

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Comportamiento sísmico de los sistemas estructurales
de pórticos y albañilería confinada en una vivienda
multifamiliar, Jr. Mantaro, El Tambo, 2020**

Katerin Esteban Mollehuara
Coco Jimmy Cordova Landa

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

A mis padres y hermana, por su apoyo infinito
y confianza en cada una de mis etapas y en
todos los proyectos emprendidos.

DEDICATORIA

A Dios por ser motivo de fe y esperanza, a mis seres
queridos por ser mi respaldo y apoyo incondicional,
y a la sociedad por ser motivo de inspiración para
desarrollo de la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, por ser nuestros maestros, guías y apoyo fundamental durante toda mi formación personal y académica.

A la Universidad Continental, por albergarnos por durante cinco años que fueron de mucho aprendizaje y experiencias de grandes lecciones, los cuales no servirás mucho en el ejercicio laboral.

Al Ing. Juan José Bullón Rosas, por compartir su conocimiento y experiencia durante la elaboración de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación e importancia	4
1.3.1. Justificación	4
1.3.2. Importancia	5
1.3.3. Delimitación	6
1.4. Hipótesis y descripción de variables	6
1.4.1. Hipótesis	6
1.4.2. Variables	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes del problema	9
2.1.1. Antecedentes internacionales	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Comportamiento sísmico dinámico de edificaciones	13
2.2.1.1. Sistema de albañilería confinada	15
2.2.1.2. Sistema de pórticos de concreto armado	17

2.3. Definición de términos básicos	18
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	20
3.1. Método y alcance de la investigación.....	20
3.1.1. Método de investigación.....	20
3.1.2. Tipo de investigación.....	21
3.1.3. Nivel de investigación.....	21
3.2. Diseño de la investigación	22
3.3. Población y muestra	22
3.3.1. Población.....	22
3.3.2. Muestra	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.4.1. Técnica	23
3.4.2. Instrumento.....	24
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	25
4.1.1. Periodo natural de vibración.....	25
4.1.1.1. Sistema estructural de pórticos de concreto armado	25
4.1.1.2. Sistema estructural de albañilería confinada	26
4.1.2. Desplazamientos laterales.....	27
4.1.2.1. Sistema estructural de concreto armado.....	27
4.1.2.2. Sistema estructural de albañilería confinada	29
4.1.3. Control de derivas máximas.....	32
4.1.3.1. Sistema estructural de concreto armado.....	32
4.1.3.2. Sistema estructural de albañilería confinada	34
4.2. Discusión	36
4.2.1. Periodo natural de vibración.....	36
4.2.2. Desplazamientos laterales.....	37
4.2.3. Control de derivas	38
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Operacionalización de variables</i>	8
<i>Tabla 2: Límites para la distorsión de entrepiso</i>	15
<i>Tabla 3: Unidades de albañilería para fines estructurales</i>	16
<i>Tabla 4: Periodos de vibración</i>	25
<i>Tabla 5: Periodo de vibración</i>	26
<i>Tabla 6: Desplazamientos laterales en XX</i>	27
<i>Tabla 7: Desplazamientos laterales en YY</i>	28
<i>Tabla 8: Desplazamientos laterales en XX</i>	30
<i>Tabla 9: Desplazamientos laterales en YY</i>	31
<i>Tabla 10: Derivas en la dirección X – Pórticos de concreto Armado</i>	32
<i>Tabla 11: Derivas en la dirección Y – Pórticos de concreto Armado</i>	33
<i>Tabla 12: Derivas en la dirección X – Albañilería confinada</i>	34
<i>Tabla 13: Derivas en la dirección Y – Albañilería confinada</i>	35
<i>Tabla 14: Parámetros Sísmicos - pórticos de concreto</i>	53
<i>Tabla 15: Distribución de fuerzas en altura - dirección X</i>	53
<i>Tabla 16: Distribución de fuerzas en altura - dirección Y</i>	53
<i>Tabla 17: Factor de verificación de cortantes mínimas - dirección Y</i>	54
<i>Tabla 18: Factor de verificación de cortantes mínimas - dirección X</i>	54
<i>Tabla 19: Fuerzas de diseño - dirección X</i>	55
<i>Tabla 20: Fuerzas de diseño - dirección Y</i>	55
<i>Tabla 21: Parámetros Sísmicos - albañilería confinada</i>	57
<i>Tabla 22: Distribución de fuerzas en altura</i>	57
<i>Tabla 23: Verificación de fuerzas mínimas</i>	58
<i>Tabla 24: Fuerzas de diseño</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Representación de la curva de capacidad</i>	14
<i>Figura 2: Desplazamientos mimos por pisos dirección XX</i>	28
<i>Figura 3: Desplazamientos mimos por pisos dirección YY</i>	29
<i>Figura 4: Desplazamientos mimos por pisos dirección XX</i>	30
<i>Figura 5: Desplazamientos mimos por pisos dirección YY</i>	31
<i>Figura 6: Derivas en la dirección X - Pórticos de concreto Armado</i>	32
<i>Figura 7: Derivas en la dirección Y – Pórticos de concreto Armado</i>	33
<i>Figura 8: Derivas en la dirección X – Albañilería confinada</i>	34
<i>Figura 9: Derivas en la dirección Y – Albañilería confinada</i>	36
<i>Figura 10: Modelamiento vista 3D</i>	50
<i>Figura 11: Modelamiento vista en planta</i>	50
<i>Figura 12: Modelamiento vista 3D</i>	51
<i>Figura 13: Modelamiento vista en planta</i>	51
<i>Figura 14: Función de espectro de respuesta</i>	54
<i>Figura 15: Coco Jimmy Cordova Landa</i>	59
<i>Figura 16: Katerin Esteban Mollehuara</i>	59

RESUMEN

En la ciudad de Huancayo los sistemas estructurales más empleados son el de pórticos de concreto armado y el de albañilería confinada. Además, la alta actividad sísmica en un país como Perú hace que su estudio sea indispensable y riguroso. Es por ello que, el objetivo de la investigación fue el de establecer la diferencia del comportamiento sísmico dinámico asociado a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020. Para poder desarrollar este objetivo se realizó la estructuración de ambos sistemas estructurales y se desarrollaron los respectivos análisis sísmicos con ayuda del software ETABS 2016 v2.0. Se obtuvo como resultados los valores de periodo natural de vibración, desplazamientos laterales y derivas. Finalmente se concluyó que el comportamiento sísmico del sistema estructural de pórticos de concreto armado difería de manera poco significativa con el de albañilería confinada. Y de este modo, se ratificó la hipótesis planteada en el presente estudio.

Palabras clave: Pórticos de concreto armado, albañilería confinada, deriva, desplazamiento lateral, periodo de vibración, análisis estático, análisis dinámico, torsión, parámetros sísmicos.

ABSTRACT

In Huancayo City, the most common structural systems are reinforced concrete porticos and confined masonry. Furthermore, the high seismic activity in a country like Peru makes its study indispensable and rigorous. For this reason, the objective of the research was to establish the difference in the dynamic seismic behavior associated with the structural systems of porches and masonry confined in a multi-family dwelling, Jr. Mantaro 2020. In order to develop this objective, the structuring of both structural systems and seismic analytical analyzes are developed with the help of ETABS 2016 v2.0 software. The values of the natural period of vibration, lateral displacements and drifts are obtained as results. Finally, it was concluded that the seismic behavior of the structural system of reinforced concrete porches differed little significantly from that of confined masonry. And in this way, he ratified the hypothesis presented in the present study.

Key words: Reinforced concrete frames, confined masonry, derivative, lateral displacement, derivative, period of vibration, static analysis, dynamic analysis, torsion, seismic parameters.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen diversos sistemas estructurales, que van desde aquellos que usan elementos rústicos como los hechos a partir de tierra reforzada (adobe, tapial), hasta los de pórticos de acero estructural. En nuestro contexto nacional y más específicamente en el contexto regional de Junín, los sistemas estructurales más empleados son los de pórticos de concreto armado y albañilería confinada. Cada día se intentan crear nuevas formas para mejorar el rendimiento de éstos, y más aún cuando se edifica sobre territorio con gran actividad sísmica como el Perú. Entonces crear una vivienda sismo-resistente ya no es una opción, sino una obligación.

Dado este contexto es que se decidió investigar cuáles son los comportamientos sísmicos de los sistemas estructurales de pórticos de concreto armado y albañilería confinada a partir de tres componentes importantes, periodo natural de vibración, desplazamientos laterales y derivas. La hipótesis que se maneja en la investigación es que el comportamiento sísmico de una vivienda multifamiliar de sistema estructural de pórticos de concreto armado será mejor que el de albañilería confinada, pero que esta diferencia no será muy significativa como comúnmente se cree.

Este estudio se justifica desde un punto de vista social, ya que determinar y estudiar los componentes sísmicos de los sistemas estructurales más empleados en la región, le permitirá a la población conocerlos y a partir de ello decidir bajo cuál sistema construir. Además, se realizará los estudios bajo parámetros sísmicos, como periodo de vibración, desplazamiento y deriva. Lo cual irá de la mano de una metodología definida, que consta en realizar la estructuración de los dos sistemas estructurales y realizar un modelado en el programa ETABS 16.2.0 para luego procesarlo con ayuda de una hoja de cálculo.

Se organizó el informe en cuatro capítulos, en el primero se realizará el planteamiento del problema y se fijarán los objetivos; en el segundo, el de marco teórico, se incluirán Antecedentes y definirán términos básicos; en el tercero, se definió la metodología. Finalmente, se mostrarán los resultados y discusión, para así mostrar las conclusiones a las que se arribó después de desarrollar la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Según la Organización de las Naciones Unidas (2020). Desde el año 2000 hasta la época, ha habido 75 terremotos en América Latina y El Caribe, como resultado se generaron 226 000 muertos y 339 000 heridos. En general, estos eventos produjeron daños a 14 millones de personas y la estimación económica de los daños es de 54 000 millones de dólares. Si bien toda esta zona es muy vulnerable a sufrir eventos sísmicos, según éste último informe de la ONU, la zona costera de América del Sur es la más propensa, en especial dos países, Perú y Chile. Esto sustentado en el registro histórico de terremotos, en el cual destacan por tener los de mayor intensidad y magnitud. Y además de ello, se basa en las proyecciones realizadas en los últimos estudios sismológicos, en el cual se revela que sismos de magnitud igual o mayor a 9 se producirán en estos territorios. Estos estudios tienen como fin alertar a los países latinoamericanos para que se tomen medidas más exhaustivas respecto a sus normativas de construcción, ya que está demostrado que el principal enemigo de la vida humana ante eventos sísmicos, son las edificaciones y/o estructuras deficientes. Un claro ejemplo es el terremoto ocurrido en el año 2010 en

Haití, cuya magnitud fue de 7.7 grados, valor menor al de eventos ocurridos en países de la región, pero con consecuencias considerablemente más devastadoras. Sucesos de este tipo sólo demuestran los defectos de cada nación, he ahí la importancia de construir edificaciones seguras y resistentes. Si bien los países se han enfocado en ajustar las normativas y en estudiar sistemas estructurales más resistentes, lo cierto es que surge una nueva limitante, la economía. De modo que se crea una nueva brecha, y donde la alternativa es estudiar con mayor profundidad los sistemas tradicionales, para garantizar que, si se cumple con los parámetros necesarios, las edificaciones no representarán peligro ante movimientos telúricos.

De acuerdo al reciente reporte del Instituto Geofísico del Perú IGP (2020) solo en el mes de enero de este año hubo 51 movimientos sísmicos en el Perú de los cuales 37 fueron percibidos por la población con diferentes intensidades. Estos datos son muestra de que nos encontramos en una zona altamente sísmica debido a que la costa de nuestro país forma parte del Cinturón de Fuego, el cual influye con diferente magnitud en todo el territorio peruano. El Reglamento Nacional de Edificaciones nos muestra en su Norma E030 que, de acuerdo a su última modificatoria del año 2018, la región Junín y en específico la ciudad de Huancayo se encuentra en la Zona 3, siendo la segunda zona de más alta incidencia, después de la Zona 4 perteneciente a la costa peruana.

Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), de acuerdo al último Censo Nacional de Población y Vivienda realizado el año 2017, muestra que en la región Junín el 49,5% de las viviendas son construidas con unidades de albañilería, manifestando un incremento del 9,1% respecto a la versión anterior del año 2007. Esta información sumada a lo manifestado por el ingeniero y sismólogo peruano Julio Kuroiwa en una declaración para la Agencia Peruana de Noticias, donde manifiesta que

es posible tener una vivienda segura ante sismos gracias a la albañilería confinada. Esta declaración lo hace basado en su libro “Gestión de Riesgo de Desastre en el Siglo XXI” publicado en el año 2019. Esto evidencia la posibilidad de demostrar la no diferencia significativa del mencionado sistema estructural respecto al sistema de pórticos.

La respuesta sísmica de una estructura en una edificación está relacionado principalmente al sistema que éste presente, para ello en el Perú se tiene definido doce sistemas estructurales de acuerdo a la Norma Técnica E 030 de Diseño Sismorresistente, siendo las más comunes el sistema de Pórticos y el de albañilería confinada. Los sistemas estructurales están diseñados para resistir cargas de gravedad, cargas de sismo, cargas de viento, entre otros.

En el Perú, los movimientos sísmicos vienen afectado las estructuras de las edificaciones debido a errores en su diseño sismorresistente principalmente en las que presentan un sistema de albañilería confinada, lo cual conlleva a pensar que este modelo estructural no soporta los movimientos telúricos y que de querer construir uno más resistente tendría que contar con un sistema de pórticos de concreto armado o de acero estructural, llegando a ser éstos mucho más costosos.

1.1.2. Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es la diferencia del comportamiento sísmico asociado a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020?

Problemas Específicos

¿Cuál es el periodo de vibración asociado a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020?

¿Cuáles son los desplazamientos asociados a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020?

¿Cuál es la deriva máxima asociada a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Establecer la diferencia del comportamiento sísmico dinámico asociado a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar el periodo de vibración asociado a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020.

Calcular los desplazamientos asociados a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020.

Identificar la deriva máxima asociada a los sistemas estructurales de pórticos y albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

Social

Garantizar la seguridad de los habitantes de las edificaciones se ha vuelto una prioridad en muchos países, sobre todo en aquellos con gran actividad sísmica, como el nuestro.

Estudiar y determinar los componentes sísmicos de los sistemas estructurales más empleados en la zona, permite evaluar la eficacia de su comportamiento y así optar por

aquel que mejor se adecúa a la economía de la familia, pero que al mismo tiempo brinde seguridad y garantice la integridad de sus habitantes.

Teórica

Permite comparar los valores del periodo de vibración, desplazamientos y derivas máximas de los dos sistemas estructurales más empleados en Huancayo, por medio de un estudio estructurado del comportamiento sísmico de una vivienda multifamiliar.

Metodológica

Para poder realizar este estudio, primero se realizará el diseño de la vivienda multifamiliar bajo la configuración de ambos sistemas, de albañilería confinada y de tipo aporticado. Después se realizará la estructuración y el análisis sísmico dinámico, mediante el uso del software Etabs v.16.2.0. Luego de contrastar que el modelamiento se encuentra dentro de los parámetros establecidos dentro de la norma E030 de Diseño Sismorresistente, se procederá a validar los resultados. Para finalmente poder contrastarlos y evaluar cuál de ellos tiene mejor comportamiento.

1.3.2. Importancia

La investigación permitirá realizar un estudio minucioso de los componentes sísmicos de los dos sistemas más comunes en Huancayo, para poder evaluar si cumplen con brindar seguridad a las familias que lo habitan. A partir de ello, se podrá optar por aquella que además de ser segura pueda ser la más económica y así se produzca un desarrollo balanceado. Además, este estudio es importante porque servirá de base a futuras investigaciones que podrían, por ejemplo, estudiar formas de reforzar los sistemas estructurales ante un evento sísmico.

1.3.3. Delimitación

Conceptual

Para evaluar la primera variable, sistemas estructurales, se toma como base el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), en específico las normas E030 de Diseño Sismorresistente y la E070 de Albañilería. Por otro lado, para la siguiente variable, se usa como referente libros y artículos de Ingeniería Sismorresistente de la región.

Espacial

La vivienda multifamiliar en estudio, se ubica en la Av. Mantaro, dentro del anexo de Incho, distrito de El Tambo, en la provincia de Huancayo. Por lo cual se emplean los parámetros sísmicos correspondientes a la zona indicada.

Temporal

La investigación se desarrollará en el año 2020, para lo cual se han obtenido registros históricos con una antigüedad no mayor a los 5 años, es decir, la información data desde el 2016.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

Hipótesis general

El comportamiento sísmico dinámico del sistema estructural de pórticos difiere de manera poco significativa del sistema de albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020

Hipótesis específicas

El periodo de vibración en el sistema estructural de pórticos es mayor que en el sistema de albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020

El desplazamiento en el sistema estructural de pórticos es mayor que en el sistema de albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020.

La deriva máxima en el sistema estructural de pórticos es mayor que en el sistema de albañilería confinada en una vivienda multifamiliar, Jr. Mantaro 2020

1.4.2. Variables

Variable 1

Comportamiento sísmico consiste en el estudio de parámetros generados durante un movimiento sísmico, como lo son las fuerzas y los desplazamientos. Para ello, se cuentan con una gran diversidad de métodos que otorgan valores numéricos, los cuales, si son bien desarrollados por medio de un adecuado diseño que mitigue que controle los efectos de estos movimientos, hacen que el efecto sísmico deje de ser una fuerte amenaza que vulnere contra la vida humana, puesto que el colapso total o parcial de la estructura es el principal causante de este tipo de pérdidas. (Oviedo y Duque, 2006, p.106)

A manera de resumen, a continuación, se muestra la matriz de operacionalización de variables:

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
VARIABLE 1 Comportamiento sísmico dinámico de edificaciones	Comportamiento sísmico consiste en el estudio de parámetros generados durante un movimiento sísmico, como lo son las fuerzas y los desplazamientos. Para ello, se cuentan con una gran diversidad de métodos que otorgan valores numéricos, los cuales, si son bien desarrollados por medio de un adecuado diseño que mitigue que controle los efectos de estos movimientos, hacen que el efecto sísmico deje de ser una fuerte amenaza que vulnere contra la vida humana, puesto que el colapso total o parcial de la estructura es el principal causante de este tipo de pérdidas (Oviedo y Duque, 2006, p.106)	La variable comportamiento sísmico dinámico de edificaciones se operacionaliza con sus dimensiones, sistema estructural de pórticos de concreto armado y sistema estructural de albañilería confinada	D1: Sistema estructural de pórticos de concreto armado D2: Sistema estructural de albañilería Confinada	I1: Periodo de vibración I2: Desplazamiento I3: Deriva I1: Periodo de vibración I2: Desplazamiento I3: Deriva	Ficha de recopilación de información	Razón

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Alcaíno, R y Ruiz, T. (2015) Realizaron un artículo científico para presentarlo en el Congreso Nacional de Materiales (CONAMET) de Valdivia, Chile. El artículo lleva por título “Análisis de daños y comportamiento de edificios de albañilería producto del sismo del 27 de febrero del 2010”. El objetivo general del estudio fue analizar el comportamiento de una estructura de albañilería ante un evento sísmico, y a partir de ello determinar los daños más comunes, pero separando de manera independiente los efectos producidos por su propio comportamiento, diseño y construcción. Como parte del estudio, primero se identificó las cuatro ciudades más afectadas por el evento, y luego se realizó una detallada inspección visual, que brindó una visión acerca de la calidad de los materiales, su disposición y el tipo de suelo. También se clasificaron los edificios de acuerdo al número de pisos para detectar los principales tipos de falla. Al final, los autores llegan a la conclusión de que la principal causa del daño se debe a que los elementos estructurales no aportan una significativa rigidez cuando sucede un evento sísmico, lo cual no permite que los esfuerzos se redistribuyan cuando se inicia el agrietamiento. A esto se sumó que hubo

deficiencias en la construcción, y permite confirmar que los comportamientos sísmicos de las edificaciones sólo actuaron en el rango lineal elástico.

Rodríguez, H. (2014). Realizó como trabajo de investigación de doctorado, para la Universidad Politécnica de Cataluña, el artículo titulado “Comportamiento sísmico de pórticos de concreto armado bajo la influencia de la porción fuerte en un suelo blando”. Como objetivo principal tuvo el de evidenciar el comportamiento sísmico de las estructuras ya mencionadas y determinar la medida en que una porción fuerte de suelo blando influye en los parámetros sísmicos como aceleración, frecuencia y duración del sismo. Para este fin, primero se elaboró una definición clara de porción fuerte, que luego fue aplicada a la base de las estructuras con el uso de dos softwares que generaron los registros de aceleración historia-tiempo. Al final del artículo, se concluye que la propuesta de porción fuerte permite reducir la duración del sismo, además, las operaciones computacionales que plantea permite obtener resultados en mucho menor tiempo y con un nivel de confianza del 95%.

Para optar por el título de ingeniero civil, realizó para la Universidad de Chile la siguiente investigación “Curvas de fragilidad de estructuras de albañilería confinada empleando la base de registros sísmicos chilenos”. El estudio tenía como objetivo generar una herramienta computacional que permita obtener curvas de fragilidad de estructuras de albañilería, usando como referencia los registros de los sismos de los últimos años. La metodología que se siguió fue primero modelar la estructura por medio del modelo de elementos finitos en el programa SAP 2000, y luego se pasó a implementar el catálogo del programa MatLab con datos previamente clasificados, tipo de suelo, zona sísmica y magnitud. Finalmente, al comparar las curvas de fragilidad utilizando el PGA como parámetro sísmico entre el análisis lineal y no lineal. Se obtienen curvas donde la probabilidad de exceder un determinado estado de daño es mayor en el caso no lineal. Sin

embargo, dada la falta de registros sísmicos, antes de concluir este resultado se debe realizar un análisis más completo una vez la información esté disponible.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Barrueto, J. (2019) Realizó el trabajo de investigación para optar por el grado de bachiller en ingeniería civil, titulado “Análisis sísmico comparativo entre los sistemas de concreto armado y albañilería confinada para la construcción de un edificio de viviendas multifamiliares del distrito de Surquillo”. El objetivo principal que persiguió fue el de evaluar los diferentes parámetros sísmicos que caracterizan a ambos sistemas estructurales y determinar cuál de ellos presenta un mejor comportamiento ante un evento sísmico. Para llegar a cumplir el objetivo indicado, se diseñaron y modelaron ambos sistemas con el uso del software de estructuras ETABS 2016 v 2.0. Con su ayuda, se obtuvieron resultados de periodos, derivas y desplazamientos tanto relativo como absolutos. Estos resultados fueron más favorables para el sistema de concreto armado, pero el autor resalta que, si bien los parámetros estudiados son menores en la albañilería, este sistema demostró tener un comportamiento sismorresistente que cumple con todos los artículos establecidos en la norma peruana. Por lo que concluye proponiendo que se haga un estudio económico detallado, puesto que en el aspecto estructural y de seguridad, ambos superan los requisitos mínimos.

