



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

RESPUESTA SÍSMICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA ENTRE EL SISTEMA  
ESTRUCTURAL DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y MUROS DE DUCTILIDAD  
LIMITADA EN EDIFICACIÓN UNIFAMILIAR DE 4 PISOS ATÍPICOS

**Línea de investigación:**

**Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Mauricio Gutierrez, Leonard Pedro

**Asesor:**

Tello Malpartida, Omart Demetrio  
(ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**Jurado:**

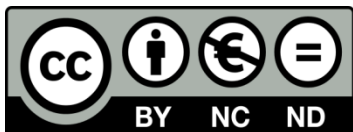
Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique  
García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo  
Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

**Lima - Perú**

**2019**

**Referencia:**

Mauricio Gutierrez, L. (2019). *Respuesta sísmica y evaluación económica entre el sistema estructural de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5196>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

RESPUESTA SÍSMICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA ENTRE EL  
SISTEMA ESTRUCTURAL DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y MUROS  
DE DUCTILIDAD LIMITADA EN EDIFICACIÓN UNIFAMILIAR DE 4  
PISOS ATÍPICOS

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Mauricio Gutierrez, Leonard Pedro

**Asesor:**

Tello Malpartida, Omart Demetrio

**Jurado:**

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

Lima - Perú

2019

## **Dedicatoria**

*A Dios por acompañarme siempre en mi camino, a mi padre Pedro Mauricio Chávez por haberme dado la base con sus experiencias en la construcción de edificios desde que era niño, a mi madre Teresa Gutierrez Rosales por brindarme todo su tiempo y dedicación, y a mis Tías Hilda y María por su apoyo en los malos y buenos momentos.*

*A mi Universidad, por ser parte de esta familia que aún recuerdo la felicidad cuando ingrese a esta facultad FIC, a todos muchas gracias...*

## **Agradecimiento**

*Muy agradecido a Dios por ser la luz en mi camino siendo mi guía en cada etapa de mi vida y haberme ayudado en cumplir este objetivo en hacer una Tesis que estuvo en mi mente desde la academia.*

*A mis padres por su apoyo, motivación y consejos para poder culminar esta investigación.*

*A mi asesor el Dr. Omart Demetrio Tello Malpartida por sus recomendaciones y sus observaciones durante este largo proyecto para culminarlo satisfactoriamente.*

*Al Ing. Hugo Salazar Correa por la calidad de docente en las clases de Pre grado y al Lic. Erasmo Mauro Romero Contreras por el compromiso a la Facultad y estar al servicio estudiantil, sirvieron mucho sus aportes tanto académico como emocional.*

*Al gerente Damián Ortiz Turpo, por la confianza y haberme dado la libertad de poner en práctica la teoría donde laboré.*

## Índice general

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Resumen.....	17
Abstract.....	18
I. Introducción.....	19
1.1. Descripción y formulación del problema.....	20
1.2. Antecedentes.....	22
1.3. Objetivos.....	27
1.4. Justificación.....	28
1.5. Hipótesis.....	29
II. Marco teórico.....	30
2.1. Bases teóricas.....	30
III. Método.....	64
3.1. Tipo de investigación.....	64
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	64

3.3. Variables.....	64
3.4. Población y muestra.....	65
3.5. Instrumentos.....	66
3.6. Procedimientos.....	67
3.7. Análisis de datos.....	67
IV. Resultados.....	68
4.1. Descripción de caso.....	68
4.2. Evaluación del caso.....	74
a. Diseño de Albañilería Confinada.....	74
Estructuración.....	74
Dimensionamiento de los miembros estructurales.....	74
Configuración estructural.....	88
Análisis estático.....	100
Excentricidad.....	102
Control de desplazamiento lateral.....	104
Análisis sísmico dinámico.....	105
Diseño estructural.....	109

b. Diseño de Muros de Ductilidad Limitada.....	118
Estructuración.....	118
Dimensionamiento de los miembros estructurales.....	119
Configuración estructural.....	122
Análisis estático.....	135
Excentricidad.....	137
Control de desplazamiento lateral.....	138
Análisis sísmico dinámico.....	139
Diseño Estructural.....	142
Cimentación con cajón.....	147
Platea de cimentación.....	149
c. Análisis económico del Sistema Albañilería Confinada.....	154
Creación de partidas.....	154
Análisis de precios unitarios.....	154
Programación de obra.....	154
d. Análisis económico del Sistema Muros de Ductilidad Limitada.....	162
Creación de partidas.....	162



Análisis de precios unitarios.....	162
Programación de obra.....	162
e. Valor estimado de la obra.....	169
4.3. Descripción de resultados.....	170
a. Tablas.....	170
b. Figuras.....	175
V. Discusión de resultados.....	184
VI. Conclusiones .....	185
VII. Recomendaciones.....	188
VIII. Referencias.....	190
IX. Anexos.....	193
Anexo A: Tablas.....	194
Anexo B: Planos.....	197

## Índice de figuras

Figura 1: Falla de corte por Deslizamiento, por H. Gallegos, 1999.....	45
Figura 2: Vivienda colapsada por tener poca densidad de muros en la dirección perpendicular de la fachada; sismo 2007 en Ica-Perú, por A. Blanco, D. Chang, H. Flores, 2015.....	47
Figura 3: Detalle del anclaje del refuerzo horizontal continuo en muro confinado y Refuerzo horizontal mínimo en un muro con esfuerzo axial mayor a $0.05 f'_{cm}$ , por San Bartolomé, 1994.....	48
Figura 4: Aislamiento de alféizares y de tabiques discontinuos verticalmente, por San Bartolomé y Quiun, 2003.....	49
Figura 5: Fuerzas internas en columnas de un muro confinado de un solo paño y en voladizo, por San Bartolomé y Quiun, 2003.....	52
Figura 6: Ilustración de algunos parámetros que intervienen en las fórmulas de la Tabla 3, por San Bartolomé y Quiun, 2003.....	53
Figura 7: Falla por corte-fricción y tracción combinada en una columna, elaboración propia..	55
Figura 8: Para edificios mayor a 7 piso se usará muros de corte y MDL en los últimos pisos, elaboración propia.....	56
Figura 9: Elementos confinados de borde en muros, por Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.....	59

Figura 10: Elementos confinados de borde en muros, por Braja, 2001.....	63
Figura 11: Plano de arquitectura del primer piso, elaboración propia.....	69
Figura 12: Plano de arquitectura del segundo piso, elaboración propia.....	70
Figura 13: Plano de arquitectura del tercer piso, elaboración propia.....	71
Figura 14: Plano de arquitectura del cuarto piso y techo, elaboración propia.....	72
Figura 15: Plano de corte de arquitectura, elaboración propia.....	73
Figura 16: Área tributaria que carga la columna esquineral, elaboración propia.....	80
Figura 17: Área tributaria que carga la columna lateral, elaboración propia.....	82
Figura 18: Plano de arquitectura y ubicación preliminar de las columnas, elaboración propia..	84
Figura 19: Distribución de muros y placas, elaboración propia.....	85
Figura 20: Distribución de muros, placas y columnas, elaboración propia.....	89
Figura 21: Esquinas entrantes en 1° techo, elaboración propia.....	92
Figura 22: Esquinas entrantes en 2° techo, elaboración propia.....	93
Figura 23: Esquinas entrantes en 3° techo, elaboración propia.....	94
Figura 24: Esquinas entrantes en 4° techo, elaboración propia.....	95
Figura 25: Ubicación del CM y CR en Albañilería confinada-1° piso, elaboración propia.....	104

Figura 26: Modelo tridimensional del edificio en Albañilería Confinada, elaboración propia.	106
Figura 27: Modelo en elevación del edificio en Albañilería Confinada.....	106
Figura 28: Distribución de los muros de ductilidad limitada, elaboración propia.....	123
Figura 29: Esquinas entrantes en 1° techo, elaboración propia.....	127
Figura 30: Esquinas entrantes en 2° techo., elaboración propia.....	128
Figura 31: Esquinas entrantes en 3° techo, elaboración propia.....	129
Figura 32: Esquinas entrantes en 4° techo, elaboración propia.....	130
Figura 33: Modelo tridimensional del edificio en MDL, elaboración propia.....	140
Figura 34: Modelo en elevación del edificio en MDL, elaboración propia.....	140
Figura 35: Diagrama de interacción del muro MX1, elaboración propia.....	144
Figura 36: Detalle de placa MX1, elaboración propia.....	149
Figura 37: Planta de losa de cimentación, elaboración propia.....	151
Figura 38: Modelo de losa en Etabs, diagrama de carga, elaboración propia.....	153
Figura 39: Programación de obras en Albañilería Confinada, elaboración propia.....	161
Figura 40: Programación de obras en MDL, elaboración propia.....	168
Figura 41: Resultado en relación a la variación de la distorsión en albañilería confinada en el eje X, elaboración propia.....	176

Figura 42: Resultado en relación a la variación de la distorsión en albañilería confinada en el eje Y, elaboración propia.....	176
Figura 43: Resultado en relación a la variación de la distorsión en MDL en el eje X, elaboración propia.....	177
Figura 44: Resultado en relación a la variación de la distorsión en MDL en el eje Y, elaboración propia.....	177
Figura 45: Resultado en relación a la variación de la distorsión en Albañilería confinada Vs MDL en el eje X, elaboración propia.....	178
Figura 46: Resultado en relación a la variación de la distorsión en Albañilería confinada Vs MDL en el eje Y, elaboración propia.....	178
Figura 47: Resultado en relación a la verificación de la cortante en muros en Albañilería confinada, elaboración propia.....	179
Figura 48: Resultado en relación a la verificación de la cortante en muros ductilidad limitada, elaboración propia.....	179
Figura 49: Resultado en relación a la Excentricidad en Albañilería confinada en eje X, elaboración propia.....	180
Figura 50: Resultado en relación a la Excentricidad en Albañilería confinada en eje y,	

elaboración propia.....	180
Figura 51: Resultado en relación a la Excentricidad en MDL en eje X, elaboración propia.....	181
Figura 52: Resultado en relación a la Excentricidad en MDL en eje Y, elaboración propia.....	181
Figura 53: Resultado en relación al presupuesto en Alb. conf., elaboración propia.....	182
Figura 54: Resultado en relación al presupuesto en MDL., elaboración propia.....	182
Figura 55: Resultado comparativo entre presupuesto, elaboración propia.....	183
Figura 56: Cuadro de valores, elaboración propia.....	196
Figura 57: Plano de distribución de Arquitectura 1° y 2° piso, elaboración propia.....	198
Figura 58: Plano de distribución de Arquitectura 3°, 4° piso y techo, elaboración propia.....	199
Figura 59: Plano de Arquitectura en cortes y elevación, elaboración propia.....	200

## Índice de tablas

Tabla 1: Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones.....	30
Tabla 2: Coeficientes sísmicos reducidos para el método simplificado.....	38
Tabla 3: Fórmulas para determinar las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso.	53
Tabla 4: Tabla de variables.....	65
Tabla 5: Densidad de muros en Albañilería confinada.....	86
Tabla 6: Tabla de rigidez en Albañilería confinada.....	89
Tabla 7: Tabla de conclusiones de Irregularidad en altura de la estructura, Albañilería Confinada.....	98
Tabla 8: Tabla de conclusiones de Irregularidad en planta de la estructura, Albañilería Confinada.....	99
Tabla 9: Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico.....	101
Tabla 10: Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico final.....	102
Tabla 11: Tabla comparativo entre centro de masa y centro de rigidez.....	103
Tabla 12: Tabla excentricidad en “x” e “y”.....	103
Tabla 13: Resultados de distorsión en el eje X.....	105
Tabla 14: Resultados de desplazamientos en el eje Y.....	105

Tabla 15: Períodos de los modos de vibración del Edificio.....	109
Tabla 16: Cargas de gravedad acumuladas.....	110
Tabla 17: Cargas de gravedad acumuladas resumen y esfuerzo axial en Piso 1.....	110
Tabla 18: Fuerzas de inercia ante el Sismo Moderado y Severo.....	111
Tabla 19: Fuerzas de inercia $V_e$ , $M_e$ , $P_g$ ante Sismo Moderado Y-Y (Espesor Alb.=0.13cm, $f'_m=650$ Ton/m <sup>2</sup> ).....	112
Tabla 20: Fuerzas de inercia $V_e$ , $M_e$ , $P_g$ ante Sismo Moderado Y-Y (Espesor Alb.=0.23cm, $f'_m=800$ Ton/m <sup>2</sup> ).....	112
Tabla 21: Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 1° piso.....	114
Tabla 22: Resultados para el diseño de muros ante sismo severo en el eje Y-Y.....	115
Tabla 23: Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 2° piso.....	116
Tabla 24: Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 3° piso.....	116
Tabla 25: Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 4° piso.....	117
Tabla 26: Diseño de muros no agrietados.....	118
Tabla 27: Tabla de rigidez en MDL.....	124
Tabla 28: Tabla de conclusiones de Irregularidad en altura de la estructura, MDL.....	133
Tabla 29: Tabla de conclusiones de Irregularidad en planta de la estructura, MDL.....	134



Tabla 30: Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico.....	136
Tabla 31: Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico final.....	136
Tabla 32: Tabla comparativo entre centro de masa y centro de rigidez.....	137
Tabla 33: Tabla excentricidad en “x” e “y”.....	138
Tabla 34: Resultados de distorsión en el eje X.....	139
Tabla 35: Resultados de distorsión en el eje Y.....	139
Tabla 36: Periodos de los modos de vibración del Edificio.....	142
Tabla 37: Resultados de las combinaciones.....	143
Tabla 38: Resultados de presiones netos.....	151
Tabla 39: Planilla de metrado para el sistema de Albañilería confinada.....	155
Tabla 40: Análisis de gastos generales en Albañilería confinada: Gastos Variables.....	156
Tabla 41: Análisis de gastos generales en Albañilería confinada: Gastos Fijos.....	157
Tabla 42: Presupuesto en Albañilería confinada.....	158
Tabla 43: Planilla de metrado para el sistema de MDL.....	163
Tabla 44: Análisis de gastos generales en MDL: Gastos Variables.....	164
Tabla 45: Análisis de gastos generales en MDL: Gastos Fijos.....	164
Tabla 46: Presupuesto en MDL.....	165

Tabla 47: Tabla final de Albañilería confinada: Distorsión.....	171
Tabla 48: Tabla final de Muro de Ductilidad Limitada: Distorsión.....	171
Tabla 49: Tabla final de Muro de Albañilería Confinada: Relación de densidad de muros con la cortante.....	172
Tabla 50: Tabla final de MDL: Relación de densidad de muros con la cortante.....	172
Tabla 51: Tabla final de muro de Albañilería Confinada: Excentricidad.....	173
Tabla 52: Tabla final de Muro de Ductilidad Limitada: Excentricidad.....	173
Tabla 53: Tabla final de Muro de Albañilería Confinada: Presupuesto en casco.....	174
Tabla 54: Tabla final de Muro de Ductilidad Limitada: Presupuesto en casco.....	174
Tabla 55: Matriz de consistencia.....	195

## Resumen

En esta investigación desarrollaremos la respuesta sísmica entre dos sistemas estructurales, la primera muy común por la facilidad en su construcción siendo Albañilería confinada y la segunda con poco tiempo utilizado en nuestro país que son los Muros de Ductilidad Limitada. Debido a los constantes cambios y agresividad de los sismos, la Norma E0.30 (diseño sismorresistente) ha sido modificada desde el 2016, es así conocida esta Norma usaremos los parámetros y restricciones para el diseño estructural, además cumpliéndose la Norma E0.70 (Albañilería) para el sistema estructural de Albañilería Confinada y E0.60 (Concreto Armado) para el caso de los Muros de Ductilidad Limitada. Visto ello, se realiza el diseño de una misma edificación de 4 pisos atípicos en el distrito de Carabayllo con una capacidad admisible de terreno de  $2.61 \text{ kg/cm}^2$ , para el sistema estructural de Albañilería Confinada apoyados con muros de corte y Muros de Ductilidad Limitada de 12.5 cm de espesor, con el objetivo de analizar, comparar y dar soluciones estructurales según sea el caso. Finalmente, de los resultados se procede a la comparación entre ambos sistemas, de los cuales nos centraremos en la distorsión, relación de densidad de muros con la cortante, excentricidad y por último el presupuesto. Para la evaluación económica consta de presupuesto y programación, sólo se considera el presupuesto en Estructura y Arquitectura, no se considera a las Instalaciones Eléctricas ni Sanitarias debido a que no hay cambios significativos para ser uso de estudio, de esa manera, se podrá decidir la mejor alternativa del proyecto tanto estructural como económico.

**Palabras clave:** albañilería confinada, muros de ductilidad limitada, sismo

## Abstract

In this investigation we will develop the seismic response between two structural systems, the first very common for the ease in its construction being confined Masonry and the second with little time used in our country that are the Walls of Limited Ductility. Due to the constant changes and aggressiveness of the earthquakes, the E0.30 Standard (seismic resistant design) has been modified since 2016, it is well known that this Standard will use the parameters and restrictions for structural design, in addition to complying with Standard E0.70 (Masonry) for the structural system of Confined Masonry and E0.60 (Reinforced Concrete) for the case of the Limited Ductility Walls. In view of this, the same 4-story atypical building is being designed in the district of Carabayllo with an admissible land capacity of  $2.61 \text{ kg / cm}^2$ , for the structural system of confined masonry supported by cutting walls and walls of limited ductility. 12.5 cm thick, with the aim of analyzing, comparing and providing structural solutions as the case may be. Finally, the results of the comparison between both systems, of which we will focus on the distortion, density ratio of walls with the shear, eccentricity and finally the budget. For the economic evaluation consists of budget and programming, only the budget in Structure and Architecture is considered, the Electrical or Sanitary Facilities are not considered because there are no significant changes to be study use, in this way, the best alternative of the project both structural and economic.

**Keywords:** confined masonry, walls of limited ductility, earthquake.

## I. Introducción

La investigación titulada “Respuesta sísmica y evaluación económica entre el sistema estructural de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos”, cuyo problema principal es: ¿De qué manera obtendré la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL para el proyecto de edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos?, por lo que nos planteamos el siguiente objetivo de: Evaluar de qué manera obtendré la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL para el proyecto de edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos e hipótesis de: Obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos

Las edificaciones de Albañilería Confinada son las más usadas en el Perú, debido a su gran demanda y facilidad en su proceso constructivo, sin embargo, también existen otros tipos de estructura de acuerdo a la necesidad y la arquitectura del proyecto, es así, que nace en el Perú la necesidad de construir edificios resistentes y económicos, por ello se introduce un nuevo tipo de estructura en el inicio de este siglo, los muros de ductilidad limitada o simplemente MDL.

Se han hecho estudios, análisis y ensayos tanto para muros portantes de albañilería como los muros de ductilidad limitada, tanto así, que la Norma en relación Estructural del Reglamento Nacional de Edificaciones ha sido también modificado con la intención de ser más estricto en el momento del diseño.

Con los indicadores de distorsión, relación de densidad de muros con la cortante y

excentricidad podemos asegurar la eficacia en los componentes de la estructura a edificar, sin dejar de lado la evaluación y comprobación de no centrarnos en únicamente resultados numéricos de manera mecánica sino que sea un sentido lógico.

La muestra de estudio será para una vivienda unifamiliar de 4 pisos atípicos, se analizará con los parámetros estructurales tanto en Albañilería confinada como en MDL, obteniendo así una comparación estructural como económico obteniendo resultados para una buena toma de decisiones.

Se realiza la aplicación del caso con las características propias en cada sistema estructural, para el caso de albañilería confinada es posible reemplazar una considerable cantidad de muros de albañilería por muros de corte para que cumpla la rigidez de la estructura y en el caso de MDL emplearse muros de 12.5 cm de espesor y que sea verificado por la relación de muros con la cortante, además de emplearse una platea de cimentación donde deba cumplir si las cargas actuantes del edificio resistan con la resistencia admisible del suelo.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos se decidirá cuál de ambas estructuras será la mejor alternativa tanto en el aspecto estructural como económico.

### **1.1. Descripción y formulación del problema**

(San Bartolomé y Quiun, 2004) Las edificaciones de albañilería o mampostería confinada con una altura de hasta 5 pisos, son las construcciones más populares en las zonas urbanas del Perú, para viviendas, oficinas, hoteles, etc. Este tipo de edificación se caracteriza por construirse primero el muro de albañilería, para luego vaciar el concreto de los elementos verticales de confinamiento, y finalmente, construir el techo en conjunto con la viga solera. Esta secuencia constructiva produce un comportamiento integral de los materiales

involucrados. Es necesario que estas edificaciones sean diseñadas contemplando su incursión en el rango inelástico, pero de tal forma que puedan repararse después de un terremoto severo que produzca su falla por corte.

Artigas (2010). Desde principios del 2000, el sector inmobiliario peruano ha experimentado un gran crecimiento. La demanda de viviendas se ha visto favorecida por diversos factores como el aumento de los ingresos familiares, mayores facilidades crediticias, con tasas más bajas y mayores plazos. El mercado de viviendas atendidas por el mercado formal, provenía básicamente de los segmentos A y B hasta hace unos pocos años; sin embargo la necesidad de poner viviendas al alcance de los sectores populares ha hecho que el gobierno impulse la construcción de megaproyectos habitacionales, otorgando a los promotores facilidades para adquirir terrenos y se ha generado un mercado muy grande desatendido por años.

Villarreal (2015) La construcción de edificaciones MDL ha sido muy, pero muy alta y sobretodo está dedicado a las clases de niveles C, D porque este sistema de MDL son a su vez todos muros portantes y muros de corte. Tienen un doble comportamiento, ante carga vertical y ante el efecto sísmico. Tenemos una norma que habla muy poco acerca de este sistema MDL. En estos muros, en inicio del año 2000, se empezó con la malla electrosoldada en la parte interior era una sola malla, muros de 10 cms de espesor, Respecto al número de pisos, nuestra norma nos limita hasta 7 pisos, pero también tiene un acápite en el cual nos indica que se puede construir un poco más.

*“El uso de la albañilería confinada en el Perú, ha protagonizado en su gran mayoría en casi todos los distritos tanto en Lima como en provincia, debido a su facilidad en la*

*construcción, cabe resaltar que a lo largo de su empleo se ha ido modificando y mejorando su uso de acuerdo al comportamiento que tiene frente a un sismo, por otro lado, el sistema MDL desde su inicio en el Perú no ha reportado un mejor estudio en su comportamiento, debido que no cuenta con antecedentes por el corto tiempo que lleva en uso”.*

## **1.2. Antecedentes**

### ***a. En el ámbito Nacional***

En relación a la albañilería confinada se han hecho investigaciones

Galicia y León (2007) presentan su investigación con el título: “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación” concluye La interacción suelo estructura nos permite determinar simultáneamente el comportamiento del suelo de fundación con la edificación frente a eventos sísmicos, demostrando que ante tal escenario el suelo coadyuva a una mejor distribución de esfuerzos en todos los elementos estructurales de la edificación, mediante la disipación de cierto porcentaje de energía inducida por un sismo.

Bartolomé y Quien (2010) mediante su investigación expuesta con el título: “Diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada “comprueba con éxito en experimentos estáticos y dinámicos realizados en albañilería confinada a escala natural y reducida. Esta técnica es inédita a nivel mundial y se aplicó por primera vez en el Perú, en él menciona que la falla por corte que se desarrolla en las edificaciones de mediana altura estructurada con muchos muros, debe tomarse con naturalidad, el efecto no es negativo siempre y cuando se adopte precauciones para limitar los desplazamientos laterales inelásticos, proporcionando así una adecuada densidad de muros y diseñando a las columnas de confinamiento como última



línea resistente.

En relación a los muros de ductilidad limitada se han hecho investigaciones.

En el Perú, La idea de plantear una construcción de muros de concreto armado y electro soldadas surge a partir de 1998 donde con apoyo del Banco de Materiales, se inicia un programa de ensayos monolíticos y cíclico en muros, con resistencias de concreto de 100 kg/cm<sup>2</sup>, orientados a viviendas de uno y dos niveles en Base a muros delgados con refuerzo muy ligero, por debajo de las cuantías mínimas para acero vertical u horizontal.

En el año 1999 se diseñó y construyó el primer edificio multifamiliar en Miraflores, en un programa para aliviar la turgurización de solares, por encargo del Banco de Materiales.

Entre el 2001 y 2005, las empresas Prodac y Unicon invierten en continuar la investigación, la cual se desarrolló paralelamente en el CISMID de la UNI y en la PUCP.

En ambos casos los investigadores de cada universidad fueron acompañados por otros profesionales.

La investigación de esos años, se orientaba a evaluar la incidencia en la curvas de capacidad, de la diferencia en las características de las relaciones esfuerzo-deformación de las barras corrugadas y las mallas electro soldadas; además de estudiar las implicancias de la falta de elementos de confinamiento en los bordes de los muros, debido a su reducido espesor y a las deficiencias que podrían presentarse en las juntas horizontales entre el muro y el diafragma rígido formado por las cimentaciones o las losas de techo, sean macizas o aligeradas, causadas por procedimientos constructivos y detalles de la armadura.

Como una culminación de estos trabajos, se introdujeron cambios en las Normas E.030

y E.060, que incorporaron anexos específicos sobre Sistemas con Muros de Ductilidad Limitada (SMDL). Posteriormente, tanto en el CISMID como en la PUCP, se han continuado los trabajos de investigación, orientados mayormente a determinar, con mayor detalle, la influencia del uso de malla electro soldada como armadura de los muros, manteniendo siempre una presencia de barras corrugadas en los extremos, ya sea como una concentración de la armadura o como el refuerzo vertical de los elementos de confinamiento en el borde de los muros.

Finalmente en el 2007, durante una mesa redonda convocada por la PUCP, el Dr. Richard Klingner planteó la necesidad de usar la metodología del ATC-63 para zanjar las discusiones y determinar los Parámetros de Modificación de Respuesta Sísmica a usar en los SMDL, cuando se use muros delgados y refuerzo con mallas.

Luego en el segundo semestre del 2008, la PUCP presenta una nueva investigación titulada: “Propuesta del factor de reducción de fuerza sísmica para sistemas estructurales en concreto armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electrosoldadas” (Klingner, 2008) donde plantea en un enfoque constructivo, que las viviendas de concreto armado estructuradas en base a muros y reforzadas con malla electrosoldada, implican procesos constructivos más eficientes, que en el caso de las de interés social unifamiliares permiten la autoconstrucción de refugios básicos o la oferta por el sector privado de viviendas económicas y en las multifamiliares significa un ahorro sensible generado por la velocidad del proceso constructivo, todo esto garantizando niveles adecuados de seguridad estructural frente a los sismos que se presentan en nuestro país” y desde el enfoque estructural, concluye en que: los mecanismos de disipación de energía en estos sistemas estructurales, no implican necesariamente ductilidades apreciables ni la formación de rótulas plásticas o mecanismos de

plasticidad concretada. La energía se disiparía por fricción en las grietas, aplastamiento del concreto y otros medios.

***b. En el ámbito Internacional***

(Ruiz, 2007) profesor e investigador Jorge Ruiz Garcia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, hizo una investigación para la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural con el título: “Rehabilitación sísmica de edificaciones de mampostería para vivienda”, en él presenta una revisión de los criterios para la rehabilitación de estructuras de mampostería, principalmente cuando han sido sometidas a la acción sísmica. En particular, se describe el uso de la malla de alambre electrosoldada como esquema de rehabilitación para edificaciones de mampostería que han sufrido daño del tipo sísmico, o bien en aquellas que requieren incrementar su capacidad ante cargas laterales para disminuir su vulnerabilidad sísmica. En principio, se presenta una exposición del comportamiento observado en edificaciones de mampostería durante eventos sísmicos y se describen las consideraciones para su inspección, evaluación y clasificación del daño. Posteriormente, se describen las técnicas propuestas tanto en México así como en otros países latinoamericanos para la reparación y/o refuerzo de muros de mampostería, mencionando la evidencia experimental que les ha dado sustento. En particular, dado su amplio uso en la práctica mexicana y su buen desempeño experimental, se comentan las consideraciones de diseño y construcción para el empleo de malla de alambre recubierta con mortero de cemento como esquema de rehabilitación estructural.

En Octubre Beijing-China se realiza la Conferencia Mundial en Ingeniería T.Narufu (2008) expone su artículo en ingles “BASIC STUDY FOR BRIDGE BETWEEN

ENGINEERING AND CONSTRUCTION PRACTICE OF NON-ENGINEERED HOUSES”, donde analiza el comportamiento de la albañilería confinada en varios lugares del mundo, la construcción de las edificaciones como en el norte de Pakistán, Indonesia y en Perú específicamente en Lima donde concluye en que la construcción no diseñada debería ser más segura ya que es la principal causa de bajas humanas. Para el propósito, "práctico la tecnología" es esencial, que es asequible para los propietarios / residentes, factible para los trabajadores locales y aceptable para todos actores relevantes. Empezamos a trabajar en este tema en cooperación de investigadores / profesionales en temas relevantes experiencia en muchos países. Podríamos trabajar en varios tipos y aspectos limitados de la construcción hasta el momento. Ahí siguen siendo grandes campos que requieren una intervención técnica adecuada. Esperamos más personas de conocimiento para trabajar en este tema crucial de construcciones sin ingeniería.

En Diciembre se expone el artículo ganador al concurso nacional de tesis de doctorado con el título de “Comportamiento a cortante de muros de concreto para vivienda” (Carrillo y Alcocer, 2011) mediante una ecuación desean estimar la capacidad de resistencia al cortante de muros de concreto en viviendas de baja altura , además presentaron recomendaciones para estimar los parámetros principales para diseño sísmico reglamentario (factor de comportamiento sísmico y distorsiones permisibles de entrepiso). Las ecuaciones y los parámetros se plantearon de tal manera que puedan adaptarse fácilmente al formato de un reglamento de diseño, por el ejemplo, al Reglamento del Distrito Federal. Sin embargo, si se considera que el énfasis del diseño sísmico está cambiando a un enfoque por desempeño, los indicadores de desempeño propuestos también son una herramienta robusta para que los diseñadores y desarrolladores de códigos evalúen la efectividad de los procedimientos de

diseño disponibles.

Haindl (2014) presenta su tesis de maestría en Santiago de Chile “Evaluación del desempeño sísmico de una vivienda de muros de hormigón armado”, donde en su análisis concluye que una vivienda de baja altura, su ductilidad es muy reducida, esta baja se debe al uso de la malla electrosoldada y la baja razón de aspecto de los muros, también indica que la cuantía de refuerzo afecta positivamente el desempeño de la vivienda, además, considera permitir el uso de muros de hormigón armado, 10 cm de espesor, reforzados con malla central electrosoldada con cuantía mínima ( $\beta_{\min}=0.2\%$ ) vertical y horizontal, para el diseño de viviendas hasta dos pisos en zonas céntricas y de ( $\beta_{\min}=0.25\%$ ) en zonas costeras donde la amenaza sísmica es mayor.

### **1.3. Objetivos**

#### ***a. Objetivo General***

Demostrar de qué manera obtendré la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL para el proyecto de edificación unifamiliar de 4 pisos áticos.

#### ***b. Objetivo específico***

- Determinar la respuesta sísmica en relación a la distorsión entre el sistema de albañilería confinada y MDL en la edificación unifamiliar de 4 pisos áticos.
- Determinar la respuesta sísmica en relación con la densidad y verificación de la cortante en muros entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos áticos

- Determinar la respuesta sísmica en relación con la excentricidad para definir su regularidad o irregularidad entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.
- Comparar con el Valor Unitario de Edificación el presupuesto para cada sistema estructural, de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.

#### **1.4. Justificación**

##### ***a. Teórica***

La evaluación estructural sostiene resultados como carga puntuales para el diseño de las columnas y zapatas, momentos flectores para el diseño de vigas así como también se podrá calcular los drift, es decir, los desplazamientos laterales tal como son solicitadas por la Norma NTE. E030.

##### ***b. Práctica***

Al aplicarse esta evaluación, ayudará a resolver la interrogante de cuál de ambos sistemas será el mejor.

##### ***c. Metodología***

Al tener los resultados, se podrá saber de ambos sistemas, el óptimo. Y por ende, aplicarlos en los futuros proyectos de edificaciones

##### ***d. Social***

Los beneficiados serán aquellos ligados a la construcción, sean, los directos

propietarios o contratistas que optarán debido a su menor costo a ejecutar el proyecto sin que eso afecte al comportamiento estructural

## **1.5. Hipótesis**

### ***a. Hipótesis Principal***

Obtener la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.

### ***b. Hipótesis Secundaria***

- Con la distorsión como parámetro estructural podré obtener la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos. la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.
- Con la densidad de muros y verificación de los mismos obtendré la correcta distribución de los muros e influirá para obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.
- Con la excentricidad obtendré la configuración de la estructura y podré obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación de 4 pisos atípicos.
- Con el Valor Unitario de Edificación podré decidir el proyecto más económico entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL de edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.

## II. Marco Teórico

### 2.1. Bases teóricas

#### a. Criterios generales para diseño por Sismo

**Espectros para diseño sísmico.** (Las Normas Técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el D.F 2004) Se tomó como referencia el estudio que se realizó en el Distrito Federal de México, porque este país es muy similar al nuestro en cuanto a vulnerabilidad sísmica.

Para aplicarlo se dividió en 6 zonas el Distrito Federal de México, para saber las limitaciones de las clases para el análisis estructural de las edificaciones.

Entonces, Cuando se aplique el análisis dinámico modal que se especifica los ítems siguientes, se adoptará como ordenada del espectro de aceleraciones para diseño sísmico, “ $a$ ”, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, la que se estipula a con junto a la siguiente tabla y las ecuaciones que continúan:

**Tabla 1.**

*Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones (Periodos en segundos)*

ZONA	C	$a_0$	$T_a$	$T_b$	r
I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0
II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
IIIa	0.40	0.10	0.53	1.80	2.00
IIIb	0.40	0.11	0.85	3.00	2.00
IIIc	0.40	0.10	1.25	4.20	2.00
IIId	0.30	0.10	0.85	4.20	2.00

*Nota:* La tabla representa los valores de los espectros de acuerdo al tipo de zona. Tomado de *Gaceta oficial del Distrito Federal* (p. 62), 2004, Corporación mexicana de impresión.



Dónde:

$a$  = Ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la aceleración de la gravedad

$a_0$  = Valor de “ $a$ ” que corresponde a  $T=0$

$T$  = Período natural de vibración de la estructura

$T_a, T_b$  = Periodos característicos de vibración de la estructura

$r$  = exponente en las expresiones para el cálculo de las ordenadas de los espectros de diseño.

Entonces tenemos:

$$a = a_0 + (c - a_0) \frac{T}{T_a}; \quad \text{si } T < T_a$$

$$a = c; \quad \text{si } T_a \leq T \leq T_b$$

$$a = qc; \quad \text{si } T > T_b, \text{ donde } q = (T_b/T)^r$$

**Reducción de Fuerzas Sísmicas.** Para el cálculo de las fuerzas sísmicas para análisis estático y de las obtenidas del análisis dinámico modal con los métodos que se fijan en las siguientes ecuaciones, se empleará un factor de reducción  $Q'$  que se calculará como sigue:

$$Q' = Q; \quad \text{si se conoce } T, \text{ o si } T \geq T_a$$

$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q-1); \quad \text{si } T < T_a$$

Dónde:

$Q'$  = factor de reducción de las fuerzas sísmicas con fines de diseño, función del periodo natural

$Q$  = factor de comportamiento sísmico, independiente de  $T$ .

En estas ecuaciones el factor “T” tomará igual al periodo fundamental de vibración de la estructura cuando se utilice el método estático, e igual al periodo natural de vibración del modo que se considere cuando se utilice el análisis dinámico modal; “Ta” es un periodo característico del espectro de diseño. “Q” es el factor de comportamiento sísmico que se especifica en el ítem siguiente.

**Factor de comportamiento Sísmico.** Para el factor de comportamiento sísmico, Q, a que se refiere en el ítem “Reducción de fuerzas sísmica “, se adoptarán los valores especificados en alguna de las secciones siguientes, según se cumplan los requisitos en ellas indicados

- Requisitos para Q=4

Se usará Q=4 cuando se cumplan los requisitos siguientes:

- a. La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero, concreto reforzado o compuestos de los dos materiales, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, en los que en cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 por ciento de la fuerza sísmica actuante.
- b. Si hay muros de mampostería ligados a la estructura en la forma especificada en la sección b.1, éstos se deben considerar en el análisis, pero su contribución a la resistencia ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos de los dos materiales, son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.

- b.1. Los muros que contribuyan a resistir fuerzas laterales se ligarán adecuadamente a los marcos estructurales o a castillos y dalas en todo el perímetro del muro; su rigidez se tomará en cuenta en el análisis sísmico y se verificará su resistencia de acuerdo con las Normas correspondientes. Los castillos y dalas de estos muros, a su vez estarán ligados a los marcos. Se verificará que las vigas o losas y columnas resistan la fuerza cortante, el momento flexionante, las fuerzas axiales y, en su caso, las torsiones que induzcan los muros en ellas. Se verificará, asimismo, que las uniones entre elementos estructurales resistan dichas acciones.
- c. El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 35 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular los muros que se hallen en el caso de la sección b.1. El último entrepiso queda excluido de este requisito.
- d. Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan las Normas correspondientes para marcos y muros dúctiles
- e. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos con ductilidad alta que fijan las Normas correspondientes, o están provistos de contraventeo excéntrico de acuerdo con las mismas Normas.
- Requisitos para  $Q=3$
- Se usará  $Q=3$  cuando se satisfacen las condiciones  $Q=4$ , inciso b, d ó e y en cualquier entrepiso dejan de satisfacerse las  $Q=4$ , inciso a ó c, pero la resistencia en

todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzado, por muros de concreto o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera. Las estructuras con losas planas y las de madera deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las Normas correspondientes. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para ductilidad alta o están provistos de contraventeo concéntrico dúctil, de acuerdo con las Normas correspondientes.

