

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DISEÑO ANTISÍSMICO PARA UNA ESTRUCTURA  
DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE UN EDIFICIO  
EN EL DISTRITO DE CHORRILLOS-LIMA-2019**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Cabrera Abanto Euler Yonel**

**ASESOR:**

**Ing. Vladimir Ordóñez Camposano**

Línea de Investigación Institucional:

**TRANSPORTE Y URBANISMO**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios por estar siempre a mi lado apoyándome. Por ser quien me dio la vida y el don de la perseverancia y la paciencia para nuestros semejantes.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional para que pudiera lograr la meta de ser profesional y por ser mis guías hacia el camino de la superación.

Bach: Euler Yonel Cabrera Abanto

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a mi alma mater Universidad Peruana los Andes por haberme cobijado en sus aulas durante el tiempo que duro esta larga travesía, permitiéndome así formarme como profesional.

A los ingenieros, quienes brindaron su tiempo, dedicación y conocimientos durante la vida universitaria.

Bach: Euler Yonel Cabrera Abanto

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.  
Presidente

---

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza.  
Jurado

---

Ing. Christian Mallaupoma Reyes.  
Jurado

---

Mg Julio Fredy Porras Mayta.  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario Docente

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
CAPÍTULO I.....	15
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Planeamiento del problema.....	15
1.2. Delimitación del problema.....	17
1.3. Formulación y sistematización del problema.....	19
1.3.1. Problema general.....	19
1.3.2. Problema específico.....	19
1.4. Justificación.....	19
1.4.1. Práctica o social.....	19
1.4.2. Científica o teórica .....	20
1.4.3. Metodológica.....	20
1.5. Delimitaciones.....	21
1.5.1. Espacial.....	21
1.5.2. Temporal.....	21
1.5.3. Económica .....	21
1.6. Limitaciones.....	21
1.7. Objetivos .....	22

1.7.1. Objetivo general .....	22
1.7.2. Objetivo específico .....	22
CAPÍTULO II .....	23
MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. Antecedentes .....	23
2.2. Marco conceptual .....	28
2.3. Definición de términos .....	34
CAPÍTULO III .....	37
HIPÓTESIS .....	37
3.1 Hipótesis general .....	37
3.2 Hipótesis específicas .....	37
3.3 Variables .....	38
3.3.1 Definición conceptual de la variable .....	38
3.3.2 Definición operacional de la variable .....	38
3.3.3 Operacionalización de la variable .....	40
CAPÍTULO IV .....	42
METODOLOGÍA .....	42
4.1 Método de investigación .....	42
4.2 Tipo de investigación .....	42
4.3 Nivel de investigación .....	43
4.4 Diseño de la investigación .....	43
4.5 Población y muestra .....	43
4.5.1 . Población .....	43
4.5.2 Muestra .....	43
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44

4.6.1	Técnicas de recolección de datos .....	44
4.6.2	Instrumentos de recolección de datos .....	44
4.7	Procesamiento de la información .....	45
4.7.1	Desarrollo de la investigación .....	45
4.7.2	Propiedades para el módulo P1 .....	46
4.7.3	Propiedades del aislador LRB .....	48
4.7.4	Análisis elástico para propósitos de diseño .....	55
4.7.5	Análisis por cargas de gravedad .....	55
4.8	Técnicas y análisis de datos .....	56
CAPÍTULO V .....		57
RESULTADOS .....		57
4.1.	Generalidades .....	57
4.1.1.	Objetivo .....	57
4.1.2.	Ubicación del proyecto .....	57
4.1.3.	Descripción del proyecto .....	58
4.1.4.	Características Estructurales .....	59
4.1.5.	Descripción de la Estructura .....	63
4.1.6.	Normativa .....	64
4.1.7.	Propiedades Mecánicas del Material .....	65
4.2.	Procedimiento de Evaluación .....	68
4.3.	Estados de Carga .....	68
4.3.1.	Cargas Muerta (D) .....	68
4.3.2.	Carga Viva (L) .....	69
4.4.	Análisis sísmico .....	70
4.4.1.	Masas .....	72

4.4.2. Espectro de diseño .....	73
4.4.3. Verificación de cortantes .....	75
4.4.4. Verificación de derivas .....	75
4.4.5. Combinaciones de cargas .....	78
4.4.6. Inclusión de aisladores en la base.....	78
CAPÍTULO V .....	106
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	106
CONCLUSIONES .....	110
RECOMENDACIONES .....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	113
ANEXOS .....	119



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de consistencia .....	40
Tabla 2 Propiedades de los materiales .....	47
Tabla 3 Metrado de cargas para el módulo P1.....	55
Tabla 4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	56
Tabla 5 Parámetros para el cálculo del Espectro de Respuesta .....	71
Tabla 6 Verificación de Cortantes .....	75
Tabla 7 Verificación de Derivas .....	76
Tabla 8 Desplazamientos TH-LIMA66 - XX.....	104
Tabla 9 Desplazamientos TH-LIMA66 - YY .....	105
Tabla 10 Derivas - TH-LIMA66 - XX.....	105
Tabla 11 Derivas - TH-LIMA66 - YY.....	105
Tabla 12	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización de estudio .....	18
Figura 2 Configuración de un muro de albañilería confinada .....	34
Figura 3 Cuadro de columnas .....	48
Figura 4 Ubicación del proyecto.....	58
Figura 5 Columnas y Vigas .....	58
Figura 6 Losa aligeradas y losa maciza .....	59
Figura 7 Aislador LEAD RUBBER BEARING (LBR) .....	59
Figura 8 Estructuras del edificio .....	61
Figura 9 Distribución arquitectónica del edificio .....	62
Figura 10 Modelo Matemático .....	63
Figura 11 Concreto .....	65
Figura 12 Acero Corrugado .....	66
Figura 13 Mampostería.....	67
Figura 14 Modelo Matemático para el Análisis Estructural .....	68
Figura 15 Carga Muerta.....	69
Figura 16 Carga Viva.....	70
Figura 17 Zonificación Sísmica.....	71
Figura 18 Calculo de Masas de la Estructura .....	72
Figura 19 Espectro XX .....	73
Figura 20 Espectro YY .....	74
Figura 21 Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad .....	75
Figura 22 Comportamiento de una estructura de base fija y otra con base aislada .....	79
Figura 23 Modelo con base Fija y Modelo con base Aislada.....	80
Figura 24 Análisis plano en dirección X y en dirección Y con el método aproximado de Rayleigh Ritz .....	81
Figura 25 Modelo matemático de la edificación con aislación en la base.....	82
Figura 26 Registro de Lima 66 – EW (cm/s <sup>2</sup> ).....	83
Figura 27 Registro de Lima 66 – NS (cm/s <sup>2</sup> ).....	83
Figura 28 TH - EW Lima 66 (cm/s <sup>2</sup> ).....	84
Figura 29 TH - NS Lima 66 (cm/s <sup>2</sup> ).....	85
Figura 30 Aislador .....	86
Figura 31 Verificación del Periodo Asumido .....	102

Figura 32 Función Rampa TH .....	102
Figura 33 Caso de Carga – TH LIMA66 - YY .....	103
Figura 34 Datos insertados del cálculo manual en el LINK-LRB .....	104

## RESUMEN

La presente investigación de planteo como problema general: ¿Cuál es el diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019?, cuyo objetivo general fue: Evaluar el diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019 y la hipótesis general consistió en: El diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada permite absorber la energía sísmica para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019; en esta investigación, se utilizó el método inductivo, tipo aplicada, nivel fue descriptivo – comparativo de diseño no experimental. La población estuvo definida por los 4 edificios en la Urbanización San Genaro, distrito de Chorrillos, Lima, Perú con características similares y la muestra conformó por el terreno ubicado en la calle 9, Mz Y, lote 25, Urb. San Genaro, distrito de Chorrillos, Lima. Producto de la investigación se concluyó que: Las normativas E.020, E.030, E.031, E.050, E.060 y E.070 fueron empleados durante todo el proyecto con mucha rigurosidad, por ejemplo, se aplicó cada parámetro requerido por la E.020 para el metrado de las cargas; mediante los coeficiente y regulaciones que exige la E.030 se pudo efectuar las combinaciones de carga sísmica; la E.031 para las edificaciones con sistemas de aislamiento sísmico, la E.050 para realizar estudios de mecánica de suelos, con el propósito de cimentación de edificaciones y otras obras; la E.060 para fijar las peticiones y condiciones para el análisis, el diseño, los materiales, el control de calidad, entre otros; y por último la norma E.070 que desarrolla regulaciones para la albañilería confinada al detalle que favoreció conseguir datos fidedignos para el ingreso a los distintos softwares (Etabs v16.02. y SAP 2000 V18 0.1); permitiendo analizar el diseño antisísmico de una estructura de albañilería confinada en un edificio en el distrito de Chorrillos

**Palabras claves:** Diseño antisísmico, aislador de núcleo de plomo. albañilería confinada.

## ABSTRACT

The present research raises as a general problem: What is the anti-seismic design with the incorporation of the lead core insulator at the base of the confined masonry structure for a four-story building in the district of Chorrillos-Lima-2019?, whose objective The general hypothesis was: To evaluate the anti-seismic design with the incorporation of the lead core insulator at the base of the confined masonry structure for a four-story building in the district of Chorrillos-Lima-2019 and the general hypothesis consisted of: The anti-seismic design with the incorporation of the lead core insulator at the base of the confined masonry structure allows to absorb seismic energy for a four-story building district of Chorrillos-Lima-2019, in this investigation, the inductive method was used, applied type, level was descriptive - comparative of non-experimental design. The population was defined by the 4 buildings in the San Genaro Urbanization, district of Chorrillos, Lima, Peru with similar characteristics and the sample was made up of the land located on Calle 9, Mz Y, lot 25, Urb. San Genaro, district of Chorrillos, Lima. As a result of the investigation, it was concluded that: The regulations E.020, E.030, E.031, E.050, E.060 and E.070 were used very rigorously throughout the project, for example, it was applied each parameter required by E.020 for metering loads; Through the coefficients and regulations required by E.030, it was possible to carry out the seismic load combinations; E.031 for buildings with seismic isolation systems, E.050 to carry out soil mechanics studies, for the purpose of building foundations and other works; E.060 to set the requests and conditions for analysis, design, materials, quality control, among others; and finally the E.070 standard that develops regulations for masonry confined to detail that favored obtaining reliable data for entering the different software (Etabs v16.02. and SAP 2000 V18 0.1); allowing to analyze the anti-seismic design of a confined masonry structure in a building in the district of Chorrillos

**Keywords:** Anti-seismic design, lead core insulator. confined masonry.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Diseño antisísmico para una estructura de albañilería confinada de un edificio en el distrito de Chorrillos-Lima-2019; surge debido a la actividad sísmica que sufre el departamento de Lima, por ello es vital la implementación de sistemas antisísmicos en las construcciones para la protección y seguridad de cada familia Chorrillana. Entonces al realizar las evaluaciones a los diseños elásticos de la estructura estaremos dando mayor seguridad al usuario disminuyendo las pérdidas económicas de reparaciones o reforzamientos posteriores a los desastres.

El desarrollo de esta investigación incluye 5 capítulos, de los cuales son:

Capítulo I: Problema de investigación, considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, la delimitación de la investigación, las limitaciones y los objetivos.

Capítulo II: Marco Teórico, establece los antecedentes de la investigación, marco conceptual, terminología, hipótesis y definiciones de las variables.

Capítulo III: Metodología de investigación, explica el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas y herramientas para la recopilación de datos, técnicas y procesamiento de información, así como el análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados, relacionado con los objetivos y supuestos.

Capítulo V: Discusión de los resultados relacionados con los antecedentes y otra bibliografía.

Para finalizar se dan a conocer las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliografía y anexos.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planeamiento del problema

El país se halla en un área altamente sísmica porque está dentro del Cinturón del Fuego del Pacífico, a la vez, el 80% de los terremotos globales ocurren en esta zona. En Perú, la mayoría de los terremotos ocurren cuando la placa de Nazca y Continental colisionan entre sí, a lo que se le denomina convergencia tectónica. La fricción generada sucede cuando una de las placas roza a la otra por debajo de esta última, moviéndose a una velocidad aproximadamente de 9 centímetros por año, lo cual causa que se descargue una fuerte energía de ondas a las cuales Mosqueira (2013) denomina ondas sísmicas.

Anillo de fuego del pacifico



Fuente: SeismicKnowledge

Esta realidad exige que los estándares de construcción sean altos y que se cumpla con la normatividad existente. La implementación de estándares de diseño sísmico para edificios en Perú comenzó en 1964. El primer borrador del estándar peruano se basa en el código de la Asociación de Ingeniería Estructural de California (SEAOC). El primer estándar fue publicado en 1970, el segundo y el tercero en los años 1977 y 1977 respectivamente. Hoy por hoy, sigue válida la Norma Técnica de Edificación E – 030 (NTE – 030), emitida en el año 2003 y actualizado en el nuevo Reglamento Nacional de Edificaciones difundido en el mes de junio del año 2006. Asimismo, el Proyecto de Norma E.030 – Diseño Sismorresistente fue sometido a debate desde el 20 de enero del año 2014 hasta el día en que este documento es publicado (Cutimbo, 2014).

Debido a nuestra constante actividad sísmica en el Perú ya se han realizado diversos estudios sísmicos ya sean considerados, en viviendas multifamiliares, colegios, hospitales, etc. De esta manera, se ha podido determinar las deficiencias estructurales de las edificaciones, lo que conlleva a establecer estrategias de mitigación al fin de prevenir las pérdidas de vidas humanas, daños estructurales y daños materiales.

El diseño sismo resistente de un edificio de albañería confinada con la finalidad de reducir los daños estructurales durante la actividad sísmica en el distrito de chorrillos- lima-Perú es un tópico importante, estudiarla es altamente necesario. Debido a la pérdida económica y de vidas causadas por los terremotos, el impacto de estos en los edificios siempre ha sido y será objeto de investigación.

En lo que respecta a la vulnerabilidad de los elementos no estructurales se concluyó que afectaría en los edificios cuando ocurra un sismo.



**Figura 1**



*Fuente:* Elaboración propia.  
Grietas de edificios en zona de fachada

## **1.2. Delimitación del problema**

### **➤ Ubicación del estudio**

- Región: Lima
- Provincia: Lima
- Distrito: Chorrillos
- Área Construida: 180 m<sup>2</sup>

El proyecto se encuentra en la calle 9 Mz. y Lt.25 urbanización san Genaro distrito de Chorrillos. Es un edificio unifamiliar que cuenta con 4 pisos. El primer piso, se ubican 4 estacionamientos y un mini departamento. Los pisos superiores poseen dos departamentos por piso con un área total de 180m<sup>2</sup>.

**Figura N° 2**



*Fuente: Plano de ubicación - Unlinium*

**Figura 3**  
*Localización de estudio*



*Fuente: ESCALE –MINEDU, 2019*

### **1.3. Formulación y sistematización del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es el diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019?

#### **1.3.2. Problema específico**

a) ¿Cuál es el resultado de la rigidez con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos?

b) ¿Cuál es el resultado del amortiguamiento con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos?

c) ¿Cuál es la vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos?

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Práctica o social**

Gran parte de la población peruana no tiene un hogar seguro, ya que la popular industria de la construcción y mercado inmobiliario se atienden desde hace muchos años, principalmente por el sector informal. Esto conlleva a la incógnita de que tan segura están los habitantes en sus viviendas, debido a que los edificios multifamiliares ahora tienen un sistema de muros estructurales, los que son solo una masificación cuya resistencia está a prueba hoy en día. Por tanto, es importante analizar el impacto de la interacción suelo.

Entonces, al evaluar el diseño elástico de la estructura, proporcionaremos a los usuarios una mayor seguridad, lo que reducirá las pérdidas económicas asociadas a la

reparación o refuerzo en caso de accidente. Por estas razones surgió la idea de hacer este trabajo, con un propósito de ejecutar un diseño antisísmico perteneciente a un edificio de una estructura de albañilería E070. El proyecto se encuentra en San Genaro distrito de Chorrillos-cuidad de Lima, Perú, y el suelo es intermedio.

#### **1.4.2. Científica o teórica**

El nivel de caídas de edificios en sismos, provoca dos fenómenos asociados: un incremento de construcciones sin estudios previos realizados, es muy importante realizar un estudio a cada vivienda ya construida para evaluar en qué tipo de situaciones se encuentra. Impedir que continúen con las construcciones de manera ilegales, sin ninguna mano de obra calificada en la urbanización. Al mismo tiempo, también promueve la investigación y la implementación de sistemas para abordar problemas de salud pública y calidad de vida con una construcción segura con bajos costos de este sistema y a la vez contribuyendo al medio ambiente.

#### **1.4.3. Metodológica**

Dado que la ocurrencia de terremotos depende del tipo de zona, la instalación de sistemas antisísmicos en los edificios es necesaria para la protección y seguridad de todos. Comprender y aplicar estos métodos puede mejorar considerablemente la calidad con que los edificios son construidos y, por ende, la de quienes habitan dicho lugar. En cuanto a la implementación de sistemas antisísmicos, los países industrializados han logrado grandes ventajas, las ventajas son: construcción antisísmica (edificios en Japón), sistema antisísmico, uso de cada edificio, mayor seguridad vial en el área de construcción evitando caídas. En este caso el diseño antisísmico como alternativa en una estructura de albañería confinada en un edificio es favorecido mediante este sistema.

## **1.5. Delimitaciones**

### **1.5.1. Espacial**

Esta tesis se aplicó en el terreno para realizar el diseño sismo resistente ubicado en la calle 9, Mz Y, lote 25, Urb. San Genaro, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

### **1.5.2. Temporal**

El presente estudio fue llevado a cabo entre los meses de junio y diciembre del año 2020.

### **1.5.3. Económica**

Mientras fue llevada a cabo esta investigación, se hizo uso de recursos financieros, humanos, materiales e informáticos, los cuales permitieron analizar el diseño antisísmico en una estructura donde se propone el uso de albañilería confinada en un inmueble ubicado en el distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima; cabe resaltar que los gastos de la investigación fueron cubiertos en su totalidad por el tesista.

## **1.6. Limitaciones**

Durante la elaboración de esta investigación se presentaron algunas limitaciones que afectan su desarrollo los mismo que incluyen:

No existen mediciones con equipos tecnológicos de acelogramas en el distrito de Chorrillos para mostrar las variaciones de aceleración.

El tiempo de estadía en el terreno fue corto para llevar a cabo todas las evaluaciones respectivas.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Evaluar el diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019.

### **1.7.2. Objetivo específico**

- a) Determinar la rigidez con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.
  
- b) Evaluar el resultado del amortiguamiento con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.
  
- c) Establecer la vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Cynthia Fernanda Vergara Navarrete, en sus tesis “Estudio comparativo de aisladores sísmicos FPS de primera y segunda generación”, tesis para obtener el grado de Magister en Estructuras y Ciencias de los Materiales y presentada en la Universidad Central del Ecuador. Tiene el objetivo de Comparar el comportamiento sísmico de estructuras de altura pequeña, mediana y alta con aisladores sísmicos FPS de Primera Generación y de Segunda Generación. Teniendo un tipo de investigación Descriptiva. Y concluyendo que Las estructuras aisladas tienen menor período de vibración y menor aceleración frente a un Sismo de Diseño “DE” que frente a un Sismo Máximo Considerado “MCE”, es decir que el aislador se comporta de acuerdo a las necesidades generadas, garantizando la estabilidad de la estructura

Oscar Marcelo Gutiérrez Rodríguez, en sus tesis “Estudio comparativo para determinar la eficiencia y aplicabilidad de aisladores sísmicos de base y diagonales con amortiguadores, como sistemas de protección sísmica de edificios de acero en la ciudad de Quito”, tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil y presentada en la Pontificia

Universidad Católica del Ecuador. Tiene el objetivo de realizar un estudio comparativo entre edificios de acero de 5, 10, 15, 20 y 30 pisos de altura con aisladores sísmicos de base y diagonales con amortiguadores, ubicados en la ciudad de Quito, para determinar la eficiencia, aplicabilidad y respuesta sísmica de estos sistemas de protección de estructuras frente a eventos sísmicos. Teniendo un tipo de investigación Descriptiva. Y concluyendo que al comparar el cortante basal real o de diseño elástico para las estructuras convencionales y aisladas, se observa que se cumple claramente el objetivo de un sistema de aislamiento que es reducir la demanda sísmica en la estructura. Este parámetro refleja claramente la pérdida de eficiencia al aislar estructuras cada vez más altas, ya que en edificio de 5 pisos se logra una reducción de 69% hasta una reducción del 34% en el edificio de 30 pisos

Parra (2017) ejecuto el cálculo y diseño estructural antisísmico de la edificación fundamentándose en normativas ecuatorianas de construcción renovadas definiendo su viabilidad en la ciudad de Quito, Parroquia Conocoto. Concluyó que cambiar el plan arquitectónico de un proyecto de fondo hace que sea casi imposible hacer comparaciones de edificios, pero se puede notar que los edificios prefabricados se utilizan para construir edificios con mampostería estructural, lo que ayuda a reducir el tiempo de construcción en comparación con los edificios construidos. por métodos tradicionales.

El aislador sísmico es colocado entre la estructura y la fundación para que así se transmitan la menor cantidad de movimientos a la estructura al ocurrir el sismo. Por el contrario, si no se colocara el aislador el suelo va a transmitir una gran cantidad de vibraciones hacia la estructura (Genatios & Lafuente, 2016).

Los aisladores al ser muy flexibles incrementarán el periodo fundamental de vibración por lo que las fuerzas inducidas por el sismo sobre la estructura disminuirán de manera significativa. Las deformaciones se concentrarán en los aisladores sísmicos por



lo que la estructura percibirá solo pequeñas deformaciones, además los aisladores sísmicos tendrán un efecto de amortiguamiento el cual disipará la energía producto de los sismos (Genatios & Lafuente, 2016).

Bernal, Ordoñez y Ruiz (2019) demostraron que el método directo del diseño sísmico fundamentado en desplazamientos (DDBD) puede ser otra opción para el estudio de sismos en distintas construcciones como puentes, sistemas estructurales combinados, pórticos en concreto reforzado, entre otros. El sistema se utiliza en el edificio LEÓN IV diseñado por Miyamoto International Colombia, que está conformado por un pórtico a base de concreto reforzado, lo cual se puede analizar por el método de fuerza horizontal equivalente (FHE) y el método DDBD. Concluyeron que al momento de emplear el software de diseño estructural SAP2000 y ETABS para realizar el análisis matemático anterior, se encontró que existen diferencias y variaciones en el edificio LEON IV, mostrando diferentes fuerzas que actúan en cada piso del edificio en cada estudio, así como el cambio realizado en el cortante basal y los desplazamientos de la estructura del inmueble.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Mamani Quispe, Alfredo, en sus tesis "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO, SISTEMAS DE AISLADORES CON RESPECTO AL SISTEMA CONVENCIONAL PARA LAS EDIFICACIONES ESENCIALES, DEL HOSPITAL DEL CALLAO – LIMA – CALLAO 2017", tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil y presentada en la Universidad Cesar Vallejo. Tiene el objetivo de evaluar el comportamiento de los sistemas estructurales de aislación con respecto al sistema convencional, para el buen desempeño de menor movimiento sísmico en la provincia del Callao– Lima. Teniendo un tipo de investigación Aplicada y Descriptivo. Y concluyendo que en el sistema aislado ocurren menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura y que al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, por lo tanto, menores aceleraciones y como consecuencia las fuerzas sísmicas disminuirán, lo cual contribuirá a menores movimientos en el diseño.

Chacón y Paz (2016) analizaron el rendimiento del sismo en los predios escolares comunes 780 post 97 del litoral costero. Para su estudio aplicaron el análisis dinámico incremental (IDA), y así examinar objetivamente la respuesta estructural de 780 escuelas típicas como la 97, el cual se evaluaron especialmente los de 3 aulas, de 2 y 3 niveles. Primero obtuvieron los resultados del modelo de Análisis Incremental Dinámico (IDA). Luego, con base en la información contenida en el modelo, compile una matriz de daños que represente un aumento en el daño del disco., y luego se obtiene una función de distribución y sensibilidad condicional, y la pérdida se expresa directamente en forma de costo de reparación. La baja pérdida de los edificios de enseñanza 780 post 97 de dos y tres niveles puede alcanzar una potencia de pseudoaceleración de 1,5 g. Estos edificios se encuentran aproximadamente en un rango irreparable y el valor se acerca a los 2,5 g. Por

lo tanto, concluyeron que poseen una buena resistencia sísmica en frente a sismos raros y acatan el criterio del diseño sismorresistente bajo la norma E.030 de manera satisfactoria.

Carrasco y Villanueva (2019) ejecutaron el modelado estructural, estudio y planteamientos sísmicos de un edificio de albañilería que auxilie a reducir la autoconstrucción de edificios de albañilería confinada ubicados en la ciudad de Jaén. Asimismo, consideraron los predios comerciales más comunes de la zona. En términos metodológicos, el diseño arquitectónico se efectuó de acuerdo con la norma A.020, empleando el software Etabs. Concluyeron que los sismos estáticos son más fuertes que los dinámicos, pero con desplazamientos en los ejes “X” e “Y” menores a los limitados por la norma E.030. Este proyecto constructivo de los componentes de albañilería está planteado a base de la data obtenida del software Etabs según la norma E.070. Luego, la cimentación se dio por medio del software Safe, para un suelo S3 con capacidad admisible de 1, 1.20 y 1.8 kg/cm<sup>2</sup>, para 3, 4 y 5 niveles correspondientemente; para una cimentación de profundidad 1.10m. Asimismo, consiguieron las dimensiones adecuadas para la superestructura y subestructura, como también de las cuantías de acero que se requerían mínimamente.

Ayrton Edgardo chuman & Bermeo Cristopher Israel Valladares Ojeda. En su tesis “Análisis y diseño estructural comparativo de una edificación de quince niveles, con y sin aisladores sísmicos elastomérico con núcleo de plomo, ubicada en el distrito de Pimentel”, tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil y presentada en la Universidad San Martín De Porres. Tiene el objetivo de realizar el análisis y diseño estructural comparativo, de una edificación de 15 niveles con y sin aisladores sísmicos elastoméricos con núcleo de plomo. Teniendo una investigación de tipo de cuasi experimental. Y concluyendo que es clara la ventaja estructural y económica que ofrece el uso de aisladores LRB en todo tipo de edificaciones, con los que es posible evitar colapsos,

resguardar los bienes muebles, asegurar la operatividad de la estructura pasado el evento sísmico a pesar del desplazamiento a nivel de aislación que eventualmente retomaría su posición inicial gracias a su núcleo de plomo con la capacidad de recrystalizarse a temperatura ambiente

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Desempeño sísmico**

Los terremotos son posiblemente el mayor fenómeno natural que representa una seria amenaza para los seres humanos y sus características. El fenómeno más devastador es un terremoto, cuya consecuencia es la mayor cantidad de víctimas y el mayor daño de bienes materiales por unidad de tiempo.

Según fuentes de la ONU, el evento más mortífero en dos décadas fue un terremoto que mató a unas 760,000 personas. En cuanto a las pérdidas económicas, las inundaciones fueron la mayor pérdida en este período y terremotos, que ascendieron a \$ 720.000 y \$ 636.000, respectivamente. Sin embargo, incluso el público en general es consciente de que los terremotos de características similares causarían daños de diversa magnitud según el lugar donde ocurran. Este hecho refuerza la necesidad de cuantificar el peligro sísmico, conocimiento que no es sencillo y no suele ser muy riguroso (Perepérez, 2014).

Los objetivos de Ingeniería Sísmica están basados en el desempeño de asegurar que el daño esperado permanezca dentro de los límites establecidos de los diversos terremotos proyectados y tenga un nivel aceptable de confiabilidad. Las variables calculadas para esto son consistencia, aguante y capacidad de superar el rango lineal. Lo que consiguieron los avances obtenidos es que permiten determinar los requisitos para el diseño sísmico a partir de este concepto y demostrar que la próxima generación de estándares se basará en este (Medina y Music, 2018).

La mayor utilidad del proyecto estructural o la estimación basada en características es la evaluación precisa de los requisitos de consistencia, aguante y ductilidad de la estructura. Gracias a esta estimación, se puede diseñar un edificio para que esté por debajo de ciertos niveles de desempeño de su diseño. De manera similar, la sensibilidad sísmica de una estructura proyectada se puede determinar de acuerdo con los estándares y requisitos sísmicos que difieren de los que se enumeran actualmente en un código de diseño específico (Carrillo, 2018).

El aporte de la práctica de la ingeniería mostró que la resistencia y la deformación son dos factores importantes para determinar el rendimiento estructural. La comprobación de la deformación es valiosa para continuar. El análisis de deformación elástica es muy útil para encontrar algunas partes débiles sísmicas, como la irregularidad torsional, desplazamiento discontinuo y el control de deformación elastoplástica. Puede verificar directamente el desempeño estructural bajo una gran acción sísmica. Para ello, señalan que es de gran importancia para una mejor estructura someter el rendimiento a gran terremoto. Con el propósito de "no fallar bajo menor terremoto, daño reparable bajo terremoto moderado y sin colapso bajo gran terremoto", se debe mejorar la ductilidad estructural (Xiaosong y Chuang, 2012).

#### **a) La sismo resistencia**

Si la edificación fue planteada y construida a base de la configuración constructiva apropiada, con componentes y materiales del tamaño apropiado, y con las dimensiones y el aguante suficientes para tolerar las fuerzas energéticas que son provocadas por los frecuentes eventos sísmicos, esta edificación es capaz de resistir los terremotos. Incluso si el diseño y la construcción de un edificio cumplen con todos los requisitos del diseño sísmico y los estándares de cimentación, la probabilidad de que el terremoto sea más

enérgico que el evento sísmico entregado y superado está siempre presente. El edificio no fue demolido total o parcialmente.