Merodio, J y Vásquez, W. (2018) Realizaron la tesis denominada “Estudio comparativo y diseño estructural de un edificio multifamiliar de 5 pisos diseñado con los sistemas de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada en suelo flexible en la ciudad de Piura”, para optar por el título profesional de Ingeniero civil. El estudio tenía como objetivo estudiar el comportamiento estructural bajo los sistemas de albañilería confinada y de muros de

ductilidad limitada, de un edificio multifamiliar de cinco niveles, por medio del estudio comparativo de los valores de los desplazamientos, de la capacidad y demanda. Para ello, comenzaron con el diseño de la edificación bajo los lineamientos de ambos sistemas estructurales establecidos en la norma peruana. Una vez realizado el diseño y las respectivas estructuraciones se inició con el modelamiento estructural, para lo cual usaron como herramienta el software ETABS 2015 v 15.2. El análisis para este caso no sólo se limitó al estático, también se hizo el análisis modal espectral del edificio. Y, además, en la parte final se realizó una estimación económica de ambos sistemas en función al Metrado de la parte estructural únicamente. Como resultados se obtuvo que, ante la ocurrencia de un evento sísmico severo, la estructura que más daños sufrirá será la de albañilería, lo que implica que los costos de su reparación también. Además, el costo directo que genera la edificación de MDL, permite un ahorro del 30% frente a la edificación de albañilería confinada.

Huapaya, R. (2017) Para optar por el título profesional de ingeniería civil realizó la siguiente investigación “Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal”. Cuyo objetivo principal es el de evaluar las propiedades de resistencia y ductilidad de una edificación de sistema estructural aporticado con el uso del método no lineal, y a su vez, comparar el resultado con lo establecido en la norma peruana de diseño sismorresistente. Para este fin primero se seleccionaron y definieron los parámetros, luego se dimensionó y realizó el diseño no lineal mediante el software ETABS 2016. Con su ayuda se realizaron curvas de capacidad que brindaron indicadores de resistencia y ductilidad. Las conclusiones a las que el autor llegó fueron que el periodo fundamental de la estructura interviene directamente en el valor de la sobre resistencia, a medida que el periodo aumenta, este último también lo hace. Exactamente la misma relación de dependencia ocurre con la ductilidad y la sobre

resistencia. Finalmente, se obtuvo que tanto el espectro de demanda como la curva de resistencia a la cortante son superiores a las propuestas por la norma E030 de diseño sismorresistente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Comportamiento sísmico dinámico de edificaciones

Comportamiento sísmico consiste en el estudio de parámetros generados durante un movimiento sísmico, como lo son las fuerzas y los desplazamientos. Para ello, se cuentan con una gran diversidad de métodos que otorgan valores numéricos, los cuales, si son bien desarrollados por medio de un adecuado diseño que mitigue que controle los efectos de estos movimientos, hacen que el efecto sísmico deje de ser una fuerte amenaza que vulnere contra la vida humana, puesto que el colapso total o parcial de la estructura es el principal causante de este tipo de pérdidas (Oviedo y Duque, 2006, p.106)

Desde el punto de vista del tratamiento de datos numéricos, la respuesta sísmica de un modelo estructural resulta de “filtrar” la señal sísmica a través de dicha estructura. La obtención de esta respuesta obedece a un análisis sísmico el cual requiere de la definición previa tanto del movimiento del terreno como la de las características estructurales. El sujeto del análisis no es la propia estructura sino un modelo mecánico que esta presenta, para ello, las características físicas a tener en cuenta en su definición son la masa, el amortiguamiento y la rigidez. (Bozzo y Barbat, 2000, p.25-26)

Periodo de vibración

El periodo de vibración es un parámetro característico y de suma importancia para diseño sísmico de una estructura, sin embargo, existe en la literatura y normas de proyectos

sismorresistente gran cantidad de expresiones para la obtención de su valor aproximado. (Gonzales, Mena y otros, 2014)

Esta propiedad está relacionada directamente con la masa y la rigidez de la estructura, y es afectada por muchos otros factores tales como su regularidad, el número de pisos, las dimensiones de las secciones, las cuantías de refuerzo y del nivel de agrietamiento del concreto. (Carrillo, 2009)

Desplazamiento

La técnica del “Pushover” o también conocida con el nombre de *análisis incremental del colapso* es la más utilizada dentro de un análisis estático no lineal. El objetivo de esta técnica es encontrar la “curva de capacidad” (figura 1), dicha curva relaciona el cortante basal V (ordenada), con el desplazamiento lateral máximo de la estructura (abscisa), esta curva es la base del análisis sísmico por desempeño.

La técnica del Pushover se puede llevar a cabo aplicando un patrón de cargas laterales a la estructura, que representen las fuerzas sísmicas, patrón que se va incrementando monótonamente hasta alcanzar la capacidad última de la estructura o el colapso, con cada incremento de carga la estructura va perdiendo rigidez. Las curvas Pushover muestran la respuesta global del sistema (desplazamientos laterales). (Solís, 2016)

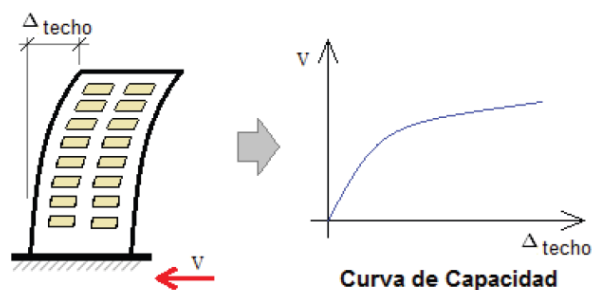


Figura 1: Representación de la curva de capacidad

Deriva

La deriva Global es un parámetro que permite controlar los desplazamientos inelásticos permitidos en el tope de una edificación, y está definida como la relación entre su desplazamiento lateral y su altura total. (Aguar y Anuar, 2006)

De acuerdo a la Norma Técnica de Edificación E.030 (2019). Los límites para la distorsión (deriva) están en función del sistema estructural, y son los que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Límites para la distorsión de entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ / h)
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: E030 Diseño sismorresistente (2019)

2.2.1.1. Sistema de albañilería confinada

Merodio, J y Vásquez, W. (2018) Este sistema estructural se encuentra dentro de los estudiados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, consiste en un conjunto de muros portantes de albañilería que se confinan por medio de vigas y columnas de confinamiento (p.30).

Elementos estructurales

En grandes rasgos se puede separar los elementos en aquellos de concreto armado, es decir, las vigas y columnas de confinamiento y aquellos de muro de albañilería netamente.

Componentes de la albañilería

Unidad de Albañilería

Según la Norma E070 de Albañilería (2006). Las unidades pueden ser ladrillos o bloques, que pueden ser producidos en base a tres elementos: arcilla, cal o sílice-cal. Con fines de diseño se emplea la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 3: Unidades de albañilería para fines estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máxim o en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b^f mínimo en MPa (kg/cm^2) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: E070 Albañilería (2006)

Mortero

“El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado”. (E070, 2006)

Grout

El concreto líquido o Grout es un material que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento. (E070, 2006)

2.2.1.2. Sistema de pórticos de concreto armado

“Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez”. (RNE, 2016)

También conocido como el marco dúctil o marco tridimensional, caracterizado por el espacio interno que permite su uso con mayor libertad. Si bien se presentan con gran ductilidad pueden producir fallas en las articulaciones. Ya que la resistencia lateral depende únicamente de la capacidad de flexión de las columnas y vigas, el sistema presenta una rigidez y resistencia baja; a menos que las secciones de estos elementos sean considerablemente robustas. Por tanto, un problema en este tipo de sistema será el poder controlar sus deformaciones, motivo por el cual se podrán realizar edificaciones de baja o mediana altura. (Huapaya, 2017)

2.3. Definición de términos básicos

Análisis estático

El análisis estático es el más sencillo aplicado a estructuras con comportamiento sismorresistente. Consiste en calcular la fuerza sísmica cortante en la base mediante un coeficiente que se encuentra en función a sus características físicas, por el peso sísmico de la estructura analizada. (Bozzo y Barbat, 2004)

Análisis dinámico

El análisis dinámico es uno de los más usuales, y se basa en un análisis modal-espectral. Consiste en la idealización basado en la simplificación de la hipótesis mediante el diafragma rígido. Este análisis es recomendable para aquellas estructuras que presentan irregularidad. (Bozzo y Barbat, 2004)

Arriostre

Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano. (RNE, 2006)

Esbeltez

Relación entre la altura libre del muro y su espesor (Poquioma, 2016)

Espesor efectivo

Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. (RNE, 2006)

Muro portante

Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical. (RNE, 2006)

Peligrosidad sísmica

Se entiende por Peligrosidad sísmica a la descripción de efectos causados por terremotos, estos efectos pueden ser representados por la intensidad macro sísmica de la zona. Para evaluar su peligrosidad, debe analizarse los fenómenos ocurridos desde que las ondas son emitidas hasta que logren alcanzar la zona de estudio. (Bozzo y Barbat, 2004)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

La presente investigación, se basó en el análisis de una vivienda multifamiliar ubicada en el Jr. Mantaro, El Tambo; bajo dos propuestas de sistemas estructurales, albañilería confinada y pórticos de concreto armado. Luego de analizar sus parámetros de respuesta sísmica como el periodo de vibración, desplazamientos laterales y derivas máximas; los comparamos entre ambos sistemas estructurales y llegamos a conclusiones que se generalizaron para toda edificación con los mismos sistemas estructurales, cantidad de niveles, usos y demás característica.

Por ende, se ha empleado el método inductivo en este trabajo de investigación, ya que es un proceso en el que, a partir de la observación directa a los fenómenos particulares, se llegan a obtener conclusiones o leyes universales a través de la generalización de estas observaciones logran explicar o relacionar los fenómenos analizados. (Rodríguez, 2005, p.29)

Según Abreu, J (2014). El método inductivo propone una ascendencia en su desarrollo que fluye a partir de lo particular o individual hasta lograr una generalización de lo observado. Su razonamiento está basado en que la premisa es una reflexión que se enfoca en un fin (p.99)

3.1.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada por ser un tipo de investigación caracterizada por buscar la aplicación o utilización de conocimientos anteriormente adquiridos a la vez también con el objetivo de adquirir unos nuevos luego del desarrollo progresivo de la investigación. En otras palabras, viene a ser la obtención de una forma rigurosa y sistemática de comprender un fenómeno basado en los conocimientos y los resultados de la investigación. (Murillo, 2008)

Este tipo de investigación corresponde a la presente investigación ya que se emplearon conocimientos de sismorresistencia anteriormente adquiridos y estudiados, y también se evaluaron los resultados en base a los conocimientos planteados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, para los sistemas de pórticos de concreto armado, de albañilería confinada y los parámetros sísmicos necesarios.

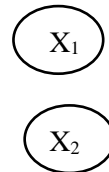
3.1.3. Nivel de investigación

La investigación presenta un nivel descriptivo por tener como finalidad la descripción de fenómenos, sucesos, contextos y situaciones, detallando cómo son y cómo se dan a conocer. Este nivel de investigación se enfoca en la búsqueda de propiedades, características y perfiles en su grupo de análisis, mas no la relación que pueda existir entre ellas. (Hernández, 2014, p.29)

Esta investigación está acorde a lo definido anteriormente, ya que se enfocó a describir los resultados de las respuestas sísmicas de los dos sistemas estructurales, mas no se alteró ningún componente ni se determinó el grado de relación de dos variables.

3.2. Diseño de la investigación

Para Hernández (2014). La investigación no experimental cuantitativa es aquella donde no se realiza una manipulación deliberada de la variable; dentro de ella describe dos tipos de diseños: la transeccional y la longitudinal. La presente investigación se ajusta a un diseño transeccional por tratarse de un estudio donde la recolección de información se realizará en un solo momento, y tiene como propósito la descripción de sus variables y el análisis de su incidencia en un determinado momento. El mismo autor hace una subdivisión en tres categorías dentro del tipo transeccional, siendo uno de ellos el descriptivo donde se tiene como objetivo conocer el grado de incidencia de una o más variables en una población. Y que en muchas ocasiones esto sirve de comparación entre más de un grupo. (p.154-157)



Donde:

X₁ : Sistema Estructural de Pórticos de concreto armado.

X₂ : Sistema estructural de Albañilería confinada.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según Galbiati (2015) Es el conjunto de elementos de un objeto que se pretende estudiar (p.3).

