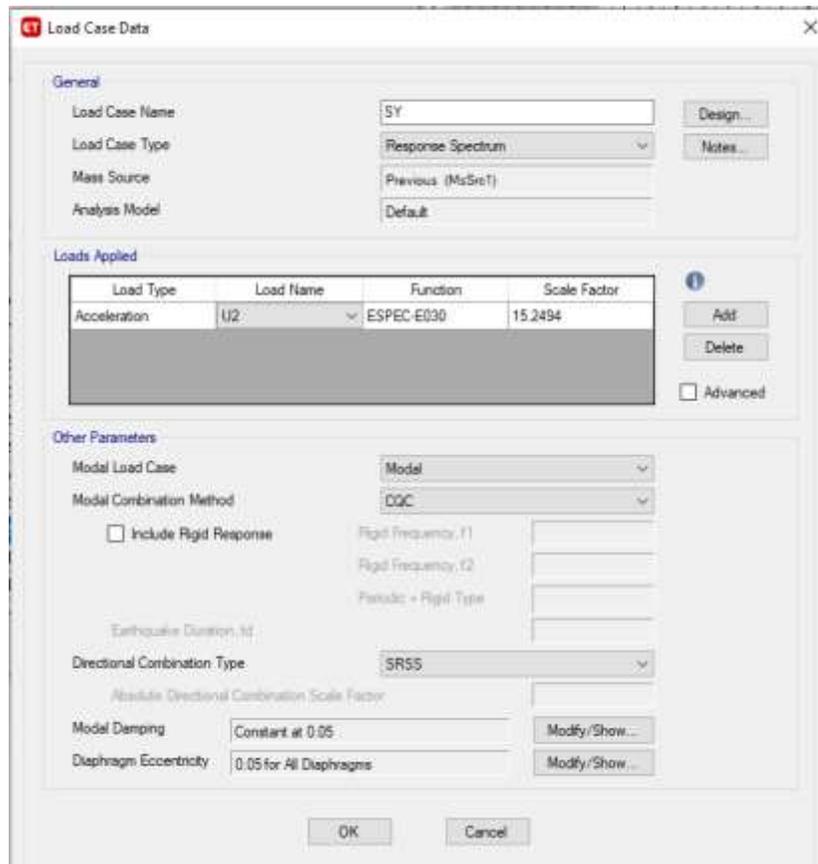


Figura 47. Incremento del factor de escala para cumplir con la cortante en “y”.

- **Comprobación del factor “R”:** El factor debe ser comprobado por medio de un primer análisis el cual determinará la tipología de la estructura, para el primer análisis se determinó un factor “R” de 6 para muros estructurales, esto se comprobó por medio del software ETABS que los muros absorben más del 70% del cortante dándonos como afirmación correcta al factor “R” que se planteó al inicio.

- **Verificación del sistema estructural**

Tabla 19
Verificación de R.

Comprobación de cortantes de muros				
EN X-X				
V.muros		158.79		
V.total		188.67		
PORCENTAJE	84%	TIPO 1	Entonces R=6 debido a que la estructura trabaja como un sistema de MUROS ESTRUCTURALES, ya que el reglamento menciona que si la cortante absorbida por el muro es mayor que el 70% se un sistema de Muros Estructurales.	
EN Y-Y				
V.muros		129.76		
V.total		155.17		
PORCENTAJE	84%	TIPO 2	Entonces R=6 debido a que la estructura trabaja como un sistema de MUROS ESTRUCTURALES, ya que el reglamento menciona que si la cortante absorbida por el muro es mayor que el 70% se un sistema de Muros Estructurales.	

- **Irregularidades en altura**

Tabla 20
Descripción de las irregularidades en altura.

1. VERIFICACIÓN DE IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ POR PISO BLANDO					
Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento centro de masa(mm)	Desplazamiento relativo (mm)	Rigidez Lateral (Ton.f/mm)	
Piso 4	43.85	0.00	5.63	7.79	
Piso 3	124.00	5.63	2.04	60.81	
Piso 2	163.76	3.59	1.92	85.20	
Piso 1	186.21	1.67	1.67	111.84	
Base	188.67	0.00	0.00		
Conforme suben los niveles la rigidez disminuye y no aumenta por lo tanto "No se tiene irregularidad de rigidez por piso blando"					
DIRECCION "Y"					
Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento centro de masa(mm)	Desplazamiento relativo (mm)	Rigidez Lateral (Ton.f/mm)	
Piso 4	37.69	0.00	7.79	4.84	
Piso 3	103.71	7.79	3.03	34.26	
Piso 2	135.26	4.77	2.71	49.87	

Piso 1	153.22	2.05	2.05	74.63
Base	155.17	0.00	0.00	

Conforme suben los niveles la rigidez disminuye y no aumento por lo tanto "No se tiene irregularidad de rigidez por piso blando".

2. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ POR PISO BLANDO

DIRECCION "X"

Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento centro de masa (mm)	Desplazamiento relativo (mm)	Rigidez (Ton.f/mm)	% de rigidez del entrepiso < 60%
Piso 4	43.85	0	-5.63	7.67	100%
Piso 3	124.00	5.626	2.04	60.81	13%
Piso 2	163.76	3.587	1.92	85.20	71%
Piso 1	186.21	1.665	1.67	111.84	76%
Base	188.67	0	0		

Conforme suben los niveles la rigidez disminuye y no aumento, por lo tanto, No se tiene irregularidad Extrema de rigidez por piso blando.

DIRECCION "Y"

Story	Cortante (Ton.f)	Desplazamiento centro de masa (mm)	Desplazamiento relativo (mm)	Rigidez (Ton.f/mm)	% de rigidez del entrepiso < 60%
Piso 4	37.69	16.43	4.36	0.152	100%
Piso 3	103.71	12.071	4.51	22.99	1%
Piso 2	135.26	7.56	4.21	32.11	72%
Piso 1	153.22	3.348	3.35	45.77	70%
Base	155.17	0	0		

Conforme suben los niveles la rigidez disminuye y no aumento, por lo tanto, No se tiene irregularidad Extrema de rigidez por piso blando.

3. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

La distribución de cargas de acuerdo a la arquitectura nuestra que está regulado.

Story	UX	UY	UZ	X	Y
	tonf-s ² /mm	tonf-s ² /mm	tonf-s ² /mm		
Piso 4	0.029	0.029	0.028	28.41	28.41
Piso 3	0.030	0.030	0.030	29.32	29.32
Piso 2	0.031	0.031	0.031	29.94	29.94
Piso 1	0.034	0.034	0.034	33.00	33.00
Base	0.002	0.002	0.002	2.01	2.01

No se tiene irregularidad de masa

4. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD DE GEOMETRIA VERTICAL

DIRECCION "X"	
b2 =	0
b1 =	0
cuando	$0 > 0$
No se tiene irregularidad de geometría vertical.	

Irregularidad de Geometría Vertical, $I_a=0.90$
 Cuando $b_2 > 1.3 \times b_1$

DIRECCION "Y"	
b2 =	0
b1 =	0
Cuando	$0 > 0$
No se tiene irregularidad de geometría vertical.	

5. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD DE DISCONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS RESISTENTES

En nuestra estructura no se presenta:

No se tiene irregularidad de discontinuidad en los sistemas resistentes

6. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD DE DISCONTINUIDAD EXTREMA EN LOS SISTEMAS RESISTENTES

En nuestra estructura no se presenta:

No se tiene irregularidad de discontinuidad extrema en los sistemas resistentes

- Irregularidades en planta

1. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD TORSIONAL

Para un mismo nivel las distorsiones son proporcionales a los desplazamientos relativos (misma altura)

EN X-X

Desplazamiento relativo	_____
mínimo	0.000281
máximo	0.000281
Desplazamiento relativo promedio	_____
	0.000281

Ahora se promedia el desplazamiento máximo relativo _____
con el desplazamiento relativo promedio

$$1 < 1.3$$

No se tiene irregularidad torsional

EN Y-Y

Desplazamiento relativo	_____
mínimo	0.000199

máximo 0.000199

Desplazamiento relativo promedio

0.000199

Ahora se promedia el desplazamiento máximo relativo
con el desplazamiento relativo promedio

1 < 1.3

No se tiene irregularidad torsional

2. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD POR ESQUINAS ENTRANTES

La estructura se clasifica como irregular cuando tiene esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% del correspondiente total en planta.

EN X-X

	Longitud libre	Longitud Total
L1	0 M	26.75 m
L2	0 M	
L3	0 M	
Longitud =	0 M	
	0%	> 20%

No se tiene irregularidad por esquinas entrantes

EN Y-Y

	Longitud libre	Longitud Total
L1	0 M	8.45 m
L2	0 M	
L3	0 M	
Longitud =	0 M	
	0%	> 20%

No se tiene irregularidad por esquinas entrantes

3. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

Nuestra estructura no presenta orificios en su diafragma rígido

No se tiene irregularidad por discontinuidad del diafragma

4. VERIFICACION DE IRREGULARIDAD POR SISTEMAS NO PARALELOS

Nuestra estructura está definida con sus ejes resistentes perpendiculares

No se tiene irregularidad por sistema paralelos

Dentro de los requisitos generales de resistencia tenemos:

Resistencia requerida: Todos los elementos estructurales deberán estar diseñados para una resistencia (ϕR_n) por lo menos igual a resistencia requerida (R_u), que son calculados con fuerzas amplificadas por medio de combinaciones (Ministerio de Vivienda, Cosntrucción y Saneamiento [MVCS], 2019).

$$U = 1,4 CM + 1,7 CV \quad (12)$$

$$U = 0,9 CM \pm 1,25 CV_i \quad (13)$$

$$U = 1,25 (CM + CV) \pm CS \quad (14)$$

$$U = 0,9 CM \pm CS \quad (15)$$

Para obtener el diseño del acero es necesario contar con una combinación adicional que se denomina ENVOLVENTE, el cual está compuesta por todas las combinaciones de diseño (MVCS, 2019).

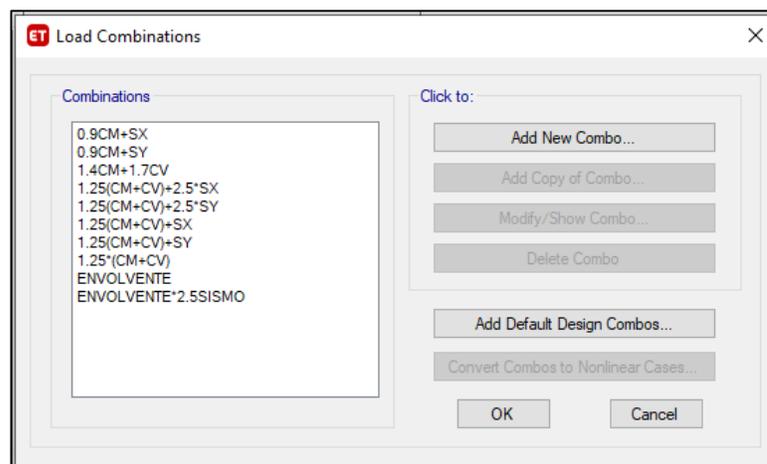
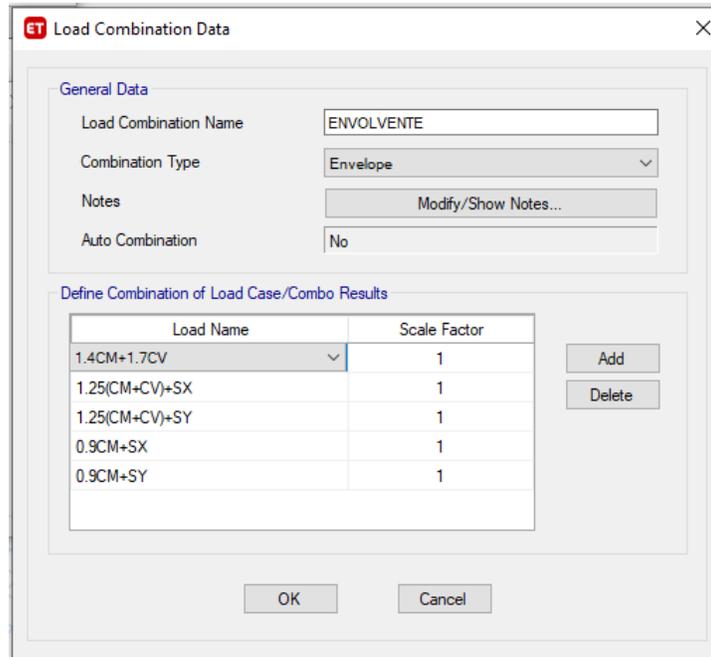


Figura 48. Cargas amplificadas por combinaciones.



Load Name	Scale Factor
1.4CM+1.7CV	1
1.25(CM+CV)+SX	1
1.25(CM+CV)+SY	1
0.9CM+SX	1
0.9CM+SY	1

Figura 49. Composición de la envolvente.

Estos son los pasos para el diseño de análisis sísmico y sus verificaciones, los cuales se realizarán una comparación de la variación del comportamiento estructural frente al mismo edificio utilizando aisladores sísmicos tipo LRB.

Consideraciones para el diseño del sistema de aislamiento:

- **Rigidez efectiva:** El sistema de aislamiento cuenta con rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo para un desplazamiento D_M . Los cuales se determinan con las siguientes ecuaciones (MVCS, 2019):

$$K_M = \frac{\sum |F_M^+| + \sum |F_M^-|}{2D_M} \quad (16)$$

$$\beta_M = \frac{\sum E_M}{2\pi K_M D_M^2} \quad (17)$$

Los valores $\sum|F_M^+| + \sum|F_M^-|$ de la ecuación (19), son las fuerzas de los valores absolutos de todos los aisladores para un desplazamiento positivo y negativo igual al desplazamiento traslacional DM ., su unidad es el KN.

- **Espectro de diseño:** El espectro de diseño se obtiene por medio de estudio de sitio, también se puede definir de acuerdo a los parámetros de la norma E.030 (2019).

Si diseñamos el espectro por medio de la norma E.030 (2019), tenemos que hacer una verificación que se cumpla de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 21
Límites de periodo para tipos de suelos.

	Tipo de suelo	Ts (s)
S0	Roca dura	< 0,15
S1	Roca o suelos muy rígidos	< 0,30
S2	Suelos intermedios	< 0,40
S3	Suelos blandos	< 0,60

Fuente: (MVCS, 2019).

Cuando el periodo del estudio del suelo se confirme y corresponden a los valores de la Tabla 19, el espectro de diseño puede determinarse por la ecuación (MVCS, 2019).

$$S_{aM} = 1.5ZCSg \quad (18)$$

El valor de zona sísmica “Z” y el valor del suelo “S”, se determina por medio de la Norma E.030 (2019), el factor de amplificación sísmica “C” de acuerdo a las siguientes ecuaciones (MVCS, 2019):

$$T < 0.2T_p \quad C = 1 + 7.5 \cdot (T / T_p) \quad (19)$$

$$0.2T_p < T < T_p \quad C = 2.5 \quad (20)$$

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.5 \cdot (T_p / T) \quad (21)$$

$$T > T_I \quad C = 2.5 \cdot (T_p \cdot T_L/T^2) \quad (22)$$

- **Periodo efectivo:** El periodo efectivo de la estructura aislada T_M que corresponde al desplazamiento D_M , es determinado para un límite superior e inferior que corresponde a la característica de deformación del sistema de aislamiento y es calculado con la siguiente ecuación (MVCS, 2019):

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M g}} \quad (23)$$

Donde “P” representa al peso sísmico que se determina por la Norma E.030 (2019), el valor “KM” viene a ser la rigidez efectiva del sistema de aislamiento y “g” es la aceleración de la gravedad.

- **Desplazamiento máximo:** Todo el sistema aislado debe estar sujeto a un desplazamiento máximo tanto para el límite superior y el límite inferior en la dirección crítica, el cual se calcula de la siguiente manera (MVCS, 2019):

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad (24)$$

El valor “ S_{aM} ” se determina por el periodo “ T_M ” en el espectro elástico y “ B_M ” viene a ser un factor de reducción el cual podemos encontrar en la siguiente tabla:

Tabla 22
Factor de Amortiguamiento B_M .

Amortiguamiento Efectivo, βM	Factor B_M
≤ 2	0,8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.7
≥ 40	1.9

Fuente: (MVCS, 2019).

