

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA DE
MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA Y
ALBAÑILERÍA CONFINADA EN UNA EDIFICACIÓN
DE 5 PISOS, DISTRITO DE LOS OLIVOS**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR
BACH. CONTRERAS CONDORI, ANGELO FRANCISCO
BACH. PÉREZ LAOS, RONALD KEVIN

ASESOR: MG. ING. GÁRATE CÁCERES, FRANCISCO HÉCTOR
LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, compañeros y amigos quienes me brindaron su apoyo, conocimientos y me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos en toda mi carrera profesional.

Angelo Contreras Condori

La presente tesis está dedicada a mi familia y amistades por acompañarme y brindarme su apoyo incondicional en todo momento para lograr mis objetivos a lo largo de mi carrera universitaria.

Ronald Pérez Laos

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirnos tener salud en esta coyuntura del COVID 19 que nos encontramos, a nuestra alma mater por brindarnos los amplios conocimientos de esta maravillosa carrera, a nuestros asesores de tesis que gracias a sus experiencias, sabiduría y confianza han sabido direccionar nuestros conocimientos para hacer realidad esta tesis.

Angelo Contreras y Ronald Pérez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos:.....	1
1.1.1 Problema general.....	2
1.1.2 Problemas específicos	2
1.2 Objetivo de la investigación	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Delimitación de la investigación	3
1.3.1 Temporal	3
1.3.2 Espacial	3
1.3.3 Temática	3
1.4 Justificación e importancia	4
1.4.1 Justificación teórica.....	4
1.4.2 Justificación práctica	4
1.4.3 Justificación social	4
1.4.4 Justificación económica	4
1.4.5 Importancia.....	5
1.4.6 Limitaciones	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1 Antecedentes internacionales	6
2.1.2 Antecedentes nacionales	8
2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio	11
2.2.1 Sistema de Albañilería confinada.....	11
2.2.2 Sistema de Muros de ductilidad limitada	17
2.2.3 Resistencia a cortante	21
2.2.4 Análisis estático.....	22
2.2.5 Análisis modal espectral.....	24

2.2.6 Desplazamientos laterales	26
2.2.7 Distorsiones	26
2.2.8 Junta sísmica	27
2.3 Definición de términos básicos.....	28
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	29
3.1 Hipótesis	29
3.1.1 Hipótesis principal.....	29
3.1.2 Hipótesis secundarias	29
3.2 Variables	29
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	29
3.2.2 Operacionalización de las variables	30
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	31
4.1 Tipo y nivel.....	31
4.2 Diseño de investigación.....	31
4.3 Población y muestra.....	31
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos.....	32
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	32
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	33
CAPÍTULO V: SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	35
5.1 Predimensionamiento	35
5.1.1 Predimensionamiento de losas	35
5.1.2 Predimensionamiento de vigas.....	36
5.1.3 Predimensionamiento de columnas.....	37
5.1.4 Predimensionamiento de muros de albañilería confinada.....	38
5.2 Esfuerzo axial máximo	39
5.3 Densidad mínima de muros	47
5.4 Modelamiento en ETABS.....	49
5.5 Metrado de cargas.....	50
5.6 Análisis estático	51
5.6.1 Fuerza cortante basal	51
5.6.2 Fuerzas laterales equivalentes	53

5.6.3 Distorsiones	54
5.7 Análisis modal espectral	55
5.7.1 Participación modal de masas	55
5.7.2 Factor de escala	56
5.7.3 Verificación de irregularidades	56
5.7.4 Desplazamientos laterales	59
5.7.5 Distorsiones	59
5.7.6 Junta sísmica	60
5.7.7 Resistencia a cortante	61
5.8 Costos de ejecución	70
CAPÍTULO VI: SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA	72
6.1 Predimensionamiento	72
6.1.1 Predimensionamiento de losas	72
6.1.2 Predimensionamiento de muros de ductilidad limitada	72
6.2 Modelamiento en ETABS.....	73
6.3 Metrado de cargas.....	74
6.3.1 Carga Muerta.....	74
6.3.2 Carga Viva.....	74
6.4 Análisis estático	75
6.4.1 Fuerza cortante basal	75
6.4.2 Fuerzas laterales equivalentes	77
6.4.3 Distorsiones	78
6.5 Análisis modal espectral	79
6.5.1 Participación modal de masas	79
6.5.2 Factor de escala	80
6.5.3 Verificación de Irregularidades	81
6.5.4 Pseudo aceleración espectral	84
6.5.5 Distorsiones	85
6.5.6 Desplazamientos laterales	86
6.5.7 Junta sísmica	87
6.5.5. Resistencia a cortante	87
6.6 Costos de ejecución	92

CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	94
7.1 Resultados de la investigación.....	94
7.1.1 Resultados del objetivo específico 1	94
7.1.2 Resultados del objetivo específico 2	94
7.1.3 Resultados del objetivo específico 3	95
7.1.4 Resultados del objetivo específico 4	96
7.2. Contrastación de hipótesis	98
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS.....	108
Anexo 1: Operacionalización de variables	108
Anexo 2: Matriz de consistencia.....	109
Anexo 3: Cronograma de actividades	110
Anexo 4: Presupuesto (Asignación de recursos)	110
Anexo 5: Carta de Autorización	111
Anexo 6: Planos	112
Anexo 7: Metrados.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	12
Tabla N° 2: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	13
Tabla N° 3: Límites de distorsión de entrepiso.....	27
Tabla N° 4: Espesor de aligerado	35
Tabla N° 5: Losa armadas en una sola dirección de concreto armado	36
Tabla N° 6: Análisis por resistencia a carga axial eje X-X	40
Tabla N° 7: Análisis por resistencia a carga axial eje Y-Y	43
Tabla N° 8: Densidad mínima de muros eje X-X.....	47
Tabla N° 9: Densidad mínima de muros eje Y-Y.....	48
Tabla N° 10: Cargas muertas mínimas repartidas	50
Tabla N° 11: Cargas vivas mínimas repartidas.....	50
Tabla N° 12: Cortante basal eje X-X.....	52
Tabla N° 13: Cortante basal eje Y-Y	52
Tabla N° 14: Fuerzas laterales equivalentes eje X (Fi)	53
Tabla N° 15: Fuerzas laterales equivalentes eje Y (Fi)	53
Tabla N° 16: Distorsiones por piso en el eje X-X del análisis estático	54
Tabla N° 17: Distorsiones por piso en el eje Y-Y del análisis estático	54
Tabla N° 18: Participación modal de masas	55
Tabla N° 19: Factor de escala	56
Tabla N° 20: Cálculo de diafragma rígido SX.....	57
Tabla N° 21: Cálculo de diafragma rígido SY.....	57
Tabla N° 22: Verificación del máximo desplazamiento relativo en el eje X	58
Tabla N° 23: Verificación del máximo desplazamiento relativo en el eje Y	58
Tabla N° 24: Desplazamientos laterales en el eje X.....	59
Tabla N° 25: Desplazamientos laterales en el eje Y.....	59
Tabla N° 26: Distorsiones de entrepiso eje X.....	60
Tabla N° 27: Distorsiones de entrepiso eje Y.....	60
Tabla N° 28: Verificación por sismo moderado eje X-X	62
Tabla N° 29: Verificación por sismo moderado eje Y-Y	65
Tabla N° 30: Verificación por sismo severo eje X-X.....	69
Tabla N° 31: Verificación por sismo severo eje Y-Y	69
Tabla N° 32: Presupuesto	70
Tabla N° 33: Cargas muertas aplicadas a alféizares de ventanas - MDL.....	74

Tabla N° 34: Peso de la edificación en dirección X - MDL.....	76
Tabla N° 35: Peso de la edificación en dirección Y - MDL.....	77
Tabla N° 36: Fuerzas laterales equivalentes por piso en dirección “X” - MDL.....	78
Tabla N° 37: Fuerzas laterales equivalentes por piso en dirección “Y” – MDL.....	78
Tabla N° 38: Distorsiones por piso en dirección “X” del análisis estático - MDL	79
Tabla N° 39: Distorsiones por piso en dirección “Y” del análisis estático - MDL	79
Tabla N° 40: Participación de masas en 15 modos - MDL	80
Tabla N° 41: Fuerza cortante basal en análisis estático y análisis dinámico espectral - MDL.....	81
Tabla N° 42: Verificación de irregularidad torsional en dirección “X” del análisis modal espectral - MDL.....	81
Tabla N° 43: Verificación de irregularidad torsional en dirección “Y” del análisis modal espectral - MDL.....	82
Tabla N° 44: Verificación de irregularidad de rigidez en dirección “X” del análisis modal espectral - MDL.....	82
Tabla N° 45: Verificación de irregularidad de rigidez en dirección “Y” del análisis modal espectral - MDL.....	82
Tabla N° 46: Verificación de irregularidad de resistencia en dirección “X” del análisis modal espectral – MDL	83
Tabla N° 47: Verificación de irregularidad de resistencia en dirección “Y” del análisis modal espectral - MDL.....	83
Tabla N° 48: Tiempos y pseudo aceleraciones - MDL.....	84
Tabla N° 49: Distorsiones por piso en dirección “X” del análisis dinámico - MDL.....	85
Tabla N° 50: Distorsiones por piso en dirección “Y” del análisis dinámico - MDL.....	86
Tabla N° 51: Desplazamientos laterales máximos por piso en dirección “X” - MDL ...	86
Tabla N° 52: Desplazamientos laterales máximos por piso en dirección “Y” - MDL ...	87
Tabla N° 53: Muro vulnerable en sismo modal espectral - MDL	87
Tabla N° 54: Puntos de diagrama de interacción de muro vulnerable - MDL	88
Tabla N° 55: Combinaciones de carga en muro vulnerable - MDL.....	89
Tabla N° 56: Costos de ejecución del sistema Muros de ductilidad limitada.....	93
Tabla N° 57: Comparación de fuerza cortante basal en MDL y Albañilería confinada.	95
Tabla N° 58: Comparación de distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos en MDL y Albañilería confinada.....	96
Tabla N° 59: Comparación de costos de ejecución en MDL y Albañilería confinada ...	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de calle del edificio de 5 niveles	3
Figura N° 2: Ubicación del edificio de 5 niveles	12
Figura N° 3: Edificio con Muros de ductilidad limitada	18
Figura N° 4: Fallas estructurales típicas en muros de concreto armado	21
Figura N° 5: Método de las fuerzas laterales equivalentes	24
Figura N° 6: Espectro de aceleración para diferentes porcentajes de amortiguamiento	25
Figura N° 7: Modos de vibración de estructura plana de 3 grados de libertad.....	26
Figura N° 8: Detalle de la losa aligerada unidireccional	35
Figura N° 9: Distribución de vigas en planta.....	37
Figura N° 10: Dimensiones de columnas	37
Figura N° 11: Distribución de muros de albañilería en ETABS.....	39
Figura N° 12: Vista de planta – sistema Albañilería confinada.....	49
Figura N° 13: Modelo 3D en ETABS.....	50
Figura N° 14: Diafragma flexible	57
Figura N° 15: Modelamiento del sistema Albañilería confinada en Revit Estructura....	70
Figura N° 16: Distribución de muro de ductilidad limitada (vista en planta).....	73
Figura N° 17: Vista en 3D de edificación de 5 pisos - MDL.....	73
Figura N° 18: Espectro de pseudo aceleración - MDL.....	85
Figura N° 19: Diagrama de interacción Carga y Momento de muro vulnerable - MDL	89
Figura N° 20: Modelamiento del sistema Muros de ductilidad limitada en Revit Estructura	92
Figura N° 21: Fuerza cortante basal en MDL y Albañilería confinada	95
Figura N° 22: Proporciones de elementos estructurales de MDL respecto a su presupuesto total	98
Figura N° 23: Proporciones de elementos estructurales de Albañilería confinada respecto a su presupuesto total.....	98

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal estudiar y comparar los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada en una edificación de 5 pisos ubicado en el distrito de Los Olivos. Con ello se logró analizar el desempeño estructural de ambos sistemas, cumpliendo con los parámetros especificados en la norma E.030 para el Diseño sismorresistente.

Para realizar el modelamiento y evaluación de la estructura se empleó el software ETABS v.19.0.0, donde se obtuvieron los valores de los desplazamientos laterales máximos, distorsiones, fuerza cortante en la base y resistencia a cortante en sus elementos estructurales. Igualmente, se determinó los costos de ejecución a nivel de estructura para cada sistema.

Los principales resultados alcanzados fueron que el sistema Muros de ductilidad limitada presentó menores derivas, fuerza cortante basal y desplazamientos máximos que el sistema Albañilería confinada. Por otra parte, la resistencia a cortante de los muros de ductilidad limitada fue mayor que los muros de albañilería confinada. Asimismo, el sistema Muros de ductilidad limitada generó un 24% mayor costo de ejecución que el sistema Albañilería confinada en la edificación de 5 pisos.

Finalmente, se demostró que el sistema Muros de ductilidad limitada desarrolló mayor estabilidad estructural ante movimientos de un sismo severo en una edificación multifamiliar de 5 pisos debido a su alta resistencia a esfuerzos de corte que aportan los muros portantes, generando, además, menores desplazamientos laterales en su estructura.

Palabras claves: Diseño sismorresistente, distorsiones, fuerza cortante basal, costo de ejecución, desplazamientos máximos, edificación.

ABSTRACT

The main objective of this research project was to study and compare two structural systems: Limited Ductility Walls and Confined Masonry in a 5-story building located in the district of Los Olivos. With this, it was possible to analyze the structural performance of both systems, complying with the parameters specified in the E.030 standard for earthquake resistant design.

The ETABS v.19.0.0 software was used to carry out the modeling and evaluation of the structure, where the values of the maximum lateral displacements, distortions, shear force in the base and shear resistance in its structural elements were obtained. Likewise, the execution costs were determined at the structure level for each system.

The main results achieved were that the Limited Ductility Walls system presented lower drifts, basal shear force and maximum displacements than the Confined Masonry system. On the other hand, the shear strength of the walls of limited ductility was greater than the confined masonry walls. Likewise, the Limited Ductility Walls system generated a 24% higher execution cost than the Confined Masonry system in the 5-story building.

Finally, it was shown that the Limited Ductility Walls system developed greater structural stability against movements of a severe earthquake in a 5-story multi-family building due to its high resistance to shear stresses provided by the bearing walls, also generating lower lateral displacements in its structure.

Keywords: Earthquake-resistant design, distortions, basal shear force, execution cost, maximum displacements, building.

INTRODUCCIÓN

El distrito de Los Olivos al pasar los años presenta un incremento en la población, esto conlleva a la necesidad de construir la casa propia. Actualmente, el sistema estructural más utilizado es la Albañilería confinada, la cual son consideradas como edificaciones de mediana altura, que hace uso de muros portantes confinados con vigas soleras y columnas de amare.

La presente tesis estudia dos tipos de sistemas estructurales mediante el uso del software ETABS v.19.0.0, analizando las ventajas que existen en usar Muros de ductilidad limitada sobre Albañilería confinada; enfocándonos en identificar las fuerzas cortantes basal, distorsiones, resistencia a cortante, desplazamientos máximos y comparar sus costos.

En esta investigación se tomará una edificación multifamiliar de 5 pisos con un área de 160 m², que tiene como objetivo el estudio comparativo de dos sistemas estructurales, mediante una propuesta arquitectónica.

En el Capítulo I partimos describiendo los puntos relacionados al tema, formulando el problema, objetivo general y específicos, delimitación, justificación e importancia.

En el Capítulo II describiremos el marco teórico donde se redacta los antecedentes nacionales e internacionales, con el fin de sustentar las bases teóricas de los dos sistemas estructurales a estudiar y los términos básicos como conceptos principales de la investigación.

En el Capítulo III de acuerdo a la investigación describimos la hipótesis principal y secundarias, identificamos las variables independientes y dependientes, y la operacionalización de las variables.

En el Capítulo IV se realiza el marco metodológico, en la cual se define el tipo, nivel y diseño que se emplea en la investigación, la población y muestra que forma parte de la investigación, técnicas e instrumentos que se requiere para la recolección de datos y, por último, las técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el Capítulo V se presenta una investigación con el sistema de albañilería confinada, tomando como bases las normas E.020 (cargas), E.030 (diseño sismorresistente), E.060 (concreto armado) y E.070 (albañilería) para el análisis de nuestra investigación; se empleó el Software ETABS para analizar los esfuerzos axiales máximo, densidad mínima de muros, metrados de cargas, análisis sísmico estático y dinámico modal espectral, culminando con los costos de ejecución.

En el Capítulo VI se realiza el modelamiento del sistema de Muros de ductilidad limitada haciendo uso del software ETABS, donde se desarrolla metrados de cargas, análisis

sísmico estático y dinámico modal espectral, terminando con los costos de ejecución; haciendo uso de las normas vigentes E.020 (cargas), E.030 (diseño sismorresistente) y E.060 (concreto armado).

En el Capítulo VII se presenta los resultados de la investigación haciendo mención de los cuatro objetivos específicos planteados mediante cuadros y figuras, además de la contrastación de hipótesis.

Finalmente, se plantearon las conclusiones y recomendaciones de acuerdo al estudio comparativo realizado.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos:

Desde años atrás se viene construyendo en el país edificaciones con el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada; siendo, actualmente, el sistema de Albañilería confinada el de mayor demanda. Ante ello, se debe tomar en cuenta el peligro que pueden presentar estas estructuras ante la presencia de un sismo severo, ya que la ciudad de Lima es propensa a recibir sismos de alta magnitud.

Históricamente, han existido sismos de gran magnitud en la capital. Dentro de los más destacados se encuentran el de los años 1650, 1821, 1966 y 1993 (INDECI, 2006); esto, como consecuencia, conllevó a presentarse estructuras dañadas, llegando a perderse miles de vida debido a la desestabilización y colapso de los edificios.

En base a esto se debe analizar los efectos producidos en las estructuras por los grandes sismos y tomar como aprendizaje qué elementos estructurales se debe reforzar en una edificación para que sea menos vulnerable a presentar fisuras o grietas de gran envergadura.

Otro factor a tomar en cuenta es la construcción informal; en el Perú existe un 80% de informalidad en este rubro, en el cual la mitad de ellos se encuentran muy vulnerables ante la presencia de un sismo de alta intensidad (CAPECO, 2018). Este tipo de construcción genera edificaciones con mala distribución e incorrecto uso de cantidad de acero en columnas y vigas, cimientos deficientes, no uso de las normas y reglamentos establecidos para la construcción. Esto se debe a la falta de personal calificado para el diseño, construcción y supervisión de una edificación. Tras realizar estas malas prácticas, ocasionamos también inestabilidad en la edificación hasta el punto de llegar a colapsar.

En este caso, nos enfocaremos en una edificación de 5 pisos ubicado en el distrito de Los Olivos donde presenta afloramientos rocosos, estratos de grava-aluvial (CISMID, 2011). Realizaremos una comparación entre ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada con el fin de determinar la alternativa constructiva más óptima y segura ante un sismo severo para un modelo de una edificación de 5 pisos.

Para ello, haremos uso del software ETABS v.19.0.0 empleando la norma E.020 para las cargas en la estructura; la norma E.030 para el diseño sismo-resistente de ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada; la norma E.060 para concreto armado en el sistema de Muros de ductilidad limitada; y la norma E.070 para albañilería en el sistema de Albañilería confinada.

1.1.1 Problema general

¿Cómo realizar el estudio comparativo entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en una edificación de 5 pisos, distrito Los Olivos?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Qué principales ventajas existe al aplicar el sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el sistema de Albañilería confinada?
- ¿Qué sistema estructural: Muros de ductilidad limitada o Albañilería confinada desarrolla mayor fuerza cortante basal?
- ¿Cuáles de los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada o Albañilería confinada presenta menores distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos máximos?
- ¿Cuál es la diferencia de costos de ejecución entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada?

1.2 Objetivo de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar el estudio comparativo entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada en una edificación de 5 pisos, distrito Los Olivos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar las principales ventajas de la aplicación del sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el sistema de Albañilería confinada.
- Identificar el sistema estructural: Muros de ductilidad limitada o Albañilería confinada con mayor fuerza cortante en la base.
- Determinar las menores distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos máximos entre los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.

- Comparar la diferencia de costos de ejecución entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Temporal

El análisis se desarrolla en los meses comprendidos entre mayo y noviembre del año 2021. El modelamiento en el programa ETABS v.19.0.0, se desarrolla en los meses de junio, julio y agosto (03 meses).

1.3.2 Espacial

El presente estudio se encuentra ubicado Jirón Ricardo O'Donava 172 distrito de Los Olivos, provincia de Lima, departamento de Lima. Coordenadas del jirón: -11.960691, -77.071725.

La figura N° 1 indica la localización correspondiente de la edificación de estudio.

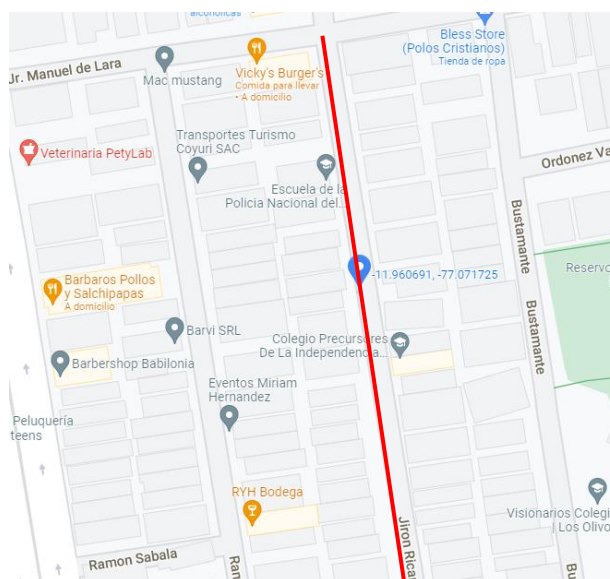


Figura N° 1: Ubicación de calle del edificio de 5 niveles

Fuente: Google Maps

1.3.3 Temática

La realización del presente estudio se encuentra desarrollado en la rama de estructuras, este servirá para comparar dos sistemas estructurales, la cual al presentarse un sismo severo se identificará las ventajas, fallas, distorsiones, desplazamientos y resistencia al corte generados mediante los

softwares correspondientes, además haciendo uso de las Normas Técnicas de Edificación.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la comparación de dos sistemas estructurales mediante el análisis de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta, para ser incorporado en el conocimiento de técnicos y profesionales en la construcción.

1.4.2 Justificación práctica

Esta investigación se realiza por que existe la necesidad de optar por otra alternativa como modelo de construcción, siendo el caso del sistema de muros de ductilidad limitada en edificaciones de 5 niveles, que, ante un evento sísmico, se comporta mejor debido a su alta densidad de muros. El principal aporte de la presente investigación es contar con diseños seguros ante un sismo severo.

1.4.3 Justificación social

La implementación de estos sistemas estructurales en nuevas construcciones seguras, ayudarán a mejorar la calidad de vida, tiempo y costo. La cual podemos escoger entre dos sistemas estructurales, con el fin de mejorar las futuras construcciones de viviendas multifamiliares de 5 niveles.

1.4.4 Justificación económica

Este trabajo de investigación cuenta con dos sistemas estructurales, los cuales serán evaluados mediante una comparación de presupuestos. De este modo se demostrará los costos para cada sistema estructural y escoger cual es más accesible al presupuesto de cada uno.

1.4.5 Importancia

En la actualidad, Los Olivos es considerado un distrito con gran crecimiento en el sector construcción, debido a su gran demanda por familias en alcanzar el sueño de la casa propia. De acuerdo a su zonificación las viviendas multifamiliares son proyectos de edificaciones de mediana altura y/o 5 niveles, es por ello que el presente proyecto de tesis muestra una investigación comparativa de dos sistemas estructurales de Albañilería confinada y Muros de ductilidad limitada, mediante la comparación de parámetros estructurales y costos con el propósito de beneficiar a los profesionales, técnicos y/o empresas del rubro de la construcción al momento de seleccionar uno de los dos sistemas estructurales ya mencionadas para futuras construcciones en el distrito de Los Olivos.

1.4.6 Limitaciones

En el presente proyecto de investigación, debido a los acontecimientos mundiales del COVID 19, no se pudo realizar los estudios de mecánica de suelos respectivos para obtener datos como la capacidad portante, coeficiente balasto, tipo de suelo, etc. Además, se contó solo con planos de estructuras y arquitectura de la edificación, mas no, planos de cimentación, dándonos así otra limitación para realizar el estudio a nivel de sub-estructura.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Valencia (2020) desarrolló un trabajo de titulación llamado: “Edificios de baja altura con sistemas estructurales de ductilidad limitada, tipo paredes portantes ante acciones sísmicas altas” en la Universidad Técnica de Machala, país de Ecuador. El objetivo fue diseñar los elementos estructurales de una edificación de baja altura con el sistema de muros de ductilidad limitada tipo paredes portantes bajo los requisitos mínimos de la norma ecuatoriana y el ACI ante la presencia de un sismo de alta intensidad. Después de realizar el diseño estructural en la edificación, se obtuvieron los siguientes resultados: muros con espesor de 0.10m, losa de entrepiso típico con espesor de 0.12m, armado con doble capa de malla con diámetro de 5mm a una distancia de 0.15m. Además, al realizar el análisis a flexo compresión se observó que las cargas actuantes de los muros diseñados se encontraban dentro del diagrama de interacción.

Se concluyó que debe existir adecuadas densidades de muros en dirección X-Y ya que estos evitan la presencia de fallas a flexión, corte o torsión ante la presencia sísmica.

La presente investigación sirve para poder inculcar la continua construcción de edificaciones con el sistema de muros de ductilidad limitada ya que estos presentan un óptimo desempeño estructural en zonas con actividad sísmica.

Chasi (2018) realizó un trabajo experimental titulado: “Análisis comparativo de un sistema aporticado y un sistema de muros de ductilidad limitada y su incidencia en el costo beneficio” en la Universidad Técnica de Ambato, país de Ecuador. El objetivo del presente trabajo fue describir cómo incide el sistema Aporticado y Muros de ductilidad limitada en el costo beneficio para mejorar los tiempos y costos de construcción.

Como resultado se determinó que el sistema Aporticado presentó un presupuesto de 55 518.54 soles y el sistema de Muros de ductilidad limitada de 37 950.80 soles.

También se presentó diferencia entre ambos sistemas estructurales respecto al tiempo de ejecución, siendo la equivalencia del Sistema Aporticado / Sistema de Muros de ductilidad limitada igual a $6 / 4$, es decir 1.5 meses.

Se concluyó que el sistema de Muros de ductilidad limitada otorga mejores beneficios con una diferencia porcentual de costos de 31.64% y una diferencia porcentual de tiempos de ejecución de 33.33% que el sistema Aporticado.

El presente trabajo experimental da a conocer ciertas fases constructivas, como la mampostería, que no se ejecutan en el sistema Muros de ductilidad limitada, pero, sí, en el sistema de Aporticado; los cuales influyen posteriormente en la diferencia de precios y tiempos de ejecución en la construcción.

Vizconde (2015) realizó una investigación llamada: “Estudio de la calidad en la construcción de viviendas con el sistema constructivo Muros de ductilidad limitada en la ciudad de Guayaquil y propuesta para su correcto funcionamiento” para optar el título de Master en Tecnología de la Investigación en la Universidad de Guayaquil, país de Ecuador. El objetivo de la presente tesis fue analizar las causas que afectan la calidad de la construcción de viviendas con el sistema Muros de ductilidad limitada y plantear alternativas de mejora en su proceso constructivo.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto fueron los siguientes:

Se presentaron problemas constructivos como fisuras, porosidad, segregaciones, agrietamientos, exudación, baja resistencia a compresión en el concreto; además de existir, discontinuidad durante el vaciado de concreto de la losa de cimentación, ubicación incorrecta de las varillas de anclaje, mallas electrosoldadas cortadas debido a su cruce con las tuberías de desagüe.

El autor concluye proponiendo el cumplimiento de las normas de diseño y construcción para proyectos con el sistema Muros de ductilidad limitada, también contar con profesionales que supervisen el trabajo realizado por la

mano de obra y desarrollar un plan de calidad donde se priorice la planificación y organización de obra.

El presente trabajo de investigación nos indica las patologías que pueden presentarse en el proceso constructivo del sistema Muros de ductilidad limitada si no se cuenta con un adecuado plan de gestión de calidad o no se ejecuta el proyecto de acuerdo a las especificaciones técnicas y normas de diseño correspondientes.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Santoyo (2015) realizó una tesis titulada: “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y albañilería confinada de una vivienda en la ciudad de Lircay” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Huancavelica. En la tesis se evaluó cuál de los sistemas estructurales en estudio presenta un mejor comportamiento estructural ante la amenaza sísmica; analizándose, además, los costos y tiempos de ejecución de ambos sistemas durante la construcción de una vivienda multifamiliar.

Tras realizar dicho análisis se obtuvo como resultado a ambos sistemas estructurales cumpliendo con el diseño estructural y sismo resistente planteados en las normas técnicas. Por otra parte, el sistema de Muros de ductilidad limitada obtuvo mayores ventajas que el sistema de Albañilería confinada con respecto al costo, tiempo de ejecución e impacto socioeconómico.

El autor señaló que se debe garantizar una resistencia total a cortante en dirección X – Y del edificio ante una amenaza sísmica optimizando la densidad de los muros en ambos ejes.

La presente tesis nos proporciona información valiosa referente al diseño estructural del sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada en una vivienda cumpliendo con las normas técnicas establecidas ante un sismo.

Huamán (2018) realizó una tesis titulada: “Análisis estructural de los sistemas de Albañilería confinada y Muros de ductilidad limitada en la

construcción de un condominio” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Los Andes. El objetivo fue determinar la influencia del análisis estructural de ambos sistemas: Albañilería confinada y Muros de ductilidad limitada en la construcción de un condominio.

Los resultados de la investigación indicaron que ambos sistemas estructurales presentaron distorsiones menores a 0.005, siendo el sistema de Muros de ductilidad limitada el que presentó menores distorsiones; además, el sistema de Muros de ductilidad limitada presentó 1.13% menos costo que el sistema de Albañilería confinada.