Se utilizan dos conceptos generales en el diseño de estructuras sísmicas. El primero es mejorar la capacidad de la estructura para que pueda tolerar las consecuencias que traen las cargas sísmicas (principalmente fuerzas horizontales) o para aumentar la rigidez dinámica, como la disipación de energía sísmica capacidad agregando sistemas de amortiguación (tanto dispositivos como fusibles estructurales). El segundo concepto incluye sistemas de aislamiento sísmico para aminorar las consecuencias de la carga de entrada en las estructuras. Ambos conceptos se pueden integrar para lograr un diseño óptimo de terremoto (Lee y Liang, 2012).

#### **b) Principios del sismo resistencia**

Los elementos de sismo resistencia son:

- Forma regular
- Peso insuficiente
- Mayor rigidez
- Buena estabilidad
- Suelo sólido y buen camino
- Estructura adecuada
- Materiales calificados
- Calidad de construcción
- Posibilidad de distribución de energía
- Renovación, instalación y mantenimiento (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).

### c) Evaluación del peligro sísmico

Esta evaluación se denomina como la probabilidad de la aparición de un movimiento sísmico en un lugar determinado, mayor o igual que un valor predeterminado. El concepto de intensidad se extiende a todas las demás características sísmicas, como magnitud, aceleramiento máximo, valoración de la velocidad espectral, valor espectral del descentramiento del suelo, valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otros parámetros. Un terremoto aparece de manera aleatoria y la teoría de la probabilidad se utiliza para analizar el riesgo de que ocurra (Alva y Castillo, 1993).

Usando esta proposición, se puede observar que si el suceso del incidente A depende del acontecimiento de otros incidentes: E1, E2.

En un agotamiento mutuamente excluyente; acorde con el teorema de la "probabilidad total", tenemos una posibilidad A:

$$P(A) = \sum_i^n P(A/E_i) * P(E_i)$$

Donde P (A/Ei) es la probabilidad condicional de ocurrencia de A, asumiendo que Ei ocurre.

#### 2.2.2. Dimensiones de desempeño sísmico

##### ➤ Niveles de desempeño

Destacaron que el nivel de desempeño tiene en cuenta principalmente los siguientes aspectos: daño material a la estructura y elementos no estructurales, riesgos que enfrentan los usuarios del edificio o edificio en la evaluación y funcionamiento, en otras palabras, si los servicios esenciales están operativos o no (Medina y Music, 2018).

Señala SEAOC (como se citó en Medina y Music, 2018) que la ingeniería fundamentada en el desempeño define como referencia 4 niveles de desempeño:

- Totalmente operacional: Daño estructural y no estructural despreciable o nulo.

- Operacional: agrietamiento en daños estructurales. Daño leve
- Seguridad de vida: daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia a la rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional.
- Pre-colapso: Daños severos en elementos estructurales, se puede llegar a ser necesario demoler el edificio

➤ **Demanda sísmica**

La demanda sísmica suele estar representada por el espectro de respuesta que simboliza la mayor reacción de sistemas con un grado de libertad (1GDL) basado en sus frecuencias. Dentro del campo de la ingeniería sísmica, se emplea un espectro de respuesta de aceleraciones para métodos analíticos y planteamiento de estructuras centrado en las fuerzas (Bonett, 2003).

Según Makario (2012) describe una propuesta para conocer la demanda sísmica. Para estimar las demandas sísmicas a bajos niveles de desempeño sísmico proponen la aplicación de Análisis de historial de respuesta no lineal (NLRHA) se recomienda por razones relacionadas con su precisión. Aquí para obtener las demandas sísmicas del hormigón armado asimétrico de varios pisos (r/c) edificios, un nuevo procedimiento sísmico estático no lineal que utiliza una respuesta inelástica se presentan espectros de aceleración. Este último hace uso del equivalente óptimo No Sistema lineal de grado único de libertad (NLSDF), que se utiliza para representar un sistema Edificio r/c asimétrico de varios pisos.

➤ **Intensidad del movimiento sísmico**

Dependiendo cuán probable sea la ocurrencia y el período de retorno, se definen cuatro niveles de demanda. Se definen como movimientos sísmicos frecuentes, esporádicos, infrecuentes e impredecibles (Medina y Music, 2018).



## ➤ **Desempeño**

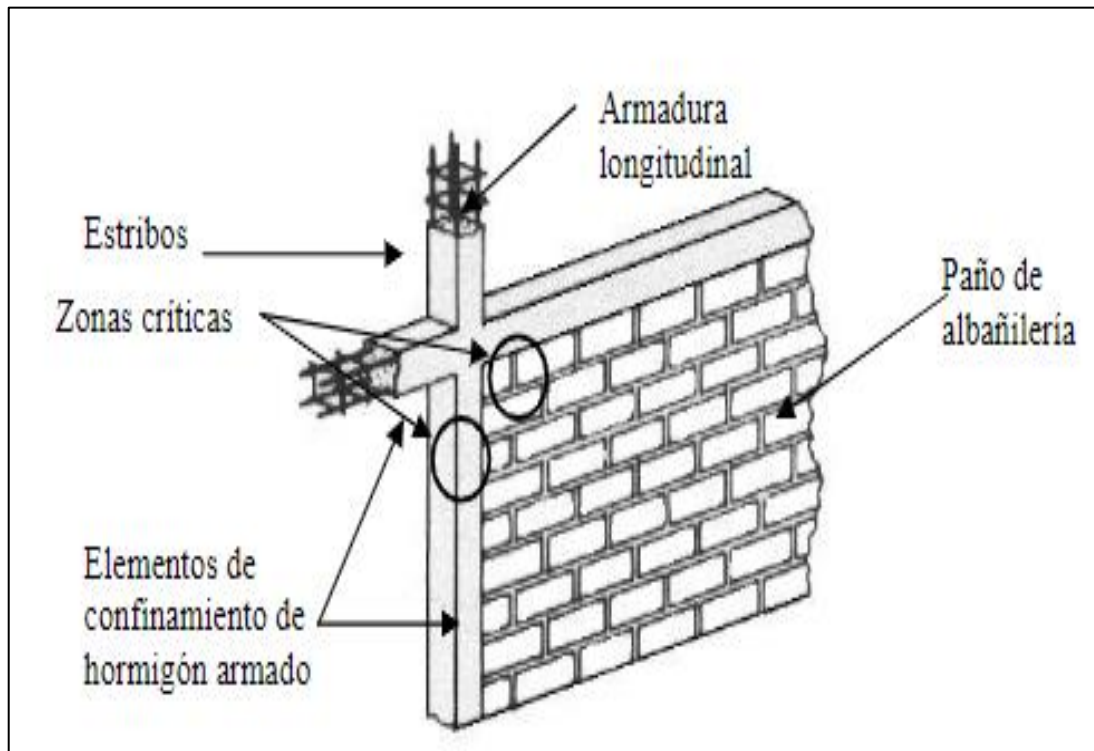
El rendimiento es la manifestación del nivel que se espera de daño (nivel de desempeño) en relación con la magnitud del sismo (nivel de demanda sísmica). Un conjunto de objetivos mínimos de rendimiento es propuesto por Vision, el cual está compuesto por matrices de propósito de diseño, para diversos modelos de estructuras clasificados a base del impacto que tienen en la invulnerabilidad de los habitantes (Medina y Music, 2018).

### **2.2.3. Albañilería confinada**

Es un método de cimentación utilizado desde la década de 1940. Se caracteriza por estar constituido por un panel de unidades albañilería (unidades cerámicas hechas a mano, a máquina o bloque de hormigón) unido con mortero que está envuelto con elementos de confinamiento de hormigón armado (pilares y cadenas) (Gent, Astroza y Giuliano, 2005).

Astroza y Schmidt (2004) indican que es importante conocer diversos factores de un muro de albañilería confinada, pues debido a ellos se puede saber la conducta de este dicho muro. Entre los factores mencionados, los autores ejemplifican con la cantidad de refuerzo de los elementos de confinamiento, la calidad de la albañilería, la presencia de una armadura horizontal, entre otros. En cuando a la armadura, esta debe poder soportar el remolque hecho por las acciones que vayan a interactuar con el muro.

**Figura 4** Configuración de un muro de albañilería confinada



*Fuente:* Holmberg y Araneda, 2007.

Las construcciones realizadas con albañilería o mampostería confinada que tienen una altura no excedente de los 5 pisos son los inmuebles más notorios dentro de las áreas urbanas del país, utilizados para residencias, hoteles, oficinas, entre otros. La característica de este edificio es construir primero los muros de ladrillo, para más tarde quitar el concreto utilizado en las columnas de confinamiento y, como último paso, fabricar un techo unido a la viga solera. La secuencia constructiva mencionada origina una conducta completa del equipo utilizado.

### **2.3. Definición de términos**

#### **➤ Aisladores sísmicos**

Se considera una tecnología relativamente madura, como lo demuestran las numerosas aplicaciones prácticas para edificios antisísmicos son una alternativa a los sistemas

tradicionales, estos aisladores sísmicos son usados para desacoplar una estructura de los movimientos del suelo durante un terremoto, limitando así la entrada de energía de vibración impuesta a la estructura por el mismo. Además, tienen la capacidad de recentrar la estructura a su punto inicial. (Efe Prima CE empresa proveedora de aisladores sísmicos).

➤ **Albañilería**

Se define como un material compuesto. El comportamiento del rodamiento bajo compresión, la carga de tracción, flexión y cortante es diferente a los materiales homogéneos como el hormigón o el acero. Se caracteriza por ladrillos singulares, juntas horizontales y verticales. Dependiendo, la albañilería puede verse como no homogénea u homogénea (Halil & Muhammad, 2012).

➤ **Falla de flexión**

Cuando se crea una tensión significativa en los pilares de confinamiento, este modo de fractura puede ocurrir en muros esbeltos, lo que provoca fluencia del refuerzo longitudinal, así como la falla de compresión debido a la flexión ocurrida en el talón que ha sido comprimido del tabique (Astroza y Schmidt, 2004).

➤ **Falla de corte por deslizamiento**

Se origina por el resbalamiento a lo largo de la junta horizontal de mortero derivado de las rupturas de unión por cizallamiento en la junta (Astroza y Schmidt, 2004).

➤ **Intensidad de un terremoto**

Se define como el efecto que dicho terremoto tiene en el entorno en que sucede, es decir, como lo sienten las personas, que daños produce en las estructuras y como afecta al paisaje (Giner & Molina, 2001).

➤ **Magnitud**

La significación de magnitud fue interpuesta por Richer en 1938 para cotejar la electricidad que es soltada en el foco por distintos sismos. Esta energía botada durante un terremoto es la unión de la energía que es transportada como ondas sísmicas con la energía disipada debido a otros fenómenos que se encuentran en forma de calor (Bozzo y Barbat, 2004).

➤ **Operacional**

Es el estado como se muestra al empezar un agrietamiento diagonal. Este mismo daño en el tabique es considerablemente restringido, pero conserva todos sus componentes importantes de resistencia y rigidez, adicionalmente el peligro presentado para las personas que habitan el lugar como consecuencia de este daño es suprimido (Astroza & Schmidt, 2004).

➤ **Servicios**

Estado como se muestra la iniciación de la rajadura visible en el tabique y le compete al nivel donde se genera el término del rango elástico de reacción del tabique (Astroza & Schmidt, 2004).

➤ **Peligrosidad sísmica**

Esta es la expectativa que se tiene por la excedencia del valor de la magnitud del movimiento de la superficie que fue provocado por fuertes eventos sísmicos, en una situación definida y a lo largo de un lapso determinado (Benito & Jiménez, 1999).

➤ **Riesgo sísmico**

Es la posibilidad de la pérdida generada por un terremoto a lo largo de un tiempo determinado. La pérdida puede ser calculada en categorías humanas, económicas o sociales. Asimismo, la escala seleccionada establece el valor monetario que representa esta pérdida que da una medida del peligro (Bommer et al.,1998).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general**

El diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada permite absorber la energía sísmica para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019

#### **3.2 Hipótesis específicas**

- a) Los valores de la rigidez se reducen con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos
- b) La interacción suelo estructura es amortiguada con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.
- c) La vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos cumple lo establecido por la norma E030

### **3.3 Variables**

#### **3.3.1 Definición conceptual de la variable**

➤ **Variable independiente (X) Desempeño antisísmico**

Medina y Music (2018) establecen que la ingeniería sísmica que tiene como base el rendimiento sirve para poder mantener al daño previsto dentro de los límites de los terremotos proyectados. Las variables utilizadas para calcular ello son la rigidez, la resistencia y la penetración fuera del rango lineal. Gracias a los avances se pudo delimitar los requerimientos para el planteamiento sísmico y probar que los futuros estándares se basarán en estos requisitos.

➤ **Variable dependiente (Y) Albañilería confinada**

“Se caracteriza por un conjunto de elementos de mampostería (hechos a mano a partir de bloques cerámicos o de hormigón de forma mecánica) conectados al mortero esquelético mediante fijaciones de hormigón armado (columnas y cadenas)” (Gent, Astroza y Giuliano, 2005).

#### **3.3.2 Definición operacional de la variable**

➤ **Variable independiente (X) Desempeño antisísmico**

Los daños físicos presentes en elementos tanto estructurales como aquellos no estructurales, junto al potencial peligro que sufren los habitantes de dicha estructura en funcionamiento son los aspectos tomados en cuenta por el nivel de desempeño; en otras palabras, si los servicios básicos continúan o no operando (Medina y Music, 2018).

➤ **Variable dependiente (Y) Albañilería confinada**

Este tipo de método de cimentación es utilizado desde la década de 1940. Se caracteriza por estar constituido por un panel de unidades albañilería (unidades cerámicas hechas a mano, a máquina o bloque de hormigón) unido con mortero que está envuelto con

elementos de confinamiento de hormigón armado (pilares y cadenas) (Gent, Astroza y Giuliano, 2005).

### 3.3.3 Operacionalización de la variable

**Tabla 1** *Matriz de consistencia*

VARIABLE	D.CONCEPTUAL	D.OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Desempeño sísmico	La visión a futuro de diseño sísmico de estructuras, consiste en verificar el desempeño en términos estructurales y económicos que va a tener la edificación para cada uno de los sismos indicados en la tabla 1.7, de acuerdo al uso de la misma. Esta verificación se la realiza sobre la base de las distorsiones máximas permitidas, en base al grado de daño local y global de la estructura y en base al Índice de Desempeño (Aguiar, 2003, p.28).	El documento Vision 2000 define claramente los objetivos de comportamiento sísmico, para lo cual relaciona los niveles de comportamiento con los niveles esperados de movimientos sísmicos. En el documento se definen cuatro niveles de comportamiento (totalmente operacional, operacional, seguridad de vida y cercano al colapso) y cuatro niveles de amenaza sísmica (Carrillo, 2008, p.92).	Niveles de desempeño	Desempeño de la edificación Desempeño componentes estructurales Desempeño de componentes no estructurales Capacidad de la estructura	Guía de observación / Etabs v16.02	Tablas ATC - ASCE - FEMA
			Demanda sísmica	Intensidad sísmica		
			Estados límites	Derivas de piso		
Albañilería confinada	La albañilería confinada es un sistema de construcción que resulta de la superposición de unidades de albañilería	El diseño interviene en la etapa de anteproyecto primero con la concepción de una forma estructural	Sistemas estructurales	Estructuras de concreto armado Estructuras de acero Estructuras de albañilería		



VARIABLE	D.CONCEPTUAL	D.OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
	entre sí por un mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. Se origina cuando al muro se le coloca en todo su perímetro elementos de concreto armado, con la finalidad de hacerlo más resistente frente a movimientos sísmicos. (Abanto, 2017, p.15)	apropiado al caso y una estimación de su costo, y posteriormente con la producción de un prediseño de estructuración. En la etapa de proyecto se desarrollará el diseño definitivo incluyendo planos de detalles estructurales (Riddell e Hidalgo, 2018, p. 15).	Análisis estructural	Análisis estático lineal Análisis estático no lineal	Guía de observación / Etabs v16.02	Tablas ATC - ASCE - FEMA
			Diseño estructural	Seguridad Funcionalidad Economía		

*Fuente:* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Método de investigación**

Para esta investigación, se utilizó el método inductivo. Según Raffino (2020) el pensamiento inductivo es una forma de hipótesis, basada en evidencia simple para mostrar la posibilidad de conclusiones generales. Suele expresarse en términos de probabilidad, tendencia u oportunidad, porque nada se puede enunciar con claridad, porque la información relevante es más que la contenida en la hipótesis.

#### **4.2 Tipo de investigación**

Se utilizó la investigación aplicada en el presente trabajo debido a que contiene características que permiten tener un orden en la metodología para obtener los resultados a través de la construcción, la cual rebate la conjetura que implica un cuadro comparativo entre los resultados de reacción sísmica dinámico la norma E030-2016. De acuerdo con Vara (2015) una investigación es aplicada porque sugiere planes de gestión, innovaciones y nuevos modelos; gestionar la investigación para mejorarla.

### **4.3 Nivel de investigación**

El nivel investigativo fue descriptivo – comparativo. Teniendo en cuenta a Valderrama y Jaimes (2019) señalan que este alcance trata de recopilar datos de un mismo fenómeno en dos o más muestras distintas con el objetivo de visualizar la conducta de una o más variables para comprobar la igualdad, diferencia o semejanza de las muestras analizadas.

### **4.4 Diseño de la investigación**

Esta investigación fue diseñada bajo un enfoque no experimental de corte transversal. Hernández et al. (2014) , no se evidencia que se hayan manipulado variables de forma deliberada en tal diseño, ya que solo se aprecian los fenómenos en su entorno natural para estudiarlos. Por otro lado, la investigación transversal, se refiere al tipo de estudio donde se recolectan los datos en momento dado y por una sola vez (Cabezas, et al., 2018).

### **4.5 Población y muestra**

#### **4.5.1 . Población**

Como afirma Ñaupas et al. (2018) es el total de las unidades de estudio, que presentan las particularidades necesarias, para ser tomadas en cuenta como tales. La población por tanto quedó definida por los 4 edificios en la Urbanización San Genaro, distrito de Chorrillos, Lima, Perú con características similares.

#### **4.5.2 Muestra**

Se entiende como una parte de la totalidad de la población, la cual posee las particularidades necesarias en la investigación (Ñaupas et al., 2018). La muestra se conformó por el edificio ubicado en la calle 9, Mz Y, lote 25, Urb. San Genaro, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta muestras de tipo no probabilística, intencional o dirigida.

## **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1 Técnicas de recolección de datos**

Como afirma Arias (2012), se señala como aquel proceso o forma singular de obtener la data o información necesaria. Acorde a los objetivos de la investigación, las técnicas de recopilación de información empleadas son: la observación y el análisis documental.

Por medio de la observación directa, se pudo determinar la diferencia de los resultados de la norma E030-2016 a través del análisis antisísmico dinámico e identificar la manera en que ello repercute en la respuesta sísmica de las edificaciones.

A través del análisis documental, se consiguió extraer nociones de los textos de consultas, artículos de investigación e informes publicados, relacionados con el diseño antisísmico para una estructura de albañilería confinada de un edificio, los cuales servirán para la elaboración de las bases teóricas.

### **4.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

Citando a Arias (2012) el instrumento utilizado en la recopilación de información es algún formato, recurso o dispositivo, tanto en papel o en digital, empleado con el fin de obtener, almacenar o registrar datos, durante la elaboración del estudio.

Los instrumentos que se emplearán en esta tesis son las fichas de registros, bibliográficas y cuestionarios.

Adicionalmente, se usaron documentos complementarios para la recolección de datos, tales fueron:

Documentos escritos: Planos, memorias descriptivas, estudio de mecánica de suelos, ficha de observación.

Documentos gráficos: Planos de los módulos de las edificaciones pruebas de laboratorio, Reglamento Nacional de Edificaciones, hojas de cálculo que buscan señalar el espectro de diseño de la norma E030-2016.

Tabla N°1.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>DESEMPEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>Propiedades del acero y concreto</b>	<b>momento curvatura</b>	<b>NOMINAL</b>
	<b>Curva de capacidad</b>	<b>fuerza cortante vs desplazamiento</b>	
	<b>Espectro de diseño</b>	<b>espectro en xx y espectro en yy</b>	
	<b>Verificación de cortantes</b>	<b>múltiples grados de libertad</b>	
	<b>Espectro de respuesta</b>	<b>5 % de amortiguamiento viscoso</b>	
	<b>Intersección del espectro de capacidad y espectro de respuesta</b>	<b>punto de desempeño con la regla de igual desplazamiento</b>	
<b>AISLADORES SÍSMICOS</b>	<b>2. Aislador elastómero con núcleo de plomo</b>	<b>amortiguamiento entre el 5 y 10 % relación lineal entre la fuerza cortante y la deformación estables</b>	<b>NOMINAL</b>
		<b>producen número ciclos histéricos se tiene buena resistencia a la fatiga</b>	
		<b>la fuerza cortante y la deformación</b>	

Fuente: elaboración propia

#### 4.7 Procesamiento de la información

##### 4.7.1 Desarrollo de la investigación

Se empleó el programa Etabs v16.02 para el análisis sísmico dinámico. Este programa analiza el edificio desde tres dimensiones, teniendo en cuenta características del inmueble tales como: las columnas, muros de corte, vigas y losas de entrepisos.

De igual modo, se consideró lo siguiente:

La masa de la estructura, acorde a las cargas vivas y muertas actuantes en la estructura, en relación a las cargas vivas que actúan sobre las estructuras; en la evaluación

del peso se tuvo en cuenta el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva señalados según la norma. De igual forma, se designa un diafragma rígido a los distintos niveles.

Procediendo con el análisis modal, se utilizó 15 modos de vibración, además de 3 modos de vibración (2 traslaciones en “X” e “Y” y una rotación en “Z”).

Se comprobaron las distintas irregularidades en dos casos: planta y altura. De esta manera, se efectúa el espectro pseudo – aceleraciones.

Se asigna al software un espectro de pseudo – aceleraciones a cada dirección con el fin de hacer un cálculo de aceleración de la gravedad con los distintos nodos de vibración y, posteriormente, multiplicarse con la masa para obtener las fuerzas sísmicas, cortantes dinámica y desplazamientos laterales.

La ubicación del edificio es la urbanización de San Genaro, distrito de Chorrillos, provincia de Lima, provincia de Lima. De acuerdo al estudio de suelos, se señaló como arenoso y no se encontró la napa freática. Conforme a la inspección de campo, se pudo apreciar que hay cuatro estacionamientos y un mini departamento. También, segundo piso, tercer y cuarto piso con dos departamentos por piso, y la altura entre piso era de 2.70 m.

#### **4.7.2 Propiedades para el módulo P1**

Se consideraron las subsiguientes particularidades en el estudio del módulo en análisis:

**Tabla 2** *Propiedades de los materiales*

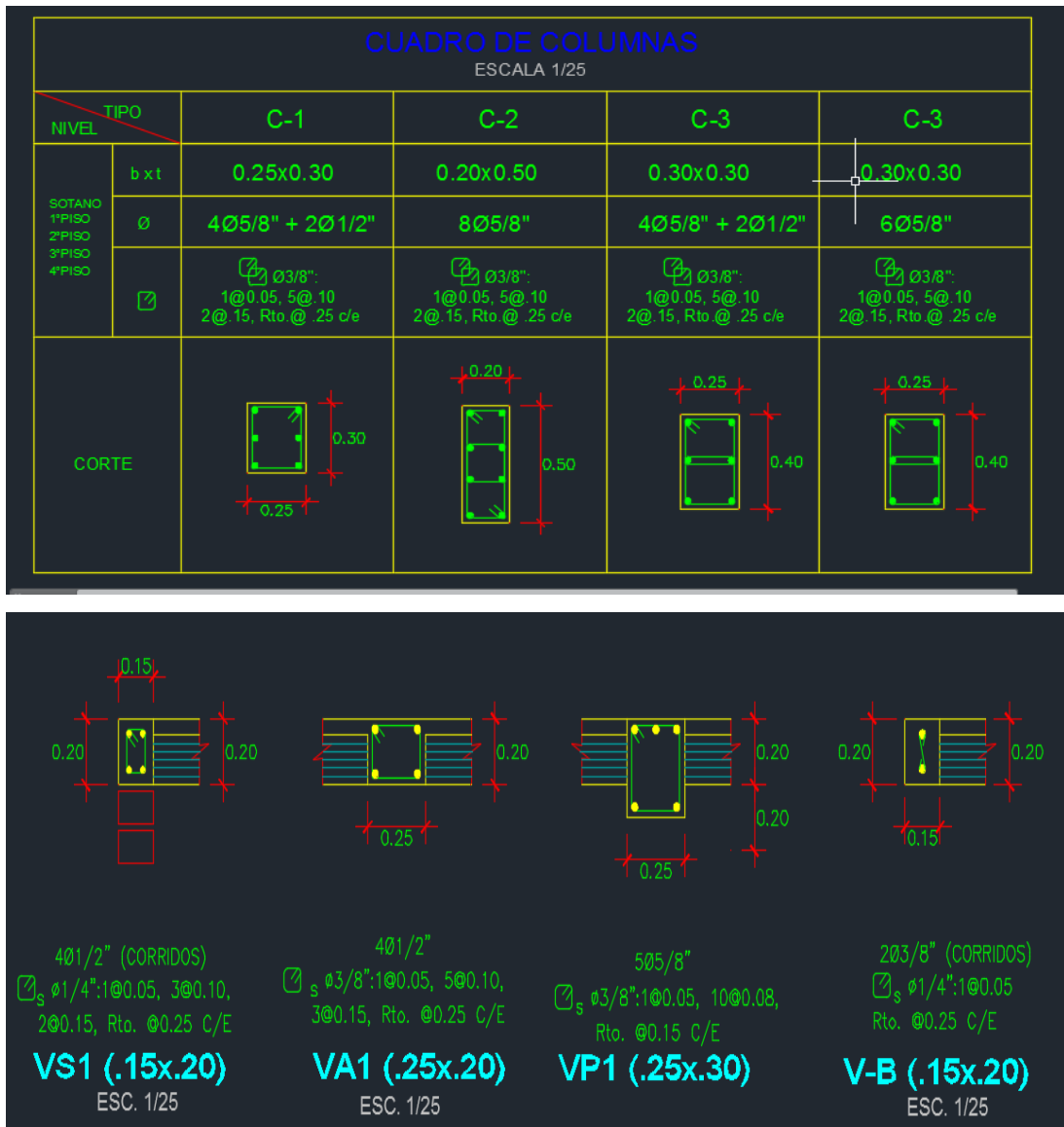
Resistencia del concreto	210 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto	$15000\sqrt{f_c} = 217,370.65$ kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson (u)	0.2
Resistencia del acero en fluencia	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero	2 000 000 kg/cm <sup>2</sup>
Peso por unidad de Volumen	2400 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente:* Elaboración propia.

Solo para muros de mampostería que actúan sobre los ejes 3 y 7, debido a la regularidad de la estructura, se tuvo en cuenta  $f'_m = 135$  kg/cm<sup>2</sup> y  $E = 325.000$  kg/cm<sup>2</sup>, por ende, se solicitan en mayor medida estos ejes para las cargas de diseño, además hay una tendencia a incrementar lo resistido por el corte en la dirección X.

En la selección de vigas y columnas que correspondan con la arquitectura diseñada y el límite de deriva lateral (0.7%) indicado según la NTP E-30 Art. 15.1, se modelo de acuerdo a las secciones ya desarrolladas y que aparezcan en el plano estructural. La edificación fue de tipo regular, pues cumplió con los requisitos de la norma E-030.

**Figura 5 Cuadro de columnas**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.3 Propiedades del aislador LRB

El aislador elastomérico con núcleo de plomo LRB consiste en capas alternas de material elastomérico y láminas de acero vulcanizado con un núcleo de plomo. El aislador LRB proporciona un alto nivel de amortiguamiento, de hasta el 30 %, debido a la gran capacidad de absorción del núcleo:

- Capas elastómero y planchas de acero

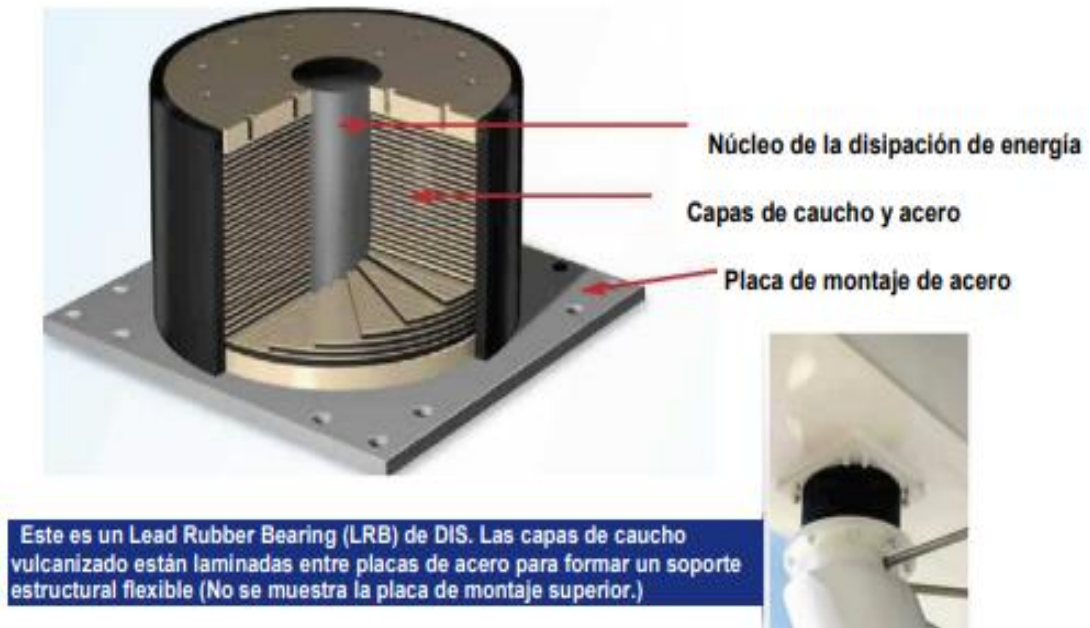


- Caucho de neopreno y natural, vulcanizado de alta calidad según la norma ASSHTO.
- Placas interiores de acero norma ASTM A36
- Normas NEVI-12
- Fabricados bajos los estándares de calidad ISO 90001

*Figura 6.*

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE NEOPRENO			
Prueba	Valor	Unidades	Método de ensayo
Espectroscopia IR	Neopreno/Natural	Espectro FT-IR	ASTM D3677-10
Dureza de indentación	65±5*	Shore A	ASTM D 2240
Carga de rotura	>190	Kgs /cm <sup>2</sup>	ASTM D 412
Alargamiento a rotura	45 a 65 ≥425	%	ASTM D 412
	56 a 65 ≥350		
	66 a 75 ≥300		
Adherencia caucho- acero	≥11.8	N/mm	ASTM D429 Método B
Resistencia al Desgarramiento	≥32	kNm	ASTM D624 (Molde C)
Resistencia a baja temperatura	-30	°C	ASTM D 1329
Resistencia al ozono	Sin grietas		ASTM D 1149 (D518 método A) 100 ppm O (100 horas a 38°C)
Deformación remanente	35	% de. máxima	ASTM D 395 Método B (22 horas a 100° C)
Envejecimiento Térmico	15	± Shore A	ASTM D573 Por aire caliente (70 HORAS 100° C)
	-15	% inicial de carga	
	-40	% inicial alargamiento	
Método de construcción para poyos			AASHTO M251

*Fuente:* Catalogo grupo vikingo ingeniería antisísmica España.