- **Desplazamiento total:** Es el incremento del desplazamiento máximo por sumarse la torsión real accidental y será cálculo por la siguiente ecuación.

$$D_{TM} = D_M \left(1 + \frac{y}{\rho_T^2} * \frac{12e}{b^2+d^2} \right) \quad (25)$$

Donde “y” es la distancia del centro de rigidez hasta el elemento de interés que se mide perpendicularmente a la dirección del sismo expresado en mm.

Donde “y” es la distancia del centro de rigidez hasta el elemento de interés que se mide perpendicularmente a la dirección del sismo expresado en mm, “e” es la excentricidad que se obtiene del centro de masa de la estructura y del sistema de aislamiento, “b” es la dimensión corta que se mide en planta de la estructura perpendicular a la dimensión mayor “d”, “ ρ_T^2 ” se calcula con la siguiente ecuación.

$$\rho_T = \frac{1}{r_a} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}} \quad (26)$$

$$r_a = \frac{1}{12} \sqrt{b^2 + d^2} \quad (27)$$

En la ecuación “ r_a ” viene a ser el radio de giro del sistema de aislamiento, “ $x_i^2 + y_i^2$ ” Son las distancias horizontales desde el centro de masa y el aislador i-ésimo, medidas en las direcciones del sismo expresado en mm.

- **Fuerza lateral mínima:** La estructura debe ser diseñado para una fuerza lateral mínima.

$$V_b = k_M D_M \quad (28)$$

- **Fuerza de diseño para la superestructura:** La estructura debe ser diseñado para una fuerza mínima “Vs” y no debe ser menor a la cortante mínima calculada por la norma E.030 (2019), se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_a} \quad (29)$$

En la ecuación el valor de “Ra” viene a ser un factor de reducción que equivale a $3R_o/8$ pero con una limitación de no ser mayor a 2 ni menor a 1.

- Fuerza cortante no reducida: Esta fuerza cortante se amplifica sobre el nivel base.

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P} \right)^{(1-2.5\beta_M)} \quad (30)$$

El valor “P” hace referencia al peso sísmico según la norma E.030 expresada en KN, el valor “Ps” es el peso sísmico efectivo sin incluir nivel de base. Cuando el promedio de las distancias desde la parte superior hasta la parte inferior del nivel de los aisladores exceda en 900mm, entonces se debe considerar que “Ps” es igual a “P”, “ β_M ” es el amortiguamiento del sistema asilado para un desplazamiento traslacional.

- **Límites de la deriva:** La norma E.031 (2019) estable que la deriva por encima del nivel de la base no debe estar excedido en 0.0035, las derivas son calculadas multiplicando por “Ra” los valores que se obtienen de la superestructura al aplicar la fuerza cortante “Vs”.

Procedimiento para el análisis dinámico:

- **Análisis modal espectral:** Para el análisis modal espectral se debe tener en consideración de emplear el menor valor de amortiguamiento del sistema aislado

y el 30% del amortiguamiento crítico, se debe emplear el 100% del espectro en el sentido del análisis y 30% en sentido perpendicular.

- **Análisis tiempo-historia:** El procedimiento se efectúa mediante conjuntos de pares de registros de aceleración elegidos de eventos individuales y escalados con 5% del amortiguamiento crítico y debe estar considerado la excentricidad más desfavorable.

Fuerzas y desplazamientos laterales mínimos:

- **Fuerzas de diseño en la subestructura:** Todo el conjunto de la subestructura, aisladores y cimentación deben estar diseñados como una estructura no aislada cumpliendo con todos los requerimientos apropiados y las fuerzas obtenidas del análisis modal sin factores de reducción. Se debe garantizar que la fuerza lateral de todo el diseño, no deben ser menor al 90% de “ V_b ” el cual es determinado por la ecuación (31).
- **Desplazamientos laterales:** El sistema de aislamiento sísmico efectuado por el sismo máximo considerado debe contar con un desplazamiento no menor al 80% del desplazamiento total “ D_{TM} ” que es calculado por la ecuación (28).
- **Consideración de límites de derivas:**
 - a) La máxima deriva correspondiente al análisis modal espectral no debe exceder en 0.0035.
 - b) La máxima deriva correspondiente al análisis tiempo historia no debe exceder en 0.005.

Definición del modelo estructural con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo.

A continuación, se realiza el modelamiento de las estructuras con los aisladores sísmicos con el uso del software ETABS.

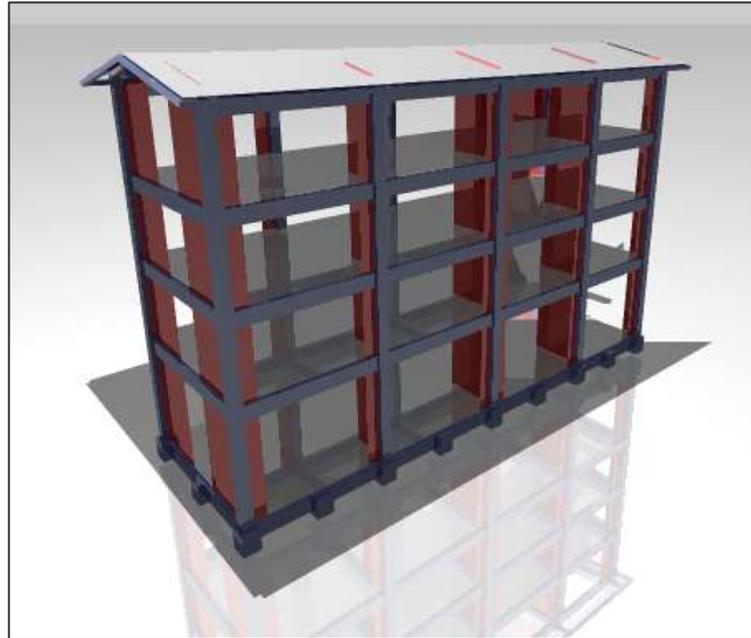


Figura 50. Estructura con base aislada.

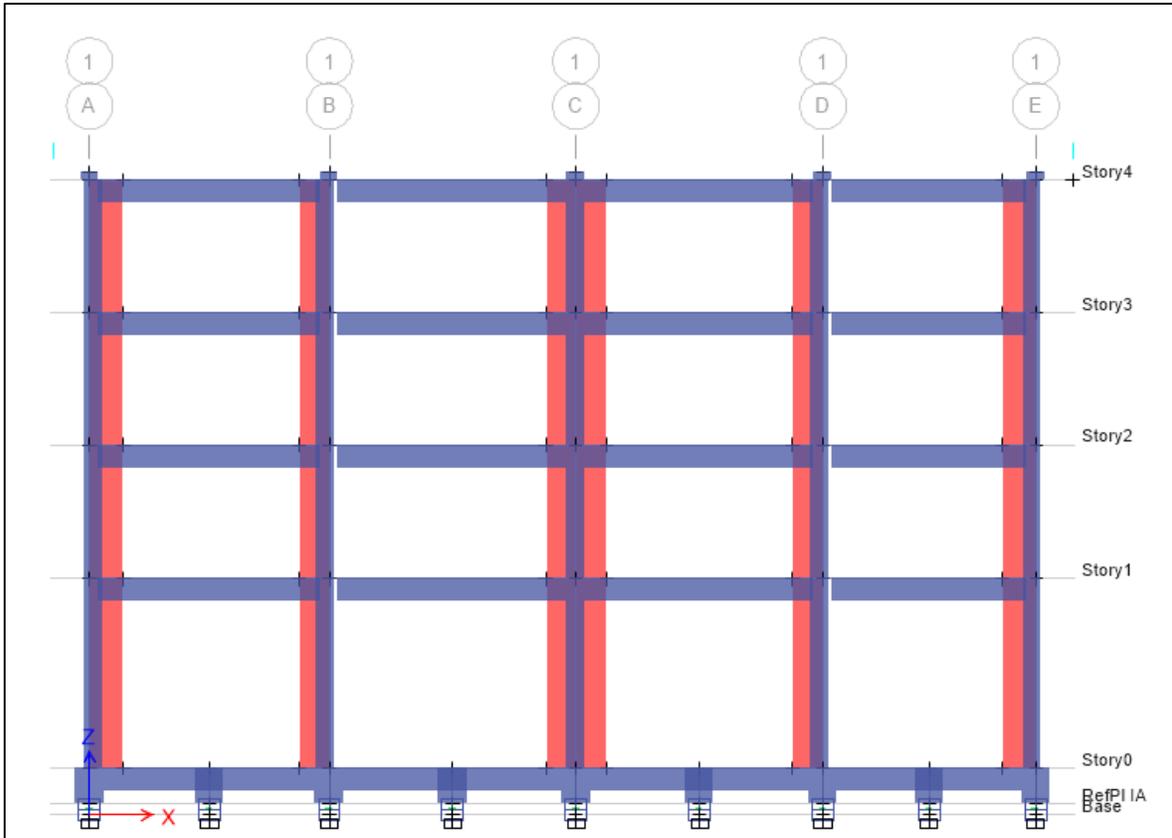


Figura 51. Elevación de estructura con base aislada.

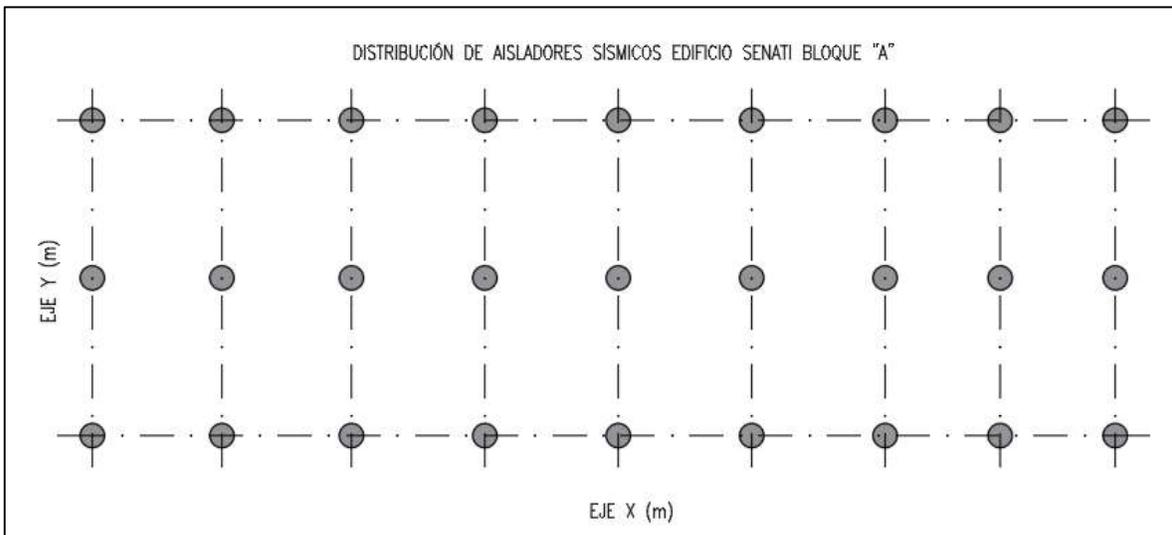


Figura 52. En la distribución se puede apreciar que no existe excentricidad natural significativa.

- **Combinaciones para diseño del sistema aislado:** Para el diseño de los aisladores sísmico deben ser calculados por las siguientes combinaciones:

a) Carga vertical promedio:

$$1,0 \text{ CM} + 0,5 \text{ CV} \quad (31)$$

b) Carga vertical máxima:

$$1,25 (\text{CM} + \text{CV}) + 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) + 0,2 \text{ CN} \quad (32)$$

c) Carga vertical mínima:

$$0,9 \text{ CM} - 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) \quad (33)$$

Donde:

CM: Carga muerta.

CV: Carga viva.

CSH: Carga sísmica horizontal.

CSV: Carga sísmica vertical = 0,5 (1,5 ZS) CM.

CN: Carga de nieve.

Análisis estático o de fuerzas equivalentes:

- **Parámetros de diseño del sistema de aislamiento:** En el análisis inicial considerando las bases fijas, se obtienen los siguientes parámetros para realizar el diseño de los aisladores.

Tabla 23

Parámetros para análisis.

Periodo de edificación de base fija	T:	0.46	s
Masa y peso de la superestructura	Ms:	123.16	tonf-s ² /m
	Ps:	1208.21	tonf
Masa y peso de la subestructura	Mb:	29.84	tonf-s ² /m
	Pb:	292.74	tonf

Masa y peso total	Mt:	153	tonf-s ² /m
	Pt:	1500.95	tonf
Número de aisladores	N:	27	und

Se calcula la masa sísmica de acuerdo a la norma E.030 (2019) según indicaciones de la norma E.031 (2019). $M_t = 153 \text{ tonf-s}^2/\text{m}$.

Se establece el periodo efectivo inicial 2.5seg, T_M (donde $T_M > 3T$), $T_M = 2.5\text{s}$, un amortiguamiento efectivo β_M del 20% obteniendo un factor de amortiguamiento de $B_M = 1.53$.

Se realizó el cálculo de la rigidez efectiva K_M .

$$K_M = \frac{4\pi^2 M_t}{T_M^2} \quad (34)$$

$$K_M = \frac{4\pi^2 153}{2.5^2}$$

$$K_M = 966.44 \text{ tonf/m}$$

Cálculo de rigidez por aislador K_{eff} . Se conoce que en la subestructura debe contar con 27 aisladores.

$$K_{eff} = \frac{K_M}{N} \quad (35)$$

$$K_{eff} = 35.79 \text{ tonf/m}$$

Se realiza el cálculo del desplazamiento traslacional D_M , de acuerdo a la norma E031 (2019).

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad (36)$$

Se calcula la aceleración máxima espectral para T_M y 5% de amortiguamiento.

Para un periodo $T_M = 2.5\text{s}$, le corresponde un $S_{aM} = 0.9056$.

El desplazamiento traslacional del sistema de aislamiento es:

$$D_M = \frac{9.81 \cdot 0.9056 \cdot 2.5^2}{4\pi^2 \cdot 1.53} \quad (37)$$

$$D_M = 0.286m$$

Se calcula el desplazamiento total D_{TM} , pero antes debemos definir ciertos patrones geométricos de la estructura.

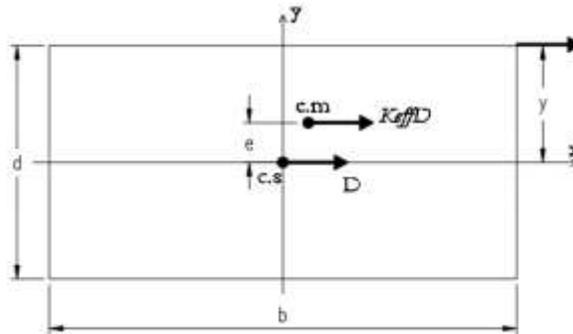


Figura 53. Parámetros geométricos de la estructura.

- **Parámetros geométricos de la estructura:**

Donde “y” es la distancia entre el CR del sistema de aisladores y el elemento de interés (aisladores y el elemento de interés (aislador más lejano) medido perpendicularmente a la dirección del sismo considerado, “b” es la dimensión corta en planta de la estructura, “d” es la dimensión larga en planta de la estructura y “e” es la excentricidad actual más accidental.

Para X:

$$y=4.225m, e=0.4225m, b=26.75m \text{ y } d=8.45m.$$

Para Y:

$$y=13.375m, e=1.3375m, b=26.75m \text{ y } d=8.45m.$$

La cantidad de aisladores “N” para la edificación son 12 unidades distribuidos manteniendo la excentricidad cercana al centro de masa de la estructura, el radio de giro se calcula de la siguiente manera.

$$r_a = \frac{\sqrt{b^2 + d^2}}{12} = 2.338m$$

La razón entre el periodo traslacional efectivo del sistema aislado “ P_T ” y el periodo rotacional se realiza de dos formas, con el análisis dinámico o con la ecuación (29) y para obtener los valores $\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)$ que se solicita en la ecuación, se realizó detalladamente en el siguiente cuadro.

Tabla 24
Distancias horizontales entre los centros de masas del sistema de aislamiento.