Se concluyó que tanto el sistema de Albañilería confinada como el de Muros de ductilidad limitada, durante su diseño estructural, cumplen con las distorsiones máximas de entrepiso establecidas por la norma E.030; influyendo positivamente, ambos sistemas estructurales en la construcción de la edificación.

La presente investigación nos permite conocer las diferencias y semejanzas entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, siendo éste de gran aporte como previo conocimiento al comportamiento estructural que presentan ambos sistemas estructurales durante la construcción de un condominio.

Quiroz (2018) desarrolló una tesis titulada: “Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte. Tuvo como objetivo comparar cómo se comporta estructuralmente una vivienda multifamiliar ubicada en la ciudad de Cajamarca usando los sistemas de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.

Se contemplaron los siguientes resultados:

En el sistema de Muros de ductilidad limitada se obtuvo deformaciones equivalentes a 0.0016, mientras que en el sistema de Albañilería confinada fue de 0.0035. Respecto a los desplazamientos laterales máximos de

entrepiso, en el sistema de Muros de ductilidad limitada se obtuvieron valores en d_{xx} de 0.02cm y en d_{yy} de 0.04cm; en cambio, en el sistema de Albañilería confinada en d_{xx} el valor fue de 0.185cm y en d_{yy} de 0.35cm. El autor concluyó que el sistema de Muros de ductilidad limitada, al presentar menores deformaciones, éste tendrá un comportamiento más rígido durante un sismo; por otra parte, el sistema de Albañilería confinada, al presentar mayores deformaciones, tenderá a presentar un comportamiento más dúctil durante un sismo. Asimismo, concluyó que el sistema de Muros de ductilidad limitada presenta mayor rigidez que el sistema de Albañilería confinada.

La presente tesis nos muestra como el sistema de Muros ductilidad limitada presenta un comportamiento estructural más resistente que el sistema de Albañilería confinada durante un sismo en una vivienda multifamiliar en la ciudad de Cajamarca, siendo esta información de gran aporte para los ingenieros que desarrollen futuros proyectos.

Cayatopa (2019) presentó una tesis titulada: “Análisis económico comparativo entre sistemas con Albañilería confinada y armada en un edificio residencial - Chiclayo” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo. El objetivo fue desarrollar una comparación económica entre el sistema de Albañilería confinada y armada en un edificio residencial en Chiclayo.

Los resultados obtenidos en la investigación nos indicaron que el sistema de Albañilería confinada tuvo un costo directo de 259 084.72 soles y el sistema de Albañilería armada un costo directo de 249 932.19 soles.

De esta manera, el autor concluyó que el sistema de Albañilería armada presenta un 4% menos costo que el sistema de Albañilería confinada; siendo, por ende, el sistema de Albañilería armada la alternativa económica más óptima para un edificio residencial de hasta 4 niveles en la ciudad de Chiclayo.

Con la presente investigación podemos conocer los costos unitarios de los materiales que fueron empleados en el sistema de Albañilería confinada y

armada, identificando de esta manera, el material más costoso en la construcción de una edificación de hasta 4 niveles.

2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio

2.2.1 Sistema de Albañilería confinada

Según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería (2016), nos indica que se aplica para sistemas de albañilería armada o confinada.

El método racional, se emplea en los diseños establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc. Son puntos que se debe de tener en cuenta al determinar los esfuerzos.

Para los cálculos de la fuerza sísmica se debe usar la norma E.030, la cual podemos calificarlo como regular o irregular. Con la norma E.060 se puede diseñar elementos de concreto armado y de concreto ciclópeo, de esta forma se evita las fallas por cortante, punzonamiento o flexión.

a. Componentes de albañilería

- Unidad de albañilería

Según San Bartolomé, Quiun, y Silva (2018) se puede clasificar en dos unidades:

Ladrillos, pueden ser manipulados y asentados con una mano, estos son utilizados para albañilería confinada; y los bloques se debe utilizar ambas manos para su manipulación, estos se utilizan en edificaciones de albañilería armada.

Los materiales que se emplean son de arcilla (cerámicas), sílice-cal (sílico-calcáreas) y de concreto, por su fabricación puede ser artesanales o industriales.

Para su clasificación con fines estructurales, se debe tomar en cuenta los casos más desfavorables de los ensayos de la tabla N° 1, el cual describe según el tipo de ladrillo a utilizar.

Tabla N° 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f ^b 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	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

Fuente: Extraído y adaptado de la Norma E.070

Según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería (2016) las unidades solidas son las que ocupan un área hueca no mayor al 30% del área total, cuando excede el porcentaje se denominaran unidades huecas.

La comparación entre un ladrillo hueco y ladrillo sólido se observa en la siguiente figura N° 2.



Figura N° 2: Ladrillo hueco y ladrillo sólido.

Fuente: Norma E070

De acuerdo a sus limitaciones en el uso de los ladrillos se puede clasificar de acuerdo a su tipo y la zona sísmica en la que se encuentra, tal como se aprecia en la tabla N° 2:

Tabla N° 2: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: Extraído y adaptado de la Norma E.070

- Mortero

Los morteros se pueden clasificar en artesanales, son los que se preparan en obra mediante el uso de herramientas manuales hasta obtener una mezcla trabajable. Morteros industriales, estos pueden estar embolsados o premezclado.

Según San Bartolomé (1994) el mortero en la albañilería está compuesto por cemento tipo I, cal, arena gruesa y agua. Las funciones principales del mortero es lograr una adherencia en las unidades de albañilería, así como evitar el ingreso del aire y la humedad por las juntas.

- Concreto fluido (grout)

Este material es usado para rellenar los alveolos de los muros de la albañilería armada, funciona como una sola unidad estructural.

Según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería (2016) el concreto fluido se clasifica en grout fino, que es usado cuando las

dimensiones de los alveolos son menores a 60 mm y grout grueso se utiliza cuando los alveolos son igual o mayor a 60 mm. En ambos casos la resistencia mínima que debe cumplir es de $f'c = 13,72\text{MPa}$ (140kg/cm^2).

- Acero de refuerzo

El uso del acero en los elementos de albañilería es para resistir los esfuerzos a tracción. En la albañilería confinada se coloca en vigas y columnas y en la albañilería armada las barras se distribuyen por los alvéolos de los bloques. Según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería (2016) se puede utilizar barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas.

- Concreto

El concreto debe de tener una resistencia mínima de $f'c = 175\text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad, ya que se encuentra en el área de confinamiento que bordea el muro. Las columnas concreto la cual se encuentran confinadas con los muros, están expuestas a fallas como compresión, tracción, corte y cizalle.

- a. Tipos de fallas

Según Abanto (2017) las fallas pueden clasificarse en tres tipos:

- Falla por corte

Cuando el muro confinado se encuentra sometido a fuerzas horizontales. Comienzan a desprenderse en dos de sus esquinas, estas se denominan carga diagonal concentrada. En este caso solo sufrirán deformaciones horizontales.

Debido a las deformaciones horizontales ocurre la falla por compresión, que es generado por la baja resistencia de los materiales debido a la compresión en los muros confinados, rígidos y esbeltos; y la falla por grieta diagonal.

La grieta de tracción y de deslizamiento, estos dos tipos son parte de la grieta diagonal, la cual en la primera sucede cuando las juntas

son buenas; mientras que, en la otra, sucede cuando las juntas son bajas.

- Falla por flexión

Existen dos tipos:

Falla por flexión en el plano del muro, debido a que la resistencia a la tracción es mínima en la albañilería, se originan momentos flexionantes, debido a los muros que no cuentan con elementos de concreto armado.

Falla por flexión perpendicular al plano del muro, debido a que la albañilería no resiste tracciones, se originan fallas en la parte superior del muro por el arriostamiento y por la poca inercia del muro.

- Falla por asentamiento diferencial de la cimentación

Es una falla vertical en el muro debido a las vibraciones que ocasionan los sismos. El reacomodo de las partículas del suelo, es originado por la baja capacidad portante y un mal diseño cimentación.

b. Estructuración

- Diafragma rígido

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) Las losas de piso, techo y cimentación forman parte del muro portante. Debemos de tener ciertos criterios en consideración al estructurar con diagrama rígido.

- No se deforma axialmente ni se flexiona ante cargas.
- Para llamarse diafragma rígido se debe considerarse la relación entre los lados que no exceda de 4.
- Si la losa excede de 4, entonces se debe colocar juntas verticales, dividiendo en bloques al edificio.
- Al integrarse a la solera, el diafragma rígido impide la deformación por flexión.

- Se debe considerar plantas simples y regulares. Ya que las plantas irregulares como las de forma en T, L, H, etc. tienen un mal comportamiento sísmico.

- Muro portante

- Espesor efectivo “t”

$$t \geq \frac{h}{25} \text{ para zonas sísmicas 1}$$

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ para zonas sísmicas 2 y 3}$$

Donde “h” es la distancia libre entre los elementos de refuerzos horizontales.

- Esfuerzo axial máximo (σ_m)

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L t} \leq 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Donde:

P_m : carga de gravedad máxima de servicio (P_m).

L : longitud total del muro.

f'_m : resistencia del muro a compresión axial.

En caso que se necesite reducir la carga axial, se puede utilizar losa maciza o aligerada en dos direcciones.

- Aplastamiento:

El esfuerzo axial de servicio no deberá sobrepasar a $0.375 f'_m$.

- Densidad mínima de muros:

$$\frac{\sum Lt}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde:

A_p : Área del piso.

Z : Factor de zona de sismo.

U : Factor de importancia.

S: Factor de suelo.

N: Cantidad de pisos de la edificación.

- Arriostres

Consideraciones básicas para determinar el arriostramiento:

- Un adecuado arriostramiento de los muros, ya sea por amarre o anclaje, proporciona una transferencia adecuada de los esfuerzos.
- En los muros arriostrados, contar con la resistencia y estabilidad adecuada.
- Cuando se emplea los techos como medida de estabilidad, debe considerarse que las fuerzas sean transferidas al suelo.

2.2.2 Sistema de Muros de ductilidad limitada

a. Definición

Huillca (2011) define a los muros de ductilidad limitada como muros portantes de concreto armado que incluyen malla electrosoldada y barras de acero corrugado en sus extremos, capaces de resistir cargas laterales como las de viento o sismo y cargas de gravedad.

El sistema estructural de Muros de ductilidad limitada se caracteriza por tener una alta resistencia; debido a su gran cantidad de áreas de muros estructurales.

b. Características

Según Granados y López (2012), el sistema de Muros de ductilidad limitada presenta las siguientes características:

- Aportan rigidez a la estructura.
- Su construcción es viable desde el punto de vista económico.
- No requieren de pórticos debido a que los muros absorben significativamente la fuerza cortante del sismo.
- Presenta luces reducidas.
- Su proceso constructivo es más rápido comparado con las edificaciones tradicionales de concreto armado.

- Presenta muros de concreto armado de poco espesor, siendo los más comunes entre 0.10m y 0.12m.
- Se emplean losas macizas de poco espesor conectadas con los muros, debido a sus cortas luces.

c. Conjunto estructural

Merodio y Vásquez (2018) indican que el sistema de Muros de ductilidad limitada está compuesto por los siguientes elementos estructurales:

Muros de concreto armado, losas macizas y cimentación.

La siguiente figura N°3 muestra un ejemplo de una edificación con el sistema Muros de ductilidad limitada.



Figura N° 3: Edificio con Muros de ductilidad limitada

Fuente: Normas para el diseño de edificaciones de ductilidad limitada en el Perú (Muñoz, 2004)

Según Egoabil (2019) dichos elementos del conjunto estructural se caracterizan por lo siguiente:

- Muros de concreto armado: Resisten las fuerzas cortantes producidas por el movimiento sísmico; por ello, es muy importante corroborar la densidad de muros.
- Losas macizas: Se dividen en 2: Losas bidireccionales, las cuales transmiten las cargas, tales como de gravedad o sismo, en 2 direcciones y se utiliza cuando existe una relación larga/ancho

menor a 2. Por otra parte, las losas unidireccionales se desarrollan cuando existe una relación larga/ancho mayor a 1.

- Cimentación: Transmite las cargas de los muros estructurales hacia el suelo, siendo las más empleadas plateas de cimentación o cimiento corrido. Se debe verificar que la capacidad portante del terreno sea menor que su capacidad de máxima presión a aplicarse.

c. Proceso constructivo

Vizconde (2015) señala que se debe considerar las siguientes fases constructivas en el sistema de Muros de ductilidad limitada:

- Fase de Movimiento de Tierras: Se empieza a preparar el terreno con el uso de maquinarias pesadas. Se realiza el trazo y replanteo para la edificación, según se indique en los planos del expediente técnico. Se da inicio, también, a la excavación de la cisterna.
- Fase de Cisterna: Se coloca un contrapiso de espesor variable, luego se procede con el encofrado y finalmente se vierte la mezcla de concreto.
- Fase de Losa de Cimentación: Se excava el terreno de la cimentación y se instalan las tuberías de desagüe. Se comienza con el encofrado, luego con la colocación del acero de refuerzo de la losa de cimentación y posteriormente con el vaciado de concreto evitándose las juntas de dilatación. Durante el vaciado, verificar la visibilidad de las tuberías de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y varillas de acero de refuerzo que traslapan con los demás pisos.
- Fase de encofrado de Muros de Concreto Armado: Se traza y replantea los ejes de los muros estructurales. Se procede a la instalación de las mallas electrosoldadas; posteriormente, se ubican las tuberías de instalaciones eléctricas. Luego se instalan los paneles para el encofrado del muro.
- Fase de encofrado de Losa de entrepiso: Se empieza a encofrar la losa; a continuación, se instalan las mallas electrosoldadas y también las tuberías para cables eléctricos.

- Fase de vaciado de concreto en Muro y Losa de entrepiso: Se comienza a vaciar la mezcla de concreto de los muros; luego, se procede con el vaciado de la losa de entrepiso. Se debe evitar que el vaciado de concreto del muro no afecte posteriormente al vaciado de la losa, ya que se mezclaría el concreto endurecido con el concreto fresco.
- Fase de curado: Se debe dar inicio al proceso de curado después de vaciar el concreto; de esta manera, el concreto alcanzará su máxima resistencia.
- Fase de desencofrado: Es el proceso en el cual se retiran los paneles o maderas de encofrado de la estructura. Se debe considerar los tiempos de desencofrado de losa y muros.

d. Fallas estructurales

Según San Bartolomé, Quiun y Silva (2011) existen 3 principales fallas que se presentan en los muros de concreto armado ante la presencia de un sismo severo:

- Falla por corte: Se produce cuando el esfuerzo cortante es inferior al esfuerzo de flexión. Las grietas que se presentan en el muro son diagonales. Se presenta pandeo y expulsión del concreto después de que el acero de refuerzo vertical trabaje en compresión o tracción debido a la falta de confinamiento en sus extremos.
- Falla por flexión: Se produce cuando el esfuerzo cortante supera al esfuerzo de flexión. Existe un balanceo en el muro tras producirse la falla y además, al igual que en falla por corte, se genera el pandeo y expulsión del concreto por la falta de confinamiento tras someterse a las cargas verticales.
- Falla por deslizamiento: Se deriva de las grietas formadas de las fallas por flexión en ambos lados del muro. Son generadas en las juntas del muro estructural. Una vez producida la falla, la losa de entrepiso tiende a triturar el borde donde se ubica el plano de falla, reduciendo así, su sección transversal.

Dichas fallas son ilustradas en la figura N° 4 con una simulación de las fuerzas sísmicas actuantes.

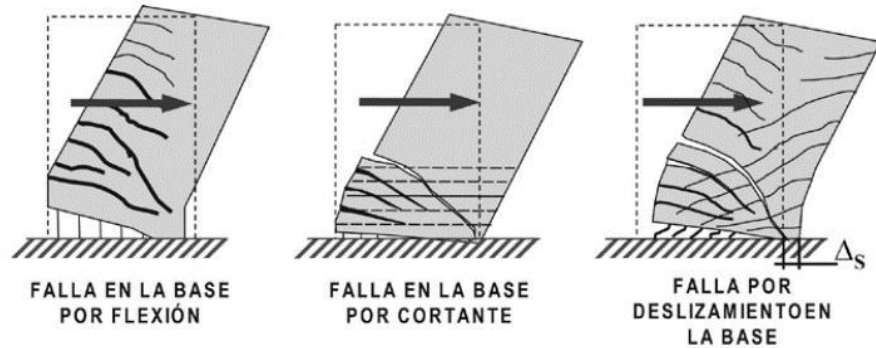


Figura N° 4: Fallas estructurales típicas en muros de concreto armado
Fuente. Muros de corte de concreto armado - Shear Wall (Chero, 2017)

2.2.3 Resistencia a cortante

Según Córdova (2015), las fallas por corte que se presentan en elementos estructurales de concreto pueden ser llamadas también como fallas por tensión diagonal ya que, al momento de analizar y diseñar la estructura por corte, dichas tensiones se producen por efecto de la combinación de esfuerzos cortantes y de flexión.

La norma E.060 Concreto Armado (2020) nos indica que las secciones transversales de los elementos de concreto sometidas a fuerzas cortantes deben diseñarse de la siguiente manera:

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde:

V_n = Resistencia nominal a cortante

V_u = Fuerza cortante de diseño

ϕ = Factor de reducción de la resistencia

El valor de la resistencia nominal a cortante “ V_n ” se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde:

V_c = Resistencia nominal a cortante del concreto.

V_s = Resistencia nominal a cortante del refuerzo.

Asimismo, se puede hacer uso de la siguiente fórmula:

$$V_n \leq 2.6 * \sqrt{f'c} * A_{c_w}$$

Donde:

$f'c$ = resistencia a la compresión del concreto.

A_{c_w} = Área de la sección del concreto.

El cálculo de la fuerza cortante de diseño " V_u " y resistencia nominal a cortante de concreto " V_c " se realiza empleando las siguientes fórmulas, respectivamente:

$$V_u \leq V_{ua} * \frac{M_n}{M_{ua}}$$

Donde:

V_{ua} = Fuerza cortante amplificada del análisis estructural.

M_n = Momento nominal resistente.

M_{ua} = Momento amplificado del análisis estructural.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b_w * e$$

Donde:

b_w = ancho del alma de la sección transversal.

e = espesor de la sección transversal.

2.2.4 Análisis estático

Según Rivera (2018), dicho análisis se encarga de sustituir la carga sísmica en la estructura por fuerzas estáticas laterales equivalentes. El análisis sísmico estático se desarrolla en función de parámetros sísmicos y peso de estructura, tal como se muestra en la siguiente ecuación (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020):

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

Donde:

V= Fuerza cortante en la base.

Z= Factor de zona sísmica.

U= Factor de uso.

C= Factor de amplificación sísmica.

S= Factor de suelo.

R= Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

P= Peso de estructura.

Considerando lo siguiente para el coeficiente “R”:

$R = R_0 * I_a * I_p$, donde:

R_0 = Coeficiente básico de reducción.

I_a = Factor de irregularidad en altura.

I_p = Factor de irregularidad en planta.

Respecto al coeficiente “C”, se aplican las siguientes condiciones:

Si $T < T_P$, entonces $C = 2.5$

Si $T_P < T < T_L$, entonces $C = 2.5 * \frac{T_P}{T}$

Si $T > T_L$, entonces $C = 2.5 * \frac{T_P * T_L}{T^2}$

Los valores de periodo T_P y T_L dependen del tipo de suelo.

Para poder distribuir las fuerzas sísmicas laterales por piso se aplica las siguientes fórmulas (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020):

$$F_i = \alpha_i * V$$

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

Donde:

h_i = Altura entre piso “i” y nivel del terreno.

n= Cantidad de pisos.

k= exponente, depende del periodo fundamental de la estructura (T).

Si $T \leq 0.5\text{seg}$, entonces $k= 1$

Si $T > 0.5\text{seg}$, entonces $k= (0.75 + 0.5T) \leq 2$

Para calcular el periodo fundamental de vibración se considera lo siguiente (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020):

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

Donde:

h_n = Altura total de edificación.

C_T = Coeficiente de periodo fundamental de vibración.

Tomando en cuenta las siguientes condiciones:

$C_T = 35$; cuando existe únicamente sistema aporticado de concreto armado sin placas, o pórticos dúctiles de acero sin arriostrar resistente a momentos.

$C_T = 45$; cuando existe sistema aporticado de concreto armado con placas en escaleras y ascensores, o pórticos de acero con arriostramiento.

$C_T = 60$; cuando existe sistema de albañilería, o sistema de concreto armado ya sea dual, de muros de ductilidad limitada o muros portantes.

La figura N° 5 detalla un ejemplo de las fuerzas laterales equivalentes que actúan en una estructura de “n” niveles.

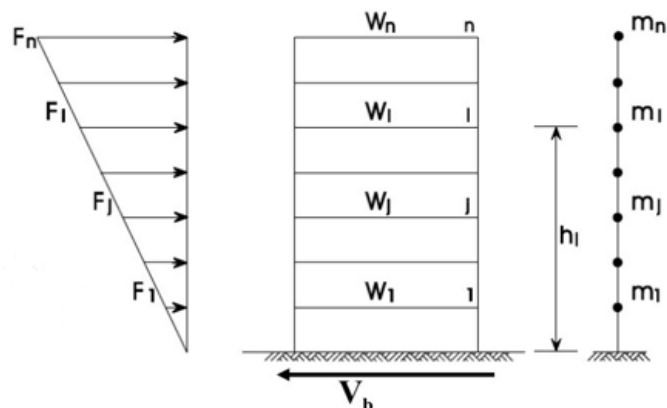


Figura N° 5: Método de las fuerzas laterales equivalentes

Fuente: Diseño sismorresistente de estructuras de acero (Herrera, 2007)

2.2.5 Análisis modal espectral

El análisis modal espectral nos permite conocer el comportamiento de la estructura a través de los diferentes modos de vibración durante un movimiento sísmico; con ello se puede determinar los desplazamientos y las aceleraciones de las diferentes masas de la estructura. Tomar en cuenta

que las aceleraciones sísmicas varían respecto al tiempo, por ende la edificación también desarrolla variaciones en su respuesta sísmica (Rodríguez, 2016).

A continuación, se plantea una fórmula para calcular la aceleración espectral en cada dirección horizontal empleando un espectro de diseño inelástico de pseudo aceleraciones (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020):

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

Donde:

S_a = Pseudo aceleración espectral

g = Aceleración de la gravedad

La figura N° 6 muestra espectros de respuesta de una estructura destacando 0%, 3% y 7% de amortiguamiento, para medir su reacción frente a los movimientos del suelo.

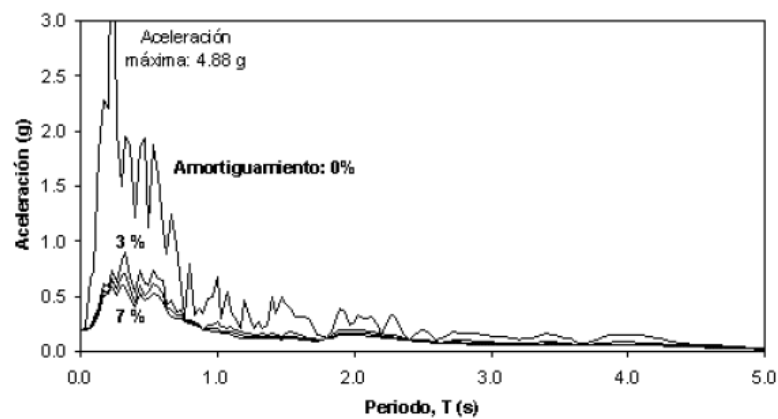


Figura N° 6: Espectro de aceleración para diferentes porcentajes de amortiguamiento

Fuente: Espectros de respuesta y de diseño (Crisafulli y Villafañe, 2002)

La figura N° 7 detalla 3 diferentes modos de vibración con frecuencias: 3.86 Hz., 10.8 Hz. y 15.62 Hz. respectivamente, en una estructura de 3 niveles para evaluar su comportamiento estructural.

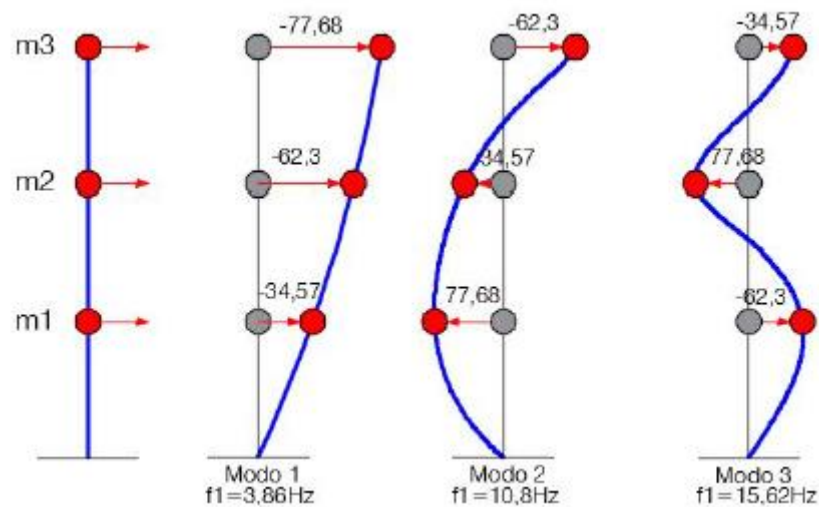


Figura N° 7: Modos de vibración de estructura plana de 3 grados de libertad
Fuente: Ensayo a escala de edificio de dos alturas sometido a desplazamientos horizontales (Lázaro, 2015)

2.2.6 Desplazamientos laterales

En una edificación ya sea irregular o regular, existirán desplazamientos laterales, los cuales serán calculados con los resultados obtenidos del análisis lineal elástico aplicando la siguiente fórmula (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020):

Para estructuras regulares:

$$D = \delta_{cal} * 0.75R$$

Para estructuras irregulares:

$$D = \delta_{cal} * 0.85R$$

Donde:

D = Desplazamiento lateral.

δ_{cal} = Desplazamiento calculado del análisis lineal elástico.

R = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

2.2.7 Distorsiones

Según la norma E.030 Diseño sismorresistente (2020), los desplazamientos laterales relativos máximos de entrepiso en una

edificación deben cumplir con los siguientes límites de distorsión, mostrados en la Tabla N° 3, según el tipo de sistema estructural:

Tabla N° 3: Límites de distorsión de entrepiso

Material Predominante	$\frac{\Delta_i}{h_{ei}}$
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificio de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Extraído y adaptado de la norma E.030 Diseño sismorresistente (2020)

2.2.8 Junta sísmica

Se refiere a la separación que se realiza en una edificación para dividirlo en unidades, evitando su colisión al generarse movimientos laterales por la presencia de un sismo. Anteriormente se realizaba en edificios irregulares en planta debido a su inestabilidad estructural durante un movimiento sísmico. Por ejemplo, considerando una edificación conformada por dos partes formando un ángulo recto (forma de “L”), ésta presentaría concentración de esfuerzos en la unión de ambas partes conllevando a la creación de fallas estructurales.

Para construir una junta sísmica se debe contemplar lo siguiente:

La cubierta debe cumplir ciertas especificaciones, tales como resistir el peso de las personas en tránsito, el fuego o la humedad en los ambientes (Suárez, 2020).

Además, debe considerarse la siguiente separación entre edificaciones (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020):

Para estructuras regulares:

$$\frac{2}{3} \delta_{cal \max} * 0.75R \leq S_{\min} \leq 0.006 * h$$

Para estructuras irregulares:

$$\frac{2}{3} \delta_{cal\ max} * 0.85R \leq S_{min} \leq 0.006 * h$$

Donde:

$\delta_{cal\ max}$ = Desplazamiento máximo calculado.

R = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

S_{min} = Separación mínima.

h = Altura desde el nivel del terreno hasta el nivel a evaluar en el edificio.

2.3 Definición de términos básicos

- Muros de ductilidad limitada: Son muros delgados de concreto armado resistentes a la fuerza cortante.
- Concreto armado: Es la combinación del concreto con acero de refuerzo con la finalidad de aumentar su resistencia a esfuerzos en una estructura.
- Mallas electrosoldadas: Se refiere al conjunto de alambres o barras lisas o corrugadas interceptadas perpendicularmente, las cuales se encuentran soldadas para conformar un solo elemento.
- Acero corrugado: Son barras de acero de construcción de diferentes diámetros, entre ellas las más usadas en la construcción son de 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 3/8", 1 1/2" y 2" con longitudes de 9 a 12 m. generalmente se utiliza con resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm²
- Grietas: Son fisuras anchas que se presentan en el concreto cuando las tensiones superan su capacidad resistente.
- Pandeo: Se refiere a la curva que se desarrolla en una columna o elemento estructural al aplicarle cargas de compresión.
- Juntas de dilatación: Son aberturas que se realizan al concreto para controlar las deformaciones debido a su contracción y efectos de la temperatura.
- Cangrejeras: Se hace referencia a la separación de los agregados por causa de la segregación.
- Muro portante: Son las paredes de una edificación, la cual cumple la función estructural de recibir las cargas de los otros elementos.
- Magnitud: Es la medida por la cual podemos identificar la energía sísmica liberada.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

El estudio comparativo se realizó confrontando el desempeño sísmico estático y modal espectral, y el presupuesto generado entre ambos sistemas estructurales con el fin de deducir que sistema estructural es más favorable para una edificación de 5 pisos ante un sismo severo.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- Las principales ventajas de usar el sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el de Albañilería confinada son las siguientes:
No cuenta con columnas y vigas, muestra mayor rigidez lateral en su estructura y presenta menores derivas durante un movimiento sísmico.
- La fuerza cortante basal del sistema de Albañilería confinada es mayor, superando en un 10% al del sistema de Muros de ductilidad limitada.
- El sistema de Albañilería confinada presenta menor resistencia a cortante que el sistema de Muros de ductilidad limitada, mientras que el sistema de Muros de ductilidad limitada presenta menores distorsiones y desplazamientos máximos que el sistema de Albañilería confinada.
- El sistema de Muros de ductilidad limitada muestra un 20% mayor costo de ejecución que el sistema de Albañilería confinada debido a que se utiliza más concreto y acero en su proceso constructivo.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

a. Variables Independientes

Según Villasís y Miranda (2016) las variables independientes son aquellas que permite al investigador predecir algún resultado ya sea positivo o negativo, tras realizarse un estudio comparativo entre ambos.