*Fuente:* Catalogo CDV ingeniería antisísmica.

➤ **Función del aislador**

El caucho en el aislador actúa como un resorte, lateralmente son muy suaves pero muy rígidos verticalmente.

La alta rigidez vertical se consigue gracias a las capas delgadas de caucho reforzadas con cuñas de acero, estas dos características permiten que el aislador se mueva lateralmente con una rigidez relativamente baja, aun llevando una carga axial significativa debido a su elevada rigidez vertical.

El núcleo de plomo proporciona la amortiguación deformándose plásticamente cuando el aislador se mueve lateralmente en un terremoto.

➤ **Rangos de dimensionamiento**

Se fabrican aisladores de 12 a 60 pulgadas de diámetro con una capacidad de hasta 4.000 toneladas. Están disponibles medidas específicas del cliente para aplicaciones especiales.

➤ **Fabricación**

Las cuñas para los aisladores se cortan con exigentes tolerancias por láser. Las placas de montaje de acero son mecanizadas por fresadoras controladas por ordenador que dan un alto rendimiento de producción y precisión. El moldeo por cada soporte toma de 8 a 48 horas, dependiendo de su tamaño. La fase de curado se controla continuamente para asegurarse de que el caucho se endurece de manera uniforme en todo el soporte.

*Figura 6.*



*Fuente: Catalogo Dynamic Isolation System*

➤ **Aplicaciones**

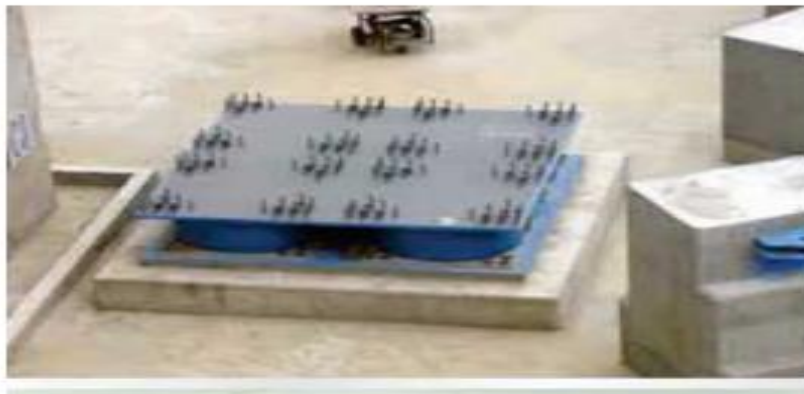
Los aisladores con núcleo de plomo presentan amplias aplicaciones en estructuras. Esto se debe a su simplicidad y a la combinación de aislamiento y disipación de energía en un dispositivo único y compacto.

En cuanto a protección antisísmica, resulta crucial minimizar la transferencia de energía a la superestructura y limitar los desplazamientos horizontales del dispositivo.

El uso de aisladores con núcleo de plomo es uno de los métodos de aislamiento más utilizados, habiendo demostrado su efectividad en numerosos terremotos.

El sistema ha sido mejorado y simplificado durante las pasadas décadas y permite al ingeniero estructural realizar una simulación de la respuesta del dispositivo de manera sencilla, mediante el uso de modelos bilineares.

Se han utilizado varios aisladores en el City Hall en San Francisco y en el Tan Tzu Medical Center en Taiwán. Se utilizan varios aisladores cuando son más económicos que uno solo más grande.

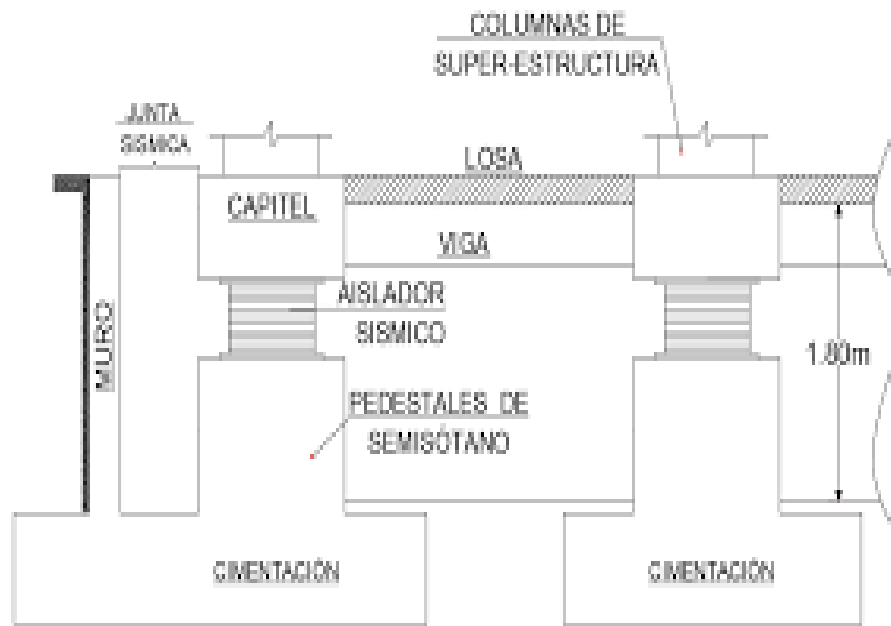


Grupo de cuatro aisladores están ubicados debajo las columnas con mucha carga en el Centro Medico Tan Tzu.

*Fuente: Catalogo Dynamic Isolation System*

➤ **Sistema de anclaje**

Los dispositivos LRB pueden equiparse con placas de anclaje para facilitar la conexión a las estructuras de concreto superior e inferior. Alternativamente, los aisladores pueden prepararse para su conexión a estructuras metálica.



➤ **Protección anticorrosión**

la protección anticorrosión de acuerdo con la norma EN ISO 12944 y según la ubicación, las condiciones ambientales y el grado de protección requerido.

➤ **Certificación CE**

Los aisladores con núcleo de plomo LRB están diseñados y fabricados de acuerdo con la normativa europea EN 15129:2009 y EN 1337. Los aisladores cuentan con la marca CE, lo que confirma que cumplen todos los requisitos de esta norma, sin excepción. Todas las pruebas necesarias para la certificación de los dispositivos LRB se llevaron a cabo en laboratorios independientes y bajo la supervisión de un organismo de certificación. La “Guía de especificaciones para el diseño con aislamiento sísmico” de la norma AASHTO, las especificaciones japonesas, normas nacionales, etc.

➤ **Ensayos**

Los ensayos realizados se basan en la norma europea EN 15129:2009 o en la “Guía de especificaciones para el diseño con aislamiento sísmico” de la norma AASHTO.

➤ **Aislamiento sísmico**

El aislamiento sísmico desacopla la estructura de los movimientos del terreno inducidos por terremotos que podrían causar daños a la estructura.

Esto se consigue mediante el uso de una serie de dispositivos antisísmicos llamados aisladores, que se colocan de manera estratégica en la estructura permitiendo que actúen adecuadamente durante un terremoto.

Los aisladores sísmicos proporcionan suficiente flexibilidad a la estructura para garantizar que el periodo natural de ésta difiera del periodo natural del terremoto en la mayor medida posible.

Esto evita la aparición de resonancia, que podría conducir a daños severos o incluso al colapso de la estructura.

Un sistema efectivo de aislamiento sísmico debe presentar las siguientes funciones principales:

Rendimiento óptimo bajo cargas de servicio, verticales y horizontales, siendo tan eficaz como un apoyo estructural convencional.

Proporcionar la suficiente flexibilidad horizontal para alcanzar el periodo natural deseado para la estructura aislada

Capacidad de recentrado después de la ocurrencia de un gran terremoto para que ningún desplazamiento residual pueda alterar la capacidad de servicio de la estructura.

Proporcionar un nivel de disipación de energía adecuado con el fin de controlar los desplazamientos que podrían dañar otros elementos estructurales.

➤ **Beneficios**

Significativa disipación de energía durante terremotos que conducen a un diseño de la estructura optimizado reduciendo así los costos

Transferencia combinada tanto de cargas de servicio como cargas sísmicas, reduciendo así el espacio requerido por los dispositivos.

Solución efectiva para una amplia gama de tipos de estructuras eficaz solución para el reequipamiento o mejora de estructuras existentes

Su capacidad de recentrado después de un evento sísmico permite mantener la funcionalidad de la estructura.

Tecnología probada y fiable con varias décadas de trayectoria en muy diversas aplicaciones a nivel mundial.

#### 4.7.4 Análisis elástico para propósitos de diseño

Se empleó el programa SAP 2000 V18 0.1. Además, los datos al software se distribuyeron en un diagrama rígido con masas concentradas y del 3 GDL, adicionalmente se tomó en consideración los elementos ortogonales de traslación horizontal uno de rotación de los distintos pisos, se consiguió una inercia efectiva de 0.5 I, para la sección de las vigas se consideró Y 0.7 I para las columnas por flexión. También, se tuvo en cuenta la rigidez para la cortante de las áreas transversales de columnas y viga.

#### 4.7.5 Análisis por cargas de gravedad

**Tabla 3** *Metrado de cargas para el módulo P1*

Carga Muerta	C.E (Kg/m <sup>2</sup> )	AT(m)	Carga (Kg/m)	
Losa aligerada e=20	300.00	2.2375	671.25	rectangular
Acabados	100.00	2.2375	223.75	
			895	rectangular
Carga Muerta	C.E (Kg/m <sup>2</sup> )	AT(m)	Carga (Kg/m)	
Corredores y pasadizos	400.00	2.2375	895.00	rectangular
			895.00	

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.8 Técnicas y análisis de datos

**Tabla 4** *Técnicas para el procesamiento de la información*

<b>A</b>	Construir el marco teórico y elaborar el instrumento
<b>B</b>	Validar el instrumento (programa Etabs)
<b>C</b>	Aplicar el instrumento en la muestra del estudio
<b>D</b>	Digitalizar los resultados mediante software (Excel, Word, AutoCAD)

*Fuente:* Elaboración propia.

En este trabajo, los resultados con un mayor índice de importancia se obtuvieron mediante el análisis estático no lineal. A través de ello, se determinó la capacidad de estructuras, deformación y resistencia, posteriormente fue sometido la estructura a las fuerzas laterales incrementales conforme a la norma y estudios efectuados para alcanzar su máxima capacidad estructural. Asimismo, por medio de este procesamiento se conoció la serie de agrietamiento, cadencia y fallo de cada elemento, las condiciones de servicio y el historial de deformaciones y cortantes de cada tipo de estructura. La fuerza aplicada se definió mediante la distribución de la curva de la capacidad, paralelamente es posible sugerir dos tipos de fuerzas aplicadas, además de establecer la capacidad portante del suelo, para una buena estructuración y ejecutar el diseño.



## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Generalidades**

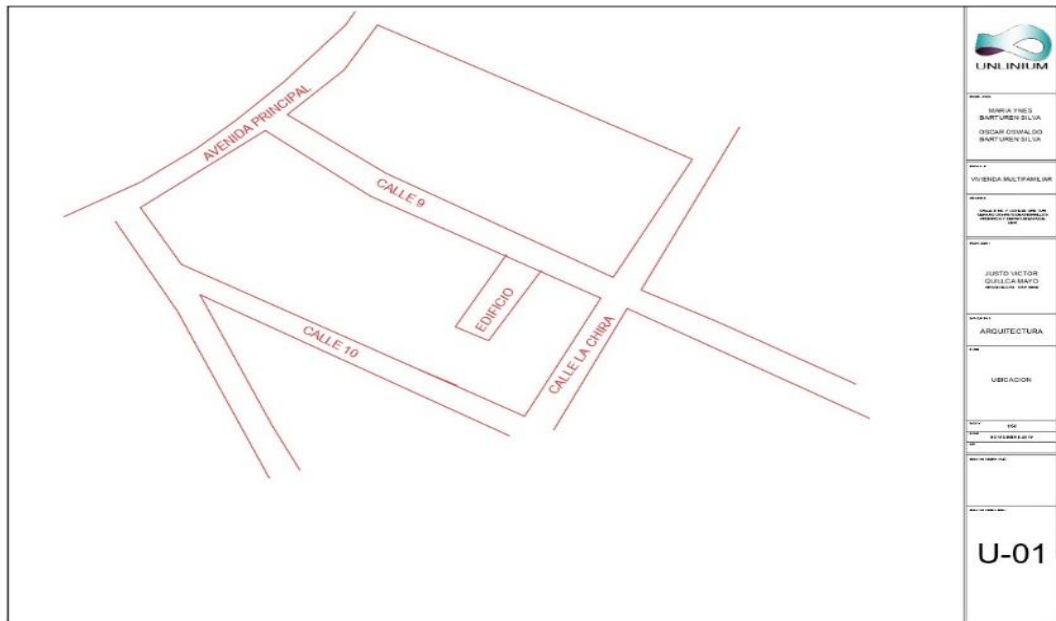
##### **4.1.1. Objetivo**

La finalidad de este documento es el de examinar los 04 Niveles del edificio ubicado en la calle 9, Mz Y, lote 25, Urb. San Genaro, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima. Asimismo, verificar si está cumpliendo con las normativas vigente, E-020, E-030 y E-060. De ser lo contrario se incorporará aisladores en la base para reducir las distorsiones según E-031.

##### **4.1.2. Ubicación del proyecto**

El edificio se localiza en la calle 9, Mz Y, lote 25, Urb. San Genaro, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

**Figura 2** Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Descripción del proyecto

El proyecto consta de 4 niveles con un tipo de sistema estructural en el eje X-X de pórticos y en el eje Y-Y albañilería, conformado por:

**Figura 3** Columnas y Vigas

C 20X50
C 25X30
C 25X40
C 30X25
VA1 (25X20)
VAIS-25X50
VCH (20X20)
VP1 (25X30)
VS1 (15X20)

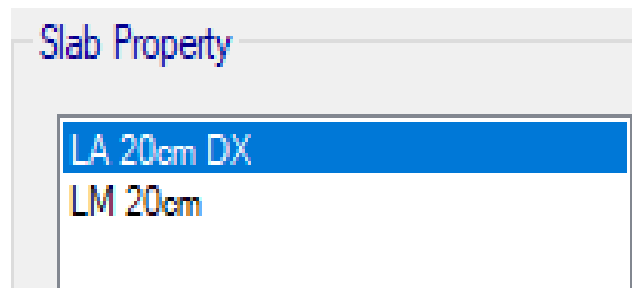
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

C: Columnas

VA1, VAIS, VCH, VP1, VS1: Vigas

**Figura 4** Losa aligeradas y losa maciza



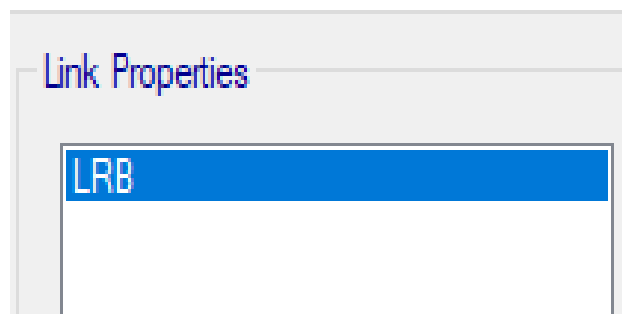
*Fuente:* Elaboración propia.

Donde:

LA: Losa aligerada

LM: Losa maciza

**Figura 5** Aislador LEAD RUBBER BEARING (LBR)



*Fuente:* Elaboración propia.

Donde:

LRB: Aislador LEAD RUBBER BEARING (LBR)

#### **4.1.4. Características Estructurales**

La estructura en evaluación está conformada por una columna, vigas peraltadas, losas Aligeradas y Macizas, para la cimentación se considerará Aisladores en la Base.

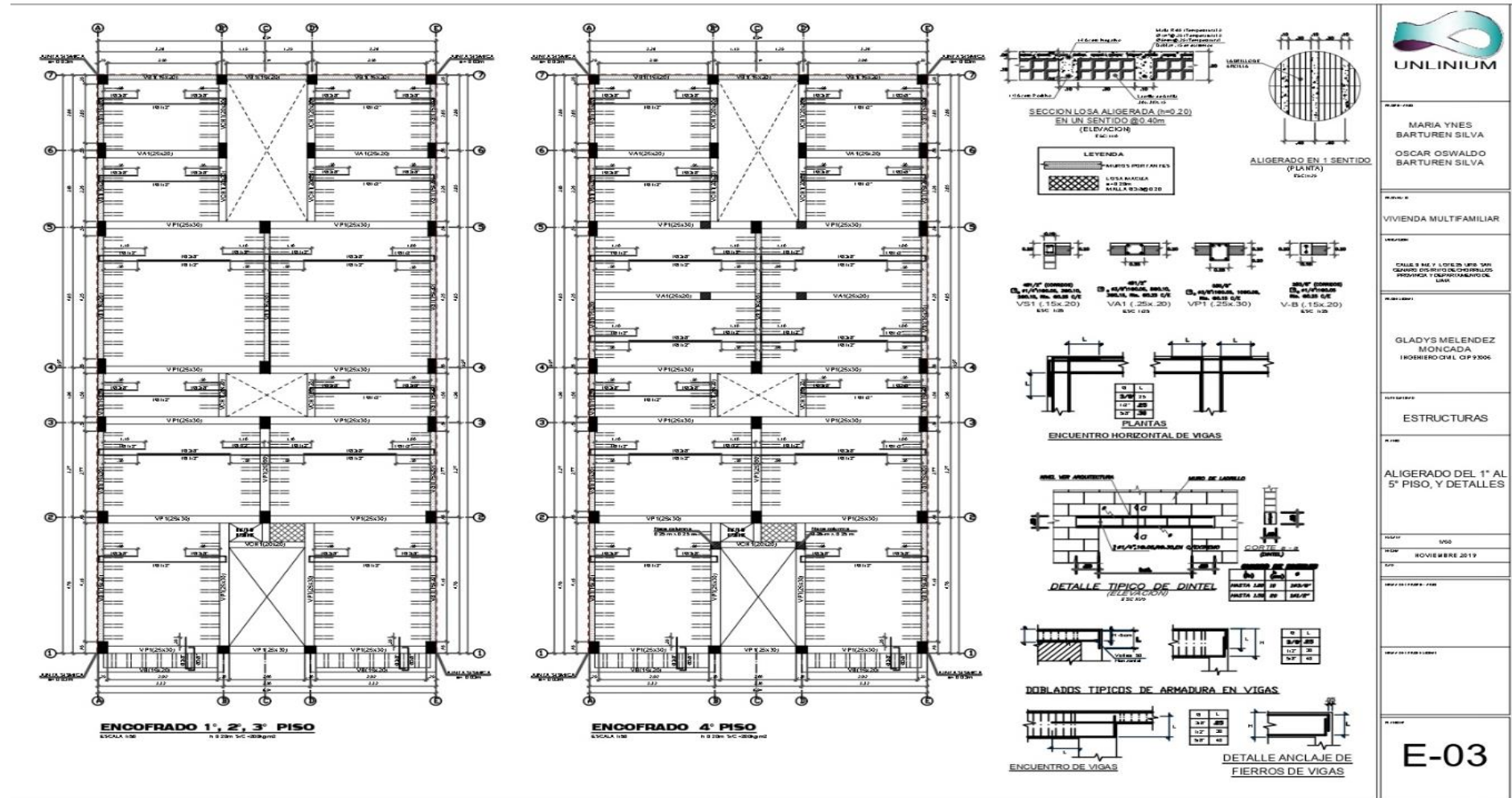
En el análisis y el proceso de diseño estructural, se precisaron las siguientes propiedades del material empleado:

- Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ;  $E_c = 2\,173\,706 \text{ T/m}^2$

- Concreto  $f'_c = 35 \text{ kg/cm}^2$ ;  $E_m = 5000 \text{ T/m}^2$
- Acero:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ;  $E_s = 2.1 \times 10^7 \text{ T/m}^2$  con elongación mínima del 9%.

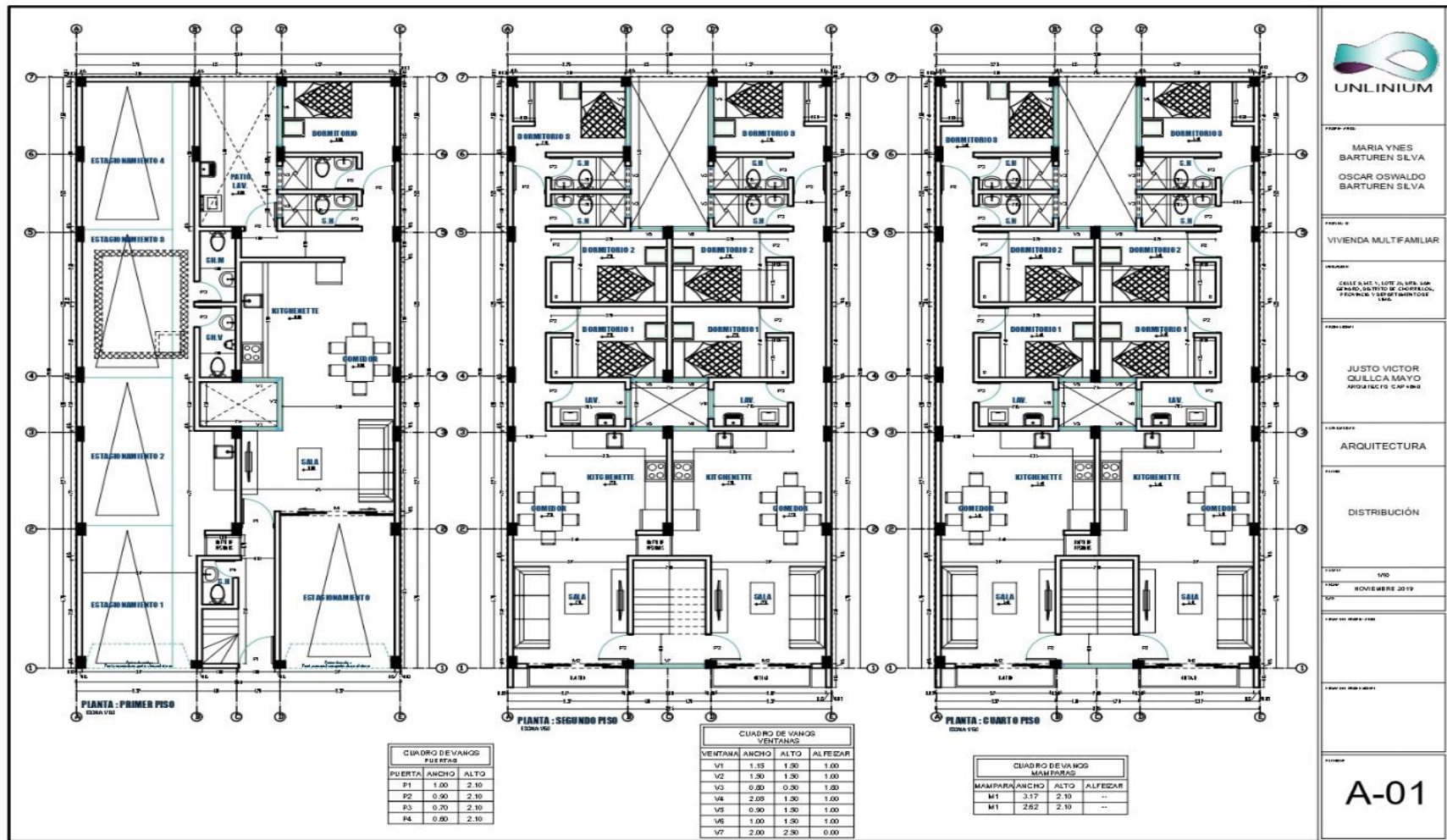
De igual modo, no se puede traslapar refuerzo vertical en áreas confinadas en extremos de columnas y soleras. El modelo usado para columnas y vigas se basó en barras de eje recto (elementos tipo Frame) que añaden deformación por fuerza cortante, carga axial y flexión.

Figura 6 Plano de Estructuras del edificio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7 Distribución arquitectónica del edificio



**UNLINIUM**

PROYECTO:  
MARIA YNES BARTUREN SILVA  
OSCAR OSWALDO BARTUREN SILVA

PROYECTO:  
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

UBICACION:  
CALLE 5 LITE 1, LOTE 24, BARRIO SAN ANTONIO, DEPARTAMENTO DE CHIRIQUÍ, PROVINCIA VERGARA, CANTÓN VERGARA, COSTA RICA

PROYECTISTA:  
JUSTO VICTOR QUILLCA MAYO  
ARQUITECTO CAP 4080

TIPO DE PROYECTO:  
ARQUITECTURA

CONTENIDO:  
DISTRIBUCIÓN

FECHA:  
1/10

FECHA DE EMISIÓN:  
NOVIEMBRE 2019

ESCALA:  
1:500

PROYECTO DE ARQUITECTURA

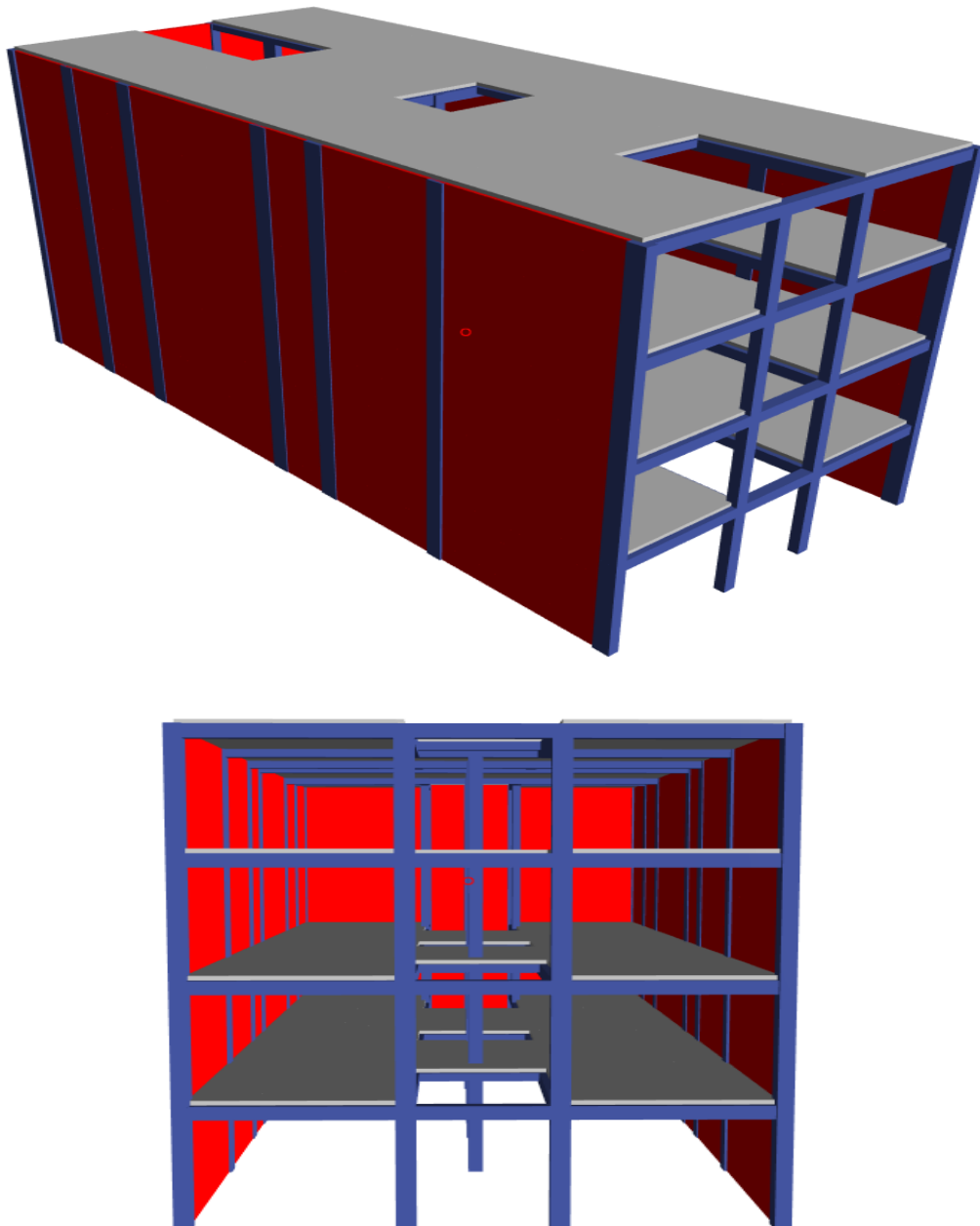
**A-01**

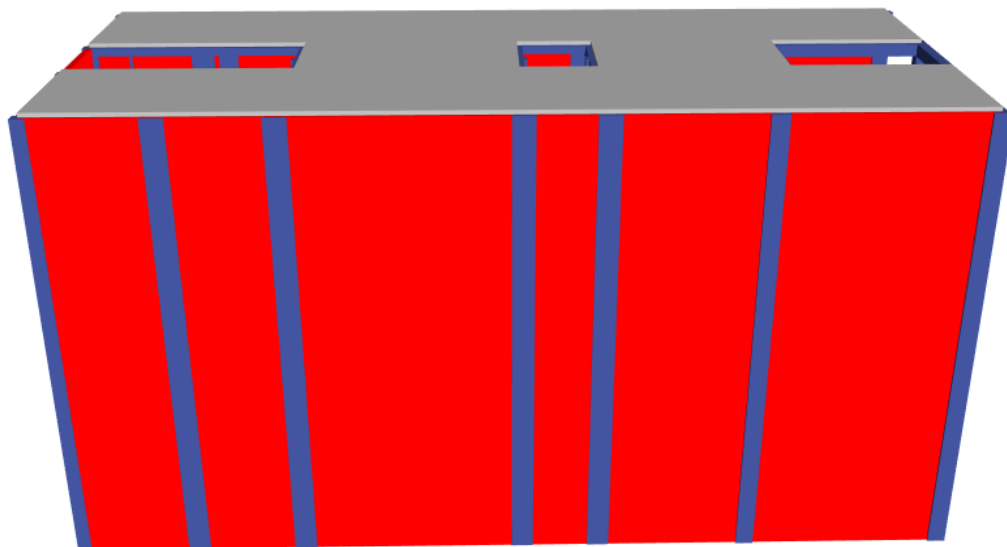
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5. Descripción de la Estructura

La estructura en evaluación está conformada por una columna, vigas peraltadas, losas Aligeradas y Macizas, zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas combinadas y vigas de cimentación.