- Requisitos para Q=2

Se usará Q=2 cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero con ductilidad reducida o provistos de contraventeo con ductilidad normal, o de concreto reforzado que no cumplan con los requisitos para ser considerados dúctiles, o muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos de acero y concreto, que no cumplen en algún entrepiso lo especificado por las secciones Q=4 y Q=3, o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o trabes de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las Normas correspondientes.

También se usará Q=2 cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o reforzado, con las excepciones que sobre el particular marcan las Normas correspondientes, o cuando se trate de estructuras de madera con las características que se indican en las Normas respectivas, o de algunas estructuras de acero que se indican en las Normas correspondientes.

- Requisitos para  $Q=1.5$

Se usará  $Q=1.5$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior, que satisfacen los requisitos de las Normas correspondientes, o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos de las secciones  $Q=3$  y  $Q=2$ , o por marcos y armaduras de madera, o por algunas estructuras de acero que se indican en las Normas correspondientes

- Requisitos para  $Q=1$

Se usará  $Q=1$  en estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos o materiales diferentes de los arriba especificados, a menos que se haga un estudio que demuestre, a satisfacción de la Administración, que se puede emplear un valor más alto que el que aquí se especifica; también en algunas estructuras de acero que se indican en las Normas correspondientes.

En todos los casos se usará para toda la estructura, en la dirección de análisis, el valor mínimo de  $Q$  que corresponde a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.

El factor  $Q$  puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones.

### ***b. Métodos para el análisis sísmico de estructuras de Edificios***

**Método Simplificado de análisis.** (Normas Técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el D.F, 2004) El método simplificado será aplicable al análisis de edificios que cumplan simultáneamente los siguientes requisitos:

- En cada planta, al menos el 75 por ciento de las cargas verticales estarán soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas u otros sistemas de piso suficientemente resistentes y rígidos al corte. Dichos muros tendrán distribución sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales y deberán satisfacer las condiciones que establecen las Normas correspondientes. Para que la distribución de muros pueda considerarse sensiblemente simétrica, se deberá cumplir en dos direcciones ortogonales, que la excentricidad torsional calculada estáticamente, es, no exceda del diez por ciento de la dimensión en planta del edificio medida paralelamente a dicha excentricidad. La excentricidad torsional se podrá estimarse como el cociente del valor absoluto de la suma algebraica del momento de las áreas efectivas de los muros, con respecto al centro de cortante del entrepiso, entre el área total de los muros orientados en la dirección de análisis. El área efectiva es el producto del área bruta de la sección transversal del muro y del factor  $F_{AE}$ , que está dado por:

$$F_{AE} = 1; \quad \text{Si } \frac{H}{L} \leq 1.33$$

$$F_{AE} = (1.33 \frac{L}{H})^2; \quad \text{Si } \frac{H}{L} > 1.33$$

Dónde:

$F_{AE}$  = Factor de área efectiva de muros de carga

H = altura del entrepiso

L = longitud del muro

Los muros a que se refiere este párrafo podrán ser de mampostería, concreto reforzado, placa de acero, compuestos de estos dos últimos materiales, o de madera;

en este último caso estarán arriostrados con diagonales. Los muros deberán satisfacer las condiciones que establecen las Normas correspondientes.

- La relación entre longitud y ancho de la planta del edificio no excederá de 2.0, a menos que para fines de análisis sísmico se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación entre longitud y ancho satisfaga esta restricción y las que se fijan en el inciso anterior.
- La relación entre la altura y la dimensión mínima de la base del edificio no excederá de 1.5 y la altura del edificio no será mayor de 13m.

Para aplicar este método, se deben cumplir los requisitos indicados. Se hará caso omiso de los desplazamientos horizontales, torsiones y momentos de volteo. Se verificará únicamente que en cada entrepiso la suma de las resistencias al corte de los muros de carga, proyectados en la dirección en que se considera la aceleración, sea cuando menos igual a la fuerza cortante total que obre en dicho entrepiso, calculada según se especifica en el *Análisis Estático*, pero empleando los coeficientes sísmicos reducidos que se establecen en la tabla 2 para construcciones del grupo B. Tratándose de las clasificadas en el grupo A estos coeficientes habrán de multiplicarse por 1.5.

**Tabla 2**

*Coefficientes sísmicos reducidos para el método simplificado, correspondientes a estructuras del grupo B*

ZONA	Muros de concreto o de mampostería de piezas macizas			Muros de mampostería de piezas huecas		
	Altura de construcción(m)			Altura de construcción(m)		
	Menor de 4	Entre 4 y 7	Entre 7 y 13	Menor de 4	Entre 4 y 7	Entre 7 y 13
I	0.07	0.08	0.08	0.1	0.11	0.11
II	0.13	0.16	0.19	0.15	0.19	0.23
III						

*Nota:* La tabla representa los valores de los espectros de acuerdo al tipo de zona. Tomado de *Gaceta oficial del Distrito Federal* (p. 64), 2004, Corporación mexicana de impresión.

Para muros de madera, se aplicarán los criterios establecidos en las Normas correspondientes. Para muros de otros materiales y sistemas constructivos, deberán justificarse a satisfacción de la Administración los coeficientes sísmicos que correspondan, con base en la evidencia experimental y analítica sobre su comportamiento ante cargas laterales alternadas.

**Análisis Estático.** (Normas Técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el D.F, 2004), este análisis deberá cumplir lo siguiente:

**Fuerzas Cortantes.** Para calculara las fuerzas cortantes a diferentes niveles de una estructura, se supondrá un conjunto de fuerzas horizontales actuando sobre cada uno de los puntos donde se supongan concentradas las masas. Cada una de estas fuerzas se tomará igual al peso de la masa que corresponde, multiplicado por un coeficiente proporcional a h, siendo h la altura de la masa en cuestión sobre el desplante (o nivel a partir del cual las deformaciones estructurales pueden ser apreciables). El coeficiente se tomará de tal manera que la relación  $V_o/W_o$  sea igual a  $c/Q'$  pero no menor que “ $a_o$ ”, donde “ $a_o$ ” es la ordenada espectral que



corresponde a  $T=0$  y “C” el coeficiente sísmico, donde “ $a_0$ ” y “c” se consignan en la tabla 1. De acuerdo con este requisito, la fuerza lateral que actúa en el  $i$ -ésimo nivel,  $F_i$ , resulta ser:

$$F_i = \frac{c}{Q} W_i h_i \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} ; \quad \text{Si } \frac{c}{Q} \geq a_0$$

Dónde:

$W_i$  = Peso de la  $i$ -ésima masa

$h_i$  = Altura de la  $i$ -ésima masa sobre el desplante

**Efectos de torsión.** La excentricidad torsional de rigideces calculada en cada entrepiso “ $e_s$ ”, se tomará como la distancia entre el centro de torsión del nivel correspondiente y el punto de aplicación de la fuerza cortante en dicho nivel. Para fines de diseño, el momento torsionante se tomará por lo menos igual a la fuerza cortante de entrepiso multiplicada por la excentricidad que para cada marco o muro resulte más desfavorable de las dos siguientes ecuaciones:

$$1.5 e_s + 0.1 b$$

$$\text{ó } e_s - 0.1b$$

Dónde:

$b$  = la dimensión de la planta que se considera, medida perpendicular a la acción sísmica.

Además, la excentricidad de diseño en cada sentido no se tomará menor que la mitad del máximo valor de  $e_s$  calculado para los entrepisos que se hallan abajo del que se considera, ni se tomará el momento torsionante de ese entrepiso menor que la mitad del máximo calculado para los entrepisos que están arriba del considerado.

**Efectos de segundo orden.** Deberán tenerse en cuenta explícitamente en el análisis los efectos geométricos de segundo orden, esto es, los momentos y cortantes adicionales provocados por las cargas verticales al obrar en la estructura desplazada lateralmente. Estos efectos pueden despreciarse si en algún entrepiso no se cumple la condición:

$$\frac{\Delta}{H} \leq 0.08 \frac{V}{W}$$

Dónde:

$\Delta$  = Desplazamiento lateral relativo entre los dos niveles que

Que limitan el entrepiso considerado

H = Altura del entrepiso

V = Fuerza cortante calculada en el entrepiso, multiplicada por el factor de carga correspondiente

W = Peso de la construcción situada encima del entrepiso,

Incluyendo cargas muertas y vivas.

**Efectos de bidireccionales.** Los efectos de ambos componentes horizontales del movimiento del terreno se combinarán tomando, en cada dirección en que se analice la estructura, el 100 por ciento de los efectos del componente que obra en esa dirección y el 30 por ciento de los efectos del que obra perpendicularmente a ella, con los signos que resulten más desfavorables para cada concepto.

**Análisis Dinámico.** (Normas Técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el D.F, 2004) Se aceptarán como métodos de análisis dinámico el análisis modal y el cálculo paso a paso de respuestas a sismos específicos.

**Análisis Modal.** Cuando en el análisis modal se desprecie el acoplamiento entre los

grados de libertad de traslación horizontal y de rotación con respecto a un eje vertical, deberá incluirse el efecto de todos los modos naturales de vibración con periodo mayor o igual a 0.4 segundos, pero en ningún caso podrán considerarse menos de los tres primeros modos de vibrar en cada dirección de análisis, excepto para estructuras de uno o dos niveles. Si en el análisis modal se reconoce explícitamente el acoplamiento mencionado, deberá incluirse el efecto de los modos naturales que, ordenados según valores decrecientes de sus periodos de vibración, sean necesarios para que la suma de los pesos efectivos en cada dirección de análisis sea mayor o igual a 90% del peso total de la estructura. Los pesos modales efectivos, “ $W_{ei}$ ”, se determinarán como:

$$W_{ei} = \frac{(\{\Phi\}^T [W] \{J\})^2}{(\{\Phi_i\}^T [W] \{\Phi_i\})^2}$$

Dónde:

$\{\Phi_i\}$  = Vector de amplitudes del i-ésimo modo natural de vibrar de la estructura

$[W]$  = Matriz de pesos de las masas de la estructura.

$\{J\}$  = Vector formado con “unos” en las posiciones correspondientes a los grados de libertad de traslación en la dirección de análisis y “ceros” en las otras posiciones.

El efecto de la torsión accidental se tendrá en cuenta trasladando transversalmente  $\pm 0.1b$  las fuerzas sísmicas resultantes para cada dirección de análisis, considerando el mismo signo en todos los niveles.

Las respuestas modales  $S_i$  (donde  $S_i$  puede ser fuerza cortante, desplazamiento lateral, momento de volteo, u otras), se combinarán para calcular las respuestas totales “ $S$ ” de acuerdo

con la expresión:

$$S = \sqrt{\sum S_i^2}$$

Dónde:

S = Respuesta de la estructura como combinación de las respuestas modales

S<sub>i</sub> = Respuesta de la estructura en el modo natural de vibración “i”

Siempre que los periodos de los modos naturales en cuestión difieran al menos diez por ciento entre sí. Para las respuestas en modos naturales que no cumplen esta condición se tendrá en cuenta el acoplamiento entre ellos. Los desplazamientos laterales así calculados, y multiplicados por el factor de comportamiento sísmico “Q”, se utilizarán para determinar efectos de segundo orden.

**Revisión por cortante basal.** Si con el método de análisis dinámico que se haya aplicado se encuentra que, en la dirección que se considera, la fuerza cortante basal “V<sub>o</sub>” es menor que:

$$0.8 a \frac{W}{Q'}$$

Dónde:

a = Ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la aceleración de la gravedad

Q' = Factor de reducción de las fuerzas sísmicas con fines de diseño.

Se incrementarán todas las fuerzas de diseño y desplazamientos laterales correspondientes, en una proporción tal que “V<sub>o</sub>” igual a este valor; “a” y “Q” se calculan para

el periodo fundamental de la estructura en la dirección de análisis, como se indica en los ítems de “Espectros para diseño sísmico” y “Reducción de fuerzas sísmicas”.

En ningún caso “Vo” se tomará menor que “ao”, “Wo”.

**Efectos bidireccionales.** Cualquiera que sea el método dinámico de análisis que se emplee, los efectos de movimientos horizontales del terreno en direcciones ortogonales se combinarán como se especifica en relación con el método estático de análisis sísmico. Igualmente aplicables son las demás disposiciones del “Análisis estático” en cuanto al cálculo de fuerzas internas y desplazamientos laterales, con las salvedades que señala.

En Resumen:

*“Para el análisis sísmico de estructuras de edificios se puede recurrir a tres tipos de análisis: método simplificado, método estático y método dinámico. El método simplificado es aplicable a estructuras regulares con altura no mayor de 13m, que cumplan con los requisitos que indican los reglamentos. El método estático es aplicable a edificios cuya altura sea menor o igual que 30m y estructuras irregulares con altura no mayor de 20m. En terreno rocoso, estos límites se incrementan a 40 y 30m, respectivamente. El método dinámico consta de los mismos pasos básicos que el estático, con la salvedad de que las fuerzas laterales aplicables en los centros de masas de los pisos se determinan a partir de la respuesta dinámica de la estructura. Pueden emplearse como métodos dinámicos el análisis modal espectral y el análisis paso a paso o cálculo de respuestas ante registros de aceleración específicos. Es por ello, que se utilizará para esta tesis, el diseño estático y dinámico debido a que se adecua a las condiciones del proyecto y además muestra más condiciones estructurales que detallarán mejor el análisis”.*

*c. Albañilería Confinada (Reglamento Nacional de edificaciones, 2016)*

Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc.

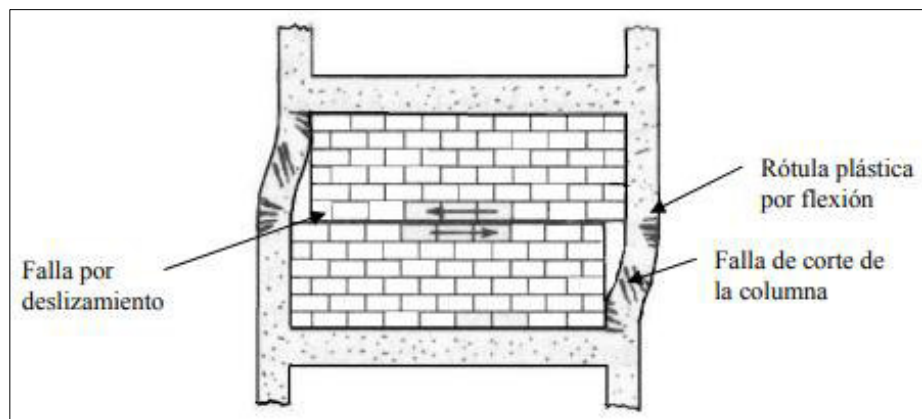
El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030-2016, Diseño Sismo resistente, así como las especificaciones de la presente Norma. La albañilería es un sistema frágil, basta una distorsión de 1/800 como para que ella se agriete, por ello es necesario emplear cimentaciones rígidas cuando se cimiente sobre suelos de baja capacidad portante. El procedimiento de diseño contempla el desempeño elástico de los muros ante la acción de sismos moderados o frecuentes y la falla por corte con ductilidad limitada ante lo sismos severos, de tal modo que el sistema sea reparable. Para lograr estos propósitos, es necesario que los elementos de confinamiento sean diseñados para soportar la carga que origina el agrietamiento diagonal de los muros (denominada VR) y, por otro lado, se debe proporcionar una adecuada resistencia y rigidez a la edificación. Según la Norma técnica E-0.70 de Albañilería Confinada (2006), los objetivos buscados en el método de diseño, son fundamentalmente:

- Que la estructura se comporte elásticamente ante la acción de sismos moderados.
- Que ante la acción de sismos severos la estructura sea reparable. En la fig. 01 ,  $V$  es el cortante basal;  $Z$ ,  $U$ ,  $S$  son los factores de zona, uso y suelo, respectivamente;  $C$  es el factor de amplificación sísmica;  $P$  es el peso del edificio; y

R es el coeficiente de reducción. Estos parámetros son especificados en la Norma Técnica E-030.

### Figura 1

*Falla de corte por Deslizamiento.*



*Nota:* Adaptado de “Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño” (p. 61), por H. Gallegos, 1989; M. Astroza y A. Schmidt, 2004, *Revista de Ingeniería Sísmica*, (70)

Para alcanzar estos objetivos es necesario que, en cada dirección principal del edificio, la resistencia total proporcionada por los muros confinados ( $\Sigma VR$ ) sea por lo menos igual al cortante basal  $V$ , y que los elementos de confinamiento sean diseñados para soportar la carga que produce el agrietamiento diagonal de los muros ( $VR$ ). Estos conceptos han sido demostrados mediante una serie de estudios teóricos, donde se empleó programas de análisis inelástico paso a paso, variándose la densidad de los muros en planta.

Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presente comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cuantías de refuerzo que se presentan están asociadas a un esfuerzo de fluencia  $f_y = 412 \text{ Mpa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ). Los experimentos han demostrado que la malla electrosoldada tiene una falla debido a la fragilidad mientras tanto que el acero corrugado tiene una falla en función al comportamiento dúctil se ha

considerado el uso de la barra de acero corrugada como refuerzo estructural, debido a que la energía elástica que produce y su tipo de falla menos perjudicial (San Bartolome, 2004)

**Etapas de la Técnica de diseño.** Según RNE-NORMA E-070-2016, el proceso de diseño que se plantea consta de cinco etapas:

**Verificación de la Densidad mínima de muros.** Con el objetivo de evitar fallas frágiles por deficiencias en la resistencia a cargas laterales, con una excesiva demanda de ductilidad, se debe proporcionar a cada dirección principal del edificio, una cantidad de muros tal que cumplan con la ecuación:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la planta Típica}} = \frac{\sum Lt}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N.}{56}$$

“Z, U y S” son los factores empleados en el cálculo de “V” especificados anteriormente; “N” es el número de pisos del edificio; “L” es la longitud horizontal total del muro; t es su espesor; y  $A_p$  es el área en planta del piso típico. En caso que no se cumpla la Ecuación, en el edificio deberá agregarse muros de concreto armado o incrementar el espesor de la albañilería. De agregarse muros de concreto armado, para emplear esta ecuación, su espesor “t” deberá afectarse por la relación de los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería.



## Figura 2

*Vivienda colapsada por tener poca densidad de muros en la dirección perpendicular de la fachada; sismo 2007 en Ica-Perú.*



*Nota:* Adaptado de *Conceptos de diseño estructural de muros de concreto armado (placas) en el Perú* [Fotografía], por A. Blanco, D. Chang, H. Flores, 2015, Conferencia Conceptos de diseño estructural de muros de concreto armado en el Perú.

***Diseño por Carga Vertical.*** Según RNE-NORMA E-070-2016, por cualquier método racional, se debe evaluar la fuerza axial producida por las cargas de gravedad ( $P_g$ ) en cada muro.

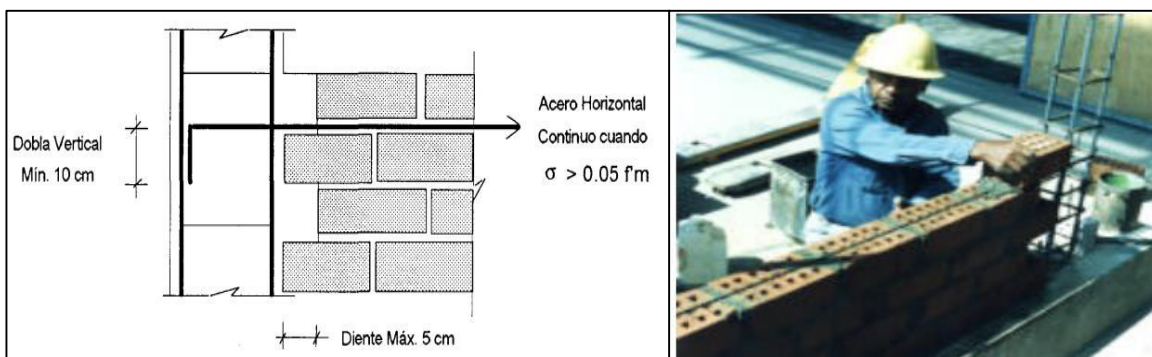
Luego, el esfuerzo axial ( $\sigma = P_g / (L \cdot t)$ ) actuante deberá ser menor que el 15% de la resistencia a compresión axial de los prismas de albañilería  $f'_m$ . La razón por la cual se debe limitar los esfuerzos axiales, es porque los experimentos en muros sometidos carga lateral cíclica con diversos niveles de carga axial, han demostrado que la ductilidad decrece significativamente con el incremento del esfuerzo axial.

Si el esfuerzo axial excede el 5% de  $f'_m$ , debe agregarse una cuantía nominal de

refuerzo horizontal (0.001), consistente en varillas continuas un diámetro no mayor que  $\frac{1}{4}$ ", ancladas en las columnas de confinamiento, tal como se muestra en la fig.03.

### Figura 3

*Detalle del anclaje del refuerzo horizontal continuo en muro confinado (Izquierda);  
Refuerzo horizontal mínimo en un muro con esfuerzo axial mayor a  $0.05 f'm$  (Derecha)*



*Nota:* El gráfico representa al acero horizontal que conecta a la columna con el muro de albañilería para un mejor anclaje. Tomado de *Construcciones de Albañilería* (p. 18), por A. San Bartolomé, 1994, Fondo Editorial

**Análisis elástico ante Sismo Moderado.** Según RNE-NORMA E-070-2016, en este método por sismo moderado se entiende que es aquél que produce fuerzas sísmicas iguales a la mitad de las causadas por el sismo severo; siendo  $V$  el cortante basal generado por el sismo severo según la norma sísmica peruana. El análisis sísmico se realiza empleando cualquier procedimiento reconocido. En el modelaje estructural se debe contemplar la acción de diafragma rígido dada por las losas de techo, los alféizares de ventanas y tabiques no aislados de la estructura principal, la participación de las paredes transversales a la dirección en análisis, y el hecho que los muros están compuestos por dos materiales integrados: la albañilería y el concreto de las columnas, en este último caso, el concreto puede transformarse en área equivalente de albañilería aplicando el criterio de la sección transformada.

Por simplicidad en el modelaje, es recomendable aislar los tabiques que presenten discontinuidad vertical, así como los alféizares de ventanas, tal como se muestra en la

fig.04. En el caso de los alféizares, ellos reducen la altura libre del muro, rigidizándolos en forma importante, lo que puede causar efectos de torsión en el edificio y una mayor absorción de fuerza cortante en el muro. Una vez determinadas las fuerzas internas producidas por el sismo moderado, debe verificarse que la fuerza cortante ( $V_e$ ) en cada muro no exceda el 55% del cortante de agrietamiento diagonal VR, con la finalidad de que los muros se comporten elásticamente en esta etapa.

Adicionalmente, con la finalidad de que las vigas que conecten coplanarmente a los muros y disipen energía sísmica antes que se agrieten los muros, se plantea diseñarlas en esta etapa a la rotura, de tal modo que su falla sea por flexión. Para ello, se recomienda utilizar un factor de amplificación por efectos sísmicos igual a 1.25, con lo cual es posible calcular el refuerzo longitudinal, para luego determinar los momentos plásticos en sus extremos y posteriormente, por equilibrio, evaluar la fuerza cortante máxima asociada al mecanismo de falla por flexión, y con ella diseñar los estribos.

#### Figura 4

*Aislamiento de alféizares y de tabiques discontinuos verticalmente*



*Nota:* La figura representa aislar los alféizares y los tabiques mediante un material como el tecnopor, esto permite no involucrarlos en el comportamiento sísmico. Tomado de *Propuesta Normativa para el diseño de edificaciones de albañilería confinada*. (p. 7), por San Bartolomé y Quiun, 2003, XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.

***Determinación del Cortante de agrietamiento diagonal VR.*** Según RNE-NORMA

E-070-2016, los Múltiples experimentos en muros confinados han permitido determinar la Ec.02, para la evaluación de la resistencia al agrietamiento diagonal de muros confinados construidos con ladrillos de arcilla. Esta ecuación depende de la resistencia de muretes de albañilería sometidos a cargas de compresión diagonal ( $v'm$ ), del espesor del muro ( $t$ ), de la carga axial  $P_g$ , y de la esbeltez ante efectos coplanares medida como la relación entre el momento flector ( $M_e$ ) y el producto de la fuerza cortante ( $V_e$ ) por la longitud del muro ( $L$ ).

Los valores de  $M_e$ ,  $V_e$  son las fuerzas internas obtenidas del análisis sísmico elástico. El valor de  $V_R$  debe calcularse en cada muro y en todos los pisos de la edificación.

$$V_R = 0.5v'.m.\alpha.t.L + 0.23 P_g$$

En la ecuación, el término  $\alpha$  está limitado a:  $1/3 \leq \alpha = V_e L / M_e \leq 1$

Los muretes son pequeños especímenes cuadrados de albañilería con dimensión mínima de 0.6m de lado, que se ensayan a los 28 días de edad.

***Diseño para Sismo Severo.*** Según RNE-NORMA E-070-2016, Esta etapa se compone de varias partes:

- Verificación de la resistencia global del edificio:

Con los valores de  $V_R$  calculados en la etapa 4 para el primer piso, se obtiene la suma de éstos en cada dirección principal, la cual debe ser mayor a la fuerza cortante del sismo severo, especificada por la norma sísmica peruana ( $V$ ). Esta verificación es importante puesto que determina si la cantidad de muros es suficiente como para que la estructura cumpla con los objetivos del método

propuesto. En caso exista una deficiencia de muros, podrá suplirse con muros de concreto armado, o aumentando el espesor de los muros, o mejorando la calidad de la albañilería. Si la resistencia provista (SVR) excede en más de tres veces (factor R de reducción de la fuerza sísmica) al cortante basal V, la estructura se comportará elásticamente ante el sismo severo, y solamente requiere refuerzos mínimos que arriostren lateralmente a la albañilería.

- Determinación de los factores de amplificación y verificación del agrietamiento diagonal de los muros localizados en los pisos superiores al primero:

El método supone que, ante la acción del sismo severo, los muros del primer piso se agrietan diagonalmente, alcanzando su resistencia  $VR_1$ , por lo que las fuerzas internas elásticas ( $M_e$ ,  $V_e$ ) calculadas en la etapa 3, se verán amplificadas en la relación  $VR_1 / V_{e1}$ , pasando a adoptar los valores  $M_u$ ,  $V_u$  asociados al mecanismo de falla por corte en el primer piso. Estos factores de amplificación deben ser calculados en el primer piso de cada muro y no requieren ser mayores que 3 (factor R de reducción de la fuerza Sísmica). El hecho de que estos factores sean distintos, indica una falla progresiva en los muros, en función a su nivel de resistencia VR. Sí en un piso “i” superior al primero ( $i > 1$ ) de algún muro, se obtiene que la fuerza cortante  $V_{ui}$  supera a la resistencia al corte  $VR_i$ , entonces ese piso también se agrietará diagonalmente y sus confinamientos deberán ser diseñados en forma similar al primer piso.

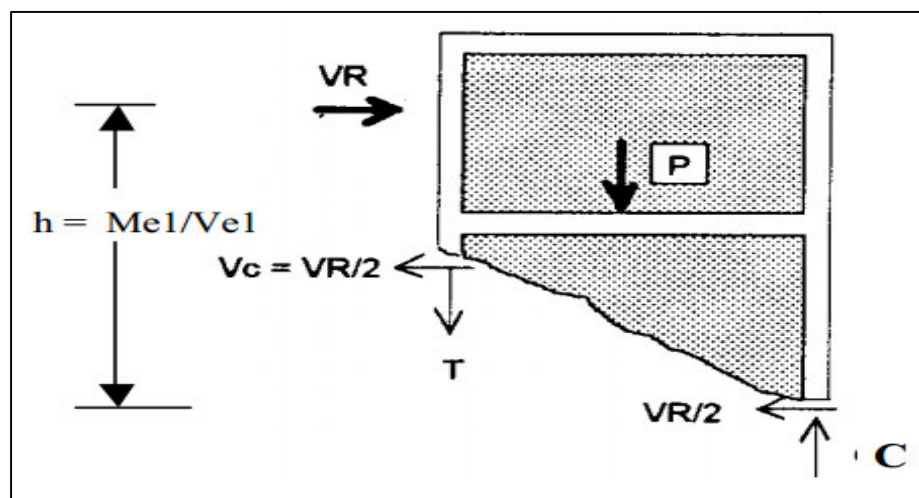
- Determinación de las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso:

El primer piso requiere especial atención porque está sometido a las mayores cargas y por lo general, allí se presenta la falla por corte. Las columnas de

confinamiento presentan fuerzas de tracción (T), compresión (C), y cortante ( $V_c$ ). Las fuerzas T, C, y  $V_c$  pueden evaluarse para casos sencillos (muros de un solo tramo y en voladizo) por equilibrio como se indica en el fig. 05. En caso existan muros con varios tramos, o conectados por vigas de concreto, o con paredes transversales, se presentan las fórmulas de la Tabla 3, las que provienen de análisis mediante modelos analíticos. Estas fórmulas prestan atención especial a las columnas localizadas en los dos extremos del muro, para que éstas funcionen como topes que eviten el deslizamiento de la albañilería, con lo cual las franjas comprendidas entre las grietas diagonales aportarán resistencia a carga lateral.

#### Figura 05

*Fuerzas internas en columnas de un muro confinado de un solo paño y en voladizo*



*Nota:* La figura representa las fuerzas internas en un muro confinado agrietado por corte en el primer piso. Tomado de *Propuesta Normativa para el diseño de edificaciones de albañilería confinada*. (p. 9), por San Bartolomé y Quiun, 2003, XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

Tabla 3

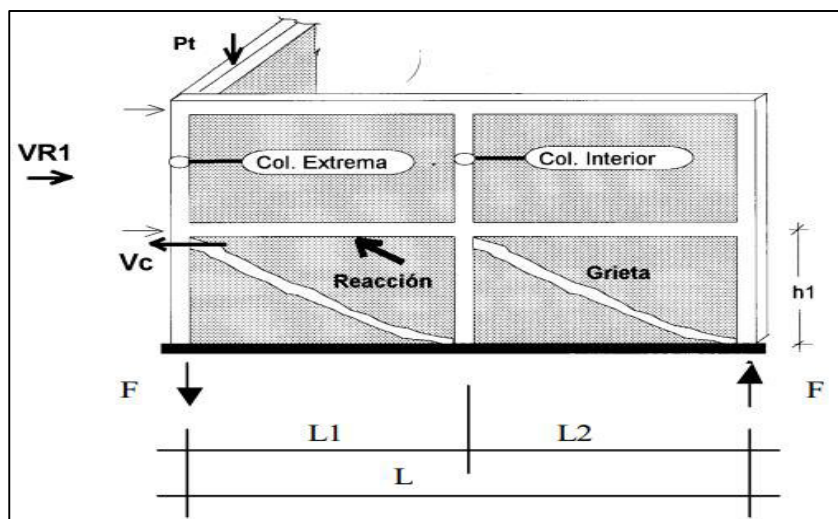
Fórmulas para determinar las fuerzas internas en los confinamientos del primer piso

COLUMNA	Vc (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{VR1 Lm}{L (Nc + 1)}$	$VR1 \frac{h}{L} - Pc$	$Pc - \frac{VR1 h}{2L}$
Extrema	$1.5 \frac{VR1 Lm}{L (Nc + 1)}$	$F - Pc$	$Pc + F$

Nota: La figura representa las fuerzas internas en un muro confinado agrietado por corte en el primer piso. Tomado de *Propuesta Normativa para el diseño de edificaciones de albañilería confinada*. (p. 10), por San Bartolomé y Quiun, 2003, XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

Figura 6

Ilustración de algunos parámetros que intervienen en las fórmulas de la Tabla 3



Nota: La figura representa el agrietamiento diagonal en el muro originado por la fuerza cortante en el primer piso. Tomado de *Propuesta Normativa para el diseño de edificaciones de albañilería confinada*. (p. 11), por San Bartolomé y Quiun, 2003, XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

Los parámetros que intervienen en las ecuaciones de la Tabla 3 (algunos de los cuales aparecen en la Fig.6) son:

$VR1$  = cortante de agrietamiento diagonal en el primer piso

$L_m$  = longitud del tramo mayor  $0.5L$ . En muros de un tramo,  $L_m = L$

$L$  = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento

$N_c$  = número de columnas en el muro en análisis. En muros de un tramo:  $N_c = 2$

$P_c$  = carga vertical tributaria en cada columna (incluye la carga proveniente de muros transversales  $P_t$ )

$M = \mu_1 -^{1/2} VR1 h_1$

$h_1$  = altura del primer piso

$F = M / L$ . Carga axial en las columnas extremas producida por el momento

flector  $M$

- Diseño de los confinamientos del primer piso:

El diseño de las columnas de confinamiento se realiza empleando las fórmulas especificadas en los reglamentos de concreto armado, sin amplificar los valores de la Tabla 3:  $T$ ,  $C$  o  $V_c$ , pero contemplando los factores de reducción de resistencia ( $\phi$ ). El área del refuerzo vertical, se determina diseñándolo por corte-fricción ( $V_c$ ) y tracción ( $T$ ) combinada, ya que ambos efectos actúan en simultáneo como se muestra en la fig. 7. No menos de 4 varillas con diámetro de 8 mm, deberá emplearse, formando una canastilla. El área del núcleo de concreto se determina diseñándolo por aplastamiento con una compresión ( $C$ ), como si fuese una columna de poca esbeltez. Luego, agregando el recubrimiento, el área total no debe ser menor que la proporcionada mediante un diseño por corte-fricción ( $V_c$ ), o



que  $15t$  ( $\text{cm}^2$ ), donde  $t$  es el espesor del muro.

Los estribos se diseñan para evitar la falla por aplastamiento del concreto, debiéndose colocar por lo menos estribos de diámetro  $\frac{1}{4}$ " : 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 20 cm.

### Figura 7

*Falla por corte -fricción y tracción combinada en una columna*



*Nota:* En la figura presenta albañilería no reforzada, presenta falla debido a que todo muro del primer piso debe ser diseñado como muro agrietado en edificios mayores de más de 3 niveles, no presenta el refuerzo horizontal, por lo tanto, este muro no fue diseñado.

- Diseño de los confinamiento de los pisos superiores (no agrietados):

En los casos en que  $V_{ui}$  sea menor que  $V_{Ri}$ , la albañilería absorbe la fuerza cortante sin agrietarse diagonalmente, por lo que no requieren de refuerzo horizontal y las columnas no necesitan diseñarse por corte-fricción. En estos casos es suficiente diseñar a las columnas extremas del muro por tracción (T) y compresión por aplastamiento (C), producidas por el momento flector  $M_{ui} = M_{ei}$   $V_{R1} / V_{e1}$ . Las columnas internas no necesitan diseñarse ante acciones coplanares; sin embargo, ellas deberán ser capaces de funcionar como arriostres de

la albañilería ante acciones sísmicas perpendiculares a su plano.

Asimismo, el espaciamiento máximo entre columnas no deberá ser mayor que dos veces la distancia que existe entre los arriostres horizontales.

**d. Muro de Ductilidad Limitada (Reglamento Nacional de edificaciones, 2016)**

Son Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

Cuando se emplee este sistema en edificios de mayor altura, los pisos inferiores por debajo de los 6 últimos niveles, deberán estar necesariamente estructurados en base a muros de concreto armado con espesores mayores o iguales a 0.15m, que permitan confinar sus extremos con estribos. Para el análisis y diseño sísmico del edificio se deberá usar  $R_o=4$  y deberá analizarse en irregularidad tanto en planta como en altura para el nuevo R.

**Figura 8**

*Para edificios mayor a 7 pisos se usará muros de corte y MDL en los últimos pisos*



*Nota:* La figura presenta una edificación cuyo tipo de estructura es mixta: Muros de corte y MDL.

**Modelo para el análisis en los EMDL.** Para obtener este modelo, se debe seguir con las siguientes recomendaciones:

- Para lograr una aceptable representación de la rigidez del edificio y de la distribución de las solicitaciones internas, se deberá desarrollar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros de direcciones perpendiculares. Para tal efecto, será necesario compatibilizar las deformaciones verticales en las zonas comunes de los muros en ambas direcciones, tanto para solicitaciones sísmicas como para cargas de gravedad.
- Como alternativa de análisis se puede emplear modelos seudotridimensionales de pórticos planos, considerando la contribución de los muros perpendiculares. La longitud de la aleta contribuyente a cada lado del alma deberá ser el menor valor entre el 10% de la altura total del muro y la mitad de la distancia al muro adyacente paralelo.