En la presente investigación se presentan las siguientes variables independientes:

- Muros de ductilidad limitada.
- Albañilería confinada.

b. Variable Dependiente

Según Villasís y Miranda (2016) la variable dependiente es considerada como la variable principal, que representa el resultado de lo que se está estudiando.

En la presente investigación la variable dependiente es:

- Edificio de 5 pisos, distrito Los Olivos.

3.2.2 Operacionalización de las variables

Según Silvestre (2020) la operacionalización de las variables es un proceso de desagregación de las variables que se han seleccionado para así poder explicar sus conceptos y cómo se pueden medir en la realidad.

En el anexo 1 muestra una tabla detallando la operacionalización de las variables presentadas en nuestra investigación, donde se detallan las variables, definiciones, indicadores, índices e instrumentos.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4.1 Tipo y nivel

Según Nicomedes (2018) la investigación de tipo aplicada se basa en resolver problemas que se presenten en la sociedad. Asimismo, Mendoza (2013) indica que la investigación de enfoque cuantitativa analiza y agrupa los datos numéricos en base a las variables que se han planteado.

La presente tesis fue una investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo ya que se cuantificó las variables del sistema Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.

Según Alvarado, Flores, Ramos y Llapa (2017) la investigación con nivel descriptiva-correlacional detalla o describe ciertos eventos o fenómenos con el fin de conocer sus comportamientos en diferentes casos y el grado de relación entre ellos.

La presente investigación fue de nivel descriptiva-correlacional, ya que se realizó un estudio comparativo entre 2 diferentes sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, los cuales serán modelados usando el software ETABS v.19.0.0.

4.2 Diseño de investigación

Según Vásquez (2018) en una investigación no experimental el investigador no interviene en el desarrollo de los variables de la investigación, e indica que en una investigación con diseño longitudinal se evalúan dichas variables a través del tiempo, considerando repetidamente diferentes muestras de una misma población.

La presente investigación correspondió a un tipo de investigación no experimental con un diseño longitudinal ya que se analizaron los sistemas estructurales Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada en una edificación de 5 pisos, en el transcurso de duración de un sismo severo.

4.3 Población y muestra

Según Díaz (2016) la población, también conocida como universo, se refiere a todos los elementos u objetos de interés definidos en la investigación. Por otra parte, la muestra se define como una parte o subgrupo de la población con sus mismas características.

Según Otzen y Manterola (2017) la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia se caracteriza por la facilidad de acceso y proximidad de la muestra para el investigador.

En la presente tesis, para la población de estudio fue considerada todas las edificaciones de 5 pisos construidas con el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada en el distrito Los Olivos. Mientras que, para la muestra se consideró la edificación multifamiliar de 5 pisos, con área total de 160 m² formado por 10 departamentos en total, con plantas típicas desde 1° hasta 5° piso distribuidos en 2 departamentos por piso, ubicada en Jirón Ricardo O'Donava 172 en el distrito Los Olivos.

Se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia ya que la muestra no fue calculada, y se determinó por su disponibilidad y accesibilidad.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

En la presente tesis se empleó la técnica de observación indirecta no participante ya que se recolectaron los datos de los planos de la vivienda multifamiliar de 5 pisos ubicada en el distrito Los Olivos; asimismo, se usaron las normas técnicas para el diseño y modelamiento de la edificación.

Los instrumentos empleados para la presente investigación fueron los siguientes:

- Normas Técnicas de Edificación: E.020 de cargas, E.030 de sismorresistente, E.060 de concreto armado y E.070 de albañilería confinada.
- Planos de estructuras y arquitectura.
- Softwares: ETABS v.19.0.0, AutoCAD, Excel y Revit Estructura.

4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos presentaron una alta validez y confiabilidad ya que se basaron en normas técnicas, planos de estructuras y arquitectura del proyecto vivienda multifamiliar de 5 pisos y softwares para el diseño y modelamiento de la estructura.

4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

Procedimiento 1:

- Se revisaron los planos de estructuras y arquitectura de la edificación en el software AutoCAD.
- Se llevó a cabo el modelamiento en el Software ETABS v.19.0.0, tomando en cuenta las especificaciones establecidas en la norma E.020 de cargas, E.030 de sismorresistente, E.060 de concreto armado y E.070 de albañilería confinada.

Procedimiento 2:

- Se realizó el análisis sísmico estático en ETABS v.19.0.0 para los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.
- Se utilizó hojas de Excel para indicar la mayor cortante basal obtenida del análisis estático en ambos sistemas estructurales.

Procedimiento 3:

- Se compararon estructuralmente los sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, tras realizar el análisis sísmico dinámico en ETABS v.19.0.0.
- Se recurrió a hojas de cálculo Excel para hallar las menores distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos máximos en ambos sistemas estructurales.

Procedimiento 4:

- Se empleó el Software Revit Estructura y Software ETABS para obtener los metrados del sistema estructural Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.
- Finalmente, se usó el Software Excel para generar el presupuesto de los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

- Se realizó un análisis de los cálculos generados en el Software ETABS v.19.0.0.

- Se plantearon los resultados de la investigación a través de cuadros y gráficos comparativos con el uso de hojas de trabajo en Software Excel.
- Se utilizaron los Softwares: Revit Estructura, ETABS y Excel para elaborar los costos de ejecución de ambos sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.
- Se recurrió al uso de papers actualizados para obtener información valiosa relacionada al presente proyecto de investigación.
- Se empleó una revista de costos actualizados para el sector de construcción con el fin de poder desarrollar los presupuestos para cada sistema estructural: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.
- Para poder conseguir libros, trabajos de investigación o tesis relacionados al tema del presente proyecto de investigación se aplicó la estrategia de buscar solo archivos PDF en internet con la finalidad de mejorar los resultados de dicha indagación.

En el anexo 2 se observa la matriz de consistencia donde se indica de manera resumida y esquematizada los elementos básicos considerados para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

CAPÍTULO V: SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

5.1 Predimensionamiento

5.1.1 Predimensionamiento de losas

a) Losa aligerada unidireccional

Según Abanto Castillo (2017) los espesores de las losas aligeradas dependerán de su luz libre, se debe considerar los criterios tomados de la tabla N° 4

Tabla N° 4: Espesor de aligerado

Luz libre (m); Ln	Espesor de aligerado (m): e	Altura de Ladrillo (m): H
$Ln \leq 4$	0.17	0.12
$4 < Ln \leq 5$	0.20	0.15
$5 < Ln \leq 6.5$	0.25	0.20
$6.5 < Ln \leq 7.5$	0.30	0.25

Fuente: Elaboración propia

También como otra alternativa al dimensionamiento, se puede utilizar la formula siguiente:

$$e = \frac{L_n}{25} = \frac{4}{25} = 0.16 \cong 0.20m$$

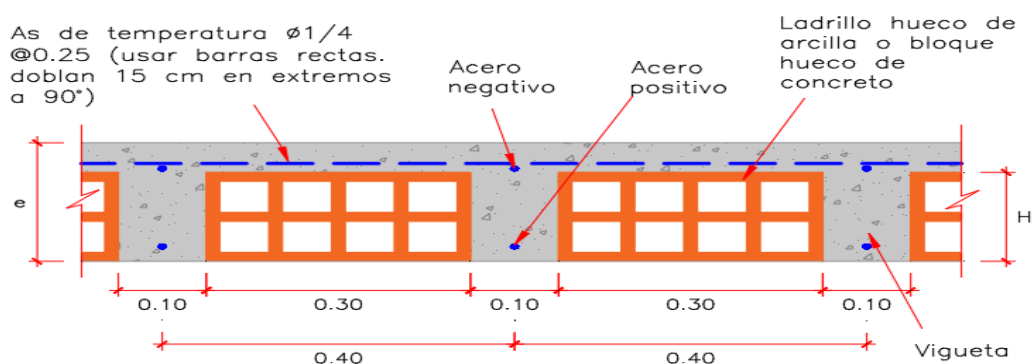


Figura N° 8: Detalle de la losa aligerada unidireccional

Fuente: Análisis y diseño de edificaciones de albañilería Abanto Castillo (2017)

Según la norma E.020 cargas, se consideró losa aligerada de 20 cm su espesor de losa superior es de 0.05m y su peso propio 300 kgf/m^2

Tabla N° 5: Losa armadas en una sola dirección de concreto armado

Espesor del aligerado (m)	Espesor de la losa superior en metros	Peso propio kPa (Kgf/m ²)
0.17	0.05	2.8 (280)
0.20	0.05	3.0 (300)
0.25	0.05	3.5 (350)
0.30	0.05	4.2 (420)

Fuente: Norma E020

b) Losa maciza unidireccional

Resulta conveniente utilizar losa maciza de una dirección en estructuras de albañilería confinada, ya que sus dimensiones generalmente son menores a 4m. Para su dimensionamiento, se puede hacer uso del espesor de losa aligerada unidireccional disminuyendo 5cm.

Se consideró una losa maciza de 20 cm, ya que contamos con sistemas de tuberías.

5.1.2 Predimensionamiento de vigas

En el caso del sistema de albañilería confinada, los muros portantes son los que resisten las cargas vertical y lateral.

El peralte mínimo de las vigas soleras será igual al espesor de la losa de techo

Según Abanto Castillo (2017) para dimensionar las vigas se debe considerar las siguientes formulas.

$$h = \left(\frac{1}{12} \text{ a } \frac{1}{10} \right) \times L_n$$

$$b = \left(\frac{1}{3} \text{ a } \frac{1}{2} \right) \times h$$

Donde:

h: Peralte de la viga, incluye el espesor de la losa

L_n: longitud de la viga

b: base de la viga

En la figura N° 9, se muestra las distribuciones en AutoCAD de los muros y vigas predimensionados.

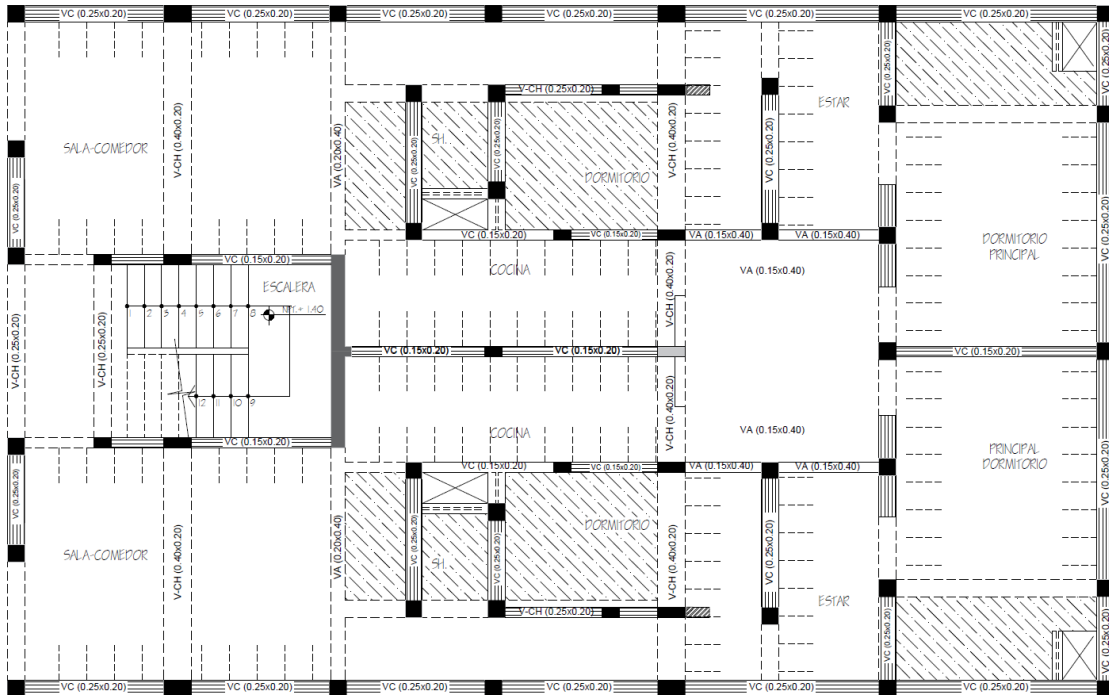


Figura N° 9: Distribución de vigas en planta

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Predimensionamiento de columnas

El espesor de las columnas de confinamiento será igual al espesor del muro, para ello el peralte mínimo es de 15 cm y el área mínima de las columnas es de $15xt \text{ cm}^2$

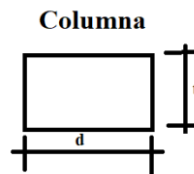


Figura N° 10: Dimensiones de columnas

Fuente: Elaboración propia

$$d = 15 \text{ cm (mínimo)}$$

$$Ac = 15xt$$

- Columnas centradas:

$$A_c = \frac{P}{0.45 \times f'_c}$$

- Columnas excéntricas y esquinadas

$$A_c = \frac{P}{0.35 \times f'_c}$$

Donde:

P: carga de servicio (N° de pisos x área tributaria x carga unitaria)

f'c: resistencia del concreto

A_c: Área de la columna

5.1.4 Predimensionamiento de muros de albañilería confinada

Según la norma E.070, para muros portantes se debe considerar lo siguiente:

- Continuidad vertical de muros.
- Longitudes mayores o iguales a 1.20m.
- Juntas de control: cambio de espesor del muro, cimentaciones, losas, techos, alféizar y cambio de sección de piso.
- En los muros de arcillas, la distancia máxima para las juntas de control será de 25m.

Según la norma E.030, la zonificación propuesta se encuentra en la zona 4

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ para zonas sísmicas 3 y 4}$$

$$t \geq \frac{2.60}{20} = 0.13 \text{ m}$$

Se utilizará muros de soga con un espesor efectivo de 13 cm y de cabeza de un espesor efectivo de 23 cm.

En la figura N° 11, se muestra el modelamiento en el software ETABS de acuerdo al predimensionamiento.

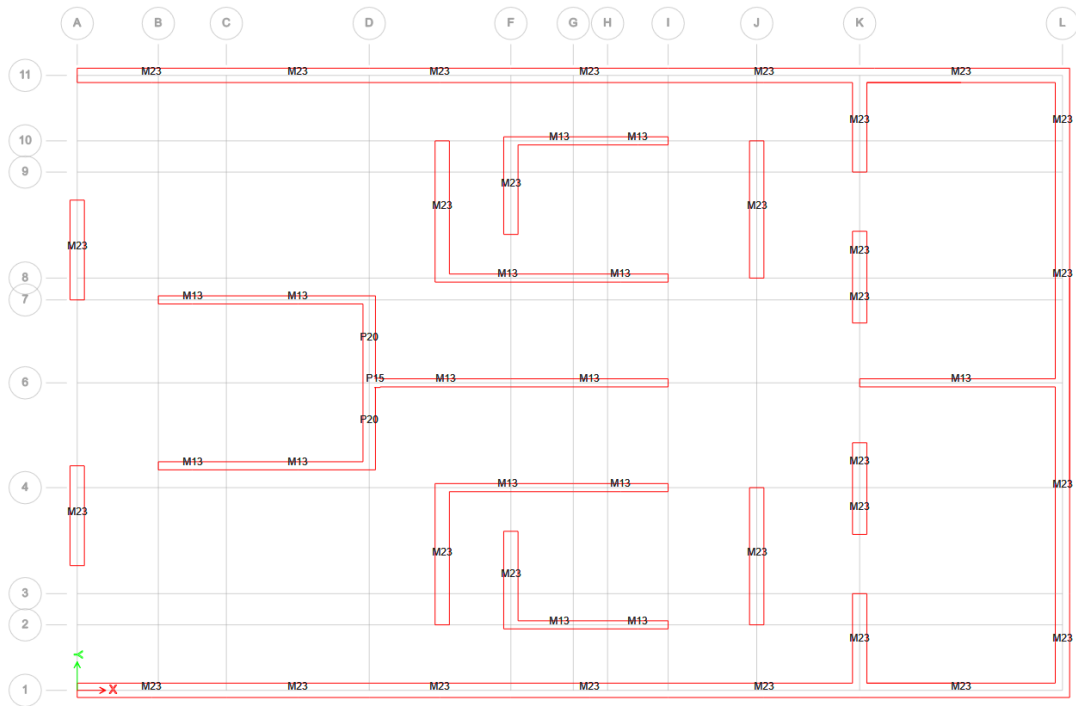


Figura N° 11: Distribución de muros de albañilería en ETABS

Fuente: Elaboración propia

5.2 Esfuerzo axial máximo

Según Abanto Castillo (2017) el esfuerzo axial máximo es directamente proporcional a la calidad de la albañilería (f'_m) a su vez depende de su resistencia a la compresión axial (f^b).

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L t} \leq 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

Donde:

P_m : carga de gravedad máxima de servicio (P_m).

f'_m : 65 kgf/cm²

Altura libre (h) = 260 cm.

Al realizar el análisis por resistencia a carga axial en el eje X-X, tal como se muestra en la tabla N°6, verificamos que el esfuerzo axial máximo cumple con ser menor al límite máximo del esfuerzo axial admisible.

Tabla N° 6: Análisis por resistencia a carga axial eje X-X

Nivel	Muro	Longitud Total (L)	Espesor efectivo (t)	$0.2f'_m \left(1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right)$	$0.15f'_c$	Pm	$\sigma_m = \frac{P_m}{Lt}$	Verificación
5to Nivel	MX1	1604	13	8.76	9.75	11862.62	0.5689	Cumple
5to Nivel	MX2	277	13	8.76	9.75	1849.29	0.5135	Cumple
5to Nivel	MX3	387	13	8.76	9.75	2659.97	0.5287	Cumple
5to Nivel	MX4	363	13	8.76	9.75	3040.98	0.6444	Cumple
5to Nivel	MX5	486.5	13	8.76	9.75	2554.67	0.4039	Cumple
5to Nivel	MX6	350	13	8.76	9.75	1656.42	0.3640	Cumple
5to Nivel	MX7	363	13	8.76	9.75	3026.28	0.6413	Cumple
5to Nivel	MX8	387	13	8.76	9.75	2637.27	0.5242	Cumple
5to Nivel	MX9	277	13	8.76	9.75	1870.08	0.5193	Cumple
5to Nivel	MX10	1604	13	8.76	9.75	11916.07	0.5715	Cumple
4to Nivel	MX1	1604	13	8.76	9.75	26290.47	1.2608	Cumple
4to Nivel	MX2	277	13	8.76	9.75	3809.17	1.0578	Cumple
4to Nivel	MX3	387	13	8.76	9.75	5674.27	1.1279	Cumple
4to Nivel	MX4	363	13	8.76	9.75	5851.51	1.2400	Cumple
4to Nivel	MX5	486.5	13	8.76	9.75	6455.15	1.0207	Cumple

4to Nivel	MX6	350	13	8.76	9.75	4194.25	0.9218	Cumple
4to Nivel	MX7	363	13	8.76	9.75	5463.68	1.1578	Cumple
4to Nivel	MX8	387	13	8.76	9.75	5638.62	1.1208	Cumple
4to Nivel	MX9	277	13	8.76	9.75	3825.86	1.0624	Cumple
4to Nivel	MX10	1604	13	8.76	9.75	26329.04	1.2627	Cumple
3er Nivel	MX1	1604	13	8.76	9.75	41330.63	1.9821	Cumple
3er Nivel	MX2	277	13	8.76	9.75	5204.32	1.4452	Cumple
3er Nivel	MX3	387	13	8.76	9.75	8105.71	1.6112	Cumple
3er Nivel	MX4	363	13	8.76	9.75	8826.97	1.8705	Cumple
3er Nivel	MX5	486.5	13	8.76	9.75	10346.97	1.6360	Cumple
3er Nivel	MX6	350	13	8.76	9.75	6756.82	1.4850	Cumple
3er Nivel	MX7	363	13	8.76	9.75	8301.16	1.7591	Cumple
3er Nivel	MX8	387	13	8.76	9.75	8089.56	1.6079	Cumple
3er Nivel	MX9	277	13	8.76	9.75	5203.74	1.4451	Cumple
3er Nivel	MX10	1604	13	8.76	9.75	41452.99	1.9880	Cumple
2do Nivel	MX1	1604	23	11.64	9.75	64060.15	1.7364	Cumple
2do Nivel	MX2	277	13	8.76	9.75	6932.8	1.9252	Cumple
2do Nivel	MX3	387	13	8.76	9.75	11032.98	2.1930	Cumple

2do Nivel	MX4	363	13	8.76	9.75	11971.36	2.5368	Cumple
2do Nivel	MX5	486.5	13	8.76	9.75	14364.08	2.2712	Cumple
2do Nivel	MX6	350	13	8.76	9.75	9281.88	2.0400	Cumple
2do Nivel	MX7	363	13	8.76	9.75	11266.31	2.3874	Cumple
2do Nivel	MX8	387	13	8.76	9.75	11049.79	2.1963	Cumple
2do Nivel	MX9	277	13	8.76	9.75	6914.2	1.9201	Cumple
2do Nivel	MX10	1604	23	11.64	9.75	64201.77	1.7403	Cumple
1er Nivel	MX1	1604	23	11.64	9.75	85795.8	2.3256	Cumple
1er Nivel	MX2	277	13	8.76	9.75	9060.97	2.5162	Cumple
1er Nivel	MX3	387	13	8.76	9.75	14474.37	2.8770	Cumple
1er Nivel	MX4	363	13	8.76	9.75	16099.11	3.4116	Cumple
1er Nivel	MX5	486.5	13	8.76	9.75	19260.6	3.0454	Cumple
1er Nivel	MX6	350	13	8.76	9.75	12359.69	2.7164	Cumple
1er Nivel	MX7	363	13	8.76	9.75	14750.28	3.1257	Cumple
1er Nivel	MX8	387	13	8.76	9.75	14530.68	2.8882	Cumple
1er Nivel	MX9	277	13	8.76	9.75	9010.82	2.5023	Cumple
1er Nivel	MX10	1604	23	11.64	9.75	85955.89	2.3299	Cumple

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 7, se detalla el análisis de carga axial en el eje Y-Y verificando que cumplan con la condición del esfuerzo axial (σ_m).

Tabla N° 7: Análisis por resistencia a carga axial eje Y-Y

Nivel	Muro	Longitud Total (L)	Espesor efectivo (t)	$0.2f'_m \left(1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right)$	$0.15f'_m$	Pm	$\sigma_m = \frac{P_m}{Lt}$	Verificación
5to Nivel	MY1	185	13	8.76	9.75	1523.46	0.6335	Cumple
5to Nivel	MY2	185	13	8.76	9.75	1522.43	0.6330	Cumple
5to Nivel	MY5	245	13	8.76	9.75	1472.69	0.4624	Cumple
5to Nivel	MY6	245	13	8.76	9.75	1461.22	0.4588	Cumple
5to Nivel	MY7	175	13	8.76	9.75	1178.71	0.5181	Cumple
5to Nivel	MY8	175	13	8.76	9.75	1135.04	0.4989	Cumple
5to Nivel	MY9	245	13	8.76	9.75	1946.56	0.6112	Cumple
5to Nivel	MY10	245	13	8.76	9.75	1947.81	0.6116	Cumple
5to Nivel	MY11	180	13	8.76	9.75	1136.25	0.4856	Cumple
5to Nivel	MY12	172	13	8.76	9.75	954.08	0.4267	Cumple
5to Nivel	MY13	172	13	8.76	9.75	955.76	0.4274	Cumple
5to Nivel	MY14	180	13	8.76	9.75	1151.61	0.4921	Cumple
5to Nivel	MY15	1011	13	8.76	9.75	7814.78	0.5946	Cumple

4to Nivel	MY1	185	13	8.76	9.75	3044.33	1.2658	Cumple
4to Nivel	MY2	185	13	8.76	9.75	2950.48	1.2268	Cumple
4to Nivel	MY5	245	13	8.76	9.75	4157.8	1.3054	Cumple
4to Nivel	MY6	245	13	8.76	9.75	4151.2	1.3034	Cumple
4to Nivel	MY7	175	13	8.76	9.75	2841.73	1.2491	Cumple
4to Nivel	MY8	175	13	8.76	9.75	2792.93	1.2277	Cumple
4to Nivel	MY9	245	13	8.76	9.75	3978.17	1.2490	Cumple
4to Nivel	MY10	245	13	8.76	9.75	3981.08	1.2499	Cumple
4to Nivel	MY11	180	13	8.76	9.75	2566.06	1.0966	Cumple
4to Nivel	MY12	172	13	8.76	9.75	2495.65	1.1161	Cumple
4to Nivel	MY13	172	13	8.76	9.75	2495.95	1.1163	Cumple
4to Nivel	MY14	180	13	8.76	9.75	2577.01	1.1013	Cumple
4to Nivel	MY15	1011	23	11.64	9.75	22640.53	0.9737	Cumple
3er Nivel	MY1	185	23	11.64	9.75	5205.59	1.2234	Cumple
3er Nivel	MY2	185	23	11.64	9.75	5034.21	1.1831	Cumple
3er Nivel	MY5	245	23	11.64	9.75	8022.38	1.4237	Cumple
3er Nivel	MY6	245	23	11.64	9.75	8009.91	1.4215	Cumple
3er Nivel	MY7	175	23	11.64	9.75	5139.24	1.2768	Cumple

3er Nivel	MY8	175	23	11.64	9.75	5076.81	1.2613	Cumple
3er Nivel	MY9	245	13	8.76	9.75	6262.02	1.9661	Cumple
3er Nivel	MY10	245	13	8.76	9.75	6265.38	1.9672	Cumple
3er Nivel	MY11	180	13	8.76	9.75	4182.66	1.7875	Cumple
3er Nivel	MY12	172	13	8.76	9.75	4316.7	1.9305	Cumple
3er Nivel	MY13	172	13	8.76	9.75	4318.52	1.9314	Cumple
3er Nivel	MY14	180	13	8.76	9.75	4190.46	1.7908	Cumple
3er Nivel	MY15	1011	23	11.64	9.75	36078.31	1.5516	Cumple
2do Nivel	MY1	185	23	11.64	9.75	7081.5	1.6643	Cumple
2do Nivel	MY2	185	23	11.64	9.75	6878.13	1.6165	Cumple
2do Nivel	MY5	245	23	11.64	9.75	11142.8	1.9774	Cumple
2do Nivel	MY6	245	23	11.64	9.75	11132.15	1.9755	Cumple
2do Nivel	MY7	175	23	11.64	9.75	7176.17	1.7829	Cumple
2do Nivel	MY8	175	23	11.64	9.75	7127.37	1.7708	Cumple
2do Nivel	MY9	245	23	11.64	9.75	9457.87	1.6784	Cumple
2do Nivel	MY10	245	23	11.64	9.75	9460.95	1.6790	Cumple
2do Nivel	MY11	180	23	11.64	9.75	6327.34	1.5283	Cumple
2do Nivel	MY12	172	23	11.64	9.75	8174.66	2.0664	Cumple

2do Nivel	MY13	172	23	11.64	9.75	8180.17	2.0678	Cumple
2do Nivel	MY14	180	23	11.64	9.75	6346.43	1.5330	Cumple
2do Nivel	MY15	1011	23	11.64	9.75	49561.35	2.1314	Cumple
1er Nivel	MY1	185	23	11.64	9.75	8700.66	2.0448	Cumple
1er Nivel	MY2	185	23	11.64	9.75	8591.74	2.0192	Cumple
1er Nivel	MY5	245	23	11.64	9.75	14705.72	2.6097	Cumple
1er Nivel	MY6	245	23	11.64	9.75	14687.42	2.6065	Cumple
1er Nivel	MY7	175	23	11.64	9.75	9189.59	2.2831	Cumple
1er Nivel	MY8	175	23	11.64	9.75	9202.06	2.2862	Cumple
1er Nivel	MY9	245	23	11.64	9.75	12571.7	2.2310	Cumple
1er Nivel	MY10	245	23	11.64	9.75	12572.35	2.2311	Cumple
1er Nivel	MY11	180	23	11.64	9.75	8588.66	2.0746	Cumple
1er Nivel	MY12	172	23	11.64	9.75	11408.36	2.8838	Cumple
1er Nivel	MY13	172	23	11.64	9.75	11415.03	2.8855	Cumple
1er Nivel	MY14	180	23	11.64	9.75	8600.51	2.0774	Cumple
1er Nivel	MY15	1011	23	11.64	9.75	63968.97	2.7510	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis por resistencia a carga axial en el eje Y-Y, verificamos que el esfuerzo axial máximo cumple con ser menor al límite máximo del esfuerzo axial admisible.

5.3 Densidad mínima de muros

$$\frac{\text{Area de corte de los Muros Reforzados}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Z: 0.45 (Zonificación)

U = 1 (Uso de edificación)

S = (S1) = 1 (Tipo de suelo)

N = 5 (Numero de niveles)

$A_p = 160 \text{ m}^2$ (Área en planta de la edificación)

$f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ (Resistencia a la compresión)

$E_c = 198431.348 \text{ kgf/cm}^2$ (Módulo de elasticidad del concreto)

$f'_m = 65 \text{ kgf/cm}^2$ (Resistencia a la compresión del muro)

$E_m = 32500 \text{ kgf/cm}^2$ (Modulo de elasticidad de la albañilería)

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = \frac{0.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5}{56} = 0.04017 = 4.02\%$$

Dirección X-X:

En la tabla N° 8, el cálculo de la densidad de muros en la Dirección X-X, se obtiene mediante los datos proporcionados por el software ETABS.

Tabla N° 8: Densidad mínima de muros eje X-X

Muro (M: Albañilería, C: Concreto)	Material	espesor total (cm)	espesor efectivo "t" (cm)	Longitud "L" (m)	L*t
MX1	Albañilería	26.246	23	15.790	3.632
MX2	Albañilería	19.349	13	2.520	0.328

MX3	Albañilería	17.42	13	3.620	0.471
MX4	Albañilería	15.885	13	3.380	0.439
MX5	Albañilería	15.113	13	4.615	0.600
MX6	Albañilería	14.923	13	3.250	0.423
MX7	Albañilería	15.885	13	3.380	0.439
MX8	Albañilería	17.42	13	3.620	0.471
MX9	Albañilería	19.349	13	2.520	0.328
MX10	Albañilería	26.246	23	15.790	3.632
CX1	Concreto	15	15	0.175	0.160
			$\Sigma L*t$	10.92	m ²

DM: 6.83% > 4.02%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la norma E070, verificamos mediante el análisis de densidad de muro que, 6.83% es mayor que 4.02%, la cual todos nuestros muros cumplen con el espesor adecuado en el eje X-X.