Aislador	X_i (m)	Y_i (m)	X_i^2	Y_i^2	$X_i^2 + Y_i^2$
1	0	0	0	0	0
2	3.4	0	11.56	0	11.56
3	6.7	0	44.89	0	44.89
4	10.2	0	104.04	0	104.04
5	13.6	0	184.96	0	184.96
6	17.1	0	292.41	0	292.41
7	20.5	0	420.25	0	420.25
8	23.5	0	552.25	0	552.25
9	26.5	0	702.25	0	702.25
10	0	4.1	0	16.81	16.81
11	3.4	4.1	11.56	16.81	28.37
12	6.7	4.1	44.89	16.81	61.7
13	10.2	4.1	104.04	16.81	120.85
14	13.6	4.1	184.96	16.81	201.77
15	17.1	4.1	292.41	16.81	309.22
16	20.5	4.1	420.25	16.81	437.06
17	23.5	4.1	552.25	16.81	569.06
18	26.5	4.1	702.25	16.81	719.06
19	0	8.2	0	67.24	67.24
20	3.4	8.2	11.56	67.24	78.8
21	6.7	8.2	44.89	67.24	112.13

22	10.2	8.2	104.04	67.24	171.28
23	13.6	8.2	184.96	67.24	252.2
24	17.1	8.2	292.41	67.24	359.65
25	20.5	8.2	420.25	67.24	487.49
26	23.5	8.2	552.25	67.24	619.49
27	26.5	8.2	702.25	67.24	769.49
					2419.49

El desplazamiento total en ambas direcciones.

Desplazamiento en X: $D_{TM} = 0.286m < 1.15D_M$; por lo tanto $D_{TM} = 0.329m$

Desplazamiento en Y: $D_{TM} = 0.291m < 1.15D_M$; por lo tanto $D_{TM} = 0.329m$

Se realiza el cálculo del cortante del sistema de aislamiento V_b .

$$V_b = K_M D_M \quad (38)$$

$$V_b = 966.44 \text{tonf/m} * 0.329m = 276.28 \text{tonf}$$

Cálculo de la cortante de la superestructura sin reducir.

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P_t} \right)^{(1-2.5\beta_M)} \quad (39)$$

$$V_{st} = 276.28 \left(\frac{1208.21}{1500.95} \right)^{(1-2.5 \times 0.2)}$$

$$V_{st} = 247.875 \text{tonf}$$

La norma E.031 (2019) solicita que la superestructura ubicada por encima del nivel de los aisladores debe estar diseñada considerando una fuerza cortante mínima V_s y esto se logra aplicando un factor de reducción R_a a la fuerza cortante no reducida V_{st} . El factor de reducción R_a se obtiene como $3/8R_0$ y no debe ser menor a 1 ni mayor a 2, por lo tanto $V_s = 247.875 \text{tonf}$.

Dimensionamiento del aislador LRB con núcleo de Plomo:

- **Reacciones de aisladores determinado por la carga ultima:** En el software ETABS podemos determinar las reacciones de cada aislador considerando la combinación de carga axial ultima según indicaciones de la norma E.031 (2019).

Tabla 25
reacciones en los aisladores.

Aislador	Carga vertical promedio tonf	Carga vertical máxima tonf
1	101.7892	148.8463
2	90.1742	147.718
3	68.461	100.3903
4	128.2403	215.9014
5	117.908	165.4327
6	87.3748	156.2247
7	153.2087	216.6316
8	165.8605	265.9784
9	125.1559	227.0367
10	79.0028	114.6996
11	33.6002	49.8444
12	12.4113	17.0131
13	18.2902	27.9845
14	19.1152	29.4503
15	10.3524	16.623
16	9.8575	14.8446
17	15.2235	24.2241
18	9.7411	14.4749
19	10.819	17.1701
20	80.7855	121.8211
21	25.7496	40.4213
22	48.018	98.7227
23	50.7338	113.1659
24	20.0035	28.1888
25	18.0774	26.1321
26	20.3059	28.3183
27	15.9924	22.4908

De la tabla de reacciones de los aisladores podemos determinar un promedio de carga axial última para dimensionar el diámetro del aislador.

- **Cálculo del diámetro del aislador:**

Opción 1:

$$D_l = 1.5D_{TM} = 1.5 * 0.286m = 0.436m$$

Opción 2:

$$D_l = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{P_{umax}}{\sigma_{maxperm}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{81}{815.77t}} = 0.356m$$

El esfuerzo axial permisible $\sigma_{maxperm}$ del aislador se considera 8MPa = 815.77tonf/m². Para mayor conservación se opta por el de mayor diámetro $D_l = 0.436 m$.

- **Cálculo del núcleo de plomo del aislador:**

Para determinar el diámetro de núcleo de plomo del aislador hacemos uso del 3% a 10% de la carga vertical última entonces $Q_d=2.43$ tonf, el esfuerzo de fluencia del plomo σ_y está considerado en 1019.71tonf/m² y la carga neta en el aislador es $F_y=1.1Q_d=2.673$ tonf.

$$D_L = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{1.10Q_d}{\sigma_y}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{1.10 * 2.43}{1019.71}} = 0.058m$$

- **Altura del aislador:** La altura del aislador es considerado como una fracción del desplazamiento total máximo del aislador, el D_{TM} se determina de acuerdo a la norma E.031 (2019), la altura se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$H_L = \frac{D_{TM}}{2.5} = \frac{0.329}{2.5} = 0.116m$$

- **Cálculo de rigidez efectiva lineal K_{eff} :** EL análisis varía y depende de los valores del modelo bilineal con los que elijamos trabajar, para el caso se calcula la rigidez con la siguiente ecuación:

$$K_{eff} = \frac{Q_d}{D_{TM}} + K_d$$

El valor K_d del modelo bilineal lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$K_d = \frac{\pi}{4} * \frac{(D_l^2 - D_L^2) * G}{H_L} = \frac{\pi}{4} * \frac{(0.436^2 - 0.058^2) * 40.78}{0.116} = 51.44 tonf/m$$

El módulo de corte G del aislador varía entre 0.4 y 0.7MPa. Entonces el valor de la rigidez lineal es igual a $K_{eff} = 58.83 tonf/m$.

- **Cálculo del amortiguamiento efectivo lineal:** Se determina con la siguiente ecuación.

$$\beta_{eff} = \frac{4 * Q_d \left(D_{TM} - \frac{F_y}{10K_d} \right)}{2\pi * K_{eff} D_{TM}^2} = \frac{4 * 2.43 \left(0.329 - \frac{7.993}{10 * 51.44} \right)}{2\pi * 58.83 * 0.329^2} = 0.079 tonf/m$$

- **Cálculo de la rigidez vertical:** Se determina con la siguiente ecuación.

$$K_v = \frac{E_c A}{H_l}$$

Donde E_c es el módulo de elasticidad del conjunto de láminas de caucho y acero,

A es el área transversal del aislador, el módulo de elasticidad se determina con la siguiente ecuación.

$$E_c = \frac{6GS^2K}{6GS^2 + K}$$

Para determinar el módulo de elasticidad debemos conocer el valor de S que viene a ser un factor de forma y se obtiene al dividir el diámetro del aislador entre cuatro veces el espesor de la lámina de acero que consideraremos de 8mm de espesor, entonces $S=13.62$, K es el módulo de compresibilidad del caucho, $K=203943.24\text{tonf/m}^2$, contando con los valores determinamos el módulo de elasticidad $E_c=37139.95\text{tong/m}^2$, por lo tanto, la rigidez vertical $K_v=47685.48\text{tonf/m}$.

- **Rigidez elástica:** Se calcula con la siguiente ecuación.

$$K_e = 10K_d = 514.4\text{tonf/m}$$

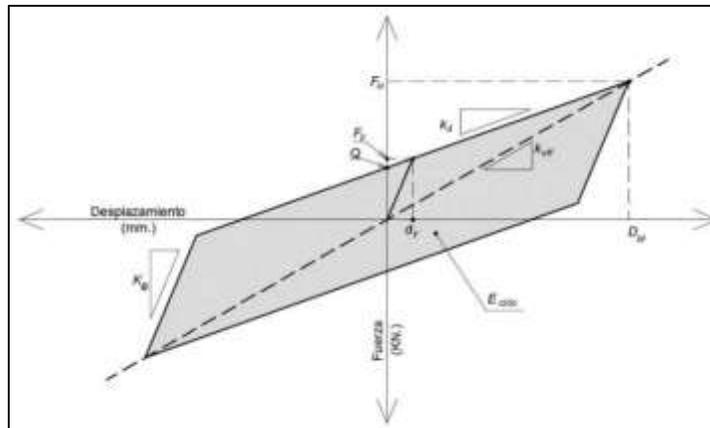


Figura 54. Propiedades del modelo bilineal fuerza – deformación del aislador.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

- **Análisis dinámico modal espectral**

Para el análisis modal espectral se consideró el 100% del espectro en la dirección del análisis y 30% en la dirección perpendicular según lo indica la norma E.031 (2019).

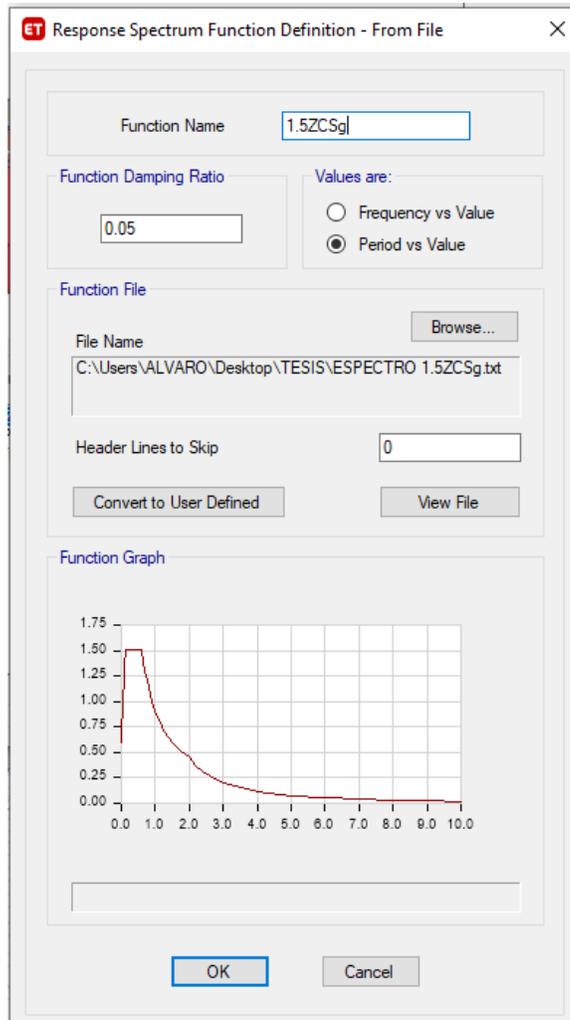
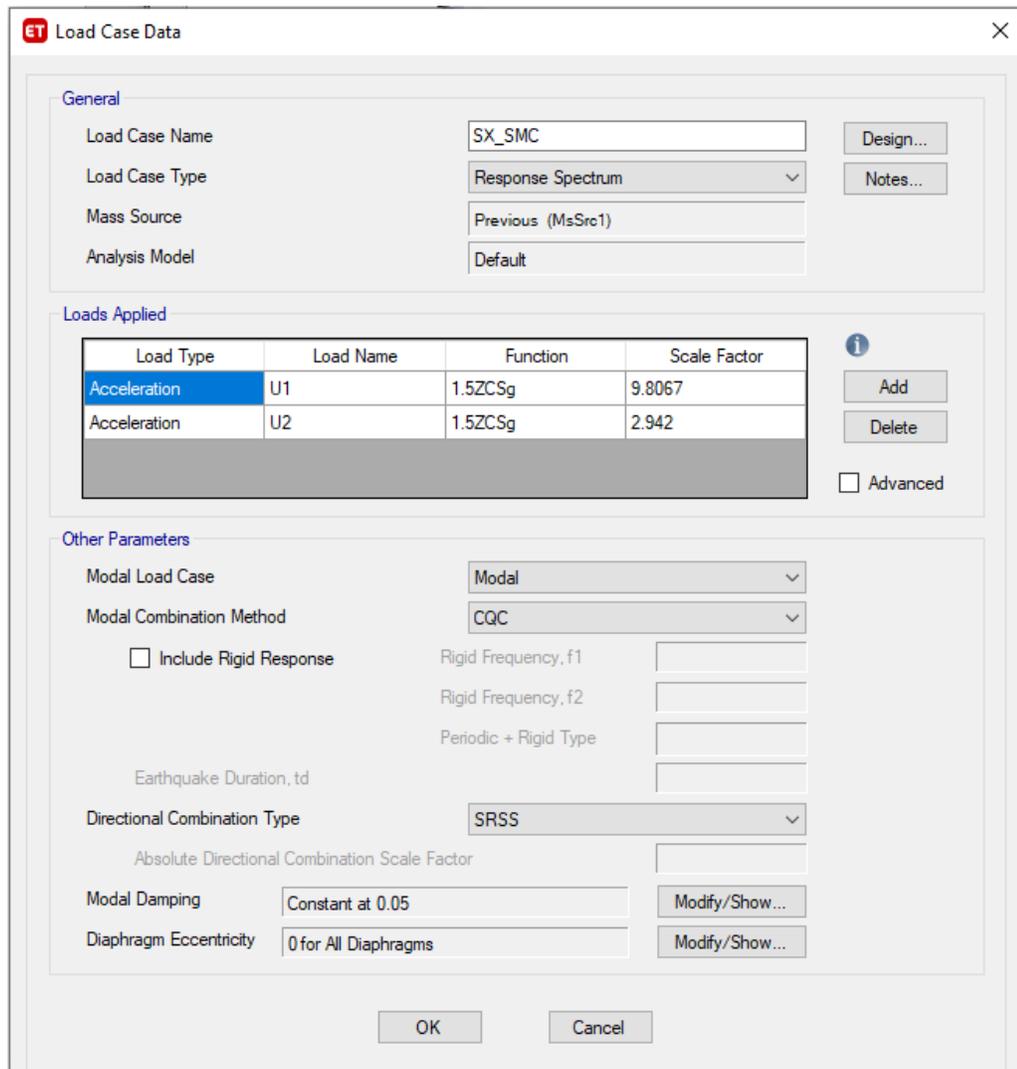


Figura 55. Análisis modal.

Para la elaboración del diseño de sistema aislado se consideró el espectro de pseudo aceleraciones del sismo máximo considerado (SMC) como lo indica la Norma E.031 (2019), se debe tener en cuenta que el espectro de diseño lleva como factor de uso $U=1$ y un factor de amplificación de 1.5 como se puede apreciar en la imagen.



ET Load Case Data

General

Load Case Name: SX_SMC [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	1.5ZCSg	9.8067
Acceleration	U2	1.5ZCSg	2.942

[Add] [Delete] Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 56. Diseño del sistema aislado.

El sismo dinámico espectral en la dirección X debe considerar un 30% en la dirección perpendicular Y haciendo cumplir la sollicitación de la norma E.031 (2019), de la misma manera se debe considerar para la dirección Y.

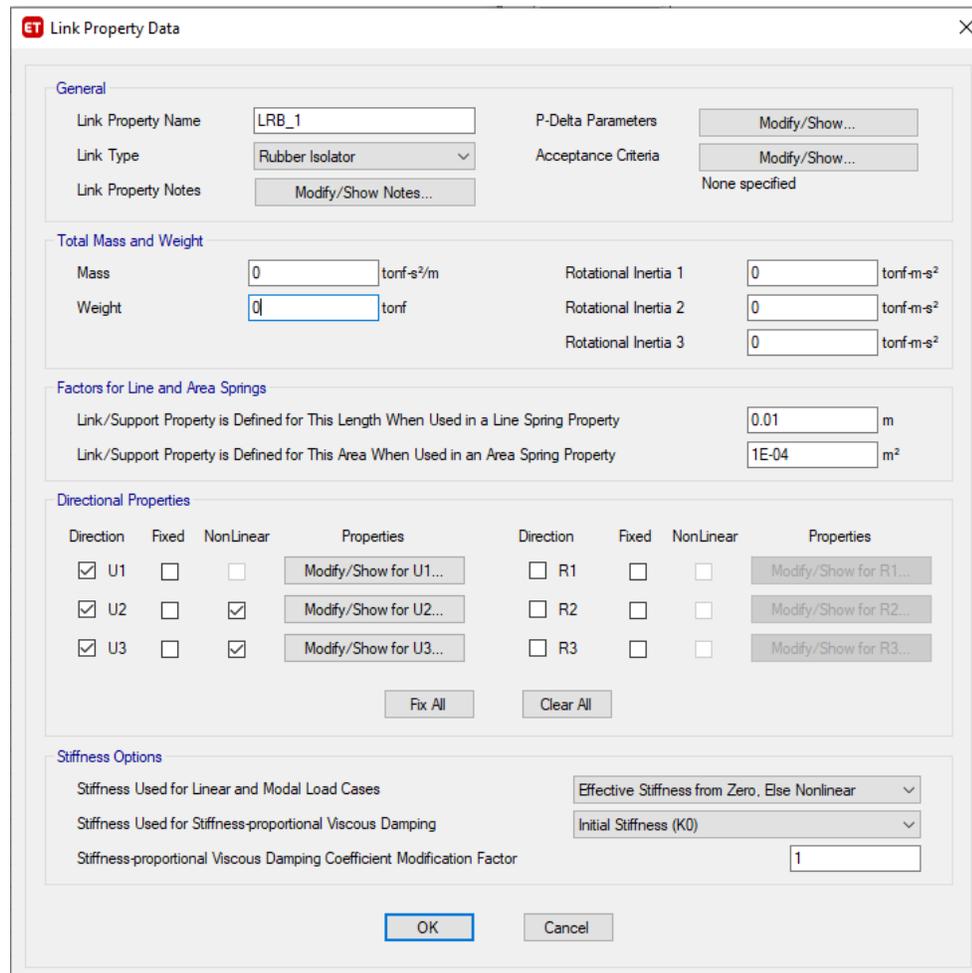


Figura 57. Sismo dinámico espectral en la dirección X.