Para el desarrollo de nuestra investigación la población son las viviendas multifamiliares del Jr. Mantaro, en el distrito de El Tambo, Huancayo.

3.3.2. Muestra

Hernández (2014). Es una porción de la población de interés, de la cual se obtendrá la información necesaria para cumplir los objetivos de la investigación. Es por ello que se debe ser cuidadoso al momento de delimitarla, si se pretende realizar generalizaciones o extrapolaciones a partir de ella, se requiere que la muestra sea representativa (p.173).

Además, existen 2 tipos de muestras, el probabilístico y el no probabilístico. La muestra no probabilística, según Hernández (2014) no obedece a características vinculadas a la probabilidad, depende más de las consideraciones del investigador, de los medios y de los objetivos del estudio y es por ello que el fin de este tipo de muestra, no es necesariamente ser significativo de la población (p.174).

En esta investigación, el muestreo será no probabilístico de tipo intencional, pues los elementos de la población pueden tener grandes diferencias entre sí, lo que hace que una muestra representativa sea muy pequeña, por lo cual se debe escoger el elemento que más contribuya con los objetivos de la investigación. En este estudio se analizará a una edificación multifamiliar de cuatro niveles, de la cual se cuenta con los planos de distribución arquitectónica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

Según Fidias (2012), se entiende por técnica el procedimiento o manera para obtener y recaudar la información (p.67). Para el desarrollo de esta investigación se aplicará la técnica

de observación estructurada, la cual, de acuerdo a Fidias (2012) es aquella que emplea una guía previamente elaborada acorde los objetivos de la investigación.

3.4.2. Instrumento

De acuerdo a Fidias (2012) El instrumento de recolección de datos es el recurso que sirve para obtener, o en su defecto para almacenar la información como resultado de la aplicación de la técnica adecuada (p.68)

Para el estudio de esta investigación se considera como instrumento la ficha de recolección de datos que será validada por profesionales con conocimiento y experiencia en la materia. En la ficha se relacionarán las variables, dimensiones e indicadores.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Periodo natural de vibración

4.1.1.1. Sistema estructural de pórticos de concreto armado

Vivienda: Familia Canchumani

Los valores de los periodos no dependen directamente de las condiciones sísmicas, pero sí de la participación modal espectral. A continuación, se muestra la Tabla 4 con las masas de la edificación.

Tabla 4: Periodos de vibración

Caso	Modo	Periodo	UX	UY
		(s)		
Modo	1	0.43	0.8474	3.28E-05
Modo	2	0.392	0.0005	0.9004
Modo	3	0.367	0.0445	0.0054
Modo	4	0.123	0.0883	2.76E-05
Modo	5	0.119	0.0001	0.0801
Modo	6	0.106	0.0038	0.0002
Modo	7	0.066	0.0146	0.0001
Modo	8	0.065	0.0002	0.0104
Modal	9	0.056	0.0007	4.61E-05

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el periodo del modo 1 es de 0.43s y el porcentaje de masa que participa sobre X es de 84.74%. Por lo cual, se puede concluir que el periodo mencionado corresponde a la dirección X.

Un caso similar ocurre con el periodo del modo 2, donde el porcentaje de masa que participa sobre Y es aproximadamente 90.04%. Motivo por el que se puede decir que 0.392 s es el periodo de vibración de la dirección Y.

4.1.1.2. Sistema estructural de albañilería confinada

Vivienda: Familia Canchumani

Los valores de los periodos no dependen directamente de las condiciones sísmicas, pero sí de la participación modal espectral. A continuación, se muestra la Tabla 5 con las masas de la edificación.

Tabla 5: Periodo de vibración

Caso	Modo	Periodo	UX	UY
		(s)		
Modo	1	0.205	0.8419	0.0043
Modo	2	0.14	0.0029	0.2522
Modo	3	0.132	0.0142	0.6556
Modo	4	0.065	0.1301	0.0009
Modo	5	0.048	0.0005	0.0332
Modo	6	0.046	0.001	0.0469
Modo	7	0.038	0.0093	0.0001
Modo	8	0.031	2.46E-05	0.0049
Modal	9	0.03	3.86E-05	0.0019

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el periodo del modo 1 es de 0.205 s y el porcentaje de masa que participa sobre X es de 84.19%. Por lo cual, se puede concluir que el periodo mencionado corresponde a la dirección X.

Un caso similar ocurre con el periodo del modo 3, donde el porcentaje de masa que participa sobre Y es aproximadamente 65.56%. Motivo por el que se puede decir que 0.132s es el periodo de vibración de la dirección Y.

4.1.2. Desplazamientos laterales

4.1.2.1. Sistema estructural de concreto armado

Vivienda: Familia Canchumani

Los desplazamientos laterales absolutos de cada nivel en la dirección XX se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6: Desplazamientos laterales en XX

Piso	Elevación m	Desplazamientos X m
3	8.55	0.051
2	5.9	0.039
1	3.25	0.020
Base	0	0

Fuente: Elaboración propia

Estos valores se pueden visualizar mejor en la siguiente gráfica:

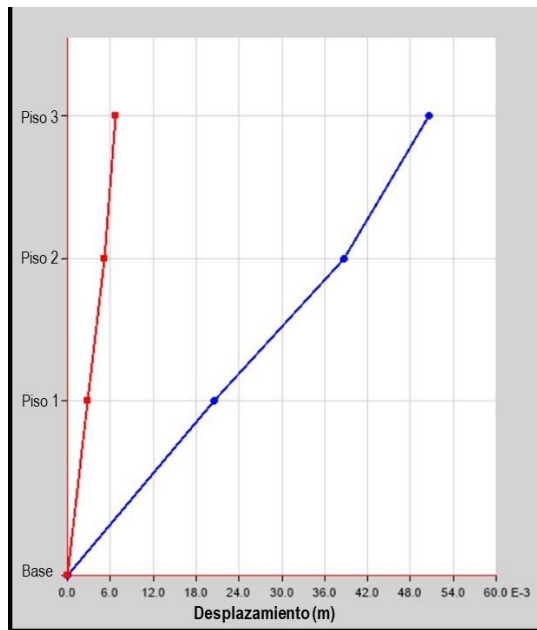


Figura 2: Desplazamientos mimos por pisos dirección XX

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el desplazamiento máximo se encuentra en el tercer techo, con el valor de 0.051 m.

A continuación, se muestran los desplazamientos para la dirección Y en la Tabla 7.

Tabla 7: Desplazamientos laterales en YY

Piso	Elevación m	Desplazamientos Y m
3	8.55	0.037
2	5.9	0.029
1	3.25	0.016
Base	0	0

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en la dirección anterior, los desplazamientos mantienen una curva de crecimiento casi directa.

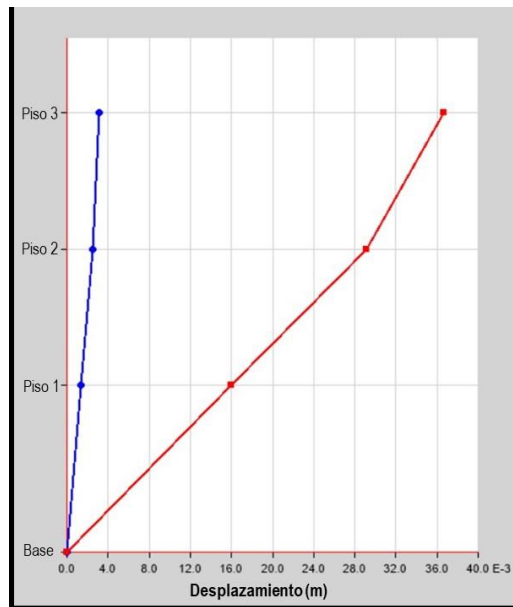


Figura 3: Desplazamientos mínimos por pisos dirección YY

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el desplazamiento máximo se encuentra en el tercer piso, y este valor se aproxima a 0.037 m.

A partir de los resultados para las direcciones, se observa que evidentemente, el desplazamiento es mayor en el tercer nivel dado que son absolutos. Pero si se contrastan los valores entre ambas direcciones, el de la dirección en X, es mayor en aproximadamente un 26%. Esto se debería principalmente a que hay mayores elementos que soportan rigidez en la dirección Y, esto hace que los desplazamientos sean menores.

4.1.2.2. Sistema estructural de albañilería confinada

Vivienda: Familia Canchumani

Los desplazamientos laterales absolutos de cada nivel en la dirección XX se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Desplazamientos laterales en XX

Piso	Elevación m	Desplazamientos X m
3	8.55	0.0130
2	5.9	0.0090
1	3.25	0.0044
Base	0	0

Fuente: Elaboración propia

Estos valores se pueden visualizar mejor en la siguiente gráfica:

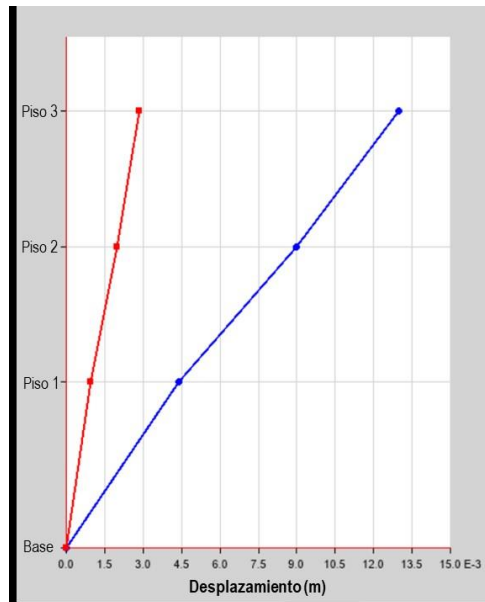


Figura 4: Desplazamientos mimos por pisos dirección XX

Como se puede observar el desplazamiento máximo se encuentra en el tercer techo, con el valor de 0.0415 m.

Tabla 9: Desplazamientos laterales en YY

Piso	Elevación m	Desplazamientos Y m
3	8.55	0.0079
2	5.9	0.0057
1	3.25	0.0029
Base	0	0

Fuente: Elaboración propia

Estos valores se pueden visualizar mejor en la siguiente gráfica:

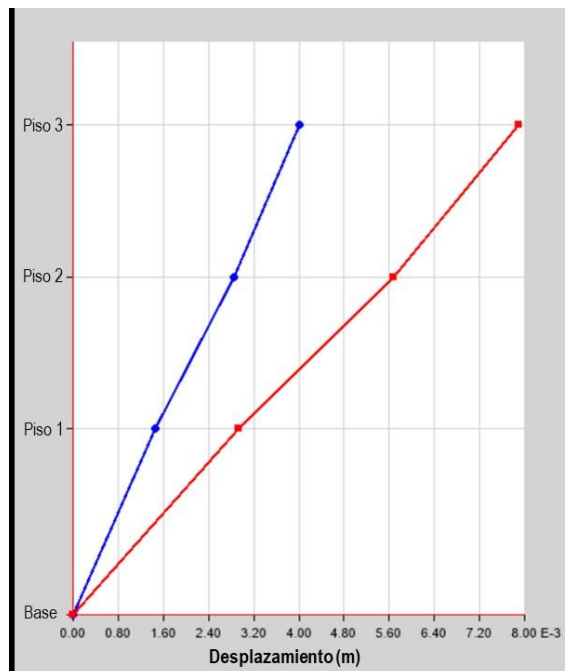


Figura 5: Desplazamientos mimos por pisos dirección YY

Fuente: Elaboración propia

Como factor en común con el sistema de pórticos, los desplazamientos para la dirección en X son mayores. Para este caso la diferencia entre las direcciones es incluso un poco mayor, ya que por cuestiones arquitectónicas es muy complicado colocar muros

continuos paralelos a la fachada de la edificación, y esta es una característica principal del sistema de albañilería.