Dirección Y-Y

En la tabla N° 8, el cálculo de la densidad de muros en la Dirección Y-Y, se obtiene mediante los datos proporcionados por el software ETABS.

Tabla N° 9: Densidad mínima de muros eje Y-Y

Muro (M: Albañilería, C: Concreto)	Material	espesor total (cm)	espesor efectivo "t" (cm)	Longitud "L" (m)	L*t
MY1	Albañilería	30.813	23	1.600	0.368
MY2	Albañilería	30.813	23	1.600	0.368
MY5	Albañilería	25.841	23	2.200	0.506
MY6	Albañilería	25.841	23	2.200	0.506
MY7	Albañilería	27.167	23	1.500	0.345
MY8	Albañilería	27.167	23	1.500	0.345
MY9	Albañilería	28.682	23	2.200	0.506

MY10	Albañilería	28.682	23	2.200	0.506
MY11	Albañilería	27.032	23	1.550	0.357
MY12	Albañilería	27.252	23	1.470	0.338
MY13	Albañilería	27.252	23	1.470	0.338
MY14	Albañilería	27.032	23	1.550	0.357
MY15	Albañilería	24.902	13	9.860	1.282
CY1	Concreto	20	20	2.660	3.248
			$\Sigma L*t$	9.37	m ²

DM: 5.86% > 4.02%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la norma E070, verificamos mediante el análisis de densidad de muro que, 5.86% es mayor que 4.02%, la cual todos nuestros muros cumplen con el espesor adecuado en el eje Y-Y.

5.4 Modelamiento en ETABS

Para el sistema de Albañilería confinada se cumplió con la normativa nacional vigente, la cual se empleó el procedimiento de combinación espectral. Se conto con losa aligerada y maciza de 20 cm, muros de albañilería de 13 cm en soga y 23 cm en cabeza, además de placa de concreto de 20 cm.

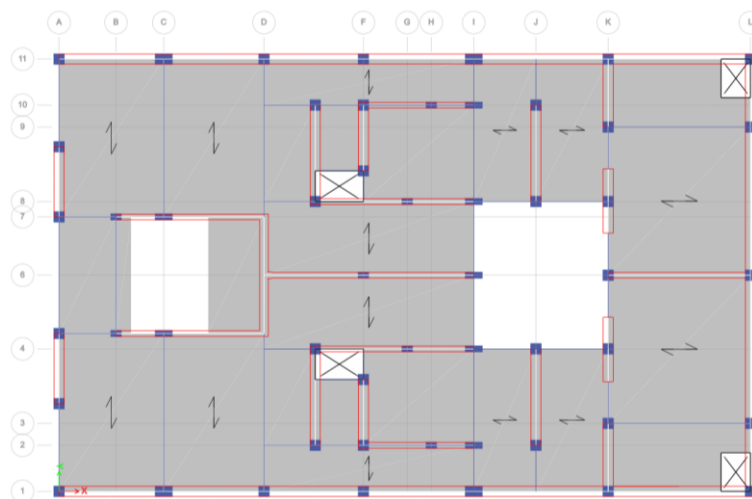


Figura N° 12: Vista de planta – sistema Albañilería confinada

Fuente: Elaboración propia

La figura N°13, nos presenta la vista en 3D del modelamiento en ETABS.

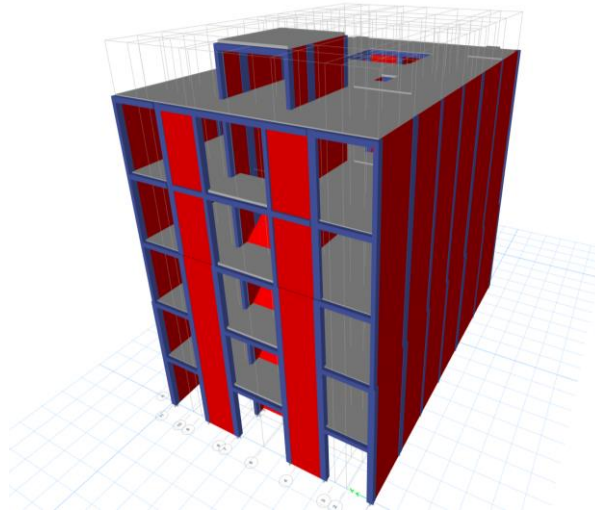


Figura N° 13: Modelo 3D en ETABS

Fuente: Elaboración propia

5.5 Metrado de cargas

- Carga Muerta (CM)

Las cargas muertas mínimas repartidas en la estructura, se establecen en la tabla N° 10

Tabla N° 10: Cargas muertas mínimas repartidas

Materiales	PU
Concreto armado	2400 kgf/m ³
Losa aligerada (h=0.20 m)	300 kgf/m ²
Tabiquería	100 kgf/m ²

Fuente: Norma E.020

- Carga Viva (CV)

Las cargas vivas mínimas repartidas en la estructura, se establecen en la tabla N° 11

Tabla N° 11: Cargas vivas mínimas repartidas

Ocupación o uso	Cargas repartidas kPa (kgf/m ²)
Viviendas	2.0 (200)
Corredores y	2.0 (200)

Fuente: Elaboración propia

5.6 Análisis estático

Se consideran los siguientes parámetros sísmicos

- Factor de zona (Z): 0.45, Zona 4
- Tipo de suelo (S): 1, Suelo rígido (S1)
- Factor de uso (U): 1, Categoría C
- Periodo fundamental de vibración (T):

$$T_p = 0.40 \text{ s} ; T_L = 2.5 \text{ s}$$

$$T = \frac{h_n}{C_t} = \frac{14 \text{ m (altura total del edificio)}}{60 \text{ (muros de albañilería)}} = 0.23$$

Según la condición: si T menor o igual a 0.5s entonces k=1

Según ETABS:

Dirección X

$$T = 0.159\text{s} < 0.5\text{s}$$

Dirección Y

$$T = 0.269\text{s} < 0.5\text{s}$$

- Factor de ampliación sísmica (C):

$$T < T_p \text{ entonces, } C = 2.5$$

- Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R):

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

$$R = 3 \times 1 \times 0.75 = 2.25$$

5.6.1 Fuerza cortante basal

En la tabla N° 12, se procedió con el cálculo de las cortantes estáticas en el eje X-X de cada nivel.

Tabla N° 12: Cortante basal eje X-X

Piso	h_i (m)	$(h_i)^k$ (m)	Masa (tn-s ² /m)	P_i (tn)	$\frac{P_i \times (h_i)^k}{(tn - m)}$	F_i (tn)	V_i (tn)
5	14	14	14.251	139.799	1957.184	124.513	124.513
4	11.2	11.2	18.920	185.609	2078.817	132.251	256.765
3	8.4	8.4	19.571	191.989	1612.709	102.598	359.363
2	5.6	5.6	21.801	213.866	1197.651	76.193	435.556
1	2.8	2.8	22.145	217.246	608.288	38.698	474.254
			Total	948.508	7454.648		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los parámetros sísmicos ya presentados, se procedió a calcular la fuerza cortante basal en el eje X-X mediante la fórmula siguiente:

$$V_x = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} P = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1}{2.25} \times 948.508 = 474.254$$

En la tabla N° 13, se procedió con el cálculo de las cortantes estáticas en el eje Y-Y de cada nivel.

Tabla N° 13: Cortante basal eje Y-Y

Piso	h_i (m)	$(h_i)^k$ (m)	Masa (tn-s ² /m)	P_i (tn)	$\frac{P_i \times (h_i)^k}{(tn - m)}$	F_i (tn)	V_i (tn)
5	14	14	14.251	139.799	1957.184	124.513	124.513
4	11.2	11.2	18.920	185.609	2078.817	132.251	256.765
3	8.4	8.4	19.571	191.989	1612.709	102.598	359.363
2	5.6	5.6	21.801	213.866	1197.651	76.193	435.556
1	2.8	2.8	22.145	217.246	608.288	38.698	474.254
			Total	948.508	7454.648		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los parámetros sísmicos ya presentados, se procedió a calcular la fuerza cortante basal en el eje Y-Y mediante la fórmula siguiente:

$$V_Y = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} P = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1}{2.25} \times 948.508 = 474.254$$

5.6.2 Fuerzas laterales equivalentes

Para el cálculo de las fuerzas laterales equivalentes se consideró la siguiente fórmula:

$$F_i = \alpha_i \times V$$

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

En la tabla N° 14 y N° 15, las fuerzas equivalentes se obtuvieron mediante el cálculo de los pesos, la altura y la cortante, datos que se obtuvieron del software ETABS

Tabla N° 14: Fuerzas laterales equivalentes eje X (Fi)

Piso	h_i (m)	P_i (tn)	F_i (tn)
5	14	139.799	124.513
4	11.2	185.609	132.251
3	8.4	191.989	102.598
2	5.6	213.866	76.193
1	2.8	217.246	38.698

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Fuerzas laterales equivalentes eje Y (Fi)

Piso	h_i (m)	P_i (tn)	F_i (tn)
5	14	139.799	124.513
4	11.2	185.609	132.251
3	8.4	191.989	102.598

2	5.6	213.866	76.193
1	2.8	217.246	38.698

Fuente: Elaboración propia

5.6.3 Distorsiones

Los valores de las distorsiones de la tabla N° 16 y N° 17, son proporcionados mediante el software ETABS, mediante el cual se determinaron las distorsiones en cada piso para el análisis estático, verificando que sean menores a 0.005 en ambas direcciones X y Y:

Tabla N° 16: Distorsiones por piso en el eje X-X del análisis estático

Piso	Distorsión	Distorsión * 0.85 * R	(Δ_i/h_{ei})	Verificación
5	0.000337	0.000645	0.005	CUMPLE
4	0.00045	0.000861	0.005	CUMPLE
3	0.000535	0.001023	0.005	CUMPLE
2	0.000435	0.000832	0.005	CUMPLE
1	0.000375	0.000717	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17: Distorsiones por piso en el eje Y-Y del análisis estático

Piso	Drift	Distorsion * 0.85 * R	(Δ_i/h_{ei})	Verificación
5	0.0015	0.002869	0.005	CUMPLE
4	0.0017	0.003251	0.005	CUMPLE
3	0.001679	0.003211	0.005	CUMPLE
2	0.001431	0.002737	0.005	CUMPLE
1	0.00086	0.001645	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

5.7 Análisis modal espectral

5.7.1 Participación modal de masas

En la participación modal de masas de la tabla N° 18, contamos con 15 modos de vibración, la cual obtenemos los datos de los primeros periodos en la dirección X y Y, además de la suma acumulativa de masas.

Tabla N° 18: Participación modal de masas

Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.269	1.69E-06	0.6248	1.69E-06	0.6248
2	0.159	0.7467	7.88E-07	0.7467	0.6248
3	0.131	1.72E-06	0.0903	0.7467	0.7151
4	0.087	2.33E-06	0.1366	0.7467	0.8517
5	0.057	2.42E-05	0.0474	0.7467	0.899
6	0.056	0.1643	1.79E-06	0.911	0.899
7	0.05	7.18E-06	0.0011	0.9111	0.9001
8	0.042	3.88E-06	0.038	0.9111	0.9381
9	0.039	0	0.0008	0.9111	0.9389
10	0.037	0	0.0002	0.9111	0.9391
11	0.037	0	1.28E-05	0.9111	0.9391
12	0.037	0.0001	0	0.9112	0.9391
13	0.037	0.0002	5.66E-06	0.9114	0.9391
14	0.037	0	0.0048	0.9114	0.9439
15	0.036	1.64E-05	7.61E-06	0.9114	0.9439

Fuente: Elaboración propia

Desde el modo 7, ya se cumple con el 90% de la masa total. El porcentaje de masa en la dirección X es de 74.67% con un periodo de 0.159 y el porcentaje de masa en la dirección Y es de 62.48% con un periodo de 0.269.

5.7.2 Factor de escala

Según la norma E030, nos indica que para estructuras irregulares la fuerza cortante en el primer entrepiso de la edificación no debe de ser menor que el 90%.

Tabla N° 19: Factor de escala

Sismo	Tipos de casos	FX (kgf)	FY (kgf)
SX	LinRespSpec	367514.78	766.46
SY	LinRespSpec	766.43	313629.82
SestX	LinStatic	-474254.25	8.60E-05
SestY	LinStatic	0	-474254.25

Fuente: Elaboración propia

$$F_{Ex} = 90\% \frac{V_{estX}}{V_{dinX}} = 0.9 \times \frac{474254.25}{367514.78} = 1.161$$

$$F_{Ey} = 90\% \frac{V_{estY}}{V_{dinY}} = 0.9 \times \frac{474254.25}{313629.82} = 1.361$$

5.7.3 Verificación de irregularidades

De acuerdo a la norma E030 se debe analizar las irregularidades en altura I_a y las irregularidades en planta I_p .

- Irregularidad torsional

Según la condición se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible.

Condición para el cálculo del diafragma flexible según ASCE – 7-16

$$\frac{\delta_{MDD}}{\Delta_{ADVE}} > 2$$

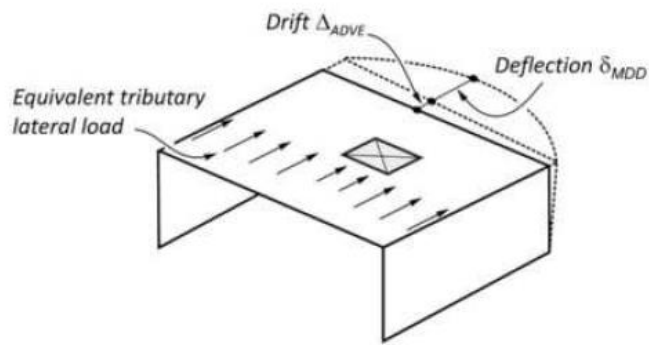


Figura N° 14: Diafragma flexible

Fuente: ASCE – 7 - 16

- Análisis de diafragma rígido

Tabla N° 20: Cálculo de diafragma rígido SX

SX	
Distorsión min.	0.000241
Distorsión máx.	0.000241
Distorsión prom. calc. (D ^C)	0.000241
Distorsión prom. real (D ^R)	0.000255
$\frac{D^R - D^C}{D^C}$	0.05809

Fuente: Elaboración propia

0.05809 < 2 se comporta como diafragma rígido.

Verificando la irregularidad según norma E.030.

$$\frac{D_{\max}}{D^C} < 1.3$$

1 < 1.3, no verificamos irregularidad torsional.

Tabla N° 21: Cálculo de diafragma rígido SY

SY	
Distorsión min	0.000133
Distorsión max	0.000480
Distorsión prom calc (D ^C)	0.000306
Distorsión prom real (D ^R)	0.000822

$$\frac{D^R - D^C}{D^C} = 1.68276$$

Fuente: Elaboración propia

1.6827 < 2 se comporta como diafragma rígido

Verificando la irregularidad según norma E.030.

$$\frac{D_{\max}}{D^C} < 1.3$$

1.567 < 1.3, no verificamos irregularidad torsional.

- Análisis de desplazamientos máximos relativos

Tabla N° 22: Verificación del máximo desplazamiento relativo en el eje X

Piso	Elevación (m)	Locación	Desplazamiento	Distorsión	Distorsión limite	Verificación
5	1400	Superior	0.000275	0.000526	0.0025	Cumple
4	1120	Superior	0.000362	0.000692	0.0025	Cumple
3	840	Superior	0.000424	0.000811	0.0025	Cumple
2	560	Superior	0.000339	0.000648	0.0025	Cumple
1	280	Superior	0.00029	0.000555	0.0025	Cumple

Fuente: Elaboración propia

No se encontró irregularidad torsional.

Tabla N° 23: Verificación del máximo desplazamiento relativo en el eje Y

Piso	Elevación (m)	Locación	Desplazamiento	Distorsión	Distorsión limite	Verificación
5	1400	Superior	0.001335	0.002553	0.0025	No cumple
4	1120	Superior	0.001519	0.002905	0.0025	No cumple
3	840	Superior	0.001493	0.002855	0.0025	No cumple
2	560	Superior	0.001251	0.002393	0.0025	Cumple
1	280	Superior	0.000757	0.001448	0.0025	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se encontró irregularidad torsional.

5.7.4 Desplazamientos laterales

Según la norma E030, para estructuras irregulares los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.85R. En las Tablas N° 24 y N° 25 se muestran las distorsiones en cada piso para el análisis dinámico:

Tabla N° 24: Desplazamientos laterales en el eje X

Piso	Sismo	Tipo Caso	Step Type	Direccion	Máximo cm	Desplazamiento max. * 0.85R
5	SX	LinRespSpec	Max	X	0.4591	0.87802875
4	SX	LinRespSpec	Max	X	0.3848	0.73593
3	SX	LinRespSpec	Max	X	0.2863	0.54754875
2	SX	LinRespSpec	Max	X	0.1715	0.32799375
1	SX	LinRespSpec	Max	X	0.0812	0.155295

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Desplazamientos laterales en el eje Y

Piso	Output Case	Case Type	Step Type	Dirección	Máximo cm	Desplazamiento max. * 0.85R
5	SY	LinRespSpec	Max	Y	1.7588	3.363705
4	SY	LinRespSpec	Max	Y	1.3918	2.6618175
3	SY	LinRespSpec	Max	Y	0.9747	1.86411375
2	SY	LinRespSpec	Max	Y	0.5588	1.068705
1	SY	LinRespSpec	Max	Y	0.2118	0.4050675

Fuente: Elaboración propia

5.7.5 Distorsiones

La distorsión máxima de entrepiso para albañilería es 0.005, la cual analizaremos las tablas N° 26 y N° 27 si cumplen con ser menor a la distorsión máxima con los datos obtenidos del ETABS en los dos ejes.

Tabla N° 26: Distorsiones de entrepiso eje X

Piso	Dirección	Distorsión	(Δ_i/h_{ei})	Verificación
5	X	0.000526	0.005	Cumple
4	X	0.000693	0.005	Cumple
3	X	0.00081	0.005	Cumple
2	X	0.000649	0.005	Cumple
1	X	0.000555	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia

La distorsión en el eje X-X, cumple en todos los pisos.

Tabla N° 27: Distorsiones de entrepiso eje Y

Piso	Dirección	Distorsión	(Δ_i/h_{ei})	Verificación
5	Y	0.002553	0.005	Cumple
4	Y	0.002904	0.005	Cumple
3	Y	0.002854	0.005	Cumple
2	Y	0.002392	0.005	Cumple
1	Y	0.001447	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia

La distorsión en el eje Y-Y, cumple en todos los pisos

5.7.6 Junta sísmica

Según la norma E030, debe de estar separada de las estructuras vecinas, para evitar contacto en un sismo.

Según la condición de la norma, S_{min} se debe de encontrar en el siguiente intervalo:

$$\frac{2}{3} D_{max} \times 0.75R < S_{min} < 0.006h$$

Junta sísmica para el eje X-X

$$\frac{2}{3} 0.87802 < S_{min} < 0.006 \times 1400$$

$$0.585\text{cm} < S_{\min} < 8.4\text{cm}$$

Junta sísmica para el eje Y-Y

$$\frac{2}{3} 3.363705 < S_{\min} < 0.006 \times 1400$$

$$2.24\text{cm} < S_{\min} < 8.4 \text{ cm}$$

La junta mínima a considerar es de 5 cm.

5.7.7 Resistencia a cortante

Para analizar el sismo moderado, se debe cumplirá la siguiente condición:

$$V_e = 0.55V_m$$

Donde:

Ve: fuerza cortante producida por el sismo moderado.

Vm: Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal.

$$V_m = 0.5 \times v'_m \times \alpha \times L + 0.23 \times P_g$$

Para las tablas N° 28 y N° 29, se procedió a calcular y verificar la cortante mediante una tabla en Excel con los datos proporcionados del software ETABS.

Tabla N° 28: Verificación por sismo moderado eje X-X

Nivel	Muro	Longitud Total (L)	Altura Total (H)	Espesor efectivo (t)	$\alpha = L/0.8H$	PG	Vm	0.55Vm	Ve	Verificación
5to Nivel	MX1	1604	280	13	1.000	22122.72	89538.8	49246.35	24885.01	Cumple
5to Nivel	MX2	277	280	13	1.000	6031.01	15971.2	8784.15	1063.22	Cumple
5to Nivel	MX3	387	280	13	1.000	7310.62	22057.0	12131.35	2006.09	Cumple
5to Nivel	MX4	363	280	13	1.000	7389.45	20811.5	11446.34	1424.23	Cumple
5to Nivel	MX5	486.5	280	13	1.000	5217.44	26814.2	14747.83	4324.24	Cumple
5to Nivel	MX6	350	280	13	1.000	3457.36	19222.7	10572.48	850.83	Cumple
5to Nivel	MX7	363	280	13	1.000	7489.38	20834.5	11458.98	1504.16	Cumple
5to Nivel	MX8	387	280	13	1.000	7241.21	22041.0	12122.57	2016.63	Cumple
5to Nivel	MX9	277	280	13	1.000	6073.09	15980.9	8789.47	1062.22	Cumple
5to Nivel	MX10	1604	280	13	1.000	22099.17	89533.4	49243.38	24860.89	Cumple
4to Nivel	MX1	1604	280	13	1.000	47375.39	95346.9	52440.82	42569.94	Cumple
4to Nivel	MX2	277	280	13	1.000	12408.23	17437.9	9590.87	3284.36	Cumple
4to Nivel	MX3	387	280	13	1.000	15305.29	23895.8	13142.67	5058.67	Cumple
4to Nivel	MX4	363	280	13	1.000	12907.43	22080.7	12144.36	4803.15	Cumple
4to Nivel	MX5	486.5	280	13	1.000	11949.42	28362.6	15599.43	8521.19	Cumple
4to Nivel	MX6	350	280	13	1.000	8007.75	20269.3	11148.11	3288.92	Cumple

4to Nivel	MX7	363	280	13	1.000	12699.83	22032.9	12118.10	4317.39	Cumple
4to Nivel	MX8	387	280	13	1.000	15226.34	23877.6	13132.68	5059.4	Cumple
4to Nivel	MX9	277	280	13	1.000	12453.45	17448.3	9596.59	3277.81	Cumple
4to Nivel	MX10	1604	280	13	1.000	47425.81	95358.5	52447.19	42522.15	Cumple
3er Nivel	MX1	1604	280	13	1.000	72492.83	101124.0	55618.17	54985.04	Cumple
3er Nivel	MX2	277	280	13	1.000	18929.85	18937.9	10415.85	5152.12	Cumple
3er Nivel	MX3	387	280	13	1.000	22595.75	25572.6	14064.91	7344.46	Cumple
3er Nivel	MX4	363	280	13	1.000	18873.73	23452.9	12899.10	6901.5	Cumple
3er Nivel	MX5	486.5	280	13	1.000	18724.97	29921.0	16456.53	11245.15	Cumple
3er Nivel	MX6	350	280	13	1.000	12507.5	21304.2	11717.32	5054.62	Cumple
3er Nivel	MX7	363	280	13	1.000	18679.5	23408.2	12874.53	5889.75	Cumple
3er Nivel	MX8	387	280	13	1.000	22583.15	25569.7	14063.32	7351.81	Cumple
3er Nivel	MX9	277	280	13	1.000	18914.28	18934.3	10413.88	5147.61	Cumple
3er Nivel	MX10	1604	280	13	1.000	72626.78	101154.8	55635.12	54927.62	Cumple
2do Nivel	MX1	1604	280	23	1.000	107744.4	174193.8	95806.60	73864.29	Cumple
2do Nivel	MX2	277	280	13	1.000	25207.87	20381.9	11210.02	4232.11	Cumple
2do Nivel	MX3	387	280	13	1.000	30632.16	27420.9	15081.52	6794.05	Cumple
2do Nivel	MX4	363	280	13	1.000	25314.06	24934.2	13713.80	6576.19	Cumple

2do Nivel	MX5	486.5	280	13	1.000	25587.59	31499.4	17324.65	10739.69	Cumple
2do Nivel	MX6	350	280	13	1.000	16662.84	22260.0	12242.97	4885.81	Cumple
2do Nivel	MX7	363	280	13	1.000	25137.97	24893.7	13691.53	5612.48	Cumple
2do Nivel	MX8	387	280	13	1.000	30711.54	27439.2	15091.56	6813.88	Cumple
2do Nivel	MX9	277	280	13	1.000	25111.52	20359.7	11197.83	4231.87	Cumple
2do Nivel	MX10	1604	280	23	1.000	107921.06	174234.4	95828.94	73741.72	Cumple
1er Nivel	MX1	1604	280	23	1.000	142315.19	182145.1	100179.80	75108.48	Cumple
1er Nivel	MX2	277	280	13	1.000	31911.95	21923.8	12058.09	5981.94	Cumple
1er Nivel	MX3	387	280	13	1.000	38963.67	29337.2	16135.46	8381.46	Cumple
1er Nivel	MX4	363	280	13	1.000	33243.1	26757.9	14716.82	7596.4	Cumple
1er Nivel	MX5	486.5	280	13	1.000	32905.62	33182.5	18250.38	10214.43	Cumple
1er Nivel	MX6	350	280	13	1.000	20816.59	23215.3	12768.42	6037.59	Cumple
1er Nivel	MX7	363	280	13	1.000	31521.89	26362.0	14499.09	4256.36	Cumple
1er Nivel	MX8	387	280	13	1.000	39136.16	29376.9	16157.28	8342.21	Cumple
1er Nivel	MX9	277	280	13	1.000	31732.79	21882.6	12035.43	5937.63	Cumple
1er Nivel	MX10	1604	280	23	1.000	142521.21	182192.5	100205.86	74709.96	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se verifico en la dirección X-X en los muros de los 5 niveles, la cual cumple con la fuerza cortante admisible.

Tabla N° 29: Verificación por sismo moderado eje Y-Y

Nivel	Muro	Longitud Total (L)	Altura Total (H)	Espesor efectivo (t)	$\alpha = L/0.8H$	PG	Vm	0.55Vm	Ve	Verificación
5to Nivel	MY1	185	280	13	0.826	3328.66	8810.0	4845.50	2686.25	Cumple
5to Nivel	MY2	185	280	13	0.826	3317.83	8807.5	4844.13	2674.65	Cumple
5to Nivel	MY5	245	280	13	1.000	2918.04	13570.4	7463.72	5645.22	Cumple
5to Nivel	MY6	245	280	13	1.000	2928.84	13572.9	7465.09	5683.26	Cumple
5to Nivel	MY7	175	280	13	0.781	2371.69	7743.7	4259.05	3064.12	Cumple
5to Nivel	MY8	175	280	13	0.781	2347.38	7738.1	4255.98	3017.86	Cumple
5to Nivel	MY9	245	280	13	1.000	4830.04	14010.2	7705.59	1807.06	Cumple
5to Nivel	MY10	245	280	13	1.000	4834.61	14011.2	7706.17	1802.55	Cumple
5to Nivel	MY11	180	280	13	0.804	2113.02	8101.4	4455.79	872.68	Cumple
5to Nivel	MY12	172	280	13	0.768	3212.14	7692.4	4230.79	1582.33	Cumple
5to Nivel	MY13	172	280	13	0.768	3211.48	7692.2	4230.71	1581.21	Cumple
5to Nivel	MY14	180	280	13	0.804	2099.64	8098.4	4454.10	870.81	Cumple
5to Nivel	MY15	1011	280	13	1.000	11760.01	55934.0	30763.67	20872.08	Cumple
4to Nivel	MY1	185	280	13	0.826	7900.97	9861.6	5423.89	4499.7	Cumple
4to Nivel	MY2	185	280	13	0.826	7861.81	9852.6	5418.94	4589.15	Cumple
4to Nivel	MY5	245	280	13	1.000	7069.77	14525.3	7988.91	7617.26	Cumple

4to Nivel	MY6	245	280	13	1.000	7096.77	14531.5	7992.33	7627.57	Cumple
4to Nivel	MY7	175	280	13	0.781	5461.92	8454.5	4649.97	4503.23	Cumple
4to Nivel	MY8	175	280	13	0.781	5422.58	8445.4	4644.99	4448.83	Cumple
4to Nivel	MY9	245	280	13	1.000	9621.2	15112.1	8311.67	3400.31	Cumple
4to Nivel	MY10	245	280	13	1.000	9629.81	15114.1	8312.76	3395.2	Cumple
4to Nivel	MY11	180	280	13	0.804	4857.09	8732.6	4802.92	1523.08	Cumple
4to Nivel	MY12	172	280	13	0.768	7213.03	8612.6	4736.91	1573.25	Cumple
4to Nivel	MY13	172	280	13	0.768	7212	8612.3	4736.78	1572.11	Cumple
4to Nivel	MY14	180	280	13	0.804	4835.74	8727.7	4800.22	1520.63	Cumple
4to Nivel	MY15	1011	280	23	1.000	31269.58	101366.7	55751.66	43071.33	Cumple
3er Nivel	MY1	185	280	23	0.826	13446.95	17325.2	9528.86	8188.23	Cumple
3er Nivel	MY2	185	280	23	0.826	13322.13	17296.5	9513.07	8207.9	Cumple
3er Nivel	MY5	245	280	23	1.000	13038.52	25820.6	14201.34	12904.19	Cumple
3er Nivel	MY6	245	280	23	1.000	13024.99	25817.5	14199.62	12942.21	Cumple
3er Nivel	MY7	175	280	23	0.781	9753.19	14978.6	8238.22	7121.81	Cumple
3er Nivel	MY8	175	280	23	0.781	9737.97	14975.1	8236.30	7059.85	Cumple
3er Nivel	MY9	245	280	13	1.000	14661.31	16271.4	8949.24	4650.01	Cumple
3er Nivel	MY10	245	280	13	1.000	14669.83	16273.3	8950.32	4651.14	Cumple

3er Nivel	MY11	180	280	13	0.804	8076.82	9473.1	5210.21	2324.9	Cumple
3er Nivel	MY12	172	280	13	0.768	11159.17	9520.2	5236.09	1514.32	Cumple
3er Nivel	MY13	172	280	13	0.768	11161.94	9520.8	5236.44	1513.62	Cumple
3er Nivel	MY14	180	280	13	0.804	8061.92	9469.7	5208.33	2323.26	Cumple
3er Nivel	MY15	1011	280	23	1.000	49849.22	105640.0	58101.98	55410.26	Cumple
2do Nivel	MY1	185	280	23	0.826	18787.1	18553.4	10204.39	8383.88	Cumple
2do Nivel	MY2	185	280	23	0.826	18584.46	18506.8	10178.76	8425.37	Cumple
2do Nivel	MY5	245	280	23	1.000	17958.13	26952.1	14823.67	13458.89	Cumple
2do Nivel	MY6	245	280	23	1.000	17890.8	26936.6	14815.15	13476.59	Cumple
2do Nivel	MY7	175	280	23	0.781	13760.82	15900.3	8745.19	7350.3	Cumple
2do Nivel	MY8	175	280	23	0.781	13792.95	15907.7	8749.25	7307.27	Cumple
2do Nivel	MY9	245	280	23	1.000	21580.37	27785.2	15281.88	8478.01	Cumple
2do Nivel	MY10	245	280	23	1.000	21586.24	27786.6	15282.62	8484.03	Cumple
2do Nivel	MY11	180	280	23	0.804	11986.7	16230.4	8926.73	4292.65	Cumple
2do Nivel	MY12	172	280	23	0.768	15857.48	15949.7	8772.32	1527.79	Cumple
2do Nivel	MY13	172	280	23	0.768	15865.97	15951.6	8773.39	1526.32	Cumple
2do Nivel	MY14	180	280	23	0.804	12006.2	16234.9	8929.20	4293.94	Cumple
2do Nivel	MY15	1011	280	23	1.000	68376.87	109901.3	60445.73	58938.41	Cumple

1er Nivel	MY1	185	280	23	0.826	23873.53	20709.5	11390.22	11377.02	Cumple
1er Nivel	MY2	185	280	23	0.826	23603.5	20644.3	11354.35	11241.19	Cumple
1er Nivel	MY5	245	280	23	1.000	23217.5	28161.8	15488.98	12742.45	Cumple
1er Nivel	MY6	245	280	23	1.000	23073.43	28128.6	15470.75	12792.99	Cumple
1er Nivel	MY7	175	280	23	0.781	17377.85	16732.3	9202.74	7735.65	Cumple
1er Nivel	MY8	175	280	23	0.781	17472.36	16754.0	9214.70	7730.34	Cumple
1er Nivel	MY9	245	280	23	1.000	28073.56	29278.7	16103.27	9810.77	Cumple
1er Nivel	MY10	245	280	23	1.000	28074.92	29279.0	16103.44	9844.25	Cumple
1er Nivel	MY11	180	280	23	0.804	16179.53	17194.8	9457.13	5263.64	Cumple
1er Nivel	MY12	172	280	23	0.768	20843.55	17096.5	9403.06	2219.2	Cumple
1er Nivel	MY13	172	280	23	0.768	20857.46	17099.7	9404.82	2221.56	Cumple
1er Nivel	MY14	180	280	23	0.804	16259.3	17213.1	9467.22	5273.74	Cumple
1er Nivel	MY15	1011	280	23	1.000	86827.5	114145.0	62779.74	52418.81	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se verifico en la dirección Y-Y en los muros de los 5 niveles, la cual cumple con la fuerza cortante admisible.