En el software de ingeniería ETABS, los aisladores se modelan como elementos link y definidos como Rubber Isolator si son elastómeros, HDR o LRB. Se consideran grados de libertad en las direcciones (U1, U2, U3), mas no en el giro (R1, R2, R3). En la coordenada U1 en sentido de la coordenada axial se considera las propiedades para un análisis lineal, mientras que en las coordenadas U2 y U3 en sentido transversal, se considera para un análisis no lineal.

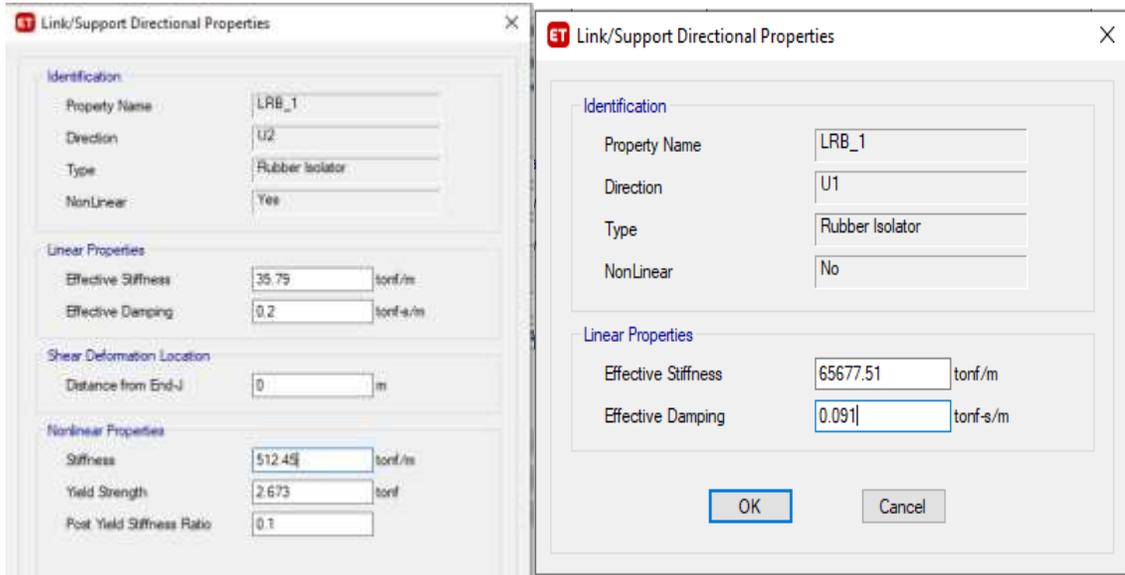


Figura 58. Propiedades para un análisis lineal.

En las propiedades del link del Rubber Isolator colocamos los datos de la rigidez efectiva lineal, el factor de amortiguamiento y todos los parámetros que se solicita para el sentido axial y en las direcciones X y Y.

Cumplimientos con la norma E.031 (2019):

La norma indica que las fuerzas cortantes de diseño del análisis modal espectral deben ser menor al 90% de la fuerza córtate por análisis sísmico estático o de fuerzas equivalentes V_b .

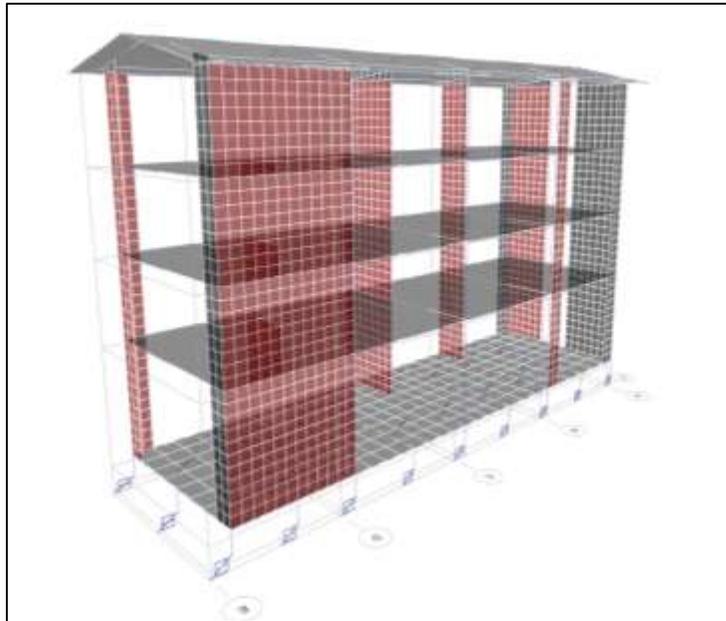


Figura 59. Acción del sistema de aislamiento en dirección X.

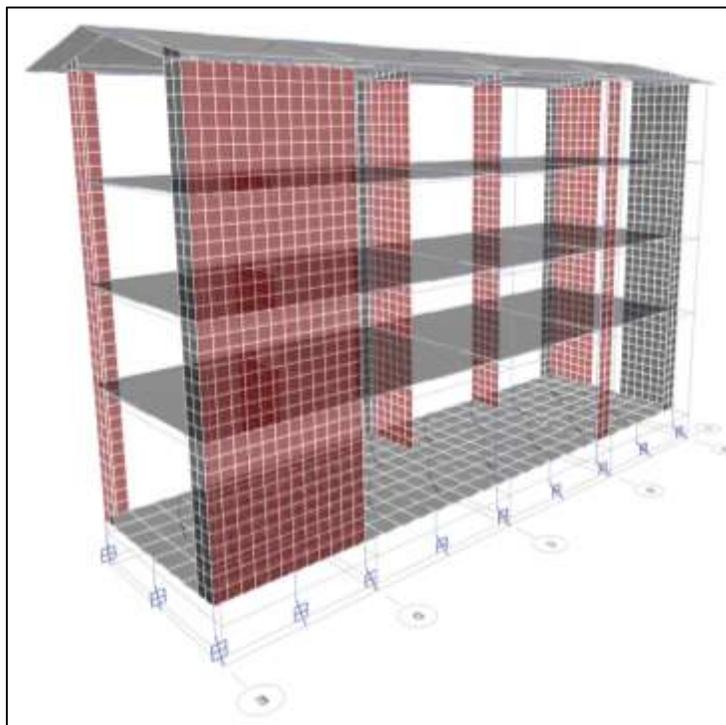


Figura 60. Acción del sistema de aislamiento en dirección Y.

Tabla 26

Cortante del análisis modal espectral del SMC.

Nivel	x	y
Story4	79.3227	77.6677
Story3	159.4054	154.746
Story2	240.4967	231.9247
Story1	329.117	315.5004
Story0	412.3403	393.4867
Base	0	0

$$V_x = 412.34tonf$$

$$V_b = 276.28tonf$$

$$412.34tonf > 248.652tonf$$

Si cumple con la sollicitación de la norma E.031.

$$V_y = 393.49tonf$$

$$V_b = 276.28tonf$$

$$393.49tonf > 248.652tonf$$

Si cumple con la sollicitación de la norma E.031.

Desplazamiento del sistema de aislamiento:

La norma E.031 establece que el desplazamiento máximo considerado, no debe ser menor que el 80% del desplazamiento total máximo DTM.

Del análisis estático se tiene:

$$D_{TM} = 0.329m$$

Tabla 27

Desplazamientos del análisis modal espectral del SMC.

Nivel	x	y
Story4	449.547	540.706
Story3	445.127	519.979
Story2	442.303	509.38

Story1	439.469	498.101
Story0	436.191	483.881
Base	0	0

$$80\%D_{TM} = 0.2632m$$

En la tabla se puede apreciar que los desplazamientos en las direcciones X y Y es mayor que el 80% del D_{TM} , por lo tanto se cumple con la sollicitación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la variación del comportamiento estructural de la edificación de SENATI – Cajamarca, bloque - A.

Tabla 28
Variación de periodos.

Modos	Base Fija [s]	Base Aislada [s]	Incremento [%]
1	0.464	2.641	469%
2	0.331	2.55	670%
3	0.248	2.506	910%
4	0.116	0.363	213%
5	0.095	0.235	147%
6	0.089	0.178	100%
7	0.082	0.112	37%
8	0.079	0.094	19%
9	0.065	0.088	35%
10	0.062	0.081	31%

Fuente. Elaboración propia, 2021.

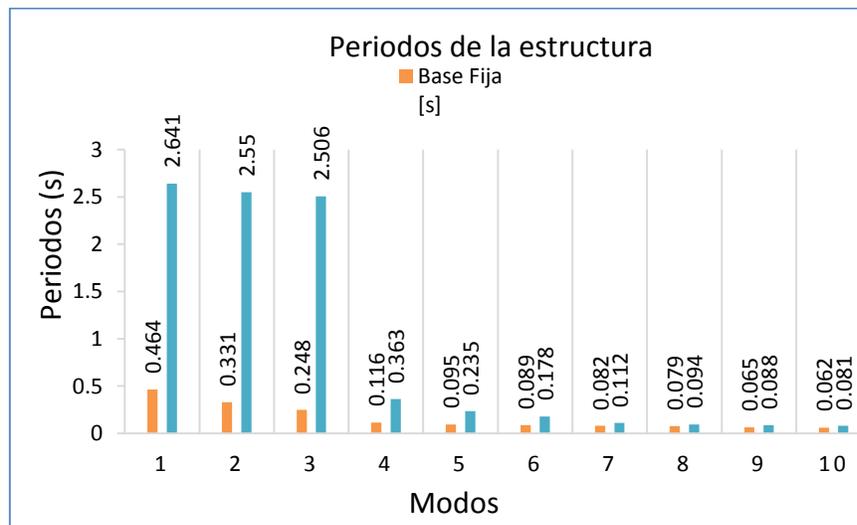


Figura 61. Comparación de periodos de base fija y base aislada.

Fuente. Elaboración propia, 2021.

En la tabla 28, se observa que los primeros periodos del sistema aislado tienen un incremento significativo, en la figura 62 se observa un periodo máximo de 2.641s con un incremento de 469% respecto a la base fija.

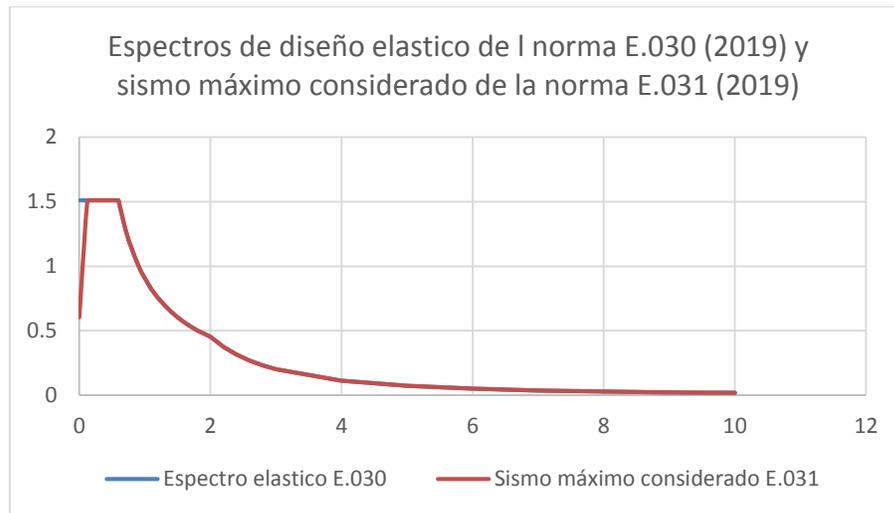


Figura 62. Espectro elástico de la norma E.030 (2019) vs Sismo máximo considerado de norma E.031 (2019).

Fuente. Elaboración propia, 2021.

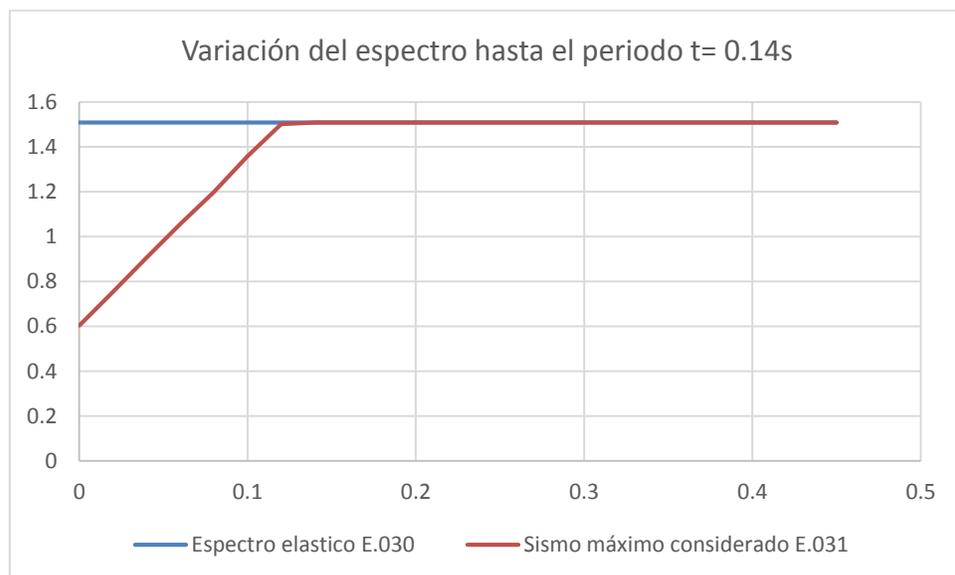


Figura 63. Ampliación de gráfico en zona de variación de los espectros.

Fuente. Elaboración propia, 2021.

En la figura 63 se puede apreciar una pequeña variación de los espectros, esta variación poco notable es debido que ambos espectros están trabajando a su máxima amplitud, el espectro elástico de la norma E.030 (2019) cuenta con un valor de uso $U = 1.5$, mientras que el espectro del sismo máximo considerado considera el valor de uso $U = 1$, la diferencia de los espectros es por un factor de amplificación = 1.5 lo que los hace similar en su amplitud. En el gráfico de ampliación podemos apreciar una pequeña variación, esto es debido al cálculo del factor de amplificación sísmica C de la norma E.031 (2019) que difiere de la norma E.030 (2019).

A continuación, se comparan los desplazamientos y derivas.

Tabla 29
Desplazamientos de base fija y base aislada.