### **Consideraciones para el diseño (RNE).**

**Cuantía mínima de refuerzo.** La Norma menciona que para Edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada, la cuantía mínima de refuerzo tanto vertical como horizontal de los muros deberá cumplir con las siguientes limitaciones:

Si:  $V_u > 0.5\phi V_c$ , entonces:  $\rho_h \geq 0.0025$  y  $\rho_v \geq 0.0025$

$V_u < 0.5\phi V_c$ , entonces:  $\rho_h \geq 0.0020$  y  $\rho_v \geq 0.0015$

Además si:  $h_m/l_m \leq 2$ , entonces:  $\rho_v \geq \rho_h$

**Diseño por Flexión o Flexocompresión.** Para obtener el diseño por flexocompresión se deberá graficar un diagrama de interacción donde involucren a P (eje ordenadas) y M (eje

abcisas) estos valores son resultados últimos, además de lograr que los puntos obtenidos de las combinaciones se encuentren dentro de dicho diagrama. De no cumplirse este último, deberá cambiarse el acero de refuerzo.

La Norma también exige que en Edificaciones mayores a tres pisos, el refuerzo será el necesario tal que garantice que  $M_n \geq 1.2M_{cr}$ . Esta disposición podrá ser limitado al tercio inferior de la edificación y a no menos de los dos primeros pisos.

Donde el Momento Flector de Agrietamiento por Flexión ( $M_{cr}$ ) se obtiene de acuerdo a la expresión:

$$M_{cr} = \frac{I}{y} (2\sqrt{f'c} + \frac{P}{A})$$

La norma también hace referencia en el confinamiento en los bordes de los muros, para saber si se requiere confinar, la profundidad del eje neutro “c” deberá cumplir la expresión:

$$c < \frac{l_m}{600x(\frac{\Delta_m}{h_m})}$$

Dónde:

$l_m =$  longitud del muro

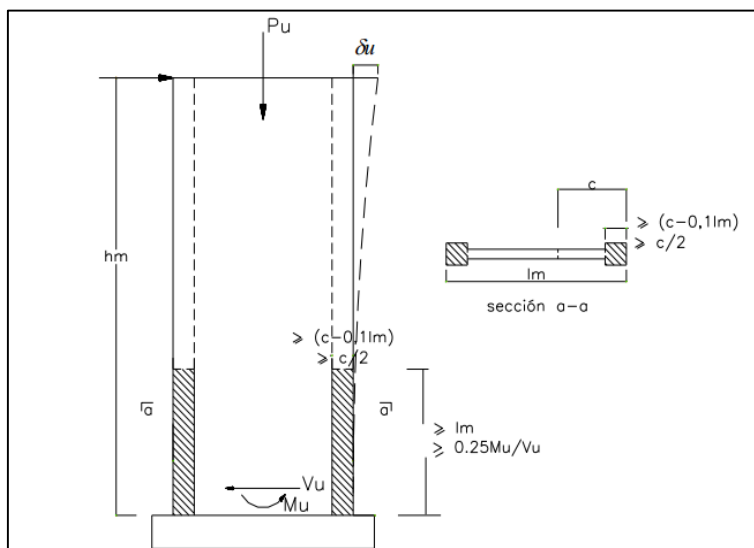
$h_m =$  Altura total del muro

$\Delta_m =$  Desplazamiento inelástico del muro a una altura  $h_m$ .

De no cumplirse esta expresión, los extremos de los muros deberán confinarse con estribos cerrados, por lo que será necesario incrementar el espesor del muro a 15 cm. La norma recomienda que cuando no sea necesario confinar los extremos del muro, el refuerzo debe esparcirse, de tal manera, que su cuantía este por debajo del 1% del área donde se distribuye.

**Figura 9**

*Elementos confinados de borde en muros*



*Nota:* Adaptado de *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060* [Fotografía], por Plataforma digital única del Estado Peruano, 2016, (<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>)

- Diseño por Cortante: Este diseño nos ayudará para calcular el refuerzo horizontal que debe ser capaz de soportar la fuerza cortante  $V_u$  que esta asociada al mecanismo de falla de flexión, entonces la expresión será:

$$V_u \geq V_{ua} \cdot \left( \frac{M_n}{M_{ua}} \right)$$

Dónde:

$V_u$  = Fuerza cortante último de diseño.

$V_{ua}$  = Fuerza cortante último del análisis estructural.

$M_n$  = Momento nominal asociado al acero colocado.

$M_{ua}$  = Momento último proveniente del análisis estructural.

Además para el cálculo  $M_n$  se debe considerar esfuerzo de fluencia 1.25  $f_y$ , es decir,

$f_y = 5250 \text{ kg/cm}^2$ .

Una vez conocido la fuerza cortante última de diseño, se deberá calcular la resistencia nominal al corte, la cual esta dada por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi (V_c + V_s) \\ &= \phi (A_c \cdot \alpha \cdot \sqrt{f'_c} + A_c \cdot \rho_h \cdot f_y)\end{aligned}$$

Dónde:

$\phi = 0.85$ , factor de reducción de resistencia para cortante

$V_c$  = Aporte del concreto

$V_s$  = Aporte del refuerzo

$A_c$  = Área de corte

$\rho_h$  = Cuantía de refuerzo horizontal

Para “ $\alpha$ ” tomará según sea el caso:

$$\alpha = 0.80, \text{ si: } \left(\frac{h_m}{l_m}\right) \leq 1.5$$

$$\alpha = 0.53, \text{ si: } \left(\frac{h_m}{l_m}\right) \geq 2.5$$

Si:  $1.5 < \left(\frac{h_m}{l_m}\right) < 2.5$ , “ $\alpha$ ” se obtiene de interpolar entre 0.53 y 0.80

Además la resistencia nominal deberá cumplir la siguiente restricción:

$$V_n < 2.7 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_c$$

El diseño por deslizamiento es parte del diseño por cortante, es por ello que se debe calcular la resistencia a corte-fricción en la base de la placa, por tanto, está dada por la siguiente expresión:

$$V_u < \phi \cdot \mu \cdot (N_u + A_v \cdot f_y)$$

Dónde:

$\phi = 0.85$ , factor de reducción de resistencia en cortante

$\mu = 0.6$ , Módulo de fricción en juntas sin tratamiento

$N_u = 0.9 PD$ , Fuerza normal última (PD = carga muerta)

$A_v =$ , área del refuerzo vertical total ( $\text{cm}^2$ )

**Diseño de Cimentación en EMDL.** Para el diseño de la losa de cimentación (Platea) se seguirá el procedimiento del “Método rígido convencional”

**Método Rígido Convencional.** Este método para el diseño de losas de cimentación comprende las cargas de servicio en las columnas que soportan muros de albañilería, muros de corte o si fuese el caso únicamente su propio peso. Para luego ser comparadas con la presión admisible del estudio de suelo y posteriormente en el diseño del acero superior e inferior que llevará la platea.

- Presión sobre el suelo en la losa: En esta ecuación se determinará la presión “q” en los puntos específicos de la losa, estos resultados deberá ser menor al esfuerzo admisible del suelo.

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot Y}{I_x}$$

$$Q = 1.4 PD + 1.7 PL, M_y = Q \cdot e_x, M_x = Q \cdot e_y$$

Dónde:

q = Presión en el suelo en los puntos críticos de la losa

Q = Carga de servicio

PD = Carga muerta

PL = Carga viva

$A$  = Área de la losa

$M_y$  = Momentos de las cargas de las columnas respecto al eje Y

$M_x$  = Momentos de las cargas de las columnas respecto al eje x

$e_x$  = Excentricidad respecto al eje x

$e_y$  = Excentricidad respecto a eje y

$I_x$  = Momento de inercia respecto al eje x

$I_y$  = Momento de inercia respecto al eje y

La excentricidad de las cargas,  $e_x$  y  $e_y$  en las direcciones x e y, se determinan usando coordenadas ( $x'$ ,  $y'$ ):

$$e_x = x' - \frac{Lx}{2}, \quad e_y = y' - \frac{Ly}{2}$$

Dónde:

$L_x$  = Longitud respecto al eje x de la losa

$L_y$  = Longitud respecto al eje x de la losa

- Espesor de losa: Para la profundidad efectiva “d” de la losa, revisando el cortante por tensión diagonal cerca de varias columnas. Para la sección crítica, tenemos:

$$V = \phi 0.34 b_o \cdot d \sqrt{f'c}$$

Dónde:

$V$  = Carga factorizada de la columna (MN), o carga de la columna

$\phi$  = factor de reducción = 0.85

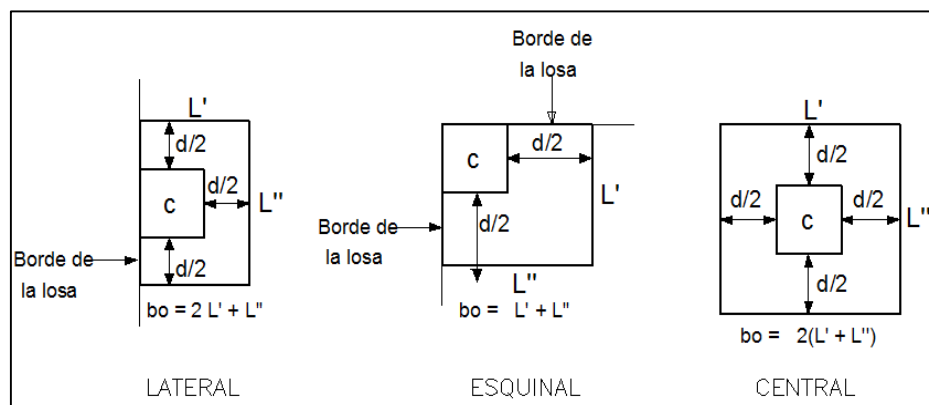
$f'c$  = resistencia a compresión del concreto a los 28 días (MN/m<sup>2</sup>)

La expresión de  $b_o$  y  $d$  dependerá de la posición de la columna con respecto a la planta, tal como muestra la figura 10



**Figura 10**

*Elementos confinados de borde en muros*



*Nota:* La figura representa las condiciones de acuerdo a la ubicación de la columna para el diseño de losa de cimentación. Tomado de *Principios de Ingeniería de Cimentaciones* (p. 331), por M. Braja, 2001, International Thomson Editores.

Con Respecto a los diagramas de las franjas de cargas críticas (x e y), obtenga los momentos máximos positivo y negativo por ancho unitario, es decir,  $M' = M / Lx1$ .

Mencionando esto, se procederá a calcular el acero de la platea.

- Área de acero en la platea: Para determinar las áreas de acero por ancho unitario para refuerzo positivo y negativo en las direcciones x e y, tenemos:

$$M_u = (M') (\text{factor de carga}) = \Phi A_s f_y (d-a/2),$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f' c b}$$

Dónde:

$A_s$  = Área de acero por ancho unitario

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia del refuerzo en tensión

$M_u$  = Momento factorizado

$\Phi=0.9$ =factor de reducción

### III. Método

#### 3.1. Tipo de Investigación

Aplicada

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

La presente tesis se realiza en el 2019, en el distrito de Carabayllo del Departamento de Lima

#### 3.3. Variables

##### *a. Variable Independiente*

Respuesta sísmica

##### **Subvariable o aspectos.**

- Respuesta entrepisos

Indicador: Distorsión

- Distribución estructural

Indicador: Relación de densidad de muros con la Cortante

- Configuración de estructura

Indicador: Excentricidad

- Presupuesto del Proyecto

Indicador: Presupuesto

##### *b. Variable Dependiente*

Sistema estructural Albañilería Confinada y MDL

##### **Subvariable o aspectos.**

- Características de cimentación

Indicador: Empotradas o no dimensiones

- Característica de la estructura

Indicador: Peso por piso, dimensiones

- Comparación de Cortante basal

Indicador: Cortante por piso

### *c. Operacionalización de Variables*

**Tabla4.**

*Tabla de Variables*

Variables	Aspectos	Indicador	Unidad
Respuesta sísmica	Características de cimentación	Empotradas o no	s/u
		Dimensiones	m
	Características de la estructura	Peso por piso	ton
		Dimensiones	m
Comparación de cortante basal	Cortantes por piso	ton	
Sistema Estructural	Respuesta entrepisos	Distorsión	m
Albañilería confinada y MDL	Distribución estructural	Relación de densidad de muros con la cortante	m
	Configuración de estructura	Excentricidad	m
	Presupuesto del proyecto	Presupuesto	soles

*Nota:* La tabla presenta las variables que serán el objetivo de la tesis

## **3.4. Población y muestra**

### *a. Unidad de Estudio*

La unidad de estudio conceptual para este trabajo es la comparación entre dos estructuras; uno el de albañilería confinada y el otro de MDL, en donde este proyecto de edificación fue diseñado en albañilería confinada pero para fines de estudio se hará otro tipo de diseño estructural a este mismo proyecto, el de MDL, para analizar el comportamiento estructural ante un efecto de sismo.

### *b. Población*

La población en esta zona fueron las edificaciones de medidas y proporciones convencionales en promedio de hasta 4 pisos en el distrito de Carabaylo, específicamente en la Urbanización "La alameda de Carabaylo" en Lima-Perú, todas ellas comparten el mismo tipo de suelo y son aquellas que cumplan las condiciones en diseño estructural en albañilería confinada

### ***c. Muestra***

Como muestra conceptual del estudio cualitativo, será de tipo no probalística o dirigida porque se eligió en base ciertas características del objeto de estudio.

Por tal motivo, este proyecto tiene como características muy similares que representan a la población, es decir, edificios en su mayoría de 4 pisos, construidas en base a ladrillos de arcilla King Kong de 18 huecos, uso del cemento Pórtland del tipo I para el diseño de concreto, acero corrugado  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> para elementos estructurales tanto vertical como horizontal, así como también cimientos, zapatas, losa aligeradas y macizas, es decir, todo lo que comprende un edificio construido en albañilería confinada.

Por lo tanto, de manera dirigida escojo al proyecto de edificación "Edificio Peralta" de 4 pisos para esta investigación.

## **3.5. Instrumentos**

### ***a. Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de datos***

La técnica de investigación, se utiliza principalmente el análisis.

Respecto a los instrumentos para la recolección de los datos se utilizará lo siguiente:

- Software de análisis y diseño estructural Etabs 2016
- Hojas de Excel para cálculos secundarios
- Información dentro de la facultad, copias y apuntes de clase en relación al tema en

la especialidad de estructuras y construcción.

### ***b. Validación de los instrumentos por juicio de expertos***

La validez de los instrumentos será supervisado por los Ingenieros expertos en el tema de estructuras, los propios que serán derivados como jurados por la Facultad.

### **3.6. Procedimientos**

- Proyecto de la vivienda Unifamiliar (planos de Arquitectura)
- Análisis y diseño de Albañilería Confinada
- Análisis y diseño de Muros de Ductilidad Limitada
- Comparación entre ambos sistemas estructurales de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada

### **3.7. Análisis de datos**

El procesamiento de datos concluye en los resultados permitirá obtener el objetivo de la investigación, guarden relación con las variables formuladas en el cuadro de la matriz de contingencia.

Una vez aplicado el procesamiento de datos y obtenido el resultado, mediante el software Etabs 2016. Se aplicará una estadística correlacional, es decir, se generarán cuadros, gráficas y tablas explicadas de manera descriptiva, correlativa con el uso de conceptos teóricos.

También se empleará un análisis comparativo específicamente en los resultados que se obtienen para cada sistema estructural.

Para la interpretación de los datos se utilizará los resultados obtenidos y se verificará las preguntas formuladas en las hipótesis planteadas.

## IV. Resultados

### 4.1. Descripción de caso

El proyecto de edificación se eligió como modelo de estudio al edificio unifamiliar “Edificio Peralta” de 4 pisos en la Urbanización La Alameda de Carabayllo en el distrito de Carabayllo en la ciudad de Lima.

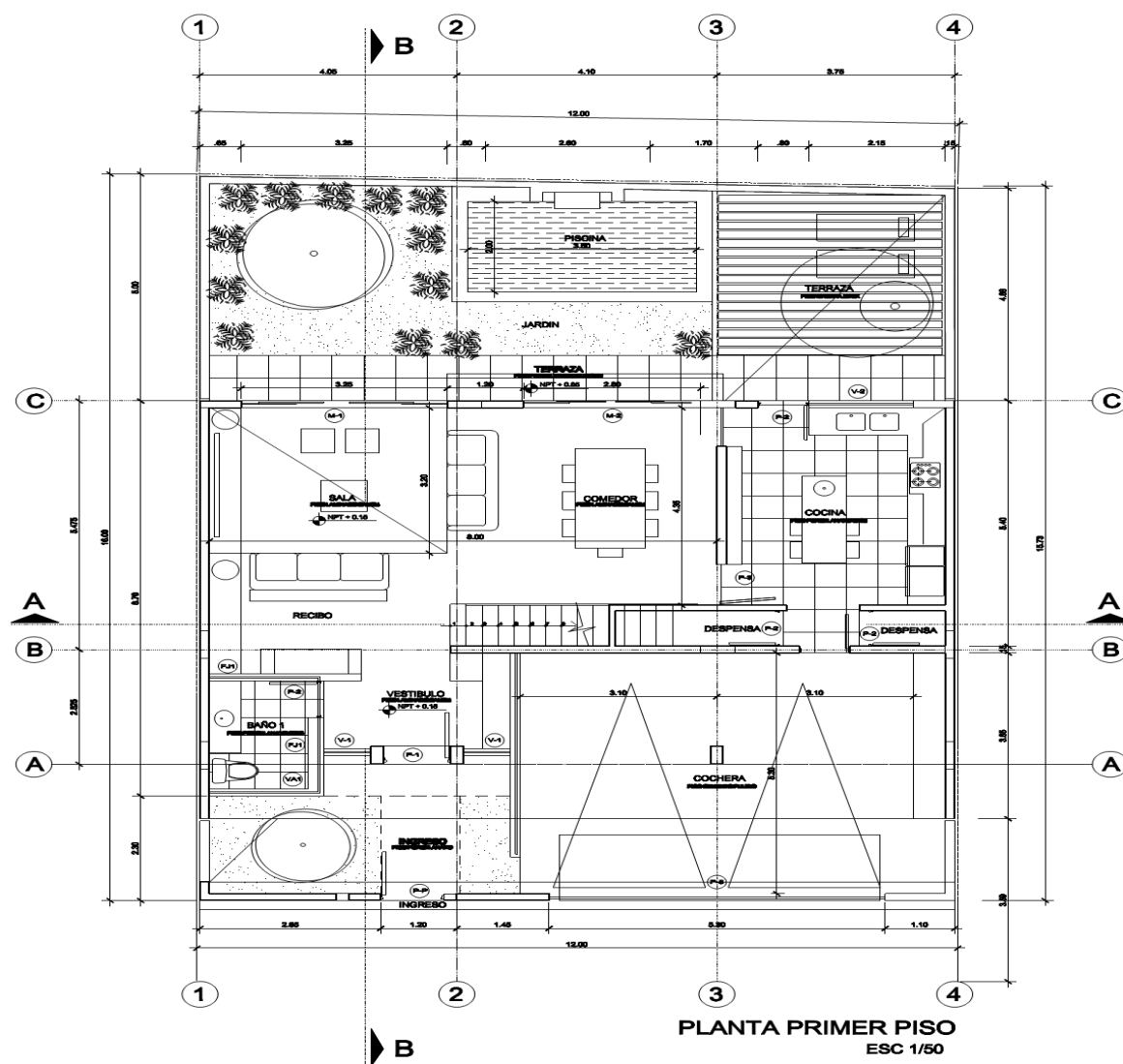
Dicho edificio cumple con los parámetros urbanísticos, presentando las siguientes características: Cuatro niveles atípicas, en el primer piso destinado a sala, comedor, cocina, dos (2) despensas, un (1) vestíbulo, una (1) cochera, un (1) baño, terraza-jardín y piscina; en el segundo piso un (1) dormitorio principal con walk in closet, un (1) dormitorio para huéspedes, estar, un (1) cuarto de baño, un (1) baño de visita; en el tercer piso tres (3) dormitorios, dos (2) baños, hall, estudio y un (1) cuarto de juegos; en el cuarto piso lavandería, GYM, hall, un (1) cuarto de servicio, dos (2) baños.

Se empleará 2 casos, el primero un diseño de albañilería confinada, el cual se ubicarán las columnas, se predimensionará las vigas, para el diafragma rígido se diseñará las losas tanto aligerada como maciza según requiera, luego el metrado de cargas tanto muerta y viva. El segundo caso será del sistema MDL (muro de ductilidad limitada) se ubicarán los muros de 10 cm en relación al plano de arquitectura, para este tipo de estructura no contiene vigas sólo se diseñará losa maciza que actuará como diafragma rígido, luego se calculará el metrado de carga muerta y viva. Para ambos casos se empleará el análisis estático y dinámico, luego serán hallados los desplazamientos laterales de acuerdo al tipo de estructura deberá cumplir los rangos que señala el reglamento nacional de edificaciones, también deberán cumplir la densidad mínima de muros y por último la excentricidad de la estructura mediante el centro de masa y centro de rigidez.

Para el desarrollo del análisis estructural de ambos sistemas deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma E030 (Diseño sismorresistente), Norma E060 (Concreto Armado) y para el caso de albañilería confinada la Norma E070 (Albañilería)

**Figura 11**

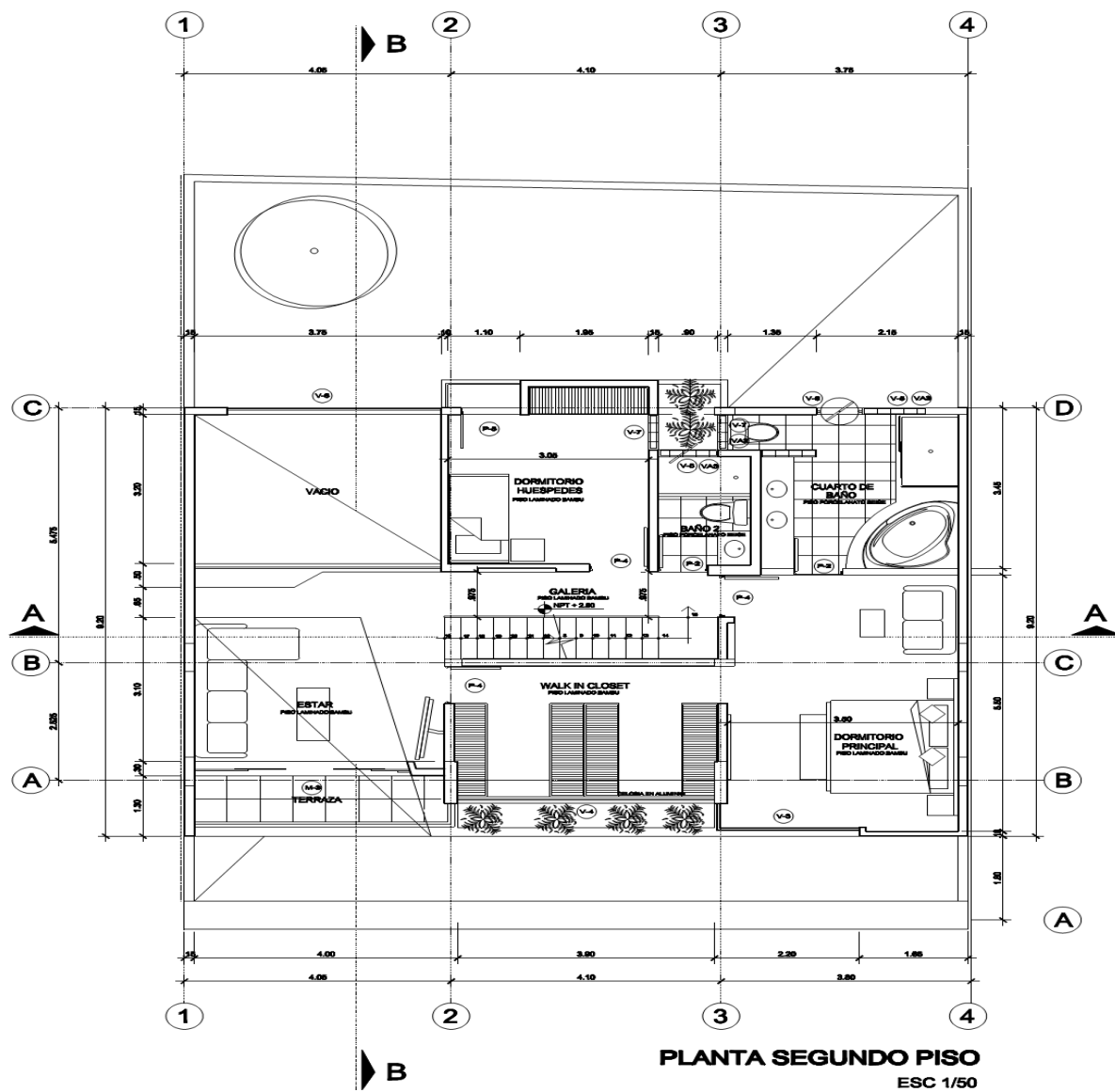
*Plano de arquitectura del primer piso*



Fuente: Propia

Figura 12

Plano de arquitectura del segundo piso

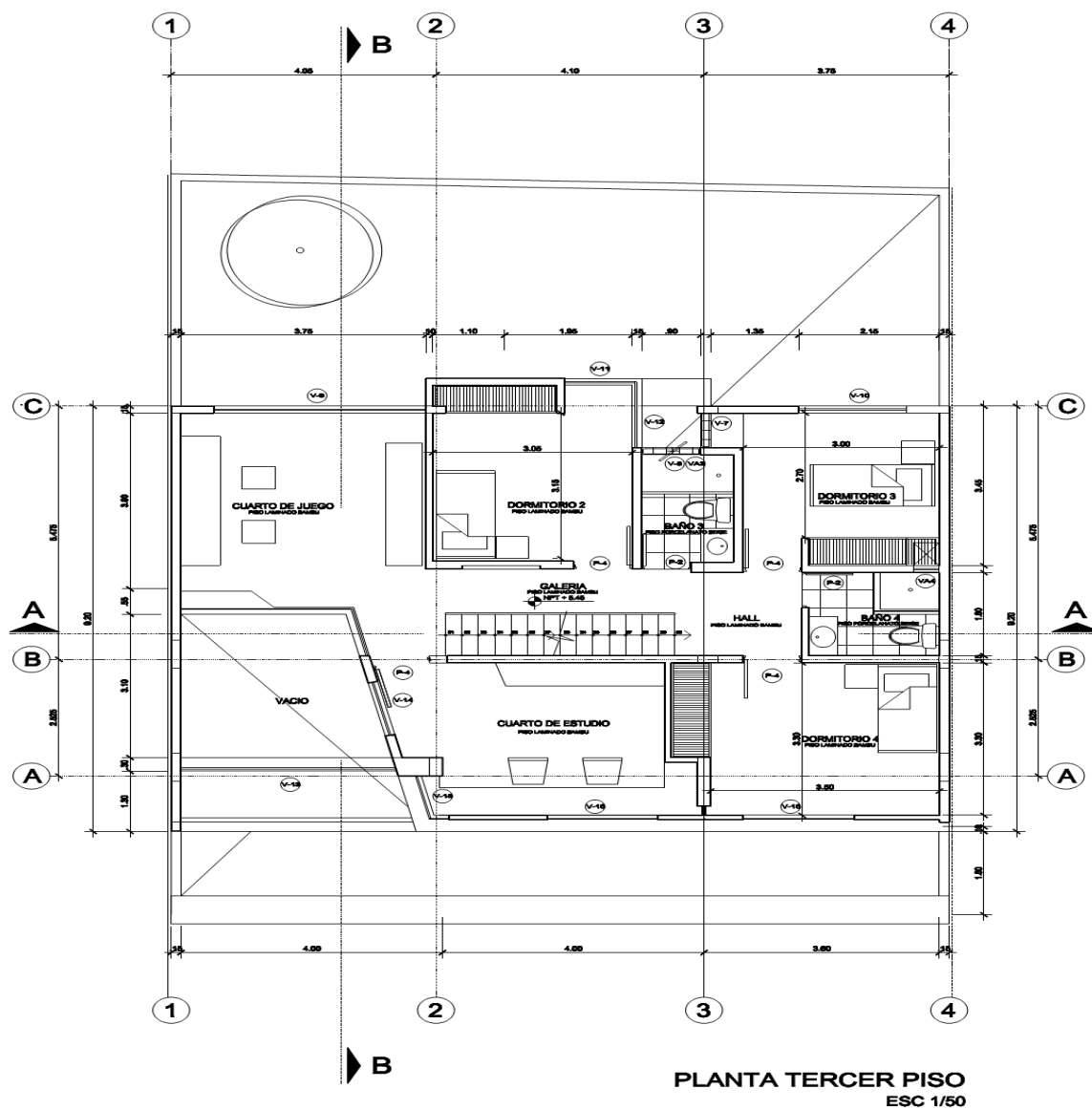


Fuente: Propia



Figura 13

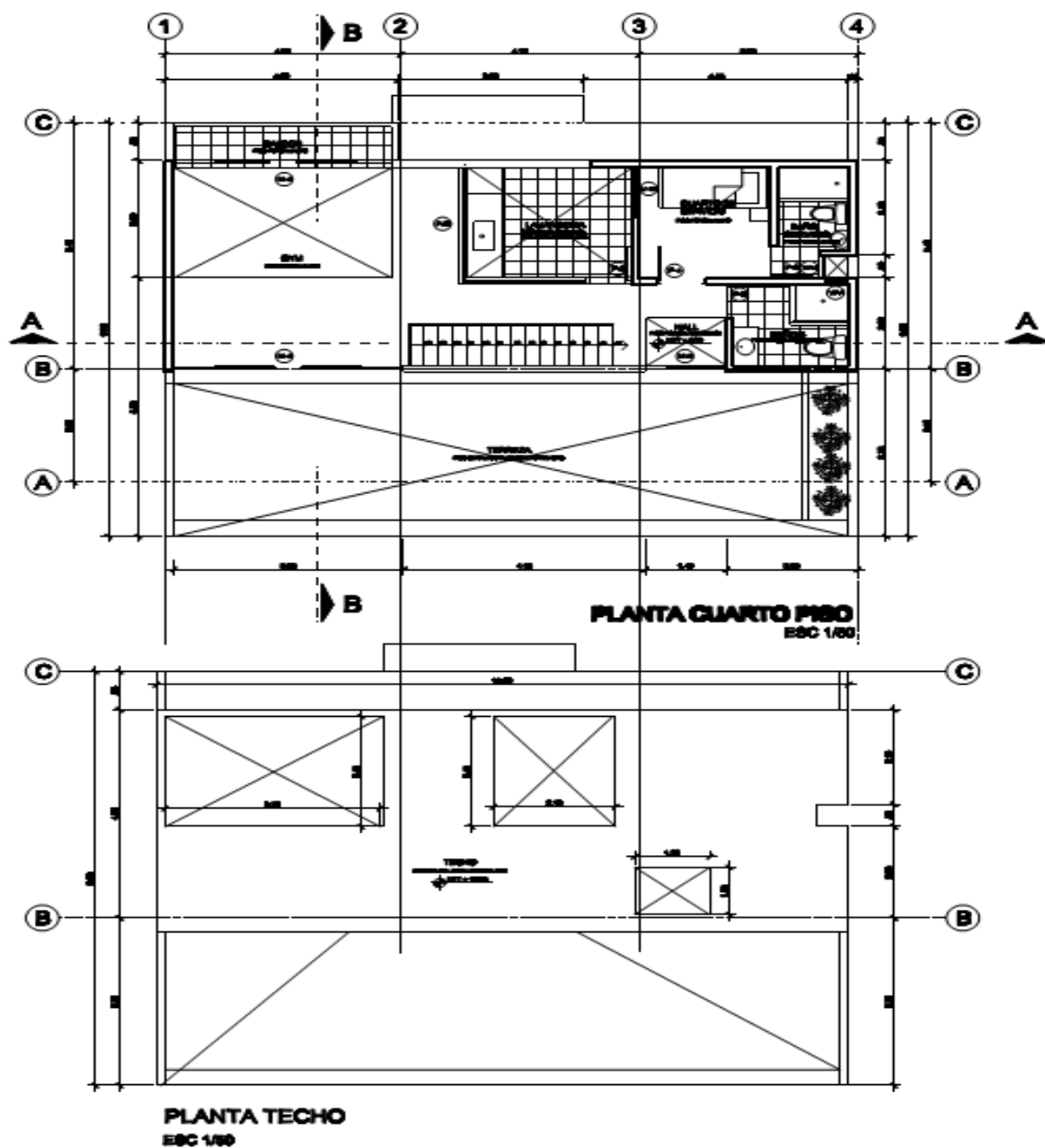
Plano de arquitectura del tercer piso



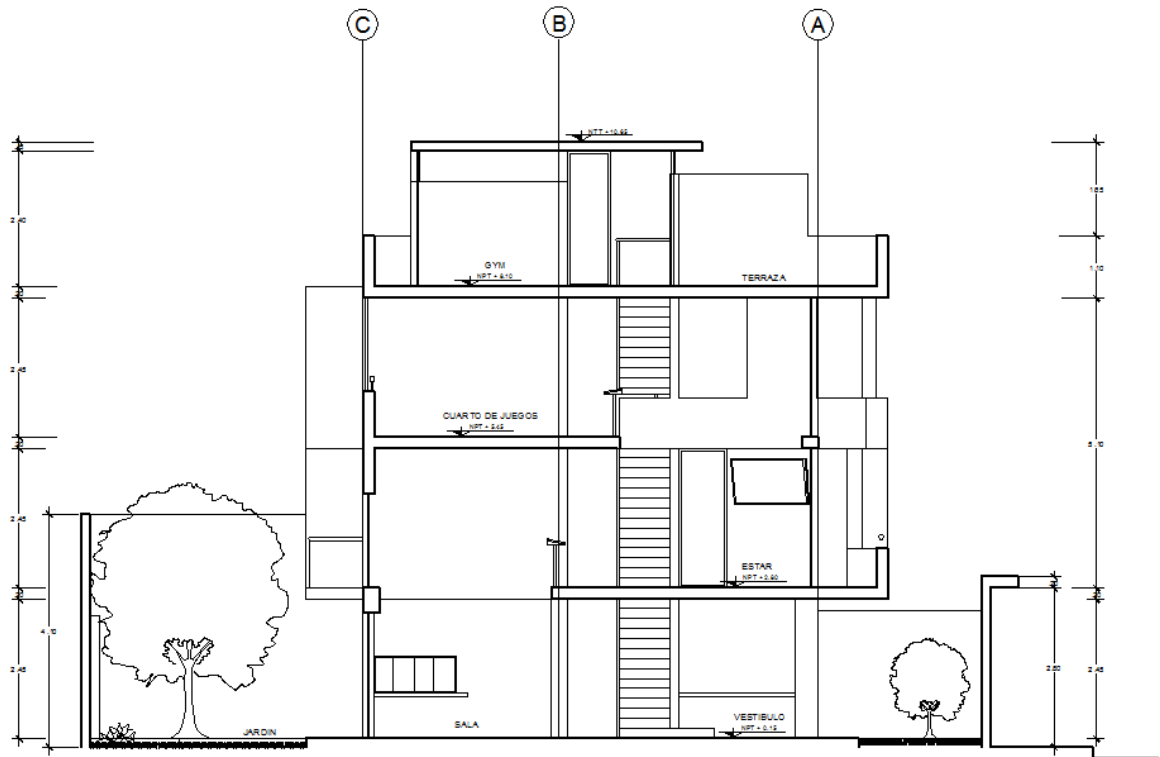
Fuente: Propia

Figura 14

Plano de arquitectura del cuarto piso



Fuente: Propia

**Figura 15***Plano de arquitectura en corte*

Fuente: Propia

## 4.2. Evaluación del caso

### a. Diseño de Albañilería Confinada

**Estructuración.** La estructuración del edificio tiene las siguientes características:

- En la configuración estructural se consideró muros de cortes para alcanzar la densidad mínima requerida de muros, además, porque esta edificación es asimétrica en cada planta debido a su arquitectura.
- Las columnas estarán separadas en una distancia mínima de 3 mt. Y una distancia máxima de 4.9 mt, cumpliendo la norma en albañilería confinada que la distancia máxima de centro a centro entre columnas sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor a 5 mt.
- También se colocó pórticos, es decir, únicamente columnas con vigas con el fin de mantener la arquitectura sin mucha modificación, pero sin que pierdan la rigidez necesaria para soportar el sistema de albañilería confinada.
- Se utilizará en el concreto ( $f'c$ ) mayores a 175 kg/cm<sup>2</sup>, a excepciones en algunos casos.

**Dimensionamiento de los miembros estructurales.** Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se tomó en cuenta la ubicación de la edificación, el uso que tendrá, el tipo de suelo para obtener el correcto análisis. Según la Norma de Diseño Sismorresistente E030 se tiene los siguientes factores para nuestro caso.