La verificación por sismo severo debe cumplir la siguiente condición:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

La resistencia al corte debe ser mayor que la fuerza cortante producida por un sismo severo.

Tabla N° 30: Verificación por sismo severo eje X-X

Piso	Sismo	V_{Ei}	Aporte albañilería (tonf)	Aporte concreto (tonf)	Cortante V_{mi}	Verificación $\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$
5	SX(FE=1.175)	131.26	342.81	2.38	345.19	Cumple
4	SX(FE=1.175)	251.6416	366.11	2.38	368.49	Cumple
3	SX(FE=1.175)	338.8076	389.38	2.38	394.76	Cumple
2	SX(FE=1.175)	401.4907	547.62	2.38	550.00	Cumple
1	SX(FE=1.175)	431.8299	576.38	2.38	578.76	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se verifico en la dirección X-X, el cual cumple con la condición de sismo severo.

Tabla N° 31: Verificación por sismo severo eje Y-Y

Piso	Sismo	V_{Ei}	Aporte albañilería (tonf)	Aporte concreto (tonf)	Cortante V_{mi}	Verificación $\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$
5	SY(FE=1.378)	143.3441	175.78	98.06	273.84	Cumple
4	SY(FE=1.378)	261.951	231.95	98.06	330.01	Cumple
3	SY(FE=1.378)	347.7841	292.38	98.06	390.44	Cumple
2	SY(FE=1.378)	406.5453	352.60	98.06	450.66	Cumple
1	SY(FE=1.378)	432.1819	372.44	98.06	470.50	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se verifico en la dirección Y-Y, el cual cumple con la condición de sismo severo.

5.8 Costos de ejecución

Se inició hallando los metrados de los elementos estructurales que componen el sistema Albañilería confinada, la cual se procedió con un modelamiento en el software Revit Estructura como se muestra en la figura N° 15. Posteriormente, se exportaron las cuantificaciones requeridas.



Figura N° 15: Modelamiento del sistema Albañilería confinada en Revit Estructura

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el presupuesto de ejecución del sistema Albañilería confinada se tomaron en cuenta las diferentes partidas, desde la colocación de varillas de acero hasta la etapa de desencofrado en cada elemento de la estructura.

Tabla N° 32: Presupuesto

ESPECIFICACIONES	UNID.	CANT.	COSTO		TOTAL
			UNITARIO	PARCIAL	
COLUMNAS					42587.93
Concreto $f'c=175$ kg/cm ²	m ³	36.54	313.74	11464.06	
Encofrado y Desencofrado	m ²	146.50	66.75	9778.88	

Acero	Kg.	3930.94	5.43	21344.99	
PLACAS					17627.66
Concreto f'c=175 kg/cm2	m3	8.05	322.85	2598.94	
Encofrado y Desencofrado	m2	72.80	65.72	4784.42	
ACERO	Kg.	1886.61	5.43	10244.30	
VIGAS					42907.74
Concreto f'c=175 kg/cm2	m3	35.08	290.91	10205.12	
Encofrado y Desencofrado	m2	111.89	75.41	8437.44	
Acero	Kg.	4468.73	5.43	24265.18	
LOSAS					
Losas Aligeradas					76252.44
Concreto f'c=175 kg/cm2	m3	38.91	290.91	11319.31	
Encofrado y Desencofrado	m2	443.98	47.91	21271.08	
Acero	Kg.	4094.78	5.87	24036.38	
Ladrillos para Techo	μ	3614	5.43	19625.67	
Losas Maciza					23856.67
Concreto f'c=175 kg/cm2	m3	23.47	290.91	6827.66	
Encofrado y Desencofrado	m2	117.20	57.89	6784.71	
Acero	Kg.	1886.61	5.43	10244.30	
MUROS DE ALBAÑILERIA					94634.45
Muro de Soga con Ladrillo king kong de 13 x 12.5 x 9	m2	689	76.95	53023.17	
Muro de Cabeza con Ladrillo king kong de 23 x 12.5 x 9	m2	323.32	128.7	41611.28	
				Costo Directo (S/)	297866.88
				Gastos Generales 20% (S/)	59573.38
				IGV 18% (S/)	53616.04
				Total (S/)	411056.30

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: SISTEMA DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

6.1 Predimensionamiento

6.1.1 Predimensionamiento de losas

Se modelaron losas macizas en 2 direcciones para la edificación multifamiliar de 5 pisos, tomando en cuenta las siguientes condiciones (Blanco, 1994):

- $h = 15$ cm para luces no mayores a 5.5 m.
- $h = 20$ cm para luces no mayores a 6.5 m.

Para ambas condiciones se puede disminuir el espesor considerando losa maciza de 2 direcciones.

- $h \geq \text{perímetro} / 180$.

Se tomó como ejemplo el paño con mayor área ubicado entre los ejes A-B y 1-8:

$$\text{Perímetro} = 2 * 3.6 + 2 * 4.68 = 16.56 \text{ m.}$$

$$h \geq \frac{16.56}{180} = 0.09\text{m}$$

Todas las losas macizas fueron de 10cm de espesor, a excepción de los ambientes para instalaciones sanitarias donde se tomó 20cm de espesor.

6.1.2 Predimensionamiento de muros de ductilidad limitada

Se consideraron muros con espesor mínimo de 10cm en ambos ejes “X” y “Y” para todos los pisos, los cuales cumplieron la función de reducir la fuerza cortante sísmica total en la estructura. (Blanco, 1994).

La distribución de dichos muros estructurales es mostrada en la figura N° 16, con una vista en planta típica de la edificación de 5 pisos.

6.3 Medrado de cargas

6.3.1 Carga Muerta

Se realizó el siguiente cálculo para determinar la carga en las losas macizas de la edificación:

$$0.05\text{m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.12 \frac{\text{tn}}{\text{m}^2}$$

Asimismo, se asignaron las siguientes cargas, indicados en la tabla N° 33, para los alféizares de las ventanas de la edificación:

Tabla N° 33: Cargas muertas aplicadas a alféizares de ventanas - MDL

Ventana	Cálculo	CM (tn/m)
V-1	1.0m * 0.1m * 2.4tn/m ³	0.24
V-2	2.1m * 0.1m * 2.4tn/m ³	0.504
V-3	2.1m * 0.1m * 2.4tn/m ³	0.504
V-4	1.2m * 0.1m * 2.4tn/m ³	0.288
V-5	1.2m * 0.1m * 2.4tn/m ³	0.288
V-6	2.1m * 0.1m * 2.4tn/m ³	0.504

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Carga Viva

La carga viva considerada para corredores y escaleras fue de 200 kg/m², mientras que para la azotea fue de 100 kg/m² por ser el caso de una vivienda multifamiliar (Norma E.020 Cargas).

Por otra parte, para el tanque elevado de agua se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{Área de losa para tanque elevado} = 3.525 * 2.65 = 9.34 \text{ m}^2$$

Dotación de agua = 150 L / pers. (Norma IS.010 Instalaciones sanitarias para edificaciones)

$$\text{Dotación de agua requerida} = 150\text{L} * 30\text{pers.} = 4500 \text{ L} = 4500 \text{ kg}$$

$$\text{Carga viva para tanque elevado} = \frac{4500}{9.34} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga viva para tanque elevado} = 581.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.58 \frac{\text{tn}}{\text{m}^2}$$

6.4 Análisis estático

6.4.1 Fuerza cortante basal

Se presentaron las siguientes características geotécnicas según las especificaciones técnicas de los planos de estructuras de la zona de estudio:

- Capacidad portante = 2 kg/cm²
- Comportamiento rígido del suelo

Se empezó a calcular los parámetros de diseño según la norma E.030:

- Factor de Zona (Z):

$Z = 0.45$, el edificio a evaluar se encuentra en zona sísmica 4.

- Factor de Uso (U):

$U = 1$, por clasificarse como una edificación común, categoría C.

Por lo tanto:

- Factor de Amplificación de Suelo (S):

$S = 1$, debido a que el suelo es considerado tipo S1 (suelo muy rígido) y se encuentra en zona de sismo 4.

- Periodo $T_P = 0.4$ s

- Periodo $T_L = 2.5$ s

Dirección “X”:

- Periodo Fundamental de Vibración (T):

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

$C_T = 60$, para Muros de ductilidad limitada

$h_n = 14$ m

Entonces: $T = 0.23$ s

- Por lo tanto, Factor de Amplificación Sísmica (C):

$C_X = 2.5$, ya que $T < T_P$

- Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas (R):

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

$R_0 = 4$, para Muros de ductilidad limitada.

$I_a = 1$, no presenta irregularidades en altura

$I_p = 1$, no presenta irregularidades en planta

Por lo tanto: $R_x = 4$

A continuación, en la tabla N° 34 se detallan los valores de peso en dirección “X” por cada piso de la estructura usando la combinación de carga $CM + 0.25 CV$:

Tabla N° 34: Peso de la edificación en dirección X - MDL

Piso	Pi (tn)
5	100.301
4	141.045
3	143.017
2	143.017
1	143.017
$\Sigma =$	670.396

Fuente: Elaboración propia

Con ello, se determinó la fuerza cortante en la base:

$$V_x = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$
$$V_x = 188.549 \text{ tn}$$

Dirección “Y”:

- Periodo Fundamental de Vibración (T):

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

$C_T = 60$, para Muros de ductilidad limitada.

$h_n = 14 \text{ m}$

Entonces: $T = 0.23 \text{ s}$

- Por lo tanto, Factor de Amplificación Sísmica (C):

$C_y = 2.5$, ya que $T < T_p$

- Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas (R):

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

$R_0 = 4$, para Muros de ductilidad limitada.

$I_a = 1$, no presenta irregularidades en altura.

$I_p = 1$, no presenta irregularidades en planta.

Por lo tanto: $R_y = 4$

Luego se procedió a hallar los valores de peso por cada piso de la estructura según ETABS. La tabla N° 35 muestra tales pesos obtenidos en la dirección “Y”.

Tabla N° 35: Peso de la edificación en dirección Y - MDL

Piso	Pi (tn)
5	100.301
4	141.045
3	143.017
2	143.017
1	143.017
$\Sigma =$	670.396

Fuente: Elaboración propia

Con ello, se calculó la fuerza cortante en la base:

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

$$V_y = 188.549 \text{ tn}$$

6.4.2 Fuerzas laterales equivalentes

En las siguientes tablas N° 36 y N° 37 se hallaron las fuerzas laterales por piso en dirección “X” y “Y” respectivamente, después de haber determinado los pesos correspondientes en la estructura.

- Dirección “X”:

Considerando $T \leq 0.5\text{seg}$:

Exponente $k=1$

Tabla N° 36: Fuerzas laterales equivalentes por piso en dirección “X” - MDL

Piso	h_i (m)	P_i (tn)	$P_i * h_i^k$ (tn-m)	$\alpha_i = \frac{P_i * h_i^k}{\sum_{j=1}^n P_j * h_j^k}$	F_i (m)
5	14	100.301	1404.218	0.261	49.152
4	11.2	141.045	1579.700	0.293	55.295
3	8.4	143.017	1201.339	0.223	42.051
2	5.6	143.017	800.893	0.149	28.034
1	2.8	143.017	400.446	0.074	14.017
		$\Sigma =$	5386.595		

Fuente: Elaboración propia

- Dirección “Y”:

Tomando $T \leq 0.5\text{seg}$:

Exponente $k=1$

Tabla N° 37: Fuerzas laterales equivalentes por piso en dirección “Y” – MDL

Piso	h_i (m)	P_i (tn)	$P_i * h_i^k$ (tn-m)	$\alpha_i = \frac{P_i * h_i^k}{\sum_{j=1}^n P_j * h_j^k}$	F_i (m)
5	14	100.301	1404.218	0.261	49.152
4	11.2	141.045	1579.700	0.293	55.295
3	8.4	143.017	1201.339	0.223	42.051
2	5.6	143.017	800.893	0.149	28.034
1	2.8	143.017	400.446	0.074	14.017
		$\Sigma =$	5386.595		

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Distorsiones

Los valores de Drift se obtuvieron con el Software ETABS; con ello se determinaron las distorsiones en cada piso para el análisis estático, verificando que sean menores a 0.005. Se comprobó tal límite establecido

por la norma E.030, en la tabla N° 38 para dirección “X” y tabla N°39 para dirección “Y”.

- Dirección “X”:

Tabla N° 38: Distorsiones por piso en dirección “X” del análisis estático - MDL

Piso	Drift	Drift * 0.75 * R	CUMPLE / NO CUMPLE
5	0.000059	0.000177	CUMPLE
4	0.000069	0.000207	CUMPLE
3	0.000073	0.000219	CUMPLE
2	0.000069	0.000207	CUMPLE
1	0.000047	0.000141	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- Dirección “Y”:

Tabla N° 39: Distorsiones por piso en dirección “Y” del análisis estático - MDL

Piso	Drift	Drift * 0.75 * R	CUMPLE / NO CUMPLE
5	0.000452	0.001356	CUMPLE
4	0.000461	0.001383	CUMPLE
3	0.000440	0.001320	CUMPLE
2	0.000363	0.001089	CUMPLE
1	0.000183	0.000549	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

6.5 Análisis modal espectral

6.5.1 Participación modal de masas

Se evaluó y verificó en la estructura que la suma de las masas efectivas de al menos 3 modos de vibración en dirección “X” y “Y” cumplan como mínimo el 90% de la masa total, según lo especificado en la Norma E.030 Diseño sismorresistente.

En la siguiente tabla N° 40 se observa los 15 modos de vibración de la edificación, con la participación de masas respectivas. Para la dirección “X”, se cumplió el mínimo requerido a partir del 6to modo; mientras que, para la dirección “Y” se presentó a partir del 5to modo.

Tabla N° 40: Participación de masas en 15 modos - MDL

Modo	Suma de masas Eje “X”	Suma de masas Eje “Y”
1	0.00000155	0.6367
2	0.7756	0.6367
3	0.7756	0.7444
4	0.7756	0.8936
5	0.7756	0.9163
6	0.9381	0.9163
7	0.9381	0.9233
8	0.9381	0.9688
9	0.9753	0.9688
10	0.9753	0.9878
11	0.9753	0.9909
12	0.9753	0.9916
13	0.9859	0.9916
14	0.9859	0.9972
15	0.9859	0.9986

Fuente: Elaboración propia

6.5.2 Factor de escala

La fuerza cortante en la base obtenida del análisis dinámico modal espectral fue amplificada a un 80% de la fuerza cortante basal del análisis estático, por ser el caso de una estructura regular (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2020). En la tabla N° 41 se muestra dichas fuerzas cortantes obtenidas para cada análisis sísmico:

Tabla N° 41: Fuerza cortante basal en análisis estático y análisis dinámico espectral - MDL

Análisis sísmico	Cortante Basal eje "X" (tn)	Cortante Basal eje "Y" (tn)
Estático	188.549	188.549
Modal espectral	151.092	127.281

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$\text{Factor escala en eje "X"} = \frac{80\% * 188.549}{151.092} = 0.998$$

$$\text{Factor escala en eje "Y"} = \frac{80\% * 188.549}{127.281} = 1.185$$

6.5.3 Verificación de Irregularidades

- Irregularidad torsional: Se corroboró que no existiera irregularidad por torsión en el análisis sísmico modal espectral. En las siguientes tablas N° 42 y N° 43 podemos observar los respectivos resultados según la Norma E.030:

Tabla N° 42: Verificación de irregularidad torsional en dirección "X" del análisis modal espectral - MDL

Piso	Deriva	50% distorsión permisible	CUMPLE / NO CUMPLE
5	0.000153	0.0025	CUMPLE
4	0.000180	0.0025	CUMPLE
3	0.000189	0.0025	CUMPLE
2	0.000177	0.0025	CUMPLE
1	0.000120	0.0025	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 43: Verificación de irregularidad torsional en dirección “Y” del análisis modal espectral - MDL

Piso	Deriva	50% distorsión permisible	CUMPLE / NO CUMPLE
5	0.001359	0.0025	CUMPLE
4	0.001389	0.0025	CUMPLE
3	0.001317	0.0025	CUMPLE
2	0.001083	0.0025	CUMPLE
1	0.000555	0.0025	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- Irregularidad de rigidez - piso blando: Tras realizar el análisis dinámico modal espectral se comprobó en los cálculos de las siguientes tablas N° 44 y N° 45 la no existencia de irregularidad de rigidez o por piso blando en la edificación de estudio, como lo indica la Norma E.030:

Tabla N° 44: Verificación de irregularidad de rigidez en dirección “X” del análisis modal espectral - MDL

Piso	Rigidez (tn/m)	$\frac{K_i}{K_{i+1}} < 70\%$	REGULAR / IRREGULAR	$\frac{K_i}{\text{Prom}(K_{i+1}, K_{i+2}, K_{i+3})} < 80\%$	REGULAR / IRREGULAR
5	322390.500				
4	547372.737	170%	REGULAR		
3	710061.784	130%	REGULAR		
2	928419.499	131%	REGULAR	176%	REGULAR
1	1399452.651	151%	REGULAR	192%	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 45: Verificación de irregularidad de rigidez en dirección “Y” del análisis modal espectral - MDL

Piso	Rigidez (tn/m)	$\frac{K_i}{K_{i+1}} < 70\%$	REGULAR / IRREGULAR	$\frac{K_i}{\text{Prom}(K_{i+1}, K_{i+2}, K_{i+3})} < 80\%$	REGULAR / IRREGULAR
5	58275.008				

4	107036.332	184%	REGULAR		
3	148935.146	139%	REGULAR		
2	207387.344	139%	REGULAR	198%	REGULAR
1	422120.431	204%	REGULAR	273%	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

- Irregularidad de resistencia – piso débil: Los cálculos mostrados en las tablas N° 46 y N° 47, según lo especificado en la Norma E.030, indican que no existió irregularidad de resistencia o por piso débil en ningunos de los ejes “X” y “Y” para el análisis modal espectral.

Tabla N° 46: Verificación de irregularidad de resistencia en dirección “X” del análisis modal espectral – MDL

Piso	Resistencia F. Cortante (Fn)	$\frac{V_{x_i}}{V_{x_{i+1}}} < 80\%$	REGULAR / IRREGULAR
5	44.964		
4	88.820	198%	REGULAR
3	120.491	136%	REGULAR
2	141.679	118%	REGULAR
1	152.150	107%	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 47: Verificación de irregularidad de resistencia en dirección “Y” del análisis modal espectral - MDL

Piso	Resistencia F. Cortante (Fn)	$\frac{V_{x_i}}{V_{x_{i+1}}} < 80\%$	REGULAR / IRREGULAR
5	49.576		
4	93.289	188%	REGULAR
3	123.871	133%	REGULAR
2	143.281	116%	REGULAR
1	152.101	106%	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

6.5.4 Pseudo aceleración espectral

Se calculó el espectro de pseudo aceleraciones en diferentes intervalos de tiempo, tal como se observa en la tabla N° 48, para la dirección horizontal de estudio.

Tabla N° 48: Tiempos y pseudo aceleraciones - MDL

T (s)	S _a (m/s ²)
0	0.2812
0.1	0.2812
0.2	0.2812
0.3	0.2812
0.4	0.2812
0.5	0.225
0.6	0.1875
0.7	0.1607
0.8	0.1406
0.9	0.125
1	0.1125
1.2	0.0938
1.5	0.075
1.7	0.0662
2	0.0562
2.5	0.045
3	0.0312
3.5	0.023
4	0.0176
5	0.0113
8	0.0044
11	0.0023

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura N° 18 se ilustra dicho espectro de respuesta en función del periodo natural de vibración de la estructura.

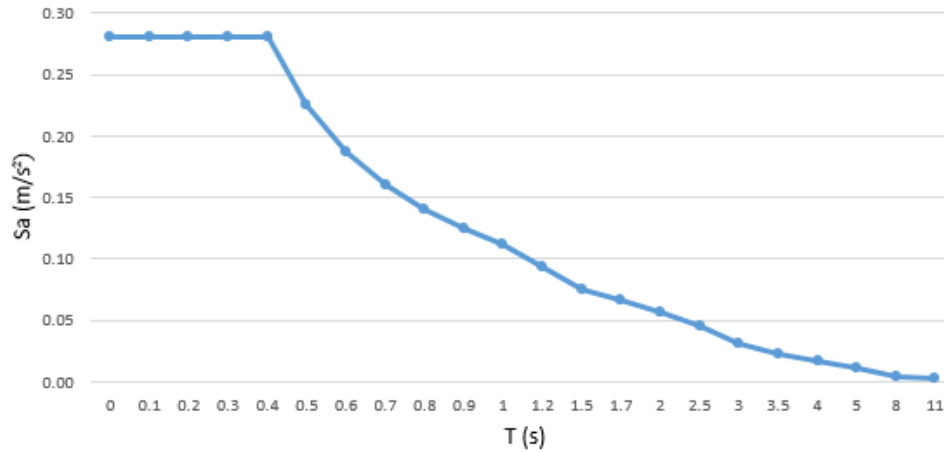


Figura N° 18: Espectro de pseudo aceleración - MDL

Fuente: Elaboración propia usando Excel

6.5.5 Distorsiones

En las siguientes tablas: N° 49 y N° 50 para ejes “X” y “Y” respectivamente, se muestran las distorsiones en cada piso para el análisis dinámico modal espectral:

- Dirección “X”:

Tabla N° 49: Distorsiones por piso en dirección “X” del análisis dinámico - MDL

Piso	Drift	Drift * 0.75 * R	CUMPLE / NO CUMPLE
5	0.000051	0.000153	CUMPLE
4	0.000060	0.000180	CUMPLE
3	0.000063	0.000189	CUMPLE
2	0.000059	0.000177	CUMPLE
1	0.000040	0.000120	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

- Dirección “Y”:

Tabla N° 50: Distorsiones por piso en dirección “Y” del análisis dinámico - MDL

Piso	Drift	Drift * 0.75 * R	CUMPLE / NO CUMPLE
5	0.000453	0.001359	CUMPLE
4	0.000463	0.001389	CUMPLE
3	0.000439	0.001317	CUMPLE
2	0.000361	0.001083	CUMPLE
1	0.000185	0.000555	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

6.5.6 Desplazamientos laterales

Los valores de los desplazamientos laterales que experimentó cada nivel de la estructura, tal como se muestra en las tablas N° 51 y N° 52, fueron determinados después de obtener los resultados del análisis lineal elástico en ETABS.

- Dirección “X”:

Tabla N° 51: Desplazamientos laterales máximos por piso en dirección “X” - MDL

Piso	Altura (m)	Desplazam. calculado (m)	Desp. calc. * 0.75 * R (m)
5	14	0.000762	0.00229
4	11.2	0.00062	0.00186
3	8.4	0.000454	0.00136
2	5.6	0.000278	0.00083
1	2.8	0.000113	0.00034

Fuente: Elaboración propia

- Dirección “Y”:

Tabla N° 52: Desplazamientos laterales máximos por piso en dirección “Y” - MDL

Piso	Altura (m)	Desplazam. calculado (m)	Desp. calc. * 0.75 * R (m)
5	14	0.005305	0.01592
4	11.2	0.004042	0.01213
3	8.4	0.002753	0.00826
2	5.6	0.001528	0.00458
1	2.8	0.000519	0.00156

Fuente: Elaboración propia

6.5.7 Junta sísmica

La junta sísmica se diseñó seleccionando el piso con mayor desplazamiento máximo en la edificación:

$$\text{Mayor desplazamiento máximo} = \delta_{cal\ max} * 0.75R = 0.01592\ \text{m}$$

$$1^\circ\ \text{condición: Mayor desplazamiento máximo} * \frac{2}{3} = 0.0106\ \text{m}$$

$$\text{Altura} = 14\ \text{m.}$$

$$2^\circ\ \text{condición: } 0.006 * \text{Altura} = 0.084\ \text{m}$$

Según la siguiente inecuación:

$$\frac{2}{3} \delta_{cal\ max} * 0.75R \leq S_{min} \leq 0.006 * h$$

La junta sísmica mínima a considerar fue de 0.05m = 5cm.

6.5.5. Resistencia a cortante

En la edificación a evaluar se seleccionó el muro que presenta mayor fuerza cortante y momento flector, tal como se detalla en la tabla N° 53, para un sismo dinámico en dirección “X” y “Y”.

Tabla N° 53: Muro vulnerable en sismo modal espectral - MDL

Descripción de muro vulnerable	
Nombre	P4Y

Dirección	Eje Y
Ubicación	piso 2
Fuerza cortante	27.592 tn
Momento de curvatura	49.513 tn-m

Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se halló el diagrama de interacción para el muro P4Y seleccionado, con los siguientes datos de la tabla N° 54 obtenidos del modelamiento estructural en ETABS:

Tabla N° 54: Puntos de diagrama de interacción de muro vulnerable - MDL

Punto	P (tn)	M3 (tn-m)
1	234.878	0.000
2	234.878	39.575
3	225.698	65.424
4	194.954	84.407
5	162.583	96.756
6	127.528	102.898
7	109.439	117.298
8	83.384	123.140
9	36.741	93.884
10	-9.902	51.593
11	-53.652	0.000

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura N° 19 se presenta la curva de interacción del muro estructural en eje “Y”.

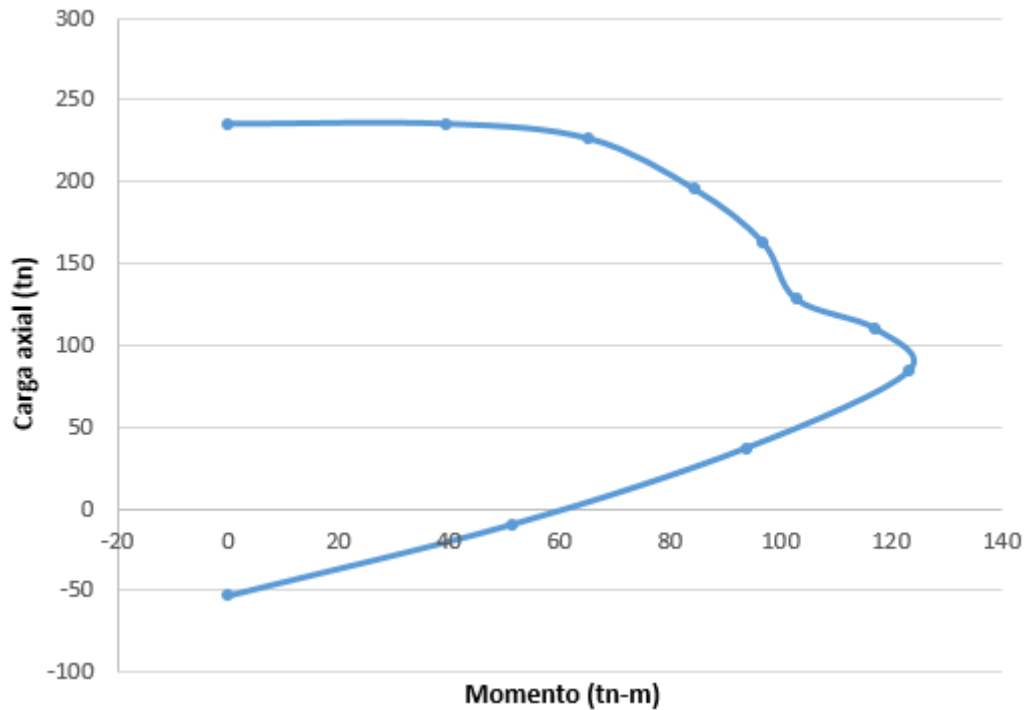


Figura N° 19: Diagrama de interacción Carga y Momento de muro vulnerable - MDL

Fuente: Elaboración propia usando Excel

Luego, se obtuvieron las cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores empleando las combinaciones de cargas de diseño según norma E.020 y E.060.