Nivel	Base fija		Base aislada	
	X	Y	X	y
Story4	40.558	106.605	449.547	540.706
Story3	28.677	71.356	445.127	519.979
Story2	18.362	44.023	442.303	509.38
Story1	8.522	19.164	439.469	498.101
Story0	0	0	436.191	483.881
Base			0	0

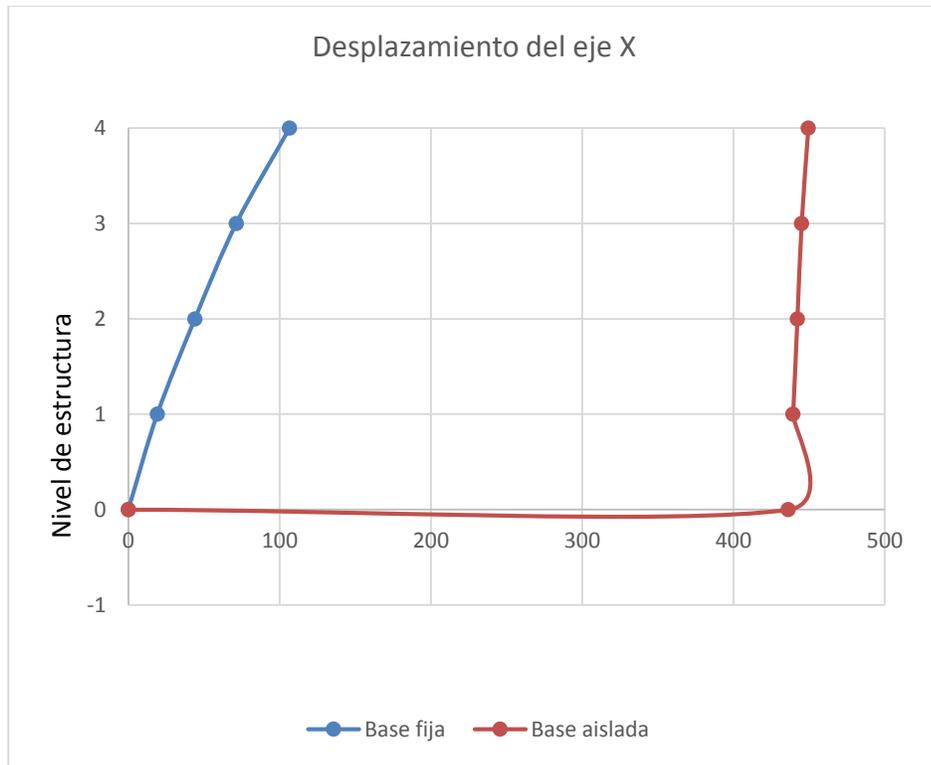


Figura 64. Variación de del desplazamiento en eje X.



Figura 65. Variación de del desplazamiento en eje Y.

El desplazamiento por piso de la estructura no es apreciable en punto de comparación por motivo que el aislador desplaza en su totalidad a la estructura separando el punto de origen base por el cual podemos comparar, la variación de se puede identificar en las derivas por piso ya que la deformación se da propiamente en la estructura.

Tabla 30
Derivas base fija y base aislada.

Nivel	Base fija		Base aislada		Reducción	
	X	Y	X	Y	(%) X	(%) Y
Story4	0.002753	0.008171	0.000941	0.003004	66%	63%
Story3	0.002798	0.007407	0.001036	0.002923	63%	61%
Story2	0.002629	0.006636	0.001082	0.003066	59%	54%
Story1	0.001608	0.003616	0.000974	0.002906	39%	20%
Story0	0	0	0.335532	0.371514	0	0
Base			0	0		

En la tabla 30, se aprecia las derivas en las direcciones X y Y, se observa una reducción máxima que va desde el nivel superior hasta el piso 1, en el nivel 0 se observa la deformación del aislador productor del esfuerzo y de los parámetros introducidos en el software ETABS.

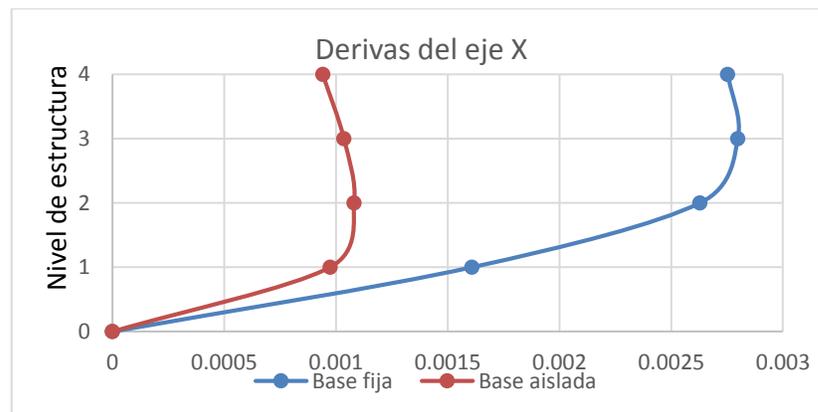


Figura 66. Base fija vs base aislada eje X.

Se observa que las derivas de las bases fijas si cumplen con lo mínimo de 0.007 solicitado por la norma E.030 (2019) y las derivas del sistema con aislador también cumplen con lo mínimo de 0.0035 solicitado por la norma E.031 (2019), el sistema de aislamiento reduce un 66% las derivas, en conclusión, el sistema de aislamiento presenta mejor respuesta sísmica a diferencia del diseño de sistema de base fija.

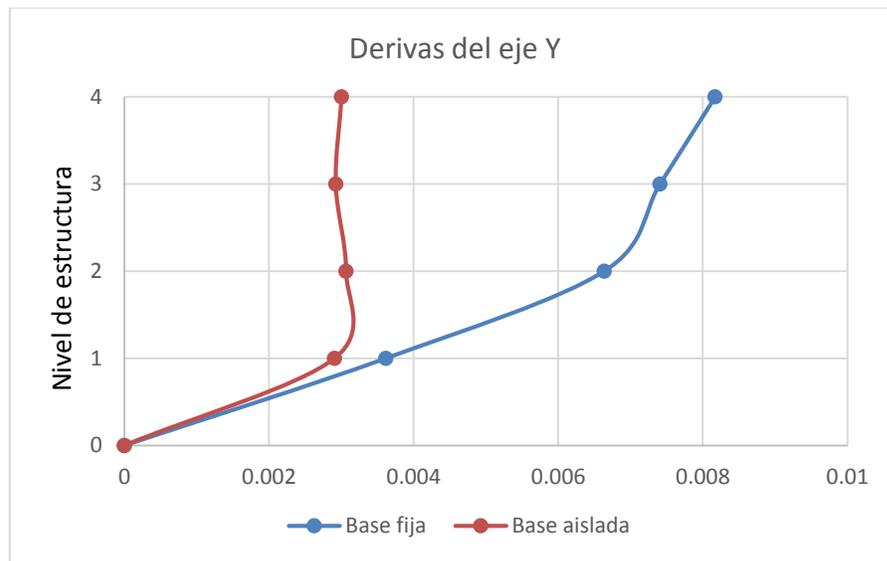


Figura 67. Base fija vs base aislada eje Y.

Se observa que la deriva de las bases fijas del 4to nivel no cumple con lo mínimo de 0.007 solicitado por la norma E.030 (2019) a diferencia de la deriva con el sistema de aislador se observa que esta cumple con lo mínimo de 0.0035 solicitado por la norma E.031 (2019), el sistema de aislamiento cumple muy bien la función de disipar la energía al punto de reducir en un 63% la deriva, en conclusión, el sistema de aislamiento presenta mejor respuesta sísmica y permite aceptar el diseño a diferencia del diseño de sistema de base fija.

- Fuerzas cortantes

Se considera realizar la comparación de las fuerzas máximas de los espectros de respuesta, para el sistema de base fija del espectro de la norma E.030 (2019) se consideró el espectro elástico con factor de reducción $R=1$, el espectro de sismo máximo considerado también debe tener el factor de reducción $R=1$ de esta manera se logra una comparación efectiva del sistema de aislamiento. Las estructuras deberían ser diseñadas considerando la máxima fuerza sin embargo no se considera por motivo que los elementos estructurales tendrían que ser de una dimensión mayor a lo usual lo que no sería económicamente factible.

Tabla 31
Cortantes de base fija y base aislada.

Nivel	Cortante de base fija		Cortante de base aislada		Reducción	
	X	y	X	y	(%) X	(%) Y
Story4	470.6827	402.7699	79.3227	77.6677	493%	419%
Story3	798.1907	665.3079	159.4054	154.746	401%	330%
Story2	1016.5174	838.942	240.4967	231.9247	323%	262%
Story1	1132.0057	931.0018	329.117	315.5004	244%	195%
Story0	0	0	412.3403	393.4867	0	0
Base	0	0	0	0	0	0

Empleando los aisladores sísmicos se logró disminuir considerablemente la fuerza por cortantes a más de un 200% del cortante de diseño elástico de la base fija de la norma E.030. El resumen de resultados se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 32
Resumen de resultados.

Parámetros	Máximo	Mínimo
Cortantes	493%	195%
Derivas	66%	20%
Periodos	910%	19%

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para evitar daños en la estructura de los edificios es necesario implementar aisladores sísmicos en su construcción, para iniciar se debe realizar un análisis sísmico exhaustivo tomando en cuenta el espectro elástico, zona de variación de espectros, desplazamiento X y Y en base fija y aislada y determinación de fuerzas cortantes.

Ante ello, se presentan dos normas técnicas de diseño sismorresistente la E030 (2019) y la E031 (2019), para el caso del bloque A del edificio SENATI - Cajamarca la deriva máxima permitida por la norma E-030 (2019) es de 0.007 y las derivas del sistema con aislador también cumplen con lo mínimo de 0.0035 solicitado por la norma E.031 (2019), el sistema de aislamiento reduce un 66% las derivas.

De igual forma, para la dirección “Y” se observa que la deriva de las bases fijas del 4to nivel no cumple con lo mínimo de 0.007 solicitado por la norma E.030 (2019) a diferencia de la deriva con el sistema de aislador se observa que esta cumple con lo mínimo de 0.0035 solicitado por la norma E.031 (2019), el sistema de aislamiento cumple muy bien la función de disipar la energía al punto de reducir en un 63% la deriva, en conclusión, el sistema de aislamiento presenta mejor respuesta sísmica y permite aceptar el diseño a diferencia del diseño de sistema de base fija.

(Hernández & Montesinos, 2019) afirman que en el mundo existen muchas estructuras construidas con aisladores y amortiguadores que fueron diseñadas con las especificaciones del FEMA274. Estas estructuras han tenido un buen comportamiento ante sismos de gran magnitud. Sin embargo, el uso de aisladores y amortiguadores no está muy extendido en el

Perú, quizás por la carencia de metodologías de diseño con estos dispositivos en nuestras normas y por la poca difusión de su comportamiento estructural. Dado que nuestro país se ubica en una zona de gran actividad sísmica, sería recomendable que la norma peruana E-030 también incluya una sección sobre el diseño de los aisladores y amortiguadores; de esta manera, se promovería el diseño y construcción de estructuras que contemplen estos dispositivos.

Sin embargo, (García, 2018) explica que el sistema de reforzamiento con marcos metálicos y disposición diagonal cubre todo el perímetro interior del pórtico. Esto dirige a que la columna falle por flexión, como había sido diseñada y no que falle por corte, ya que en esta región las aulas están cerradas con muros de ladrillo y alfeizar y con la fuerza sísmica podría ocurrir el efecto de columna corta. Pero, (Crisafulli, 2018) afirma que no hay un método o procedimiento establecido para la ubicación ni para el número de disipadores a usar. Este proceso se hizo de forma iterativa configurando los dispositivos de forma simétrica, variando la posición y sus propiedades hasta reducir las deformaciones límites excedidas. Sin embargo, (Bustamante, 2019) explica que el amortiguamiento de la estructura calculado a partir de la deriva objetivo fue de 30%, esto refleja el 25% de amortiguamiento del disipador más el 5% de amortiguamiento inherente a la estructura. Cuando la estructura requiera menos de 20% o más de 40% de amortiguamiento es mejor optar por otro sistema de protección que se adecue mejor a esas condiciones. Asimismo, (Trujillo, 2017) dice que las fuerzas siempre se mantuvieron dentro de su diagrama de resistencia, esto quiere decir que el elemento no está sobre esforzado. El diagrama de interacción de la columna C-2, muestra que con la adición de los disipadores de energía se reducen las fuerzas actuantes y las mantienen dentro

de su diagrama de resistencia. Reflejado también en las fuerzas de momento y corte que disminuyeron en 58 % y 56 % respectivamente.

Cabe destacar que como limitante de (Crisafulli, 2018) explica que se tiene la calidad de los materiales, se está considerando las especificaciones de los planos como $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y en el caso de los ladrillos, éstos son artesanales y no se está tomando en cuenta como población a aquellos colegios que sean modelo 780 pre-Norma de diseño sismorresistente construidos de manera artesanal y/o sin supervisión. Por otro lado, (Herrera, 2018) plantea como línea de investigación futura analizar otro modelo de infraestructura educativa que se hizo a gran escala en el Perú para locales escolares como es el sistema Apenkai con el fin de tener un conocimiento certero de su estado actual y de su desempeño ante sismos severos.

Como implicancia de este estudio brinda al aporte teórico de comportamiento estructural al aplicar aisladores sísmicos en edificios, porque los resultados mostrados al realizar el análisis sísmico reduciendo la deriva en un máximo de 66% y en un mínimo de 20%; las cortantes mejoraron entre 493% y 195% y los periodos mejoran entre 910% y 19%. En tal sentido, se llegó a la conclusión que el comportamiento estructural mejora notablemente al implementar aisladores sísmicos en un porcentaje mayor a 100%, por lo tanto, el edificio SENATI bloque A cumple con la norma de diseño sismorresistente E-030 (2019) y E-031 (2019), lo cual es necesario para instituciones educativas en donde es necesario que el edificio no presente fallas al ocurrir sismos severos y mantenga su estructura en condiciones adecuadas para cuidar la vida de los alumnos. Ante este contexto, los ingenieros civiles deben proponer la instalación de aisladores, ya que se demostró con los resultados que al implementarlos se

cumple con la normativa E-030 (2019) y E-031 (2019), y con ello se mejora el comportamiento estructural de los edificios.

Dentro de las recomendaciones se consideró que los aisladores sísmicos la calidad y tipo de aislador sísmico ya que influye directamente en el comportamiento estructural. También, es recomendable realizar los análisis sismorresistentes de acuerdo a las actualizaciones de las normativas.

En la conclusión general, se afirma la hipótesis ya que los aisladores sísmicos tipo LRB mejoran la variación del comportamiento estructural del edificio SENATI bloque A, estando dentro de los parámetros establecidos de la norma E-030 (2019) y E-031 (2019).

Como primera conclusión se tienen 10 periodos para la base fija que van desde 0.062 hasta 0.464 s, las derivas con base fija en el cuarto piso en X es de 0.002753 y en Y es de 0.008171; en el tercer piso en X es de 0.002798 y en Y es de 0.007407; en el segundo piso en X es de 0.002629 y en Y es de 0.006636; en el primer piso en X es de 0.001608 y en Y es de 0.003616; y para el piso 0 y base las derivas son cero. Los esfuerzos cortantes con bases fijas en el cuarto piso en X es de 470.6827 y en Y es de 402.7699; en el tercer piso en X es de 798.1907 y en Y es de 665.3079; en el segundo piso en X es de 1016.5174 y en Y es de 838.942; en el primer piso en X es de 1132.0057 y en Y es de 931.0018; y para el piso 0 y base los esfuerzos son cero.

Como segunda conclusión se tiene que el diseño de los aisladores sísmicos tipo LRB en la estructura del edificio SENATI bloque A, tiene como rigidez por aislador de 35.79 tonf/m, y el amortiguamiento efectivo lineal es de 20%.

Por última conclusión se tiene que al incorporar aisladores sísmicos en el edificio SENATI bloque A tipo LRB, los esfuerzos cortantes mejoran desde 195% hasta 493%, las derivas mejoran desde el 20% hasta el 66% y los periodos mejoran desde 19% hasta 910%.

Como conclusión se determina que los primeros periodos del sistema aislado tienen un incremento significativo, un periodo máximo de 2.641 s con un incremento de 469% respecto a la base fija.