4.1.3. Control de derivas máximas

4.1.3.1. Sistema estructural de concreto armado

Dirección X

Las derivas máximas de cada nivel en la dirección XX obtenidas con ayuda del programa ETABS, se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10: Derivas en la dirección X – Pórticos de concreto Armado

Piso	Elevación m	Derivas X m
3	8.550	0.00459
2	5.900	0.00688
1	3.250	0.00629
Base	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica siguiente, se observa mejor los valores por piso.

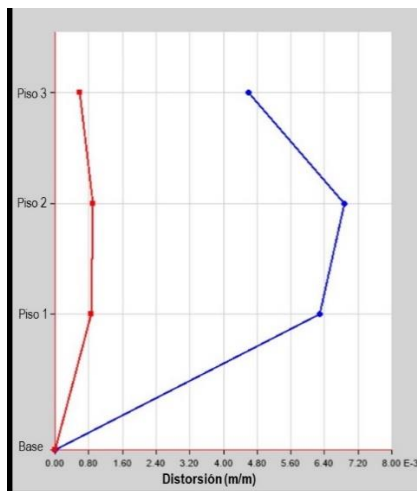


Figura 6: Derivas en la dirección X - Pórticos de concreto Armado

Se logra observar que el máximo valor de deriva se encuentra en el segundo piso y es de 0.0068, valor inferior a 0.007 que es el valor máximo señalado por la norma para edificios con sistema estructural de pórticos de concreto armado.

Dirección Y

Las derivas máximas de cada nivel en la dirección Y se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11: Derivas en la dirección Y – Pórticos de concreto Armado

Piso	Elevación m	Derivas Y m
3	8.55	0.00285
2	5.9	0.00499
1	3.25	0.00492
Base	0	0

Estos valores se pueden visualizar mejor en la siguiente figura:

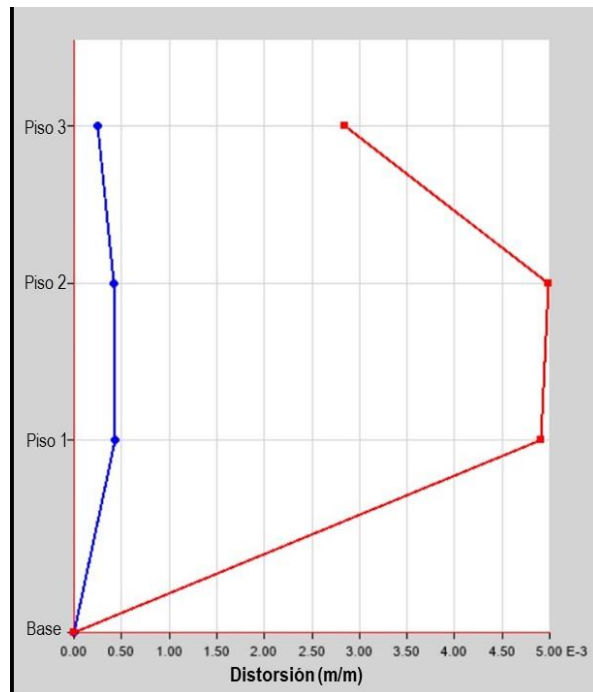


Figura 7: Derivas en la dirección Y – Pórticos de concreto Armado

Para esta dirección, también la deriva máxima se encuentra en el segundo piso, pero como se logra observar, la diferencia es casi mínima con la del primer piso. En todo caso se realizó el control con la deriva mayor, la cual es 0.00499, valor que también se encuentra dentro del rango permitido por la norma E070.

4.1.3.2. Sistema estructural de albañilería confinada

Dirección X

Las derivas máximas de cada nivel en la dirección XX se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 12: Derivas en la dirección X – Albañilería confinada

Piso	Elevación m	Derivas X m
3	8.550	0.0015
2	5.900	0.0017
1	3.250	0.0014
Base	0	0

Estos valores se pueden visualizar mejor en la siguiente gráfica:

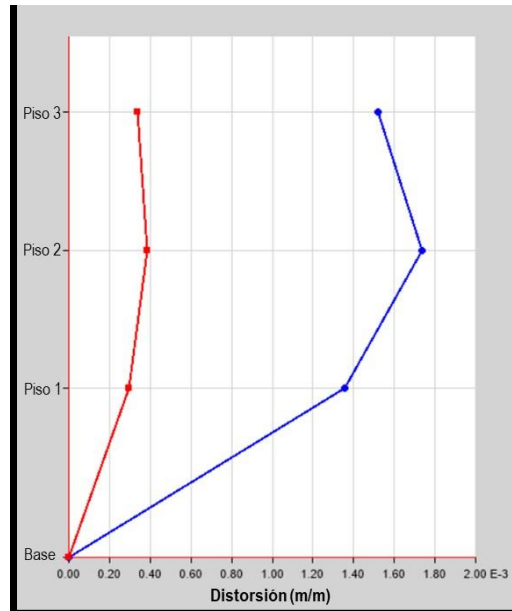


Figura 8: Derivas en la dirección X – Albañilería confinada

Como se observa, los desplazamientos de la dirección X no superan los 0.002, los tres valores entre sí no guardan mucha dispersión, pero el segundo piso es el más crítico con un valor de 0.0014. En todos los casos, los valores no igualan ni superan el valor de 0.005, establecido por la norma para edificaciones de albañilería confinada.

Dirección Y

Las derivas máximas de cada nivel en la dirección YY se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 13: Derivas en la dirección Y – Albañilería confinada

Piso	Elevación m	Derivas Y m
3	8.55	0.0008
2	5.9	0.0010
1	3.25	0.0009
Base	0	0

Como ya se hizo común en los análisis anteriores, tanto de desplazamientos como de derivas, para ambos sistemas, la dirección Y, es la que presenta menores valores. Este caso no fue la excepción, las derivas son notoriamente muy inferiores a 0.005 que sugiere la norma.

También, para este caso la deriva máxima de 0.0005 se encuentra en el segundo piso y ello se puede visualizar mejor en su correspondiente gráfica.

Estos valores se pueden visualizar mejor en la siguiente gráfica:

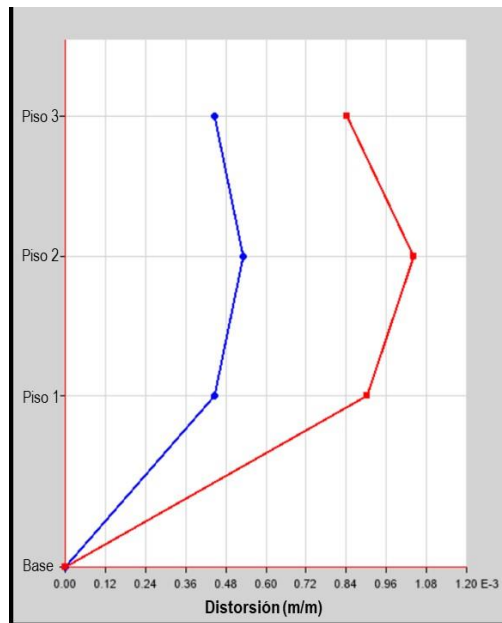


Figura 9: Derivas en la dirección Y – Albañilería confinada

4.2. Discusión

4.2.1. Periodo natural de vibración

Debido a que la edificación en estudio es de tres pisos, le corresponden 9 modos de vibración, y a su vez cada uno de ellos está asociado a un periodo natural de. Es por ello que, de un total de 18, por ambos sistemas estructurales, se eligieron 4 periodos para realizar el análisis sísmico. De acuerdo a las Tabla 4, los periodos del sistema de pórticos de concreto armado, fueron de 0.392 s y 0.430 s, para las direcciones X e Y respectivamente. Mientras que para el sistema de albañilería confinada según la Tabla 5, los valores fueron 0.205 y 0.132, periodos inferiores que dan señal de que éste último es un sistema más rígido. Tal y como lo mencionan Barbat y otros (2011), para menor rigidez, mayor es el periodo.

Además, para el análisis sísmico es importante mencionar que como el tipo de suelo es Tp1, le corresponde un Tp de 0.40 s y un Tl de 2.5 s. Como para el sistema de albañilería confinada,

los valores no superaron a T_p , el valor de la constante C , del análisis sísmico, fue de 2.5. Lo mismo ocurre para el periodo en X del sistema de pórticos de concreto armado, no obstante, para el periodo en Y , se tuvo que deducir el valor de la constante C , bajo los lineamientos de la norma E030 de diseño sismorresistente. Es importante mencionar ello, ya que de esto dependen las fuerzas estáticas, y por consiguiente las dinámicas y los controles de desplazamiento. Un periodo encima del valor de T_p , significa reducir la cortante basal y obtener menores fuerzas de diseño, lo cual a su vez implicaría menores gastos en los refuerzos.

También, se demuestra que no necesariamente los periodos de X e Y son los correspondientes a los dos primeros modos. Esto depende más del porcentaje de masa participativa. En relación a los periodos obtenidos para sistemas de pórticos de concreto armado y albañilería confinada, se visualiza que los del primer sistema superan al segundo.

4.2.2. Desplazamientos laterales

Luego de observar los desplazamientos laterales inelásticos absolutos en ambos sistemas estructurales, se puede notar que estos son máximos al nivel de techos, esto debido a la predominancia del periodo fundamental de vibración, tal como se manifiesta además en la técnica del “Pushover” o también conocida con el nombre de análisis incremental del colapso. (Solís, 2016)

Por otro lado, la comparación de estos desplazamientos obtenidos de un análisis dinámico, se observa que en la dirección X , el sistema de albañilería confinada presenta un desplazamiento menor, representando el 25% del desplazamiento mostrado por el sistema de pórticos de concreto armado (5.1 cm, ver tabla 6). Y si analizamos en la dirección Y notaremos que la holgura es aún mayor, teniendo en el sistema de albañilería confinada un desplazamiento máximo de 0.79 cm, como se observa en la tabla 8, el cual solo representa el 22% del que se

muestra en el sistema de pórticos (3.7 cm, ver tabla 7). Esta última notación, se justifica en la abundancia de los muros portantes presentes en el eje Y, especialmente en los ejes colindantes con los lotes adyacentes.

Dentro de la ingeniería de materiales se conoce la propiedad de ductilidad del concreto armado debido a la complicitad del concreto con el acero de refuerzo, el cual, frente a un sistema de albañilería confinada, donde se emplea unidades de arcilla como material principal y conglomerado (mortero); es evidente que la fragilidad de este último es una desventaja en cuanto a desplazamiento frente al concreto armado. (Jewell, 2011)

Por su parte, el Reglamento Nacional de Edificaciones, en su Norma Técnica de Edificaciones E030, toma en cuenta este aspecto al definir el factor de reducción sísmica R, en donde hace una distinción entre los diferentes sistemas estructurales, así como también en la distorsión máxima permitida.

4.2.3. Control de derivas

Aquí es importante resaltar que ambos sistemas cumplen con no sobrepasar los valores de deriva establecido por la Norma E030 para cada sistema estructural. Me refiero a 0.007 y 0.005 para los sistemas de pórticos de concreto armado y albañilería confinada, respectivamente. Esto quiere decir que cumplen eficientemente el control de derivas, uno de los principales objetivos de realizar un análisis sísmico.

También se puede observar, que, si bien sistema de pórticos cumple con la deriva, es un valor que se aproxima bastante al valor dado, sobre todo en la dirección X el cual es 0.0069. En cambio, para el sistema de albañilería y en ambas direcciones, los valores se encuentran considerablemente alejados de 0.005, lo cual podría ser un indicador de que hay un exceso de muros, que fácilmente se podrían quitar o reducir de dimensiones. Esto a su vez podría contribuir con la arquitectura, para que haya mayor iluminación.

El sistema de pórticos de concreto armado presenta irregularidad por torsión, dado que hay mayor rigidez en la dirección Y que en la X, esto también influyó en que las derivas se incrementen en comparación a un caso regular, Para eliminar esta irregularidad, se debería aumentar el peralte de las columnas en la dirección X, pero si se contrasta con la arquitectura, se evidencia que hay interferencia en la distribución de espacios.