**Tipo de estructura a diseñar:** Parámetros sísmicos:

Factor de Zona-Lima Zona 4	$Z= 0.45$
Factor de Uso - Edificios comunes, vivienda, categoría	$U= 1$
Factor de suelo - Suelo tipo S1, $Tp=0.4$	$S= 1$

Periodo fundamental de la estructura  $T = h_n/C_t$

Dónde:

Altura total de la edificación  $h_n = 10.65$

Coefficiente del periodo  $C_t = 60$

$$T = 10.65/60 = 0.177$$

Factor de Amplificación sísmica  $C = 2.5 \times (T_p/p), C \leq 2.5$

$$C = 2.5 \times (0.4/0.177) = 5.64 > 2.5, \quad C = 2.5$$

Coefficiente de Reducción  $R_0 = 3$

***Predimensionamiento y metrados de Cargas.***

- Losa Aligerada: Para tener el espesor de la losa aligerada en una sola dirección se obtendrá mediante una fórmula en base al área tributaria en la dirección y sentido de las viguetas y bastones.

$$H = L/20 = 3.8/20 = 0.19, \text{ equiv. a } h = 0.20 \text{ m}$$

Dónde:

H= espesor de la losa (m)

L= longitud tributaria (m)

- Vigas: Las dimensiones de las vigas principales y vigas secundarias se pueden obtener de la siguiente manera:

$$\text{Para vigas principales: } h = L/12 = 4.05/12 = 0.33 \text{ equiv. a } h = 0.40 \text{ m,}$$

$$b=h/2= 0.40/2 = 0.20, \text{ donde } b_{\text{mín}} = 0.25 \text{ m}$$

Para vigas secundarias:  $h=L/14= 5.40/14 =0.38$  equiv. a  $h =40$  m,

$$b=h/2= 0.40/2 = 0.20, \text{ donde } b_{\text{mín}} = 0.25 \text{ m}$$

En alero:  $h=L/8= 1.2/8 = 0.15$ , equiv. a  $h=0.20$  m

Dónde:

$h$ = peralte de la viga (m)

$L$ =luz libre de la viga (m)

Nota:

En relación de la base de las vigas tanto principales como secundarias, estas deberán cumplir con lo indicado en la Norma E060, donde las vigas deben tener un ancho mínimo de 0.25 m en el caso que forme parte de elementos sismo resistentes y evitar bielas

- **Metrados de Cargas:** Para el diseño de algún elemento estructural se requiere conocer la magnitud de la carga de gravedad y de sismo que actuarán sobre ella. En el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la Norma E020 se da a conocer las consideraciones para el análisis y cálculo de las cargas de gravedad.

Consideraciones:

La Norma E020, define los dos tipos de carga:

**Carga Muerta (CM):**

Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su propio peso, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

Carga Viva (CV):

Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación.

Por ello, para el cálculo de la carga muerta se deberá considerar pesos unitarios de materiales que a continuación se presenta:

Albañilería de unidades de arcilla sólidas	1 800 kg/m <sup>3</sup>
Albañilería de unidades de arcilla huecas	1 350 kg/m <sup>3</sup>
Concreto armado	2 400 kg/m <sup>3</sup>

También, la Norma E020 especifica los valores de carga viva repartida, según su necesidad. Por consecuencia, para nuestro caso tenemos:

Viviendas: Corredores y escaleras	200 kg/m <sup>2</sup>
-----------------------------------	-----------------------

Para el caso de la azotea, la norma E020 no especifica la carga, por ello usaremos una carga viva reducida de 100 kg/m<sup>2</sup>.

Los pesos unitarios a emplearse para la carga muerta (CM) y carga viva (CV) según indicado en la norma E020

En PISO: Carga muerta (CM)

Peso propio de losa aligerada de espesor 0.20m	Pp=300 kg/m <sup>2</sup>
Peso muerto por piso y cielo raso	Pm=100 kg/m <sup>2</sup>

Piso tabiquería	<u>P<sub>tab</sub>=100 kg/m<sup>2</sup></u>
	<b>P<sub>t</sub>=500 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga viva (CV)	<b>S/C=200 kg/m<sup>2</sup></b>
<u>En AZOTEA: Carga muerta (CM)</u>	
Peso propio de losa aligerada de espesor 0.20m	P <sub>p</sub> =300 kg/m <sup>2</sup>
Peso muerto por piso y cielo raso	<u>P<sub>m</sub>=100 kg/m<sup>2</sup></u>
	<b>P<sub>t</sub>=400 kg/m<sup>2</sup></b>
Carga viva (CV)	<b>S/C= 100 kg/m<sup>2</sup></b>

- Columnas: Para este proyecto se dimensionará con respecto a la carga crítica por gravedad, es decir, en base a una se generalizará a todas las columnas según corresponda, y esto es debido a que las columnas periféricas serán gruesas para toma las cargas de sismo por volteo.

Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$A_g = P / (0.45 \times f'c), \quad P > 200 \text{ tn} \quad (200\text{-más}) \text{ tn}$$

Dónde:

P = es la carga en su área tributaria en el nivel que corresponde.

Sin embargo, la expresión antes mencionada hace referencia a columnas cargadas mayores de 200tn, si una columna presenta menor a 200 tn entonces utilizará la siguiente fórmula:



$$A_g = P / (0.35 \times f'c), \quad P < 200 \text{ tn} \quad (100-200) \text{ tn}$$

Cabe señalar que para columnas que soporten menos de 100 tn se utilizará la siguiente fórmula:

$$A_g = P / (0.25 \times f'c), \quad P < 100 \text{ tn} \quad (0-100) \text{ tn}$$

Entonces podemos resumir que esto es debido a la cantidad de pisos y el peso que soportará la columna.

Continuando con el cálculo, en nuestro proyecto se usará unidad de estructura, es decir, 1 tn/m<sup>2</sup> además de la mayor área tributaria que es en el caso en una central

$$\text{Área tributaria} = 15.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = \text{Área tributaria} \times \text{N}^\circ \text{ de pisos} \times 1 \text{ tn/m}^2 = 15.2 \times 4 \times 1 = 60.8 \text{ tn}$$

Corresponde entonces, el tercer caso que es:

$$A_g = P / (0.25 \times f'c) = 60.8 \times 10^3 / 0.25 \times 210 = 1158.09 \text{ cm}^2$$

Considerando que tiene un ancho de 25 cm para que tenga un mejor comportamiento en la unión columna – viga, se requerirá un peralte de 50 cm

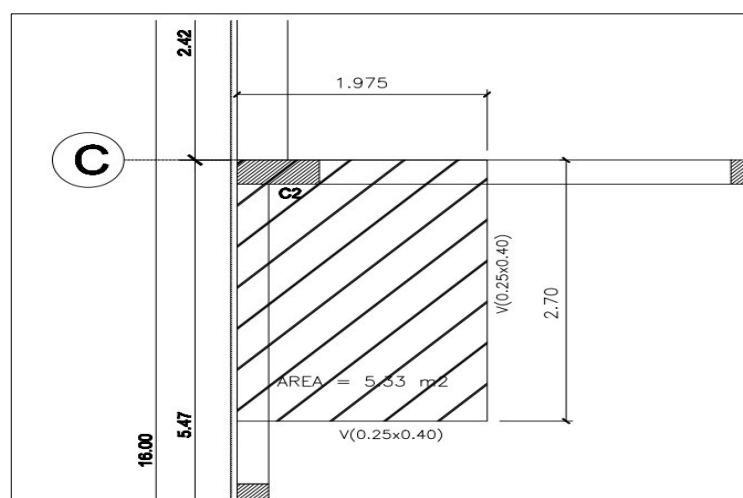
Nótese que debido a la arquitectura se deberá considerar otros tipos de peraltes de acuerdo a su ubicación, cuyas estas nuevas áreas de columnas cumplirán los requerimientos iniciales recomendadas, porque igualmente estarán sujetas a la comprobación del análisis sísmico

### Columna C-2: Carga de Gravedad

Esta columna está ubicada en la esquina donde termina la losa aligerada, por ende, será analizada de la siguiente manera

**Figura 16**

*Área tributaria que carga la columna esquineral*



Fuente: Propia

Área tributaria = 5.33 m<sup>2</sup>

Número de pisos = 4

Carga muerta (CM):

Piso = 14 019.75 kg

Azotea = 4 140.00 kg

18 159.75 kg

Carga viva (CV)

Piso = 799.875 kg

Azotea = 133.31 kg

933.185 kg

Entonces la carga que soportará esta columna será determinada de la siguiente expresión:

$$P_u = 1.4 C_M + 1.7 C_V = 1.4 \times 18\,159.75 + 1.7 \times 933.185 = 27\,010.065 \text{ kg}$$

Usamos la fórmula para columna en esquina:

$$A_g = \frac{P}{n x f'_c} = \frac{1.5 P_g}{n x f'_c} = \frac{1.5 \times 27\,010.065}{0.20 \times 210} = 964.645 \text{ cm}^2$$

Dónde:

$P_g$  = Carga de gravedad

$P$  = Carga de sismo

$n$  = valor de diseño (0.20)

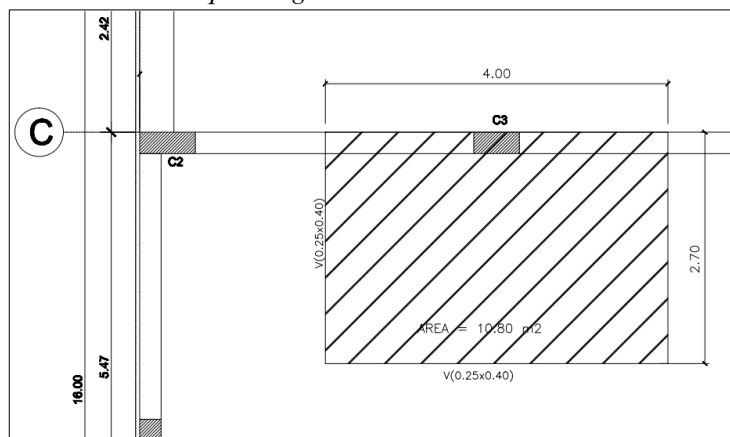
Considerando que tiene un ancho de 25 cm para que tenga un mejor comportamiento en la unión columna – viga, se requerirá un peralte de 40 cm.

Columna C-3: Carga de Gravedad

Esta columna está ubicada en la esquina donde termina la losa aligerada, por ende, será analizada de la siguiente manera

**Figura 17**

*Área tributaria que carga la columna lateral*



Fuente: Propia

Área tributaria = 10.80 m<sup>2</sup>

Número de pisos = 4

Carga muerta (CM):	Piso	= 23 679.00 kg
	Azotea	= <u>6 813.00 kg</u>
		30 492.00 kg

Carga viva (CV)	Piso	= 1 620.00 kg
	Azotea	= <u>270.00 kg</u>
		1 890.00 kg

Entonces la carga que soportará esta columna será determinada de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} = 1.4 \times 30\,492.00 + 1.7 \times 1\,890.00 \\
 &= 45\,901.80 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Usamos la fórmula para columna en esquina:

$$A_g = \frac{P}{n \times f'c} = \frac{1.25P_g}{n \times f'c} = \frac{1.5 \times 27\,010.065}{0.25 \times 210} = 1\,092.90 \text{ cm}^2$$

Dónde:

$P_g$  = Carga de gravedad

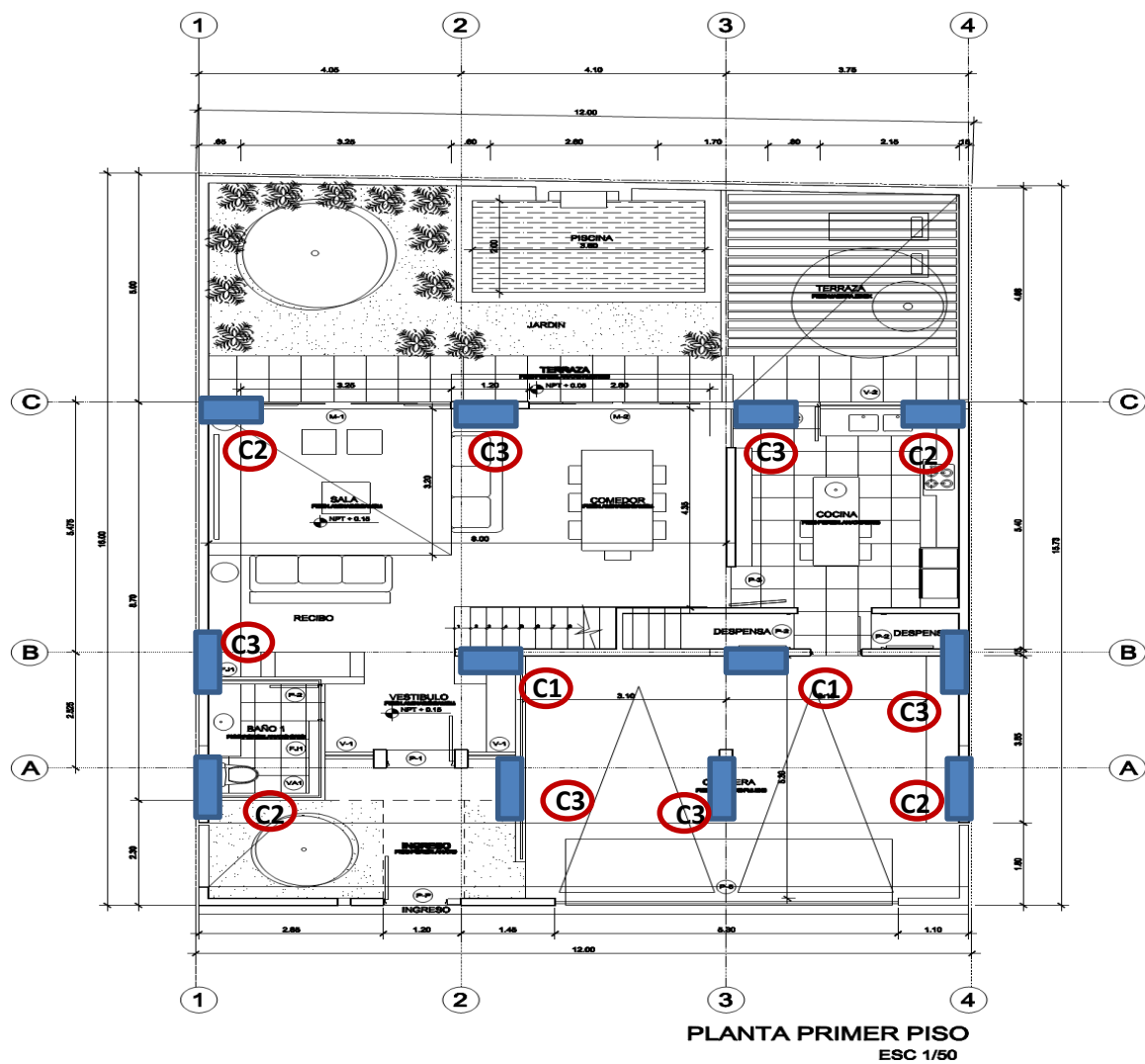
$P$  = Carga de sismo

$n$  = valor de diseño (0.25)

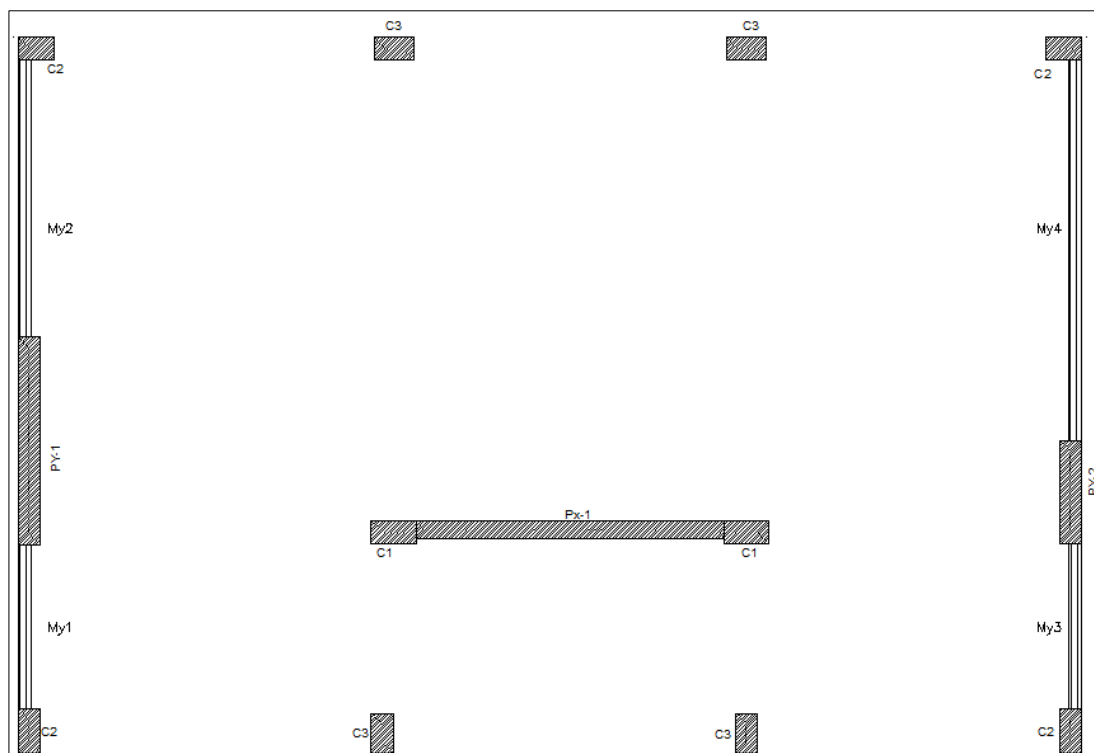
Considerando que tiene un ancho de 25 cm para que tenga un mejor comportamiento en la unión columna – viga, se requerirá un peralte de 45 cm.

Figura 18.

Plano de arquitectura y ubicación preliminar de las columnas



Fuente: Propia

**Figura 19***Distribución de muros y placas*

Fuente: Propia

***Densidad de muros.***

- Parámetro Sísmico: De los parámetros sísmicos ya antes señalados calcularemos la densidad mínima de muros, para ello usaremos la siguiente expresión:

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{\sum Lt}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Dónde:

Am=Área de Corte de los muros reforzados

Ap= Área de la planta típica

t= espeso de muro

L=Longitud total de muro

N=número de pisos

### Tabla5

*Densidad de muros en Albañilería confinada*

#### DENSIDAD DE MUROS

##### Albañilería

MURO	Lx-x(m)	MURO	Ly-y(m)
MX1	0	MY1	3.1
		MY2	1.94
		MY3	1.84
		MY4	4.25
Long. total	0		11.13

##### Muros de corte

MURO	Lx-x(m)	MURO	Ly-y(m)
Px-1	4.45	PY-1	2.30
		PY-2	1.15
Long. total	4.45		3.45

El área de la planta de estudio que comprende en ambos ejes será de:

Ap	Lx(m)	Ly(m)	AREA(m2)
	12	8	96

Fuente: Propia

Entonces, calculemos la densidad de muros:

En el Eje X-X: En este eje no contendrá muros de albañilería sólo muros de corte, por lo tanto, se usará la siguiente expresión:



$$n = \frac{E_c}{E_a} \dots (1), \quad L_c = L_m \times n \dots (2),$$

$$E_c = 15000 \times \sqrt{f'_c} \dots (3), \quad E_a = 500 \times f'_m \dots (4)$$

Dónde:

$n$  = representa a la sección transformada de albañilería a concreto

$E_c$  = Módulo de elasticidad de concreto

$E_a$  = Módulo de elasticidad de albañilería

$f'_c$  = Resistencia del concreto = 175 kg/cm<sup>2</sup>

$f'_m$  = Resistencia de albañilería = 80 kg/cm<sup>2</sup>

$L_c$  = longitud del concreto transformado

Analizamos, usando la siguiente expresión hallaremos la longitud de concreto transformado.

$$\text{De (1), (3) y (4): Tenemos } n = \frac{E_c}{E_a} = \frac{15000 \times \sqrt{175}}{500 \times 80} = 4.96, \text{ equiv. } = 5$$

$$\text{De (2): } L_c = L_m \times n = 4.45 \times 5 = 22.25$$

$$\text{Entonces, } \frac{A_m}{A_p} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}, \quad \frac{0.2 \times 22.25}{96} = 0.0464$$

$$\frac{ZUSN}{56} = \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 4}{56} = 0.0321$$

Luego,  $0.0464 \geq 0.0321$  (OK) cumple

En el Eje y-y: En este Eje tendrá tanto muros de albañilería como muros de corte;

Primero evaluaremos los muros de albañilería y posteriormente los muros de corte y que este dentro del rango establecido

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}, \frac{0.13 \times 11.13}{96} = 0.0151 \dots \text{ (a)}$$

De (1), (3) y (4): Tenemos  $n = \frac{E_c}{E_a} = \frac{15000 \times \sqrt{175}}{500 \times 80} = 4.96$ , equiv. = 5

De (2):  $L_c = L_m \times n = 3.45 \times 5 = 17.25$

Entonces,  $\frac{A_m}{A_p} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}, \frac{0.13 \times 17.25}{96} = 0.0234 \dots \text{ (b)}$

$$\frac{ZUSN}{56} = \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 4}{56} = 0.0321 \dots \text{ (c)}$$

De (a) y (b):  $0.0151 + 0.0234 = 0.038$

Luego de (c):  $0.038 \geq 0.0321$  (OK) cumple

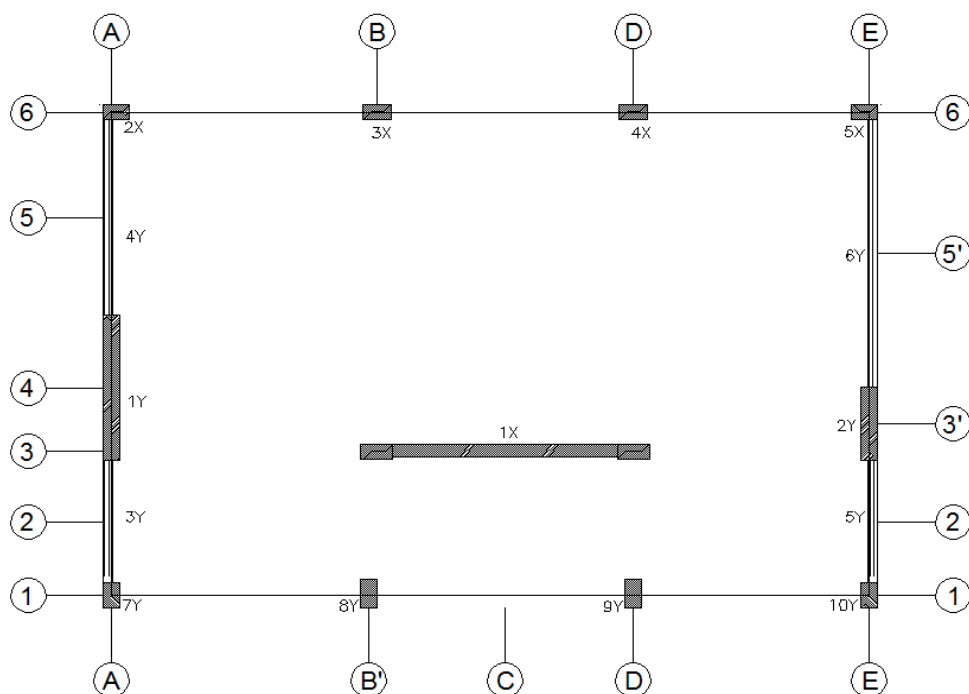
**Configuración Estructural.** Las estructuras deben ser clasificadas de regulares o irregulares, esto permitirá obtener un buen procedimiento en el análisis y los valores indicados del factor de reducción de fuerza sísmica.

Para ser Regular no debe tener discontinuidad significativa horizontal o vertical en su configuración que puedan resistir en las cargas laterales; es por ello que analizaremos a detalle en Irregular.

A continuación analizaremos en configuración estructural en IRREGULAR:

***Irregularidad en altura.***

- Irregularidad de Resistencia – Piso Débil: En cualquier dirección de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es menor a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior:

**Figura 20***Distribución de muros, placas y columnas*

Fuente: Propia

**Tabla 6***Tabla de rigidez en Albañilería confinada*

Elemento	Tipo	e	L	H	$X_i$	$Y_i$	$K_x$	$K_y$
1X	Placa	0.20	4.45	2.45	6.05	2.28	171118.54	1194.91
1Y	Placa	0.20	2.32	2.45	0.00	3.29	622.97	50370.32
2Y	Placa	0.20	1.15	2.45	11.65	2.72	308.80	8805.60
3Y	Albañilería	0.15	1.93	2.45	0.00	1.16	35.89	4065.62
4Y	Albañilería	0.15	3.10	2.45	0.00	6.00	57.64	11218.40
5Y	Albañilería	0.15	1.94	2.45	11.65	1.17	36.07	4115.56
6Y	Albañilería	0.15	4.25	2.45	11.65	5.43	79.03	19533.61
2X	Columna	0.25	0.40	2.45	0.00	7.68	2158.90	843.32
3X	Columna	0.25	0.45	2.45	4.08	7.68	3073.90	948.73
4X	Columna	0.25	0.45	2.45	8.02	7.68	3073.90	948.73
5X	Columna	0.25	0.40	2.45	11.65	7.68	2158.90	843.32
7Y	Columna	0.25	0.40	2.45	0.00	0.00	843.32	2158.90
8Y	Columna	0.25	0.45	2.45	3.95	0.00	948.73	3073.90
9Y	Columna	0.25	0.45	2.45	8.02	7.68	948.73	3073.90
10Y	Columna	0.25	0.40	2.45	8.02	7.68	843.32	2158.90
							<b>186308.63</b>	<b>113353.72</b>
							$\Sigma K_x$	$\Sigma K_y$

Fuente: Propia

K total de entrepiso: 299662.3479 Ton/m

(Asumiendo una cortante de 100tn)

1° piso = 29966234.79 Ton

2° piso = 29966234.79 Ton

3° piso = 29966234.79 Ton

4° piso = 27735950.75 Ton

Entonces:

$$V_i < 0.80 V_{i+1}$$

V1 con V2 = 29966234.79 > 23972987.83 Ton

V2 con V3 = 29966234.79 > 23972987.83 Ton

V3 con V4 = 29966234.79 > 22188760.60 Ton

No Cumple, por lo tanto, **LA ESTRUCTURA ES REGULAR**

- Irregularidades de masa o peso: Tendrá irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que 1,50 veces el peso de un piso adyacente.

1° piso = 13.78Tn

2° piso = 13.09Tn

3° piso = 13.50Tn

4° piso = 7.00Tn

$$M_{Vi} < 1.5 (M_{Vi+1})$$

$$M1 \text{ con } M2 = 13.78 < 19.64\text{Tn}$$

$$M2 \text{ Con } M3 = 13.09 < 20.25\text{Tn}$$

$$M3 \text{ Con } M4 = 13.50 > 10.50\text{Tn}$$

Cumple, por lo tanto, **LA ESTRUCTURA ES IRREGULAR**

- Irregularidad geométrica vertical: Para ser considerado irregular en tal sentido, deberá cumplir que las dimensiones en planta de la estructura a cargas laterales tengan 130 % mayor a las dimensiones correspondientes al piso adyacente.

$$L_y=9.20 \text{ m}, L_x=4.50 \text{ m}$$

Dimensión en cada piso

$$1^\circ \text{ piso} = D1 = 9.20 \text{ m}$$

$$2^\circ \text{ piso} = D2 = 9.20 \text{ m}$$

$$3^\circ \text{ piso} = D3 = 9.20 \text{ m}$$

$$4^\circ \text{ piso} = D4 = 6.15 \text{ m}$$

$$D_i > 1.3x (D_{i+1})$$

$$D1 \text{ con } D2 = 9.20 < 11.96$$

$$D2 \text{ con } D3 = 9.20 < 11.96$$

$$D3 \text{ con } D4 = 9.20 > 8.00$$

Cumple, por lo tanto, **LA ESTRUCTURA ES IRREGULAR**

- Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Para ser considerado como tal, los elementos estructurales verticales sean columnas y muros de corte, tienen que tener continuidad entre los pisos adyacentes y serán irregulares cuando haya un desalineamiento de elementos.

Cumple, tendrá continuidad tanto de columnas y placas en cada piso, por lo tanto,

### **LA ESTRUCTURA ES REGULAR**

#### ***Irregularidad en Planta.***

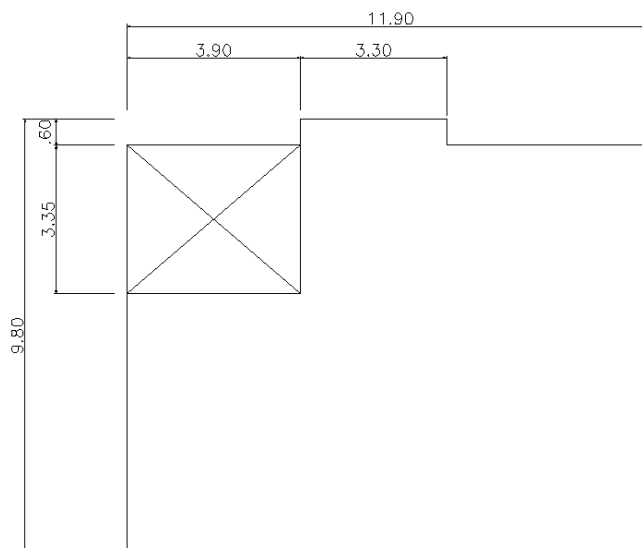
- Esquinas entrantes: La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que el 20% de la dimensión total en planta.

Como las plantas no son típicas evaluaremos piso por piso

1°TECHO:

**Figura 21**

*Esquinas entrantes en 1° techo*



Fuente: Propia

Longitud:

Comparación:

$$Dx1 = 3.90 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.35 \text{ m}$$

$$Dy2 = 0.60 \text{ m}$$

$$Dx1 = 3.90 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.35 \text{ m} > 1.96 \text{ m}$$

$$Dy2 = 0.60 \text{ m} < 1.96 \text{ m}$$

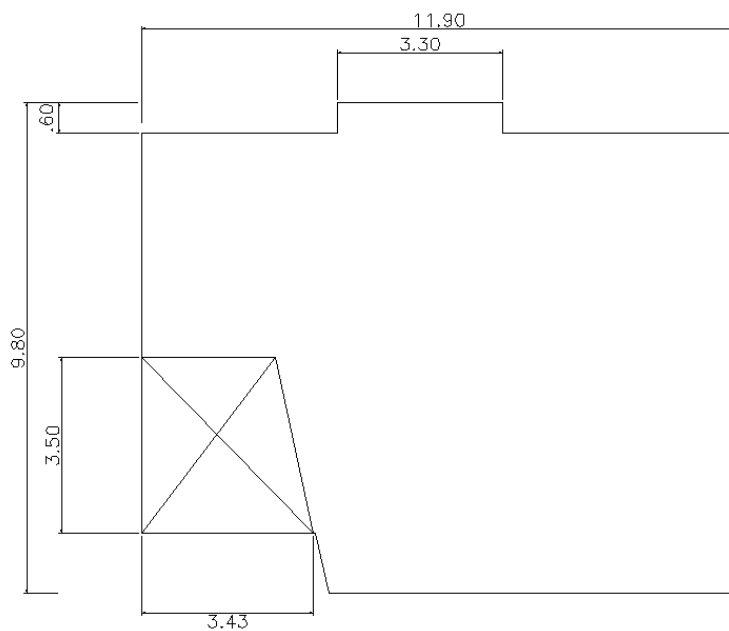
$$Di > 0.2 \text{ (D total)}$$

Por lo tanto la estructura es **IRREGULAR**

2°TECHO:

**Figura 22**

*Esquinas entrantes en 2° techo*



Fuente: Propia

Longitud:

Comparación:

$$Dx1 = 3.43 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.50 \text{ m}$$

$$Dy2 = 0.60 \text{ m}$$

$$Dx1 = 3.43 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.50 \text{ m} > 1.96 \text{ m}$$

$$Dy2 = 0.60 \text{ m} < 1.96 \text{ m}$$

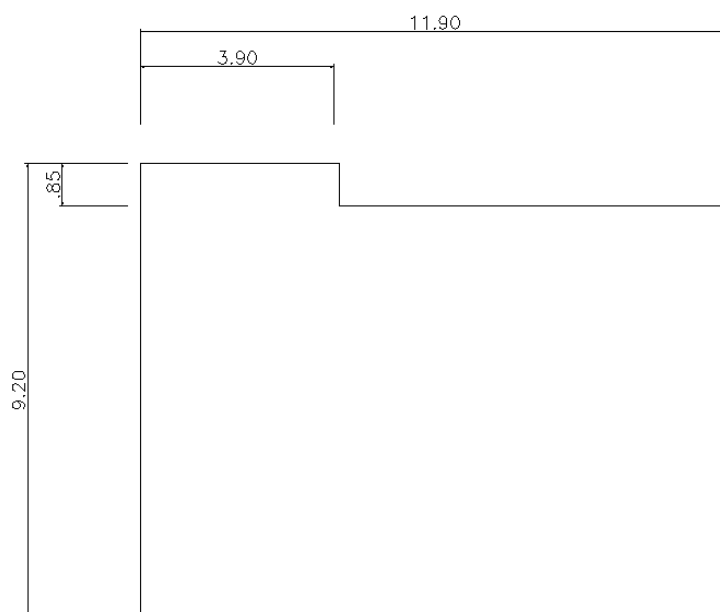
$$Di > 0.2 \text{ (D total)}$$

Por lo tanto la estructura es **IRREGULAR**

3° TECHO

**Figura 23**

*Esquinas entrantes en 3° techo*



Fuente: Propia



Longitud:

$$D_{x1} = 3.90 \text{ m}$$

$$D_{y1} = 0.85 \text{ m}$$

Comparación:

$$D_i > 0.2 (D \text{ total})$$

$$D_{x1} = 3.90 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

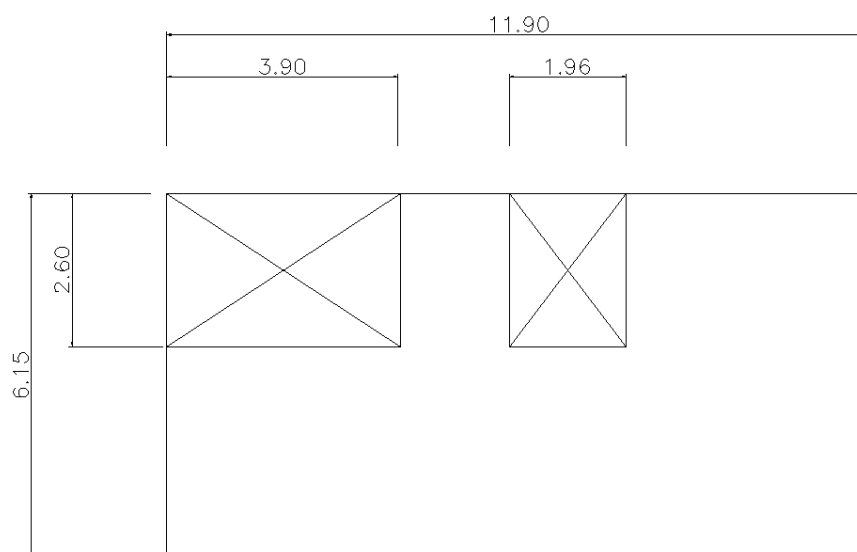
$$D_{y1} = 0.85 \text{ m} < 1.84 \text{ m}$$

Por lo tanto la estructura es IRREGULAR

4° TECHO

**Figura 24**

*Esquinas entrantes en 4° techo*



Fuente: Propia

Longitud:

$$D_{x1} = 3.90 \text{ m}$$

$$D_{x2} = 1.96 \text{ m}$$

Comparación:

$$D_i > 0.2 (D \text{ total})$$

$$D_{y1} = 2.60 \text{ m}$$

$$D_{x1} = 3.90 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$D_{x2} = 1.96 \text{ m} < 2.38 \text{ m}$$

$$D_{y1} = 1.96 \text{ m} > 1.23 \text{ m}$$

Por lo tanto la estructura es **IRREGULAR**

- Discontinuidad del diafragma: A Donde el área abierta es mayor al 50% del área total.

Al igual que el anterior caso, nuestro proyecto contiene plantas atípicas, por lo tanto, requiere ser evaluado en cada piso.

Comparación:

$A_{abierta} > 0.5 (A_{total})$
---------------------------------

1° TECHO:

De la fig. 21 tenemos:

$$A_{abierta} = 3.35 \times 3.90 = 13.06 \text{ m}^2, \quad A_{total} = 11.90 \times 9.80 = 116.62 \text{ m}^2$$

Verificando la irregularidad de la estructura:

$$13.06 \text{ m}^2 > 58.31 \text{ m}^2$$

La planta es **REGULAR**

2° TECHO:

De la fig. 22 tenemos:

$$A_{abierta} = 10.6 \text{ m}^2, \quad A_{total} = 107.13 \text{ m}^2$$

Verificando la irregularidad de la estructura:

$$10.6 \text{ m}^2 > 53.56 \text{ m}^2$$

La planta es **REGULAR**

3° TECHO:

En esta planta no existe abertura importante

4° TECHO:

De la fig. 24 tenemos:

$$A \text{ abierta} = 3.90 \times 2.60 = 10.14 \text{ m}^2, \quad A \text{ abierta} = 1.96 \times 2.60 = 5.09 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = 11.90 \times 6.15 = 73.19 \text{ m}^2$$

Verificando la irregularidad de la estructura:

$$15.23 \text{ m}^2 > 36.60 \text{ m}^2$$

La planta es **REGULAR**

Por lo tanto, la estructura es **REGULAR**

- Irregularidad torsional: Se considera en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máx. permisible.

Además cabe mencionar que para que exista dicha características debe tener asimetría de ubicación de los elementos estructurales.