**Figura 8** *Modelo Matemático*





*Fuente:* Elaboración propia.

#### **4.1.6. Normativa**

La normativa presente toma en consideración lo siguiente:

- RNE 2009, Capítulo E020 Cargas
- RNE 2009, Capítulo E050 Suelos y Cimentaciones
- RNE 2009, Capítulo E060 Concreto Armado
- RNE 2009, Capítulo E070 Albañilería
- RNE 2018, Capítulo E030 Diseño Sismoresistente
- RNE 2018, Capítulo E031 Aislamiento Sísmico
- ACI-318 American Concrete Institute
- ASCE-7 - 16 Associated Criteria for Buildings and Other Structures
- Redi
- Seismic Isolation Standard
- Norma Chilena NCh433. Of.72. Cálculo Antisísmico de Edificios.

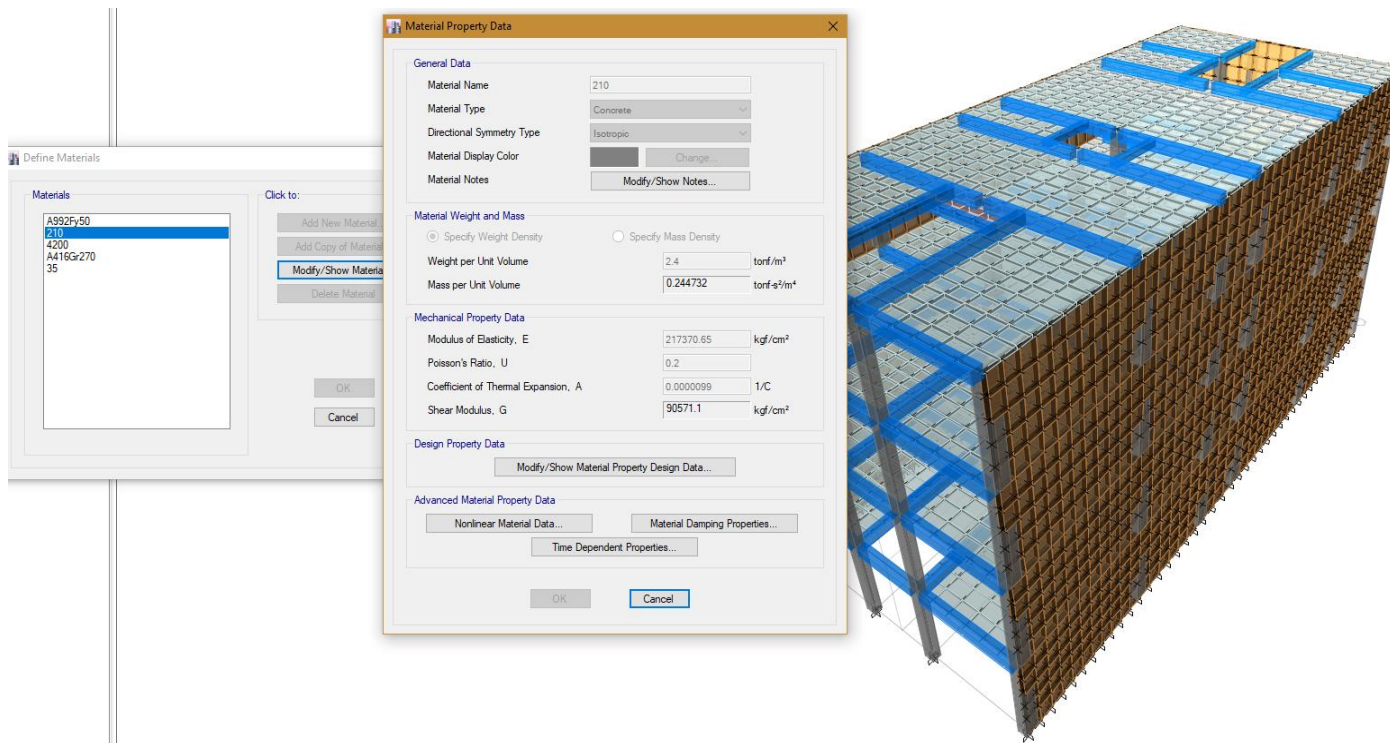


## 4.1.7. Propiedades Mecánicas del Material

### 4.1.7.1. Concreto

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

Figura 9 Concreto

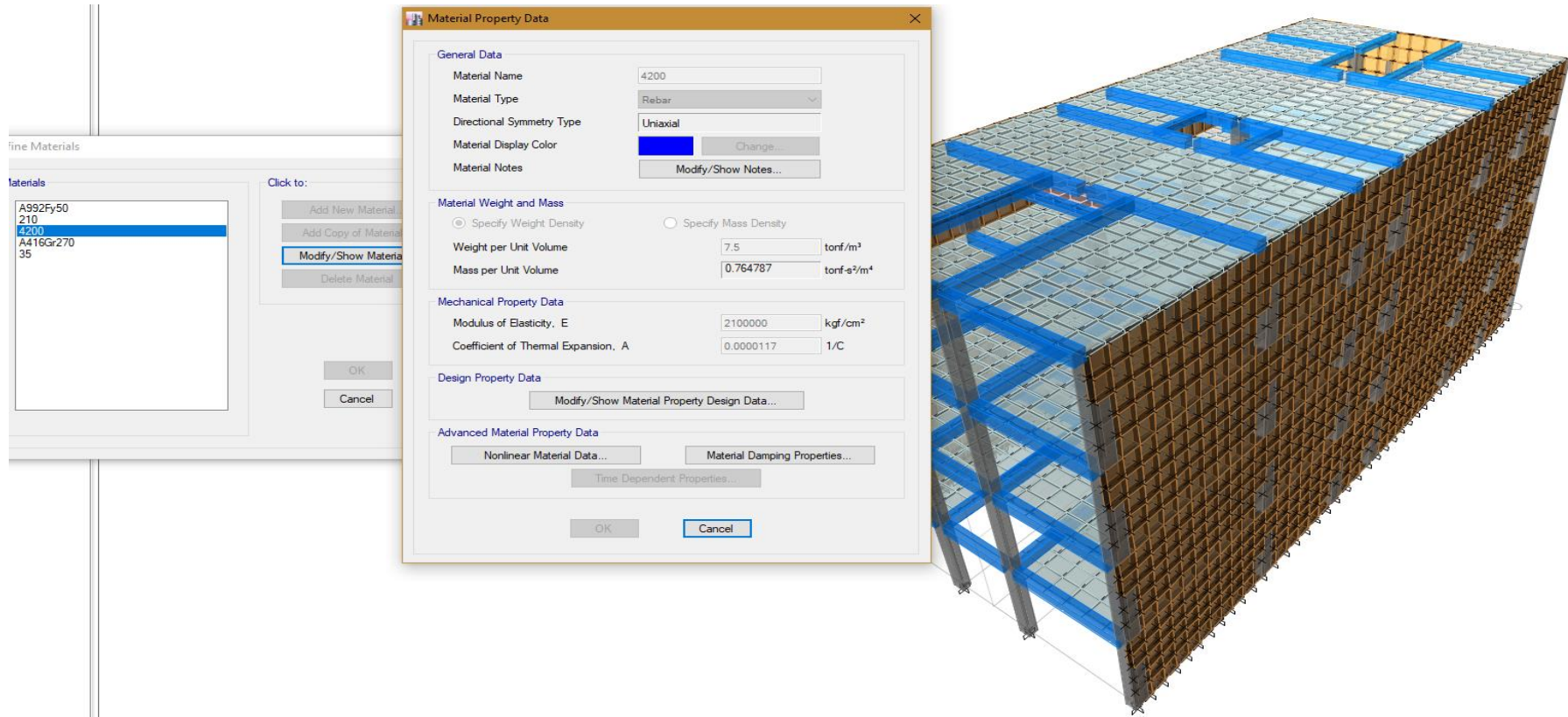


Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.7.2. Acero Corrugado

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

Figura 10 Acero corrugado

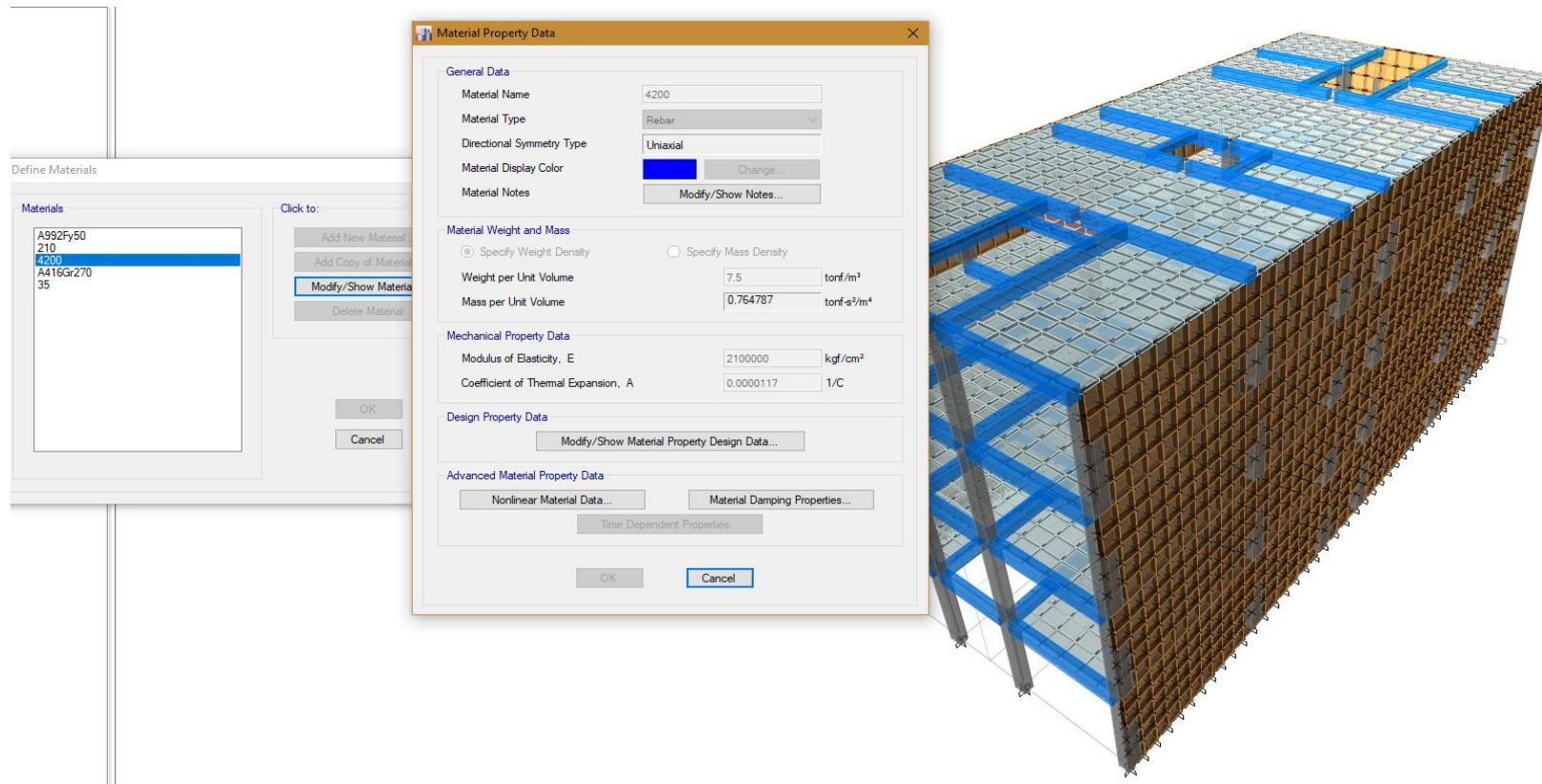


Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.7.3. Mampostería

$$f'_m = 35 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 11 Mampostería

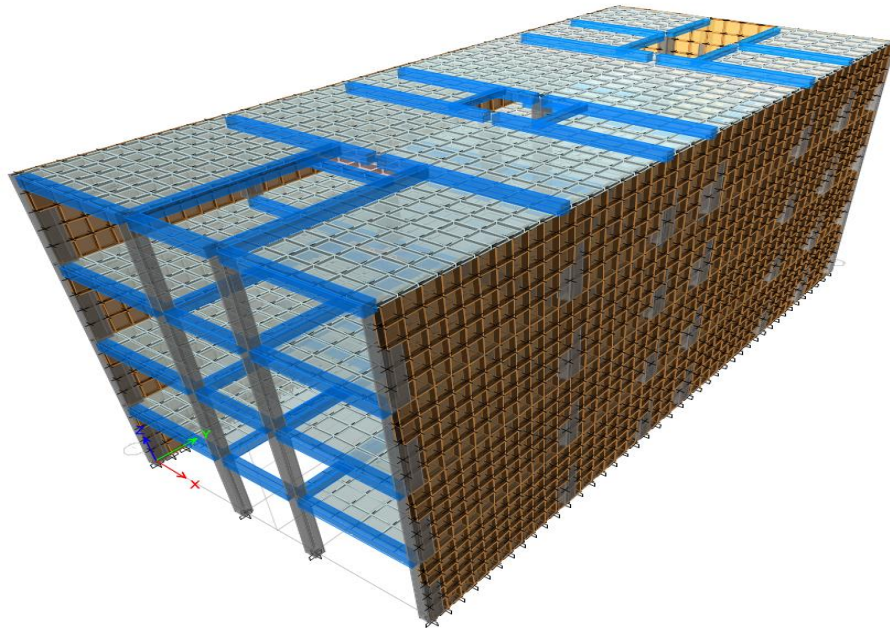


Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Procedimiento de Evaluación

Para desarrollar el análisis estructural requerido, se genera un modelo matemático. Este se efectúa empleando el software de cálculo estructural ETABS V16.2.1. Además, nos servirá para el metrado de las cargas que se transmitirán en toda la edificación. Luego de la aplicación de las cargas correspondientes, se obtienen las reacciones internas.

**Figura 12** *Modelo Matemático para el Análisis Estructural*



*Fuente:* Elaboración propia.

## 4.3. Estados de Carga

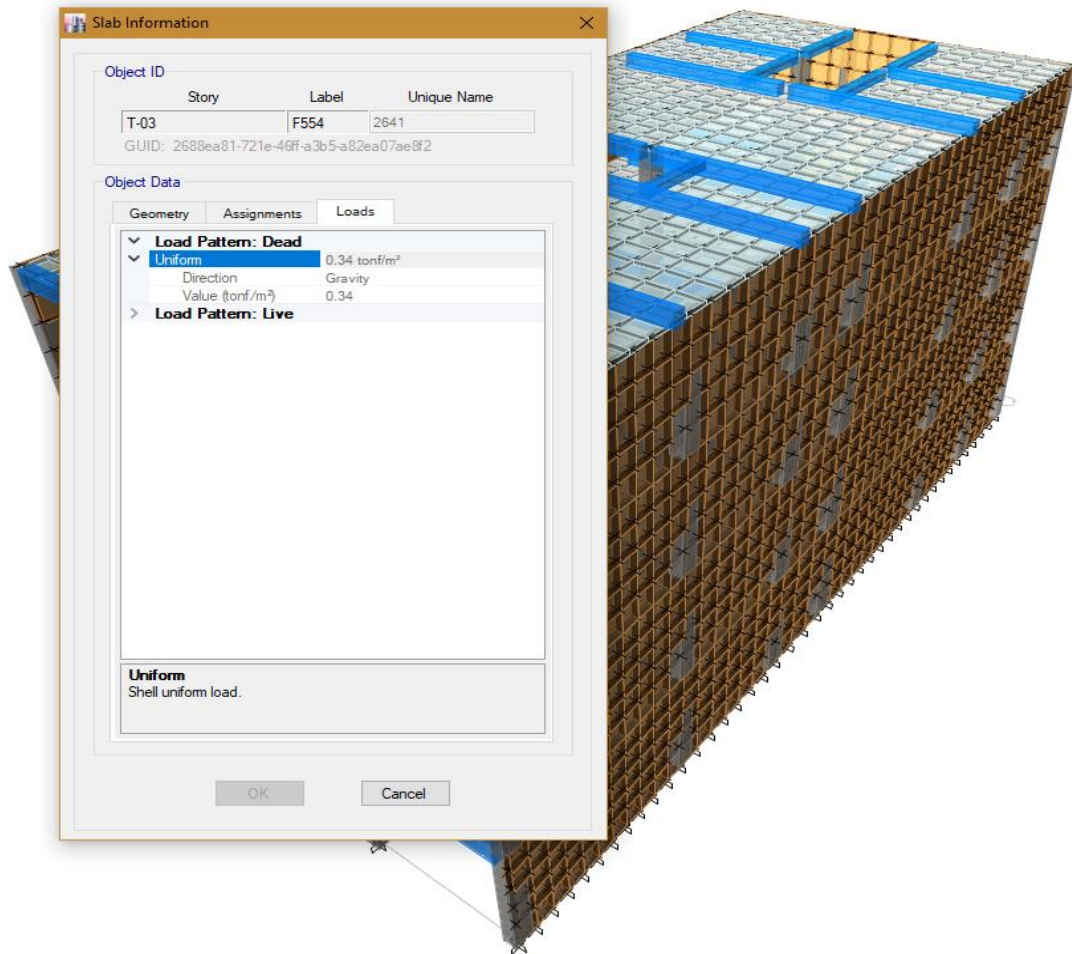
### 4.3.1. Cargas Muerta (D)

Cargas que proceden del peso propio de elementos que conforman la Estructura.

$$D = \text{Peso Propio} + SCP$$

$$SCP = 150 \text{ kg/m}^2 + 120 \text{ kg/m}^2 + 70 \text{ kg/m}^2 = 340 \text{ kg/m}^2$$

**Figura 13 Carga Muerta**



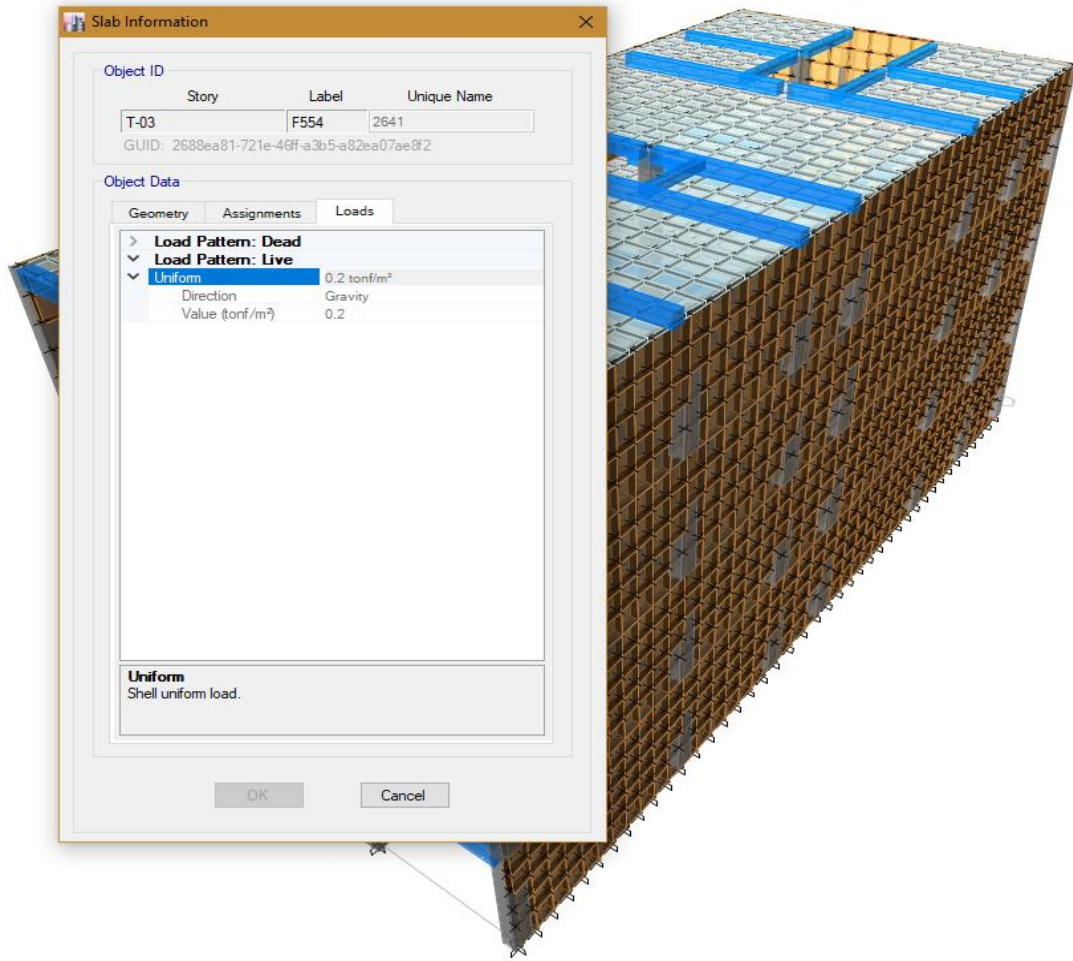
*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.3.2. Carga Viva (L)

Se considera como carga viva la de servicio de la Estructura en mención.

***L=200 kg/m<sup>2</sup> (1°, 2°, 3° Y 4° PISO)***

**Figura 14** *Carga Viva*



*Fuente:* Elaboración propia.

#### **4.4. Análisis sísmico**

El modelo tiene en cuenta el efecto tridimensional del aporte de rigidez de cada elemento estructural. Para el caso del modelamiento de las losas, se usaron elementos de tipo Shell (áreas) que integran el efecto de flexión y membrana.

Incluso se llevó a cabo un Análisis Sísmico Dinámico por Superposición Modal Espectral. Los parámetros empleados en el cálculo del espectro de respuesta son:

**Tabla 5** Parámetros para el cálculo del Espectro de Respuesta

Parámetros para el cálculo del Espectro de Respuesta		
Factor de Zona	Z = 0.45 (Zona 4)	
Factor de Uso	U= 1.0 (Categoría C – Edif. Común)	
Factor de Suelo	S = 1.05 (suelos intermedios – según E.M.S)	
Periodo que define la Plataforma del Espectro	$T_p = 0.6$	$T_I = 2.0$
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	$R_x = 8$	$R_y = 3$

*Fuente:* Elaboración propia.

Se aplica la fórmula de la combinación cuadrática completa para la superposición de los modos, en la que se tiene en cuenta un amortiguamiento crítico del 5%.

**Figura 15** Zonificación Sísmica



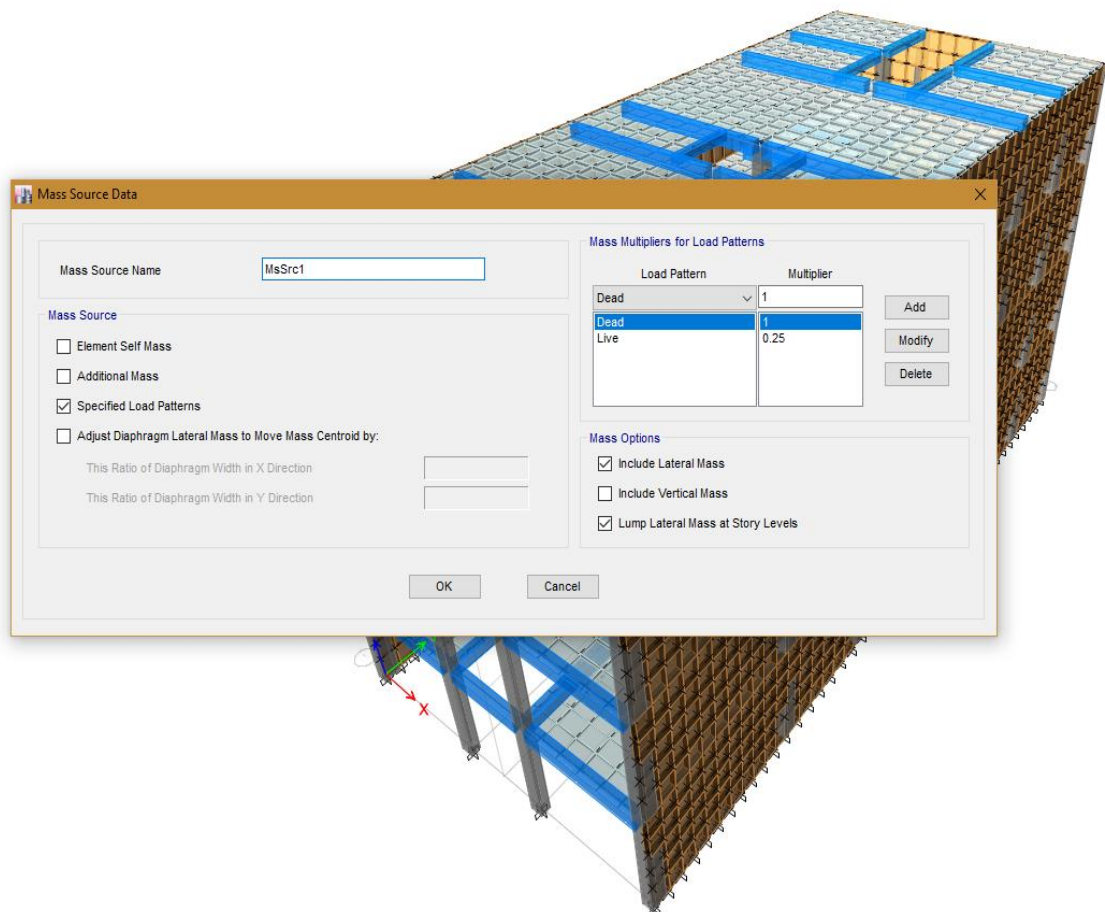
*Fuente:* Norma E.030, 2018.

#### 4.4.1. Masas

Las masas de las losas, piso terminado y de la sobrecarga se juntan en el centro de masas de cada losa; y las masas de las vigas y columnas son consideradas como distribuidas en lo ancho de su longitud. Posteriormente, el software transfiere la masa de los miembros estructurales hasta los nudos extremos.

Al calcular la masa de la estructura se tuvo en cuenta el 25% de la carga viva y en techos el 25% por tratarse de una edificación de tipo “C” (Art. 4.3 NTE E.030).

**Figura 16** *Calculo de Masas de la Estructura*

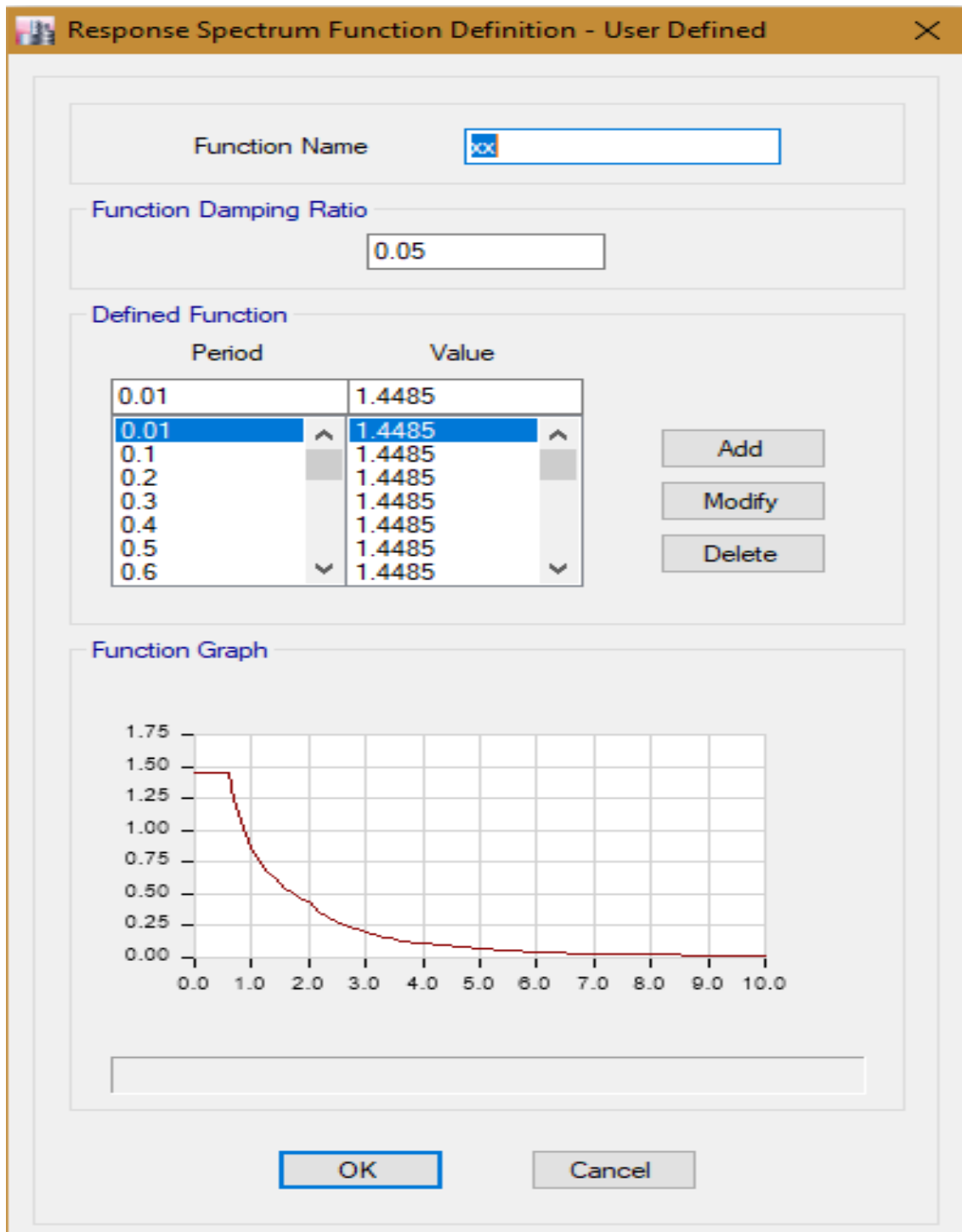


*Fuente:* Elaboración propia.