En la tabla N° 55 se aprecia que la combinación: “0.9 Carga Muerta + Sismo Dinámico en eje Y” desarrolló mayor fuerza cortante y momento flector.

Tabla N° 55: Combinaciones de carga en muro vulnerable - MDL

Combinación de carga	P (tn)	V2 (tn)	M3 (tn-m)
CM	-15.175	-0.381	-0.414
CM + CV	-18.613	-0.470	-0.514
CM + 0.7 SDX	-14.704	0.146	0.502
CM + 0.7 SDY	-14.870	18.934	34.245
0.75 CM + 0.75 CV + 0.525 SDX	-13.606	0.042	0.302

0.75 CM + 0.75 CV + 0.525 SDY	-13.730	14.133	25.609
0.75 CM + 0.75 CV	-13.959	-0.353	-0.385
0.75 CM + 0.525 SDX	-11.028	0.109	0.377
0.75 CM + 0.525 SDY	-11.152	14.200	25.684
1.4 CM + 1.7 CV	-27.089	-0.686	-0.749
1.25 CM + 1.25 CV	-23.266	-0.588	-0.642
0.9 CM	-13.658	-0.343	-0.373
1.25 CM + 1.25 CV + SDX	-22.592	0.164	0.667
1.25 CM + 1.25 CV + SDY	-22.829	27.004	48.871
1.25 CM + 1.25 CV - SDX	-22.592	0.164	0.667
1.25 CM + 1.25 CV - SDY	-22.829	27.004	48.871
0.9 CM + SDX	-12.984	0.410	0.937
0.9 CM + SDY	-13.221	27.250	49.141
0.9 CM - SDX	-12.984	0.410	0.937
0.9 CM - SDY	-13.221	27.250	49.141

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a calcular la fuerza cortante de diseño V_u :

$$V_u \geq V_{ua} * \frac{M_n}{M_{ua}}$$

Los valores de la fuerza cortante amplificada V_{ua} y momento amplificado M_{ua} se obtuvieron de la tabla 14; mientras que, para el momento nominal M_n se empleó la tabla 13:

$$V_{ua} = 27.250 \text{ tn.}$$

$$M_{ua} = 49.141 \text{ tn-m.}$$

$$M_n = 123.140 \text{ tn-m.}$$

Por lo tanto:

$$\text{Fuerza cortante de diseño } (V_u) = 68.284 \text{ tn.}$$

Se continuó calculando la resistencia nominal al cortante del concreto V_c :

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

Donde:

$$f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

Las dimensiones del muro P4Y son:

$$b_w = 2.65 \text{ m}$$

$$e = 0.10 \text{ m}$$

Por lo tanto:

Resistencia nominal al cortante del concreto $V_c = 18579.789 \text{ kg} = 18.580 \text{ tn}$

A continuación, se obtuvo la resistencia nominal al cortante del refuerzo V_s :

$$\begin{aligned} V_c + V_s &= V_n \\ \phi V_c + \phi V_s &= \phi V_n \\ \phi V_c + \phi V_s &= V_u \\ V_s &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \end{aligned}$$

Donde:

$$\phi = 0.85$$

Por lo tanto:

Resistencia nominal al cortante del refuerzo $V_s = 61.754 \text{ tn}$

Entonces:

Resistencia nominal al cortante $V_n = 80.334 \text{ tn}$

También se halló la resistencia nominal al cortante V_n con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} V_n &= 2.6 * \sqrt{f'c} * A_{c_w} \\ V_n &= 2.6 * \sqrt{f'c} * b_w * e \end{aligned}$$

Por lo tanto:

Resistencia nominal al cortante $V_n = 91146.133 \text{ kg} = 91.146 \text{ tn}$

Se utilizó la mayor resistencia nominal al cortante V_n como resultado final.

Finalmente se verifica la siguiente condición:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.85 * 91.146 \geq 68.284$$

$$77.474 \geq 64.310 \text{ (Cumple)}$$

6.6 Costos de ejecución

Inicialmente, se calcularon los metrados de los diferentes elementos estructurales que componen el sistema Muros de ductilidad limitada. En la figura N° 20 se aprecia el modelamiento de la edificación realizado en el software Revit Estructura.

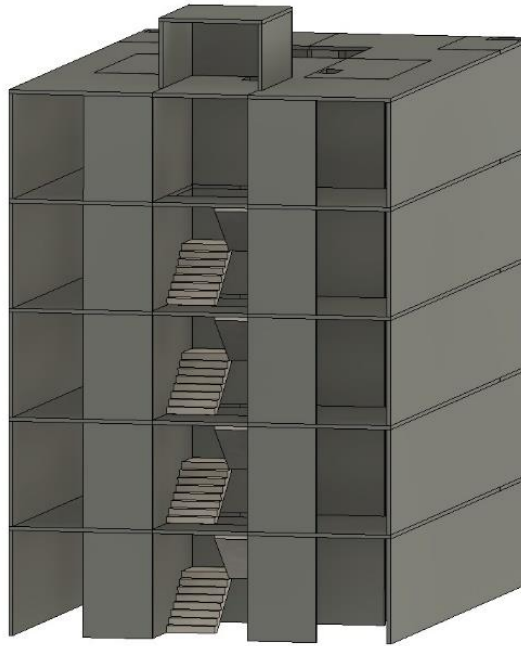


Figura N° 20: Modelamiento del sistema Muros de ductilidad limitada en Revit Estructura

Fuente: Elaboración propia usando Revit Estructura

Al finalizar la elaboración de metrados, se procede a calcular el presupuesto para la ejecución del sistema Muros de ductilidad limitada en la edificación de estudio. En dicho presupuesto, planteado en la tabla N° 56, se consideraron los diferentes precios totales de los elementos estructurales desde la colocación de varillas de acero hasta la etapa de desencofrado.

Tabla N° 56: Costos de ejecución del sistema Muros de ductilidad limitada

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
1	Estructuras				
1.01	Muros de ductilidad limitada				302 672.33
01.01.01	Acero de Muros de ductilidad limitada	kg	12 872.851	5.43	69 899.58
01.01.02	Encofrado y desencofrado de Muros de ductilidad limitada	m ²	2 843.46	65.72	186 872.19
01.01.03	Concreto de Muros de ductilidad limitada	m ³	142.173	322.85	45 900.55
1.02	Losa maciza				88 255.59
01.02.01	Acero de losa maciza	kg	4 685.279	5.43	25 441.06
01.02.02	Encofrado y desencofrado de losa maciza	m ²	693.14	57.89	40 125.87
01.02.03	Concreto de losa maciza	m ³	77.992	290.91	22 688.65
				Costo Directo (S/.)	390 927.92
				Gastos Generales 20% (S/.)	78 185.583
				IGV 18% (S/.)	70 367.025
				Total (S/.)	539 480.53

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Resultados de la investigación

7.1.1 Resultados del objetivo específico 1

Tras modelar y obtener los resultados de ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada para la edificación multifamiliar de 5 pisos, se observó que el sistema Muros de ductilidad limitada muestra mayor resistencia a esfuerzos de corte en el muro P4Y ubicado en el descanso de la escalera, siendo la diferencia de 16.038 tn comparado con el sistema Albañilería confinada; asimismo, no requirió de vigas y columnas de confinamiento ya que su poco espesor de muros impide usar estribos en dichos elementos estructurales; también, brindó mayor rigidez lateral a la estructura evitando así que se generen desplazamientos inelásticos durante un sismo severo y; por otra parte, presentó menores distorsiones durante la simulación sísmica modal espectral, siendo el mayor valor igual a 0.001389 en el 4to piso de la edificación.

7.1.2 Resultados del objetivo específico 2

Se determinó la fuerza cortante basal en ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada haciendo uso del software ETABS. Con ello se pudo apreciar, tal como se observa en la tabla N°57, que el sistema de Albañilería confinada presentó mayor fuerza cortante en la base, igual a 479.933 tn; donde muestra diferentes valores, al aplicar la respectiva fórmula según norma E.030, con referente al peso total de la estructura, coeficiente básico de reducción R_o e irregularidad en planta comparándolo con el sistema Muros ductilidad limitada que obtuvo un valor final de 188.549 tn.

Tabla N° 57: Comparación de fuerza cortante basal en MDL y Albañilería confinada

Parámetro comparativo	Sistema Muros de ductilidad limitada	Sistema Albañilería confinada
Z	0.45	0.45
U	1	1
C	2.5	2.5
S	1	1
R	4	2.25
P (tn)	670.396	948.508
V (tn)	188.549	474.254

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 21 se comparan dichas fuerzas cortantes en la base para ambos sistemas estructurales. Como se aprecia en tal gráfica, las fuerzas laterales equivalentes fueron mayores en los últimos niveles (4to y 5to piso) influyendo en el valor acumulativo de la fuerza lateral total en la base.

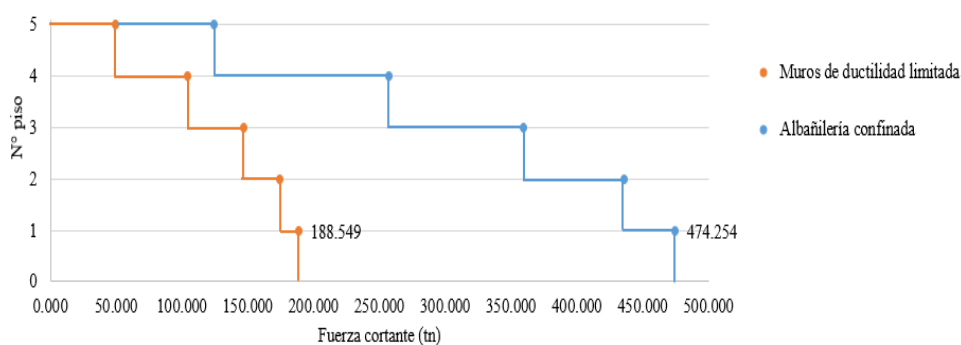


Figura N° 21: Fuerza cortante basal en MDL y Albañilería confinada

Fuente: Elaboración propia usando Excel

7.1.3 Resultados del objetivo específico 3

Se calcularon las distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos en ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada empleando el software ETABS, en el cual se destacó al sistema de

Albañilería confinada presentando mayores distorsiones y desplazamientos laterales máximos, siendo estos valores de 0.002553 y 3.364 cm respectivamente. La mayor distorsión se presentó en el 5to piso de la estructura en el análisis dinámico modal espectral en eje “Y” ya que dicha dirección contaba con menor distribución de muros portantes y elementos de confinamiento; de igual forma se dio el caso en los desplazamientos máximos, donde la estructura presentó mayor inestabilidad en el último piso considerándose todos los niveles típicos. Por otra parte, el sistema Muros de ductilidad limitada mostró una mayor resistencia a cortante máximo en sus elementos estructurales igual a 91.146 tn, debido a que los muros, los cuales generan un soporte lateral a la estructura, fueron capaces de absorber esfuerzos de corte al comportarse como elementos rígidos. Dichos resultados son presentados en la siguiente tabla N° 58.

Tabla N° 58: Comparación de distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos en MDL y Albañilería confinada

Parámetro comparativo	Sistema Muros de ductilidad limitada	Sistema Albañilería confinada
Distorsión estática máxima	0.000461	0.0015
Distorsión dinámica máxima	0.001389	0.002553
Resistencia a cortante máximo (tn)	91.146	75.108
Desplazamiento lateral máximo (cm)	1.592	3.364

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Resultados del objetivo específico 4

Tras culminar de elaborar los costos de ejecución de ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, se deduce que el sistema de Muros de ductilidad limitada requiere de mayor presupuesto, siendo su valor igual a 539 480.53 soles, a comparación del sistema Albañilería confinada que fue de 411 056.30 soles, para la construcción de una edificación multifamiliar de 5 pisos. En la siguiente tabla N°59 se

aprecia los distintos elementos estructurales y sus costos respectivos; resaltando, además, cuál de ellos presentó mayor costo:

Tabla N° 59: Comparación de costos de ejecución en MDL y Albañilería confinada

Sistema Muros de ductilidad limitada		Sistema Albañilería confinada	
Elemento estructural	Precio total (S/.)	Elemento estructural	Precio total (S/.)
		Columnas	42 587.93
		Vigas	42 907.74
		Placas	17 627.66
Muro de ductilidad limitada	302 672.33	Muro de albañilería confinada	94 634.45
Losa maciza	88 255.59	Losa maciza	23 856.67
		Losa aligerada	76 252.44

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en las figuras N° 22 y N° 23 se puede apreciar las proporciones en porcentaje de cada elemento estructural con respecto a su costo de ejecución para cada sistema: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, sucesivamente.

En ello se destaca una mayor cantidad de elementos estructurales en el sistema de Albañilería confinada, no obstante, el uso de Muros de ductilidad limitada en la estructura incrementó notablemente el costo de ejecución, generándole finalmente un mayor presupuesto en su fase constructiva.

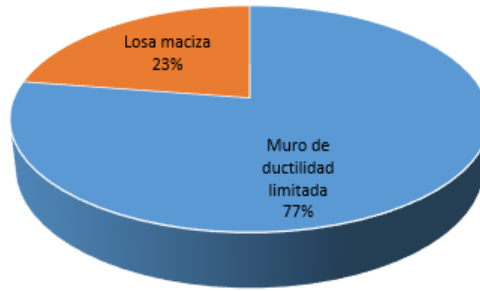


Figura N° 22: Proporciones de elementos estructurales de MDL respecto a su presupuesto total

Fuente: Elaboración propia usando Excel

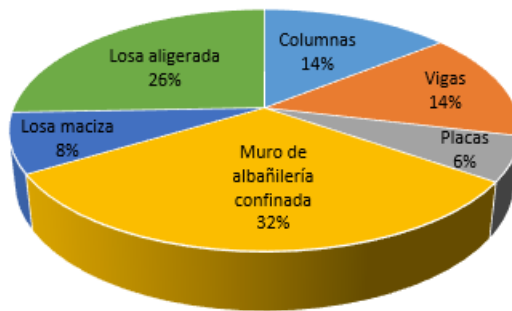


Figura N° 23: Proporciones de elementos estructurales de Albañilería confinada respecto a su presupuesto total

Fuente: Elaboración propia usando Excel

7.2. Contratación de hipótesis

- Contratación de hipótesis principal

Según la hipótesis principal: “El estudio comparativo se realizó confrontando el desempeño sísmico estático y modal espectral, y el presupuesto generado entre ambos sistemas estructurales con el fin de deducir que sistema estructural es más favorable para una edificación de 5 pisos ante un sismo severo.”

La hipótesis principal se llegó a cumplir satisfactoriamente.

Se evaluó el desempeño estructural, a través del análisis sísmico estático y modal espectral, y costos de ejecución de ambos sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, donde se presentaron resultados

más favorables en la edificación de 5 pisos con el sistema estructural Muros de ductilidad limitada para un sismo severo.

- Contrastación de hipótesis secundaria 1

Según la hipótesis secundaria 1: “Las principales ventajas de usar el sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el de Albañilería confinada son las siguientes:

No cuenta con columnas y vigas, muestra mayor rigidez lateral en su estructura y presenta menores derivas durante un movimiento sísmico.”

Se verificó la veracidad de la hipótesis secundaria 1 planteada en la presente investigación después de haber determinado las ventajas del sistema Muros de ductilidad limitada sobre el sistema Albañilería confinada. El sistema Muros de ductilidad limitada presentó menores derivas durante la simulación sísmica, no requirió de vigas y columnas de confinamiento en su estructura y mostró una mayor rigidez lateral comparándolo con el sistema Albañilería confinada.

- Contrastación de hipótesis secundaria 2

Según la hipótesis secundaria 2: “La fuerza cortante basal del sistema de Albañilería confinada es mayor, superando en un 10% al del sistema de Muros de ductilidad limitada.”

Los resultados de la cortante basal obtenidos del análisis sísmico estático de ambos sistemas estructurales nos indican que el sistema de Albañilería confinada superó en un 40% al sistema de Muros de ductilidad limitada, por lo tanto, la hipótesis planteada no se cumplió en su totalidad.

- Contrastación de hipótesis secundaria 3

Según la hipótesis secundaria 3: “El sistema de Albañilería confinada presenta menor resistencia a cortante que el sistema de Muros de ductilidad limitada, mientras que el sistema de Muros de ductilidad limitada presenta menores distorsiones y desplazamientos máximos que el sistema de Albañilería confinada.”

Al finalizar el análisis sísmico estático y análisis sísmico modal espectral según los parámetros indicados en la norma E.30 Diseño sismorresistente y

realizar los cálculos respectivos se pudo corroborar que el sistema de Muros de ductilidad limitada desarrolló menores distorsiones y desplazamientos máximos que el sistema de Albañilería confinada; así mismo, generó una mayor resistencia a cortante que el sistema de Albañilería confinada, por lo tanto se logró cumplir exitosamente la hipótesis planteada.

- Contrastación de hipótesis secundaria 4

Según la hipótesis secundaria 4: “El sistema de Muros de ductilidad limitada muestra un 20% mayor costo de ejecución que el sistema de Albañilería confinada debido a que se utiliza más concreto y acero en su proceso constructivo.”

Respecto a los costos de ejecución obtenidos de los metrados calculados en cada sistema estructural: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, se observó efectivamente que el sistema Muros de ductilidad limitada utilizó mayor cantidad de concreto y de acero, comparándolo con el sistema Albañilería confinada. Sin embargo el sistema Muros de ductilidad limitada llegó a presentar un 24% mayor costo de ejecución que el sistema Albañilería confinada, por lo tanto no se consiguió verificar la hipótesis planteada.

CONCLUSIONES

1. Después de determinar las ventajas que otorga el uso del sistema Muros de ductilidad limitada sobre el sistema Albañilería confinada en una edificación de 5 pisos, se dedujo que los muros de ductilidad limitada presentan un mejor desempeño de estabilidad estructural, siendo capaces de generar mayor resistencia ante movimientos del suelo; el cual es un factor muy fundamental a considerar en futuras construcciones ya que el país Perú se localiza en la zona “Cinturón de fuego del Pacífico”, donde existe vulnerabilidad a presenciar diferentes ondas sísmicas en su superficie terrestre.
2. La diferencia en cuanto a la fuerza cortante en la base obtenida de los sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, existió debido a los siguientes motivos:
 - Al momento de realizar el modelamiento en ETABS, el sistema Albañilería confinada contó con un mayor peso total en su estructura debido a sus elementos estructurales que los compone, tales como: losas aligeradas de 20cm de espesor, columnas y vigas de confinamiento.
 - Se redujo el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R) para hallar la cortante basal en el sistema Albañilería confinada, ya que existió irregularidad por torsión en planta según lo establecido en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.
3. Ambos sistemas estructurales cumplieron eficazmente los máximos desplazamientos relativos (derivadas) de entrepiso establecidos por la norma E.030 Diseño Sismorresistente, siendo de tal forma, todos los valores obtenidos menores a 0.005 en ambas direcciones “X” y “Y” de la estructura. Concluyendo, además que el sistema Muros de ductilidad limitada presentó menores desplazamientos laterales máximos que el sistema Albañilería confinada debido a una mayor densidad de los muros portantes, y, a la vez, menores derivadas que el sistema Albañilería confinada a consecuencia de la gran rigidez lateral aportada por sus elementos verticales estructurales.

4. Por otra parte, el sistema Muros de ductilidad limitada desarrolló una mayor resistencia a cortante con relación al sistema Albañilería confinada debido a su gran capacidad de absorber fuerzas horizontales de sismo aplicada en la superficie de sus elementos portantes.

5. Al observar y evaluar el mayor costo de ejecución del sistema Muros de ductilidad limitada sobre el sistema Albañilería confinada, se llegó a la conclusión de que el factor predominante en el incremento del presupuesto final del sistema Muros de ductilidad limitada fue la partida encofrado y desencofrado de muros de ductilidad limitada, debido al metrado total generado para todos los niveles de la edificación; dicha partida equivalió un 63% del presupuesto total del sistema Albañilería confinada.

RECOMENDACIONES

1. Se propone priorizar e impulsar el diseño y ejecución del sistema Muros de ductilidad limitada en edificaciones de 5 pisos debido a su alta resistencia sísmica. No obstante, para ello es importante seguir un correcto asesoramiento en todas las etapas constructivas y supervisión de Ingenieros civiles especializados en el área de estructuras para evitar futuras imperfecciones en su proceso constructivo.
2. Es importante realizar un adecuado estudio de suelo para, así, poder conocer con precisión las características, diferentes estratos o resistencia que presenta el terreno donde se construirá la edificación de 5 pisos; para ello se puede hacer uso de calicatas, sondeos o penetrómetros. De este modo, se podrá conocer el tipo de perfil de suelo a trabajar durante el análisis sísmico estático y dinámico modal espectral.
3. Para evitar incumplimiento con las derivas máximas especificadas en la norma E.030 Diseño Sismorresistente para cada sistema estructural: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada, se deben ubicar los elementos portantes para ambos ejes: “X” y “Y” de tal forma que exista una distribución equilibrada de los pesos estructurales para cada dirección en el plano. Además, se debe procurar diseñar estructuras regulares tanto en planta como en altura para evitar desplazamientos laterales máximos excesivos.
4. Se debe emplear una lista de costos unitarios actualizados de los materiales de construcción, manos de obras y equipos y/o herramientas de cada partida para conseguir un presupuesto final más preciso en cada sistema estructural: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.
5. Se recomienda a futuros estudiantes o catedráticos de Ingeniería Civil interesados en la rama de estructuras, efectuar también un estudio de la sub-estructura de la edificación, es decir, incluir el diseño de la cimentación en los sistemas Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.

6. Se sugiere desarrollar en próximas tesis o proyectos de investigación un análisis dinámico Tiempo-Historia siguiendo los parámetros indicados en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, y realizar una comparación con el análisis dinámico espectral para conocer los diferentes comportamientos sísmicos de la estructura de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, T. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería..* Lima-Perú: San Marcos E.I.R.L.
- AC ARQUITECTOS (2021). *La construcción informal en el Perú..* Lima-Perú. Obtenido de <https://acarquitectos.com.pe/wonderful-serenity-has-taken/>
- Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado.* Lima-Perú: PRINCELINNESS E.I.R.L
- Caceres Caceres, A. y Enriquez Ranilla, 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 Pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa-Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2436>
- Cayatopa Delgado, K. (2019). *Análisis Económico Comparativo entre Sistemas con Albañilería Confinada y Armada en un Edificio Residencial - Chiclayo* (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo-Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/37629>
- Chasi Benavides, L. (2016). *Análisis comparativo de un sistema aporticado y un sistema de muros de ductilidad limitada y su incidencia en el costo beneficio* (Trabajo Experimental). Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23560>
- Chero Damian, J. (2017) *Muros de corte de concreto armado (Shear Wall)*. Lima-Perú. Obtenido de <https://docplayer.es/63808141-Juan-manuel-cherodamian-muros-de-corte-de-concreto-armado-shear-wall.html>
- Egoabil Apolinarez, X. (2019). *Análisis y diseño estructural de un edificio de viviendas multifamiliares de 6 pisos con muros de ductilidad limitada* (Tesis de Pregrado) . Universidad Continental, Huancayo-Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7110>
- Granados Sáenz, R. y López Wong, J. (2012). *Diseño de un edificio de muros de ductilidad limitada de cinco niveles* (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1188>

- Huamán Arotoma, M. (2018). *Análisis Estructural de los Sistemas de Albañilería Confinada y Muro de Ductilidad Limitada en la Construcción de un Condominio* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana los Andes, Lima-Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/528>
- Merodio Mejía, J. y Vásquez Ortiz, W. (2018). *Estudio comparativo del comportamiento 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* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/624897>
- Quiroz Cruzado, C. M. (2016). *Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/10254>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Norma Técnica de Edificación E.020 Cargas*. Lima-Perú
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima-Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado*. Lima-Perú
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería*. Lima-Perú
- Rodríguez Cuevas, D. (2016). *Análisis sismorresistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la comuna de Tomé*. (Informe de Proyecto de Título). Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción-Chile. Obtenido de <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1044>
- San Bartolomé Ramos, Á., Quiun, D. y Silva Berríos, W. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Santoyo Curi, J. (2015). *Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada de una vivienda en la ciudad*

- de Lircay* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica-Perú. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/280>
- Quiroz Cruzado, C. (2016). *Comparación del comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar proyectada mediante los sistemas de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/10254>
- Valencia Chuquimarca, M. (2020). *Edificios de baja altura con sistemas estructurales de ductilidad limitada, tipo paredes portantes ante acciones sísmicas altas*. (Trabajo de Titulación). Universidad Técnica de Machala, Machala-Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16104>
- Vizconde Campos, A. (2015). *Estudio de la calidad en la construcción de viviendas con el sistema constructivo muros de ductilidad limitada en la ciudad de Guayaquil y propuesta para su correcto funcionamiento* (Tesis de Maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36604>

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

	DEFINICION	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS
VARIABLES INDEPENDIENTES				
Muros de ductilidad limitada	Sistema estructural formado por muros de concreto armado, con un espesor de 10 o 12 cm. Soportan cargas verticales, ya que tienen una alta resistencia. (Fernández et al., 2015)	Análisis de resistencia de muros de ductilidad limitada	Modelamiento software ETABS v.19.0.0	ETABS v.19.0.0 Norma técnica peruana E.020, E.030, E.060 y E.070
Albañilería confinada	Es todo aquel sistema donde se emplea básicamente elementos de albañilería: muros, vigas, columnas, etc. (San Bartolome, 1994)	Fallas estructurales	Análisis de las principales fallas	Norma técnica peruana E.020, E.030 y E.070
		Análisis de costos de muros de albañilería confinada	Análisis y modelamiento software Revit Structure 2021, ETABS y Excel	Revit Structure 2021, ETABS y Excel
VARIABLE DEPENDIENTE				
Edificio de 5 pisos, distrito Los Olivos		Distorsiones desplazamientos resistencia al corte tipo de materiales	Resultados del software ETABS v.19.0.0	Norma técnica peruana E.020, E.030, E.060 y E.070

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLE DEPENDIENTE	ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSO INVESTIGADO	INSTRUMENTOS	MUESTRA
¿Cómo realizar el estudio comparativo entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y albañilería confinada en una edificación de 5 pisos, distrito Los Olivos?	Realizar el estudio comparativo entre el sistema de muros de ductilidad limitada y albañilería confinada.	El estudio comparativo se realizó confrontando el desempeño sísmico estático y modal espectral, y el presupuesto generado entre ambos sistemas estructurales con el fin de deducir que sistema estructural es más favorable para una edificación de 5 pisos ante un sismo severo.	Edificio de 5 pisos, distrito Los Olivos	Cuantitativo y descriptivo-correlacional	Todas las edificaciones de 5 niveles con el sistema de muros de ductilidad limitada y de albañilería confinada en el distrito Los Olivos	Normas de diseño E.020(cargas), E030(sismorresistente), E060(concreto armado) y E070(albañilería confinada); planos; softwares ETABS v.19.0.0, AutoCAD, hoja de cálculo Excel y Revit Structure 2021	Una edificación multifamiliar de 5 pisos, ubicada en Jirón Ricardo O'Donava 172 en el distrito Los Olivos
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS SECUNDARIAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSO INVESTIGADO	INSTRUMENTOS	MUESTRA
¿Qué principales ventajas existe al aplicar el sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el sistema de Albañilería confinada?	Analizar las principales ventajas de la aplicación del sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el sistema de Albañilería confinada.	Las principales ventajas de usar el sistema de Muros de ductilidad limitada sobre el de Albañilería confinada son las siguientes: No cuenta con columnas y vigas, muestra mayor rigidez lateral en su estructura y presenta menores derivas durante un movimiento sísmico.	1. Muros de ductilidad limitada 2. Albañilería confinada	Cuantitativo y descriptivo-correlacional	Todas las edificaciones de 5 niveles con el sistema de muros de ductilidad limitada y de albañilería confinada en el distrito Los Olivos	Normas de diseño E.020(cargas), E030(sismorresistente), E060(concreto armado) y E070(albañilería confinada); softwares ETABS v.19.0.0, AutoCAD, hoja de cálculo Excel y Revit Structure 2021	Una edificación multifamiliar de 5 pisos, ubicada en Jirón Ricardo O'Donava 172 en el distrito Los Olivos
¿Qué sistema estructural: Muros de ductilidad limitada o Albañilería confinada desarrolla mayor fuerza cortante basal?	Identificar el sistema estructural: Muros de ductilidad limitada o Albañilería confinada con mayor fuerza cortante en la base.	La fuerza cortante basal del sistema de Albañilería confinada es mayor, superando en un 10% al del sistema de Muros de ductilidad limitada.				Softwares de análisis estructural ETABS v.19.0.0 y hoja de cálculo Excel	
¿Cuáles de los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada o Albañilería confinada presenta menores distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos máximos?	Determinar las menores distorsiones, resistencia a cortante y desplazamientos máximos entre los sistemas estructurales: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.	El sistema de Albañilería confinada presenta menor resistencia a cortante que el sistema de Muros de ductilidad limitada, mientras que el sistema de Muros de ductilidad limitada presenta menores distorsiones y desplazamientos máximos que el sistema de Albañilería confinada.				Softwares de análisis estructural ETABS v.19.0.0 y hoja de cálculo Excel	
¿Cuál es la diferencia de costos de ejecución entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada?	Comparar la diferencia de costos de ejecución entre el sistema de Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada.	El sistema de Muros de ductilidad limitada muestra un 20% mayor costo de ejecución que el sistema de Albañilería confinada debido a que se utiliza más concreto y acero en su proceso constructivo.				Softwares Revit Structure 2021, ETABS y Excel	

Fuente. Elaboración propia usando Excel

Anexo 3: Cronograma de actividades

Cronograma	Descripción de actividades				
	Planteamiento del problema	Marco teórico	Marco Metodológico	Desarrollo de la investigación	Análisis e interpretación de resultados
Semana 01					
Semana 02					
Semana 03					
Semana 04					
Semana 05					
Semana 06					
Semana 07					
Semana 08					
Semana 09					
Semana 10					
Semana 11					
Semana 12					
Semana 13					
Semana 14					
Semana 15					
Semana 16					

Fuente: Elaboración propia usando Excel

Anexo 4: Presupuesto (Asignación de recursos)

Categoría	Sub - categoría	Costo Unitario (s/.)	Costo Total (s/.)
Recursos Humanos	Asesoría - TITES	6000.00	6000.00
Recursos, materiales y/o software	Impresión	100.00	
	Hojas Bond	20.00	150.00
	Folders	30.00	
Movilidad	Transporte	100.00	100.00
		$\Sigma =$	6250.00

Fuente. Elaboración propia

Anexo 5: Carta de Autorización



Lima, 29 de Setiembre de 2021

Por la presente, autorizamos a los Srs. Ronald Kevin Pérez Laos y Angelo Francisco Contreras Condori, a fin de que puedan utilizar los planos de Estructuras y Arquitectura de la empresa para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido.