Para nuestro proyecto, existe asimetría en relación a ambos ejes, por lo tanto, es

**IRREGULAR**

**Tabla 7**

*Tabla de conclusiones de Irregularidad en altura de la estructura, Albañilería Confinada*

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	UNIDAD	1°er	2°do	3°er	4°to	Condición	Conclusión	Factor de Irregularidad $I_a$
Irregularidad de Resistencia – piso Débil	Cortante (tn)	2996623	2996623	2996623	2773595	$V_i < 0.80V_{i+1}$	REGULAR	0.75
Irregularidad de masas-Peso	Masa (Tn)	13.78	13.09	13.50	7.00	$MV_i < 1.5 (MV_{i+1})$	IRREGULAR	0.90
Irregularidad Geométrica vertical	Longitud (m)	9.20	9.20	9.20	6.15	$D_i > 1.3x (D_{i+1})$	IRREGULAR	0.90
Discontinuidad en los elementos resistentes	Elemento vertical	No	No	No	No	Desalineamiento	REGULAR	0.80

Fuente: Propia

**Tabla 8**

*Tabla de conclusiones de Irregularidad en planta de la estructura, Albañilería Confinada*

<b>IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>1°er</b>	<b>2°do</b>	<b>3°er</b>	<b>4°to</b>	<b>Condición</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
Irregularidad esquinas entrantes	Longitud(m)	3.90 3.30 3.35 0.60	3.43  3.30 3.50 0.60	3.90 0.85	3.90 1.96 2.60	$D_i > 0.2(D_{total})$	IRREGULAR	0.90
Irregularidad del diafragma	Área (m <sup>2</sup> )	13.06	10.6	0	15.23	$A_{abierto} > 0.5 (A_{total})$	REGULAR	0.85
Irregularidad torsional	Longitud(m)	SI	SI	SI	SI	Asimetría	IRREGULAR	0.75

Fuente: Propia

La norma menciona que para hallar el coeficiente de Reducción (R), se determinará con el producto del coef.  $R_0$  y el menor de los valores obtenidos del factor de irregularidad de  $I_a$  y  $I_p$ .

Por lo tanto el Coeficiente de Reducción (R):

$$R_0 = 3 \text{ (Albañilería confinada)}$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 3 \times 0.90 \times 0.75 = 2.025$$

$$R_0 = 6 \text{ (Muros estructurales)}$$

$$R = 6 \times 0.90 \times 0.75 = 4.05$$

**Análisis Estático.** Se calculará el cortante estático con los valores de los parámetros definidos, pero lo mencionaremos para el mejor entendimiento.

Factor se zona-Lima Zona 4	$Z=0.45$
Factor de uso - Edificios comunes, vivienda	$U=1$
Factor de suelo – suelo tipo S1, $T_p=0.4$	$S=1$
Periodo fundamental de la estructura	$T=hn/C_t$

Dónde:

Altura total de la edificación	$hn=10.65$
Coeficiente del periodo	$C_t=60$
	$T=10.65/60 = 0.177$

Factor de amplificación sísmica

$$C = 2.5 \times (0.4/0.177) = 5.64 > 2.5 \quad C = 2.5 \times (T_p/P), C \leq 2.5$$

Coeficiente de Reducción

$$R_x=4.05$$

$$R_y=2.025$$

Entonces, hallamos la cortante basal actuante (V), en el eje “x” solo existe muros de corte, por lo tanto, el coef. de Reducción (R=4.05); y para el eje “y” predomina los muros de albañilería, por lo tanto, el coef. de Reducción (R=2.025):

$$V_x = \frac{ZUCS}{R} (P) = \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 2.5}{4.05} (344.77) = 95.77 \text{ Ton}$$

$$V_y = \frac{ZUCS}{R} (P) = \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 2.5}{2.025} (344.77) = 191.54 \text{ Ton}$$

De acuerdo a la norma vigente, el cortante dinámico no deberá ser menor al 90% del cortante estático para edificios irregulares ni el 80% para edificios regulares. De acuerdo a esto se muestra una tabla donde se compara los resultados obtenidos. El edificio presenta una configuración irregular detallada en las tablas 9 y 10. Por lo que se considera el 90% del cortante estático como valor mínimo para el diseño estructural.

**Tabla 9**

*Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico*

Piso	Caso de carga	Cortante Estático (S)		Cortante Dinámico (Smáx)		90% *S (IRREGULAR)	CONDICION Vsmax>90%Vs	Factor Escala
		Cortante X	Cortante Y	Cortante X	Cortante Y			
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf			
NIVEL 1	Sismo X	95.77		42.57		86.19	42.57>86.19	2.25
NIVEL 1	Sismo Y		191.54		43.79	172.39	43.79>172.39	4.37

Fuente: Propia

Como notamos no cumple con la condición  $V_{smax} > 90\% V_s$ , por lo tanto, se procedió a escalar las fuerzas en el análisis estático en Etabs, obteniendo lo siguiente:

**Tabla 10**

Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico final

Piso	Caso de carga	Cortante Estático (S)		Cortante Dinámico (Smáx)		90% *S (IRREGULAR)	CONDICION Vsmax>90%Vs
		Cortante X	Cortante Y	Cortante X	Cortante Y		
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf		
NIVEL 1	Sismo X	95.77		95.77		86.19	95.77>86.19
NIVEL 1	Sismo Y		191.54		191.36	172.39	191.36>172.39

Fuente: Propia

**Excentricidad.** Para obtener la excentricidad debemos ubicar primero el centro de rigidez de la vivienda con los muros de albañilería y los de corte, y luego ubicar el centro de masa, este cálculo nos permitirá saber calcular la excentricidad, es decir, si es estructura es REGULAR o IRREGULAR.

**Centro de masa.** Para determinar la ubicación en el eje “x” e “y” del centro de masa de una edificación se indica que debe cumplirse las siguientes expresiones:

$$X = \sum \frac{Px}{P} \quad ; \quad Y = \sum \frac{Py}{P}$$

**Centro de Rigidez.** Para determinar la ubicación en el eje x e y del centro de rigidez de una edificación se indica que debe cumplirse las siguientes expresiones:

$$X_{cr} = \frac{\sum Ky.Xi}{\sum Ky} \quad ; \quad Y_{cr} = \frac{\sum Kx.Yi}{\sum Kx}$$

Para el cálculo tanto del centro de masa y centro de rigidez, se analizó con el programa Etabs 2016 para luego definir la excentricidad de la estructura, es decir, si es REGULAR o IRREGULAR



**Tabla 11**

Tabla comparativo entre centro de masa y centro de rigidez

NIVEL	Mass X (tonf)	Mass Y (tonf)	XCM (m)	YCM (m)	XCR (m)	YCR (m)
Piso 4	6.838	6.838	6.042	4.277	5.061	2.253
Piso 3	13.065	13.065	5.746	3.788	4.816	2.211
Piso 2	12.546	12.546	6.595	3.667	4.513	2.173
Piso1	13.246	13.246	6.174	3.050	4.331	2.172

Fuente: Propia

**Tabla 12**

Tabla excentricidad en “x” e “y”

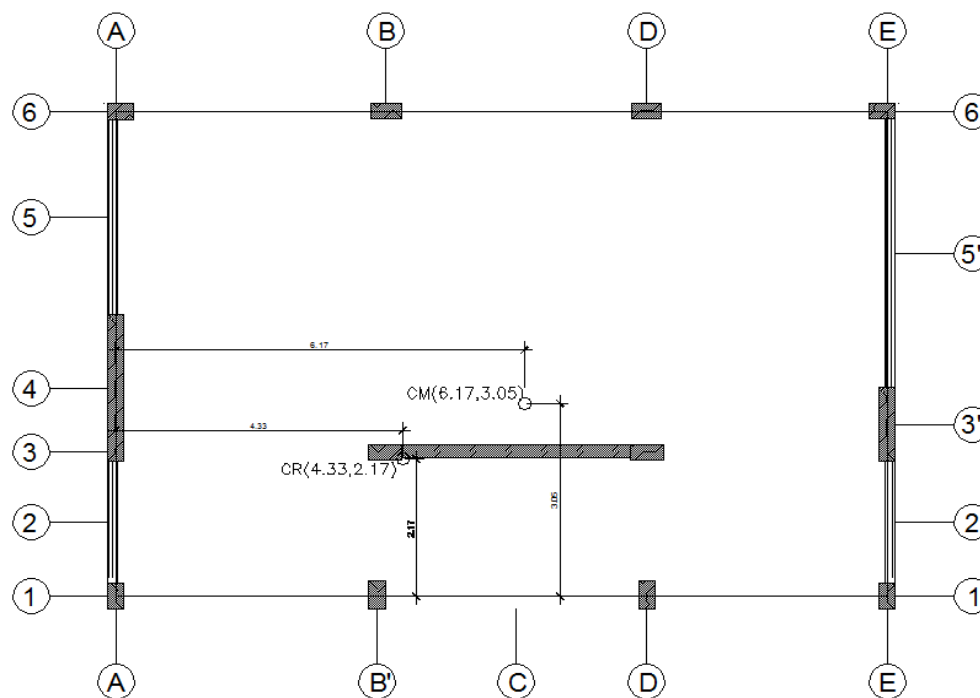
NIVEL	ex (m)	ey (m)	5%Lx, Lx=11.90 0.595m	Condición: ex<0.595	5%Ly, Ly=8.00 0.40m	Condición: ey<0.40
Piso 4	0.981	2.024	0.981<0.595	IRREGULAR	2.024<0.40	IRREGULAR
Piso 3	0.930	1.577	0.930<0.595	IRREGULAR	1.577<0.40	IRREGULAR
Piso 2	2.082	1.494	2.082<0.595	IRREGULAR	1.494<0.40	IRREGULAR
Piso 1	1.843	0.878	1.843<0.595	IRREGULAR	0.878<0.40	IRREGULAR

Fuente: Propia

Notamos en la tabla12 muestra el detalle para cada piso, donde la condición de excentricidad tanto en el eje “x” como en el eje “y” es Irregular. Por lo tanto, la estructura es IRREGULAR

**Figura 25**

*Ubicación del CM y CR en Albañilería confinada-1° piso*



Fuente: Propia

**Control de desplazamiento lateral.** Los desplazamientos laterales que nos proporciona el programa Etabs 2016 están en base a las sollicitaciones sísmicas reducidas, estas corresponden a las derivas elásticas (análisis lineal y elásticos), por ende, la Norma NTE E0.30 menciona que para estructuras REGULARES éstas serán multiplicadas por R, y para estructuras IRREGULARES serán multiplicadas por 0.75R; el resultado corresponde a las derivas inelásticas y deberá estar en el rango de acuerdo al tipo del material predominante.

Para nuestro caso se tiene una estructura IRREGULAR, entonces procederemos de la siguiente manera, tal como muestra la tabla 13 y 14.

**Tabla 13***Resultados de distorsión en el eje X*

Planta	Altura(m)	Derivas elásticas	Derivas inelásticas	Deriva Límite	Condición
Planta 4	9.80	0.00078	0.0024	0.007	OK
Planta 3	7.35	0.00077	0.0023	0.007	OK
Planta 2	4.90	0.00065	0.0020	0.007	OK
Planta 1	2.45	0.00034	0.0010	0.007	OK

Fuente: Propia

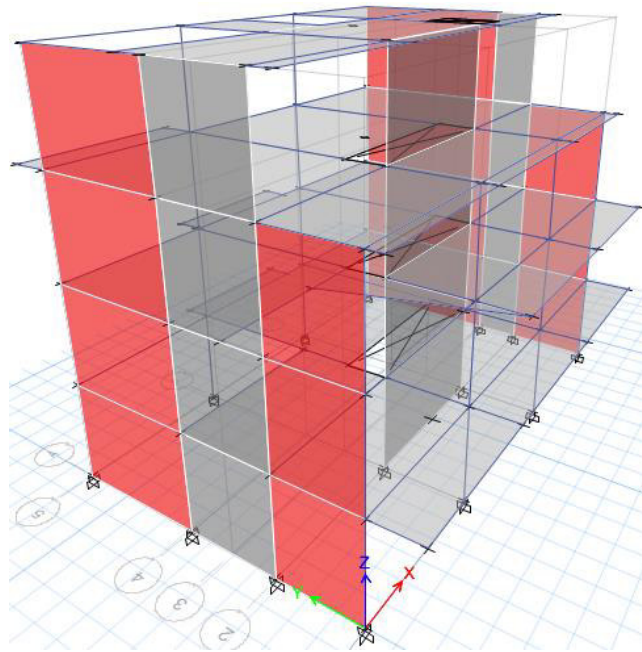
**Tabla 14***Resultados de distorsión en el eje Y*

Planta	Altura(m)	Derivas Elásticas	Derivas inelásticas	Deriva Límite	Condición
Planta 4	9.80	0.00030	0.00046	0.005	OK
Planta 3	7.35	0.00042	0.00064	0.005	OK
Planta 2	4.90	0.00060	0.00090	0.005	OK
Planta 1	2.45	0.00049	0.00070	0.005	OK

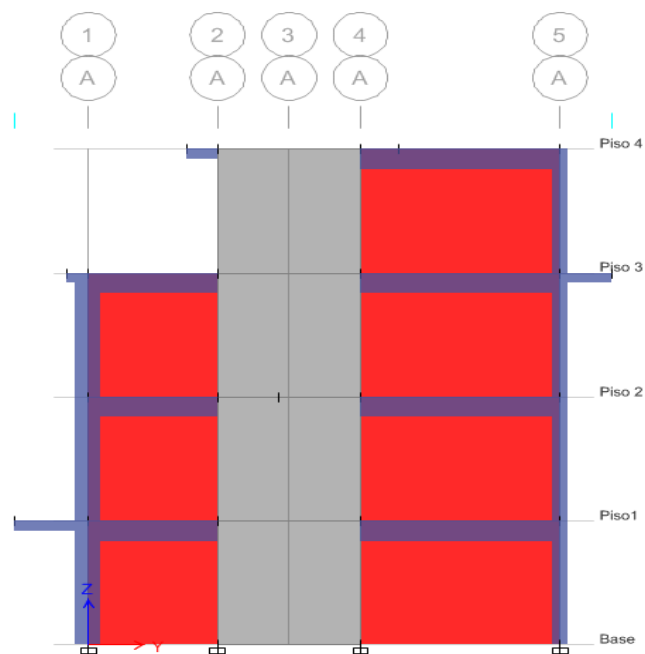
Fuente: Propia

**Análisis Sísmico dinámico.** Para el análisis estructural se utilizó el software ETABS 2016 que en este caso realiza un análisis en estado lineal elástico usando métodos estático y dinámico que contempla el RNE E030-2016. Se desarrolló el modelo analítico tridimensional de la edificación y se asignaron las cargas actuantes (carga muerta, carga viva).

Para el análisis del edificio se usó un modelo 3D empleando elementos unidimensionales, dicho análisis será de Superposición Modal por Respuesta Espectral.

**Figura 26***Modelo tridimensional del edificio en Albañilería Confinada*

Fuente: Propia

**Figura 27***Modelo en elevación del edificio en Albañilería Confinada*

Fuente: Propia

**Características del modelo matemático.**

Datos del Concreto:

Módulo de elasticidad	$E_c = 2\,200,000 \text{ T/m}^2$
Coefficiente de Poisson	$\mu = 0.2$
Coefficiente de expansión térmica	$\alpha = 9.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Resistencia a la compresión del concreto	$f'_c = 2100 \text{ T/m}^2$
Esfuerzo de fluencia del acero	$f_y = 4200 \text{ T/m}^2$

Datos de Albañilería

Módulo de elasticidad	$E_m = 325,000 \text{ T/m}^2$
Coefficiente de Poisson	$\mu = 0.2$
Coefficiente de expansión térmica	$\alpha = 9.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Resistencia a la compresión	$f'_m = 650 \text{ T/m}^2$

Cargas y Pesos:

Combo 1=	$1.4\text{CM} + 1.7\text{CV}$
Combo 2=	$1.25\text{CM} + 1.25\text{CV} + \text{SISM X}$
Combo 3=	$1.25\text{CM} + 1.25\text{CV} - \text{SISM X}$
Combo 4=	$1.25\text{CM} + 1.25\text{CV} + \text{SISM Y}$
Combo 5=	$1.25\text{CM} + 1.25\text{CV} - \text{SISM Y}$
Envolvente=	$\text{Combo1} + \text{Combo2} + \text{Combo3} + \text{Combo4} + \text{Combo5}$

**Aceleración Espectral.** El espectro de Pseudo aceleraciones, se utiliza para el análisis dinámico de la estructura según la NTE. E.030, para comparar la fuerza cortante mínima en la base y compararlos con los resultados del análisis estático. Todo esto es para cada dirección de la edificación en planta (X e Y), para ello se utilizará la siguiente expresión:

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

Dónde:

Se utilizarán los mismos parámetros (p.72). Además,

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$  (aceleración de la gravedad)

Espectro Respuesta: El factor de Amplificación Sísmica (C) se define con la siguiente expresión:

$$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right), \text{ siendo } C \leq 2.5$$

Dónde:

$T_p$  = Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo

$T$  = Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo en análisis dinámico

**Tabla 15***Períodos de los modos de vibración del Edificio*

Modo	Periodo T(sec)	Masa participativa X-X (%)	Masa participativa Y-Y (%)
1	<b>0.24</b>	<b>71.82</b>	0.01
2	<b>0.10</b>	0.03	<b>76.62</b>
3	0.08	0.06	9.63
4	0.06	21.23	0.02
5	0.04	0.40	7.45
6	0.03	2.82	1.45
7	0.03	1.31	0.02
8	0.03	0.97	3.10
9	0.02	1.07	0.39
10	0.02	0.22	0.00
11	0.02	0.03	1.14
12	0.01	0.04	0.17

Fuente: Propia

**Diseño Estructural.**

*Verificación del esfuerzo axial por carga de gravedad.* La resistencia (Fa) deberá cumplir la siguiente expresión:

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

Donde:

$$F_a = 0.2 \times 650 \left[ 1 - \left( \frac{2.45}{35 \times 0.13} \right)^2 \right] = 92.31 \text{ T/m}^2$$

$$0.15 f' m = 0.15 \times 650 = 97.5 \text{ T/m}^2$$

**Tabla 16***Cargas de gravedad acumuladas*

<b>Cargas de gravedad Acumuladas (tn): <math>P_g = PD + 0.25 PL</math></b>													
Clasificación de muros		Cargas acumuladas $P_g$											
		Piso 4			Piso 3			Piso 2			Piso 1		
Muro	L(m)	PD	PL	PG	PD	PL	PG	PD	PL	PG	PD	PL	PG
PX1	4.07	21.22	2.32	23.53	44.04	7.77	51.81	65.30	12.63	77.93	87.37	15.09	102.46
PY1	2.31	7.78	0.58	8.36	15.24	2.13	17.37	20.68	2.92	23.59	27.92	3.30	31.21
PY2	1.16	5.87	0.57	6.44	10.53	1.59	12.11	14.37	2.39	16.76	20.04	2.79	22.83
MY1	3.23	1.08	0.01	1.09	1.42	0.06	1.48	2.16	0.23	2.39	2.40	0.19	2.59
MY2	2.09	0.00	0.00	0.00	1.23	0.11	1.34	1.14	0.06	1.19	1.49	0.11	1.60
MY3	2.09	0.00	0.00	0.00	1.43	0.14	1.57	1.50	0.14	1.65	1.84	0.19	2.03
MY4	4.38	1.98	0.03	2.01	2.35	0.18	2.53	3.33	0.40	3.73	4.28	0.43	4.71

Fuente: Propia

**Tabla 17***Cargas de gravedad acumuladas resumen y esfuerzo axial en Piso 1*

<b>Cargas de gravedad Acumuladas (tn): <math>P_g = PD + 0.25 PL</math></b>						
Clasificación de muros		Cargas acumuladas $P_g$ y esfuerzo axial en Piso 1				
Muro	L(m)	Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1	$\sigma_1(T/m^2)$
PX1	4.07	23.53	51.81	77.93	102.46	125.87
PY1	2.31	8.36	17.37	23.59	31.21	90.08
PY2	1.16	6.44	12.11	16.76	22.83	131.20
MY1	3.23	1.09	1.48	2.39	2.59	5.34
MY2	2.09	0.00	1.34	1.19	1.60	5.10
MY3	2.09	0.00	1.57	1.65	2.03	6.47
MY4	4.38	2.01	2.53	3.73	4.71	7.17

Fuente: Propia

De la tabla 17 observamos que el muro más esforzado es PX1, PY1 y PY2, ésta es otra razón por la cual estos muros son de concreto armado, el siguiente muro más esforzado es MY4, por lo que será revisado al 100% de la sobrecarga apoyado con la tabla 16.



$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} = \frac{4.28 + \left(\frac{0.43}{0.25}\right)}{4.38 \times 0.13} = 10.53 \text{ T/m}^2$$

En consecuencia, se tiene:

$\sigma_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )		Fa(kg/cm <sup>2</sup> )		0.15f'm(kg/cm <sup>2</sup> )	
1.05	≤	9.23	≤	9.75	OK

Cumple la condición

**Determinación de las Fuerzas de Inercia (Fi).** Para determinar las fuerzas de Inercia, se empleará la fórmula  $\frac{ZUCS}{R} P$  con un coeficiente de Reducción (R) = 3.375, para el caso de Sismo Moderado, esto es debido a que origina fuerzas de inercia iguales a la mitad de las que corresponden a las del Sismo Severo

**Tabla18**

*Fuerzas de inercia ante el Sismo Moderado y Severo*

Fuerzas de Inercia ante el Sismo Moderado "Fi" y sismo Severo "VEi"						
Nivel	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (ton-m)	Sismo Moderado		Sismo Severo
				Fi	Hi(ton)	VEi(ton)=2Hi
4	9.8	57.84	566.83	16.42	16.42	27.37
3	7.35	99.23	729.34	21.13	37.55	62.55
2	4.9	92.84	454.92	13.18	50.73	84.55
1	2.45	94.86	232.41	6.73	57.46	95.77
Σ		344.77	1983.50	57.46		

Fuente: Propio

**Fuerzas internas en muros.** En los siguientes cuadros se dará detalle de los valores de Ve y Me (fuerza cortante y momento flector respectivamente), que fueron obtenidos del análisis elástico, así como también los valores de carga de gravedad acumuladas (Pg=PD +0.25PL)

**Tabla19**

Fuerzas de inercia  $V_e$ ,  $M_e$ ,  $P_g$  ante Sismo Moderado Y-Y (Espesor Alb.=0.13cm,  $f'm=650$  Ton/m<sup>2</sup>)

Fuerzas internas $V_e$ (ton), $M_e$ (ton-m), $P_g=PD +0.25PL$ ante Sismo Moderado Y-Y												
MURO	PISO 1			PISO 2			PISO 3			PISO 4		
	$V_e$	$M_e$	$P_g$	$V_e$	$M_e$	$P_g$	$V_e$	$M_e$	$P_g$	$V_e$	$M_e$	$P_g$
PY1	66.57	141.87	31.22	42.55	55.02	23.58	26.24	38.04	17.37	9.31	12.81	8.36
PY2	59.14	90.64	22.83	29.51	41.43	16.76	20.55	27.98	12.12	7.12	9.21	6.44
MY1	16.93	24.69	2.59	24.35	29.87	2.39	21.82	27.44	1.48	18.59	23.05	1.09
MY2	11.96	16.36	1.60	17.96	22.15	1.20	16.73	20.51	1.34	0.00	0.00	0.00
MY3	21.61	29.55	2.03	28.57	35.51	1.64	21.31	26.11	1.56	0.00	0.00	0.00
MY4	43.77	61.92	4.71	53.53	68.35	3.73	38.65	49.74	2.53	29.58	37.25	2.00

Fuente: Propia

**Tabla 20**

Fuerzas de inercia  $V_e$ ,  $M_e$ ,  $P_g$  ante Sismo Moderado Y-Y (Espesor Alb=0.23cm,  $f'm=800$  Ton/m<sup>2</sup>)

Fuerzas internas $V_e$ (ton), $M_e$ (ton-m), $P_g=PD +0.25PL$ ante Sismo Moderado Y-Y												
MURO	PISO 1			PISO 2			PISO 3			PISO 4		
	$V_e$	$M_e$	$P_g$	$V_e$	$M_e$	$P_g$	$V_e$	$M_e$	$P_g$	$V_e$	$M_e$	$P_g$
PY1	56.58	98.27	26.36	37.10	47.02	19.62	24.46	32.83	15.46	9.80	12.53	8.47
PY2	46.71	64.95	17.89	26.64	30.13	12.90	18.83	24.04	10.31	7.05	9.02	6.56
MY1	23.42	32.72	4.66	28.09	34.91	4.20	23.05	29.27	2.56	22.78	18.32	1.80
MY2	16.34	21.83	2.88	20.76	25.46	2.14	18.18	22.18	2.57	0.00	0.00	0.00
MY3	27.59	35.57	3.47	30.59	37.92	2.77	23.08	28.57	2.84	0.00	0.00	0.00
MY4	53.97	73.48	8.05	57.08	73.08	6.34	40.37	52.60	4.55	30.16	38.25	3.34

Fuente: Propia

Sólo interviene el eje Y, debido a que el eje X fue diseñado únicamente con muro de corte y no como albañilería confinada.

El Diseño por Sismo Moderado, Resistencia al corte global, fuerzas internas ante Sismo Severo y verificación del agrietamiento en pisos superiores., se deberá verificar lo siguiente:

- Ningún muro debe agrietarse ante el sismo moderado:  $V_e \leq 0.55 V_m$ . De no

cumplirse esta expresión, donde puede aceptarse hasta 5% de error, deberá cambiarse la calidad de la albañilería, el espesor del muro, o convertirlo en placa de concreto armado; en los dos últimos casos, deberá reanalizarse el edificio.

- En cualquier piso, la resistencia global a fuerza cortante ( $\sum V_m$ ) deberá ser mayor o igual a la fuerza cortante producida por el sismo severo ( $V_E$ ). De no cumplirse esta expresión, deberá cambiarse en algunos muros la calidad de la albañilería, su espesor, o convertirlos en placas de concreto armado, reanalizando al edificio en los 2 últimos casos. Cuando se tenga exceso de resistencia ( $\sum V_m > V_E$ ), se podrá dejar de confinar algunos muros internos.
- Cuando  $V_m > 3V_E = R V_E$ , culmina el diseño y se coloca refuerzo mínimo. Esta expresión indica que todos los muros del edificio se comportarán elásticamente ante el sismo severo.
- Todo muro de un piso superior que tenga  $V_u \geq V_m$ , se agrietará por corte y se diseñará como un muro del primer piso. En esta expresión puede admitirse hasta 5% de error.

Entonces, para el 1° piso tenemos el siguiente cuadro:

**Tabla 21**

Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 1° piso

Piso 1 - Sismo en Y-Y, VE=95.77 ton										
Muro	L (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (tn-m)	$\alpha$	Vm (ton)	0.55Vm (ton)	Vm1/VE1	Vu (ton)	Mu (tn-m)
PY1	2.31	26.36	56.58	98.27	...	21.29	11.71	1.25	70.73	122.84
PY2	1.16	17.89	46.71	64.95	...	10.69	5.88	1.25	58.39	81.19
MY1	3.23	4.66	23.42	32.72	1.00	31.16	17.14	1.33	31.16	43.53
MY2	2.09	2.88	16.34	21.83	1.00	20.13	11.07	1.23	20.13	26.89
MY3	2.09	3.47	27.59	35.57	1.00	20.27	11.15	0.73	20.27	26.13
MY4	4.38	8.05	53.97	73.48	1.00	42.65	23.46	0.79	42.65	58.07
$\Sigma(Vm)$						146.19				

Fuente: Propia

Se concluye lo siguiente para los muros del 1° piso:

- Los muros de 1° piso se agrietan en los diagonales por efecto de corte ante sismo moderado, por lo que deberán llevar refuerzo horizontal en las uniones de los muros de albañilería con los muros de corte.
- Resistencia global aceptable  $\Sigma (Vm) \geq VE$  (146.19 ton  $\geq$  95.77 ton, 1.52 VE < 3 VE).

Por consiguiente, los muros soportarán ante sismo Severo

Tabla 22

Resultados para el diseño de muros ante sismo severo en el eje Y-Y

Diseño de los muros agrietados por corte en el Eje Y primer piso								
Muro	MY1		MY2		MY3		MY4	
Columna	C1	C2	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Ubicación	Extrem	Extrem	Extrem	Extrem	Extrem	Extrem	Extrem	Extrem
Pg	4.66		2.88		3.47		8.05	
Vm	31.16		20.13		20.27		42.65	
Mu	43.53		26.89		26.13		58.07	
L	3.23		2.09		2.09		4.38	
Lm	3.23		2.09		2.09		4.38	
t	0.23		0.23		0.23		0.23	
Nc	2		2		2		2	
h	2.45		2.45		2.45		2.45	
M	5.36		2.23		1.30		5.82	
F	1.66		1.07		0.62		1.33	
Pc	2.33		1.44		1.74		4.03	
Pt	1.07	1.07	0.66	0.66	0.80	0.80	1.85	1.85
T	-0.67	-0.67	-0.37	-0.37	-1.11	-1.11	-2.70	-2.70
C	3.99	3.99	2.51	2.51	2.36	2.36	5.35	5.35
Vc	15.58	15.58	10.07	10.07	10.13	10.13	21.33	21.33
As (cm2)	4.18	4.18	2.72	2.72	2.53	2.53	5.22	5.22
As a usar (cm2)	4 1/2"	4 1/2"	4 3/8"	4 3/8"	4 3/8"	4 3/8"	4 1/2"	4 1/2"
	5.16	5.16	2.84	2.84	2.84	2.84	5.16	5.16
δ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
An	-84.32	-84.32	-43.90	-43.90	-45.11	-45.11	-73.40	-73.40
Acf	436.40	436.40	281.94	281.94	283.84	283.84	597.36	597.36
Usar	25*25	25*25	13*25	13*25	13*25	13*25	25*25	25*25
Ac	625.00	625.00	325.00	325.00	325.00	325.00	625.00	625.00
An	441.00	441.00	189.00	189.00	189.00	189.00	189.00	189.00
Asmin (cm2)	2.60	2.60	1.35	1.35	1.35	1.35	2.60	2.60
S1	3.53	3.53	2.90	2.90	2.90	2.90	1.51	1.51
S2	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
S3	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
S4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Zona c	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
S 3/8, 1/4"	<u>11@5</u>	<u>11@5</u>	15@5	15@5	15@5	15@5	<u>23@5</u>	<u>23@5</u>
Soleras	X1		X2		X3		X4	
Ts	15.58	15.58	10.07	10.07	10.13	10.13	21.33	21.33
As (cm2)	4.12	4.12	2.66	2.66	2.68	2.68	5.64	5.64
Usar (cm2)	4 1/2"	4 1/2"	4 3/8"	4 3/8"	4 3/8"	4 3/8"	4 1/2"	4 1/2"
	5.16	5.16	2.84	2.84	2.84	2.84	5.16	5.16

Fuente: Propia

**Refuerzo Horizontal en Muros Agrietados.** La norma E 070 menciona que en todo muro agrietado ( $V_u \geq V_m$ ) Todos los muros del 1° piso deben colocarse refuerzo horizontal continuo, anclado en las columnas con una cuantía igual a  $\rho = A_s / (st) = 0.001$ , si se emplea 1 varilla de  $\frac{1}{4}$ " donde  $A_s = 0.32 \text{ cm}^2$ , se obtiene un espaciamiento  $s = 0.32 / (0.001 \times 13) = 24.6 \text{ cm}$ , por lo tanto, se utilizará

1Ø  $\frac{1}{4}$ " @ 2 hiladas, cada 20 cm.

Luego, para los pisos superiores tenemos el siguiente cuadro:

**Tabla 23**

*Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 2° piso*

Piso 2 - Sismo en Y-Y, VE=84.55 ton										
Muro	L (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (tn-m)	$\alpha$	Vm (ton)	0.55Vm (ton)	Vm1/Ve1	Vu (ton)	Mu (tn-m)
PY1	2.31	19.62	37.10	47.02	...	21.29	11.71	1.25	46.38	58.78
PY2	1.16	12.90	26.64	30.13	...	10.69	5.88	1.25	33.30	37.66
MY1*	3.23	4.20	28.09	34.91	1.00	31.05	17.08	1.33	37.37	46.45
MY2*	2.09	2.14	20.76	25.46	1.00	19.96	10.98	1.23	25.58	31.37
MY3*	2.09	2.77	30.59	37.92	1.00	20.11	11.06	0.73	22.47	27.85
MY4*	4.38	6.32	57.08	73.08	1.00	42.25	23.24	0.79	45.11	57.75
						$\Sigma(V_m)$	145.35			

Fuente: Propia

**Tabla 24**

*Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 3° piso*

Piso 3 - Sismo en Y-Y, VE=62.58 ton										
Muro	L (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (tn-m)	$\alpha$	Vm (ton)	0.55Vm (ton)	Vm1/Ve1	Vu (ton)	Mu (tn-m)
PY1	2.31	15.46	24.46	32.83	...	21.29	11.71	1.25	30.58	41.04
PY2	1.16	10.31	18.83	24.04	...	10.69	5.88	1.25	23.54	30.05
MY1*	3.23	2.56	23.05	29.27	1.00	17.59	9.68	1.33	30.67	38.94
MY2*	2.09	2.57	18.18	22.18	1.00	11.59	6.38	1.23	22.40	27.33
MY3	2.09	2.84	23.08	28.57	1.00	20.12	11.07	0.73	16.95	20.99
MY4	4.38	4.55	40.37	52.60	1.00	41.85	23.02	0.79	31.90	41.57
						$\Sigma(V_m)$	123.14			

Fuente: Propia

**Tabla 25**

*Resultados ante Sismo Moderado y sismo severo en el eje Y-Y en 4° piso*

<b>Piso 4 - Sismo en Y-Y, VE=27.37 Ton</b>										
Muro	L (m)	Pg (ton)	Ve (ton)	Me (tn-m)	$\alpha$	Vm (ton)	0.55Vm (ton)	Vm1/Ve1	Vu (ton)	Mu (tn-m)
PY1	2.31	8.47	9.80	12.53	...	21.29	11.71	1.25	12.25	15.66
PY2	1.16	6.56	7.05	9.02	...	10.69	5.88	1.25	8.81	11.28
MY1*	3.23	1.80	22.78	18.32	1.00	17.42	9.58	1.33	30.31	24.37
MY2	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00
MY3	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00
MY4	4.38	3.34	30.16	38.25	1.00	41.57	22.86	0.79	23.83	30.23
$\Sigma(Vm)$						90.97				

Fuente: Propia

Se concluye:

- Todos los muros en cada piso cumple Resistencia global, es decir,  $\Sigma(Vm) > VE$
- (\*) todos los muros con esta denominación se encuentran en el caso de  $Vu > Vm$ , muros agrietados por sismo severo, por consiguiente, serán diseñados como muros agrietados tal como se hizo en el 1° piso y llevarán refuerzo horizontal

Aquellos muros que no lleven esta denominación (\*) serán diseñados como muros no agrietados por corte.

Tabla 26

Diseño de muros no agrietados

Diseño de los muros no agrietados y-y				
Muro	MY3		MY4	
Columna	C7	C8	C9	C10
Pg	2.84		4.55	
Vu	16.96		31.90	
Mu	20.99		41.57	
L	2.09		4.38	
Lm	2.09		4.38	
Nc	2		2	
F	10.04		9.49	
Pc	1.42		2.28	
Pt	0	0	0	0
T	8.62	8.62	7.22	7.22
C	11.46	11.46	11.77	11.77
As	2.28	2.28	1.91	1.91
As a usar (cm <sup>2</sup> )	4 3/8"	4 3/8"	4 3/8"	4 3/8"
	2	2	2	2
o	1	1	1	1
An	55.62	55.62	58.52	58.52
usar	13x25	13x25	25x25	25x25
Ac	325	325.00	625	625.00
An	189	189.00	441	441.00
Asmin (cm <sup>2</sup> )	1.35	1.35	2.60	2.60
<b>Soleras</b>	MY3		MY4	
Ts	8.48		15.95	
As (cm <sup>2</sup> )	2.24		4.22	
Usar (cm <sup>2</sup> )	4 Ø 3/8 "		4 Ø 1/2"	
	2.84		5.16	

Fuente: Propia

### b. Diseño de Muros de Ductilidad Limitada

**Estructuración.** La estructuración de este edificio tiene las siguientes características:

- El sistema de muros de ductilidad limitada se aprovecha por su densidad de muros en ambas direcciones, lo cual todos los muros trabajan como muros portantes



unidos con la losa maciza de poco espesor trabajan idóneamente para resistir las cargas de gravedad y los movimientos sísmicos

- Se recomienda el uso de junta sísmica en longitudes cuando los muros sean mayores a 4 mt. para evitar concentraciones considerables de esfuerzos.
- Cuando se tenga edificaciones mayores de 5 pisos, la Norma menciona que los primeros pisos sean muros portantes (en muros de corte) y los pisos siguientes MDL, con ciertas restricciones.
- Se usará una platea de cimentación que sirva de base a los muros, no obstante, analizaremos los resultados y se recomendará si requiere un diseño especial

**Dimensión de los miembros estructurales.** Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se tomó en cuenta la ubicación de la edificación, el uso que tendrá, el tipo de suelo para obtener el correcto análisis, tal como se hizo en el anterior caso de albañilería confinada.