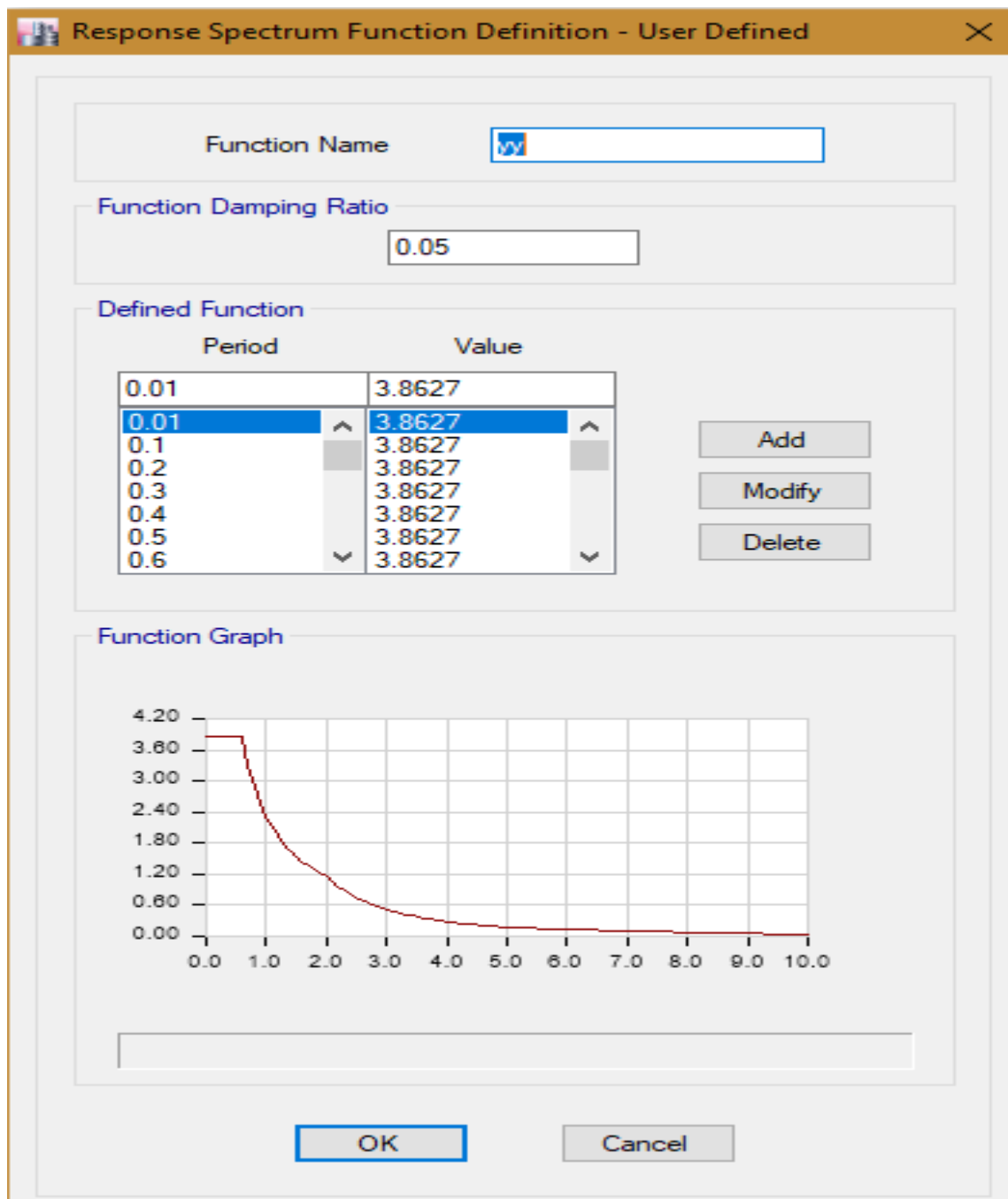
#### 4.4.2. Espectro de diseño

Figura 17 Espectro XX



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18 Espectro YY



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3. Verificación de cortantes

**Tabla 6 Verificación de Cortantes**

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
T-01	SX_e	Bottom	0.00E+00	-85.86	0.00E+00	950.28	0.00E+00	-681.19
T-01	SY_e	Bottom	0.00E+00	0.00E+00	-228.93	-1107.85	1810.81	0.00E+00
T-01	SX Max	Bottom	0.00E+00	66.19	0.17	652.52	1.32	506.94
T-01	SY Max	Bottom	0.00E+00	0.46	200.59	973.22	1534.69	2.92

	Comparación		X	Y
	V_Din	V_Est	$V_{xDin} \geq 0.80 V_{xEst}$	$V_{yDin} \geq 0.80 V_{yEst}$
Sismo	(Ton)	(Ton)	Escalar	Cumple
SX	66.190	68.688	Factor de Escala	Factor de Escala
SY	200.590	183.144	1.038	1

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.4. Verificación de derivas

**Figura 19 Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad**

Material Predominante	$(\Delta_s / h_s)$
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 serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

#### CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

##### 5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $0,75 R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $0,85 R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de  $C/R$  indicados en el numeral 4.5.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 4.6.4.

Fuente: Norma E.030, 2018.

**Tabla 7** Verificación de Derivas

<b>SISMO - XX</b>					<b>SISMO - YY</b>				
Sist. Regular	DX (mm)	Sist. Regular	Sist. Irregular	DX (mm)	DY (mm)	Sist. Regular	Sist. Irregular	DY (mm)	
	Sx Elástico	0.75 R	0.85 R	Sx Inelástico	Sy Elástico	0.75 R	0.85 R	Sy Inelástico	
Piso 4	13.061	78.366	88.8148	78.366	3.814	8.5815	25.9352	8.582	
Piso 3	10.598	63.588	72.0664	63.588	3.262	7.3395	22.1816	7.340	
Piso 2	7.256	43.536	49.3408	43.536	2.342	5.2695	15.9256	5.270	
Piso 1	3.203	19.218	21.7804	19.218	1.147	2.58075	7.7996	2.581	

	<b>h</b> (mm)	<b>DX (mm)</b>	<b>Dxi</b> (mm)	<b>Drift X</b>	<b>DRIFT&lt;=</b> <b>0.007</b>	<b>DY (mm)</b>	<b>Dyi</b> (mm)	<b>Drift Y</b>	<b>DRIFT&lt;=</b> <b>0.005</b>
		<b>Sx</b> <b>Inelastico</b>	<b>Sx</b> <b>Relativo</b>		<b>CUMPLE</b>	<b>Sy</b> <b>Inelastico</b>	<b>Sy</b> <b>Relativo</b>		<b>CUMPLE</b>
<b>Piso 4</b>	2700	78.366	14.778	<b>0.00547</b>	<b>SI</b>	8.582	1.242	<b>0.00046</b>	<b>SI</b>
<b>Piso 3</b>	2700	63.588	20.052	<b>0.00743</b>	<b>NO</b>	7.340	2.070	<b>0.00077</b>	<b>SI</b>

<b>Piso 2</b>	2700	43.536	24.318	<b>0.00901</b>	<b>NO</b>	5.270	2.689	<b>0.00100</b>	<b>SI</b>
<b>T-01</b>	2700	19.218	19.218	<b>0.00712</b>	<b>NO</b>	2.581	2.581	<b>0.00096</b>	<b>SI</b>

---

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.4.5. Combinaciones de cargas

Se toman en consideración las combinaciones obligadas por la Norma E060

COMBO 1	1.4	D	+	1.7	L		
COMBO 2	1.25	D	+	1.25	L	+	1.00 SX
COMBO 3	1.25	D	+	1.25	L	-	1.00 SX
COMBO 4	1.25	D	+	1.25	L	+	1.00 SY
COMBO 5	1.25	D	+	1.25	L	-	1.00 SY
COMBO 6	0.9	D	+	1.00	SX		
COMBO 7	0.9	D	-	1.00	SX		
COMBO 8	0.9	D	+	1.00	SY		
COMBO 9	0.9	D	-	1.00	SY		

Se trazan las envolventes de fuerzas para el diseño de viga y columnas.

**ENVOLVENTE: COMBO 1 + COMBO 2 + COMBO 3 + COMBO 4 + COMBO 5  
+ COMBO 6 + COMBO 7 + COMBO 8 + COMBO 9**

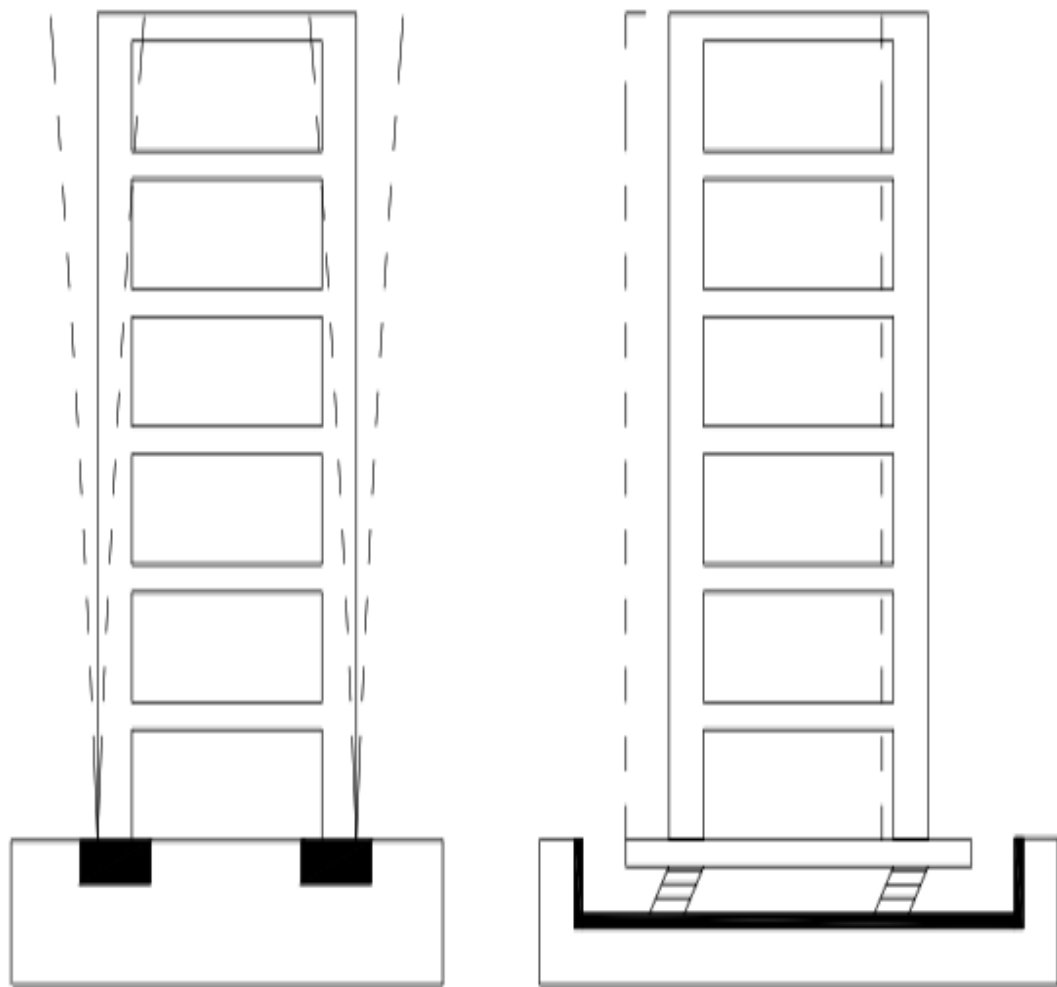
#### 4.4.6. Inclusión de aisladores en la base

La operación del aislamiento sísmico se basa en dos principios: primero, la flexibilidad del sistema estructural o prolongación del periodo, y segundo, el incremento de la amortiguación.

La flexibilidad o prolongación del periodo básico de la estructura se consigue mediante la incorporación de un piso blando entre el suelo de fundación y la superestructura. Automáticamente, se identifica que la rigidez lateral de este piso blando es mucho menor que la presentada por la superestructura, y el sistema mostrará una tendencia a la deformación solo en la interfase de aislación, transfiriendo ligeros esfuerzos cortantes a la superestructura, pues experimenta un movimiento de bloque rígido, por consiguiente, sin daño ni deformación a lo largo de la respuesta sísmica. Por

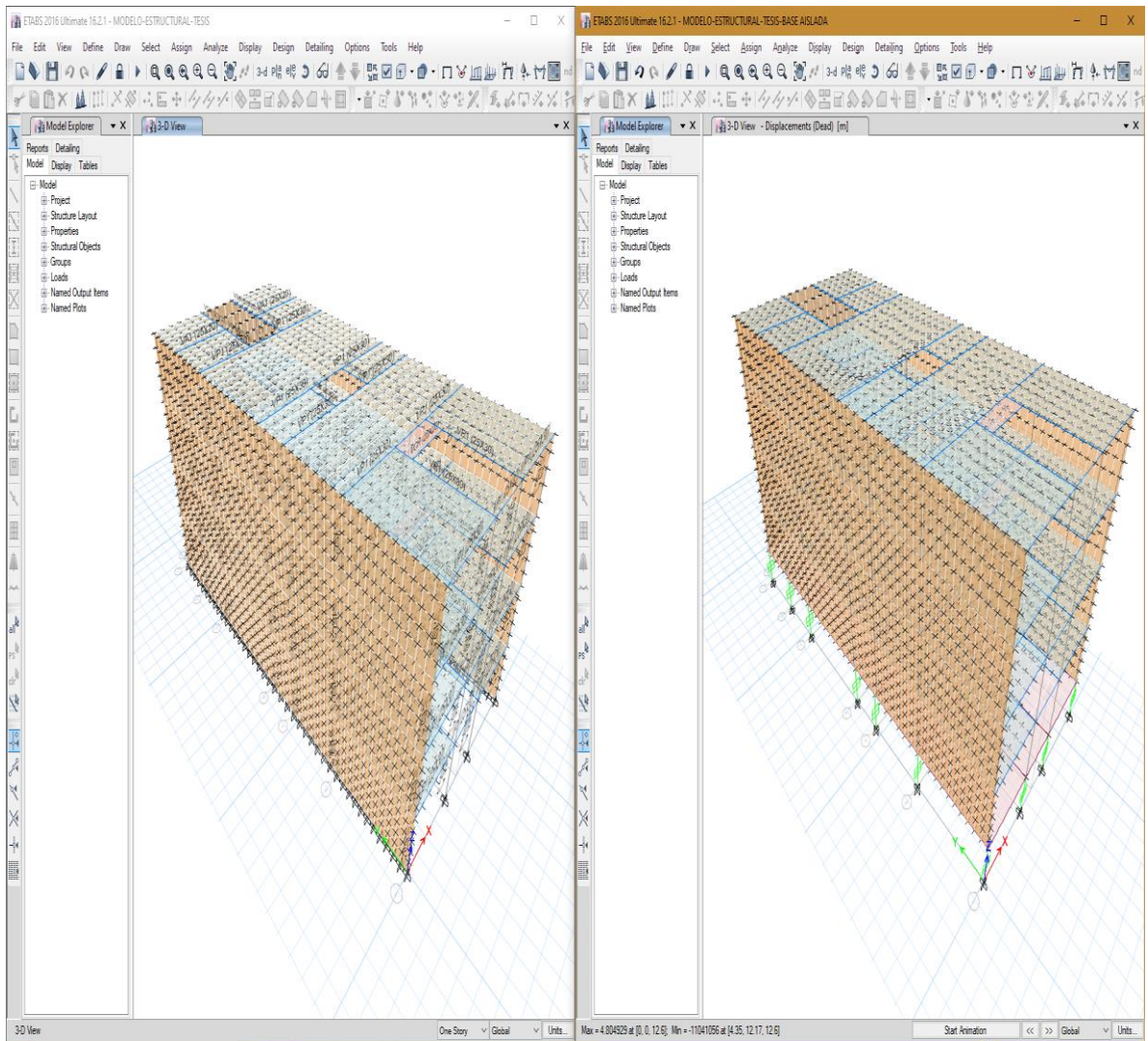
esta razón, se sugiere emplear más el aislamiento de base en estructuras rígidas sobre terrenos firmes.

**Figura 20** *Comportamiento de una estructura de base fija y otra con base aislada*



*Fuente:* Pichardo et al., 2015.

**Figura 21** Modelo con base fija y modelo con base aislada



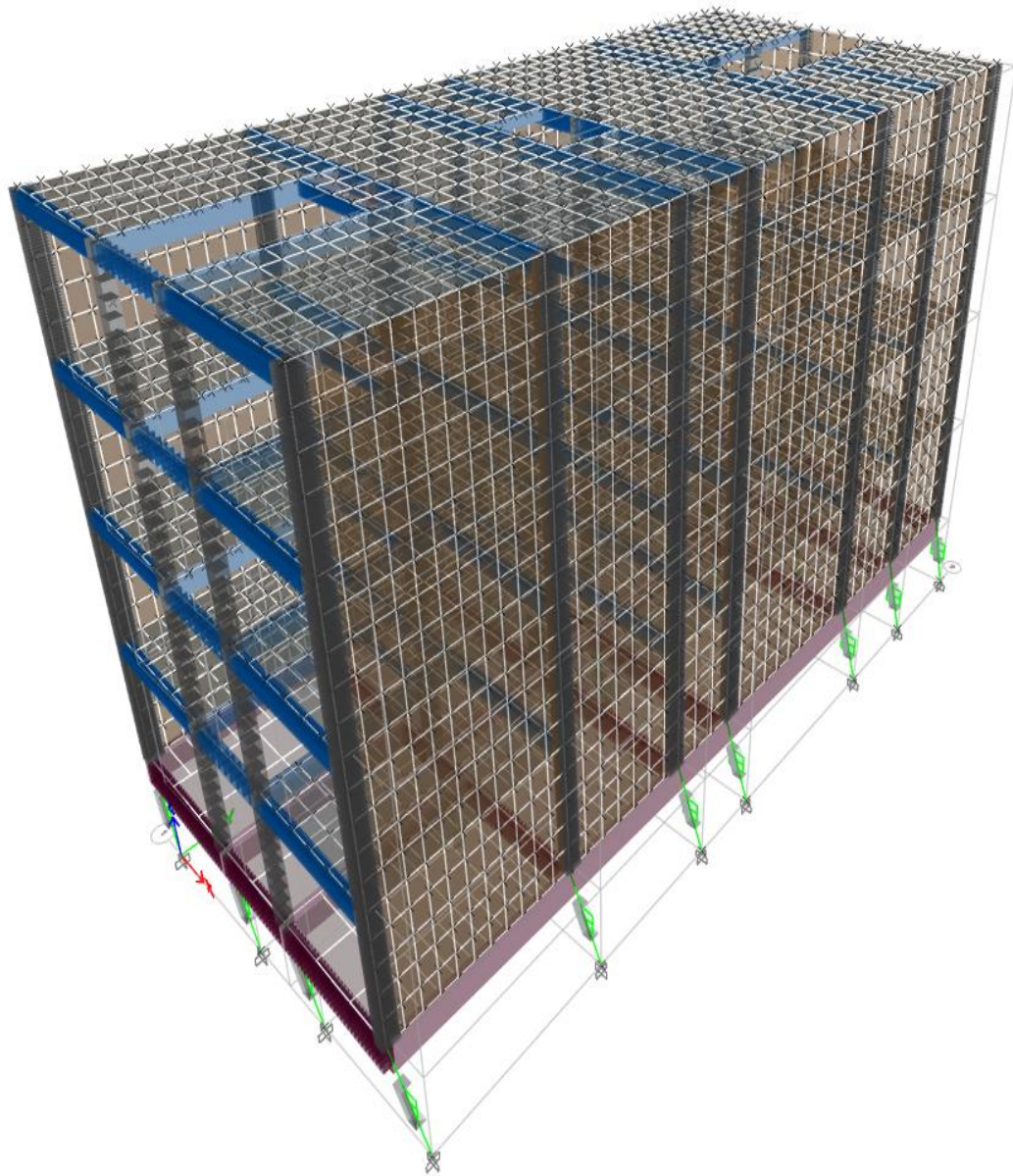
*Fuente:* Elaboración propia.

#### **4.4.6.1. Método de análisis**

El método aproximado es empleado debido al requerimiento de identificar los parámetros dinámicos de aquellos modelos que poseen una base fija, por ende, se lleva a cabo análisis dinámicos para los edificios 1 y 2 de 4 y 10 pisos con base fija, para alcanzar la frecuencia y modo fundamental de vibrar a través de los métodos programados.

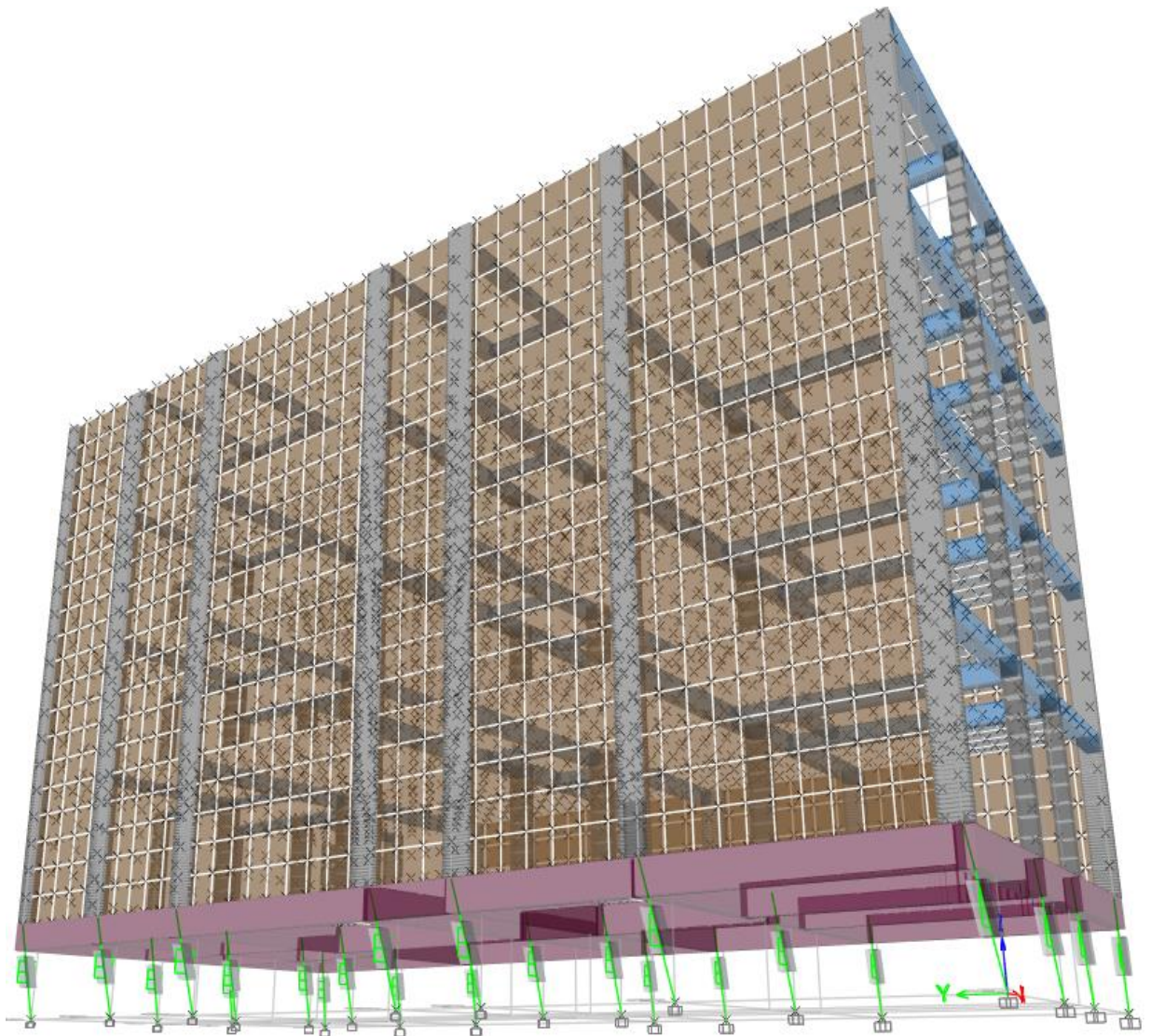


**Figura 22** Análisis plano en dirección X y en dirección Y con el método aproximado de Rayleigh Ritz



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 23** *Modelo matemático de la edificación con aislación en la base*



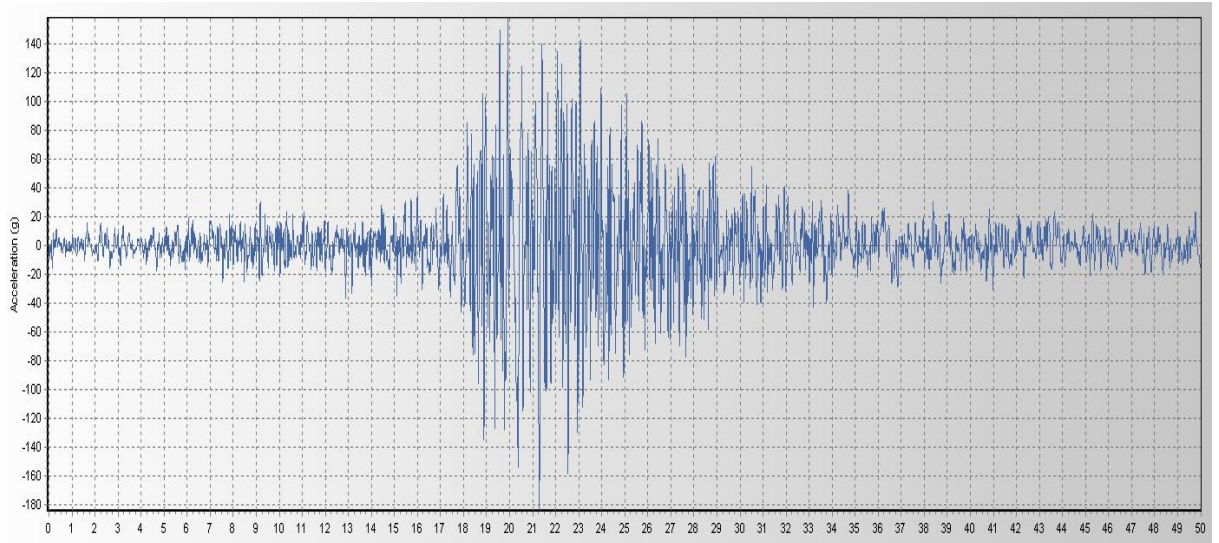
*Fuente:* Elaboración propia.

#### **4.4.6.2. Solicitaciones sísmicas**

En esta investigación, se hace uso de registros conseguidos del terremoto ocurrido en Lima.

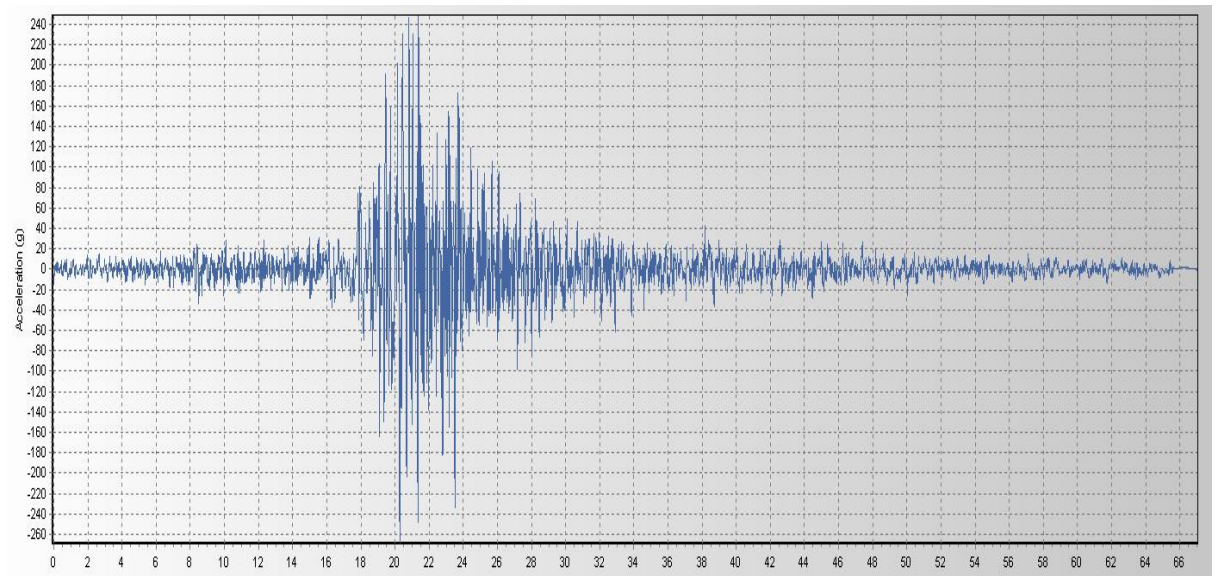
Terremoto de Perú del 17 octubre de 1966 (magnitud 6.4), empleando el registro de Lima, con componentes E-W y N-S.