REFERENCIAS

- Bustamante, A. (2019). Propuesta de aisladores sísmicos para la disipación de energía en el desempeño estructural por desplazamiento en edificaciones-Unach-Chota. (*tesis de pregrado*). Chiclayo, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30914/Bustamante_NA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carhuacusma, W. (2020). La influencia en el comportamiento sísmico del edificio residencial las terrazas con cimentación fija frente al uso del aislador elastomérico de alto amortiguamiento. (*tesis de pregrado*). Huancayo, Perú: Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8243/1/IV_FIN_105_TE_%20Carhuacusma_Chavez_2020.pdf
- Chopra, A. (1995). *Dynamics of Structures: theory and applications to earthquake engineering, chapter Earthquake Dynamics of Base Isolated Buildings*. New York: Prentice Hall.
- Crisafulli, F. (2018). Diseño sismorresistente de construcciones de acero. (*revista científica*). Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Obtenido de https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/disenosismorresistente_de_construcciones_de_acero-5ta_ed.pdf

Díaz, M. (2014). Optimización del diseño estructural de una edificación esencial mediante el empleo de disipadores viscosos. (*artículo científico*). Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/viewFile/272/240>

García, C. (2018). Estudio comparativo entre diseño convencional y diseño con aisladores sísmicos para el pabellón de aulas de tres niveles para la Universidad San Pedro Filial Sullana. (*tesis de pregrado*). Chimbote, Perú: Universidad San Pedro. Obtenido de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10391/Tesis_58887.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, A., & Montesinos, O. (2019). Análisis sísmico con disipadores de energía tipo viscoso como propuesta de reforzamiento del pabellón A modelo 780 del colegio N°2141 en la ciudad de Lima. (*tesis de oregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/635416/Hern%C3%A1ndez_NM.pdf?sequence=3

Herrera, M. (2018). DESEMPEÑO SÍSMICO EN EDIFICACIONES CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS Y AMORTIGUADORES DE FLUIDO. (*tesis de pregrado*). Piura, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3246/ICI_247.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huanca, J., & Melendez, M. (2016). ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL DE UNA EDIFICACIÓN CONVENCIONAL Y OTRA CON AISLADORES SÍSMICOS A NIVEL INTERMEDIO DE LA ESTRUCTURA EN LA CIUDAD DE TACNA. (*tesis de pregrado*). Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna. Obtenido de http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/158/1/Huanca-Chambilla-Jhessenia_Melendez-Limache-Marienela.pdf

INDECI. (2014). EVALUACIÓN DEL PELIGRO ASOCIADO A LOS SISMOS Y EFECTOS SECUNDARIOS EN PERÚ. (*informe*). Lima, Perú: INDECI. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20140926131431.pdf>

Leyton, M. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE AISLADORES SÍSMICOS EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS EN LIMA, PERÚ. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8648/LEYTON_MICHAEL_AISLADORES_SISMICOS_EDIFICIO_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Marín, A. (2020). Variación del comportamiento sísmico y costo de ejecución en el módulo “E” del colegio “Santa Teresita” con la norma E-0.30 del 2003 y del 2016. (*tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24738>

Mestanza, J. (2015). ANÁLISIS DE UNA EDIFICACIÓN MEDIANTE UN SISTEMA PROPUESTO DE AISLAMIENTO SÍSMICO DEL TIPO PÉNDULO

FRICCIONAL. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.

Obtenido de

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2372/mestanza_ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2018). NORMA TÉCNICA E.030 DISEÑO SISMO RESISTENTE. (*norma tecnica*). Lima, Perú. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/anexo-de-rm-n-355-2018-vivienda-mediante-la-cual-se-modi-anexo-rm-n355-2018-vivienda-1720685-1>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” y la incorpora al Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones. (*norma tecnica*). Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-norma-tecnica-e031-aislamie-decreto-supremo-n-030-2019-vivienda-1823291-2/#:~:text=031%20%E2%80%9CAislamiento%20S%C3%ADsmico%E2%80%9D%20y%20la,del%20Reglamento%20Nacional%20de%20E>

Ministerio de Vivienda, Cosntrucción y Saneamiento. (2009). Norma Técnica E.060 Concreto armado. (*norma*). Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf

Moncada, A. (2018). SISTEMA DE AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE PARA UN CENTRO DE SALUD DE 2° NIVEL DE ATENCIÓN EN LA CIUDAD DE

HUACHO SEGÚN NTP E.030 Y LA NORMA AMERICANA ASCE/SEI 7-10.

(*tesis de pregrado*). Huacho, Perú: Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez

Carrión.

Obtenido

de

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3118/MONCADA%20MONTORO%20ANDRES%20OSWALDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muñoz, A. (2016). Clases del curso de técnicas avanzadas de protección sísmica. (*maestría*).

Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de

[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/3.%20DISE%C3%91O%20DE%20HOSPITALES%20CON%20AISLAMIENTO%20S%C3%8DSDMICO%20EN%20EL%20PER%C3%9A_R5-](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/3.%20DISE%C3%91O%20DE%20HOSPITALES%20CON%20AISLAMIENTO%20S%C3%8DSDMICO%20EN%20EL%20PER%C3%9A_R5-%20Ing.%20Alejandro%20Mu%C3%B1oz.pdf)

[MICO%20EN%20EL%20PER%C3%9A_R5-](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/3.%20DISE%C3%91O%20DE%20HOSPITALES%20CON%20AISLAMIENTO%20S%C3%8DSDMICO%20EN%20EL%20PER%C3%9A_R5-%20Ing.%20Alejandro%20Mu%C3%B1oz.pdf)

[%20Ing.%20Alejandro%20Mu%C3%B1oz.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/3.%20DISE%C3%91O%20DE%20HOSPITALES%20CON%20AISLAMIENTO%20S%C3%8DSDMICO%20EN%20EL%20PER%C3%9A_R5-%20Ing.%20Alejandro%20Mu%C3%B1oz.pdf)

Portillo, A. (2019). Diseño de un hospital con aislamiento sísmico según la normativa

peruana. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Obtenido

de

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14234/PORTILLO_CAZORLA_AYMAR_RAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Siso, O. (2017). METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PÓRTICOS PLANOS

EN ACERO CONTROLADOS CON DISIPADORES HISTERÉTICOS

METÁLICOS BASADA EN ALGORITMOS GENÉTICOS DE CODIFICACIÓN

BINARIA. (*tesis de maestría*). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

Obtenido

de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/36765/SisoFloresOlympiaValentina2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Trujillo, E. (2017). DISEÑO INTEGRAL DE ESTRUCTURAS CON SISTEMA DE AISLACIÓN SÍSMICA APLICADO A UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO. (*tesis de pregrado*). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4108/Trujillo%20Benito.pdf?sequence=1>

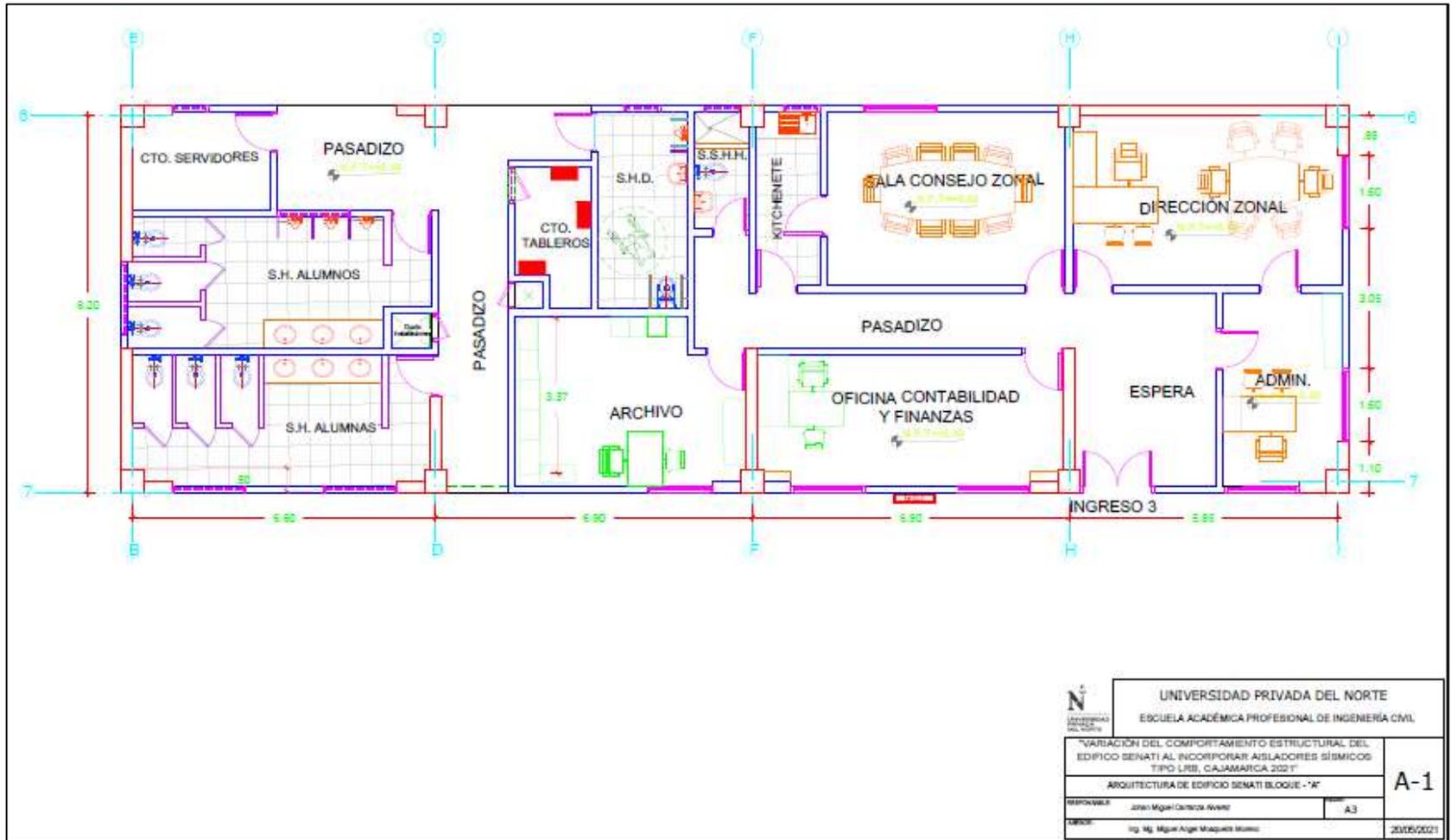
Vásquez, J., & Proaño, J. (2014). Análisis y diseño sísmico de un edificio en acero con aisladores sísmicos, modelamiento en el Etabs. (*tesis de pregrado*). Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2941>

ANEXOS

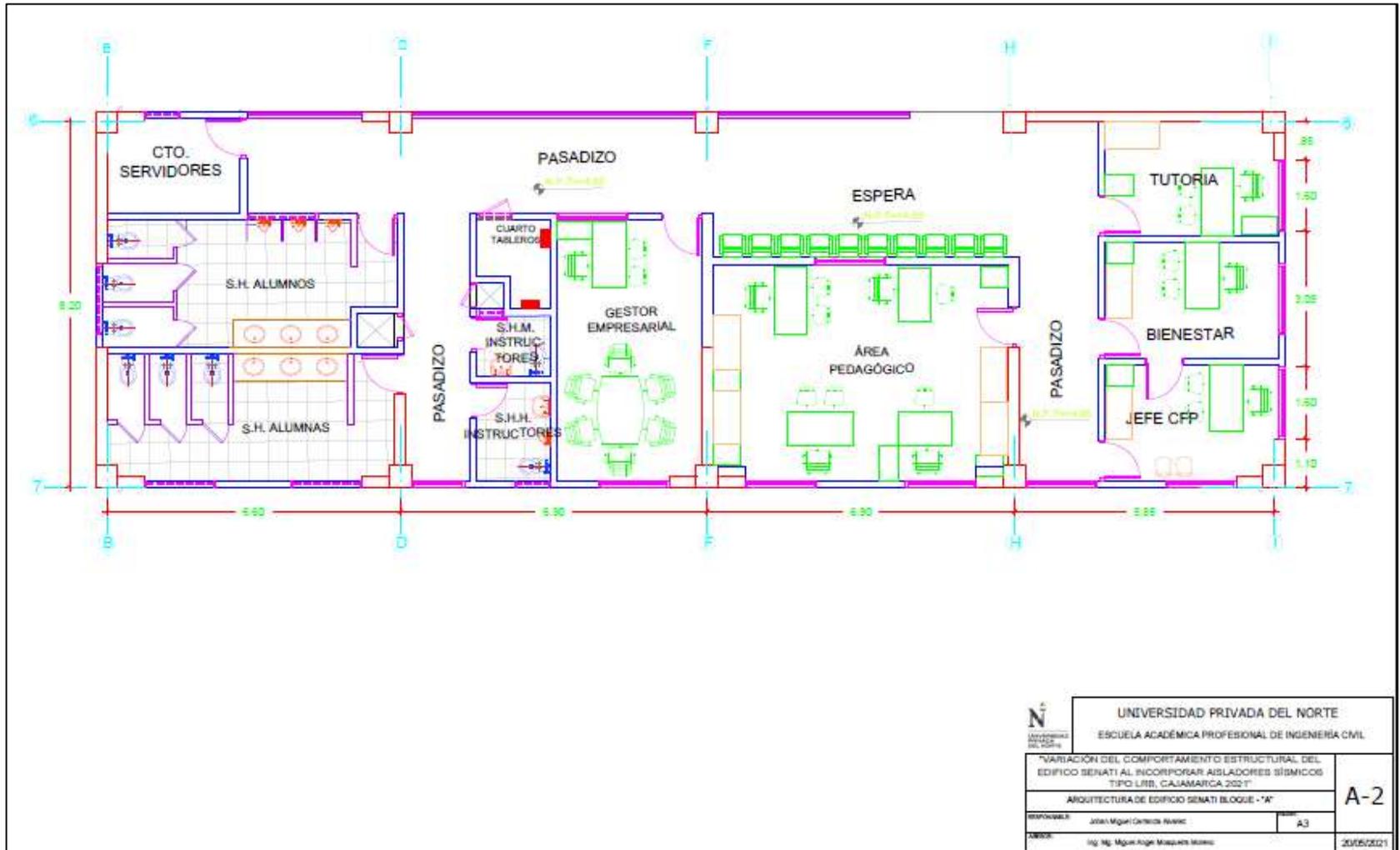
Anexo 1. Escala de Intensidades de Mercalli Modificada

GRADO	DESCRIPCION
I	No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido solo por muy pocas personas en reposo, especialmente en pisos altos. Objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido por personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como las producidas por el paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos se despiertan. Ventanas y puertas son agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunas ventanas y puertas de vidrio se rompen; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y paredes inestables. Daño leve.
VII	Muchas personas corren al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; caída de paredes inestables. Notado por personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras de diseño especial; considerable en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de paredes inestables, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Posibles procesos de licuación de suelos. Cambios en niveles de agua en pozos. Conductores en automóviles entorpecidos. En zonas costeras generación de tsunami. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas. Procesos de licuación de suelos. En zonas costeras generación de tsunami y procesos de licuación de suelos. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
X	Algunos edificios bien construidos en madera, destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. En zonas costeras generación de tsunami de gran envergadura y procesos de licuación de suelos. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos. En zonas costeras generación de tsunamis y procesos de licuación de suelos. En zonas andinas y subandinas, presencia de deslizamientos.
XII	Destrucción total.