**Tipo de estructura a diseñar.** Parámetros sísmicos:

Factor de Zona-Lima Zona 4	$Z= 0.45$
Factor de Uso - Edificios comunes, vivienda, categoría	$U= 1$
Factor de suelo - Suelo tipo S1, $T_p=0.4$	$S= 1$
Periodo fundamental de la estructura	$T= h_n/C_t$
Dónde:	
Altura total de la edificación	$h_n= 10.65$
Coefficiente del periodo	$C_t= 60$
$T = 10.65/60 = 0.177$	
Factor de Amplificación sísmica	$C= 2.5x (T_p/p), C \leq 2.5$

$$C=2.5 \times (0.4/0.177) = 5.64 > 2.5,$$

$$C= 2.5$$

Coeficiente de Reducción

$$R_0= 4$$

***Predimensionamiento y metrado de Cargas.***

- Muros: Para el dimensionamiento de los muros se tomó en consideración la densidad de muros que deberá cumplir la edificación sin que altere los espacios de los ambientes del plano de arquitectura, lo se determinó que para el eje X será de 10 y 12 cm, mientras que para el eje Y será únicamente de 10 cm, estos cálculos serán detallados más adelante.
- Losa Maciza: Los muros de ductilidad limitada trabajan con losas macizas, ya que ellas funcionan estructuralmente en ambas direcciones. Se obtendrá el espesor mediante la siguiente fórmula en base al perímetro que lo envuelve.

$$H \geq P/180 = 39.80/180 \geq 0.22, \text{ equiv. } h= 0.20 \text{ m}$$

Dónde:

H=espesor de la losa (m)

P=Perímetro (m)

Cabe mencionar que llevará 20cm en las zonas destinadas a los baños, debido a las tuberías de desagüe que estarán dentro de ellas, y en los demás paños llevará 10 cm. de espesor.

- Metrado de Cargas: Para el diseño de algún elemento estructural se requiere conocer la magnitud de la carga de gravedad y de sismo que actuarán sobre ella. En el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la Norma E020 se da a conocer las consideraciones para el análisis y cálculo de las cargas de gravedad.

Consideraciones:

La Norma E020, define los dos tipos de carga:

Carga Muerta (CM):

Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su propio peso, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

Carga Viva (CV):

Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación.

Por ello, para el cálculo de la carga muerta se deberá considerar pesos unitarios de materiales que a continuación se presenta:

Concreto armado	2 400 kg/m <sup>3</sup>
-----------------	-------------------------

También, la Norma E020 especifica los valores de carga viva repartida, según su necesidad. Por consecuencia, para nuestro caso tenemos:

Viviendas: Corredores y escaleras	200 kg/m <sup>2</sup>
-----------------------------------	-----------------------

Para el caso de la azotea, la norma E020 no especifica la carga, por ello usaremos una carga viva reducida de 100 kg/m<sup>2</sup>.

Los pesos unitarios a emplearse para la carga muerta (CM) y carga viva (CV)

En PISO:

Carga muerta (CM)

Elementos

Carga (kg/m<sup>2</sup>)

Los maciza (en 1 m <sup>2</sup> )	1.00mx1.00mx0.20mx2400kg/m <sup>2</sup>
	=480kg/m <sup>2</sup>

Piso terminado = 100kg/m<sup>2</sup>

**Pt=580 kg/m<sup>2</sup>**

Losa maciza (en 1 m<sup>2</sup>) 1.00mx1.00mx0.10mx2400kg/m<sup>2</sup>

=240kg/m<sup>2</sup>

Piso terminado = 100kg/m<sup>2</sup>

**Pt=340 kg/m<sup>2</sup>**

Carga viva (CV) S/C= **200 kg/m<sup>2</sup>**

En AZOTEA:

Carga muerta (CM)

Elementos

Carga (kg/m<sup>2</sup>)

Losa maciza (en 1 m<sup>2</sup>) 1.00mx1.00mx0.10mx2400kg/m<sup>2</sup>

=240kg/m<sup>2</sup>

Piso terminado = 100 kg/m<sup>2</sup>

**Pt=340 kg/m<sup>2</sup>**

Carga viva (CV) S/C= **100 kg/m<sup>2</sup>**

**Configuración estructural.** Para ser Regular no debe tener discontinuidad significativa horizontal o vertical en su configuración que puedan resistir en las cargas laterales; es por ello que analizaremos a detalle en Irregular.

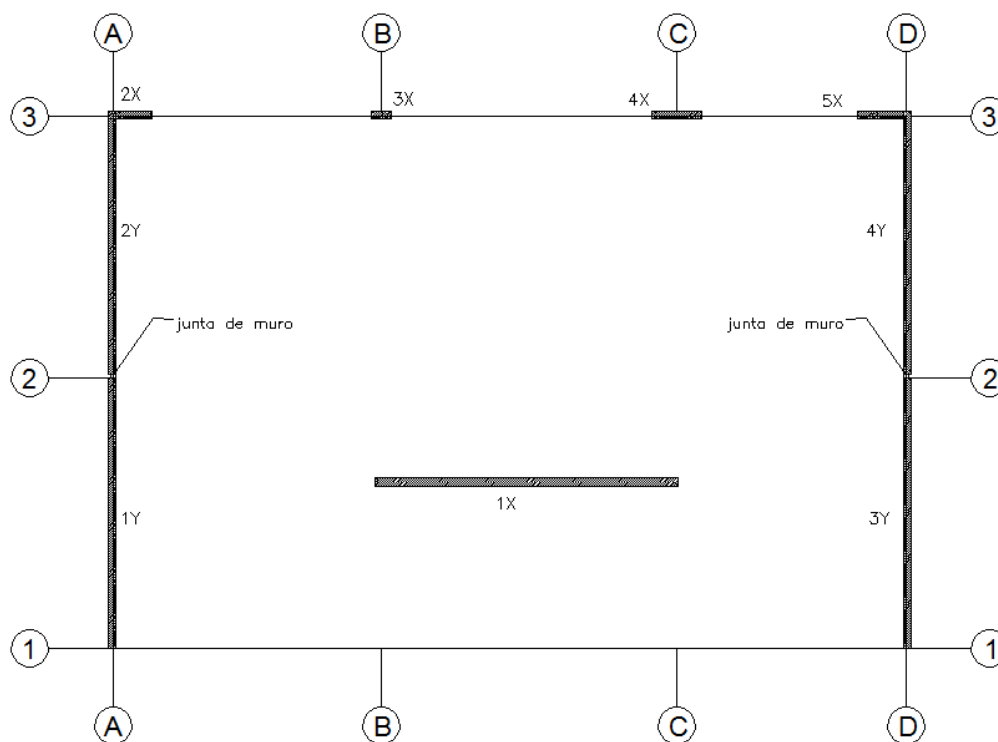
A continuación analizaremos en configuración estructural en IRREGULAR

***Irregularidad en altura.***

- Irregularidad de Resistencia – Piso Débil: En cualquier dirección de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es menor a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior:

**Figura 28**

*Distribución de los muros de ductilidad limitada*



Fuente: Propia

**Tabla 27**

Tabla de rigidez en MDL

Elemento	Tipo	e	L	H	Xi	Yi	Kx	Ky
1X	Placa	0.125	4.45	2.45	6.13	2.45	106949.09	292.61
2X	Placa	0.125	0.55	2.45	0.34	7.89	675.99	36.17
3X	Placa	0.125	0.30	2.45	3.99	7.89	112.58	19.73
4X	Placa	0.125	0.75	2.45	8.36	7.89	1662.06	49.32
5X	Placa	0.125	0.70	2.45	11.78	7.89	1362.85	46.03
1Y	Placa	0.125	4.00	2.45	0.00	2.00	263.02	89979.04
2Y	Placa	0.125	3.78	2.45	0.00	5.98	248.56	81764.45
3Y	Placa	0.125	4.00	2.45	11.78	2.00	263.02	89979.04
4Y	Placa	0.125	3.78	2.45	11.78	5.98	248.56	81764.45
							<b>111785.73</b>	<b>343930.84</b>
							$\Sigma Kx$	$\Sigma Ky$

Fuente: Propia

K total de entrepiso: 455 716.57 Ton/m (asumiendo una cortante de 100tn)

1° piso = 455 716.57 Ton

2° piso = 455 716.57 Ton

3° piso = 455 716.57 Ton

4° piso = 304 579.41 Ton

Entonces:

$$V_i < 0.80 V_{i+1}$$

V1 con V2 = 455 716.57 > 364 573.26 Ton

V2 con V3 = 455 716.57 > 364 573.26 Ton

V3 con V4 = 455 716.57 > 243 663.53 Ton

No Cumple, por lo tanto, **LA ESTRUCTURA ES REGULAR**

- Irregularidad de masa o peso: Tendrá irregularidad de masa, cuando la masa de un

piso es mayor que 1,50 veces el peso de un piso adyacente.

$$1^{\circ} \text{ piso} = 4.10\text{Tn}$$

$$2^{\circ} \text{ piso} = 4.24\text{Tn}$$

$$3^{\circ} \text{ piso} = 4.18\text{Tn}$$

$$4^{\circ} \text{ piso} = 2.00\text{Tn}$$

$$MVi < 1.5 (MVi+1)$$

$$M1 \text{ con } M2 = 4.10 < 6.36\text{Tn}$$

$$M2 \text{ Con } M3 = 4.24 < 6.27\text{Tn}$$

$$M3 \text{ Con } M4 = 4.18 > 3.00 \text{ Tn}$$

Cumple, por lo tanto, **LA ESTRUCTURA ES IRREGULAR**

- Irregularidad geométrica vertical: Para ser considerado irregular en tal sentido, deberá cumplir que las dimensiones en planta de la estructura a cargas laterales tengan 130 % mayor a las dimensiones correspondientes al piso adyacente.

$$Ly=9.20 \text{ m}, Lx=4.50 \text{ m}$$

Dimensión en cada piso

$$1^{\circ} \text{ piso} = D1 = 9.20 \text{ m}$$

$$2^{\circ} \text{ piso} = D2 = 9.20 \text{ m}$$

$$3^{\circ} \text{ piso} = D3 = 9.20 \text{ m}$$

$$4^{\circ} \text{ piso} = D4 = 6.15 \text{ m}$$

$$Di > 1.3x (Di+1)$$

D1 con D2 = 9.20 < 11.96

D2 con D3 = 9.20 < 11.96

D3 con D4 = 9.20 > 8.00

Cumple, por lo tanto, **LA ESTRUCTURA ES IRREGULAR**

- Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Para ser considerado como tal, los elementos estructurales verticales sean columnas y muros de corte, tienen que tener continuidad entre los pisos adyacentes y serán irregulares cuando haya un desalineamiento de elementos.

Cumple, tendrá continuidad tanto de columnas y placas en cada piso, por lo tanto,

**LA ESTRUCTURA ES REGULAR**

***Irregularidad en planta.***

- Esquinas entrantes: La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que el 20% de la dimensión total en planta.

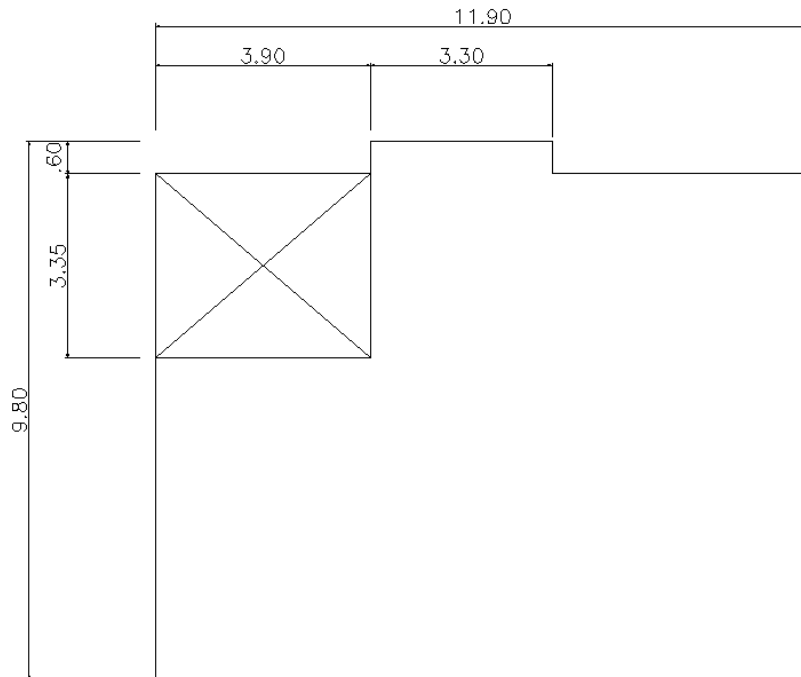
Como las plantas no son típicas evaluaremos piso por piso



1°TECHO:

**Figura 29**

*Esquinas entrantes en 1° techo*



Fuente: Propia

Longitud:

$$Dx1 = 3.90 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.35 \text{ m}$$

$$Dy1 = 0.60 \text{ m}$$

$$Dx1 = 3.90 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.35 \text{ m} > 1.96 \text{ m}$$

Comparación:

$$Di > 0.2 \text{ (D total)}$$

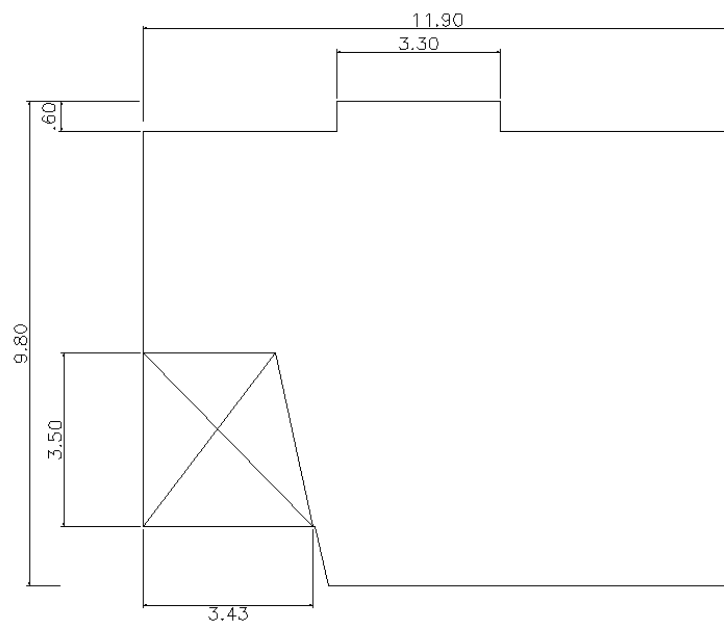
$$Dy2 = 0.60 \text{ m} < 1.96 \text{ m}$$

Por lo tanto la estructura es IRREGULAR

2° TECHO

**Figura 30**

*Esquinas entrantes en 2° techo*



Fuente: Propia

Longitud:

Comparación:

$$Dx1 = 3.43 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.50 \text{ m}$$

$$Dy2 = 0.60 \text{ m}$$

$$Dx1 = 3.43 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dx2 = 3.30 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dy1 = 3.50 \text{ m} > 1.96 \text{ m}$$

$$Di > 0.2 \text{ (D total)}$$

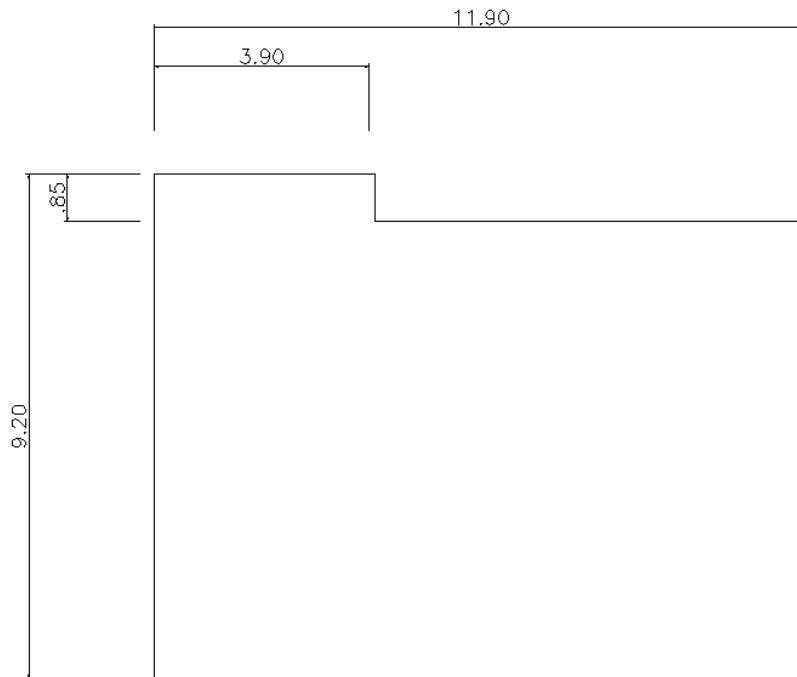
$$Dy2 = 0.60 \text{ m} < 1.96 \text{ m}$$

Por lo tanto la estructura es IRREGULAR

3° TECHO

**Figura 31**

*Esquinas entrantes en 3° techo*



Fuente: Propia

Longitud:

$$Dx1 = 3.90 \text{ m}$$

$$Dy1 = 0.85 \text{ m}$$

Comparación:

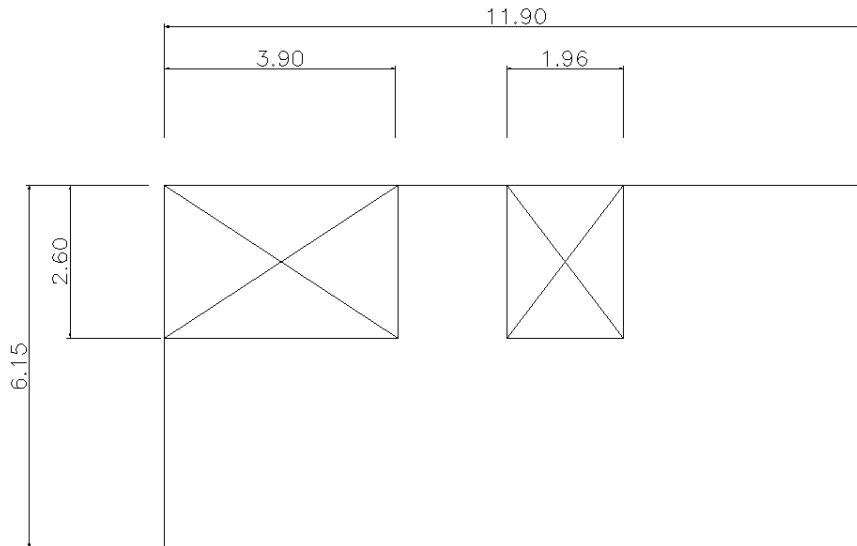
$$Di > 0.2 \text{ (D total)}$$

$$Dx1 = 3.90 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dy1 = 0.85 \text{ m} < 1.84 \text{ m}$$

Por lo tanto la estructura es IRREGULAR

## 4° TECHO

**Figura 32***Esquinas entrantes en 4° techo*

Fuente: Propia

Longitud:

$$Dx1 = 3.90 \text{ m}$$

$$Dx2 = 1.96 \text{ m}$$

$$Dy1 = 2.60 \text{ m}$$

$$Dx1 = 3.90 \text{ m} > 2.38 \text{ m}$$

$$Dx2 = 1.96 \text{ m} < 2.38 \text{ m}$$

$$Dy1 = 1.96 \text{ m} > 1.23 \text{ m}$$

Comparación:

$$Di > 0.2 \text{ (D total)}$$

Por lo tanto la estructura es **IRREGULAR**

- Discontinuidad del diafragma: Donde el área abierta es mayor al 50% del área total.

Al igual que el anterior caso, nuestro proyecto contiene plantas atípicas, por lo tanto, requiere ser evaluado en cada piso.

Comparación:

$$A_{abierta} > 0.5 (A_{total})$$

1° TECHO:

Apoyado en la fig. 29 tenemos:

$$A_{abierta} = 3.35 \times 3.90 = 13.06 \text{ m}^2, \quad A_{total} = 11.90 \times 9.80 = 116.62 \text{ m}^2$$

Verificando la irregularidad de la estructura:

$$13.06 \text{ m}^2 > 58.31 \text{ m}^2$$

La planta es **REGULAR**

2° TECHO:

Apoyado en la fig.30 tenemos:

$$A_{abierta} = 10.6 \text{ m}^2, \quad A_{total} = 107.13 \text{ m}^2$$

Verificando la irregularidad de la estructura:

$$10.6 \text{ m}^2 > 53.56 \text{ m}^2$$

La planta es **REGULAR**

3° TECHO:

En esta planta no existe abertura importante

4° TECHO:

Apoyado en la fig. 32 tenemos:

$$A_{abierta} = 3.90 \times 2.60 = 10.14 \text{ m}^2, \quad A_{abierta} = 1.96 \times 2.60 = 5.09 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 11.90 \times 6.15 = 73.19 \text{ m}^2$$

Verificando la irregularidad de la estructura:

$$15.23 \text{ m}^2 > 36.60 \text{ m}^2$$

La planta es **REGULAR**

Por lo tanto, la estructura es **REGULAR**

- Irregularidad torsional: Se considera en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máx. permisible.

Además cabe mencionar que para que exista dicha características debe tener asimetría de ubicación de los elementos estructurales.

Para nuestro proyecto, existe asimetría en relación a ambos ejes, por lo tanto, es

**IRREGULAR**

**Tabla 28**

*Tabla de conclusiones de Irregularidad en altura de la estructura, MDL*

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	UNIDAD	1°er	2°do	3°er	4°to	Condición	Conclusión	Factor de Irregularidad $I_a$
Irregularidad de Resistencia –piso Débil	Cortante (tn)	455716.5	455716.5	455716.5	304579.4	$V_i < 0.80V_{i+1}$	REGULAR	0.75
Irregularidad de masas-Peso	Masa (Tn)	4.10	4.24	4.18	2.00	$MV_i < 1.5 (MV_{i+1})$	IRREGULAR	0.90
Irregularidad Geométrica vertical	Longitud (m)	9.20	9.20	9.20	6.15	$D_i > 1.3x (D_{i+1})$	IRREGULAR	0.90
Discontinuidad en los elementos resistentes	Elemento vertical	No	No	No	No	Desalineamiento	REGULAR	0.80

Fuente: Propia

**Tabla 29**

*Tabla de conclusiones de Irregularidad en planta de la estructura, MDL*

<b>IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA</b>	UNIDAD	1°er	2°do	3°er	4°to	Condición	Conclusión	Factor de Irregularidad $I_p$
Irregularidad esquinas entrantes	Longitud(m)	3.90 3.30 3.35 0.60	3.43 3.30 3.50 0.60	3.90 0.85	3.90 1.96 2.60	$D_i > 0.2(D \text{ total})$	IRREGULAR	0.90
Irregularidad del diafragma	Área (m <sup>2</sup> )	13.06	10.6	0	15.23	Aabierta > 0.5 (A total)	REGULAR	0.85
Irregularidad torsional	Longitud(m)	SI	SI	SI	SI	Asimetría	IRREGULAR	0.75

Fuente: Propia



La norma menciona que para hallar el coeficiente de Reducción (R), se determinará con el producto del coef.  $R_0$  y el menor de los valores obtenidos del factor de irregularidad de  $I_a$  y  $I_p$ .

Por lo tanto el Coeficiente de Reducción (R):

$$R_0 = 4 \text{ (MDL)}$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R = 4 \times 0.90 \times 0.75 = 2.70$$

**Análisis estático.** Se calculará el cortante estático con los valores parámetros definidos anteriormente, pero lo mencionaremos para el mejor entendimiento.

Factor se zona-Lima Zona 4	$Z=0.45$
----------------------------	----------

Factor de uso - Edificios comunes, vivienda	$U=1$
---	-------

Factor de suelo – suelo tipo S1, $T_p=0.4$	$S=1$
--	-------

Periodo fundamental de la estructura	$T=hn/C_t$
--------------------------------------	------------

Dónde:

Altura total de la edificación	$hn=10.65$
--------------------------------	------------

Coeficiente del periodo	$C_t=60$
-------------------------	----------

$$T=10.65/60 = 0.177$$

Factor de amplificación sísmica

$$C=2.5 \times (0.4/0.177) = 5.64 > 2.5 \quad C=2.5 \times (T_p/P), C \leq 2.5$$

Coeficiente de Reducción	$R=2.70$
--------------------------	----------

Entonces, hallamos la cortante basal actuante (V), cumplirá tanto en el eje “x” como “y” ( $R=2.70$ ), entonces:

$$V_x = \frac{ZUCS}{R} (P) = \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 2.5}{2.70} (344.77) = 143.65 \text{ Ton}$$

$$V_y = \frac{ZUCS}{R} (P) = \frac{0.45 \times 1 \times 1 \times 2.5}{2.70} (344.77) = 143.65 \text{ Ton}$$

De acuerdo a la norma vigente, el cortante dinámico no deberá ser menor al 90% del cortante estático para edificios irregulares ni el 80% para edificios regulares. De acuerdo a esto se muestra una tabla donde se compara los resultados obtenidos.

El edificio presenta una configuración irregular detallada en la tablas 30 y 31. Por lo que se considera el 90% del cortante estático como valor mínimo para el diseño estructural.

**Tabla 30**

*Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico*

Piso	Caso de carga	Cortante Estático (S)		Cortante Dinámico (Smáx)		90% *S (IRREGULAR)	CONDICION V <sub>smax</sub> >90%V <sub>s</sub>	Factor Escala
		Cortante X	Cortante Y	Cortante X	Cortante Y			
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf			
NIVEL 1	Sismo X	143.65		24.04		129.29	24.04>129.29	5.98
NIVEL 1	Sismo Y		143.65		23.57	129.29	23.57>129.29	6.09

Fuente: Propia

Como notamos no cumple con la condición  $V_{smax}>90\%V_s$ , por lo tanto, se procedió a escalar las fuerzas en el análisis estático en Etabs, obteniendo lo siguiente:

**Tabla 31**

*Tabla comparativo entre cortante estático y dinámico final*

Piso	Caso de carga	Cortante Estático (S)		Cortante Dinámico (Smáx)		90% *S (IRREGULAR)	CONDICION V <sub>smax</sub> >90%V <sub>s</sub>
		Cortante X	Cortante Y	Cortante X	Cortante Y		
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf		
NIVEL 1	Sismo X	143.65		143.76		129.29	143.76>129.29
NIVEL 1	Sismo Y		143.65		143.52	129.29	143.52>129.29

Fuente: Propia

**Excentricidad.** Para obtener la excentricidad debemos ubicar el centro de rigidez de la vivienda con los muros de ductilidad limitada y luego ubicar el centro de masa, éste cálculo nos permitirá hallar la excentricidad, es decir, si es estructura es REGULAR o IRREGULAR.

- Centro de masa: Para determinar la ubicación en el eje “x” e “y” del centro de masa de una edificación se indica que debe cumplirse las siguientes expresiones:

$$X = \sum \frac{Px}{P} \quad ; \quad Y = \sum \frac{Py}{P}$$

- Centro de Rigidez: Para determinar la ubicación en el eje x e y del centro de rigidez de una edificación se indica que debe cumplirse las siguientes expresiones:

$$X_{cr} = \frac{\sum K_y \cdot X_i}{\sum K_y} \quad ; \quad Y_{cr} = \frac{\sum K_x \cdot Y_i}{\sum K_x}$$

Para el cálculo tanto del centro de masa y centro de rigidez, se analizó con el programa Etabs 2016 para luego definir la excentricidad de la estructura, es decir, si es REGULAR O IRREGULAR

**Tabla 32**

*Tabla comparativo entre centro de masa y centro de rigidez*

NIVEL	Mass X (tonf)	Mass Y (tonf)	XCM (m)	YCM (m)	XCR (m)	YCR (m)
Piso 4	2.08	2.08	6.12	5.59	6.00	3.21
Piso 3	2.14	2.14	4.90	5.68	5.99	3.23
Piso 2	2.12	2.12	5.04	5.81	5.99	3.25
Piso1	2.05	2.05	7.28	5.38	5.92	3.57

Fuente: Propia

**Tabla 33**

Tabla excentricidad en “x” e “y”

NIVEL	ex (m)	ey (m)	5%Lx, Lx=11.90 0.595m	Condición: ex<0.595	5%Ly, Ly=8.00 0.40m	Condición: ey<0.40
Piso 4	0.12	2.38	0.12<0.595	REGULAR	2.38<0.40	IRREGULAR
Piso 3	-1.09	2.45	1.09<0.595	IRREGULAR	2.45<0.40	IRREGULAR
Piso 2	-0.95	2.56	0.95<0.595	IRREGULAR	2.56<0.40	IRREGULAR
Piso 1	1.36	1.81	1.36<0.595	IRREGULAR	1.81<0.40	IRREGULAR

Fuente: Propia

Notamos en la tabla 33 muestra el detalle para cada piso, donde la condición de la excentricidad tanto en el eje “x” es Irregular y en el eje “y” es Irregular. Por lo tanto, la estructura es IRREGULAR. Sufrirá de Torsión Accidental.

**Control de desplazamiento lateral.** Los desplazamientos laterales que nos proporciona el programa Etabs 2016 están en base a las solicitaciones sísmicas reducidas, estas corresponden a las derivas elásticas (análisis lineal y elásticos), por ende, la Norma NTE E.030 menciona que para estructuras REGULARES éstas serán multiplicadas por R y para estructuras IIRREGULARES serán multiplicadas por 0.75R; el resultado corresponde a las derivas inelásticas y deberá estar en el rango de acuerdo al tipo del material predominante.

Para nuestro caso se tiene una estructura IRREGULAR, entonces procederemos de la siguiente manera, tal como muestra la tabla 34 y 35.

**Tabla 34***Resultados de distorsión en el eje X*

Planta	Altura(m)	Derivas elásticas	Derivas inelásticas	Deriva Límite	Condición
Planta 4	9.80	0.00182	0.00369	0.007	OK
Planta 3	7.35	0.00176	0.00356	0.007	OK
Planta 2	4.90	0.00186	0.00376	0.007	OK
Planta 1	2.45	0.000675	0.00137	0.007	OK

Fuente: Propia

**Tabla 35***Resultados de distorsión en el eje Y*

Planta	Altura(m)	Derivas elásticas	Derivas inelásticas	Deriva Límite	Condición
Planta 4	9.80	0.000657	0.00133	0.007	OK
Planta 3	7.35	0.000608	0.00123	0.007	OK
Planta 2	4.90	0.000491	0.000994	0.007	OK
Planta 1	2.45	0.000242	0.000490	0.007	OK

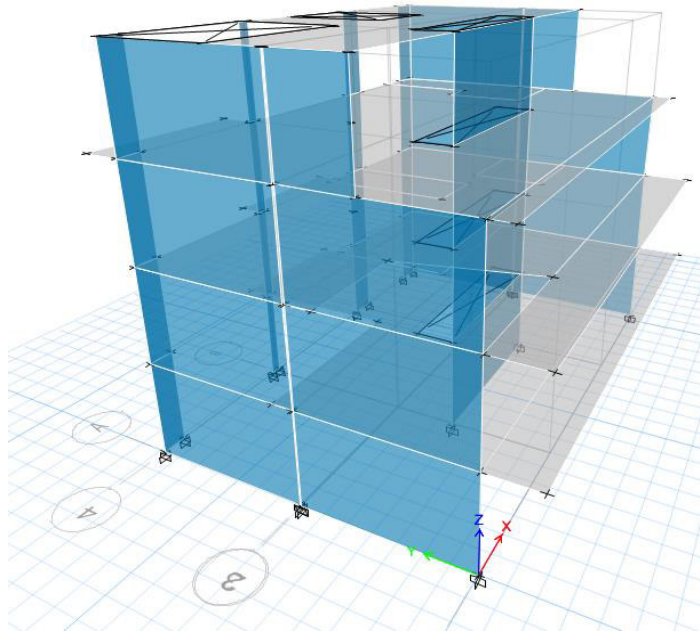
Fuente: Propia

**Análisis sísmico dinámico.** Para el análisis estructural se utilizó el software ETABS 2016 que en este caso realiza un análisis en estado lineal elástico usando el método estático y dinámico que contempla el RNE E030-2016. Se desarrolló el modelo analítico tridimensional de la edificación y se asignaron las cargas actuantes (carga muerta, carga viva).

Para el análisis del edificio se usó un modelo 3D empleando elementos unidimensionales, dicho análisis será de Superposición Modal por Respuesta Espectral.

**Figura 33**

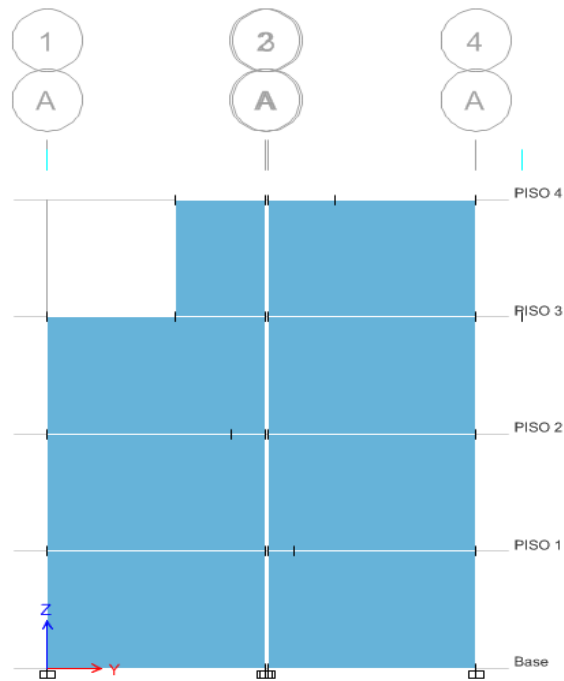
*Modelo tridimensional del edificio en MDL*



Fuente: Propia

**Figura 34**

*Modelo en elevación del edificio en MDL*



Fuente: Propia

**Características del modelo matemático.**

Datos del Concreto:

Módulo de elasticidad	$E_c = 2\,200\,000 \text{ T/m}^2$
Coefficiente de Poisson	$\mu = 0.2$
Coefficiente de expansión térmica	$\alpha = 9.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Resistencia a la compresión del concreto	$f'_c = 2100 \text{ T/m}^2$
Esfuerzo de fluencia del acero	$f_y = 4200 \text{ T/m}^2$

Cargas y Pesos:

Combo 1=	1.4CM + 1.7CV
Combo 2=	1.25CM + 1.25CV + SISM X
Combo 3=	1.25CM + 1.25CV - SISM X
Combo 4=	1.25CM + 1.25CV + SISM Y
Combo 5=	1.25CM + 1.25CV - SISM Y
Envolvente=	Combo1 + Combo2 + Combo3 + Combo4 + Combo5

**Aceleración Espectral.** El espectro de Pseudo aceleraciones, se utiliza para el análisis dinámico de la estructura según la NTE. E.030, para comparar la fuerza cortante mínima en la base y compararlos con los resultados del análisis estático. Todo esto es para cada dirección de la edificación en planta (X e Y), para ello se utilizará la siguiente expresión:

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

Dónde:

Se utilizarán los mismos parámetros (p. 116). Además,

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$  (aceleración de la gravedad)

Espectro Respuesta: El factor de Amplificación Sísmica (C) se define con la siguiente

expresión:

$$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right), \text{ siendo } C \leq 2.5$$

Dónde:

$T_p$  = Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo

$T$  = Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo en análisis

dinámico

**Tabla 36**

*Períodos de los modos de vibración del Edificio*

Modo	Periodo T (seg)	Masa Participativa X-X (%)	Masa Participativa Y-Y (%)
1	<b>0.22</b>	<b>71.44</b>	0.00
2	<b>0.12</b>	0.02	<b>69.70</b>
3	0.11	0.72	1.65
4	0.10	0.03	0.48
5	0.05	21.41	0.00
6	0.03	0.04	19.77
7	0.03	0.00	0.00
8	0.03	3.37	0.21
9	0.03	0.01	0.02
10	0.02	1.47	0.07
11	0.02	1.04	0.09
12	0.02	0.01	5.08

Fuente: Propia

**Diseño Estructural.** Para el diseño del muro se procede a evaluar el más crítico, es decir, aquel que contenga la mayor fuerza cortante, por tanto, este muro a diseñar será la central MX1.

Siguiendo las especificaciones de la Norma de Concreto Armado E.060, este muro



presenta las siguientes características:

- Esbeltez= altura total/longitud =  $h_m / L = 10.65/4.45 = 2.39 > 1.00$ , muro esbelto.
- Área axial bruta =  $A = t.L = 12.5 \times 445 = 5\,562.5 \text{ cm}^2 = \text{área de corte.}$
- Momento de inercia de la sección bruta=  $I = tL^3 / 12 = 12.5 \times 445^3 / 12 = 91\,792,838 \text{ cm}^4$
- Resistencia nominal del concreto =  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 37**

*Resultados de las combinaciones*

Combinación	Pu (ton)	Vu (ton)	Mu(ton-m)
1.4CM+1.7CV	43.09	1.78	3.30
1.25(CM+CV) + Sx	36.85	123.89	922.02
1.25(CM+CV) - Sx	36.85	-120.97	-916.66
1.25(CM+CV) + Sy	36.85	2.24	8.77
1.25(CM+CV) - Sy	36.85	0.68	-3.41

Fuente: Propia

De las combinaciones de la norma E060. Obtenemos las cargas últimas para calcular el aporte del concreto a la resistencia de fuerza cortante.