**Figura 24** Registro de Lima 66 – EW (cm/s<sup>2</sup>)



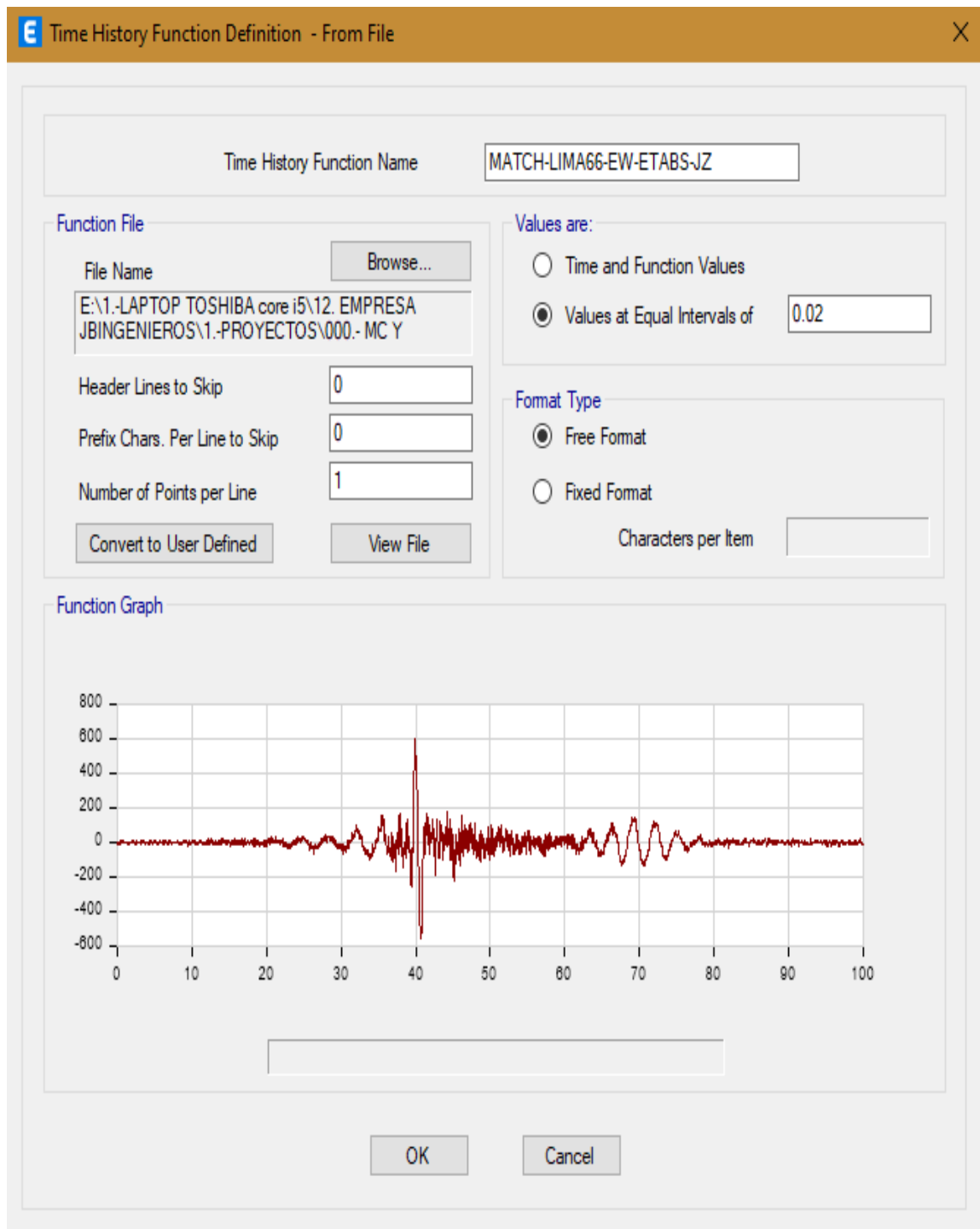
*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 25** Registro de Lima 66 – NS (cm/s<sup>2</sup>)



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 26 TH - EW Lima 66 (cm/s<sup>2</sup>)**



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 27 TH - NS Lima 66 (cm/s<sup>2</sup>)**

Time History Function Definition - From File

Time History Function Name: MATCH-LIMA66-NS-ETABS-JZ

Function File

File Name: E:\1.-LAPTOP TOSHIBA core i5\12. EMPRESA JBINGENIEROS\1.-PROYECTOS\000.- MC Y

Header Lines to Skip: 0

Prefix Chars. Per Line to Skip: 0

Number of Points per Line: 1

Convert to User Defined View File

Values are:

Time and Function Values

Values at Equal Intervals of 0.02

Format Type

Free Format

Fixed Format

Characters per Item

Function Graph

OK Cancel

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.4.6.3. Aislador a considerar del catálogo BRIDGESTONE

Figura 28 Aislador

### Lead Rubber Bearing (LRB)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan  
MVBR-0517  
Acquired in December 2014

#### ● Product Dimension

Characteristics		Sectional View	
Physical Dimensions	Outer diameter	: $D_o$ (mm)	
	Lead plug diameter	: $D_i$ (mm)	
	Number of inner diameter	: $A_r$ ( $\times 10^2 \text{mm}^2$ )	
	Effective plane area	: $t_r$ (mm)	
	Thickness of one rubber layer	: $n$	
	Number of rubber layers	: $H = n \cdot t_r$ (mm)	
	First shape factor $S_1 = [D_o] / [4 \cdot t_r]$		
	Second shape factor $S_2 = D_o / [n \cdot t_r]$		
	Diameter of flange	: $D_r$ (mm)	
	Thickness of flange: edge/center	: $t_e / t_t$ (mm)	
	Connecting bolt PCD	: PCD (mm)	
	Diameter of connecting bolt hole $\times$ qty	: $d_b$ (mm) $\times$ qty	
	Bolt size (assumption)	: $M (d_b - 3)$	
	Thickness of each reinforced steel plate	: $t_e$ (mm)	
	Total height	: $H_t$ (mm)	
	Total weight $1 \text{ (kN)} = 1/9.80665 \text{ (tonf)}$		

## ● Rubber Material

Notation of rubber kind (standard temperature 20°C standard strain  $\gamma = 100\%$ )

Compound name	Rubber code	Shear modulus $G_{eq}$ (N/mm <sup>2</sup> )
G4	G0.4	0.385

Composition of rubber materials (weight ratio %)

Rubber code	Natural rubber Synthetic rubber	Filler, Reinforcement agent	Vulcanization agent and others
Inner rubber (G0.4)	60 and above	10 and above	25 and below
Cover rubber	40 and above	15 and above	40 and below

Properties of rubber materials

Item	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation at Break (%)	Hardness (JIS A)	100% modulus (N/mm <sup>2</sup> )	Young's modulus E (N/mm <sup>2</sup> )	Bulk modulus $E_v$ (N/mm <sup>2</sup> )	Correction factor for apparent Young's modulus according to hardness, k
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251	–	–	–
Inner rubber	17 and above	600 and above	37 ± 5	0.8 ± 0.2	2.20	1176	0.85
Cover rubber	12 and above	600 and above	–	–	–	–	–

## ● Steel Material

Steel material for each part

	Material
Reinforced steel plate	SS400 (JIS G 3101)
Flange <sup>*1*</sup> <sup>*2</sup>	SS400 (JIS G 3101)
Connecting plate <sup>*1</sup>	SS400 (JIS G 3101)
Lead plug	Pb (JIS H 2105 special)

\*1: Optionally SM490A (JIS G 3106).

\*2: Optionally special thickness other than standard thickness.

Anti-rust treatment of flange

Preparation	Remove rust up to blasting quality of SSPC-SP-10 (SIS Sa 2 1/2)
Primer	Zinc-rich paint 75 $\mu$ m × 1 coat
Middle coat	Epoxy resin paint 60 $\mu$ m × 1 coat
Finishing	Epoxy resin paint 35 $\mu$ m × 1 coat
Total film thickness	170 $\mu$ m and above

\*1: Standard color is gray.

\*2: Other kinds of anti-rust treatment are also available. Please contact us for more details.

## ● Precautions

- Due to the lead plug embedded in the center of the laminated rubber body, special treatment is required in case the laminated rubber bearing is to be treated as industrial waste, depending on country. Please confirm with the country's regulation.
- For mid-storey isolation, fire resistant cover is necessary. Please check with fire resistant cover manufacturer who are listed in the JSSI manufacturer list for more details. (<http://www.jssi.or.jp/bussiness/kigyoudetail/to-si-base.htm>)

## ● Shear Properties

Equivalent shear stiffness  $K_{eq}$ , equivalent damping ratio  $H_{eq}$ , initial stiffness  $K_1$ , post-yield stiffness  $K_2$ , characteristic strength  $Q_d$

Shear properties of LRB is dependent on shear strain amplitude.

The shear strain dependency of each property is expressed by the following equations.

Post-yield stiffness :  $K_2 = K_d = C_{kd} \cdot (K_r + K_p)$

Shear stiffness of laminated rubber :  $K_r = G_r \cdot A_r / H$

Additional shear stiffness by lead plug :  $K_p = \alpha_p \cdot A_p / H$

Where,  $C_{kd}$  : post-yield stiffness correction factor due to strain dependency

$G_r$  : shear modulus of rubber 0.385N/mm<sup>2</sup>

$\gamma$  : shear strain

$\alpha_p$  : apparent shear modulus of lead 0.583N/mm<sup>2</sup>

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

Characteristics strength :  $Q_d = C_{qd} \cdot \sigma_{pb} \cdot A_p$

Where,  $C_{qd}$  : characteristic strength correction factor due to strain dependency

$\sigma_{pb}$  : Shear stress at yield of lead 7.967N/mm<sup>2</sup>

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

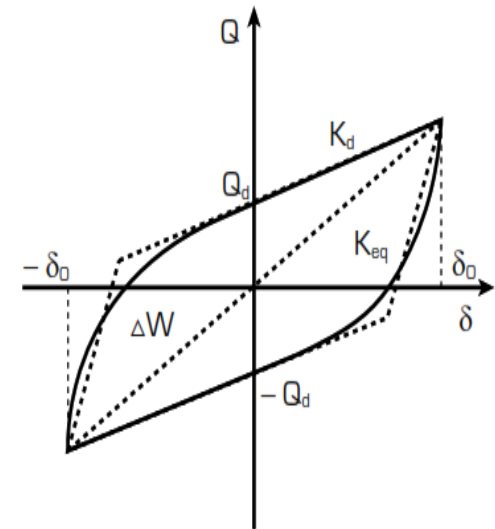
Initial stiffness :  $K_1 = \beta \cdot K_d$

Where,  $\beta$  : Ratio of initial stiffness to post-yield stiffness which is between 10~15. (recommended value: 13)

Equivalent shear stiffness  $K_{eq}$     Equivalent damping ratio  $H_{eq}$

$$K_{eq} = \frac{Q_d}{\gamma \cdot H} + K_d$$

$$H_{eq} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{Q_d \left( \gamma \cdot H - \frac{Q_d}{(\beta - 1)K_d} \right)}{K_{eq} \cdot (\gamma \cdot H)^2}$$





## Temperature dependency

Each shear properties shall be corrected to the value at standard temperature of 20°C by the following equations  
(Applicable range:  $-20 \leq T \leq 40^\circ\text{C}$ ) (T: Temperature during inspection)

● Temperature correction equation :  $K_d (T^\circ\text{C}) = K_d (\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times (1.052 - 2.955 \times 10^{-3} \cdot T + 1.895 \times 10^{-5} \cdot T^2)$   
:  $Q_d (T^\circ\text{C}) = Q_d (\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times (1.192 - 1.017 \times 10^{-2} \cdot T + 2.722 \times 10^{-5} \cdot T^2)$

● Standard value of temperature dependency Standard temperature (20°C)\*1

Properties values	-10°C	0°C	30°C	40°C
Post-yield stiffness $K_d$	+10%	+6%	-3%	-5%
Characteristic strength $Q_d$	+36%	+23%	-11%	-21%

\*1 : The standard value takes into account the variation of 20% to the value obtained by the temperature correction equation.

## Performance variation

The rate of change of main causes (manufacturing variation, aging, temperature change) which affect shear properties as shown below.

Rubber materials		GO.4	
Properties		Post-yield stiffness $K_d$	Characteristic strength $Q_d$
Manufacturing variation*2		Within $\pm 10\%$	Within $\pm 10\%$
Aging*3		Within +10%	-
Ambient temperature variation $20^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$	(+) side	Within +6%	Within +23%
	(-) side	Within -5%	Within -21%
Total	(+) side	Within +26%	Within +33%
	(-) side	Within -15%	Within -31%

\*2 : The variation of each product (standard value) shall be within  $\pm 20\%$  and variation of total units of products per project (total of standard values) shall be within  $\pm 10\%$ .

If total units per project are less than 8 units, variation of total units of products per project (total of standard values) shall be within  $\pm 15\%$ .

\*3 : Predicted rate of change after 60 years at 20°C standard temperature. (20% variation is considered in the rate of change)

\*4 : Above list shows the combination example.

## Compressive Properties

### Compressive stiffness $K_v$

- Compressive stiffness  $K_v$  is determined by the following equation.

$$K_v = \alpha_v \cdot E_c \cdot \frac{A}{H} \quad E_c = \frac{E(1+2\kappa S_1^2)}{1+E(1+2\kappa S_1^2)/E_\infty}$$

$A$ : Laminated rubber plane area     $A_r$ : Effective plane area     $A_p$ : Lead plug plane area  
 $A = A_r + A_p$   
 $\alpha_v$ : Young's modulus correction factor = 1.23

### Ultimate compressive stress (refer the figure on the right)

- Critical stress  $\sigma_{cr}$  at zero shear strain is determined by the following equation.

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \cdot 1.26 \cdot \alpha_c \cdot (G_{eq} \cdot E_b)^{0.5} \cdot S_2$$

However,  $E_b = E \{1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_1^2\} / \{1 + E \{1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_1^2\} / E_\infty\}$

$\alpha_c$ : Correction factor based on  $S_2$  determined from our test data

If  $S_2 \geq 5$ :  $\alpha_c = 1$ , if  $S_2 < 5$ :  $\alpha_c = 0.25 \cdot (S_2 - 5) + 1$

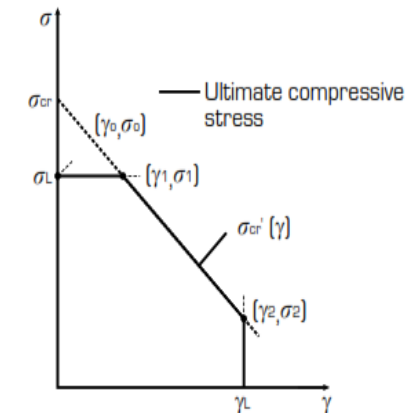
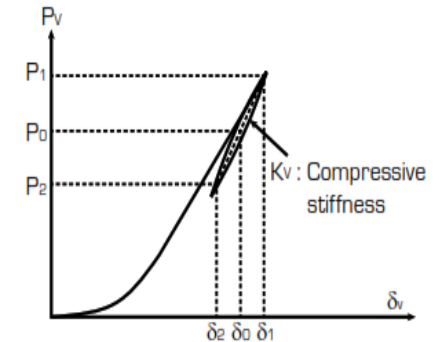
- Ultimate compressive stress at any shear strain  $\sigma_{cr}'(\gamma)$  is determined by  $\sigma_{cr}$  by the following equation.

$$\sigma_{cr}'(\gamma) = \sigma_{cr} \cdot \left(1 - 0.9 \frac{\gamma}{S_2}\right)$$

- The ultimate compressive stress shall not exceed the upper limit  $\sigma_L$  determined as below and the strain region corresponding to the ultimate strain  $\gamma_L$  at 0 compressive stress.

$$\sigma_L = 60 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\gamma_L = \min \{400\%, S_2 \times 100\%\}$$



Certification number MVBR-0517

Compound name	Rubber code	Shear modulus (N/mm <sup>2</sup> )
G4	G0.40	0.385

● LH Series (Total Rubber Thickness 20cm)

Characteristics		LH060G4										LH065G4										
		E	D	C	B	A	G	H	I	J	E	D	C	B	A	G	H	I	J			
Physical Dimensions	Outer diameter (mm)	600										650										
	Lead plug diameter (mm)	80	90	100	110	120	130	140	150	160	90	100	110	120	130	140	150	160	170			
	Effective plane area (×10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> )	2777	2764	2749	2732	2714	2695	2673	2651	2626	3255	3240	3223	3205	3186	3164	3142	3117	3091			
	Thickness of one rubber layer (mm)	4.0										4.4										
	Number of rubber layers (-)	50										45										
	Total rubber thickness (mm)	200										198										
	First shape factor (-)	375										36.9										
	Second shape factor (-)	3.00										3.28										
	Diameter of flange (mm)	900										950										
	Thickness of flange <sup>x1</sup> (edge/center) (mm)	22/28										22/28										
	Connecting bolt PCD (mm)	775										825										
	Diameter of connecting bolt hole × qty (mm)	∅ 33 × 12										∅ 33 × 12										
	Bolt size (assumption) (-)	M30										M30										
	Thickness of each reinforced steel plate (mm)	3.1										3.1										
	Total height (mm)	407.9										390.4										
	Total weight (tonf)	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.70	0.70	0.71	0.71	0.74	0.74	0.74	0.75	0.75	0.76	0.77	0.77	0.78			
Total weight (kN)	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.6	7.6				
Compression Properties	Critical stress (N/mm <sup>2</sup> )	24										30										
	Ultimate compressive stress (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_{\sigma_1}, \sigma_1$	(0.00,24)										(0.00,30)									
		$\gamma_{\sigma_2}, \sigma_2$	(3.00,2)										(3.28,3)									
		$\gamma_{\sigma_1}, \sigma_1$	(0.00,24)										(0.00,30)									
	Compressive stiffness (×10 <sup>3</sup> kN/m)	1670										1970										
Nominal long term compressive stress (N/mm <sup>2</sup> )	6.0										7.3											

Fuente: Catálogo BRIDGESTONE.

#### 4.4.6.4. Cálculo manual para verificar el diámetro del aislador

##### 4.4.6.4.1. Datos y parámetros del sistema

###### Masas y Pesos

$W := 784.838 \text{ tonnef}$       Peso efectivo sísmico.       $W = 7696.63 \text{ kN}$

$W_s := 581.525 \text{ tonnef}$       Peso efectivo sísmico sin considerar la losa de Aislamiento.       $W_s = 5702.81 \text{ kN}$

$M = 80.037 \text{ tonnef}$       Masa efectiva sísmica.       $M = 784.89 \text{ kN}$

$M_s = 59.303 \text{ tonnef}$       Masa efectiva sísmica sin considerar la losa de Aislamiento.       $M_s = 581.56 \text{ kN}$

###### Parámetros Sísmicos

$Z := 0.45$       Factor de Zona. (Tabla N°1 - E030)

$U := 1.00$       Factor de Uso. (Tabla N°5 - E030)

$S_u := 1.05$       Factor de Suelo. (Tabla N°3 - E030)

$T_p := 0.60 \text{ s}$       Periodo limite de la meseta. (Tabla N°4 - E030)

$T_L := 2.00 \text{ s}$       Periodo de inicio de comportamiento inelástico del suelo. (Tabla N°4 - E030)

$T_{1MOD0} := 0.594 \text{ s}$       Periodo en Base Fija (1er modo de ETABS).

$T_{3MOD0} := 0.192 \text{ s}$       Periodo en Base Fija (3er modo de ETABS).

$T_m := 3 \cdot T_{1MOD0} = 1.78 \text{ s}$       Periodo efectivo inicial asumido.       $T_m := 1.307 \text{ s}$

$C_{th} = 1.15$       Coeficiente de amplificación sísmica.

$R_o := 8.00$       Coeficiente básico de Reducción. (Tabla N°7)

#### 4.4.6.4.2. Diseño preliminar

##### Características generales del aislador y super estructura

$\beta_{eff\_asum} := 17.50\%$  Amortiguamiento efectivo inicial para adicionar a la Estructura aislada.

$\zeta := 5\%$  Amortiguamiento Viscoso 2% (Edificio nuevo) y 5% (Edificio existente).

$$\beta_m := \frac{4}{5.6 - \ln(\beta_{eff\_asum})} = 1.46$$

$\beta_m = 1.46$  Coeficiente de Amortiguación inicial asumido.

$d := 19.97 \text{ m}$  Dimensión mas larga en planta de la Edificación.

$b := 8.94 \text{ m}$  Dimensión mas corta en planta de la Edificación.

$e_{real} := 0.50 \text{ m}$  Excentricidad real medida entre el CM y CR del sistema de aislación.

$e_{accidental} := 0.05 \cdot d = 0.999 \text{ m}$

$e := e_{real} + e_{accidental} = 1.499 \text{ m}$

$y := 4.74 \text{ m}$  Distancia entre el CR del sistema respecto al aislador de interés.

$P_T := \frac{T_{1MODO}}{T_{3MODO}} = 3.09$  Relación del período de traslación efectivo del aislamiento (ASCE - eq. 17.5-4).

$S_{am} := 1.5 \cdot Z \cdot U \cdot C_{th} \cdot S_u \cdot g$  Pseudo-aceleración en la Estructura aislada.

$S_{am} = 0.813 \text{ g}$

$D_M := \frac{S_{am} \cdot T_m^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot \beta_m}$  Desplazamiento máximo para el limite inferior del sistema de aislación (E-031 eq. 6).

$D_M = 0.236 \text{ m}$

$D_{M_{50}} := 0.5 \cdot D_M = 0.118 \text{ m}$  Desplazamiento máximo para cálculo de fuerza restauradora.

$D_{TM} := \max \left( D_M \cdot \left( 1 + \left( \frac{y}{P_T^2} \right) \cdot \left( \frac{12 \cdot e}{b^2 + d^2} \right) \right), 1.15 \cdot D_M \right)$  Desplazamiento máximo para el limite inferior del sistema de aislación (ASCE - eq. 17.5-1).

$D_{TM} = 0.272 \text{ m}$

$D_{TM_{50}} := 0.5 \cdot D_{TM} = 0.136 \text{ m}$  Desplazamiento total máximo para cálculo de fuerza restauradora.

$$\frac{D_{TM}}{D_M} = 1.150 \quad \text{if} \left( \frac{D_{TM}}{D_M} \geq 1.15, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

#### 4.4.6.4.3. Factores de modificación de propiedades

##### *Modulo de Corte de la Goma*

$$\lambda_{max\_goma} := 1.80$$

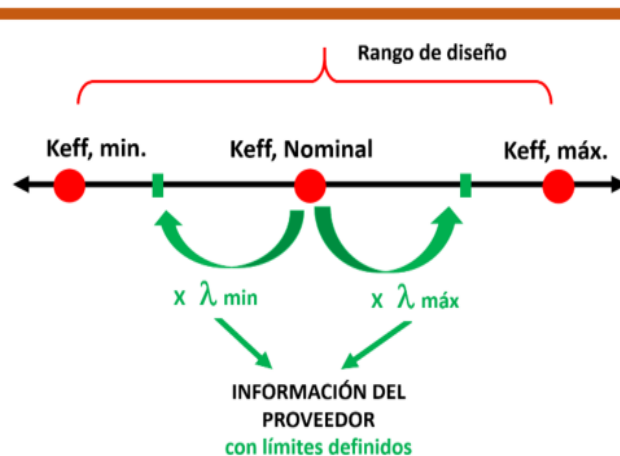
$$\lambda_{min\_goma} := 0.80$$

##### *Esfuerzo de Fluencia del Plomo*

$$\lambda_{max\_plomo} := 1.80$$

$$\lambda_{min\_plomo} := 0.80$$

#### Variación de propiedades de los dispositivos



#### 4.4.6.4.4. Diseño preliminar de una unidad de aislador de núcleo de plomo (LRB)

##### Propiedades Nominales

$$\Phi_{LRB} := 1.25 \cdot D_{TM}$$

$$\Phi_{LRB} = 0.34 \text{ m}$$

$$\Phi_{LRB\_din} := 0.80 \cdot \Phi_{LRB}$$

$$\Phi_{LRB\_din} = 0.27 \text{ m}$$

Se recomienda usar como diámetro inicial del aislador entre 1.25 a 1.50 el DTM por temas de deformación al cortante por debajo de 250%. (FLE)

Se toma el 80% del diámetro calculado anteriormente por el método FLE.

$$\sigma := 10 \frac{N}{mm^2}$$

Este valor lo brinda el fabricante, pero en promedio se usa 10 N/mm<sup>2</sup>.

$$P_{ser} := 51.787 \text{ tonnef}$$

Peso de servicio aplicada en el aislador a diseñar. (extraer valor de ETABS)

$$M_{ser} := \frac{P_{ser}}{9.81} = 51.77 \text{ kN}$$

Masa de servicio aplicada en el aislador a diseñar.

$$\Phi_{LRB} := \sqrt{\frac{4 \cdot P_{ser}}{\pi \cdot \sigma}} = 0.25 \text{ m}$$

Cálculo del diámetro usando la ecuación de la tensión máxima a compresión.

$$\Phi_{LRB} := 600 \text{ mm}$$

Diámetro igual o mayor al previo nominal sacado del catalogo.

$$A_{LRB} := \frac{\pi \cdot \Phi_{LRB}^2}{4}$$

$$A_{LRB} = 2827.43 \text{ cm}^2$$

Área final del aislador.

$$K_m := \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot M}{T_m^2} \cdot \left( \frac{s^2}{m} \right)$$

$$K_m = 18139.17 \frac{kN}{m}$$

Rigidez máxima y mínima efectiva del sistema de aislación en el desplazamiento máximo de diseño.

$$K_{eff\_pr} := \frac{K_m}{N_{LRB}}$$

$$K_{eff\_pr} = 755.80 \frac{kN}{m}$$

Rigidez efectiva mínima por cada unidad de aislador.

$$G_{LRB\_100} := 0.385 \frac{N}{mm^2}$$

Modulo de corte de la goma o caucho al 100% de deformación por corte, dato extraido del catalogo.

$$h_t := \frac{G_{LRB\_100} \cdot A_{LRB}}{K_{eff\_pr}}$$

$$h_t = 144.03 \text{ mm}$$

Altura total de la goma recomendada.

#### 4.4.6.4.5. Datos de catálogo

*Bridgestone\_Japón*

$P_{\text{aislador}} := 6.6 \text{ kN}$	Peso del Aislador.
$M_{\text{aislador}} := \frac{P_{\text{aislador}}}{9.81} = 0.67 \text{ kN}$	Masa del Aislador.
$D_{\text{plomo}} := 90 \text{ mm}$	Diámetro efectivo del núcleo del plomo.
$A_{f\_plomo} := \frac{\pi \cdot D_{\text{plomo}}^2}{4} = 0.0064 \text{ m}^2$	Área del plomo.
$A_{r\_goma} := 2764 \cdot 10^2 \text{ mm}^2$	Área efectiva en el plano del Aislador.
$t_r := 4.0 \text{ mm}$	Espesor de una capa de goma.
$N_r := 50$	Numero de capas de goma.
$h_t := 200 \text{ mm}$	Altura final de la goma del catalogo.
$H := 407.9 \text{ mm}$	Altura total del aislador incluyendo calces de acero.
$\gamma_{DTM\_min} := \frac{D_M}{h_t} = 1.18$	Deformación por cortante por Dtm limite interior.
$\gamma_{DTM\_max} := \frac{D_{TM}}{h_t} = 1.36$	Deformación por cortante por Dtm limite superior.

**Nota:** La deformación por cortante se recomienda mantener por debajo del 250%

#### 4.4.6.4.6. Verificación del diseño preliminar (LRB)

*Aislador tipo - Código del aislador LH060G4*

$\alpha_p := 0.583 \frac{N}{\text{mm}^2}$	Modulo aparente del plomo a cortante.
$\sigma_p := 7.967 \frac{N}{\text{mm}^2}$	Esfuerzo a corte de fluencia del plomo.
$\beta := 13$	Ratio de rigidez inicial con post-fluencia (entre 10 a 15).
$\beta_\beta := 13$	
$E := 2.20 \frac{N}{\text{mm}^2}$	Modulo de Young.
$\alpha_v := 1.23$	Factor de corrección al Modulo de Young.
$E_\alpha := 1176 \frac{N}{\text{mm}^2}$	Modulo aparente del plomo a cortante.
$k := 0.85$	Factor de corrección por Rugosidad.