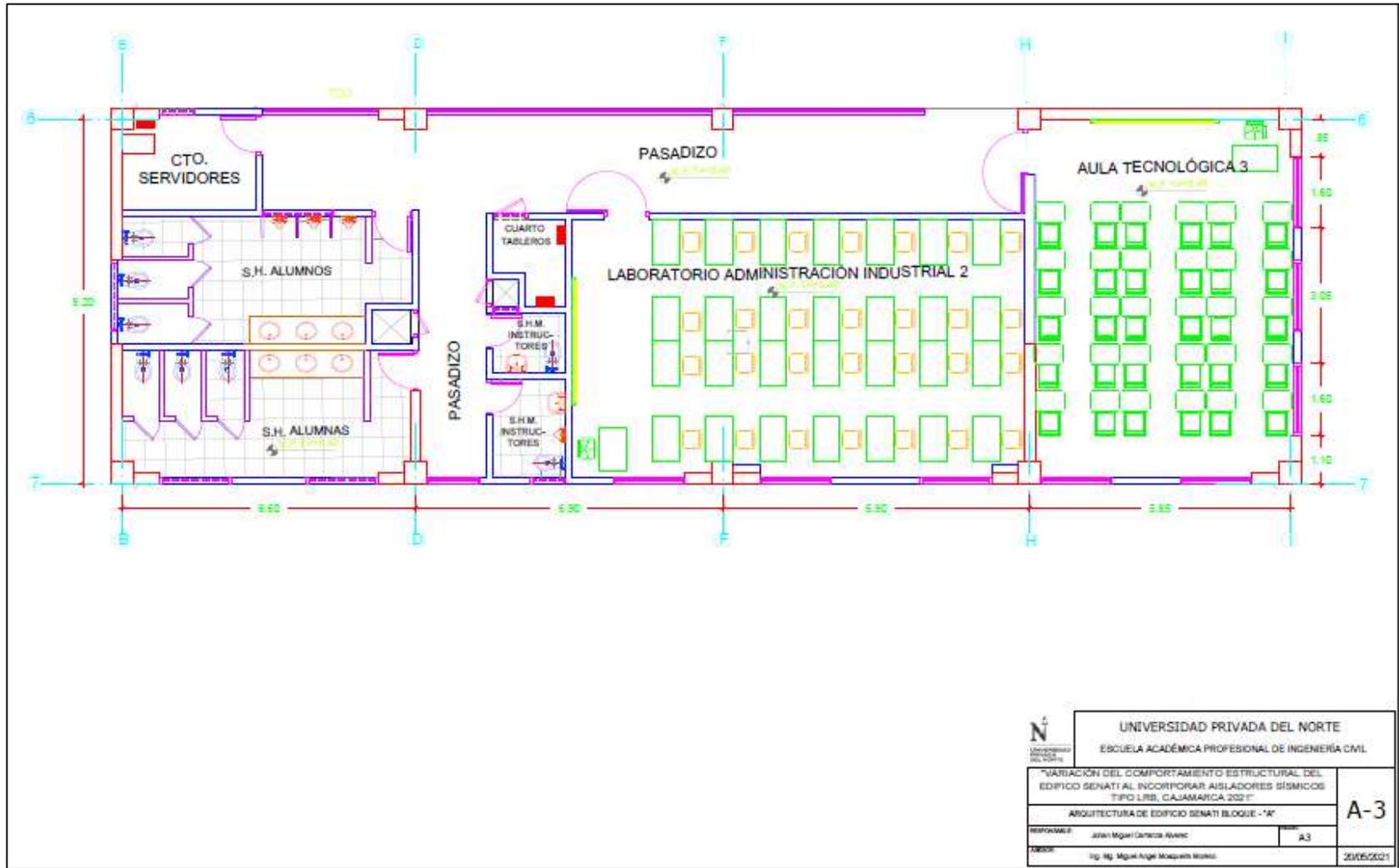
Anexo 2. Arquitectura primer piso



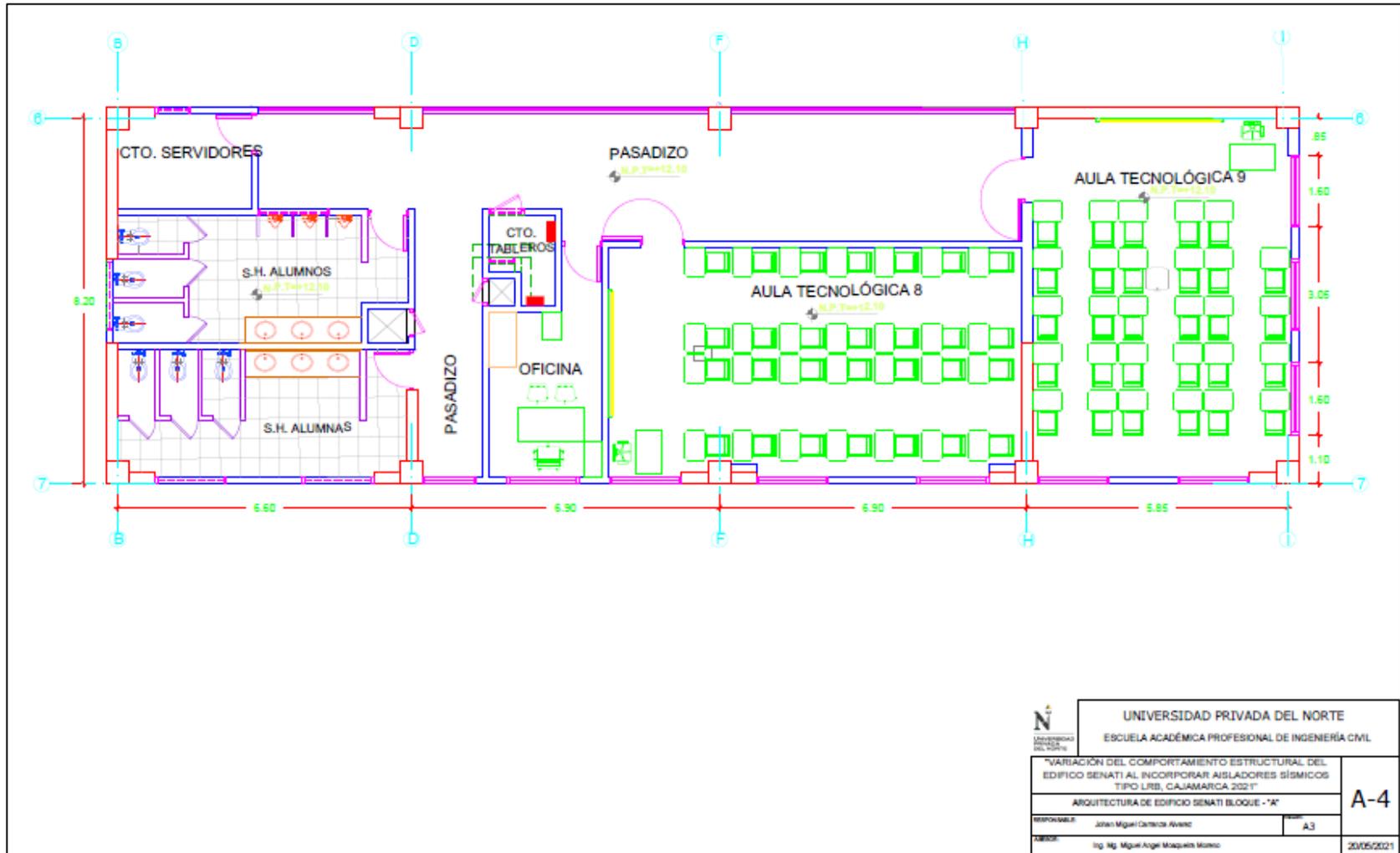
Anexo 3. Arquitectura segundo piso



Anexo 4. Arquitectura tercer piso



Anexo 5. Arquitectura cuarto piso



Anexo 6. Autorización de la empresa

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA	
---	---

Yo **BYDES ENRIQUE ALARCON CABALLERO**.....
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)

identificado con DNI **26605117**, en mi calidad de **.Director Zonal Cajamarca**.....
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)

..... del área de **. Dirección Zonal**.....
(Nombre del área de la empresa)

..... de la empresa/institución **SENATI**.....
(Nombre de la empresa)

con R.U.C N°**20131376503**....., ubicada en la ciudad de **Cajamarca**.....

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor.....**Johan Miguel Carranza Álvarez**.....
(Nombre completo del Egresado/Bachiller)

identificado con DNI N°...**46547541**..., egresado de la Carrera profesional o ()Programa de Postgrado de para
(Nombre de la carrera o programa)

que utilice la siguiente información de la empresa:

..... **Datos arquitectónicos y estructurales del edificio SENATI – Cajamarca**.....
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su ()Trabajo de Investigación, Tesis o ()Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de ()Bachiller, ()Maestro, ()Doctor o Título Profesional.

Adjunto a esta carta, está la siguiente documentación:

Ficha RUC
() *Vigencia de Poder (Para informes de suficiencia profesional)
() Otro (ROF, MOF, Resolución, etc. para el caso de empresas públicas válido tanto para Tesis, Trabajo de Investigación o Trabajo de Suficiencia Profesional).

** Nota: En el caso este formato se use como regularización o continuidad del trámite durante la coyuntura de emergencia – Covid19, se debe de omitir la "Vigencia de Poder" requerido para los informes de Suficiencia Profesional.*

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.
() Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
 Mencionar el nombre de la empresa.



Firma y sello del Representante Legal **
DNI: 26605117

****Este documento debe ser firmado por un representante inscrito en SUNAT y debe adjuntar una copia de su documento de identidad (DNI) para verificar la firma.**

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Egresado
DNI: 46547541

CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.04	NÚMERO VERSIÓN	06	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	25/06/2020				

Anexo 7. Ficha RUC



Reporte de Ficha RUC

SERVIC NAC DE ADIESTRAM EN TRABAJ INDUST
20131376503

Lima, 05/05/2021

Información General del Contribuyente	
Código y descripción de Tipo de Contribuyente	19 UNIVERS. CENTROS EDUCAT. Y CULT.
Fecha de Inscripción	04/05/1993
Fecha de Inicio de Actividades	19/12/1961
Estado del Contribuyente	ACTIVO
Dependencia SUNAT	0021 - INTENDENCIA LIMA
Condición del Domicilio Fiscal	HABIDO
Emisor electrónico desde	06/07/2016
Comprobantes electrónicos	BOLETA (desde 06/07/2016),FACTURA (desde 06/07/2016), (desde 06/01/2019)

Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	SENATI
Tipo de Representación	-
Actividad Económica Principal	8530 - ENSEÑANZA SUPERIOR
Actividad Económica Secundaria 1	93098 - OTRAS ACTIVID.DE TIPO SERVICIO NCP
Actividad Económica Secundaria 2	- - -
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	MANUAL/COMPUTARIZADO
Sistema de Contabilidad	COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	-
Actividad de Comercio Exterior	SIN ACTIVIDAD
Número Fax	-
Teléfono Fijo 1	1 - 5149700
Teléfono Fijo 2	1 - 5149717
Teléfono Móvil 1	1 - 945481314
Teléfono Móvil 2	-
Correo Electrónico 1	gliao@senati.edu.pe
Correo Electrónico 2	rangulo@senati.edu.pe

Domicilio Fiscal	
Actividad Económica Principal	8530 - ENSEÑANZA SUPERIOR
Departamento	LIMA
Provincia	LIMA
Distrito	INDEPENDENCIA
Tipo y Nombre Zona	-
Tipo y Nombre Vía	AV. ALFREDO MENDIOLA
Nro	3520
Km	-

Página 1 de 7



Mz	-
Lote	-
Dpto	-
Interior	-
Otras Referencias	CARR. PANAMERICANA NORTE KM. 15.2
Condición del inmueble declarado como Domicilio Fiscal	PROPIO

Datos de la Persona Natural / Datos de la Empresa

Fecha Inscripción RR.PP	-
Número de Partida Registral	-
Tomo/Ficha	-
Folio	-
Asiento	-
Origen de la Entidad	NACIONAL
País de Origen	-

Registro de Tributos Afectos

Tributo	Afecto desde	Exoneración		
		Marca de Exoneración	Desde	Hasta
IGV - OPER. INT. - CTA. PROPIA	01/12/2002	-	-	-
IGV - LIQUI COMPRA-RETENCIONES	22/03/2001	-	-	-
IGV-REG.PROVEEDOR.-RETENCIONES	01/02/2015	-	-	-
RETENC. RTA. LIQUIDAC. COMPRAS	01/02/2006	-	-	-
RENTA 4TA. CATEG. RETENCIONES	13/03/1986	-	-	-
RENTA 5TA. CATEG. RETENCIONES	23/12/1987	-	-	-
ESSALUD SEG REGULAR TRABAJADOR	01/07/1999	-	-	-
SNP - LEY 19990	01/10/1999	-	-	-

Representantes Legales



Tipo y Número de Documento	Apellidos y Nombres	Cargo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Nro. Orden de Representación
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD 07248131	OTOYA TERRONES FRANCISCO JAVIER	GERENTE	20/09/1961	14/10/2015	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	URB. RINCONADA DEL LAGO CAL. MICHIGAN 780	LIMA LIMA LA MOLINA	15 2089997	-	
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD 07902859	ANGULO LEON RICARDO RUBEN	GERENTE	10/03/1961	24/07/2012	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	URB. SOL DE LA MOLINA JR. RAPALLO 120(ALT. CDRA 12 Y 13 AV LA MOLINA)	LIMA LIMA LA MOLINA	15 -	-	
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD 08720663	ALVA GUSTAVSON GUSTAVO ADOLFO	DIRECTOR GENERAL	07/08/1963	01/05/2015	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	URB. LA ENCANTADA DE VILLA AV. SAN JUAN DE BUENA VISTA 365 Int C	LIMA LIMA CHORRILLOS	15 -	-	
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD 40772483	BASUALDO HILARIO ARTURO FRANCISCO	APODERADO	19/08/1980	23/03/2010	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	URB. ANGELICA GAMARRA CAL. 19 Mz F Lote 25	LIMA LIMA LOS OLIVOS	15 2089998	-	
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD 43318456	CAMOGLIANO PAZOS RAUL ERNESTO	DIRECTOR	10/07/1957	20/04/2011	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	URB. SIRIUS CAL. LOS CARRIZOS 178	LIMA LIMA LA MOLINA	15 -	-	

Establecimientos Anexos							
Código	Tipo	Denominación	Ubigeo	Domicilio	Otras Referencias	Condición Legal	Licencia
0033	SUCURSAL	-	APURIMAC ANDAHUAYLAS	AV. EJERCITO 785	FRENTE AL PARQUE EL	ALQUILADO	-

Página 3 de 7



0033	SUCURSAL	-	ANDAHUAYLAS		CAMPESINO		
0056	SUCURSAL	-	LA LIBERTAD VIRU VIRU	AV. VIRU S/N	-	ALQUILADO	-
0042	SUCURSAL	U.O. SJ MIRAFLO	LIMA LIMA SAN JUAN DE MIRAFLORES	URB. PAMPLONA BAJA AV. DE LOS HEROES 273	-	ALQUILADO	-
0094	SUCURSAL	-	PUNO PUNO PUNO	AV. EL ESTUDIANTE 700	-	PROPIO	-
0016	SUCURSAL	-	TUMBES TUMBES TUMBES	A.H. MIGUEL GRAU CAR. PANAMERICANA NORTE Mz E	-	PROPIO	-
0017	SUCURSAL	-	PIURA TALARA PARIÑAS	URB. APROVISER II ETAPA AV. 2 Mz A2 Lote 0001	-	PROPIO	-
0007	SUCURSAL	19	ANCASH SANTA CHIMBOTE	URB. BELLA MAR AV. UNIVERSITARIA SN	-	PROPIO	-
0087	SUCURSAL	-	HUANCAVELICA HUANCAVELICA HUANCAVELICA	JR. SAN JUAN EVANGELISTA S/N	PREDIO VACA CORRAL CHUÑURANRA	PROPIO	-
0041	SUCURSAL	SENATI CALLAO	PROV. CONST. DEL CALLAO PROV. CONST. DEL CALLAO VENTANILLA	URB. CIUDAD SATELITE AV. PEDRO BELTRAN 672	-	CESION EN USO.	-
0040	SUCURSAL	-	PASCO PASCO TINYAHUARCO	C.C. COM.CAMP.VILLA DE PASCO AV. INDUSTRIAL 501	-	PROPIO	-
0008	SUCURSAL	19	JUNIN HUANCAYO EL TAMBO	JR. LAS VIOLETAS 401	-	PROPIO	-
0009	SUCURSAL	19	UCAYALI CORONEL PORTILLO CALLERIA	AV. CENTENARIO Km 4.50	-	CESION EN USO.	-
0019	SUCURSAL	-	PIURA SECHURA SECHURA	Z.I. V CAL. 7 Mz A Lote 12	-	PROPIO	-
0018	SUCURSAL	-	PIURA PAITA PAITA	A.H. TABLAZO SAN FRANCISCO CAL. LOS COCOS Mz 13 Lote 01	-	PROPIO	-
0058	SUCURSAL	-	LA LIBERTAD TRUJILLO VICTOR LARCO HERRERA	URB. SAN ANDRES V ETAPA AV. VICTOR LARCO HERRERA 893	-	PROPIO	-
0061	SUCURSAL	-	LIMA LIMA VILLA EL SALVADOR	--- VES CAL. LOS EBANISTAS, PARCELA PARQUE INDUSTRIAL Mz I Lote 8	-	PROPIO	-
0045	SUCURSAL	-	JUNIN SATIPO RIO NEGRO	SEC. RIO NEGRO AV. ALAMEDA MARGINAL SUR 743	-	CESION EN USO.	-
0044	SUCURSAL	-	PIURA SULLANA SULLANA	URB. SANTA ROSA AV. CHAMPAGNAT 1510	-	PROPIO	-
0046	SUCURSAL	-	JUNIN CHANCHAMAYO SAN RAMON	URB. VIRGEN DE LOURDES JR. LOS OROPELES 906	-	PROPIO	-
0032	SUCURSAL	-	AYACUCHO HUAMANGA AYACUCHO	--- 16 DE ABRIL JR. AYACUCHO 201	-	PROPIO	-
0031	SUCURSAL	-	ICA ICA SUBTANJALLA	AV. PRINCIPAL SN	ANTES 28 DE JULIO - SUBJANTALLA	PROPIO	-
0030	SUCURSAL	-	ICA CHINCHA	AV. LAS GARDENIAS	KM	PROPIO	-