Como nuestro muro sólo presenta longitud en el eje “x” de forma rectangular y no en L, será diseñada de la siguiente manera:

$$L_m = 4.45 \text{ m} \quad (h_m/L_m) = 10.65/4.45 = 2.39; \quad \alpha = 0.79$$

$$\phi V_c = \phi \cdot A_c \cdot \alpha \cdot \sqrt{f'_c} = 0.85 \times 12.5 \times 445 \times 0.79 \times \sqrt{175} = 49.41 \text{ Ton}$$

$$0.5\phi V_c = 24.71 \text{ Ton}$$

$$V_u = 123.89 \text{ Ton}, \quad V_u > 0.5\phi V_c, \quad \rho_v = 0.0025$$

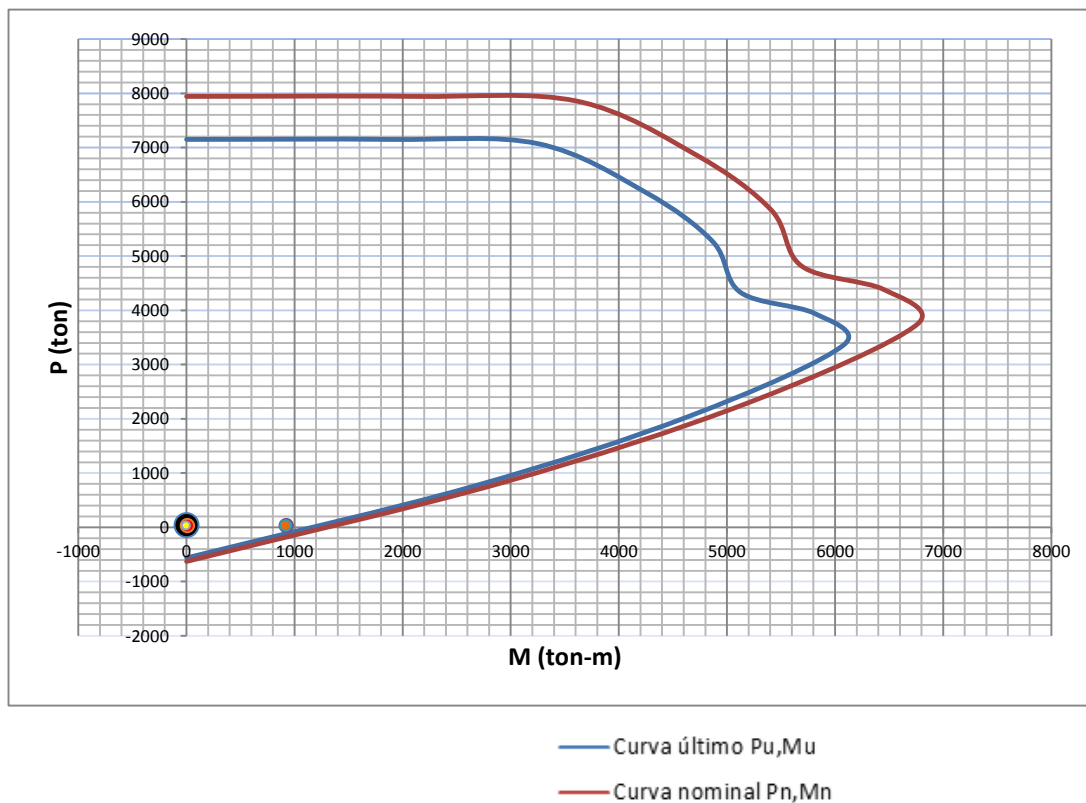
$$A_{sv} = 0.0025 \times 100 \times 12.5 = 3.125 \text{ cm}^2/\text{m. luego, } \phi 8\text{mm}@0.15 \text{ m}$$

Con el refuerzo vertical se procedió a generar el diagrama de interacción, en este

mismo gráfico se colocó los puntos correspondientes a las cargas últimas amplificadas provenientes de las combinaciones, dando como resultado:

**Figura 35**

*Diagrama de interacción del muro MX1*



Fuente: Propia

En este intento no será necesario modificar la malla distribuida ya que cumple la flexocompresión. Por lo tanto el acero vertical será de  $\phi 8\text{mm}@0.15\text{ m}$ .

Como cumple satisfactoriamente el diseño por flexocompresión se debe verificar las especificaciones de la norma en relación a la compresión de los extremos de los muros y al agrietamiento

***Verificación si requiere confinar los bordes.*** Una vez obtenido las cargas últimas

de combinación, se procede a calcular la flexocompresión máxima:

$$\sigma = P/A + M y/I, \text{ donde } y = \frac{1}{2} L = 222.5 \text{ cm}$$

$$\sigma = 43090/5562.5 + 92\,202\,000 \times 222.5/91792838 = 231 \text{ kg/cm}^2$$

Notamos que el esfuerzo de flexocompresión es el 1.32  $f'_c$ , supera a 0.2  $f'_c$ , por lo tanto, requiere ser confinado según este criterio empleado por el ACI, sin embargo, será analizado por la Norma E 060 ya que el confinamiento para este caso dependerá de la profundidad del eje neutro “c”.

**Momento Flector de Agrietamiento por Flexión ( $M_{CR}$ ).** Ahora hallaremos el momento flector asociado al agrietamiento por flexión, la cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$M_{CR} = \frac{I}{y} (2\sqrt{f'_c} + \frac{P}{A})$$

$$M_{CR} = \frac{91792838}{222.5} (2\sqrt{175} + \frac{62780}{5562.5}) = 15\,571\,285.40 \text{ kg-cm} = 155.71 \text{ ton-m}$$

De acuerdo a la Norma E.060, la sección debe soportar un momento flector que se mayor a:

$$M_n > 1.2 M_{CR}$$

Entonces,  $M_{CR} = 1.2 \times 155.71 = 186.85 \text{ Ton-m}$ .

Apoyándonos en el gráfico 1, interando tenemos:

Para  $P_u = 43.09 \text{ Tn}$ ,  $M_n = 1\,224.31 \text{ Tn-m}$ , entonces  $M_n > 1.2 M_{CR}$

Esto permite que el refuerzo colocado garantice la resistencia de diseño de la sección fisurada sea mayor que el momento flector genera el agrietamiento por flexión.

**Diseño de Refuerzo Horizontal.** Concluido el diseño flexocompresión, se procede

a calcular el refuerzo horizontal que debe ser capaz de soportar la fuerza cortante  $V_u$  asociada al mecanismo de falla por flexión.

$$V_u = 1.25 V_{ua}(M_n/M_{ua}) = 1.25 \times 123.89 (1\ 224.31 / 922.02) = 205.63 \text{ Tn}$$

La resistencia nominal al corte será:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \text{aporte del concreto} = A \alpha \sqrt{f'c} = 5\ 562.5 \times 0.79 \times \sqrt{175} = 58132.11 \text{ kg} \\ = 58.132 \text{ Tn}$$

$$V_s = \text{aporte del refuerzo} = A \rho f_y = 5562.5 \times 0.0025 \times 4200 = 58406.25 \text{ kg} \\ = 58.406 \text{ Tn}$$

$$\text{Entonces: } V_u = 205.63 \text{ Tn, } V_u > 0.5\phi V_c = 0.5 \times 0.85 \times 58.132 = 24.71 \text{ Tn}$$

$$V_u > 0.5\phi V_c, \text{ cumple}$$

$$\text{Lo que proporciona: } V_n = V_c + V_s = 58.132 + 58.406 = 116.538 \text{ Ton}$$

Este valor debe ser menor a  $2.7 A \sqrt{f'c}$

$$\text{Entonces: } 2.7 \times 5\ 562.5 \times \sqrt{175} = 198\ 679.38 \text{ kg} = 198.679 \text{ Tn}$$

$$116.538 \text{ Ton} < 198.679 \text{ Ton, cumple}$$

Por lo tanto, la cuantía que requiere está dada despejando la siguiente expresión:

$$V_s = A_c \rho_h f_y \rightarrow \rho_h = V_s / A_c f_y = 58406 / 5562.5 \times 4200 = 0.00249$$

Donde la  $\rho_{min} = 0.0025$

$$\text{Entonces: } A_{sh} = 0.0025 \times 100 \times 12.5 = 3.125 \text{ cm}^2/\text{cm} \text{ luego, } \phi 8 \text{ mm}@0.15 \text{ m}$$

**Diseño por Deslizamiento.** Se debe verificar la resistencia a corte – fricción en la base

del muro, que está dada por la siguiente expresión:

$$\phi V_n = \phi \mu (N_u + A_v f_y), \text{ donde:}$$

$$N_u = 0.9 PD = 0.9 \times 23.42 = 21.07 \text{ Ton}$$

$$A_v = \rho h \cdot t \cdot 100 = 0.0025 \times 12.5 \times 100 = 3.125 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi V_n = \phi \mu (N_u + A_v f_y) = 0.85 \times 0.6 (21.07 + 3.125 \times 4.2) = 17.44 \text{ Ton}$$

Este valor es menor que el  $V_u = 115.84 \text{ Tn}$ , por lo tanto, *habrá problemas por deslizamiento.*

**Cimentación con cajón.** Debido a que nuestro muro MX1 tendrá problemas por deslizamiento, se procederá al diseño de pilotes de cimentación, como sabemos este tipo de construcción se utiliza cuando una estructura se encuentra en suelos muy críticos como arenas y en contacto directo con el agua, para calcular la longitud del pilote se requiere de mucho juicio, es por ello, usaremos el procedimiento como si fuera diseño en cajón, para ello usaremos la teoría de elasticidad, el espesor  $t$ , de acuerdo a Teng (1962), es:

$$t = 1.18 R_i \times \sqrt{\frac{q}{f_c}}, \text{ (Cajón circular) entonces:}$$

Dónde:

$$f_c = 0.1 - 0.2 f'_c,$$

$$\gamma_c = \text{peso específico del concreto} = 2.4 \text{ tn/m}^3$$

$$q = H \cdot \gamma_w - t \cdot \gamma_c, \text{ se desprecia la altura de nivel freática, por lo tanto}$$

$$t = 1.18 \times R_i \times \sqrt{\frac{2.4 t}{0.1 \times 1750}}, \text{ entonces simplificando tenemos:}$$

$$t = 0.01909 \times (R_i)^2, \text{ tabulando una longitud adecuada, obtenemos:}$$

$$R_i = 1.5 \text{ m y } t = 0.042 \text{ m} \rightarrow 0.05 \text{ m (espesor del sello)}$$

En un principio se pensó en un cajón rectangular pero debido al espesor de nuestro muro el cálculo no favoreció, es por ello, que se diseñó en forma circular.

Pues bien, ahora calcularemos la revisión del cortante perimetral en la cara de contacto del sello y el cajón:

$$V = \frac{A_i.H.\gamma_w - A_i.t.\gamma_w}{p_i.t}$$

Dónde:

$$P_i = 2 \pi R_i$$

$$V = R_i \cdot \gamma_c / 2 = 1.5 \times 2.4 / 2 = 1.8 \text{ Tn}$$

Cortante de esfuerzo admisible:

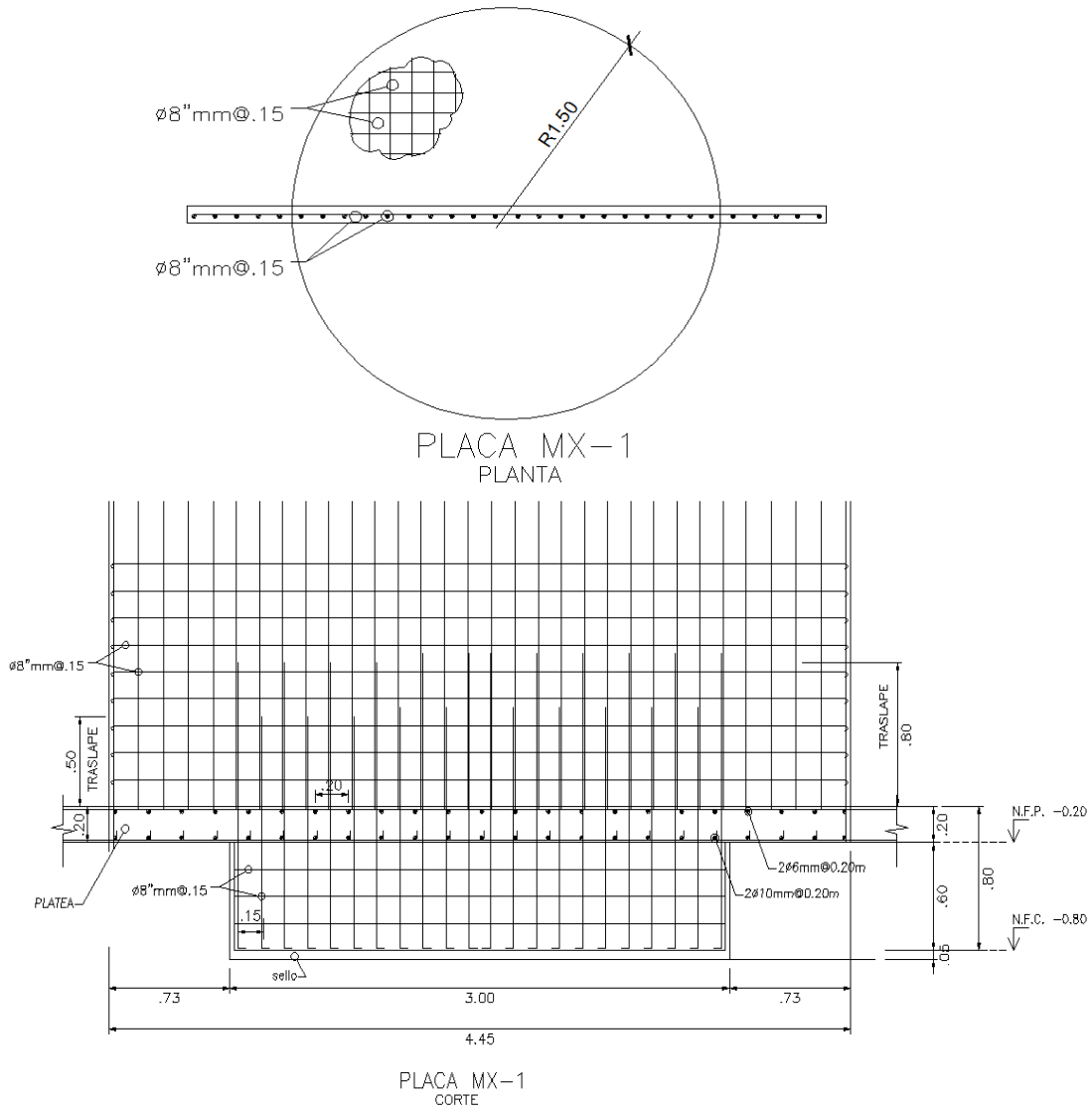
$$v = 0.17 \Phi \sqrt{f'c} = 0.17 \times 0.85 \times \sqrt{1750} = 6.04 \text{ Tn}$$

$$\text{Entonces: } V (1.8 \text{ Tn}) \leq v (6.04 \text{ Tn})$$

Detalle de la cimentación y muro MX1:

**Figura 36**

*Detalle de placa MX1*



Fuente: Propia

**Platea de cimentación.** De los resultados obtenidos del Etabs, se diseñará la platea que comprende los muros de ductilidad limitada, no obstante, se comprobará si la capacidad de carga

neta de los muros sobrepasa el esfuerzo admisible del suelo.

$$\sigma_{adm} = 2.61 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo admisible del suelo)}$$

$$PD = 131.48 \text{ KN}, PL = 45.32 \text{ KN}, \text{ Carga de Servicio} = 176.8 \text{ KN}$$

$$V_u = 1.4PD + 1.7PL = 1.4 (131.48) + 1.7 (45.32) = 261.116 \text{ KN}$$

Momento de Inercia de la cimentación:

$$I_x = 11.785(7.89)^3/12 = 482.369 \text{ m}^4$$

$$I_y = 7.89(11.785)^3/12 = 1076.179 \text{ m}^4$$

$$\Sigma M'_y = 0,$$

$$176.8X' = 0.25 (8.26) + 4.14 (5.95) + 6.18 (29.48) + 8.75 (7.61) + 11.46 (6.87) \\ + 11.79 (36.88) + 11.79 (25.85)$$

$$X' = 6.186 \text{ m}$$

$$\text{Entonces: } e_x = 6.186 - 5.8925 = 0.2935 \text{ m}$$

$$\Sigma M'_x = 0,$$

$$176.8Y' = 7.89 (8.26 + 5.95 + 7.61 + 6.87) + 2.45 (29.48) + 5.97 (36.88) + 2 (25.85)$$

$$Y' = 3.226 \text{ m}$$

$$\text{Entonces: } e_y = 3.226 - 3.945 = -0.719 \text{ m}$$

$$M_x = Qe_y = 261.116 \times 0.719 = 187.74 \text{ KN-m}$$

$$M_y = Qe_x = 261.116 \times 0.2935 = 76.637 \text{ KN-m}$$

Luego:

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot Y}{I_x}$$

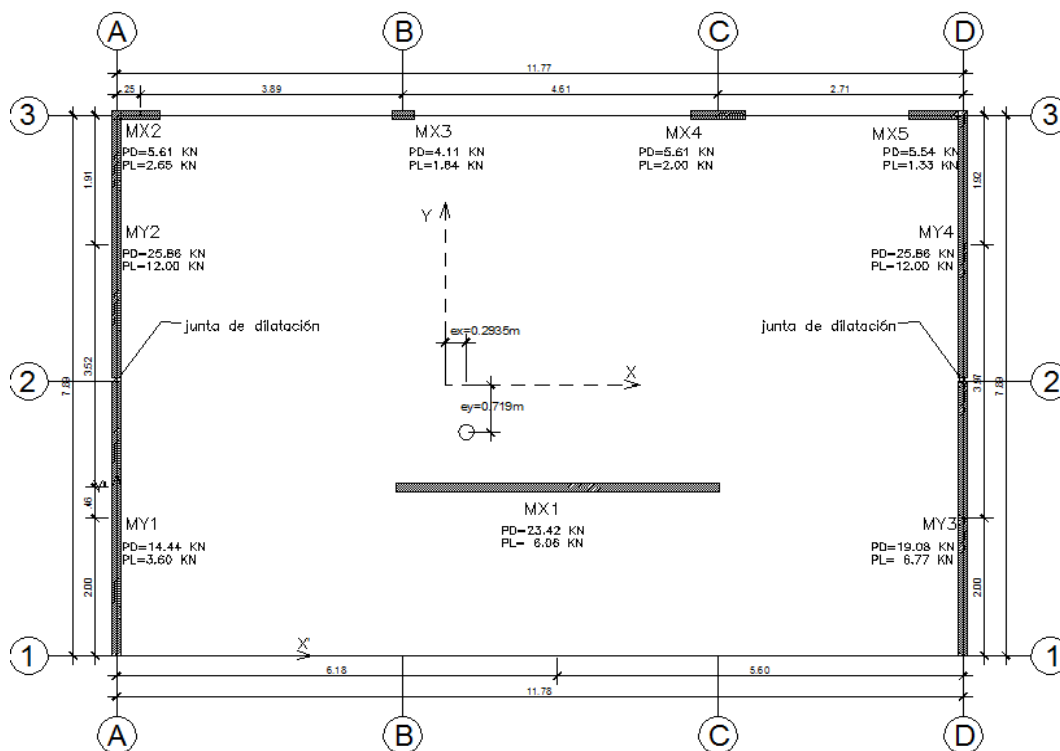
$$= (261.116/11.785 \times 7.89) \pm (76.637X/1076.279) \pm (76.637Y/482.36)$$

$$= 2.808 \pm 0.0712 X \pm 0.1588 Y$$



Figura 37

Planta de losa de cimentación



Fuente: Propia

Tabla 38

Resultados de presiones netas

Muro	Q/A(KN/m)	X(m)	$\pm 0.00712X(m)$	Y(m)	$\pm 0.1588Y(m)$	q(KN/m <sup>2</sup> )	Condición $q \leq \sigma_{adm}$
MX1	2.808	0.287	0.020	-1.495	0.237	3.065	No cumple
MX2	2.808	-5.643	-0.40	3.945	-0.62	1.788	Cumple
MX3	2.808	-1.753	-0.125	3.945	-0.62	2.063	Cumple
MX4	2.808	2.857	0.203	3.945	-0.62	1.985	Cumple
MX5	2.808	5.567	0.396	3.945	-0.62	2.584	Cumple
MY1	2.808	-5.893	-0.419	-1.945	0.308	2.697	No cumple
MY2	2.808	-5.893	-0.419	2.025	-0.321	2.068	Cumple
MY3	2.808	5.897	0.419	-1.945	0.308	2.697	No cumple
MY4	2.808	5.897	0.419	2.025	-0.321	2.906	No cumple

Fuente: Propia

Los muros MY1, MY3 y MY4 serán diseñados tal como MX1 desarrollado en el anterior ítem. Se comprueba que el muro MX1 es el más crítico

Para determinar el espesor de la losa, se usará la franja que comprenda a los muros más críticos.

Se usará  $b_o$  según su ubicación:

En MY3 (Esquina):

$$V_u = 1.4 (19.08) + 1.7 (6.77) = 38.22 \text{ KN}$$

$$b_o = 2 (4 + d/2) + 2 (0.125 + d/2) = 8.25 + 2d$$

$$\phi V_c = \phi 0.34 \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}, \quad \phi V_c \geq V_u \quad f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2 = 17160 \text{ KN/m}^2$$

$$0.85 \times 0.34 \times d \times (8.25 + 2d) \sqrt{17160} \geq 38.22$$

$$d = 0.118 \text{ m}$$

En MX1 (Central):

$$V_u = 1.4 (23.42) + 1.7 (6.06) = 43.09 \text{ KN}$$

$$b_o = 2 (0.125 + d) + 2 (4.10 + d) = 8.45 + 4d$$

$$\phi V_c = \phi 0.34 \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}, \quad \phi V_c \geq V_u \quad f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2 = 17160 \text{ KN/m}^2$$

$$0.85 \times 0.34 \times d \times (8.45 + 4d) \sqrt{17160} \geq 43.09$$

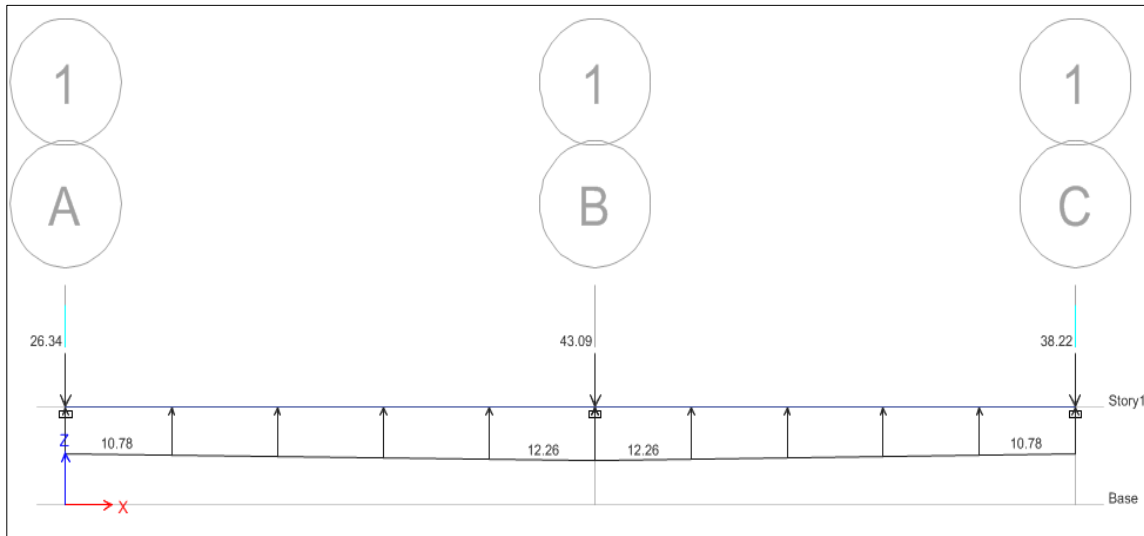
$$d = 0.127 \text{ m}$$

$$\text{Entonces: } d = 13 \text{ cm} + 7 \text{ cm (recubrimiento)} = 0.20 \text{ m}$$

Reacción del suelo:

**Figura 38**

*Modelo de losa en Etabs, diagrama de carga*



Fuente: Propia

De los cuales :  $M^{(+)} = 37.08 \text{ KN-m}$  ,  $M^{(-)} = 18.00 \text{ KN-m}$

Para calcular el acero, tenemos:

$\Sigma$  Fuerzas de compresión  $C = 0.85 f'c ab$

$\Sigma$  Fuerzas de tensión  $T = A_s f_y$

$C = T$ ,  $0.85 (175 \text{ kg/cm}^2) a (1 \text{ m}) = A_s (4200 \text{ kg/cm}^2)$

$$0.0354 a = A_s$$

Acero en el Fondo de Cimentación:

$M_u = \phi A_s f_y (d - a/2)$  ,  $37.08 \text{ KN-m} = 0.9 (0.0354 a)(42000 \text{ Tn/m}^2) (0.13 - a/2)$

$$a = 0.185 \text{ m y } a = 0.074 \text{ m}$$

$A_{\min} = 14bd/f_y = 0.0033bd = 0.0033 (100)(13) = 4.29 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_s = 0.0354 \times 0.074 = 26.19 \text{ cm}^2/\text{m}$ , malla  $2\Phi 10 \text{ mm}@0.20 \text{ m}$

Acero en parte Superior de Cimentación:

$$M_u = \phi A_s f_y (d - a/2), \quad 18.00 \text{KN-m} = 0.9 (0.0354 a)(42000 \text{ Tn/m}^2) (0.13 - a/2)$$

$$a = 0.230 \text{m y } a = 0.029 \text{ m}$$

$$A_{\text{min.}} = 14bd/f_y = 0.0033bd = 0.0033(100)(13) = 4.29 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 0.0354 \times 0.029 = 10.26 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ malla } 2\Phi 6 \text{ mm}@0.20\text{m}.$$

### ***c. Análisis económico del sistema Albañilería Confinada***

**Creación de partidas.** Para determinar las partidas necesarias para la construcción bajo bajo este sistema estructural se procede a programar la secuencia que será acompañado con el metrado tal como hace referencia el Reglamento de Metrados para Obras de Edificación.

**Análisis de precios unitarios.** El análisis de precios unitarios (APU) se divide en dos grupos: Para el caso de Estructura y Arquitectura, es decir, edificación en casco, sabemos que para nuestra investigación no incluye a las instalaciones tanto eléctrica ni sanitaria ya que no es objeto de estudio porque no altera ni modifica el aspecto estructural ni arquitectónico.

Los gastos generales se calcularon de acuerdo al tiempo que llevará la ejecución de la obra, personal administrativo y técnico.

Se presenta el Análisis de Costos Unitarios en Albañilería Confinada en el Anexo.

**Programación de Obra.** Partiendo de los lineamientos de las partidas en las partidas en el presupuesto, se determina la programación donde llevará el control, planificación y seguimiento para la ejecución del Proyecto de la edificación en el sistema de Albañilería Confinada.

**Tabla 39**

*Planilla de metrado para el sistema de Albañilería confinada*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	88.20
01.02	SERVICIO DE AGUA Y ELECTRICIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN	mes	4.50
01.03	CERCO PERIMÉTRICO	m	55.43
01.04	GUARDIAN Y ALMACENERO	mes	6.00
01.05	SEGURIDAD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALITICA	mes	6.00
01.06	CARTEL DE OBRA	pza	1.00
02	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
02.01	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE MATERIALES EN OBRA	vje	1.00
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	189.00
03	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.01	EXCAVACION MASIVA CON EQUIPO PESADO	m3	79.57
03.02	RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.20 m	m3	28.06
03.03	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	69.76
03.04	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	189.00
04	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
04.01	CONCRETO CILOPEO PARA CIMIENTACION 1:10 + 30% P.G.	m3	8.41
04.02	CONCRETO SOBRECIMIENTOS MEZCLA 1:8 (100 kg/cm2)+ 20% P.M.	m3	8.58
04.03	SOBRECIMIENTO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	61.30
04.04	CONCRETO FALSO PISO e=4"	m2	110.00
04.05	CONCRETO SOLADO e=0.05 m, f'c=80 kg/cm2 VACIADO MANUALMENTE	m2	28.83
05	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
05.01	<b>ZAPATAS</b>		
05.01.01	CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	14.42
05.01.02	ZAPATAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	33.35
05.01.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 (Parrilla)	kg	237.53
05.02	<b>COLUMNAS</b>		
05.02.01	CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	7.29
05.02.02	COLUMNAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	92.61
05.02.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 (Columna)	kg	1,711.19
05.03	<b>PLACAS</b>		
05.03.01	CONCRETO PLACAS f'c=210 kg/cm2	m3	19.70

05.03.02	PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	169.05
05.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,891.92
05.04	<b>VIGAS</b>		
05.04.01	CONCRETO VIGAS f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	6.90
05.04.02	VIGAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO.	m2	76.65
05.04.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,199.00
05.05	<b>LOSA ALIGERADA</b>		
05.05.01	LOSA ALIGERADA, CONCRETO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	30.17
05.05.02	LOSA ALIGERADA, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	344.77
05.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,324.37
05.05.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	und	3,102.93
05.06	<b>MUROS Y TABIQUES</b>		
05.06.01	MURO DE LADRILLO ARCILLA KK TIPO IV, PARA TARRAJEO CABEZA	m2	100.55
05.06.02	MURO DE LADRILLO ARCILLA KK TIPO IV, PARA TARRAJEO SOGA	m2	175.83

Fuente: Propia

**Tabla 40**

*Análisis de gastos generales en Albañilería confinada: Gastos Variables*

DESCRIPCIÓN	UND	UNIT.	PARCIAL	%PARTICIP.	SUB-TOTAL	TOTAL
<b>PERSONAL PROFESIONAL TÉCNICO Y AUXILIAR</b>						
Ing. Residente	4.5	2000	9000	100	9000	
Administrador de Obra	4.5	1800	8100	100	8100	
Maestro de Obra	4.5	1500	6750	100	6750	
Guardián nocturno	4.5	500	2250	100	2250	
<b>ALQUILER DE EQUIPO MENOR</b>						
winche con 2 baldes	7	300	2100	100	2100	<b>28,200</b>

Fuente: Propia

**Tabla 41***Análisis de gastos generales en Albañilería confinada: Gastos Fijos*

DESCRIPCIÓN	UND	UNIT.	PARCIAL	%PARTICIP.	SUB-TOTAL	TOTAL
<b>VARIOS</b>						
Cartel de Obra	1	350	350	100	350	
Gastos de ensayos técnicos	1	1000	1000	100	1000	
Seguros por accidentes	1	2000	2000	100	2000	
Costos por servicio de agua y luz prov.	1	250	250	100	250	
Vehículo de la empresa	1	800	800	100	800	<b>4,400</b>

Fuente: Propia

MONTO TOTAL DE GASTOS GENERALES:	S/ 32,600.00
-Porcentaje total de Gastos Generales	15.90%
MONTO TOTAL DE UTILIDAD:	S/18,989.01
-Porcentaje total de Utilidad	10.0%
DURACIÓN	4.5 meses

Tabla 42

Presupuesto en Albañilería confinada

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
	<b>ESTRUCTURA</b>				<b>192965.05</b>
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>18,199.95</b>
01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	88.20	50.00	4,410.00
01.02	SERVICIO DE AGUA Y ELECTRICIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN	mes	4.50	280.00	1,260.00
01.03	CERCO PERIMÉTRICO	m	55.43	2.00	110.86
01.04	GUARDIAN Y ALMACENERO	mes	4.50	1,200.00	5,400.00
01.05	SEGURIDAD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALITICA	mes	4.50	850.00	3,825.00
01.06	CARTEL DE OBRA	pza	1.00	119.09	119.09
02	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>25,320.68</b>
02.01	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE MATERIALES EN OBRA	vje	1.00	470.96	470.96
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	189.00	131.48	24,849.72
03	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>6,144.49</b>
03.01	EXCAVACION MASIVA CON EQUIPO PESADO	m3	79.57	11.39	906.30
03.02	RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.20 m	m3	28.06	43.36	1,216.68
03.03	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	69.76	44.86	3,129.43
03.04	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	189.00	4.72	892.08
04	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>10,607.99</b>
04.01	CONCRETO CILOPEO PARA CIMENTACION 1:10 + 30% P.G.	m3	8.41	210.19	1,767.70
04.02	CONCRETO SOBRECIMENTOS MEZCLA 1:8 (100 kg/cm2)+ 20% P.M.	m3	8.58	205.27	1,761.22
04.03	SOBRECIMIENTO, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	61.30	48.45	2,969.99
04.04	CONCRETO FALSO PISO e=4"	m2	110.00	30.25	3,327.50
04.05	CONCRETO SOLADO e=0.05 m, f'c=80 kg/cm2 VACIADO MANUALMENTE	m2	28.83	27.11	781.58
05	<b>CONCRETO ARMADO</b>				<b>132,691.94</b>
05.01	<b>ZAPATAS</b>				<b>7,729.80</b>
05.01.01	CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	14.42	312.09	4,500.34
05.01.02	ZAPATAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	33.35	61.58	2,053.69
05.01.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 (Parrilla)	kg	237.53	4.95	1,175.77
05.02	<b>COLUMNAS</b>				<b>17,658.38</b>
05.02.01	CONCRETO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	7.29	489.24	3,566.56



05.02.02	COLUMNAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	92.61	60.70	5,621.43
05.02.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 (Columna)	kg	1,711.19	4.95	8,470.39
05.03	<b>PLACAS</b>				<b>30,246.26</b>
05.03.01	CONCRETO PLACAS f'c=210 kg/cm2	m3	19.70	548.35	10,802.50
05.03.02	PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	169.05	59.62	10,078.76
05.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,891.92	4.95	9,365.00
05.04	<b>VIGAS</b>				<b>13,439.41</b>
05.04.01	CONCRETO VIGAS f'c=210 kg/cm2	m3	6.90	359.08	2,477.65
05.04.02	VIGAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO.	m2	76.65	65.58	5,026.71
05.04.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,199.00	4.95	5,935.05
05.05	<b>LOSA ALIGERADA</b>				<b>44,062.92</b>
05.05.01	LOSA ALIGERADA, CONCRETO f'c= 210 kg/cm2	m3	30.17	335.65	10,126.56
05.05.02	LOSA ALIGERADA, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	344.77	43.55	15,014.73
05.05.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,324.37	4.95	11,505.63
05.05.04	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	und	3,102.93	2.39	7,416.00
05.06	<b>MUROS Y TABIQUES</b>				<b>19,555.17</b>
05.06.01	MURO DE LADRILLO ARCILLA KK TIPO IV, PARA TARRAJEO CABEZA	m2	100.55	91.03	9,153.07
05.06.02	MURO DE LADRILLO ARCILLA KK TIPO IV, PARA TARRAJEO SOGA	m2	175.83	59.16	10,402.10
	<b>ARQUITECTURA</b>				<b>15,184.06</b>
06	<b>REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS</b>				<b>11,758.61</b>
06.01	TARRAJEO MUROS INTERIORES, mezcla 1:5 e = 1.5 cm	m2	431.23	19.71	8,499.54
06.02	TARRAJEO MUROS EXTERIORES, mezcla 1:5 e = 1.5 cm	m2	121.02	26.93	3,259.07
07	<b>CIELO RASOS</b>				<b>3,425.45</b>
07.01	TARRAJEO DE CIELORASO, mezcla 1:5 c/cinta e=1.5 cm	m2	98.01	34.95	3,425.45

Fuente: Propia

**ESTRUCTURAS**

-Costo Directo	S/192,965.05
-Gastos Generales (16.47%)	S/31,776.52
-Utilidad (10%)	S/19,296.51

SUBTOTAL S/244,038.08

Impuesto General a las ventas (19%) S/46,367.24

TOTAL PRESUPUESTO S/290,405.32

SON: DOSCIENTOS NOVENTA MIL CUATROCIENTOS CINCO Y 32/100

NUEVOS SOLES

**ARQUITECTURA**

- Costo Directo S/192,965.05

- Gastos Generales (13.28%) S/2,016.31

- Utilidad (10%) S/1,518.41

SUBTOTAL S/18,718.78

Impuesto General a las ventas (19%) S/3,556.57

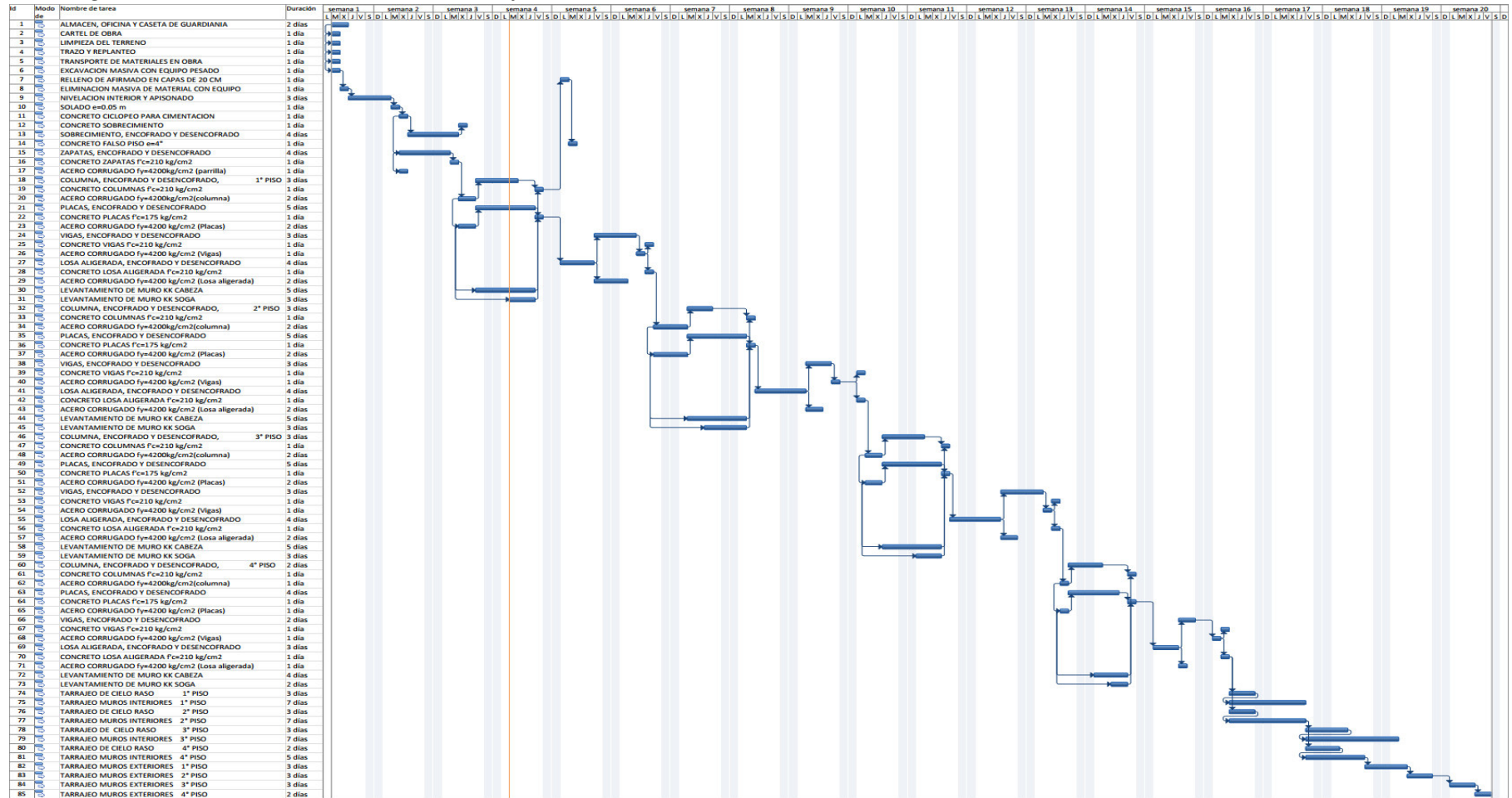
TOTAL PRESUPUESTO S/22,275.35

SON: VENTIDOS MIL DOSCIENTOS SETENTICINCO Y 35/100 NUEVOS

SOLES

Figura 39

Programación de obras en Albañilería Confinada



Fuente: Propia

#### ***d. Análisis económico del sistema MDL***

**Creación de partidas.** Para determinar las partidas necesarias para la construcción bajo este sistema estructural se procede a programar la secuencia que será acompañado con el metrado tal como hace referencia el Reglamento de Metrados para Obras de Edificación.