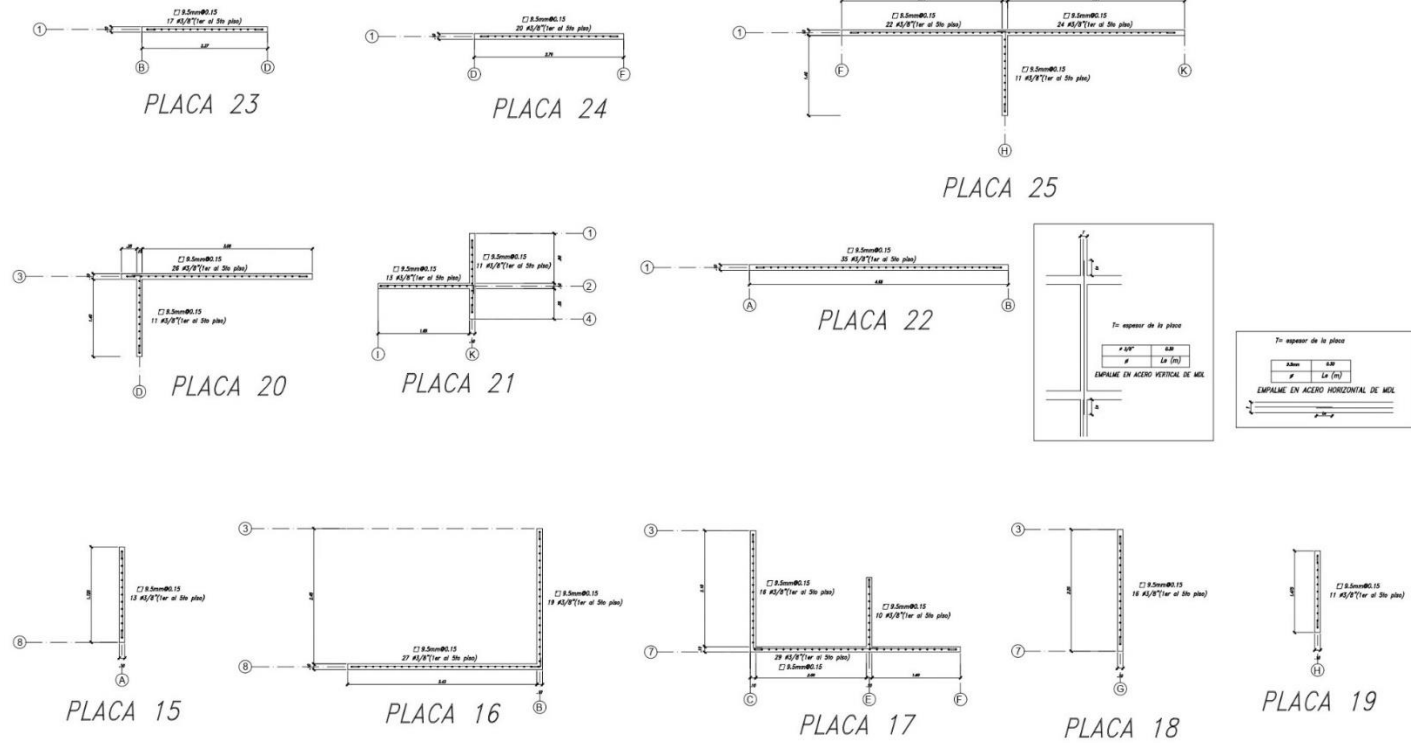
Atentamente,



MARIO QUISPE MAMANI
Gerente General

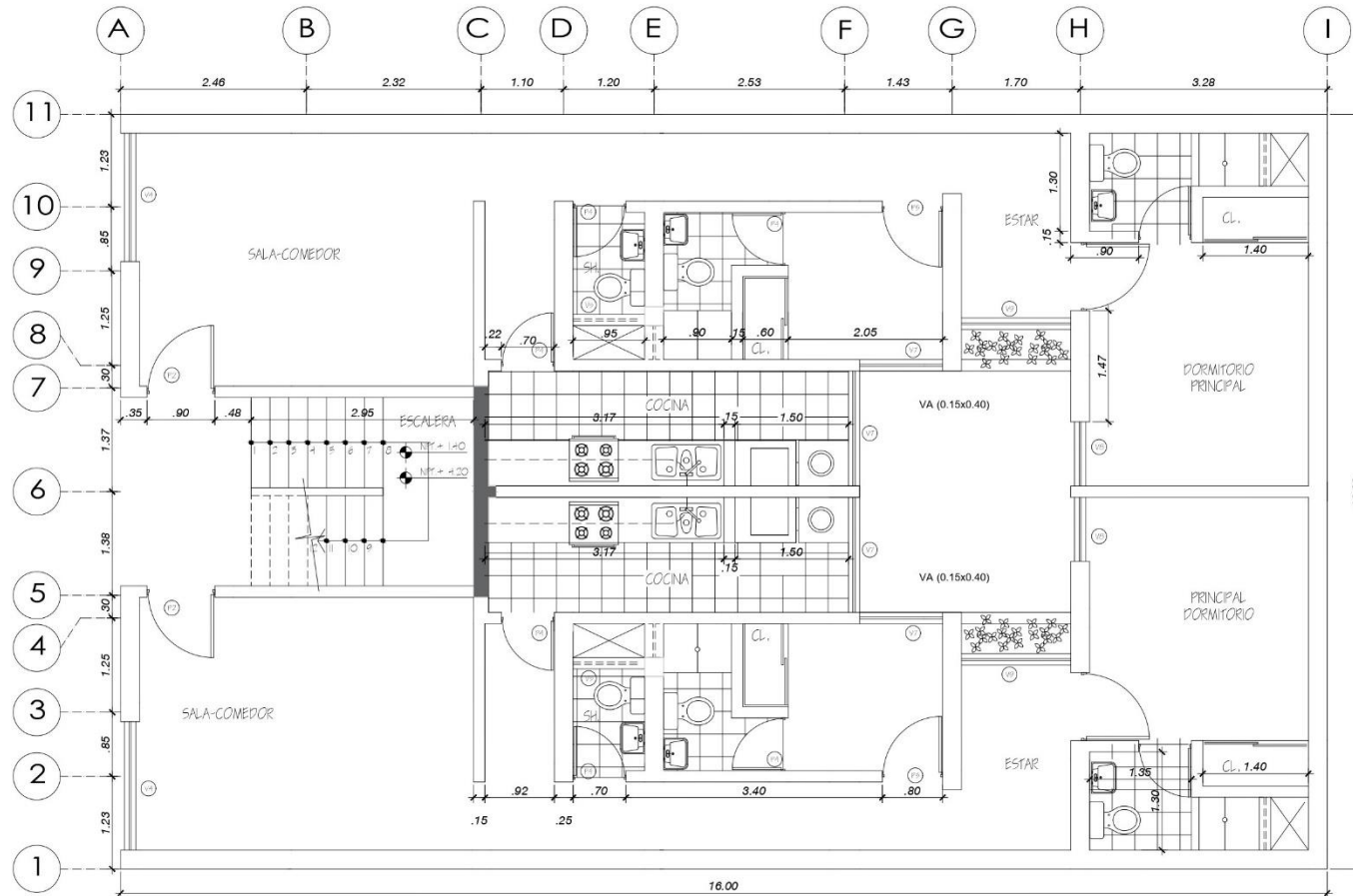
Av. Alfredo Mendiola N° 284 Oficina 201 2do piso Urb. Ingeniería – S.M.P.
Telf.: 01-6229520 / 923713912

Plano de Estructuras de Muros de ductilidad limitada – lámina 2



Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

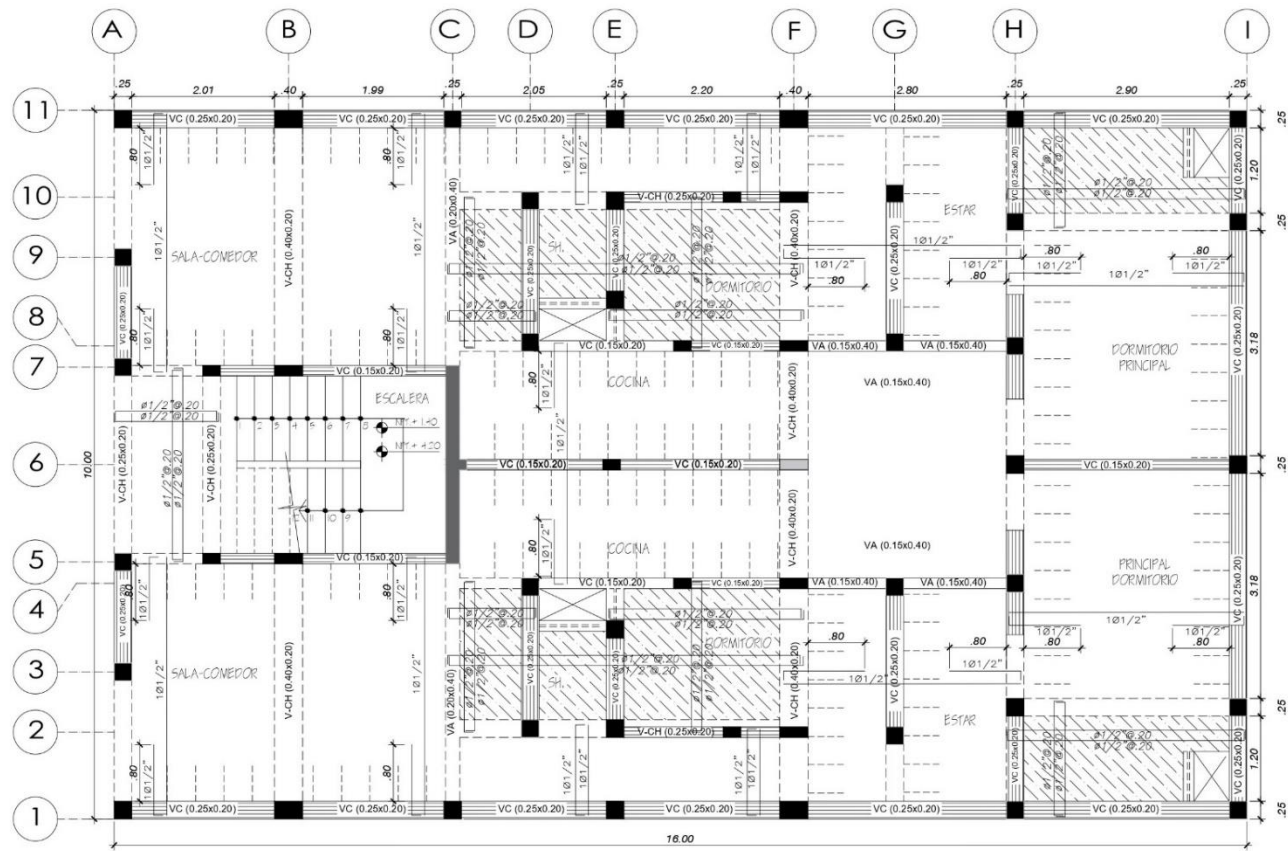
Plano de Arquitectura en sistemas: Muros de ductilidad limitada y Albañilería confinada



PLANTA TÍPICA

Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

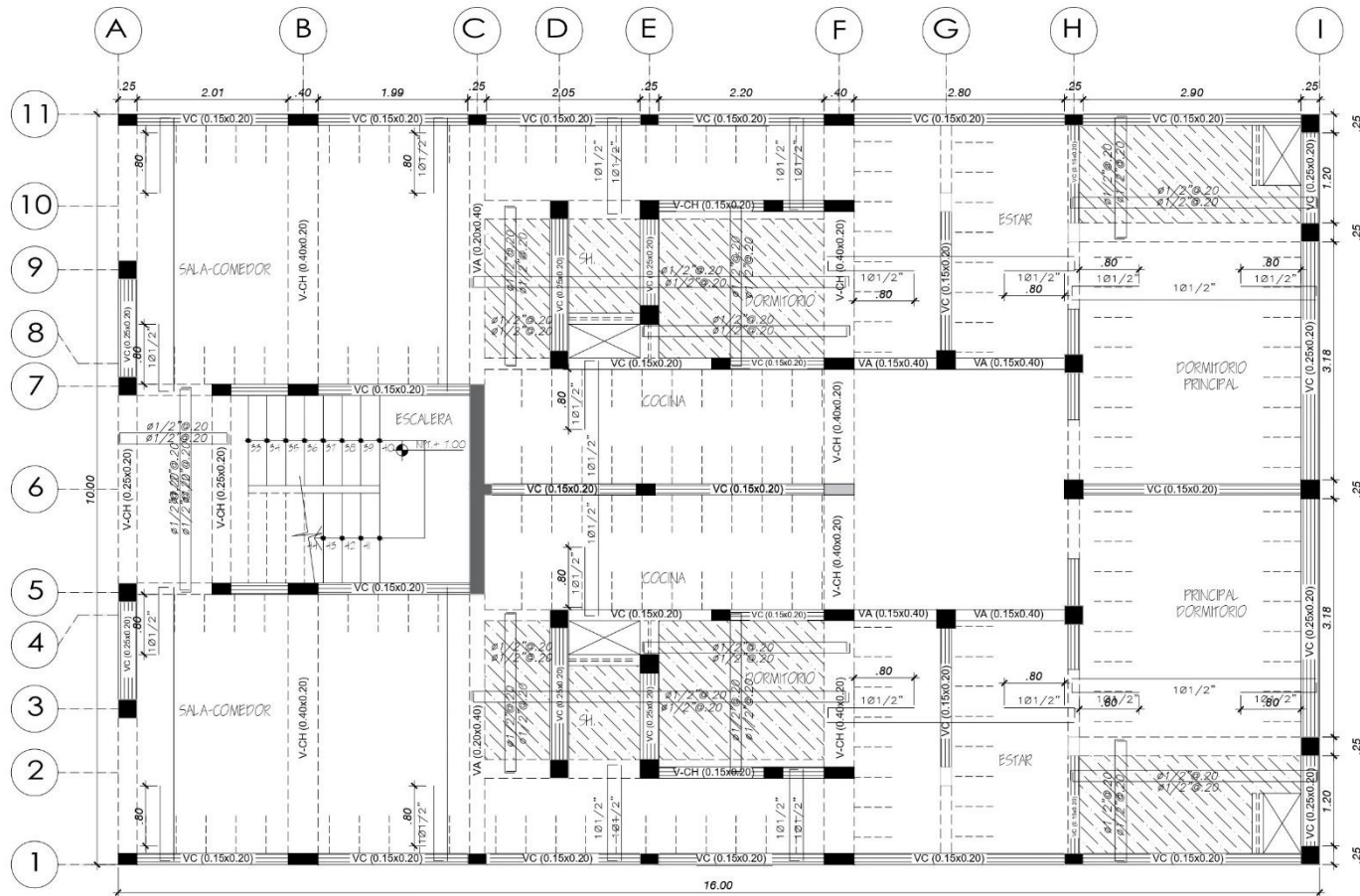
Plano de Estructuras de Losas aligeradas en sistema Albañilería confinada (1ro y 2do piso)



PLANTA: 1ª Y 2ª PISO (TÍPICO)

Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

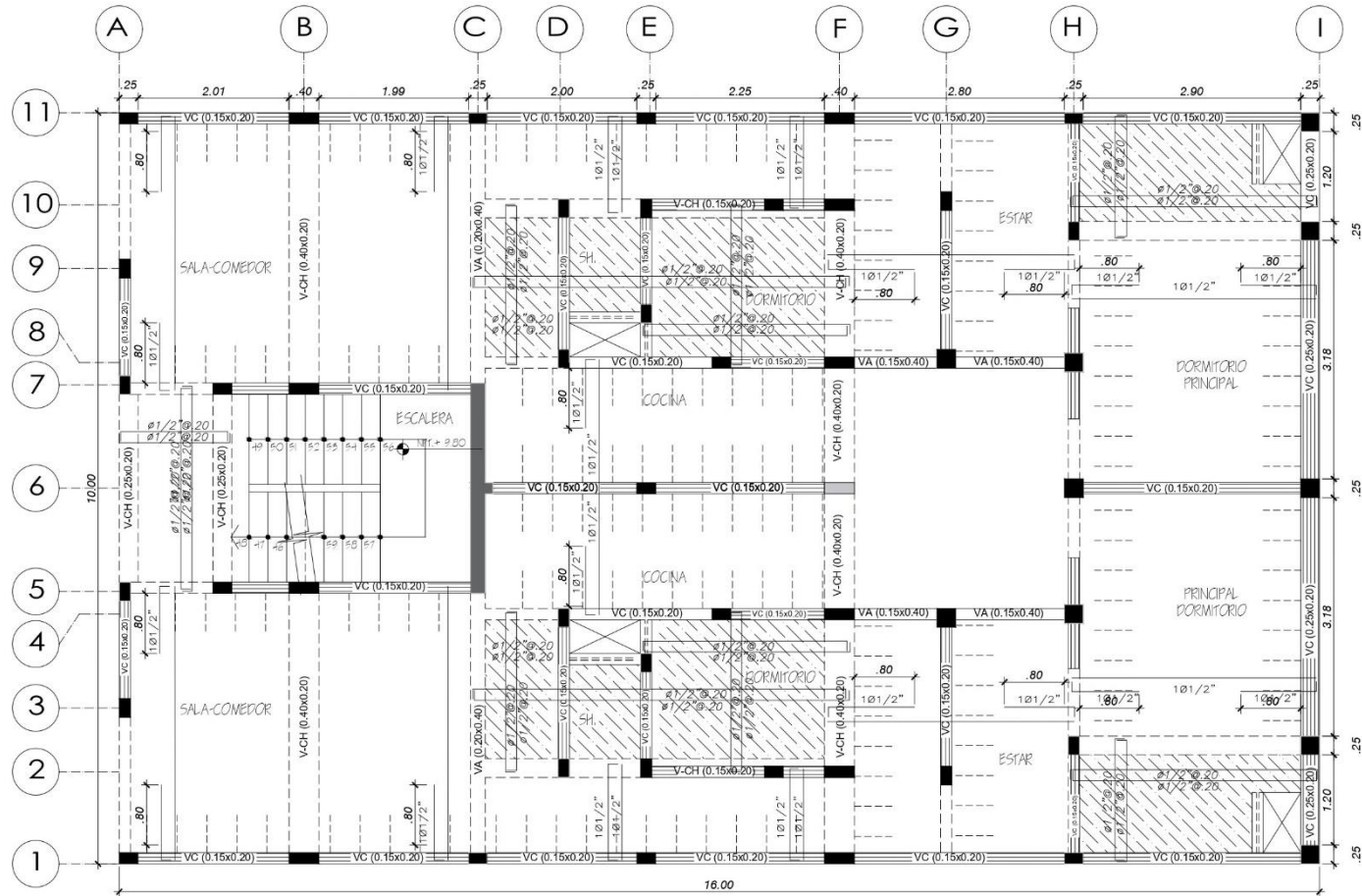
Plano de Estructuras de Losas aligeradas en sistema Albañilería confinada (3er piso)



PLANTA: 3ª PISO

Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

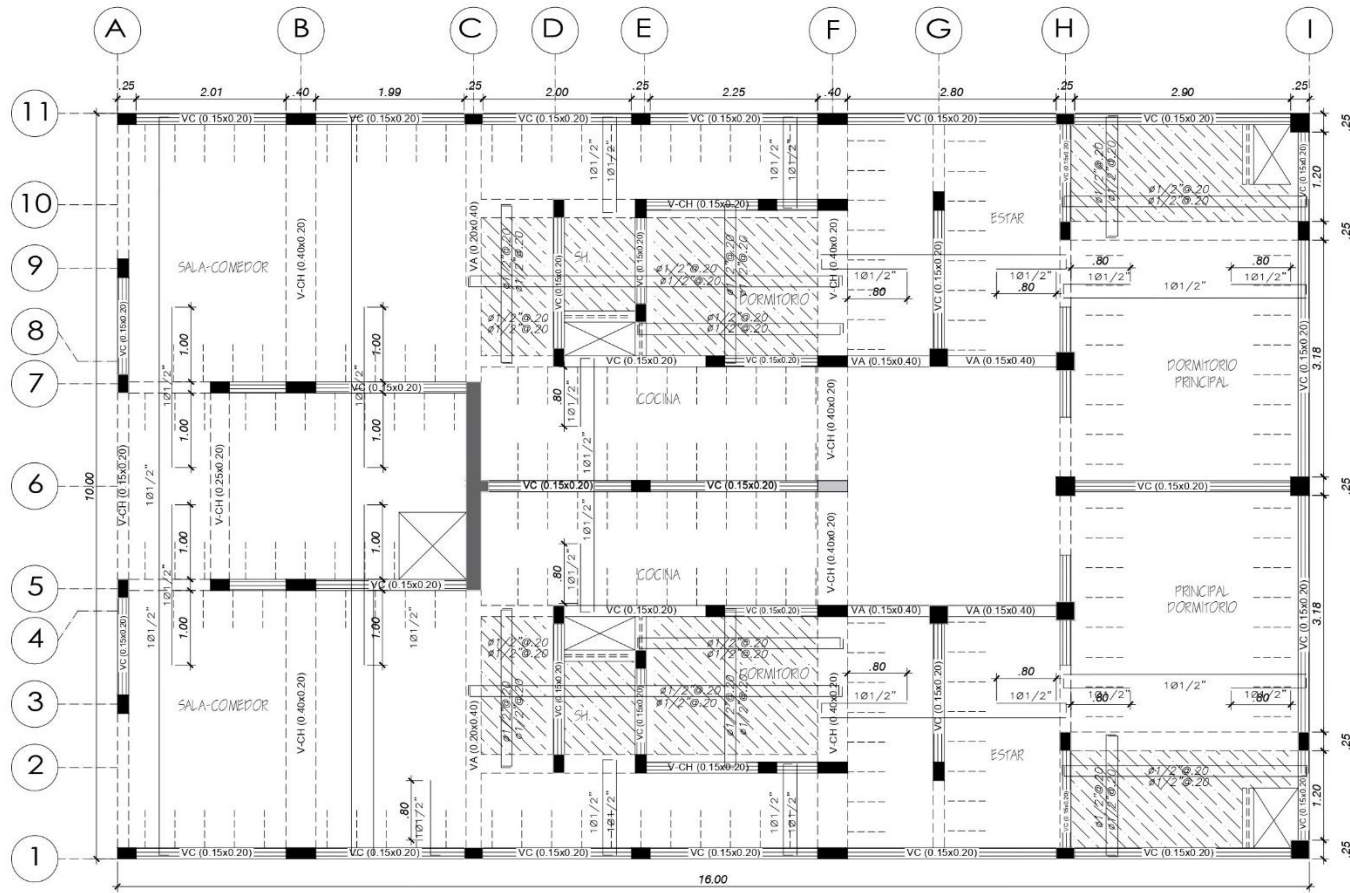
Plano de Estructuras de Losas aligeradas en sistema Albañilería confinada (4to piso)



PLANTA: 4ª PISO

Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

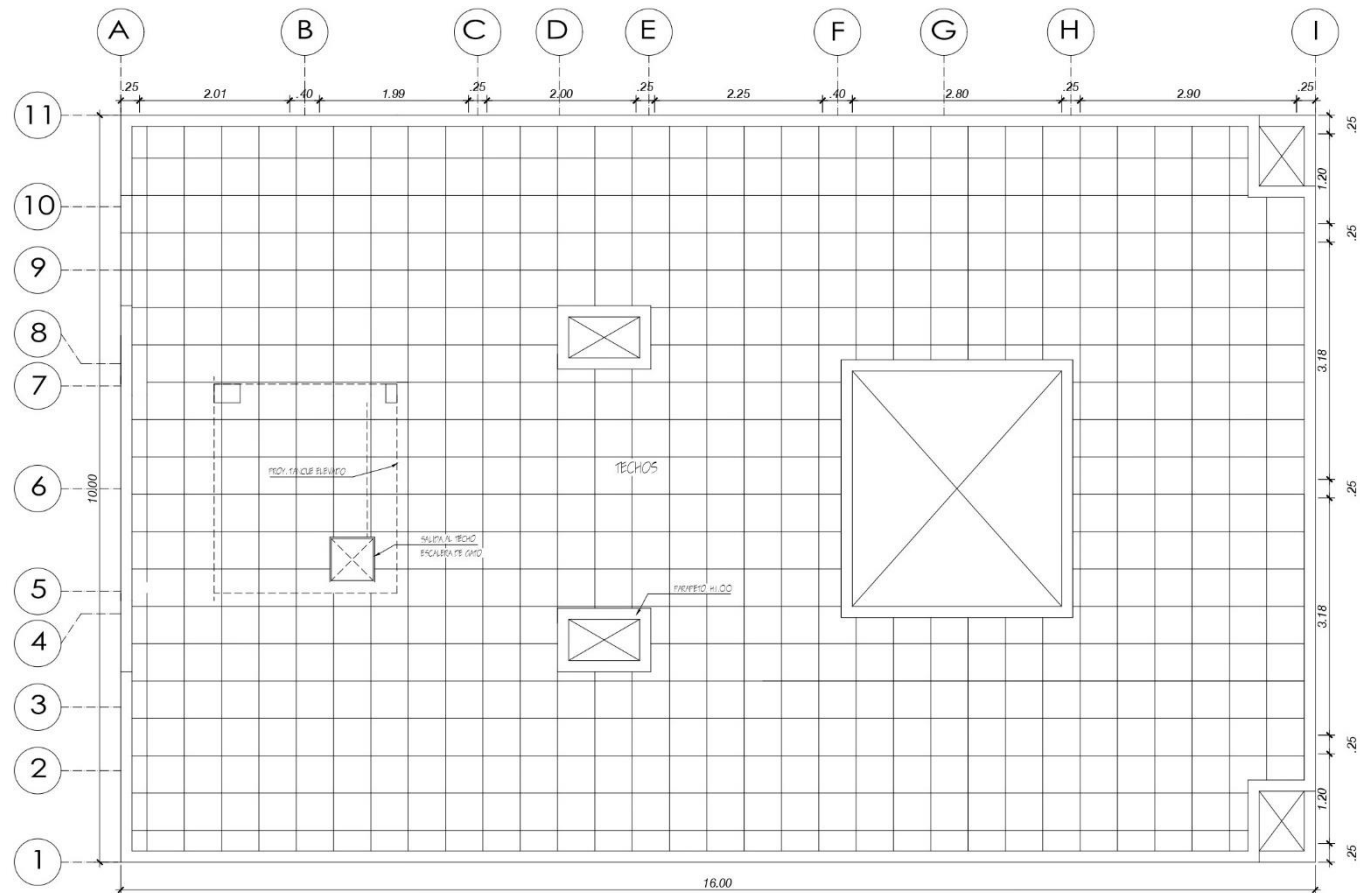
Plano de Estructuras de Losas aligeradas en sistema Albañilería confinada (5to piso)



PLANTA: 5ª PISO

Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

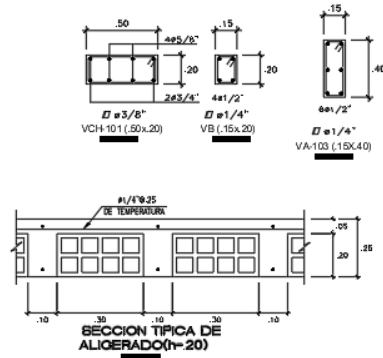
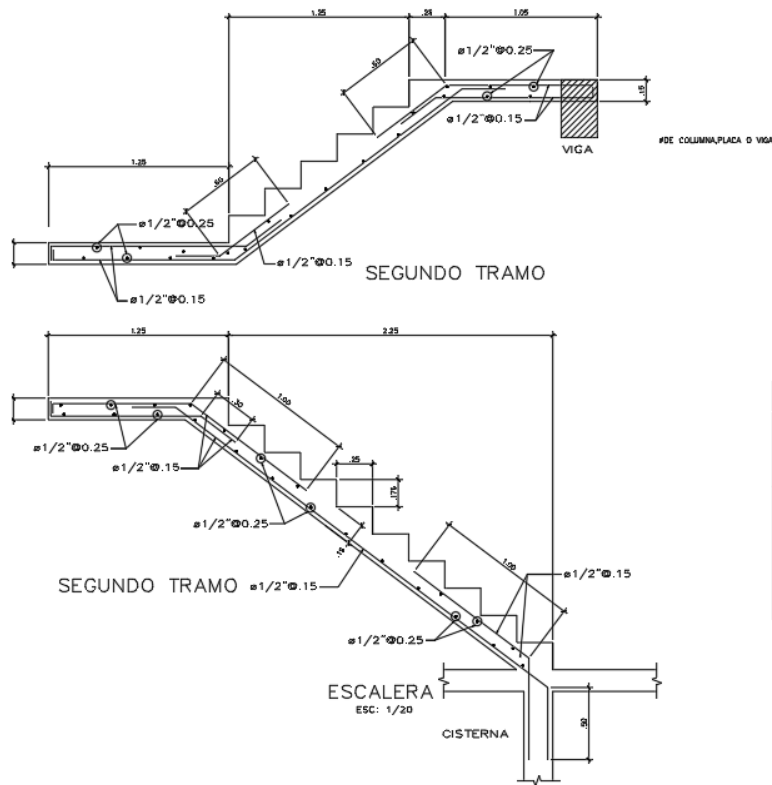
Plano de planta de azotea



PLANTA: TECHOS

Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

Plano de detalles de escalera y elementos de confinamiento



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO ARMADO:
 CONCRETO - COLUMNAS $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$
 CONCRETO - VIGAS $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 ACEÑO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

SOBRECARGA: TRASLAPES
 TECHO 1 PISO 200 kg/m² 4 3/8" = 45 cm
 TECHO 2 PISO 200 kg/m² 4 1/2" = 50 cm
 TECHO 3 PISO 200 kg/m²
 TECHO 4 PISO 200 kg/m²
 TECHO 5 PISO 200 kg/m²
 ESCALERA 200 kg/m² 4 5/8" = 60 cm

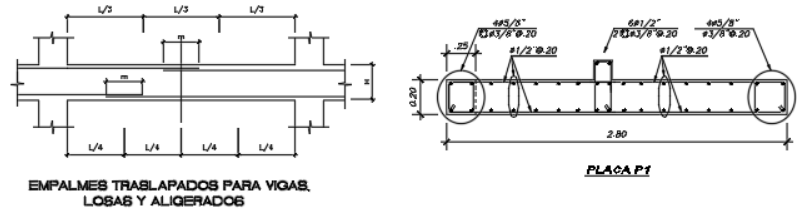
MORTERO:
 VER TABLA DE ORIENTACION (ESPECIFICACIONES DE CONCRETOS)
 LAS JUNTAS VERTICALES Y HORIZONTALES DE DILATACION Y USAR TERMOPOST.