Página 4 de 7



0030	SUCURSAL	-	CHINCHA ALTA	120	PANAMERICANA SUR 201 CHINCHA BAJA		
0029	SUCURSAL	-	HUANUCO HUANUCO AMARILIS	URB. LA PRIMAVERA CAL. - Mz D Lote 5	-	PROPIO	-
0062	SUCURSAL	-	LIMA LIMA LIMA	--- CERCADO DE LIMA AV. 28 DE JULIO 715	-	PROPIO	-
0028	SUCURSAL	-	JUNIN YAULI LA OROYA	CAR. CARRETERA A YAULI Km 174	AV ALMIRANTE GRAU	PROPIO	-
0027	SUCURSAL	-	LIMA LIMA SURQUILLO	CAL. BARBARA D ACHILLE 230	URB CALERA DE LA MERCED	CESION EN USO.	-
0026	SUCURSAL	-	LIMA CAÑETE SAN VICENTE DE CAÑETE	URB. SANTA ROSA DE HUALCARA AV. SANTA ROSA - COLEGIO NACIONAL IMPERIAL S/N	-	ALQUILADO	-
0010	SUCURSAL	19	ICA PISCO PISCO	RES. PARACAS AV. LAS AMERICAS CALLE 4 SN	CALLE 4	PROPIO	-
0060	SUCURSAL	-	LIMA LIMA SAN JUAN DE LURIGANCHO	AV. CANTO GRANDE 114	MZA H ZONA 1 CANTO GRANDE	ALQUILADO	-
0095	SUCURSAL	-	PUNO SAN ROMAN JULIACA	URB. TAPARACHI AV. UNIVERSAL Lote B1B	OTRO LOTE B1C	PROPIO	-
0037	SUCURSAL	-	PUNO SAN ROMAN JULIACA	URB. MUNICIPAL DE TAPARACHI Mz K Lote 02	LOTES 03, 04 , 05	PROPIO	-
0004	SUCURSAL	19	SAN MARTIN MOYOBAMBA MOYOBAMBA	AV. ALMIRANTE MIGUEL GRAU 707	BARRIO CALVARIO	PROPIO	-
0003	SUCURSAL	19	LAMBAYEQUE CHICLAYO CHICLAYO	AV. JUAN TOMIS STACK 990	-	PROPIO	-
0002	SUCURSAL	19	CAJAMARCA CAJAMARCA LOS BAÑOS DEL INCA	AV. MANCO CAPAC 292	-	PROPIO	-
0021	SUCURSAL	-	LIMA LIMA VILLA EL SALVADOR	--- PARQUE INDUSTRIAL AV. PALOMA PACHACUTEC Mz I Lote 1	-	PROPIO	-
0001	SUCURSAL	19	PIURA PIURA PIURA	--- BARR. NORTE CAL. LIBERTAD NORTE 250 Int 3	-	PROPIO	-
0011	SUCURSAL	19	CUSCO CUSCO WANCHAQ	--- CERCADO DE WANCHAQ CAL. PEDRO VILCAPAZA 305	-	CESION EN USO.	-
0012	SUCURSAL	19	AREQUIPA AREQUIPA AREQUIPA	Z.I. PARQUE INDUSTRIAL CAL. MIGUEL FORGA 246	-	PROPIO	-
0013	SUCURSAL	19	TACNA TACNA CIUDAD NUEVA	CAL. BAQUIJANO Y CARRILLO 130	CALLE C	PROPIO	-
0014	SUCURSAL	19	LIMA LIMA INDEPENDENCIA	AV. ALFREDO MENDIOLA 3540	-	PROPIO	-
0020	SUCURSAL	-	ANCASH HUARAZ HUARAZ	--- VILLON ALTO --- LOS GIRASOLES Mz 176A Lote 01	-	PROPIO	-
0015	SUCURSAL	19	LIMA LIMA SAN MARTIN DE PORRES	URB. INGENIERIA PJ. ESQUINA ISIDRO ALCIBAR Y MAURO	-	PROPIO	-

Página 5 de 7



0015	SUCURSAL	19	LIMA LIMA SAN MARTIN DE PORRES	VALDERRAMA S/N			
0005	SUCURSAL	19	LORETO MAYNAS IQUITOS	AV. DE LA BENEMERITA GUARDIA 1752	1762	PROPIO	-
0036	SUCURSAL	-	MOQUEGUA ILO ILO	---- PAMPA INALÁMBRICA ---- SECTOR II SN	PAMPA INALÁMBRICA, SECTOR II, AREA 10	PROPIO	-
0035	SUCURSAL	-	MADRE DE DIOS TAMBOPATA TAMBOPATA	AV. MARCO RUIZ C 4	PUERTO MALDONADO	PROPIO	-
0034	SUCURSAL	-	APURIMAC ABANCAY ABANCAY	Z.I. PATIBAMBA ALTA AV. CIRCUNVALACION SN	ABANCAY - PATIBAMBA ALTA	PROPIO	-
0006	SUCURSAL	19	LA LIBERTAD TRUJILLO LA ESPERANZA	Z.I. PARQUE INDUSTRIAL Lote 28A	FRENTE A WICHANZAO	PROPIO	-
0075	SUCURSAL	-	JUNIN JAUJA HUARIPAMPA	JR. AMARGURA 872	-	CESION EN USO.	-
0089	SUCURSAL	-	LIMA HUAURA HUACHO	CAL. SAN ROMAN 340	-	ALQUILADO	-
0073	SUCURSAL	-	AMAZONAS CHACHAPOYAS CHACHAPOYAS	JR. MIRAFLORES 446	-	ALQUILADO	-
0074	SUCURSAL	-	PIURA PIURA VEINTISEIS DE OCTUBRE	Z.I. II ETAPA CAL. PROLONGACION 06 Mz Y Lote 2A	-	PROPIO	-
0077	SUCURSAL	-	LA LIBERTAD TRUJILLO LAREDO	---- PRIMER CORREDOR AV. TRUJILLO Lote 09	-	CESION EN USO.	-
0066	SUCURSAL	-	CAJAMARCA JAEN JAEN	---- SECTOR MORRO SOLAR AV. PAKAMUROS 782	-	ALQUILADO	-
0091	SUCURSAL	-	AREQUIPA ISLAY MOLLENDO	URB. LAS AMBARINAS S/N	MOLLENDO	PROPIO	-
0092	SUCURSAL	-	PUNO SAN ROMAN JULIACA	JR. MARIANO NUÑEZ 239	TERCER PISO	ALQUILADO	-
0097	SUCURSAL	510	LIMA HUAURA HUAURA	PRO. AV SAN MARTIN 510 Y CORONEL PORTILLO 517 510	-	PROPIO	-
0098	SUCURSAL	-	TACNA TACNA TACNA	CAL. BOLIVAR 294	AL COSTADO DE LA CAMARA DE COMERCIO	ALQUILADO	-
0100	SUCURSAL	-	AMAZONAS UTCUBAMBA CAJARURO	U.V. CAJACURO JR. 27 OCTUBRE 316	COSTADO PLAZA ARMAS	CESION EN USO.	-
0101	SUCURSAL	-	LIMA CAÑETE SAN VICENTE DE CAÑETE	---- CAÑETE AV. CONDORAY S/N	-	PROPIO	-
0102	SUCURSAL	-	SAN MARTIN SAN MARTIN TARAPOTO	BAR. HUAYCO JR. MARTINEZ COMPAGÑON 1095	-	ALQUILADO	-
0103	SUCURSAL	-	JUNIN CHANCHAMAYO CHANCHAMAYO	URB. LA MERCED JR. AREQUIPA 422	-	ALQUILADO	-
0106	SUCURSAL	-	LAMBAYEQUE CHICLAYO CHICLAYO	---- CERCADO DE CHICLAYO CAL. 7 DE ENERO 676	-	ALQUILADO	-
0112	SUCURSAL	UCP IQUITOS ETI	LORETO ALTO AMAZONAS	OTR. LORETO JR. 15 DE AGOSTO Mz A Lote	-	ALQUILADO	-

Página 6 de 7



0112	SUCURSAL	UCP IQUITOS ETI	YURIMAGUAS	01			
0113	SUCURSAL	-	LIMA LIMA SAN JUAN DE LURIGANCHO	--- SAN JUAN DE LURIGANCHO AV. LAS LOMAS 877	-	PROPIO	-

Dependencia SUNAT: INTENDENCIA LIMA

Fecha: 05/05/2021

Hora: 10:03

Página 7 de 7



Jefe del área de Servicios
SUNAT

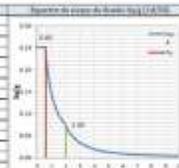
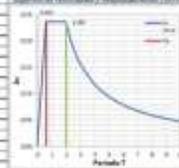
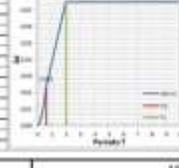
Sr. Contribuyente, al solicitar el presente Reporte Electrónico, debe tener en cuenta lo siguiente:

- La información mostrada corresponde a lo registrado por usted a través de SUNAT Operaciones en Línea.
- El máximo de reportes a ser generados por día es TRES (03). A partir del 4to reporte, se toma el último reporte generado. La generación del reporte en el día siempre muestra los datos registrados hasta el día anterior.
- Es importante que, para efectos de mantenerlo informado sobre sus obligaciones y facilidades, actualice sus datos en el RUC, como correo electrónico, teléfono fijo y teléfono celular.
- Puede validar y visualizar el reporte electrónico generado a través del código QR ubicado en la parte inferior derecha del presente documento o colocando la siguiente dirección en la barra del navegador:

<https://www.sunat.gob.pe/cl-ti-itreporteec-visor/reporteeec/reportecertificado/descarga?doc=ke%2F0xJBSME1kGBKfllSjyzeWfgpLbAjt7AopL6bfOrxNixG9L9YUc8i%2FA3okFshAcN6MM8W7Q9zi08U%2FBYOkALJgRzYVGAI03ADhVcn8Deg%3D>



Anexo 8. Herramienta de recolección de datos

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Civil		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
FICHA - MODELAMIENTO: DATOS ESSENCIALES		FICHA - MODELAMIENTO: ANÁLISIS ESTRUCTURAL	
TEMA: VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE SENATI AL INCORPORAR AISLADORES SÍSMICOS TIPO LRB, CAJAMARCA 2021		TEMA: VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE SENATI AL INCORPORAR AISLADORES SÍSMICOS TIPO LRB, CAJAMARCA 2021	
UBICACIÓN: Cajamarca	NORMA: E030 2018	UBICACIÓN: Cajamarca	NORMA: E030 2018
RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez	ASESOR: Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno	RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez	ASESOR: Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno
ETAPA: EVALUACIÓN DE DATOS SÍSMICOS		ETAPA: ANÁLISIS ESTRUCTURAL ESTÁTICO	
FACTOR DE ZONA SÍSMICA		PERFIL DE SUELO	
Zona = 2B	Tipo de suelo = S2	Cálculo del esfuerzo cortante en la base: $V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$ Consideraciones de C/Rod.11: C/R = 0.42	
PARAMETROS DE SÍTIO		FACTOR DE ZONA Z = 0.35	
S = 1.15	Período Tp = 0.60	FACTOR DE USO U = 1.5	
Período TL = 2.00		Índice DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA C = 2.5	
CATEGORÍA DE EDIFICIO, FACTOR DE USO Y PERÍODO FUNDAMENTAL		PARAMETROS DE SÍTIO S = 1.15	
Categoría = A2 (Especiales)	T = Tp C = 2.5	COEFICIENTE DE REDUCCIÓN R = 6	
U = 1.5	Tp = T * TL C = 2.576(T)		
C1 = 50	T = TL C = 2.576(T)/T(2)		
T1 = 0.579			
T2 = 0.419			
C = 2.5			
COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN Y FACTORES DE IRREGULARIDAD		EXONENTE DEL PERÍODO FUNDAMENTAL	
Rbx = 6	Muros estructurales	Kx = 1	
Rby = 6	Muros estructurales	Ky = 1	
Ia = 1	Regular		
Ip = 1	Regular		
R1 = 6	Coefficiente de reducción		
R2 = 6	Coefficiente de reducción		
COEFICIENTE DE CORTANTE BASAL		MASA SÍSMICA	
Z*U*C*S/R = 0.252		= 1198.8	
RESPONSABLE: Johan Miguel Carranza Alvarez		ASESOR: Dr. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
Escuela Profesional de Ingeniería Civil					
FICHA - MODELAMIENTO: ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
TESIS:	VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE SENATI AL INCORPORAR AISLADORES SÍSMICOS TIPO LRB, CAJAMARCA 2021				
UBICACIÓN:	Cajamarca	NORMA:	E030 2018	CODIGO:	UPN-IR-01
RESPONSABLE:	Johan Miguel Carranza Alvarez	ASESOR:	Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
CAPACIDAD PORTANTE					
σ	=	1.27	kg/cm ²	Según estudios de suelos	
TIPO DE CIMENTACIÓN					
Zapatas continuas rígidas, con vigas de cimentación, de concreto armado, con Cemento Portland tipo MS, debiendose usar preferentemente concreto premezclado.					
MATERIAL DE RELLENO					
RELLENO GW	=	95% MDS	COMPACTADO		
CONCRETO					
VIGAS DE CIMENTACIÓN $f'c$	=	210	kg/cm ²		
COLUMNAS, VIGAS DE CONFINAMIENTO	=	175	kg/cm ²		
RECUBRIMIENTO					
LOSA, COLUMNAS Y VIGAS CHATAS	=	2	cm		
PÓRTICOS Y VIGAS PERALTADAS	=	4	cm		
VIGAS DE CIMENTACIÓN	=	5	cm		
SUPERFICIE CONTACTO CON TERRENO	=	7.5	cm		
CARAS SUPERIOR Y LATERALES	=	5	cm		
CONCRETO SIMPLE					
SOLADOS	=	100	cm		
CIMIENTOS	=	100	cm	+	30% PG
SOBRECIMENTOS	=	140	cm	+	25% PM
RESPONSABLE			ASESOR		
Nombre:	Johan Miguel Carranza Alvarez		Nombre:	Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	

Anexo 9. Dynamic isolation systems



DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

Isolator Engineering Properties

Metric Units

DEVICE SIZE				MOUNTING PLATE DIMENSIONS					
Isolator Diameter, D_1 (mm)	Isolator Height, H (mm)	Number of Rubber Layers, N	Lead Diameter D_L (mm)	L (mm)	t (mm)	Hole Qty.	Hole ϕ (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

(1) The axial load capacities provided correspond to maximum displacements based on design limits of 250% rubber shear strain or 2/3 the isolator diameter. An isolator's actual displacement and load capacity are dependent on the rubber modulus and number of rubber layers.

(2) Rubber Shear Modulus (G) are available from 0,38 N/mm² to 0,70 N/mm².

(3) Elastic Stiffness (Ke) for analytical modeling may be taken as 10-times the yielded stiffness (Kd).

(4) Kd range shown in table is typical for most projects. If needed for specific projects, Kd values up to three times the maximum shown in the range can be achieved by limiting the displacement capacity to 2/3 of the shown value.

Isolator Diameter, D_1 (mm)	DESIGN PROPERTIES			Maximum Displacement, D_{max} (mm)	Axial Load Capacity P_{max} (kN)
	Yielded Stiffness, K_d (kN/mm)	Characteristic Strength Q_d (kN)	Compression Stiffness, K_c (kN/mm)		
305	0,2-0,4	0-65	>50	150	450
355	0,2-0,4	0-65	>100	150	700
405	0,3-0,5	0-110	>100	200	900
455	0,3-0,7	0-110	>100	250	1,150
520	0,4-0,7	0-180	>200	300	1,350
570	0,5-0,9	0-180	>500	360	1,800
650	0,5-1,1	0-220	>700	410	2,700
700	0,5-1,4	0-220	>800	460	3,100
750	0,7-1,6	0-265	>900	460	3,600
800	0,7-1,6	0-265	>1,000	510	4,000
850	0,7-1,8	0-355	>1,200	560	4,900
900	0,7-1,9	0-355	>1,400	560	5,800
950	0,7-2,0	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0,8-2,0	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0,9-2,1	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1,1-2,1	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1,2-2,3	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1,4-2,5	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1,6-2,5	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1,8-2,5	0-1,025	>6,500	910	40,000