Por último, estos resultados guardan mucha coherencia con los obtenidos por Barrueto, J. (2019), quien realizó el trabajo de investigación para optar por el grado de bachiller en ingeniería civil, titulado “Análisis sísmico comparativo entre los sistemas de concreto armado y albañilería confinada para la construcción de un edificio de viviendas multifamiliares del distrito de Surquillo”. Al igual que en este caso, las derivas de ambos sistemas cumplieron con las derivas máximas, lo que demuestra que también una edificación de sistema de albañilería cumple con lo necesario para edificaciones de tres pisos.

CONCLUSIONES

- Los periodos naturales de vibración de la estructura de pórticos de concreto armado son mayores que los del sistema de albañilería confinada para ambas direcciones. Esto debido a la relación inversa que existe entre la rigidez lateral y el periodo de vibración, lo cual evidencia que el sistema de albañilería confinada posee mayor rigidez, dada la alta densidad de muros que posee, frente al sistema de pórticos de concreto armado.
- Bajo el análisis sísmico dinámico en ambos sistemas estructurales, los desplazamientos laterales del sistema de pórticos de concreto armado son mayores a los del sistema de albañilería confinada para edificaciones multifamiliares de tres niveles; encontrándose en el orden de 3.5 a 4.5 veces una de la otra.
- Para edificaciones multifamiliares de tres niveles, las derivas máximas en cada dirección, con un análisis dinámico inelástico, son menores a la exigidas en la actual Norma peruana de Diseño sismorresistente E030, con valores más holgados en el caso del sistema de albañilería confinada en comparación al de pórticos de concreto armado.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se determina que para edificaciones multifamiliares de tres pisos, el sistema estructural de albañilería confinada consigue una muy buena resistencia sísmica frente al sistema de pórticos de concreto armado, siempre que se considere una buena distribución de muros portantes en su estructuración.

RECOMENDACIONES

- Para que se pueda generalizar los resultados con mayor certeza, se sugiere trabajar con un mayor número de muestras.
- El estudio puede extrapolar su alcance al análisis de costos de la edificación por ambos sistemas estructurales para así poder hacer un estudio más íntegro.
- Para asegurar el buen comportamiento de los muros, se debería realizar el control de fisuras respectivas para los muros en ambas direcciones.
- Para que el estudio de costos sea más equitativo se debe llevar los valores de deriva a los más cercanos al límite.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaíno, R, Ruiz, T y R, Ribera. 2010. [En línea] Noviembre de 2010. [Citado el: 19 de Mayo de 2020.]

http://iberomet2010.260mb.com/pdfcongreso/t4/T4-07_Alcaino-P_n1.pdf.

Barrueto Zamora, Jomar. 2018. Repositorio de la Pontifica Universidad Católica del Perú. [En línea]

2018. [Citado el: 20 de Mayo de 2020.]

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13342>.

Comportamiento sísmico de pórticos de concreto armado bajo la influencia de la porción fuerte en un suelo blando. **Rodríguez Gómez, Hermenegildo. 2014.** s.l. : Gaceta Técnica, 2014, Vol. XI. ISSN 1856-9560.

Huapaya Huertas, Raúl Ernesto. 2017. Repositorio de la Universidad Ricardo Palma. [En línea] 2017.

[Citado el: 20 de Mayo de 2020.] <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1305>.

Merodio Mejía, Julio José y Vásquez Ortiz, Walter Alfonso. 2019. Repositorio de la Universidad de

Ciencias Aplicadas. [En línea] 2019. [Citado el: 20 de Mayo de 2020.]

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624897?locale-attribute=es>.

Organización de las Naciones Unidas. 2020. Noticias ONU. [En línea] Naciones Unidas, 3 de Enero de

2020. [Citado el: 12 de Mayo de 2020.] <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467501>.

Sáenz Muñoz, Santiago. 2018. Repositorio académico de la Universidad de Chile. [En línea]

Universidad de Chile, 2018. [Citado el: 20 de Mayo de 2020.]

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159573>.

Sistema de control de respuesta sísmica en edificaciones. **Juan, Oviedo y María, Duque. 2006.** 6,

Antioquia : EIA, 2006, Vol. IX. 1794/1237.

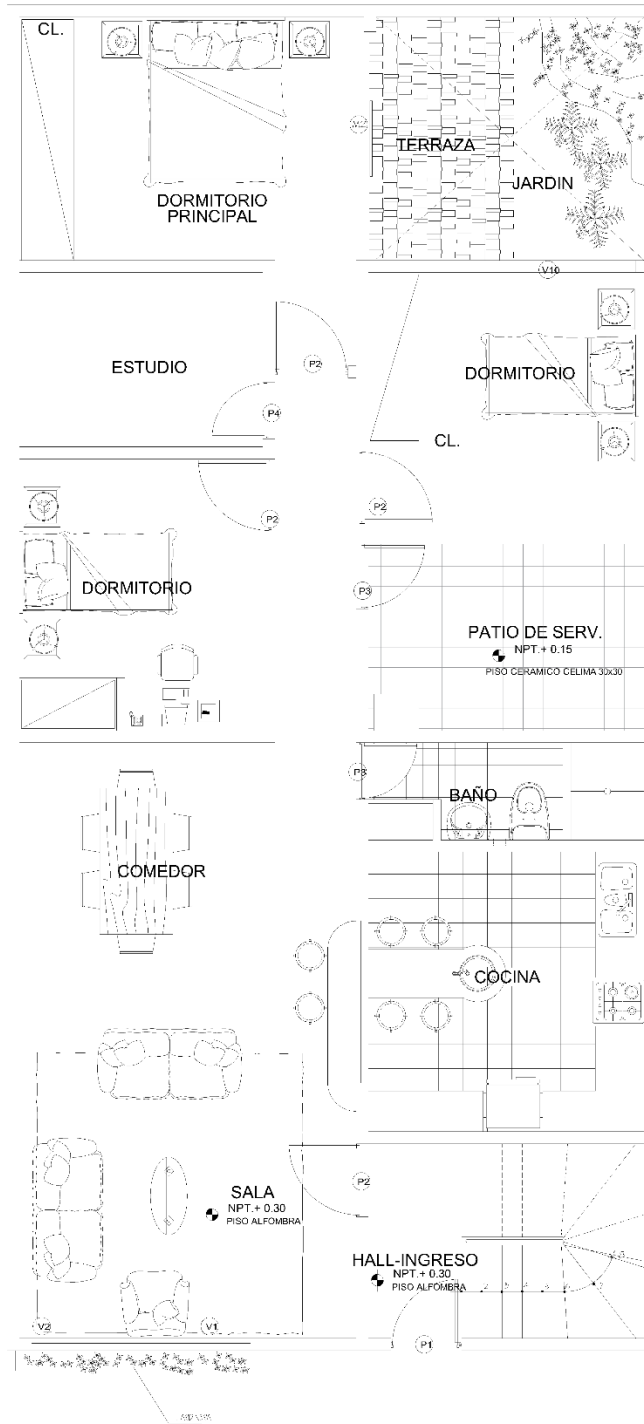
Solis Peralta, Fany Maribel. 2016. Repositorio de la Universidad Andina Néstor Cáseres Velasquez.

[En línea] 30 de Diciembre de 2016. [Citado el: 22 de Mayo de 2020.]

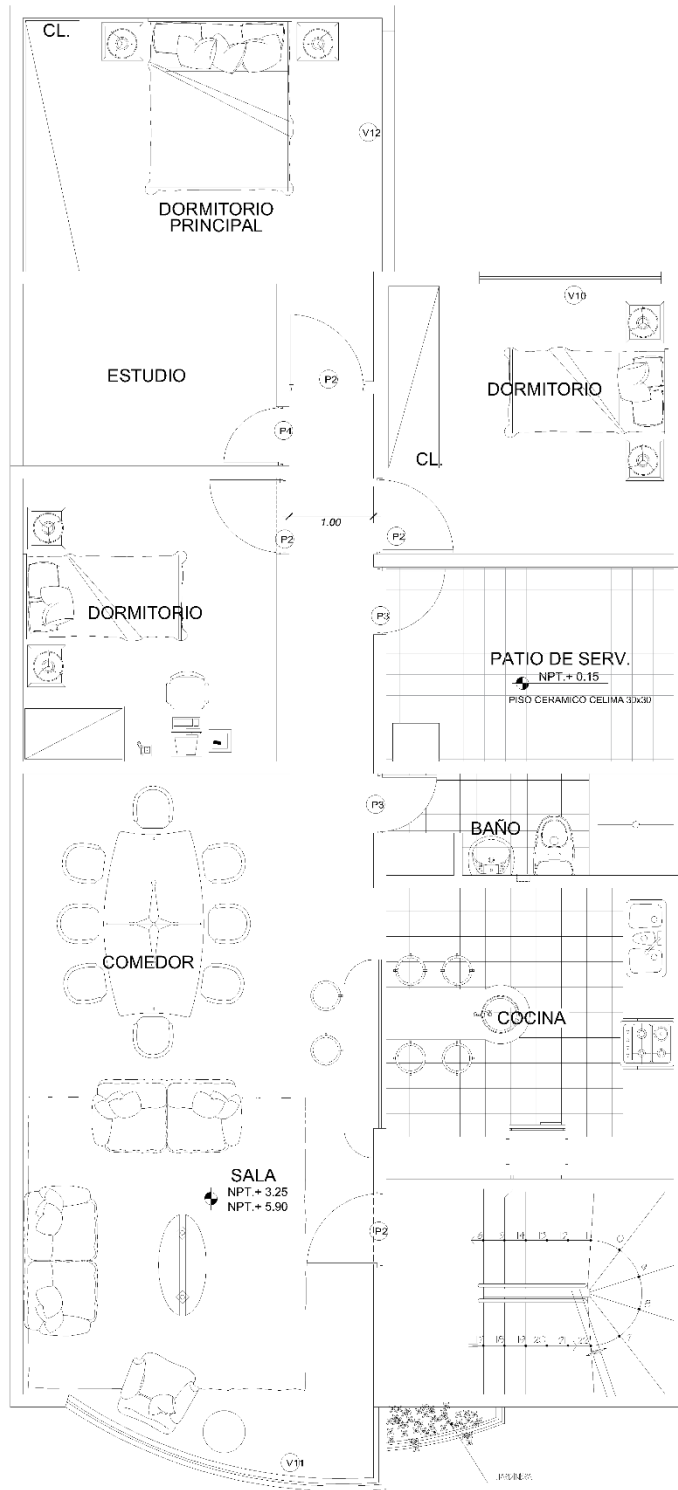
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/731>.