CUADRO DE COLUMNAS

Nº PISO	TIPO	C-1	C-2	C-3	C-4
1-5	bxt	.25x.25	.25x.40	.15x.40	.15x.25
	#	4#5/8"	8#5/8"	8#3/4"	4#5/8"
	EJ	83/8"	83/8"	81/2"	83/8"

VALORES DE m

#	REFUERZO INFERIOR	h MENOR DE	REFUERZO SUPERIOR	h MAYOR DE
3/8"	0.40	0.30	0.40	0.35
1/2"	0.40	0.30	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.30	0.40	0.50
3/4"	0.60	0.30	0.40	0.70



Fuente: Elaboración propia usando AutoCAD

Anexo 7: Metrados

- Metrados de Sistema Albañilería confinada

Metrado de Acero en columnas

Elemento	Diámetro	Cant. Varilla	Cant. columna	Longitud	Longitud Total
C 25x25	5/8	4	34	6.85	931.60
C 25x25	1/2	4	34	7.85	1067.60
Estribos	3/8	5	13	0.88	57.20
C 15x25	5/8	4	7	6.85	191.80
C 15x25	1/2	4	7	7.85	219.80
Estribos	3/8	5	13	0.68	44.20
C 25x40	5/8	4	4	6.85	109.60
C 25x40	1/2	4	4	7.85	125.60
Estribos	3/8	5	13	1.08	70.20
C 15x40	5/8	4	7	6.85	191.80
C 15x40	1/2	4	7	7.85	219.80
Estribos	3/8	5	13	1.08	0.98
			D 5/8	1424.8 mt	2211.29 kg
			D 1/2	1632.8mt	1623.00 kg
			D 3/8	172.58 mt	96.64 kg
			Total		3930.94 kg

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero en vigas

Elemento	Diámetro	Cant. varilla	Pisos	Cant. Viga	Longitud	Longitud Total
V 25x20	1/2	4	5	2	16	640.00
Estribos	3/8		5	76	0.78	294.45
V 25x20	1/2	4	5	3	10	600.00
Estribos	3/8		5	46	0.78	177.45
V 25x20	1/2	4	5	6	2.25	270.00

Estribos	3/8		5	7	0.78	26.33
V 25x20	1/2	4	5	2	3.75	150.00
Estribos	3/8		5	14	0.78	55.58
V 25x20	1/2	4	5	2	4.72	188.80
Estribos	3/8		5	19	0.78	74.49
V 25x20	1/2	4	5	2	3.4	136.00
Estribos	3/8		5	13	0.78	48.75
V 15x20	1/2	4	5	2	4.72	188.80
Estribos	3/8		5	19	0.58	55.39
V 15x20	1/2	4	5	2	4.88	195.20
Estribos	3/8		5	20	0.58	57.71
V 15x20	1/2	4	5	1	5	100.00
Estribos	3/8		5	21	0.58	59.45
V 15x20	1/2	4	5	1	3.4	68.00
Estribos	3/8		5	13	0.58	36.25
V 40x20	1/2	6	5	2	3.75	225.00
Estribos	3/8		5	14	1.08	76.95
V 40x20	1/2	6	5	1	10	300.00
Estribos	3/8		5	46	1.08	245.70
V 15x40	5/8	6	5	2	3.45	207.00
Estribos	3/8		5	13	0.98	62.48
V 20x40	5/8	6	5	2	3.75	225.00
Estribos	3/8		5	14	1.08	76.95
				D 5/8	432.00 mt	670.46 kg
				D 1/2	3061.80 mt	3043.43 kg
				D 3/8	1347.92 mt	754.83 kg
				Total		4468.73 kg

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero de Muro de concreto

Elemento	Diámetro	Cant. varilla	Pisos	# Fila	Longitud	Longitud Total
Vertical	1/2	12	0	2	6.85	164.40
Vertical	1/2	12	0	2	7.85	188.40
Horizontales	1/2	15	5	2	2.6	390.00
Núcleo	5/8	4	5	2	6.85	274.00
Núcleo 2	1/2	4	5	1	7.85	157.00
Estribos	3/8		5	15	0.88	66.00
				D 5/8	274.00 mt	425.25 kg
				D 1/2	899.80 mt	894.40 kg
				D 3/8	66.00 mt	36.96 kg
				Total		1356.61 kg

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero de Losa aligerada

Elemento	Diámetro	Cant. varilla	Pisos	Cant. Losa	Longitud	Longitud Total
L 1	1/2	10	5	2	3.95	395.00
	1/2	20	5	2	1.3	260.00
L 2	1/2	11	5	2	1.5	165.00
	1/2	11	5	2	1.5	165.00
L 3	1/2	11	5	2	2	220.00
	1/2	22	5	2	0.7	154.00
L 4	1/2	14	5	2	3.45	483.00
	1/2	44	5	2	2.8	1232.00
L 5	1/2	7	5	2	3.45	241.50
	1/2	7	5	2	2.8	196.00
L 6	1/2	8	5	2	3.6	288.00
	1/2	16	5	2	2	320.00
						4119.50 mt

D 1/2 4094.78 kg

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero de losa maciza

Elemento	Diámetro	Cant. Varilla	Pisos	Cant Losa	Longitud	Longitud Total
L M 1	1/2	25	5	2	5	1250.00
L M 2	1/2	18	5	2	3.6	648.00
						1898.00 mt
						D 1/2 1886.61 kg

Fuente: Elaboración propia

Metrado de muros de albañilería de cabeza

Nivel	Elemento	Área (m ²)
Piso 1	MURO DE LADRILLO 23	139.36
Piso 2	MURO DE LADRILLO 23	139.36
Piso 3	MURO DE LADRILLO 23	44.6
Total		323.32 m ²

Fuente: Elaboración propia

Metrado de muros de albañilería de sogá

Nivel	Elemento	Área (m ²)
Piso 1	MURO DE LADRILLO 13	59.36
Piso 2	MURO DE LADRILLO 13	59.36
Piso 3	MURO DE LADRILLO 13	155.16
Piso 4	MURO DE LADRILLO 13	201.06
Piso 5	MURO DE LADRILLO 13	201.06
Tanque elevado	MURO DE LADRILLO 13	13.06
Total		689.06 m ²

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado de losa maciza

Nivel	Elemento	Área (m ²)
Piso 1	Maciza 20	23.36
Piso 2	Maciza 20	23.36
Piso 3	Maciza 20	23.94
Piso 4	Maciza 20	24.68
Piso 5	Maciza 20	21.86
	Total	117.2 m ²

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado de losa aligerada

Nivel	Familia y tipo	Área (m ²)
Piso 1	Suelo: losa 5	82.93
Piso 2	Suelo: losa 5	82.93
Piso 3	Suelo: losa 5	85.77
Piso 4	Suelo: losa 5	85.77
Piso 5	Suelo: losa 5	96.49
		433.89 (m ²)

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado de vigas

Cant. Pisos	Elemento	Área vigas (m ²)	Longitud	Área total (m ²)
5	V 25x20	0.25	16	20.00
5	V 25x20	0.25	10	12.50
5	V 25x20	0.25	2.25	2.81
5	V 25x20	0.25	3.75	4.69
5	V 25x20	0.25	4.72	5.90
5	V 25x20	0.25	3.4	4.25
5	V 15x20	0.15	4.72	3.54

5	V 15x20	0.15	4.88	3.66
5	V 15x20	0.15	5	3.75
5	V 15x20	0.15	3.4	2.55
5	V 40x20	0.4	3.75	7.50
5	V 40x20	0.4	10	20.00
5	V 15x40	0.55	3.45	9.49
5	V 20x40	0.6	3.75	11.25
				111.89 m ²

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado de columna

Cant. Pisos	Elemento	Área Columna	Cant. columna	Área total (m ²)
5	C 25x25	0.5	34	85
5	C 15x25	0.5	7	17.5
5	C 25x40	0.8	4	16
5	C 15x40	0.8	7	28
				146.5 m ²

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto en vigas

Nivel	Elemento	Volumen (m ³)
Piso 1	VCH 25x20	4.6
Piso 1	VA 20X40	0.54
Piso 1	VA 15X40	0.32
Piso 1	VCH 40x20	1.3
Piso 1	VC 15X20	0.74
Piso 2	VCH 25x20	4.6
Piso 2	VA 20X40	0.54
Piso 2	VA 15X40	0.32

Piso 2	VCH 40x20	1.3
Piso 2	VC 15X20	0.74
Piso 3	VCH 25x20	2.75
Piso 3	VA 20X40	0.56
Piso 3	VA 15X40	0.32
Piso 3	VCH 40x20	1.34
Piso 3	VC 15X20	1.86
Piso 4	VCH 25x20	2.39
Piso 4	VA 20X40	0.56
Piso 4	VA 15X40	0.32
Piso 4	VCH 40x20	1.34
Piso 4	VC 15X20	2.1
Piso 5	VCH 25x20	1.76
Piso 5	VA 20X40	0.56
Piso 5	VA 15X40	0.32
Piso 5	VCH 40x20	1.54
Piso 5	VC 15X20	2.36
Total		35.08 m ³

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto de losa Maciza

Nivel	Elemento	Volumen (m ³)
Piso 1	Maciza 20	4.68
Piso 2	Maciza 20	4.68
Piso 3	Maciza 20	4.79
Piso 4	Maciza 20	4.94
Piso 5	Maciza 20	4.38
Total		23.47 m ³

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto de losa aligerada

Nivel	Elemento	Volumen (m ³)	Ladrillo Techo (und)
Piso 1	Suelo: losa 5	4.15	691
Piso 1	Vigueta 10x20	2.9	
Piso 2	Suelo: losa 5	4.15	691
Piso 2	Vigueta 10x20	2.9	
Piso 3	Suelo: losa 5	4.29	714
Piso 3	Vigueta 10x20	3.12	
Piso 4	Suelo: losa 5	4.29	714
Piso 4	Vigueta 10x20	3.12	
Piso 5	Suelo: losa 5	4.32	720
Piso 5	Suelo: losa 5	0.5	84
Piso 5	Vigueta 10x20	3.66	
	Volumen total	37.4 (m ³)	3614 und

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto de placa

Nivel	Elemento	Volumen (m ³)
Piso 1	PLACA 20	1.57
Piso 1	PLACA 15	0.04
Piso 2	PLACA 20	1.57
Piso 2	PLACA 15	0.04
Piso 3	PLACA 20	1.57
Piso 3	PLACA 15	0.04
Piso 4	PLACA 20	1.57
Piso 4	PLACA 15	0.04
Piso 5	PLACA 20	1.57
Piso 5	PLACA 15	0.04
	Total general	8.05 m ³

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto de columnas

Nivel	Elemento	Volumen (m ³)
Piso 1	C 25X25	5.44
Piso 1	C 25X40	1.04
Piso 1	C 15X25	0.7
Piso 1	C 15X40	1.12
Piso 2	C 25X25	5.44
Piso 2	C 25X40	1.04
Piso 2	C 15X25	0.7
Piso 2	C 15X40	1.12
Piso 3	C 25X25	3.2
Piso 3	C 15X25	2.1
Piso 3	C 15X40	1.76
Piso 4	C 25X25	0.96
Piso 4	C 15X25	3.5
Piso 4	C 15X40	1.76
Piso 5	C 25X25	0.96
Piso 5	C 15X25	3.5
Piso 5	C 15X40	1.76
Tanque elevado	C 15X25	0.32
Tanque elevado	C 15X40	0.32
	Total	36.74 m ³

Fuente: Elaboración propia

- Metrados de Sistema Muros de ductilidad limitada

Metrado de concreto de Muros de ductilidad limitada en dirección "X"

Muro	Cantidad muro	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Total (m ³)
P1X	5	0.1	4.68	2.6	6.084
P2X	5	0.1	2.27	2.6	2.951
P3X	5	0.1	2.7	2.6	3.51
P4X	5	0.1	2.95	2.6	3.835
P5X	5	0.1	3.25	2.6	4.225
P6X	5	0.1	1.75	2.6	2.275
P7X	5	0.1	3.45	2.6	4.485
P8X	5	0.1	3.8	2.6	4.94
P9X	5	0.1	3.525	2.6	4.583
P9X (2)	1	0.1	3.525	1.6	0.564
P10X	5	0.1	4.97	2.6	6.461
P11X	5	0.1	3.25	2.6	4.225
P12X	5	0.1	3.525	2.6	4.583
P12X (2)	1	0.1	3.525	1.6	0.564
P13X	5	0.1	3.8	2.6	4.94
P14X	5	0.1	3.45	2.6	4.485
P15X	5	0.1	1.75	2.6	2.275
P16X	5	0.1	4.68	2.6	6.084
P17X	5	0.1	2.27	2.6	2.951
P18X	5	0.1	2.7	2.6	3.51
P19X	5	0.1	2.95	2.6	3.835
P20X	5	0.1	3.25	2.6	4.225
				$\Sigma =$	85.589

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto de Muros de ductilidad limitada en dirección “Y”

Muro	Cantidad muro	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Total (m ³)
P1Y	5	0.1	1.725	2.6	2.243
P2Y	5	0.1	1.725	2.6	2.243
P3Y	5	0.1	2.55	2.6	3.315
P4Y	5	0.1	2.65	2.6	3.445
P4Y (2)	1	0.1	2.65	1.6	0.424
P5Y	5	0.1	2.55	2.6	3.315
P6Y	5	0.1	2.2	2.6	2.86
P7Y	5	0.1	2.2	2.6	2.86
P8Y	5	0.1	1.5	2.6	1.95
P9Y	5	0.1	1.5	2.6	1.95
P10Y	5	0.1	1.35	2.6	1.755
P11Y	5	0.1	1.35	2.6	1.755
P12Y	5	0.1	1.6	2.6	2.08
P13Y	5	0.1	2.2	2.6	2.86
P14Y	5	0.1	2.2	2.6	2.86
P15Y	5	0.1	1.55	2.6	2.015
P16Y	5	0.1	1.475	2.6	1.918
P17Y	5	0.1	1.475	2.6	1.918
P18Y	5	0.1	1.55	2.6	2.015
P19Y	5	0.1	1.55	2.6	2.015
P20Y	5	0.1	3.375	2.6	4.388
P21Y	5	0.1	3.375	2.6	4.388
P22Y	5	0.1	1.55	2.6	2.015
				Σ =	56.584

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado y desencofrado de Muros de ductilidad limitada en dirección “X”

Muro	Cantidad muro	Largo (m)	Altura (m)	Total (m ²)
P1X	5	4.68	2.6	60.84
P2X	5	2.27	2.6	29.51
P3X	5	2.7	2.6	35.1
P4X	5	2.95	2.6	38.35
P5X	5	3.25	2.6	42.25
P6X	5	1.75	2.6	22.75
P7X	5	3.45	2.6	44.85
P8X	5	3.8	2.6	49.4
P9X	5	3.525	2.6	45.825
P9X (2)	1	3.525	1.6	5.64
P10X	5	4.97	2.6	64.61
P11X	5	3.25	2.6	42.25
P12X	5	3.525	2.6	45.825
P12X (2)	1	3.525	1.6	5.64
P13X	5	3.8	2.6	49.4
P14X	5	3.45	2.6	44.85
P15X	5	1.75	2.6	22.75
P16X	5	4.68	2.6	60.84
P17X	5	2.27	2.6	29.51
P18X	5	2.7	2.6	35.1
P19X	5	2.95	2.6	38.35
P20X	5	3.25	2.6	42.25
			Σ =	855.89
		# caras x muro		2
		total encofrado y desencofrado (m ²)		1 711.78

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado y desencofrado de Muros de ductilidad limitada en dirección “Y”

Muro	Cantidad muro	Largo (m)	Altura (m)	Total (m ²)
P1Y	5	1.725	2.6	22.425
P2Y	5	1.725	2.6	22.425
P3Y	5	2.55	2.6	33.15
P4Y	5	2.65	2.6	34.45
P4Y (2)	1	2.65	1.6	4.24
P5Y	5	2.55	2.6	33.15
P6Y	5	2.2	2.6	28.6
P7Y	5	2.2	2.6	28.6
P8Y	5	1.5	2.6	19.5
P9Y	5	1.5	2.6	19.5
P10Y	5	1.35	2.6	17.55
P11Y	5	1.35	2.6	17.55
P12Y	5	1.6	2.6	20.8
P13Y	5	2.2	2.6	28.6
P14Y	5	2.2	2.6	28.6
P15Y	5	1.55	2.6	20.15
P16Y	5	1.475	2.6	19.175
P17Y	5	1.475	2.6	19.175
P18Y	5	1.55	2.6	20.15
P19Y	5	1.55	2.6	20.15
P20Y	5	3.375	2.6	43.875
P21Y	5	3.375	2.6	43.875
P22Y	5	1.55	2.6	20.15
			Σ =	565.84
		# caras x muro		2
		total encofrado y desencofrado (m ²)		1 131.68

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero de Muros de ductilidad limitada en dirección "X"

Muro	Cantidad muro	ϕ Varilla (pulg)	Tipo	Cantidad varillas	Longitud (m)	Total (m)
P1X	5	3/8	Vertical	35	3.4	595
		3/8	Horizontal	18	4.88	439.2
P2X	5	3/8	Vertical	17	3.4	289
		3/8	Horizontal	18	2.47	222.3
P3X	5	3/8	Vertical	20	3.4	340
		3/8	Horizontal	18	2.9	261
P4X	5	3/8	Vertical	22	3.4	374
		3/8	Horizontal	18	3.15	283.5
P5X	5	3/8	Vertical	24	3.4	408
		3/8	Horizontal	18	3.45	310.5
P6X	5	3/8	Vertical	13	3.4	221
		3/8	Horizontal	18	1.95	175.5
P7X	5	3/8	Vertical	26	3.4	442
		3/8	Horizontal	18	3.65	328.5
P8X	5	3/8	Vertical	29	3.4	493
		3/8	Horizontal	18	4	360
P9X	5	3/8	Vertical	27	3.4	459
		3/8	Horizontal	18	3.725	335.25
P9X (2)	1	3/8	Vertical	27	2.25	60.75
		3/8	Horizontal	11	3.725	40.98
P10X	5	3/8	Vertical	38	3.4	646
		3/8	Horizontal	18	5.17	465.3
P11X	5	3/8	Vertical	24	3.4	408
		3/8	Horizontal	18	3.45	310.5
P12X	5	3/8	Vertical	27	3.4	459
		3/8	Horizontal	18	3.725	335.25
P12X (2)	1	3/8	Vertical	27	2.25	60.75

		3/8	Horizontal	11	3.725	40.98
P13X	5	3/8	Vertical	29	3.4	493
		3/8	Horizontal	18	4	360
P14X	5	3/8	Vertical	26	3.4	442
		3/8	Horizontal	18	3.65	328.5
P15X	5	3/8	Vertical	13	3.4	221
		3/8	Horizontal	18	1.95	175.5
P16X	5	3/8	Vertical	35	3.4	595
		3/8	Horizontal	18	4.88	439.2
P17X	5	3/8	Vertical	17	3.4	289
		3/8	Horizontal	18	2.47	222.3
P18X	5	3/8	Vertical	20	3.4	340
		3/8	Horizontal	18	2.9	261
P19X	5	3/8	Vertical	22	3.4	374
		3/8	Horizontal	18	3.15	283.5
P20X	5	3/8	Vertical	24	3.4	408
		3/8	Horizontal	18	3.45	310.5
					$\Sigma =$	14 706.75
					Peso var. $\phi 3/8''$ x 1m (kg)	0.526
					Peso total var. $\phi 3/8''$ (kg)	7 735.751

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero de Muros de ductilidad limitada en dirección "Y"

Muro	Cantidad muro	ϕ Varilla (pulg)	Tipo	Cantidad varillas	Longitud (m)	Total (m)
P1Y	5	3/8	Vertical	13	3.4	221
		3/8	Horizontal	18	1.925	173.25
P2Y	5	3/8	Vertical	13	3.4	221
		3/8	Horizontal	18	1.925	173.25

P3Y	5	3/8	Vertical	19	3.4	323
		3/8	Horizontal	18	2.75	247.5
P4Y	5	3/8	Vertical	20	3.4	340
		3/8	Horizontal	18	2.85	256.5
P4Y (2)	1	3/8	Vertical	20	2.25	45
		3/8	Horizontal	11	2.85	31.35
P5Y	5	3/8	Vertical	19	3.4	323
		3/8	Horizontal	18	2.75	247.5
P6Y	5	3/8	Vertical	16	3.4	272
		3/8	Horizontal	18	2.4	216
P7Y	5	3/8	Vertical	16	3.4	272
		3/8	Horizontal	18	2.4	216
P8Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.7	153
P9Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.7	153
P10Y	5	3/8	Vertical	10	3.4	170
		3/8	Horizontal	18	1.55	139.5
P11Y	5	3/8	Vertical	10	3.4	170
		3/8	Horizontal	18	1.55	139.5
P12Y	5	3/8	Vertical	12	3.4	204
		3/8	Horizontal	18	1.8	162
P13Y	5	3/8	Vertical	16	3.4	272
		3/8	Horizontal	18	2.4	216
P14Y	5	3/8	Vertical	16	3.4	272
		3/8	Horizontal	18	2.4	216
P15Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.75	157.5
P16Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.675	150.75

P17Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.675	150.75
P18Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.75	157.5
P19Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.75	157.5
P20Y	5	3/8	Vertical	25	3.4	425
		3/8	Horizontal	18	3.575	321.75
P21Y	5	3/8	Vertical	25	3.4	425
		3/8	Horizontal	18	3.575	321.75
P22Y	5	3/8	Vertical	11	3.4	187
		3/8	Horizontal	18	1.75	157.5
					$\Sigma =$	9 766.35
					Peso var. $\phi 3/8''$ x 1m (kg)	0.526
					Peso total var. $\phi 3/8''$ (kg)	5 137.100

Fuente: Elaboración propia

Metrado de concreto de losa maciza - MDL

Losa maciza	Cantidad losa	Área (m ²)	Altura (m)	Total (m ³)
F1	5	16.85	0.1	8.425
F2	1	12.04	0.1	1.204
F4	5	1.65	0.2	1.65
F5	5	2.88	0.2	2.88
F6	5	2.84	0.1	1.42
F7	5	5.92	0.1	2.96
F8	5	3.28	0.2	3.28
F9	5	6.73	0.1	3.365
F10	5	12.02	0.1	6.01

F11	5	8.32	0.1	4.16
F13	4	2.17	0.15	1.302
F14	1	9.34	0.1	0.934
F15	5	5.92	0.1	2.96
F17	5	2.88	0.2	2.88
F18	5	3.28	0.2	3.28
F19	5	6.73	0.1	3.365
F20	5	12.02	0.1	6.01
F21	5	2.38	0.1	1.19
F23	5	16.85	0.1	8.425
F24	5	2.84	0.1	1.42
F25	5	1.65	0.2	1.65
F26	5	8.32	0.1	4.16
F27	5	2.57	0.1	1.285
F28	5	2.57	0.1	1.285
F29	5	2.38	0.1	1.19
F30	4	2.17	0.15	1.302
			$\Sigma =$	77.992

Fuente: Elaboración propia

Metrado de encofrado y desencofrado de losa maciza – MDL

Losa maciza	Cantidad losa	Área (m ²)	Total (m ²)
F1	5	16.85	84.25
F2	1	12.04	12.04
F4	5	1.65	8.25
F5	5	2.88	14.4
F6	5	2.84	14.2
F7	5	5.92	29.6
F8	5	3.28	16.4

F9	5	6.73	33.65
F10	5	12.02	60.1
F11	5	8.32	41.6
F13	4	2.17	8.68
F14	1	9.34	9.34
F15	5	5.92	29.6
F17	5	2.88	14.4
F18	5	3.28	16.4
F19	5	6.73	33.65
F20	5	12.02	60.1
F21	5	2.38	11.9
F23	5	16.85	84.25
F24	5	2.84	14.2
F25	5	1.65	8.25
F26	5	8.32	41.6
F27	5	2.57	12.85
F28	5	2.57	12.85
F29	5	2.38	11.9
F30	4	2.17	8.68
		$\Sigma =$	693.14

Fuente: Elaboración propia

Metrado de acero de losa maciza – MDL

Losa maciza	Cantidad losa	ϕ Varilla (pulg)	Ubicación	Cantidad varillas	Longitud (m)	Total (m)
F1	5	3/8	Eje X	17	4.9	416.5
		3/8	Eje Y	23	3.82	439.3
		3/8	Eje X-1	10	4.9	49
F2	1	3/8	Eje X-2	3	4.3	12.9
		3/8	Eje Y-1	20	2.87	57.4

		3/8	Eje Y-2	3	2.27	6.81
F3	4	3/8	Eje X	6	1.495	35.88
		3/8	Eje Y	6	1.545	37.08
F4	5	3/8	Eje X	14	1.32	92.4
		3/8	Eje Y	10	1.72	86
		3/8	Eje X-1	8	1.945	77.8
F5	5	3/8	Eje X-2	12	1.27	76.2
		3/8	Eje Y-1	10	2.42	121
		3/8	Eje Y-2	6	1.07	32.1
F6	5	3/8	Eje X	5	1.27	31.75
		3/8	Eje Y	13	2.92	189.8
		3/8	Eje X-1	6	3.17	95.1
F7	5	3/8	Eje X-2	4	2.495	49.9
		3/8	Eje Y-1	14	2.42	169.4
		3/8	Eje Y-2	11	1.57	86.35
		3/8	Eje X-1	16	2.72	217.6
F8	5	3/8	Eje X-2	4	1.72	34.4
		3/8	Eje Y-1	14	3.47	242.9
		3/8	Eje Y-2	8	1.97	78.8
		3/8	Eje X-1	5	3.17	79.25
F9	5	3/8	Eje X-2	10	1.87	93.5
		3/8	Eje Y-1	8	3.47	138.8
		3/8	Eje Y-2	6	1.27	38.1
		3/8	Eje X-1	16	3.47	277.6
F10	5	3/8	Eje X-2	2	1.97	19.7
		3/8	Eje Y-1	8	4.195	167.8
		3/8	Eje Y-2	7	3.595	125.83
F11	5	3/8	Eje X	8	5.19	207.6
		3/8	Eje Y	24	1.895	227.4
F12	4	3/8	Eje X	6	1.495	35.88

		3/8	Eje Y	6	1.545	37.08
F13	4	3/8	Eje X	6	1.855	44.52
		3/8	Eje Y	8	1.545	49.44
F14	1	3/8	Eje X	13	3.745	48.69
		3/8	Eje Y	17	2.87	48.79
		3/8	Eje X-1	6	3.17	95.1
F15	5	3/8	Eje X-2	4	2.495	49.9
		3/8	Eje Y-1	14	2.42	169.4
		3/8	Eje Y-2	11	1.57	86.35
		3/8	Eje X-1	8	1.945	77.8
F17	5	3/8	Eje X-2	12	1.27	76.2
		3/8	Eje Y-1	10	2.42	121
		3/8	Eje Y-2	6	1.07	32.1
		3/8	Eje X-1	16	2.72	217.6
F18	5	3/8	Eje X-2	4	1.72	34.4
		3/8	Eje Y-1	14	3.47	242.9
		3/8	Eje Y-2	8	1.97	78.8
		3/8	Eje X-1	5	3.17	79.25
F19	5	3/8	Eje X-2	10	1.87	93.5
		3/8	Eje Y-1	8	3.47	138.8
		3/8	Eje Y-2	6	1.27	38.1
		3/8	Eje X-1	16	3.47	277.6
F20	5	3/8	Eje X-2	2	1.97	19.7
		3/8	Eje Y-1	8	4.195	167.8
		3/8	Eje Y-2	7	3.595	125.83
F21	5	3/8	Eje X	5	2.49	62.25
		3/8	Eje Y	11	1.27	69.85
F23	5	3/8	Eje X	17	4.9	416.5
		3/8	Eje Y	23	3.82	439.3
F24	5	3/8	Eje X	5	1.27	31.75

		3/8	Eje Y	13	2.92	189.8
F25	5	3/8	Eje X	14	1.32	92.4
		3/8	Eje Y	10	1.72	86
F26	5	3/8	Eje X	8	5.19	207.6
		3/8	Eje Y	24	1.895	227.4
F27	5	3/8	Eje X	10	1.39	69.5
		3/8	Eje Y	5	2.42	60.5
F28	5	3/8	Eje X	10	1.39	69.5
		3/8	Eje Y	5	2.42	60.5
F29	5	3/8	Eje X	5	2.49	62.25
		3/8	Eje Y	11	1.27	69.85
F30	4	3/8	Eje X	6	1.855	44.52
		3/8	Eje Y	8	1.545	49.44
					$\Sigma =$	8 907.38
					Peso var. $\phi 3/8''$ x 1m (kg)	0.526
					Peso total var. $\phi 3/8''$ (kg)	4 685.279

Fuente: Elaboración propia