Lower Bound	Nominal	Upper Bound
<u>factores de modificación de las propiedades del plomo:</u>		
$\lambda_{\min\_plomo} = 0.80$	$\lambda_{plomo} = 1.00$	$\lambda_{\max\_plomo} = 1.80$
$\sigma_{p\_lb} = 6373.60 \frac{kN}{m^2}$	$\sigma_p = 7967.00 \frac{kN}{m^2}$	$\sigma_{p\_ub} = 14340.60 \frac{kN}{m^2}$
	$C_{kd} = 0.9802$	
	$C_{qd} = 1.0000$	
<u>factores de modificación de las propiedades de la goma:</u>		
$\lambda_{\min\_goma} = 0.80$	$\lambda_{goma} = 1.00$	$\lambda_{\max\_goma} = 1.80$
$K_{r\_lb} = 425.66 \frac{kN}{m}$	$K_r = 532.07 \frac{kN}{m}$	$K_{r\_ub} = 957.73 \frac{kN}{m}$
$K_{p\_lb} = 14.84 \frac{kN}{m}$	$K_p = 18.54 \frac{kN}{m}$	$K_{p\_ub} = 33.38 \frac{kN}{m}$
$k_{2\_lb} = 431.78 \frac{kN}{m}$	$k_2 = 539.72 \frac{kN}{m}$	$k_{2\_ub} = 971.49 \frac{kN}{m}$
$k_{2t\_lb} = 10362.60 \frac{kN}{m}$	$k_{2t} = 12953.26 \frac{kN}{m}$	$k_{2t\_ub} = 23315.86 \frac{kN}{m}$
$k_{1\_lb} = 5613.08 \frac{kN}{m}$	$k_1 = 7016.35 \frac{kN}{m}$	$k_{1\_ub} = 12629.42 \frac{kN}{m}$
$k_{1t\_lb} = 134713.86 \frac{kN}{m}$	$k_{1t} = 168392.32 \frac{kN}{m}$	$k_{1t\_ub} = 303106.18 \frac{kN}{m}$
$Q_{d\_lb} = 40.55 kN$	$Q_d = 50.68 kN$	$Q_{d\_ub} = 91.23 kN$
$Q_{dt\_lb} = 973.13 kN$	$Q_{dt} = 1216.41 kN$	$Q_{dt\_ub} = 2189.54 kN$
$K_{eff\_lb} = 603.41 \frac{kN}{m}$	$K_{eff} = 754.26 \frac{kN}{m}$	$K_{eff\_ub} = 1357.67 \frac{kN}{m}$
$0.8 \cdot K_{eff\_lb} = 604.64 \frac{kN}{m}$	$K_{eff\_pr} = 755.80 \frac{kN}{m}$	$1.2 \cdot K_{eff\_ub} = 906.96 \frac{kN}{m}$
	$D_y = 0.0078 m$	
	$\beta_{eff} = 0.175$	
$E_{d\_lb} = 37.05 kN \cdot m$	$E_d = 46.31 kN \cdot m$	$E_{d\_ub} = 83.36 kN \cdot m$
$E_{s\_lb} = 16.84 kN \cdot m$	$E_s = 21.05 kN \cdot m$	$E_{s\_ub} = 37.89 kN \cdot m$
$F_{y\_lb} = 43.93 kN$	$F_y = 54.91 kN$	$F_{y\_ub} = 98.83 kN$
$F_{M\_lb} = 142.55 kN$	$F_M = 178.19 kN$	$F_{M\_ub} = 320.74 kN$
	$\beta_M = 1.46$	
$K_T\_lb = 14481.76 \frac{kN}{m}$	$K_T = 18102.20 \frac{kN}{m}$	$K_T\_ub = 32583.97 \frac{kN}{m}$
$E_T\_lb = 889.13 kN \cdot m$	$E_T = 1111.41 kN \cdot m$	$E_T\_ub = 2000.53 kN \cdot m$
	$S_1 = 37.50$	
	$S_2 = 3.00$	
	$E_C = 1175999.78 \frac{kN}{m^2}$	
	$K_v = 2045045.51 \frac{kN}{m}$	
$t_{lb} = 1.840 s$	$t = 1.646 s$	$t_{ub} = 1.227 s$
$C_{h\_lb} = 44.21 \frac{kN}{m} \cdot s$	$C_h = 49.43 \frac{kN}{m} \cdot s$	$C_{h\_ub} = 66.32 \frac{kN}{m} \cdot s$

**4.4.6.4.7. Verificación de la fuerza restauradora con fuerza a la mitad del desplazamiento (LRB)**

<i>Lower Bound</i>	<i>Nominal</i>	<i>Upper Bound</i>
<u><i>factores de modificación de las propiedades del plomo:</i></u>		
$\lambda_{\min\_plomo} = 0.80$	$\lambda_{plomo} = 1.00$	$\lambda_{\max\_plomo} = 1.80$
	$D_{M\_50} = 0.1181 \text{ m}$	
	$D_{TM\_50} = 0.1358 \text{ m}$	
	$Y_{DTM\_50} = 0.59$	
	$C_{kd\_50} = 1.1407$	
	$C_{qd\_50} = 1.0000$	
<u><i>factores de modificación de las propiedades de la goma:</i></u>		
$\lambda_{\min\_goma} = 0.80$	$\lambda_{goma} = 1.00$	$\lambda_{\max\_goma} = 1.80$
$K_{r\_lb} = 425.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_r = 532.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{r\_ub} = 957.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$K_{p\_lb} = 14.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_p = 18.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{p\_ub} = 33.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$k_{250\_lb} = 502.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{250} = 628.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{250\_ub} = 1130.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$k_{250t\_lb} = 12059.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{250t} = 15074.16 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{250t\_ub} = 27133.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$k_{150\_lb} = 6532.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{150} = 8165.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{150\_ub} = 14697.31 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$k_{150t\_lb} = 156771.30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{150t} = 195964.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{150t\_ub} = 352735.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$Q_{d50\_lb} = 40.55 \text{ kN}$	$Q_{d50} = 50.68 \text{ kN}$	$Q_{d50\_ub} = 91.23 \text{ kN}$
$Q_{d50t\_lb} = 973.13 \text{ kN}$	$Q_{d50t} = 1216.41 \text{ kN}$	$Q_{d50t\_ub} = 2189.54 \text{ kN}$
$K_{eff50\_lb} = 845.74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{eff50} = 1057.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{eff50\_ub} = 1902.90 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
	$D_{y50} = 0.0067 \text{ m}$	
	$\beta_{eff50} = 0.24$	
$E_{d\_lb} = 18.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$E_d = 22.58 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$E_{d\_ub} = 40.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$E_{s\_lb} = 5.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$E_s = 7.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$E_{s\_ub} = 13.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$F_{y\_lb} = 43.93 \text{ kN}$	$F_y = 54.91 \text{ kN}$	$F_{y\_ub} = 98.83 \text{ kN}$
$F_{M50\_lb} = 99.90 \text{ kN}$	$F_{M50} = 124.88 \text{ kN}$	$F_{M50\_ub} = 224.78 \text{ kN}$
	$\beta_{M50} = 1.46$	
$K_{T50\_lb} = 20297.65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{T50} = 25372.06 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{T50\_ub} = 45669.71 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$E_{T50\_lb} = 433.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$E_{T50} = 542.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$E_{T50\_ub} = 975.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$

#### 4.4.6.4.8. Verificación del comportamiento del aislador (LRB)

##### 8.Verificación del comportamiento del Aislador (LRB)

FS := 1.10

Lower Bound	Nominal	Upper Bound
$F_{M\_lb} = 142.55 \text{ kN}$	$F_M = 178.19 \text{ kN}$	$F_{M\_ub} = 320.74 \text{ kN}$
$F_{M50\_lb} = 99.90 \text{ kN}$	$F_{M50} = 124.88 \text{ kN}$	$F_{M50\_ub} = 224.78 \text{ kN}$
$F_{R\_lb} = 42.65 \text{ kN}$	$F_R = 53.31 \text{ kN}$	$F_{R\_ub} = 95.97 \text{ kN}$
$0.025 \cdot P_{ser} = 12.70 \text{ kN}$	$0.025 \cdot P_{ser} = 12.70 \text{ kN}$	$0.025 \cdot P_{ser} = 12.70 \text{ kN}$
$F_{R\_lb} \geq 0.025 \cdot P_{ser}$	$F_R \geq 0.025 \cdot P_{ser}$	$F_{R\_ub} \geq 0.025 \cdot P_{ser}$
$V_{erif\_lb} = \text{"Cumple"}$	$V_{erif} = \text{"Cumple, Retorna a posición inicial"}$	$V_{erif\_ub} = \text{"Cumple"}$

$$A_r = 0.19 \text{ m}^2$$

$$R_{areas} = 67.73 \text{ \%}$$

$$R_{areas} > 30\%$$

$$V_{erif\_areas} = \text{"Cumple"}$$

$$S = 25.40$$

$$P_{cr} = 19687.75 \text{ kN}$$

$$P_{max} = 17897.95 \text{ kN}$$

$$P_{max\_ETABS} = 4000.00 \text{ kN}$$

$$P_{max} > P_{max\_ETABS}$$

$$V_{erif\_Pmax} = \text{"Cumple"}$$

$$\varepsilon_c = 0.34$$

$$\Delta_s = 0.012 \text{ m}$$

$$\varepsilon_s = 0.06$$

$$\theta = 0.01$$

$$\varepsilon_r = 1.69$$

$$\Sigma_{\Delta} = 2.11$$

$$\frac{6}{FS} = 5.45$$

$$\Sigma_{\Delta} \leq \frac{6}{FS}$$

$$V_{erif\__{\Delta}} = \text{"Cumple"}$$

#### 4.4.6.4.9. Sistema total (LRB)

Lower Bound	Nominal	Upper Bound
$K_{T\_lb} = 14481.76 \frac{kN}{m}$	$K_T = 18102.20 \frac{kN}{m}$	$K_{T\_ub} = 32583.97 \frac{kN}{m}$
$K_{T50\_lb} = 20297.65 \frac{kN}{m}$	$K_{T50} = 25372.06 \frac{kN}{m}$	$K_{T50\_ub} = 45669.71 \frac{kN}{m}$
$E_{T\_lb} = 889.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$E_T = 1111.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$E_{T\_ub} = 2000.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$
$Q_{dt\_lb} = 973.13 \text{ kN}$	$Q_{dt} = 1216.41 \text{ kN}$	$Q_{dt\_ub} = 2189.54 \text{ kN}$
$k_{1t\_lb} = 134713.86 \frac{kN}{m}$	$k_{1t} = 168392.32 \frac{kN}{m}$	$k_{1t\_ub} = 303106.18 \frac{kN}{m}$
$k_{1\_lb} = 5613.08 \frac{kN}{m}$	$k_1 = 7016.35 \frac{kN}{m}$	$k_{1\_ub} = 12629.42 \frac{kN}{m}$
	$\beta_{eff} = 0.175$	
	$\beta_M = 1.46$	
	$W = 7696.63 \text{ kN}$	
	$M = 784.89 \text{ kN}$	
$R_{sist\_lb} = 0.126$	$R_{sist} = 0.158$	$R_{sist\_ub} = 0.284$
$t_{eff\_lb} = 1.463 \text{ s}$	$t_{eff} = 1.308 \text{ s}$	$t_{eff\_ub} = 0.975 \text{ s}$
$C_{hT\_lb} = 843.40 \frac{kN}{m} \cdot s$	$C_{hT} = 942.95 \frac{kN}{m} \cdot s$	$C_{hT\_ub} = 1265.10 \frac{kN}{m} \cdot s$
$S_{a\_lb} = 0.727 \text{ g}$	$S_a = 0.813 \text{ g}$	$S_{a\_ub} = 1.090 \text{ g}$
$S_{d\_lb} = 0.386 \text{ m}$	$S_d = 0.346 \text{ m}$	$S_{d\_ub} = 0.258 \text{ m}$
$F_{MT\_lb} = 3421.24 \text{ kN}$	$F_{MT} = 4276.55 \text{ kN}$	$F_{MT\_ub} = 7697.80 \text{ kN}$
$F_{MT50\_lb} = 2397.61 \text{ kN}$	$F_{MT50} = 2997.01 \text{ kN}$	$F_{MT50\_ub} = 5394.62 \text{ kN}$
$F_{R\_lb} = 1023.63 \text{ kN}$	$F_R = 1279.54 \text{ kN}$	$F_{R\_ub} = 2303.18 \text{ kN}$
$0.025 \cdot W = 192.42 \text{ kN}$	$0.025 \cdot W = 192.42 \text{ kN}$	$0.025 \cdot W = 192.42 \text{ kN}$
$F_{R\_lb} \geq 0.025 \cdot W$	$F_R \geq 0.025 \cdot W$	$F_{R\_ub} \geq 0.025 \cdot W$
$V_{erif\_lb} = \text{"Cumple"}$	$V_{erif} = \text{"Cumple"}$	$V_{erif\_ub} = \text{"Cumple"}$

#### 4.4.6.4.10. Parámetros para el Software (ETABS)

Lower Bound	Nominal	Upper Bound
	$N_{LRB} = 24$	
	$P_{aislador} = 6.60 \text{ kN}$	
	$M_{aislador} = 0.0686 \text{ tonnef}$	
<u>Para análisis TH NO LINEAL</u>		
$K_{eff\_lb} = 603.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{eff} = 754.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$K_{eff\_ub} = 1357.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$C_{h\_lb} = 44.21 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \text{s}$	$C_h = 49.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \text{s}$	$C_{h\_ub} = 66.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \text{s}$
$k_{1\_lb} = 5613.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_1 = 7016.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$k_{1\_ub} = 12629.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
$F_{y\_lb} = 43.93 \text{ kN}$	$F_y = 54.91 \text{ kN}$	$F_{y\_ub} = 98.83 \text{ kN}$
$K_{R\_lb} = 0.0769$	$K_R = 0.0769$	$K_{R\_ub} = 0.0769$
<u>Para análisis TH LINEAL</u>		
	$C_v = 257.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \text{s}$	
	$K_v = 2045045.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	

#### 4.4.6.5. Verificación del periodo asumido en el sistema de base aislada

Como se observa estamos casi con los periodos iguales por lo que procedemos con el análisis computacional.

Figura 29 Verificación del Periodo Asumido

**Verificación del periodo asumido (ETABS TH-lineal)**

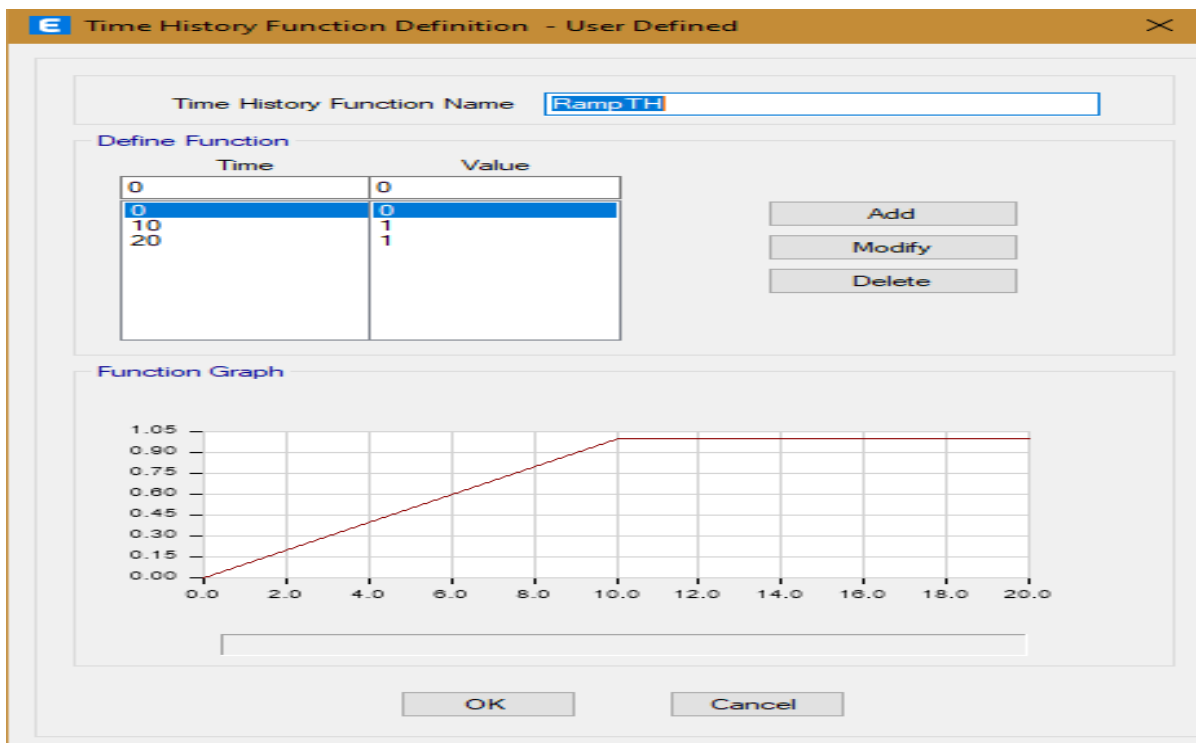
$T_m = 1.307$  s

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	1.417	0.706	4.4335	19.656
Modal	2	1.325	0.754	4.7404	22.4716
Modal	3	1.141	0.876	5.5055	30.31
Modal	4	0.338	2.961	18.6064	346.1988
Modal	5	0.155	6.468	40.6366	1651.3302
Modal	6	0.11	9.109	57.2347	3275.8095
Modal	7	0.104	9.592	60.268	3632.2279
Modal	8	0.099	10.056	63.1859	3992.4639
Modal	9	0.076	13.214	83.0282	6893.6883
Modal	10	0.053	18.967	119.1748	14202.6316
Modal	11	0.052	19.332	121.464	14753.5041
Modal	12	0.036	27.686	173.9559	30260.647

Fuente: Elaboración propia.

4.4.6.6. Análisis de tiempo historia no lineal

Figura 30 Función Rampa TH



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31** Caso de Carga – TH LIMA66 - YY

**E** Load Case Data X

---

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type/Subtype: Time History Nonlinear Modal (FNA) Notes...

Mass Source:

Analysis Model:

---

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

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

Nonlinear Case:

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	MATCH-LIMA66-EW...	0.001
Acceleration	U1	MATCH-LIMA66-NS...	0.003

Info  
Add  
Delete  
 Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Number of Output Time Steps:

Output Time Step Size:  sec

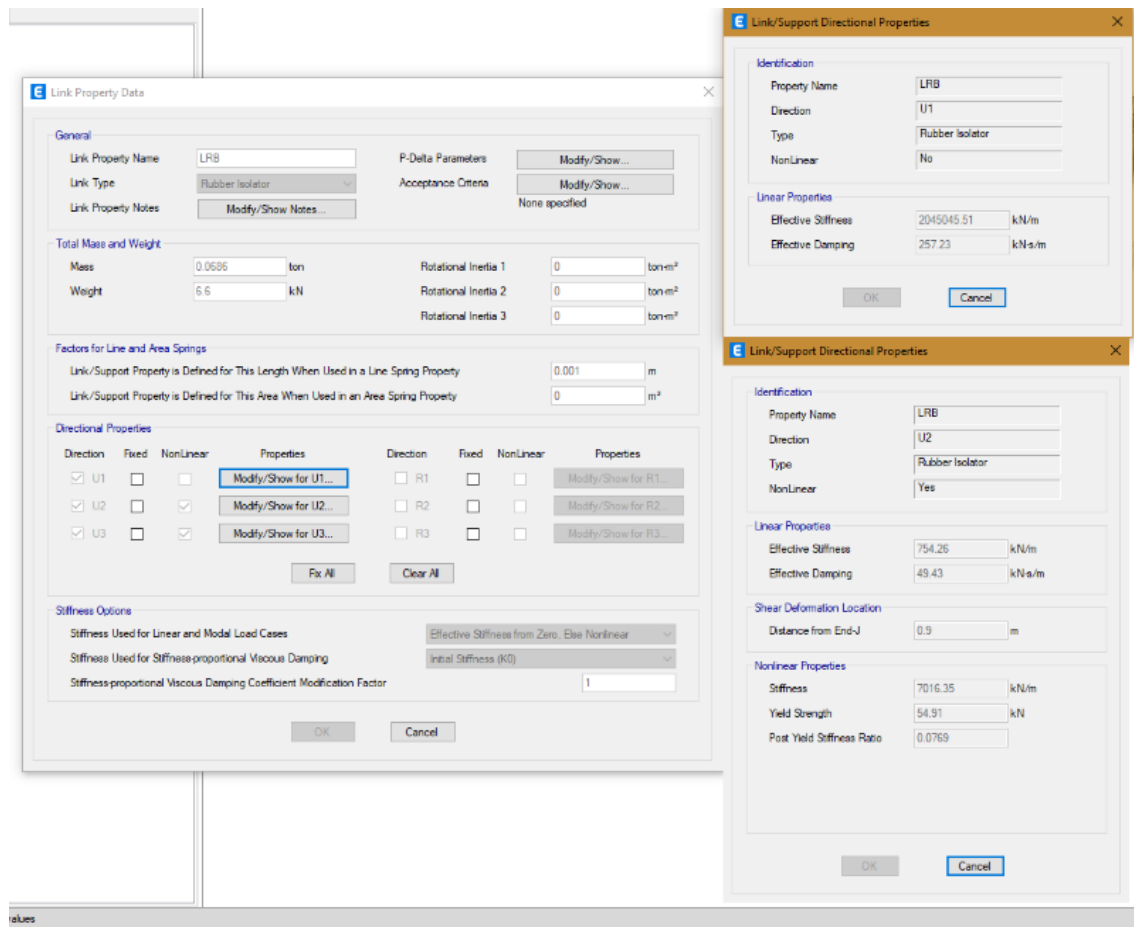
Modal Damping:  Modify/Show...

Nonlinear Parameters:  Modify/Show...

OK Cancel

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 32** Datos insertados del cálculo manual en el LINK-LRB



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.6.7. Verificación de las derivas

**Tabla 8** Desplazamientos TH-LIMA66 - XX

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX	UY	RZ
					m	m	rad
T-04	D1	TH_LIMA66_X	NonModHist	Max	0.010068	0.011369	0.000411
T-03	D1	TH_LIMA66_X	NonModHist	Max	0.008867	0.011206	0.000354
T-02	D1	TH_LIMA66_X	NonModHist	Max	0.007306	0.010902	0.000271
T-01	D1	TH_LIMA66_X	NonModHist	Max	0.005349	0.010463	0.000224
LOSA AISL	D1	TH_LIMA66_X	NonModHist	Max	0.003802	0.009886	0.000178

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 9** Desplazamientos TH-LIMA66 - YY

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX	UY	RZ
					m	m	rad
T-04	D1	TH_LIMA66_Y	NonModHist	Max	0.03747	0.008172	0.001722
T-03	D1	TH_LIMA66_Y	NonModHist	Max	0.034683	0.008104	0.0016
T-02	D1	TH_LIMA66_Y	NonModHist	Max	0.031068	0.007966	0.001413
T-01	D1	TH_LIMA66_Y	NonModHist	Max	0.026223	0.007763	0.001172
LOSA AISL	D1	TH_LIMA66_Y	NonModHist	Max	0.020851	0.00748	0.000963

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10** Derivas TH-LIMA66 - XX

	h (mm)	DX (mm)	Dxi (mm)	Drift X	DRIFT<=
		Sx Inelastico	Sx Relativo		0.003
<b>T-04</b>	2700	10.068	1.201	<b>0.00044</b>	<b>SI</b>
<b>T-03</b>	2700	8.867	1.561	<b>0.00058</b>	<b>SI</b>
<b>T-02</b>	2700	7.306	1.957	<b>0.00072</b>	<b>SI</b>
<b>T-01</b>	2700	5.349	5.349	<b>0.00198</b>	<b>SI</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11** Derivas TH-LIMA66 - YY

	h (mm)	DY (mm)	Dyi (mm)	Drift Y	DRIFT<=
		Sy Inelastico	Sy Relativo		0.003
<b>T-04</b>	2700	8.172	0.068	<b>0.00003</b>	<b>SI</b>
<b>T-03</b>	2700	8.104	0.138	<b>0.00005</b>	<b>SI</b>
<b>T-02</b>	2700	7.966	0.203	<b>0.00008</b>	<b>SI</b>
<b>T-01</b>	2700	7.763	7.763	<b>0.00288</b>	<b>SI</b>

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

**HE N° 1** Los valores de la rigidez se reducen con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.

Producto de la investigación respecto a la hipótesis específica N° 1 se concluyó que:

Se establecieron en etapa de diseño de anteproyecto que el análisis entre el desplazamiento inelástico máximo sin el aislador en los pisos 2,3,4 no cumple otorgándole a la estructura un desplazamiento 0.00901, la cuales está excediendo lo permitido por la normativa E0.30, mediante la incorporación se obtuvo como resultado la reducción de derivas en la superestructura en un 69% en la dirección X-X y una reducción de 78% en la dirección Y-Y, otorgándole a la estructura mayor ductilidad con la finalidad de que la superestructura pueda comportarse de manera adecuada durante un evento sísmico y resolviendo problemas de torsión.

Según: Mamani Quispe, Alfredo, en sus tesis "Evaluación del comportamiento sísmico, sistemas de aisladores con respecto al sistema convencional para las

edificaciones esenciales, del hospital del Callao – Lima – callao 2017", tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil y presentada en la Universidad Cesar Vallejo

Producto de su investigación concluyo que: en el sistema aislado ocurren menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura y que al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, por lo tanto, menores aceleraciones y como consecuencia las fuerzas sísmicas disminuirán, lo cual contribuirá a menores movimientos en el diseño.

En tal sentido se afirma que se comparte opinión de las conclusiones alcanzadas.

**HE N° 2** La interacción suelo estructura es amortiguada con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.

Producto de la investigación respecto a la hipótesis específica N° 2 se concluyó que:

La rigidez contribuye en la reducción de los daños sísmicos, de acuerdo al cálculo de los parámetros de la rigidez efectiva se obtuvo resultados menores a 755.80 KN/mm por aislador, esto teniendo como resultado del sistema de aislación una rigidez de 433.62 KN/mm en la dirección X-X y 542.02 KN/mm en la dirección Y-Y, mejorando de esta manera en la superestructura con la reducción de la fuerza cortante basal en la dirección X-X en un 66% y en la dirección Y-Y en un 71%, de esta manera no expone a la

superestructura con las fuerzas proporcionadas por el sismo y proporcionado la resistencia requerida a las estructuras verticales.

Según: Carrasco y Villanueva (2019) ejecutaron el modelado estructural, estudio y planteamientos sísmicos de un edificio de albañilería que auxilie a reducir la autoconstrucción de edificios de albañilería confinada ubicados en la ciudad de Jaén. Asimismo, consideraron los predios comerciales más comunes de la zona. En términos metodológicos, el diseño arquitectónico se efectuó de acuerdo con la norma A.020, empleando el software Etabs. Concluyeron que los sismos estáticos son más fuertes que los dinámicos, pero con desplazamientos en los ejes “X” e “Y” menores a los limitados por la norma E.030. Este proyecto constructivo de los componentes de albañilería está planteado a base de la data obtenida del software Etabs según la norma E.070. Luego, la cimentación se dio por medio del software Safe, para un suelo S3 con capacidad admisible de 1, 1.20 y 1.8 kg/cm<sup>2</sup>, para 3, 4 y 5 niveles correspondientemente; para una cimentación de profundidad 1.10m. Asimismo, consiguieron las dimensiones adecuadas para la superestructura y subestructura, como también de las cuantías de acero que se requerían mínimamente.

En tal sentido se afirma que se comparte opinión de las conclusiones alcanzadas.

**HE N° 3** La vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos cumple lo establecido por la norma E030.

Producto de la investigación respecto a la hipótesis específica N° 3 se concluyó que: El amortiguamiento absorbe la energía sísmica, obteniendo un amortiguamiento efectivo con valor de 25%, permitiendo la disipación de energía sísmica de la superestructura proporcionándonos una reducción de aceleración en dirección X-X en un 67% y en la dirección Y-Y en un 61% siendo un resultado favorable.

Según: Carrasco y Villanueva (2019) ejecutaron el modelado estructural, estudio y planteamientos sísmicos de un edificio de albañilería que auxilie a reducir la autoconstrucción de edificios de albañilería confinada ubicados en la ciudad de Jaén. Asimismo, consideraron los predios comerciales más comunes de la zona. En términos metodológicos, el diseño arquitectónico se efectuó de acuerdo con la norma A.020, empleando el software Etabs. Concluyeron que los sismos estáticos son más fuertes que los dinámicos, pero con desplazamientos en los ejes “X” e “Y” menores a los limitados por la norma E.030. Este proyecto constructivo de los componentes de albañilería está planteado a base de la data obtenida del software Etabs según la norma E.070. Luego, la cimentación se dio por medio del software Safe, para un suelo S3 con capacidad admisible de 1, 1.20 y 1.8 kg/cm<sup>2</sup>, para 3, 4 y 5 niveles correspondientemente; para una cimentación de profundidad 1.10m. Asimismo, consiguieron las dimensiones adecuadas para la superestructura y subestructura, como también de las cuantías de acero que se requerían mínimamente.

En tal sentido se afirma que se comparte opinión de las conclusiones alcanzadas.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base las edificaciones esenciales se tiene un buen comportamiento estructural, ya que los sistemas de protección sísmica absorben la energía del sismo, esto teniendo como consecuencia en la superestructura, con respecto a los daños estructurales la reducción de un 67% y Con respecto a los daños en contenidos la reducción en un 74%, todo esto con respecto a una edificación convencional, constatando así que es muy beneficioso contar con estos sistemas protección sísmica en casos de edificaciones construidas a base de normativas antiguas, siendo estas fundamentales para eliminar las irregularidades que pudiese presentar por parte a los parámetros actualizados en la normativa sismorresistente vigente, por último, la aplicación de aisladores con núcleo de plomo reducen los daños sísmicos en un 70% con relación a esta edificación convencional que se investigó, siendo esto de gran importancia ya que permitirá la continuidad en las actividades de esta edificación mencionada y brindara seguridad a la población.

2. Se establecieron en etapa de diseño de anteproyecto que el análisis entre el desplazamiento inelástico máximo sin el aislador en los pisos 2,3,4 no cumple otorgándole a la estructura un desplazamiento 0.00901, la cuales está excediendo lo permitido por la normativa E0.30, mediante la incorporación se obtuvo como resultado la reducción de derivas en la superestructura en un 69% en la dirección X-X y una reducción de 78% en la dirección Y-Y, otorgándole a la estructura mayor ductilidad con la finalidad de que la superestructura pueda comportarse de manera adecuada durante un evento sísmico y resolviendo problemas de torsión.

3. La rigidez contribuye en la reducción de los daños sísmicos, de acuerdo al cálculo de los parámetros de la rigidez efectiva se obtuvo resultados menores a 755.80 KN/mm por aislador, esto teniendo como resultado del sistema de aislación una rigidez de 433.62 KN/mm en la dirección X-X y 542.02 KN/mm en la dirección Y-Y, mejorando de esta manera en la superestructura con la reducción de la fuerza cortante basal en la dirección X-X en un 66% y en la dirección Y-Y en un 71%, de esta manera no expone a la superestructura con las fuerzas proporcionadas por el sismo y proporcionado la resistencia requerida a las estructuras verticales.