ANEXOS

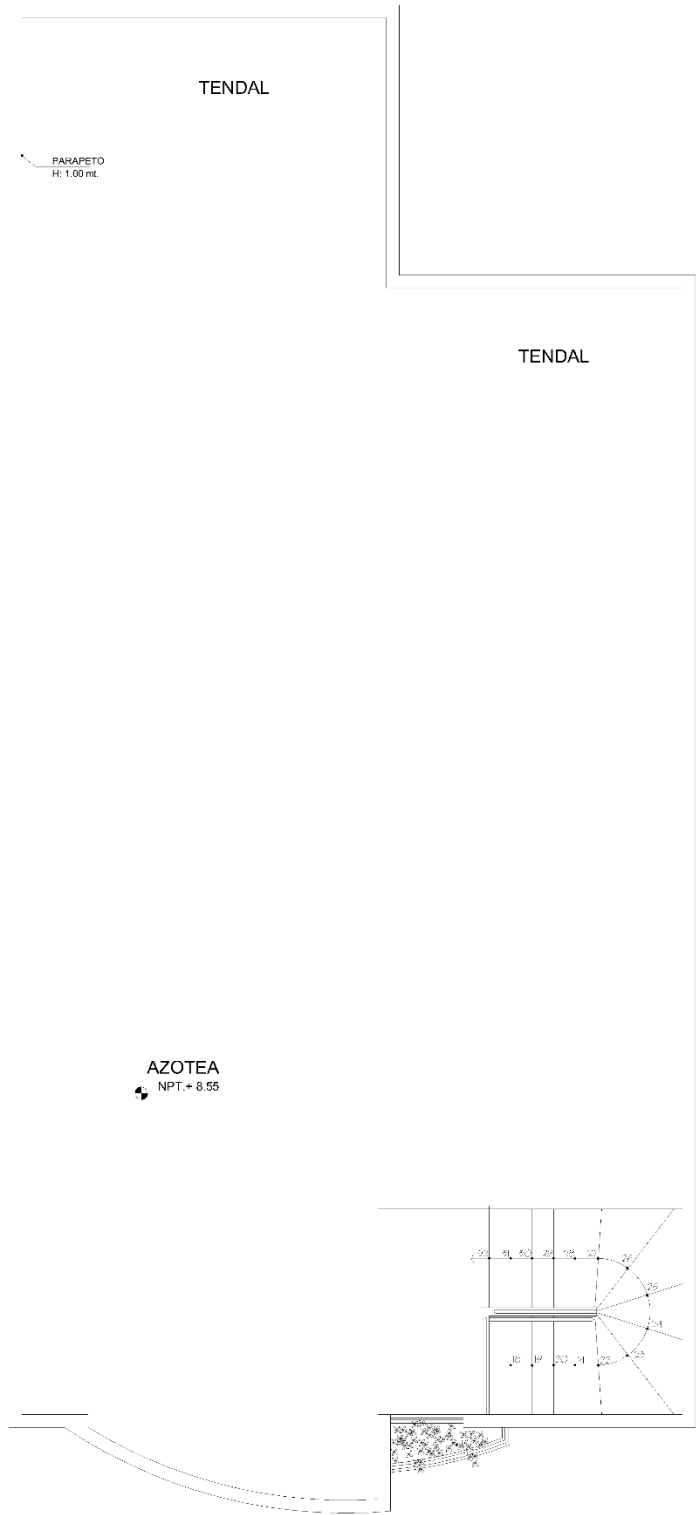
ANEXO 1: Planos de Arquitectura



PLANTA: PRIMER PISO

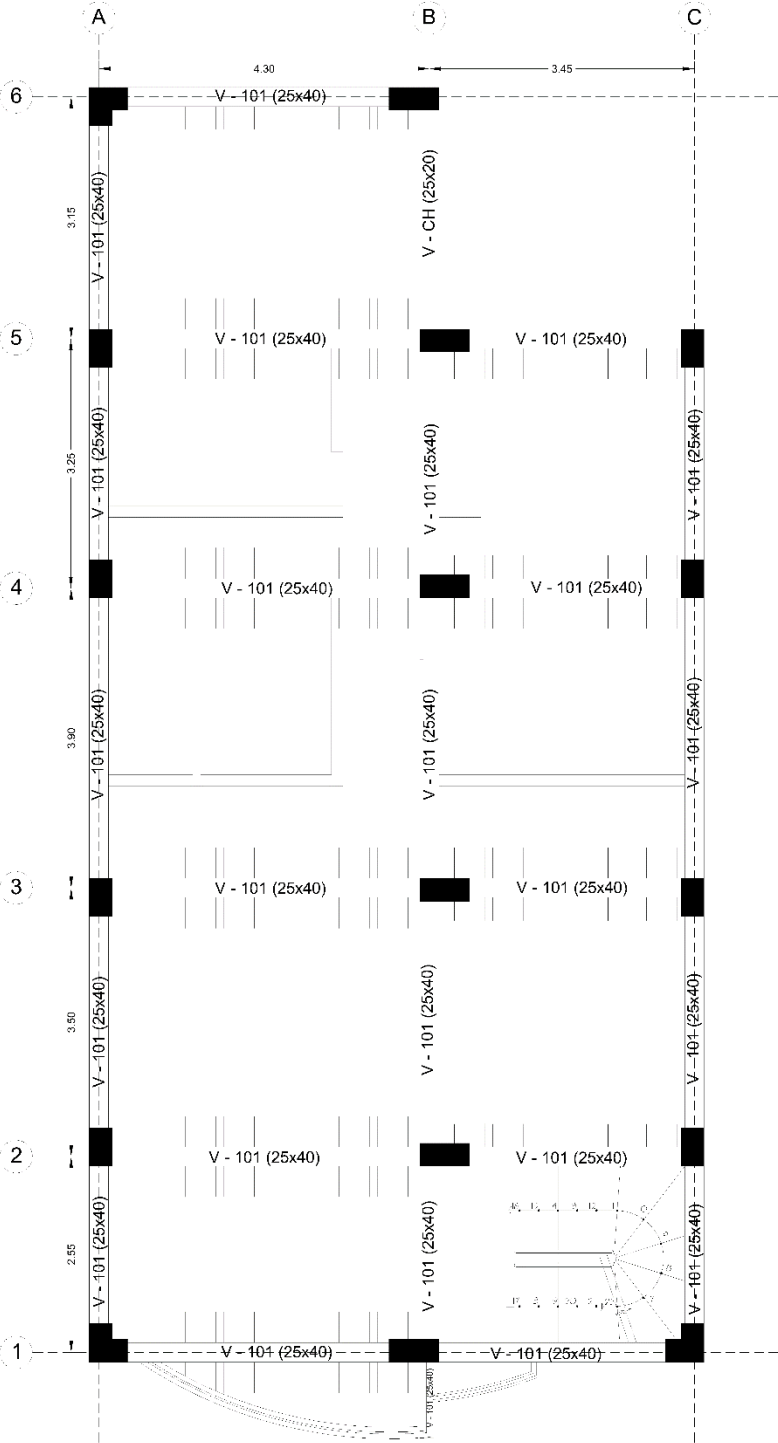


PLANTA: 2DO Y 3ER PISO



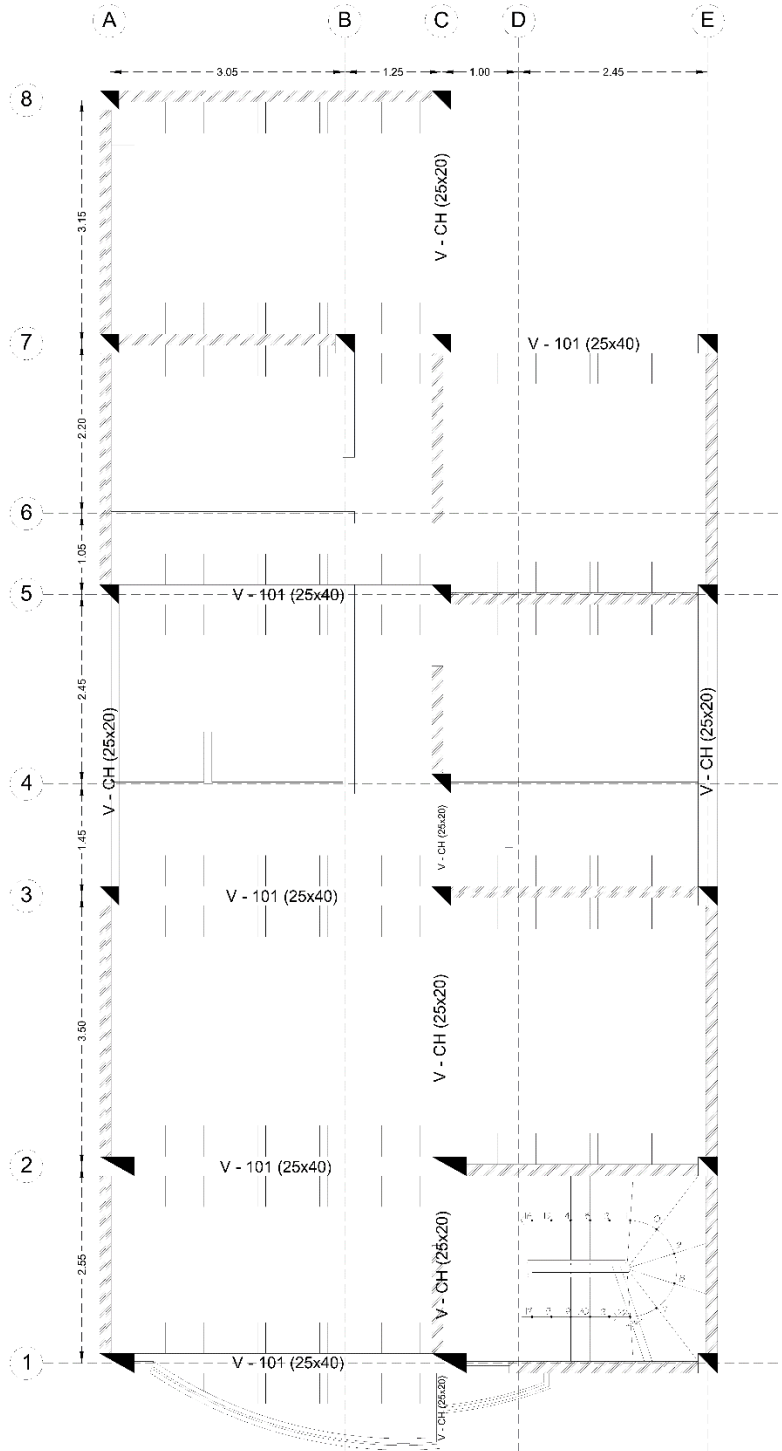
PLANTA: AZOTEA

ANEXO 2: Plano de estructuras pórticos de concreto armado



ENCOFRADO TECHO TÍPICO

ANEXO 3: Plano de estructuras albañilería confinada



ENCOFRADO TECHO TÍPICO

ANEXO 4: Modelamiento en ETABS pórticos de concreto armado

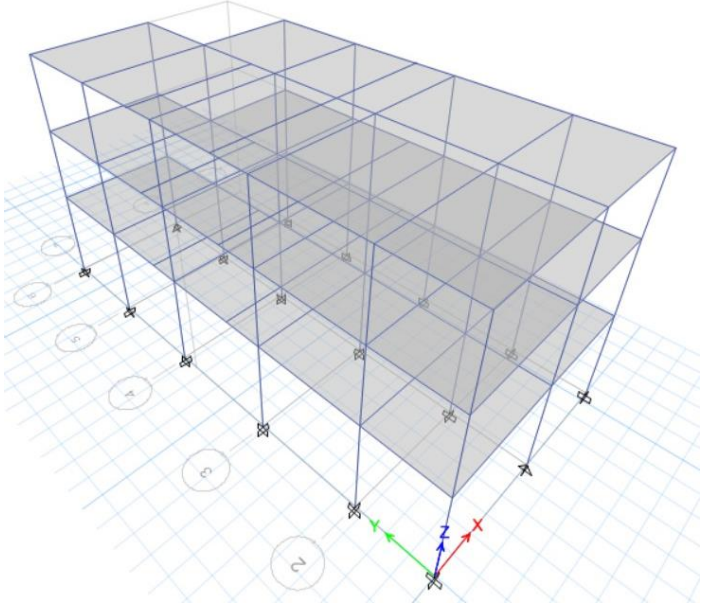


Figura 10: Modelamiento vista 3D

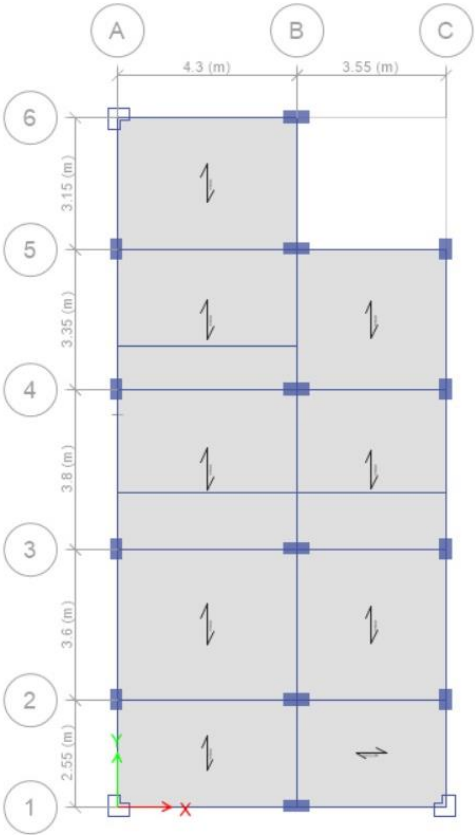


Figura 11: Modelamiento vista en planta

ANEXO 5: Modelamiento en ETABS albañilería confinada

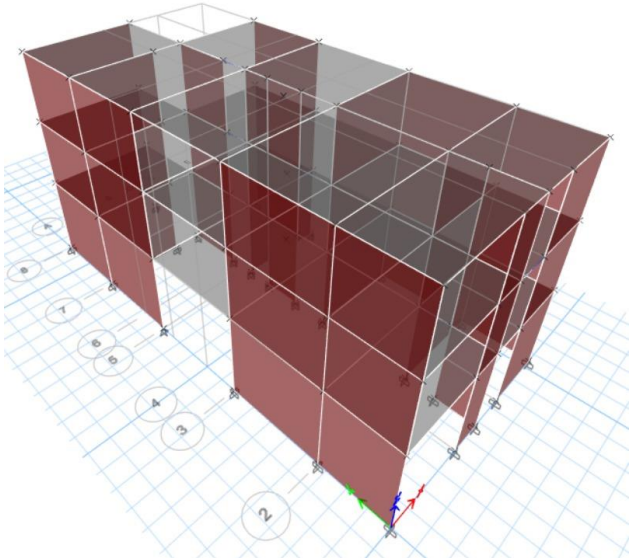


Figura 12: Modelamiento vista 3D

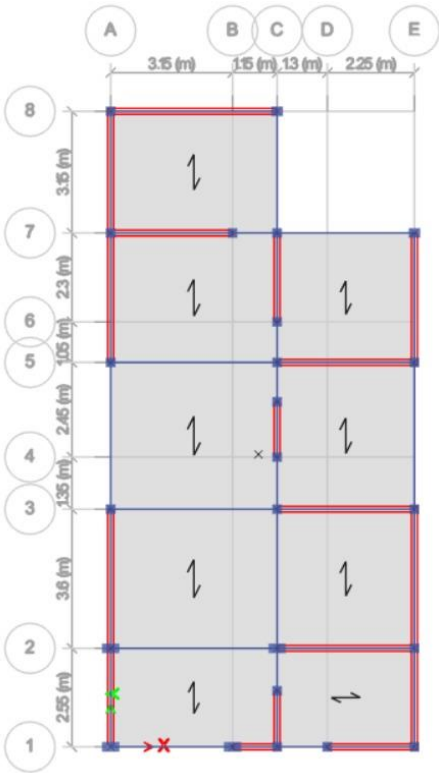


Figura 13: Modelamiento vista en planta

ANEXO 6: Análisis sísmico estructura de pórticos de concreto armado

PARÁMETROS DE SITIO

A continuación, se definen los parámetros de sitio y características estructurales mencionados en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL PERÚ: FACTOR Z

La estructura se ubica en la ciudad de Junín, por lo tanto, de acuerdo a la zonificación propuesta, se tiene:(zona 3)

$$Z = 0.35$$

TIPO DE SUELO (S) Y TP

El suelo es una grava típica obtenida por el estudio de mecánica de suelos, por lo tanto, se tiene:

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4s$$

$$T_L = 2.5s$$

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA(C)

Efectuando el modelo sísmico se obtiene:

2° Modo en X: $T=0.43$ con el 84.7% de participación de masa.

1° Modo en Y: $T=0.39$ con el 90.0% de participación de masa.

Como ambos periodos son mayores que $T_p=0.4s$, entonces se empleará la segunda expresión:

$T < T_p$	$C = 2,5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

Y reemplazando, los valores para C_x y C_y serán los siguientes:

$$C_x = 2.33 \quad C_y = 2.50$$

FACTOR DE USO E IMPORTANCIA (U)

$$U = 1$$

Edificaciones Comunes (Hoteles)

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)

Pórticos de concreto armado

$$R = 8$$

Se considera inicialmente, que, para estructuras regulares, los valores de R deben permanecer constantes. Pero este valor va hacer verificado luego.

ANÁLISIS ESTÁTICO

El primer paso consiste en determinar la cortante basal en ambas direcciones, estos están basados en los parámetros sísmicos mencionados en el acápite anterior.

Tabla 14: Parámetros Sísmicos - pórticos de concreto

Z	0.35	
U	1	
Cx	2.33	
Cy	2.50	
S	1	
Rx	8	
Ry	8	
Tx	0.43	
Ty	0.392	
kx=	1	
ky=	1	
Vbasal XX=	54.51	ton
Vbasal YY=	58.60	ton

Finalmente se puede realizar la distribución en la altura para cada dirección:

Tabla 15: Distribución de fuerzas en altura - dirección X

XX					
Piso	Peso (ton)	h (m)	Peso*h ^k	α	Fi (ton)
3	142.92	8.55	1221.94	0.4055	22.10
2	194.26	5.9	1146.12	0.3803	20.73
1	198.58	3.25	645.38	0.2142	11.67
			3013.44	1.00	54.51

Tabla 16: Distribución de fuerzas en altura - dirección Y

YY					
Piso	Peso (ton)	h (m)	Peso*h ^k	α	Fi (ton)
3	142.92	8.55	1221.94	0.4055	23.76
2	194.26	5.9	1146.12	0.3803	22.29
1	198.58	3.25	645.38	0.2142	12.55
			3013.44	1.00	58.60

ANÁLISIS DINÁMICO

FUNCIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Para el análisis dinámico, se definirá una función del espectro de respuesta, “C”, el cual depende del periodo y tipo de suelo, donde para un periodo de 0, se tiene el máximo valor de C, es decir 2.5, esta función se mantiene hasta el valor de $T_p=0.4s$, y a partir de ahí se realizan tabulaciones en base a las expresiones dadas por la norma E030.

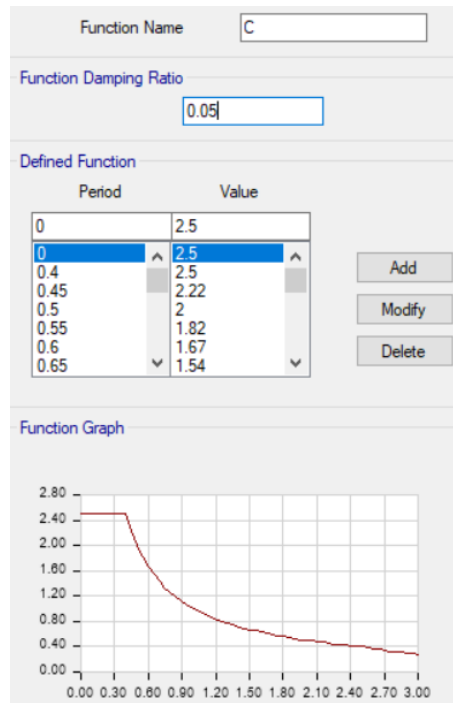


Figura 14: Función de espectro de respuesta

FUERZAS MÍNIMAS EN LA BASE Y FUERZAS DINÁMICAS

Antes de concluir con las fuerzas dinámicas definitivas, se realizó la verificación de la cortante mínima en la base. La Norma E.030, señala que, para estructuras regulares en cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el análisis estático.