4. El amortiguamiento absorbe la energía sísmica, obteniendo un amortiguamiento efectivo con valor de 25%, permitiendo la disipación de energía sísmica de la superestructura proporcionándonos una reducción de aceleración en dirección X-X en un 67% y en la dirección Y-Y en un 61% siendo un resultado favorable.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones acerca del peligro sísmico en edificaciones con estructuras de albañilería confinada en los distritos aledaños de Chorrillos, ya que el Perú se ubica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, posicionándolo dentro de la lista de países con alto grado de riesgo sísmico a nivel mundial.
2. Las edificaciones de gran valor e importancia presupuestaria en el distrito de Chorrillos, como hospitales, escuelas, la propia municipalidad, etc; tienen que ser evaluadas mediante un análisis no lineal y, en caso se precisara, reforzarse de manera integral.
3. Se recomienda recopilar más información de los datos sísmicos en el distrito de Chorrillos para desarrollar un espectro más preciso de la demanda sísmica el área de estudio. Entonces, se necesita establecer estaciones con acelerógrafos en todo tipo de suelo que presente el distrito, ello posibilitará la ejecución del análisis, evaluación e investigación más realista porque Chorrillos se encuentra en la Zona 4 ( $Z = 0.45$ ) de acuerdo a la norma E.030.
4. Para asegurar un correcto desempeño en el sismo y cumplir con los objetivos, los edificios de albañilería confinada deben poseer una densidad admisible de muros en ambas direcciones, suficiente ductilidad y una configuración estructural sólida la cual se deberá calificar por su simetría y regularidad en planta, así como en elevación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abanto C., T. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de Albañilería*. Lima: San Marcos .
2. Aguiar Falconí, R. (2003). *Análisis Sísmico por Desempeño* . Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
3. Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (Sexta edición ed.). Caracas: Episteme. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)
4. Asmat G., C. (2016). *Disposiciones sísmicas de diseño y análisis en base a desempeño aplicables a edificaciones de concreto armado*. Tesis de maestría , Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7297>
5. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2001). *Manual de Construcción, evaluación y rehabilitación sísmo resistente de Mampostería*.
6. Astroza, M., & Schmidt, A. (2004). Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 70, 59-75. Obtenido de 10.18867/ris.70.51
7. Benito, B., & Jiménez, E. (1999). Peligrosidad Sísmica. *Física de la Tierra*, 11, 13-47.
8. Bernal V., A., Ordoñez M., R., & Ruiz G., M. (2019). *Análisis sísmico por el método directo de diseño sísmico basado en desplazamientos (DDBD) de una estructura aporticada en concreto y su comparación con el método de fuerzas del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)*. Tesis de licenciatura,

Universidad Piloto de Colombia, Bogotá. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6519>

9. Bommer, J., Salazar, W., & Samayoa, R. (1998). Riesgo sísmico en la Región Metropolitana de San Salvador. *PRISMA* , 1-89.

10. Bonett Díaz, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica. Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/93542>

11. Bozzo, L., & Barbat, A. (2004). *Diseño sismorresistente de edificios. Técnicas convencionales y avanzadas*. Barcelona: Reverté S.A. .

12. Cabezas, E., Naranjo, D., & Torres , J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15424/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

13. Caceres C., E., & Enríquez R., L. (2017). *Análisis de costos, diseño sismoresistente- estructural comparativo entre los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería estructural de un edificio multifamiliar*. Tesis de licenciatura , Universidad Nacional de San Agustín , Arequipa . Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2436>

14. Carrasco Z., E., & Villanueva L., J. (2019). *Modelado Estructural y Diseño Sísmico de una Edificación de Albañilería Confinada de 3, 4 Y 5 Niveles para la Ciudad de Jaén*. Tesis de licenciatura , Universidad Nacional de Jaén , Jaén . Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/166>

15. Carrillo , J. (2008). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño. *Dyna*, 75(155), 91-102. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49611953010>
16. Castillo Aedo, J., & Alva Hurtado, J. (1993). Peligro Sísmico en el Perú. *Ponencia presentada en el VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*.
17. Castillo Aedo, J., & Alva Hurtado, J. (1993). Peligro Sísmico en el Perú . *VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*, 6-10.
18. Chacón A., R., & Paz F., I. (2016). *Análisis de desempeño sísmico de los edificios escolares típicos 780 post 97 de la costa peruana*. Tesis de licenciatura , Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6891>
19. Chicas M., J., Díaz R., W., & Ventura B., E. (2015). *Propuesta y aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para edificaciones*. Tesis de doctorado, Universidad de El Salvador , San Salvador . Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7854>
20. Cutimbo Ch., W. (2016). *Ingeniería Sismorresistente*.
21. Gent, K., Astroza , M., & Giuliano M., G. (2005). Calibración del Índice de vulnerabilidad del GNDT a las edificaciones chilenas: Estructuras de albañilería confinada. *IX Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica*, 1-15.
22. Giner, J., & Molina , S. (2001). *Sismicidad y Riesgo Sísmico en la C.A.V*. San Vicente : Club Universitario .
23. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). Mc Graw Hill Education . Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

24. Lee, G., & Liang, Z. (2012). Design Principles of Seismic Isolation. En A. Moustafa, *Earthquake-Resistant Structures. Design, Assessment and Rehabilitation* (págs. 43-78).
25. Liu, C., & Zhou, B. (2012). Seismic Performance of Masonry Building. En A. Moustafa, *Earthquake-Resistant Structures. Design, Assessment and Rehabilitation* (págs. 205-226).
26. López M., C., Pérez A., C., & Solórzano N., L. (2017). *Aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para la evaluación del ala norte del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador*. Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador, San Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13122>
27. Makarios, T. (2012). The Equivalent Non-Linear Single Degree of Freedom System of Asymmetric Multi-Storey Buildings in Seismic Static Pushover Analysis. En A. Moustafa, *Earthquake-Resistant Structures. Design, Assessment and Rehabilitation* (págs. 151-176).
28. Medina, R., & Music, J. (2018). Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. *Obras y proyectos*(23), 63-77. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-28132018000100063>
29. Mosqueira, M. (2012). Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. *Revista Ciencia y Tecnología*, 8(22), 43-58. Obtenido de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/189>
30. Núñez C., S. (2018). *Modelación y análisis no-lineal de albañilería armada chilena utilizando métodos de elementos finitos*. Tesis de licenciatura, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152580>

31. Ñaupas, H., Valdivia , M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones de la U . Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
32. Parra P., B. (2017). *Alternativas de diseño sismo resistente para “el proyecto Parra Pedraza”*. Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14106>
33. Perepérez, B. (2014). La peligrosidad sísmica y el factor de riesgo. *Informes de la Construcción*, 66(534), 1-8. Obtenido de <https://doi.org/10.3989/ic.13.018>
34. Quinde Martínez , P., & Reinoso Angulo , E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería sísmica*(94), 1-26. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2016000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001)
35. Raffino, M. (29 de 9 de 2020). *Concepto.de*. Obtenido de Concepto.de: <https://concepto.de/metodo-inductivo/>
36. Riddell C., R., & Hidalgo O., P. (2018). *Diseño Estructural*. Santiago de Chile : Ediciones Universidad Católica de Chile .
37. Sánchez C., W. (2019). *Riesgo sísmico en las edificaciones de albañilería confinada en el Asentamiento Humano Santa Rosa - Distrito Huánuoc - Provincia Huánuco*. Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco , Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1871>
38. Valderrama, S., & Jaimes, C. (2019). *El desarrollo de la tesis. Descriptiva - comparativa, correlacional y cuasiexperimental*. Lima: Editorial San Marcos.
39. Vara H., A. (2015). *7 pasos para elaborar una tesis*. Lima: MACRO.

40. Zimmermann, T., & Strauss, A. (2012). Masonry and Earthquakes: Material Properties, Experimental Testing and Design Approaches. En A. Moustafa, *Earthquake-Resistant Structures. Design, Assessment and Rehabilitation* (págs. 177-204).

## **ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia

OBJETIVOS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> 1. ¿Cuál es el diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos distrito de Chorrillos-Lima-2019?</p> <p>2. <b>Problemas específicos</b> a) ¿Cuál es el resultado de la rigidez con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos?</p> <p>b) ¿Cuál es el resultado del amortiguamiento con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos?</p> <p>c) ¿Cuál es la vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Evaluar el diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada de un edificio en el distrito de Chorrillos-Lima-2019</p> <p><b>Objetivos específicos</b> a) Determinar la rigidez con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos</p> <p>b) Evaluar el resultado de amortiguamiento con la incorporación del aislador núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.</p> <p>c) Establecer la vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> El diseño antisísmico con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada permite absorber energía sísmica para un edificio de cuatro pisos distrito de chorrillos -lima-2019.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> a) los valores de la rigidez se reducen con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.</p> <p>b) La interacción suelo estructura es amortiguada con la incorporación del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos.</p> <p>c) La vida útil del aislador de núcleo de plomo en la base de la estructura de albañilería confinada para un edificio de cuatro pisos cumple con lo establecido con la norma E031.</p>	<p><b>Variable 1:</b> <b>Independiente</b> Desempeño Sísmico. <b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigidez</li> <li>• Amortiguamiento</li> <li>• Vida útil</li> </ul> <p><b>Variable 2:</b> <b>Dependiente</b> Albañilería confinada <b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas estructurales</li> <li>• Análisis estructural</li> <li>• Diseño estructural</li> </ul>	<p><b>Método de Investigación</b> Inductivo <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Nivel de Investigación:</b> Descriptivo comparativo</p> <p><b>Diseño de la Investigación</b> No experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b> La población consiste de 4 edificios de 4 pisos en la urbanización de san Genaro-Chorrillos-Lima Perú. Por otro lado, la muestra consiste de un edificio de 4 niveles ubicado en la calle 9, Mz Y, lote 25, Urb. San Genaro, distrito de Chorrillos.</p>

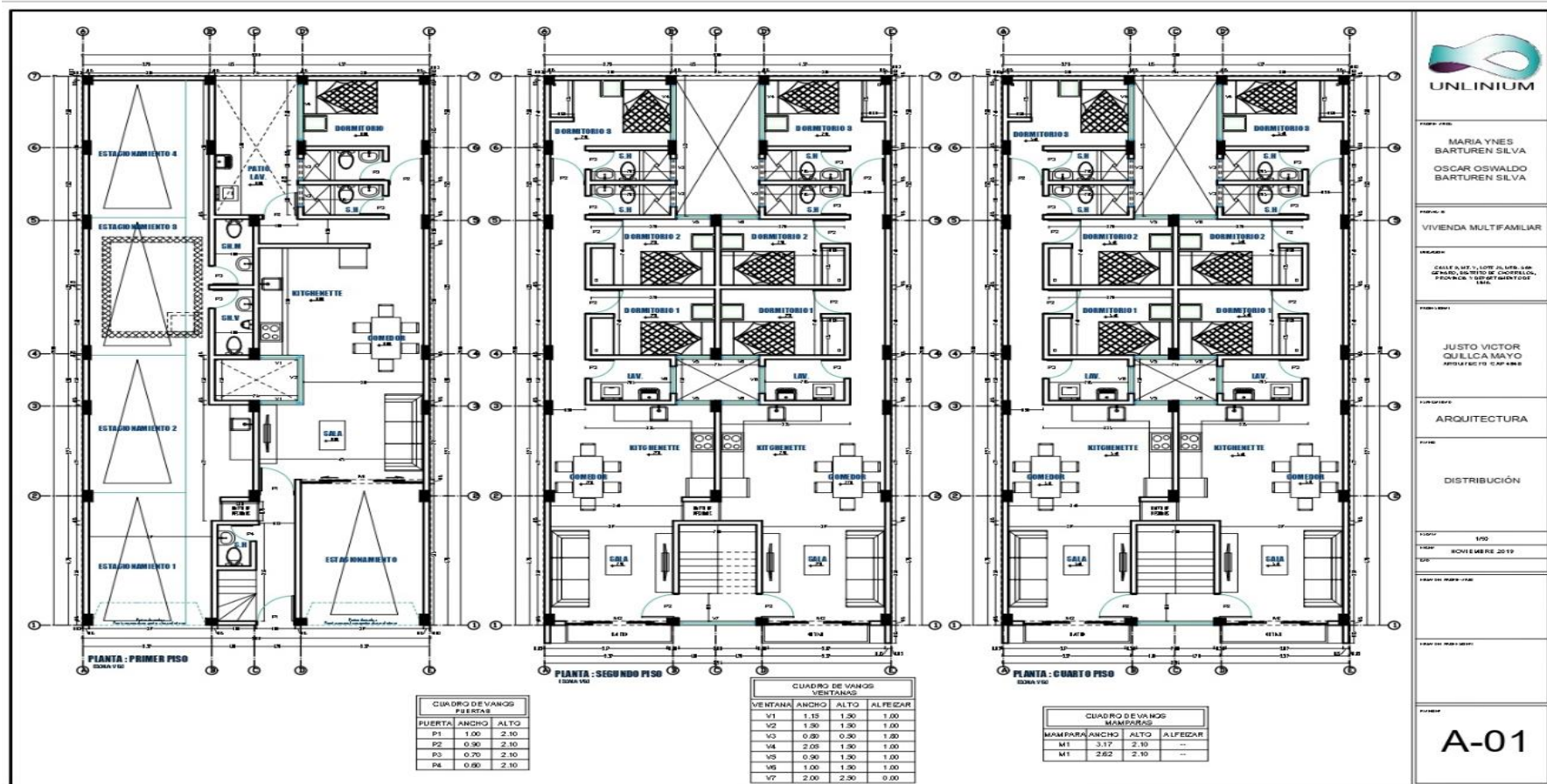


Anexo 2. Matriz de operacionalización

VARIABLE	D.CONCEPTUAL	D.OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Desempeño sísmico	“La visión a futuro de diseño sísmico de estructuras, consiste en verificar el desempeño en términos estructurales y económicos que va a tener la edificación para cada uno de los sismos indicados en la tabla 1.7, de acuerdo al uso de la misma. Esta verificación se la realiza sobre la base de las distorsiones máximas permitidas, en base al grado de daño local y global de la estructura y en base al Índice de Desempeño” (Aguilar, 2016, p. 28).	“El documento Visión 2000 define claramente los objetivos de comportamiento sísmico, para lo cual relaciona los niveles de comportamiento con los niveles esperados de movimientos sísmicos. En el documento se definen cuatro niveles de comportamiento (totalmente operacional, operacional, seguridad de vida y cercano al colapso) y cuatro niveles de amenaza sísmica” (Carrillo, 2018, p. 92).	Niveles de desempeño	Desempeño de la edificación	Guía de observación / Etabs v16.02/SAP v18 estudio de mecánica de suelos, norma peruana E020 Cargas, E-030 diseño sismorresistente, E-031 aislamiento sísmico, E050 Suelos y Cimentaciones E060 Concreto Armado, E070 Albañilería, norma ACI-318, ASCE-7-16, Norma chilena nch433.Of72 cálculo antisísmicos de edificios.	Tablas ATC - ASCE - FEMA
				Desempeño componentes estructurales		
				Desempeño de componentes no estructurales		
				Capacidad de la estructura		
			Demanda sísmica	Intensidad sísmica		
			Estados límites	Derivas de piso		
Albañilería confinada	“La albañilería confinada es un sistema de construcción que resulta de la superposición de	“El diseño interviene en la etapa de anteproyecto primero con la concepción de una	Sistemas estructurales	Estructuras de concreto armado		
				Estructuras de acero		

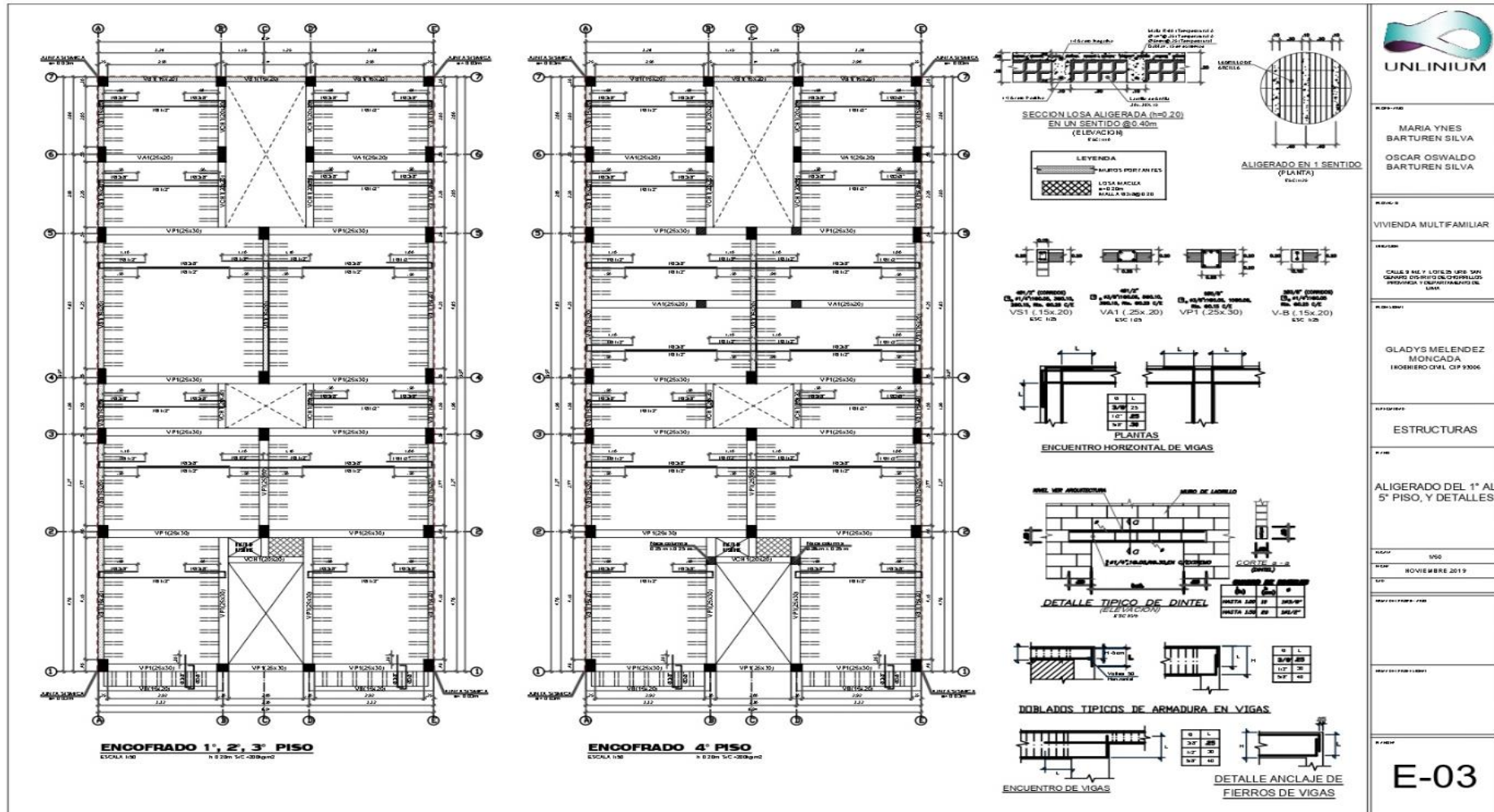
VARIABLE	D.CONCEPTUAL	D.OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
	unidades de albañilería entre sí por un mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. Se origina cuando al muro se le coloca en todo su perímetro elementos de concreto armado, con la finalidad de hacerlo más resistente frente a movimientos sísmicos” (Abanto, 2017, p.15).	forma estructural apropiado al caso y una estimación de su costo, y posteriormente con la producción de un prediseño de estructuración. En la etapa de proyecto se desarrollará el diseño definitivo incluyendo planos de detalles estructurales” (Riddell e Hidalgo, 2018, p.15).		Estructuras de albañilería	Guía de observación / Etabs v16.02/SAP v18 estudio de mecánica de suelos, norma peruana E020 Cargas, E-030 diseño sismorresistente, E-031 aislamiento sísmico, E050 Suelos y Cimentaciones E060 Concreto Armado, E070 Albañilería, norma ACI-318, ASCE-7-16, Norma chilena nch433.Of72 calculo antisísmicos de edificios	Tablas ATC - ASCE - FEMA
		Análisis estructural	Análisis estático lineal			
			Análisis estático no lineal			
		Diseño estructural	Seguridad			
			Funcionalidad			
			Economía			

### Anexo 3. Distribución arquitectónica del edificio



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Aligerado del 1° al 4° piso y detalles



**UNLIUM**

MARIA YNES BARTUREN SILVA  
OSCAR OSWALDO BARTUREN SILVA

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

CALLE 9 N° 7 LOTE 20 USE 500  
QUARTO DISTRITO DE COCHABAMBA  
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LA PAZ

GLADYS MELENDEZ MONCADA  
INGENIERO CIVIL CIP 93006

ESTRUCTURAS

ALIGERADO DEL 1° AL 5° PISO, Y DETALLES

USO: VSG  
FECHA: NOVIEMBRE 2019  
Escala: 1:50

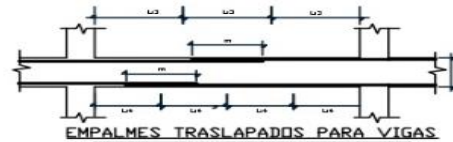
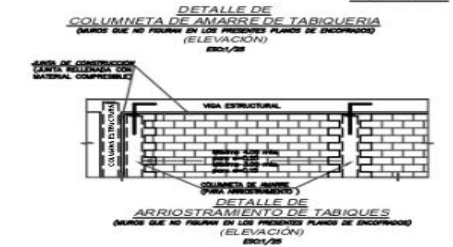
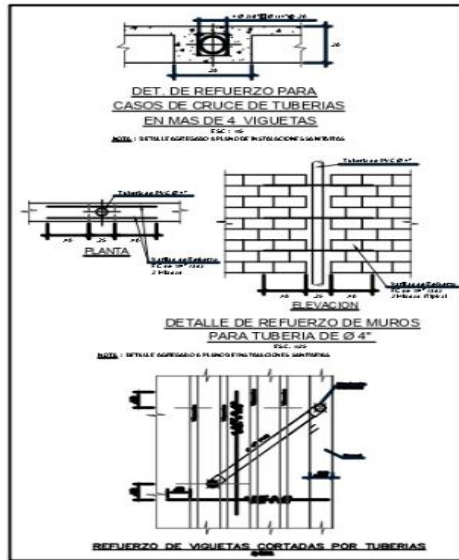
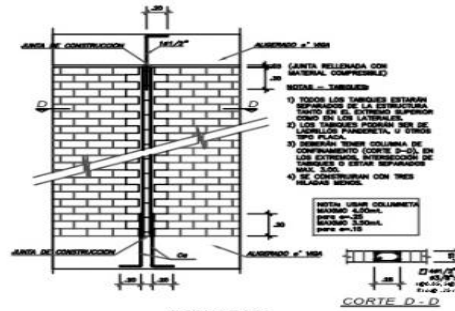
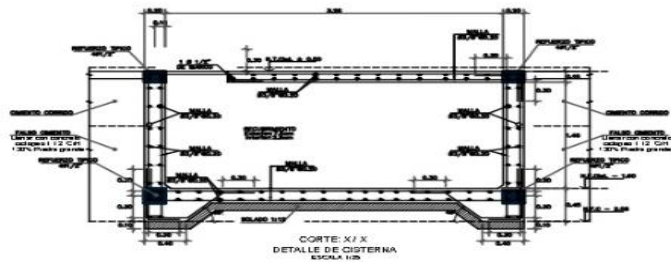
**E-03**

Fuente: Elaboración propia.





## Anexo 7. Cisterna y detalles



VALORES DE m			
REFUERZO SUPERIOR	N. OVALABERNA	RELACIONES	RELACIONES
3/4"	40	40	40
1/2"	40	40	40
5/8"	30	30	30
3/4"	30	30	30

NOTA: NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION.  
 B) EN CASO DE NO EMPALMAR EN LAS ZONAS INDICADAS, LOS PUEDE HACER ESPESO IGUAL O MAYOR DE LA CORRESPONDIENTE EMPALME, SIN QUE SE LE CONSIDERE PARA EL DISEÑO.  
 C) PARA EMPALMES Y MUCAS CHAVITAS, EL ACERO INTERIOR SE EMPALMARA EN LOS APYOS, SABIENDO LA LONGITUD DE EMPALME, A 3.00m.

**UNLINIUM**

PROYECTO: MARIA YNES BASTURRO, FABIAN HIDALGO, OSCAR OSWALDO BARTUREN SILVA

UBICACION: CASA DE FAMILIAR, VIVIENDA MODE FAMILIAR

PROYECTADO POR: FABIAN HIDALGO, OSCAR OSWALDO BARTUREN SILVA

PROYECTADO POR: GLADYS MELENDEZ MONCADA, INGENIERO CIVIL, CIP 93006

ESTRUCTURAS

CISTERNA Y DETALLES

ESCALA: 2000

FECHA: NOVIEMBRE 2019


PROYECTO: 1000

PROYECTO: 1000

**E-02**

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Estudio de mecánica de suelos






	<b>SOLICITANTE: INES BARTUREN SILVA</b>
	<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION</b>

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION
Profesional Responsable (PR): GUSTAVO JEREMIAS RIQUE PEREZ CIP 138318
Tipo de Cimentación: Cimientos corridos y zapatas aisladas
Estrato de apoyo de la cimentación: (Sw) Estrato de Arena Bien Graduada
Profundidad de Napa Freática: No presenta      Fecha: Octubre del 2010
Parámetros de Diseño de Cimentación Profundidad de cimentación: Df= 1.50 Presión Admisible: 1.23 Kg/Cm <sup>2</sup> Factor de seguridad por Corte (Estático, dinámico): 3 Y 2.5 respectivamente Asentamiento Diferencial Máximo Aceptable: 1 Pulgada
Parámetros Sísmicos del Suelo (de acuerdo a la norma E.030) Zona Sísmica : Z4=0.45 Tipo de Perfil de suelos: Suelo Intermedio Factor del Suelo (S): 1.05 Periodo TP (s): 0.60 Periodo TL (s): 2.00
Agresividad del Suelo a la cimentación : No presenta
Licuacon: No presenta
Colapso: No presenta
Expansión: No presenta
Indicaciones Adicionales: No presenta

  
**GUSTAVO JEREMIAS  
 RIQUE PEREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 138318**



Anexo 10 ficha de encuesta de movimiento sísmico en estructuras convencionales

FICHA DE ENCUESTA DE MOVIMIENTO SISMICO EN ESTRUCTURAS CONVENCIONALES						
AUTOR	BACH. EULER YONEL CABRERA ABANTO					
LUGAR	URB.SAN GENARO					
DISTRITO	CHORRILLOS					
PROVINCIA	LIMA					
DEPARTAMENTO	LIMA					
PAIS	PERU					
AREA DE INVESTIGACION	ENCUESTA SOBRE MOVIMIENTOS SISMICOS				Fecha	29/08/2021
NOMBRES Y APELLIDOS	DESCRIPCION DE LA OCURRENCIA SISMICA	NIVEL DE MOVIMIENTO			DNI	FIRMA
		BAJO	MEDIO	ALTO		
Jhonivalguer del Aguilar Yahuarcani	En el cuarto piso los movimientos sísmicos son muy fuertes, incluso cuando son de magnitud a partir de 5 grados en la escala de Richter se caen las cosas.			X	44067584	
Hilda Chinguel Tielihwanca	En el tercer piso se siente bastante intenso cuando hay sismos, donde provoca un enorme movimiento alterando nuestra integridad, los cosas se caen nuestros utensilios de la zona del comedor.			X	45980101	
Hector Havel Icomena Silvano	En el cuarto piso se siente el temblor muy fuerte, lo cual el edificio donde habito no cuenta con protección sísmica, provocando temor y nervios por la inseguridad.			X	40836171	
BRAVO GERARDO GRANADOS CELI	En el segundo piso se siente los movimientos en mediana escala, por lo cual tenemos el temor de que mediante una gran sisma el edificio colapse, porque no es seguro.			X	40114289	
OSCAR VLADIMIR SOTO ROBLES	En el cuarto piso el movimiento cuando hay un temblor es altamente debido a ello tenemos temor y la inseguridad propia de ventanas vidrios por no tener un edificio realmente manteniendanos el actual desprotegido			X	15282540	

**INFORMACIÓN CON FINES ACADÉMICOS**

Lima, 31 de Agosto del 2022

**PARA :** EULER YONEL CABRERA ABANTO  
(TESISTA UNIVERSIDAD LOS ANDES)

**ATENCIÓN :** VLADIMIR ORDOÑES CAMPOSANO  
(ASESOR DE TESIS)

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN
1.00	23	Aislador sísmico, basado en propiedades emitidas por el tesista.

**PRECIO GLOBAL: \$ 185 000.00**

**CONSIDERACIONES:**

1. La presente información se entrega para fines de desarrollo de la tesis: "DISEÑO ANTISÍSMICO PARA UNA ESTRUCTURA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE UN EDIFICIO EN EL DISTRITO DE CHORRILLOS-LIMA-2019".
2. CDV está colaborando con la presente tesis mediante la emisión de costos referenciales de los dispositivos previamente diseñados por el tesista. CDV no asume ninguna responsabilidad por el diseño y las metodologías empleadas en el desarrollo de la misma.
3. El precio de los aisladores es muy sensible con las cantidades que se requieren, el precio variará si se modifican dichas cantidades.
4. Estos precios no son fijos en el tiempo, por lo tanto no podrán ser usados para trabajos académicos posteriores a estas fechas. La actualización de precios muchas veces se da mensualmente.
5. La información presentada es únicamente para fines educativos, no podrá ser usada o tomada como referencia oficial por alguna empresa o entidad, tampoco para el desarrollo de otra investigación. Se prohíbe la difusión cuyo objetivo sea diferente a los fines de la presente tesis.

**NOTAS:**

6. Los precios NO incluyen IGV.
7. Precios dados en US\$ dólares USA
8. Aisladores Sísmicos fabricados en su totalidad en EE.UU. por DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS.
9. Garantía del fabricante: 10 años
10. Las cantidades y características de los aisladores usadas para la presente cotización fueron tomadas en base a **INFORMACIÓN ENTREGADA POR EL TESISTA.**