$$V_{dinámico} > 80\% V_{estático}$$

Tabla 18: Factor de verificación de cortantes mínimas - dirección X

FUERZA XX	
Factor	$0.8 \cdot V_{est}/V_{din}$
Factor	-0.916

Tabla 17: Factor de verificación de cortantes mínimas - dirección Y

FUERZA YY	
Factor	$0.8 \cdot V_{est}/V_{din}$
Factor	-0.879

Nuestra estructura cumple con los requerimientos de fuerza cortante mínima en la base, razón por la cual no es necesario el escalamiento.

*Tabla 19: Fuerzas de diseño -
dirección X*

FUERZA XX	
Fuerzas de Diseño (ton)	
Story3	18.9901
Story2	37.1442
Story1	47.5732

*Tabla 20: Fuerzas de diseño -
dirección Y*

FUERZA YY	
Fuerzas de Diseño (ton)	
Story3	20.5082
Story2	41.2613
Story1	53.3269

ANEXO 7: Análisis sísmico estructura de albañilería confinada

PARÁMETROS DE SITIO

A continuación, se definen los parámetros de sitio y características estructurales mencionados en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL PERÚ: FACTOR Z

La estructura se ubica en la ciudad de Junín, por lo tanto, de acuerdo a la zonificación propuesta, se tiene:(zona 3)

$$Z = 0.35$$

TIPO DE SUELO (S) Y TP

El suelo es una grava típica obtenida por el estudio de mecánica de suelos, por lo tanto, se tiene:

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4s$$

$$T_L = 2.5s$$

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA(C)

Efectuando el modelo sísmico se obtiene:

2° Modo en X: $T=0.43$ con el 84.7% de participación de masa.

1° Modo en Y: $T=0.39$ con el 90.0% de participación de masa.

Como ambos periodos son mayores que $T_p=0.4s$, entonces se empleará la segunda expresión:

$T < T_p$	$C = 2,5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

Y reemplazando, los valores para C_x y C_y serán los siguientes:

$$C_x = 2.5 \quad C_y = 2.50$$

FACTOR DE USO E IMPORTANCIA (U)

$$U = 1$$

Edificaciones Comunes (Hoteles)

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)

Albañilería confinada

$$R = 6$$

Se considera inicialmente, que, para estructuras regulares, los valores de R deben permanecer constantes. Pero este valor va hacer verificado luego.

ANÁLISIS ESTÁTICO

El primer paso consiste en determinar la cortante basal en ambas direcciones, estos están basados en los parámetros sísmicos mencionados en el acápite anterior.

Tabla 21: Parámetros Sísmicos - albañilería confinada

Z	0.35	
U	1	
C	2.50	
S	1	
Rx	6	
Ry	6	
Tx	0.205	
Ty	0.14	
Vbasal XX=	86.17	ton
Vbasal YY=	86.17	ton

Como los parámetros sísmicos son los mismos para ambas direcciones, las fuerzas son las mismas y se muestran a continuación.

Tabla 22: Distribución de fuerzas en altura

XX - YY					
Piso	Peso (ton)	h (m)	Peso*h ^k	α	Fi (ton)
3	145.93	8.55	1247.68	0.3819	32.91
2	216.32	5.9	1276.32	0.3907	33.66
1	228.62	3.25	743.02	0.2274	19.60
			3267.02	1.00	86.17

ANÁLISIS DINÁMICO

FUNCIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Como el tipo y la zona son los mismos, el espectro es exactamente el mismo al mostrado en el apartado anterior.

FUERZAS MÍNIMAS EN LA BASE Y FUERZAS DINÁMICAS

Antes de concluir con las fuerzas dinámicas definitivas, se realizó la verificación de la cortante mínima en la base. La Norma E.030, señala que, para estructuras regulares en cada una de las direcciones

consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el análisis estático.

$$V_{dinámico} > 80\% V_{estático}$$

Tabla 23: Verificación de fuerzas mínimas

FUERZA XX	
Factor	$0.8 * V_{est} / V_{din}$
Factor	-0.916

Nuestra estructura cumple con los requerimientos de fuerza cortante mínima en la base, razón por la cual no es necesario el escalamiento.

Tabla 24: Fuerzas de diseño

FUERZA XX	
Fuerzas de Diseño (ton)	
Story3	18.9901
Story2	37.1442
Story1	47.5732

ANEXO 8: Equipo de Trabajo



Figura 15: Coco Jimmy Cordova Landa



Figura 16: Katerin Esteban Mollehuara