**Análisis de precios unitarios.** El análisis de precios unitarios (APU) se divide en dos grupos: Para el caso de Estructura y Arquitectura, es decir, EDIFICACIÓN EN CASCO, sabemos que para nuestra investigación no incluye a las instalaciones tanto eléctrica ni sanitaria ya que no es objeto de estudio porque no altera ni modifica el aspecto estructural ni arquitectónico.

Los gastos generales se calcularon de acuerdo al tiempo que llevará la ejecución de la obra, personal administrativo y técnico.

Se presenta el Análisis de Costos Unitarios en MDL en el Anexo.

**Programación de obra.** Partiendo de los lineamientos de las partidas presentadas en el presupuesto, se determina la programación donde llevará el control, planificación y seguimiento para la ejecución del Proyecto de la edificación en el sistema de muro de ductilidad limitada

Tabla 43

Planilla de metrado para el sistema de MDL

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	88.20
01.02	SERVICIO DE AGUA Y ELECTRICIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN	mes	3.50
01.03	CERCO PERIMÉTRICO	m	55.43
01.04	GUARDIAN Y ALMACENERO	mes	3.50
01.05	SEGURIDAD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALITICA	mes	3.50
01.06	CARTEL DE OBRA	pza	1.00
02	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
02.01	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE MATERIALES EN OBRA	vje	1.00
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	189.00
03	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.01	EXCAVACION MASIVA CON EQUIPO PESADO	m3	79.57
03.02	RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.20 m	m3	28.06
03.03	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	69.76
03.04	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	189.00
04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
04.01	<b>PLATEA DE CIMENTACIÓN</b>		
04.01.01	CONCRETO EN PLATEA DE CIMENTACION $f'c=175$ kg/cm2	m3	23.65
04.01.02	ENCOFRADO DE BORDE EN LOSA DE CIMENTACIÓN	m2	15.75
04.01.03	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	739.88
04.02	<b>PLACAS</b>		
04.02.01	CONCRETO PLACAS $f'c=175$ kg/cm2	m3	42.85
04.02.02	PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	685.56
04.02.03	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	1,871.57
04.03	<b>LOSA MACIZA</b>		
04.03.01	CONCRETO LOSAS $f'c=175$ kg/cm2	m3	43.10
04.03.02	LOSA MACIZA, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	344.77
04.03.03	ACERO CORRUGADO $FY= 4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	1,075.68

Fuente: Propia

**Tabla 44***Análisis de gastos generales en MDL: Gastos Variables*

DESCRIPCIÓN	UND	UNIT.	PARCIAL	%PARTICIP.	SUB-TOTAL	TOTAL
<b>PERSONAL PROFESIONAL TÉCNICO Y AUXILIAR</b>						
Ing. Residente	3.5	2000	7000	100	7000	
Administrador de Obra	3.5	1800	6300	100	6300	
Maestro de Obra	3.5	1500	5250	100	5250	
Guardián nocturno	3.5	500	1750	100	1750	
<b>ALQUILER DE EQUIPO MENOR</b>						
winche con 2 baldes	7	300	2100	100	2100	<b>22,400</b>

Fuente: Propia

**Tabla 45***Análisis de gastos generales en MDL: Gastos Fijos*

DESCRIPCIÓN	UND	UNIT.	PARCIAL	%PARTICIP.	SUB-TOTAL	TOTAL
<b>VARIOS</b>						
Cartel de Obra	1	350	350	100	350	
Gastos de ensayos técnicos	1	1000	1000	100	1000	
Seguros por accidentes	1	2000	2000	100	2000	
Costos por servicio de agua y luz prov.	1	250	250	100	250	
Vehículo de la empresa	1	800	800	100	800	<b>4,400</b>

Fuente: Propia

MONTO TOTAL DE GASTOS GENERALES: S/ 26,800.00

-Porcentaje total de Gastos Generales 14.45%

MONTO TOTAL DE UTILIDAD: S/16,791.48

-Porcentaje total de Utilidad 10.0%

DURACIÓN 3.5 meses

Tabla 46

Presupuesto en MDL

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO \$/.	PARCIAL \$/.
	<b>ESTRUCTURA</b>				<b>167,914.83</b>
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>17,919.95</b>
01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	88.20	50.00	4,410.00
01.02	SERVICIO DE AGUA Y ELECTRICIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN	mes	3.50	280.00	980.00
01.03	CERCO PERIMÉTRICO	m	55.43	2.00	110.86
01.04	GUARDIAN Y ALMACENERO	mes	3.50	1,200.00	4,200.00
01.05	SEGURIDAD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALITICA	mes	3.50	850.00	2,975.00
01.06	CARTEL DE OBRA	pza	1.00	119.09	119.09
02	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>25,320.68</b>
02.01	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE MATERIALES EN OBRA	vje	1.00	470.96	470.96
02.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	189.00	131.48	24,849.72
03	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>6,144.49</b>
03.01	EXCAVACION MASIVA CON EQUIPO PESADO	m3	79.57	11.39	906.30
03.02	RELLENO DE AFIRMADO EN CAPAS DE 0.20 m	m3	28.06	43.36	1,216.68
03.03	ELIMINACION MASIVA DE MATERIAL CON EQUIPO	m3	69.76	44.86	3,129.43
03.04	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	189.00	4.72	892.08
04	<b>CONCRETO ARMADO</b>				<b>123,654.71</b>
04.01	<b>PLATEA DE CIMENTACIÓN</b>				<b>11,846.90</b>
04.01.01	CONCRETO EN PLATEA DE CIMENTACION f'c=175 kg/cm2	m3	23.65	308.78	7,302.65
04.01.02	ENCOFRADO DE BORDE EN LOSA DE CIMENTACIÓN	m2	15.75	55.99	881.84
04.01.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	739.88	4.95	3,662.41
04.02	<b>PLACAS</b>				<b>72,547.48</b>
04.02.01	CONCRETO PLACAS f'c=175 kg/cm2	m3	42.85	522.99	22,410.12
04.02.02	PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	685.56	59.62	40,873.09
04.02.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,871.57	4.95	9,264.27
04.03	<b>LOSA MACIZA</b>				<b>39,260.33</b>
04.03.01	CONCRETO LOSAS f'c=175 kg/cm2	m3	43.10	343.41	14,800.97
04.03.02	LOSA MACIZA, ENCOFRADO Y	m2	344.77	55.50	19,134.74

	DESENCOFRADO				
04.03.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,075.68	4.95	5,324.62
	<b>ARQUITECTURA</b>				
05	<b>REVOQUES, ENLUCIDOS Y MOLDURAS</b>				<b>11,461.69</b>
05.01	TARRAJEO MUROS INTERIORES, mezcla 1:5 e=1.5cm	m2	431.23	19.26	8,305.49
05.02	TARRAJEO MUROS EXTERIORES, mezcla 1:5 e=1.5cm	m2	121.02	26.08	3,156.20
06	<b>CIELO RASO</b>				<b>583.16</b>
06.01	SOLAQUEO DE CIELO RASO	m2	98.01	5.95	583.16

Fuente: Propia

### **ESTRUCTURAS**

- Costo Directo	S/167,914.83
- Gastos Generales (14.45%)	S/24,263.69
- Utilidad (10%)	S/16,791.48
SUBTOTAL	S/208,970.00
Impuesto General a las ventas (19%)	S/39,704.30
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>S/248,674.30</b>

SON: *DOSCIENTOS CUARENTIOCHO MIL SESISCIENTOS*

*SETENTICUATRO Y 30/100 NUEVOS SOLES*

### **ARQUITECTURA**

- Costo Directo	S/12,044.85
- Gastos Generales (14.45%)	S/1,740.48
- Utilidad (10%)	S/1,204.49
SUBTOTAL	S/14,989.82
Impuesto General a las ventas (19%)	S/2,848.07



TOTAL PRESUPUESTO

S/17,837.89

SON: *DIECISIETE MIL OCHOCIENTOS TRENTISIETE Y 89/100 NUEVOS*  
*SOLES*



***e. Valor estimado de la Obra.***

Según el Cuadro de Valores Unitarios Oficiales de cada mes, calculamos el valor estimado de acuerdo a las características físicas de la edificación a construir.

Entonces:

1° piso = 94.86 m<sup>2</sup>

2° piso = 92.84 m<sup>2</sup>

3° piso = 99.23 m<sup>2</sup>

4° piso = 57.84 m<sup>2</sup>

Dando un total de **344.77 m<sup>2</sup>**

El precio estimado según el cuadro de valores unitarios para la Costa, excepto Lima

Metropolitana y Callao, se estima:

- Placas de concreto e= 10-15cm,

albañilería armada, ladrillo o similar S/224.76 x m<sup>2</sup>

- Aligerado o losas de concreto S/165.80 x m<sup>2</sup>

Armado horizontal

Dando un total de **S/ 390.56 x m<sup>2</sup>**

Por lo tanto:  $344.77 \times 390.56 = \text{S/ } 134,653.37$

### **4.3. Descripción de Resultados**

#### ***a. Tablas***

Las tablas están en relación al sistema de albañilería confinada y muro de ductilidad limitada. Dichas tablas muestran los resultados obtenidos en el análisis de los dos sistemas estructurales, las tablas 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54 que se muestra a continuación:

## Tablas 47 y 48: Distorsión

### Tabla 47

*Tabla Final de Albañilería Confinada: Distorsión*

PARÁMETROS A EVALUAR: DISTORSION	VALORES OBTENIDOS		VALORES PERMITIBLES		RESULTADO
	Dirección	Dirección	Dirección	Dirección	
	X-X (m)	Y-Y (m)	X-X (m)	Y-Y (m)	
Distorsión entrepiso 4 piso	0.0024	0.00046	0.007	0.005	Cumple
Distorsión entrepiso 3 piso	0.0023	0.00064	0.007	0.005	Cumple
Distorsión entrepiso 2 piso	0.002	0.0009	0.007	0.005	Cumple
Distorsión entrepiso 1 piso	0.001	0.0007	0.007	0.005	Cumple

### Tabla 48

*Tabla Final de Muro de Ductilidad Limitada: Distorsión*

PARÁMETROS A EVALUAR: DISTORSION	VALORES OBTENIDOS		VALORES PERMITIBLES		RESULTADO
	Dirección	Dirección	Dirección	Dirección	
	X-X (m)	Y-Y (m)	X-X (m)	Y-Y (m)	
Distorsión entrepiso 4 piso	0.0037	0.0013	0.007	0.007	Cumple
Distorsión entrepiso 3 piso	0.0036	0.0012	0.007	0.007	Cumple
Distorsión entrepiso 2 piso	0.0038	0.00099	0.007	0.007	Cumple
Distorsión entrepiso 1 piso	0.0014	0.00049	0.007	0.007	Cumple

**Tablas 49 y 50: Relación de densidad de Muros con la Cortante**

**Tabla 49**

*Tabla final de Muro de Albañilería Confinada: Relación de densidad de Muros con la Cortante*

PARÁMETRO A EVALUAR: RELACIÓN DE DENSIDAD DE MUROS CON LA CORTANTE	VALOR OBTENIDO	VALOR PERMITIBLE	RESULTADO
	Dirección	Dirección	
	Y-Y (Ton)	Y-Y(Ton)	
Verificación de la cortante	146.19	95.77	Cumple

**Tabla 50**

*Tabla final de MDL: Relación de densidad de Muros con la Cortante*

PARÁMETRO A EVALUAR: RELACIÓN DE DENSIDAD DE MUROS CON LA CORTANTE	VALOR OBTENIDO	VALOR PERMITIBLE	RESULTADO
	Dirección	Dirección	
	Y-Y (Ton)	Y-Y(Ton)	
Verificación de la cortante en MY1	34.47	14.90	Cumple
Verificación de la cortante en MY2	35.33	14.31	Cumple
Verificación de la cortante en MY3	36.31	14.90	Cumple
Verificación de la cortante en MY4	39.07	14.31	Cumple

## Tablas 51 Y 52: Excentricidad

### Tabla 51

*Tabla final de Muro de Albañilería Confinada: Excentricidad*

PARÁMETROS A EVALUAR: EXCENTRICIDAD	VALORES OBTENIDOS		VALORES PERMITIBLES		RESULTADO
	Dirección	Dirección	Dirección	Dirección	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	
Excentricidad 4 piso (m)	0.98	2.02	0.595	0.40	No Cumple
Excentricidad 3 piso (m)	0.93	1.58	0.595	0.40	No Cumple
Excentricidad 2 piso (m)	2.08	1.49	0.595	0.40	No Cumple
Excentricidad 1 piso (m)	1.84	0.88	0.595	0.40	No Cumple

### Tabla 52

*Tabla final de Muro de Ductilidad Limitada: Excentricidad*

PARÁMETROS A EVALUAR: EXCENTRICIDAD	VALORES OBTENIDOS		VALORES PERMITIBLES		RESULTADO
	Dirección	Dirección	Dirección	Dirección	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	
Excentricidad 4 piso (m)	0.12	2.38	0.595	0.40	No Cumple
Excentricidad 3 piso (m)	1.09	2.45	0.595	0.40	No Cumple
Excentricidad 2 piso (m)	0.95	2.56	0.595	0.40	No Cumple
Excentricidad 1 piso (m)	1.36	1.81	0.595	0.40	No Cumple

### Tablas 53 Y 54: Presupuesto

**Tabla 53**

*Tabla final de Muro de Albañilería Confinada: Presupuesto en Casco*

PARÁMETRO A EVALUAR: PRESUPUESTO EN CASCO	VALOR OBTENIDO		VALOR PERMITIBLE	RESULTADO
	COSTO DIRECTO		COSTO DIRECTO	
Presupuesto en Estructura	192,965.05	<b>208,149.11</b>	<b>131,578.02</b>	Cumple, mayor al 58.19%
Presupuesto en Arquitectura	15,184.06			

**Tabla 54**

*Tabla Final de Muro de Ductilidad Limitada: Presupuesto en Casco*

PARÁMETRO A EVALUAR: PRESUPUESTO EN CASCO	VALOR OBTENIDO		VALOR PERMITIBLE	RESULTADO
	COSTO DIRECTO		COSTO DIRECTO	
Presupuesto en Estructura	167,914.83	<b>179,959.68</b>	<b>131,578.02</b>	Cumple, mayor al 36.77%
Presupuesto en Arquitectura	12,044.85			



***b. Figuras***

Estas figuras comparativas están relacionados a los resultados obtenidos en el análisis estructural de los dos sistemas estructurales, estos son:

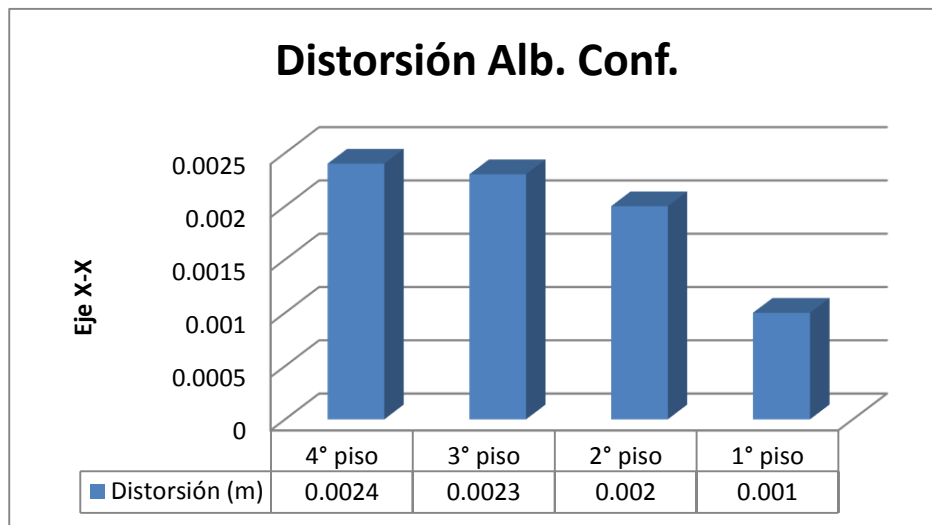
- Distorsión.
- Densidad de muros/verificación de la cortante.
- Excentricidad.
- Presupuesto.

Dichas figuras que se muestran a continuación:

## Resultados: Distorsión en Albañilería Confinada Vs MDL

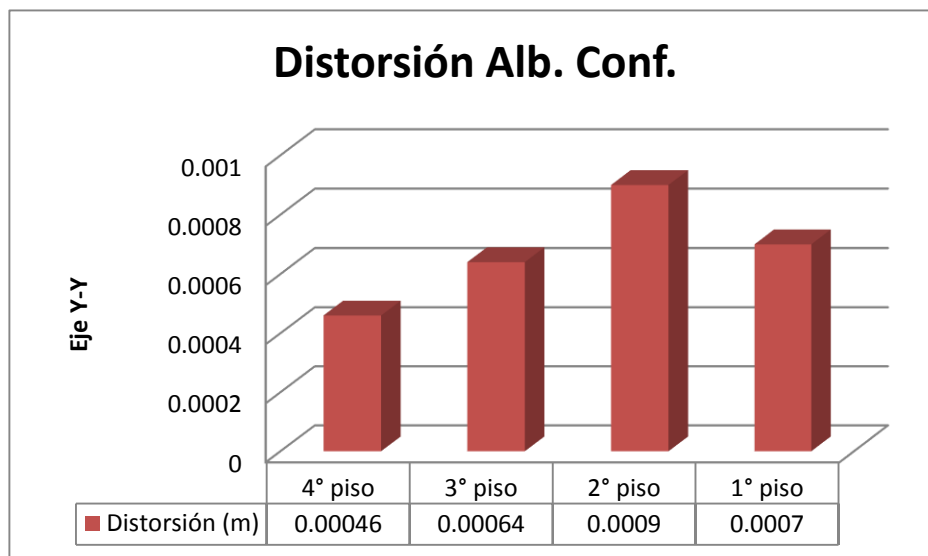
**Figura 41**

*Resultados en relación a la variación de la Distorsión en Albañilería Confinada en el eje X*



**Figura 42**

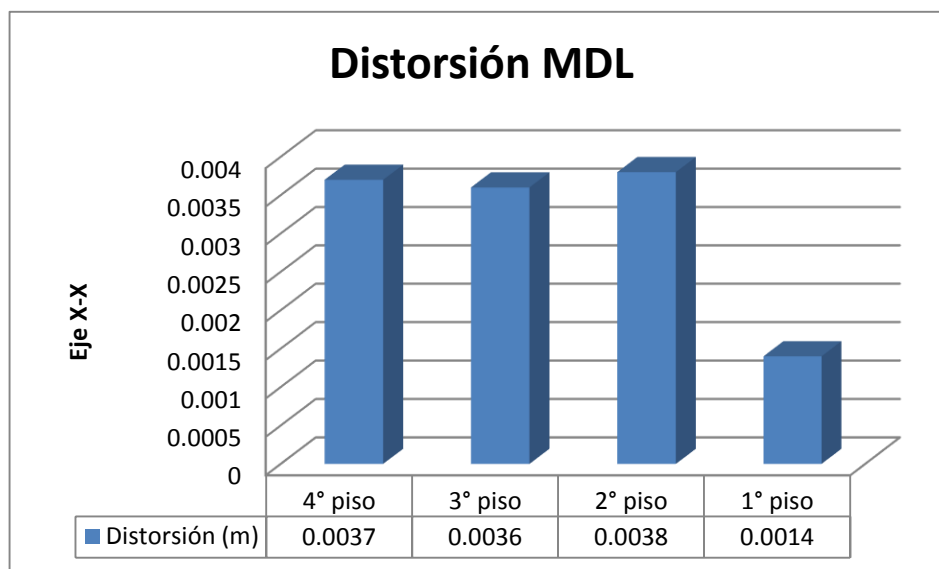
*Resultado en relación a la variación de la Distorsión en Albañilería Confinada en el eje Y*



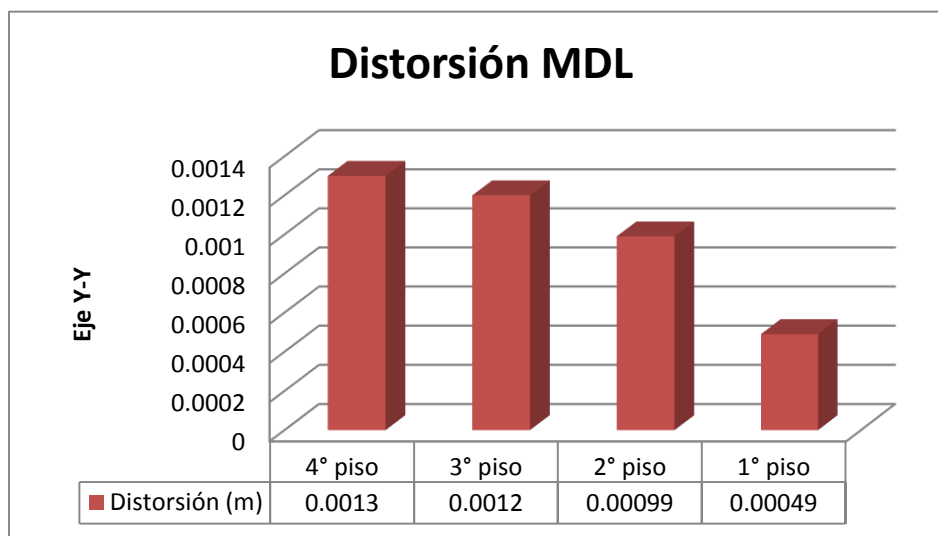
**Nota.** Según las figuras 41 y 42 muestran la variedad en los Ejes X y Eje Y en relación a la distorsión de cada entre piso en Albañilería Confinada, donde claramente se observa en el Eje X la variación progresiva en cada piso superior, caso contrario ocurre en el Eje Y donde la variación no mantiene una forma progresiva estable.

**Figura 43**

*Resultado en relación a la variación de la Distorsión en MDL en el eje X*

**Figura 44**

*Resultado en relación a la variación de la Distorsión en MDL en el eje Y*

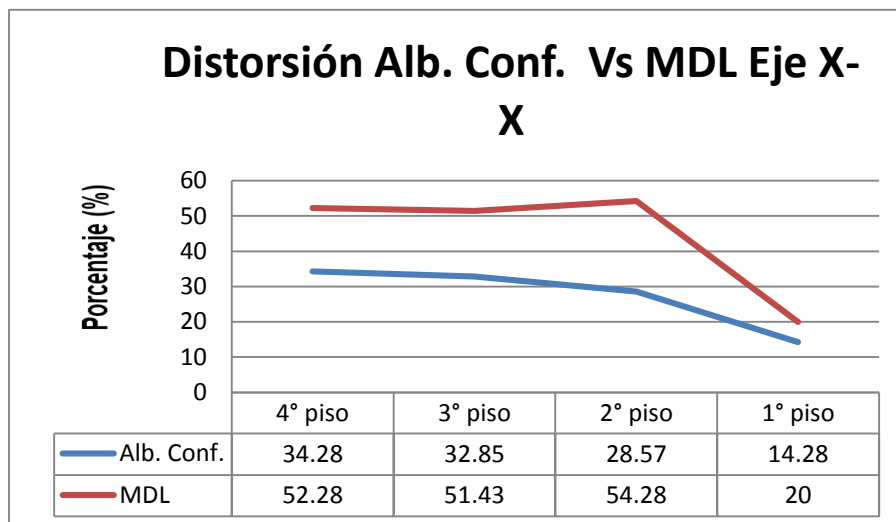


**Nota.** Según las figuras 43 y 44 muestran la variedad en los Ejes X y Eje Y en relación a la distorsión de cada entre piso en MDL, en el Eje X se observa la variación muy aproximada una de la otra en los pisos del 2° al 4° piso pero manteniendo una ajustada variación progresiva en cada piso superior, en el Eje Y la variación mantiene una forma progresiva estable.

## Resultados: Distorsión en Albañilería Confinada Vs MDL

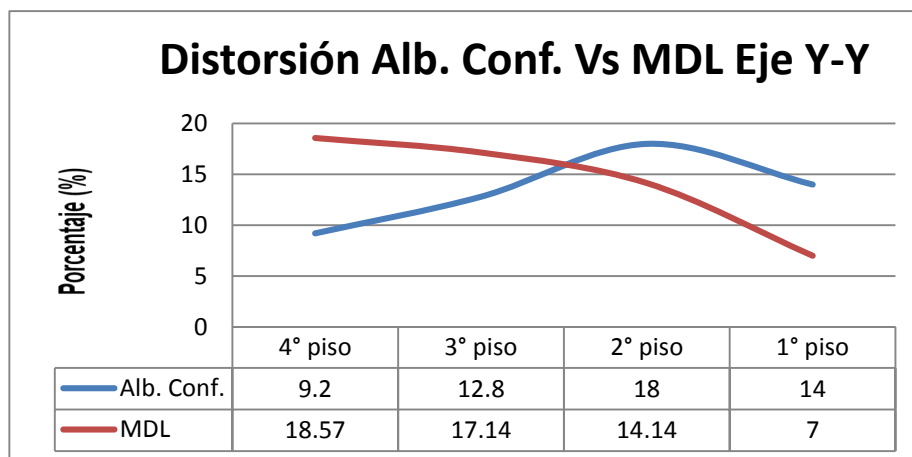
**Figura 45**

Resultado en relación a la variación de la Distorsión en Albañilería Confinada Vs MDL en el eje X



**Figura 46**

Resultado en relación a la variación de la Distorsión en Albañilería Confinada Vs MDL en el eje Y

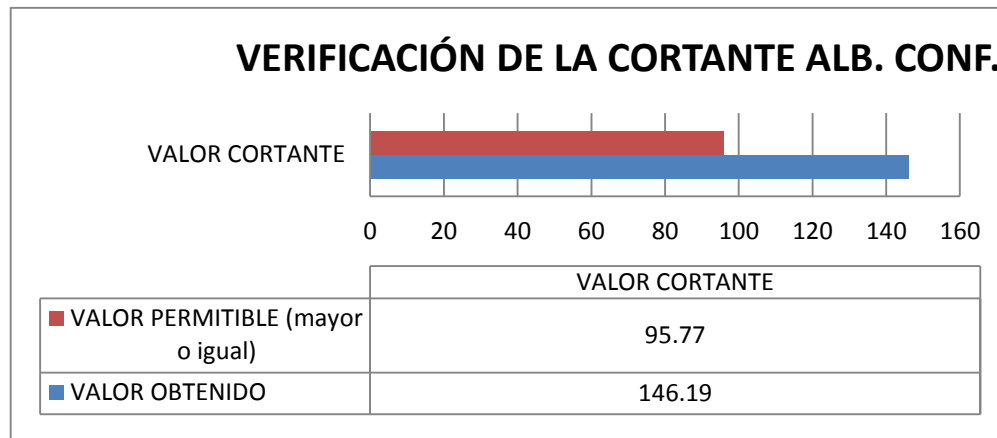


**Nota.** Según la figura 45 muestra la distorsión en porcentaje en el Eje X y presenta una línea progresiva para ambos sistemas estructurales. En la figura 46 muestra la distorsión en porcentaje en el Eje Y, y presenta un comportamiento inestable en Albañilería confinada, mientras que en MDL presenta una adecuada tendencia progresiva.

## Resultados: Densidad de Muros/verificación de la cortante en Alb. Conf. Vs MDL

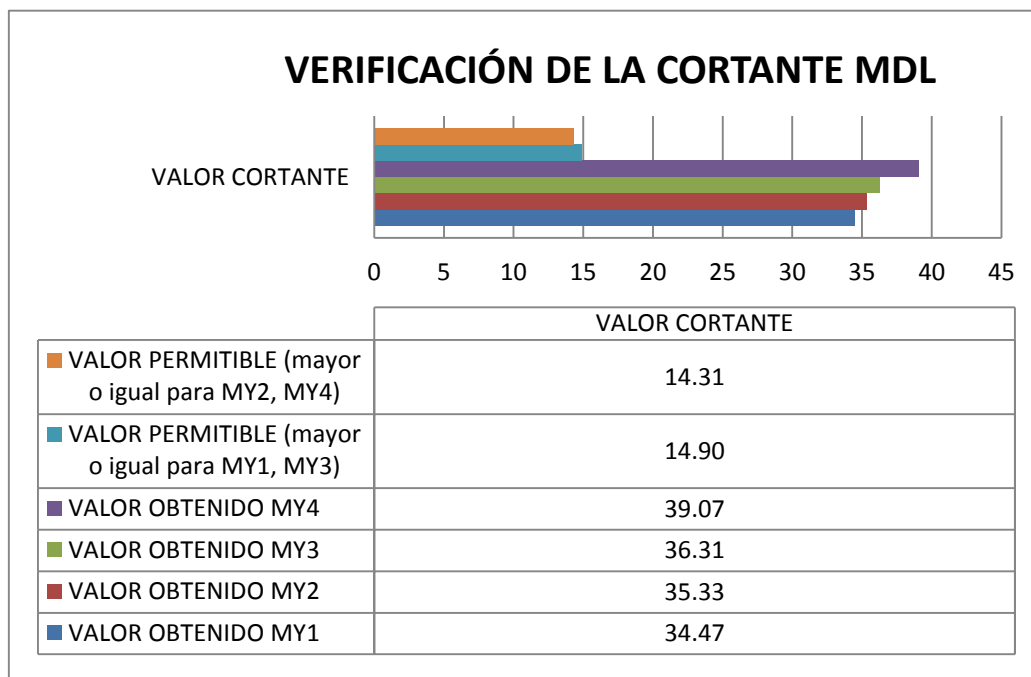
**Figura 47**

*Resultado en relación a la verificación de la Cortante en Muros en Albañilería Confinada*



**Figura 48**

*Resultado en relación a la verificación de la Cortante en Muros Ductilidad Limitada*

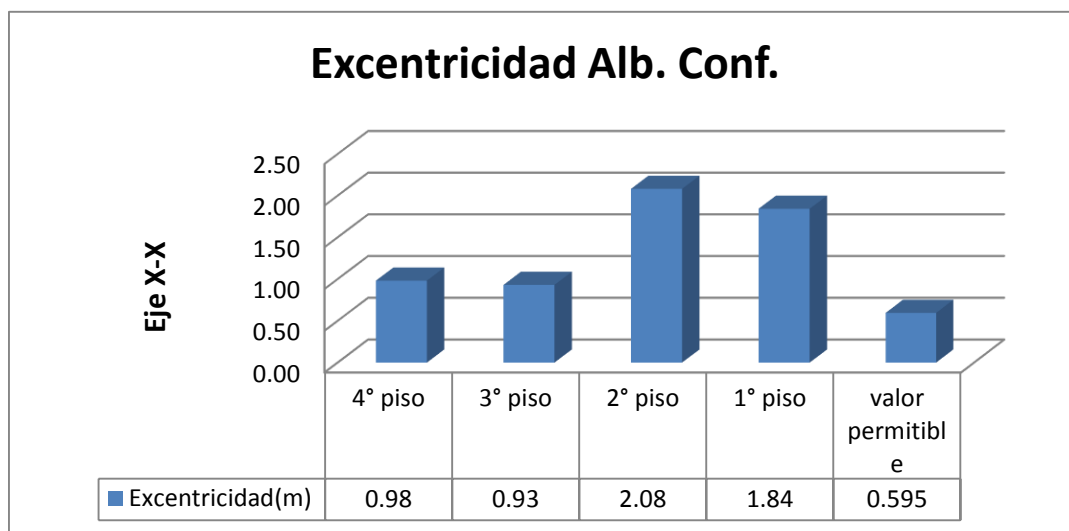


**Nota.** En las figuras 47 y 48 se muestran la verificación de las cortantes en los muros con sus respectivos valores permitibles tanto en el sistema de Albañilería confinada como en MDL.

## Resultados: Excentricidad en Alb. Conf. Vs MDL

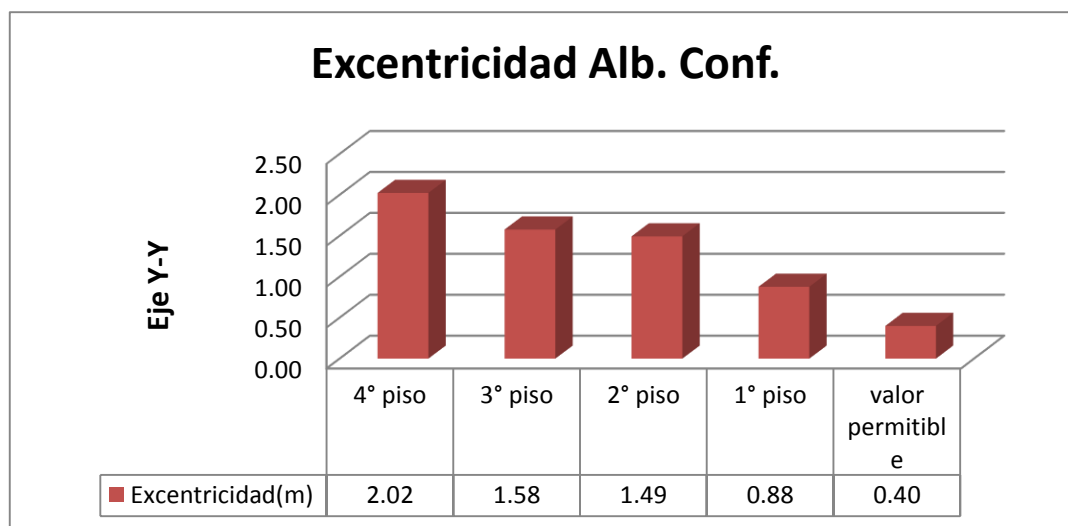
**Figura 49**

*Resultado en relación a la excentricidad en Albañilería Confinada en eje X*



**Figura 50**

*Resultado en Relación a la excentricidad en Albañilería Confinada en eje Y*

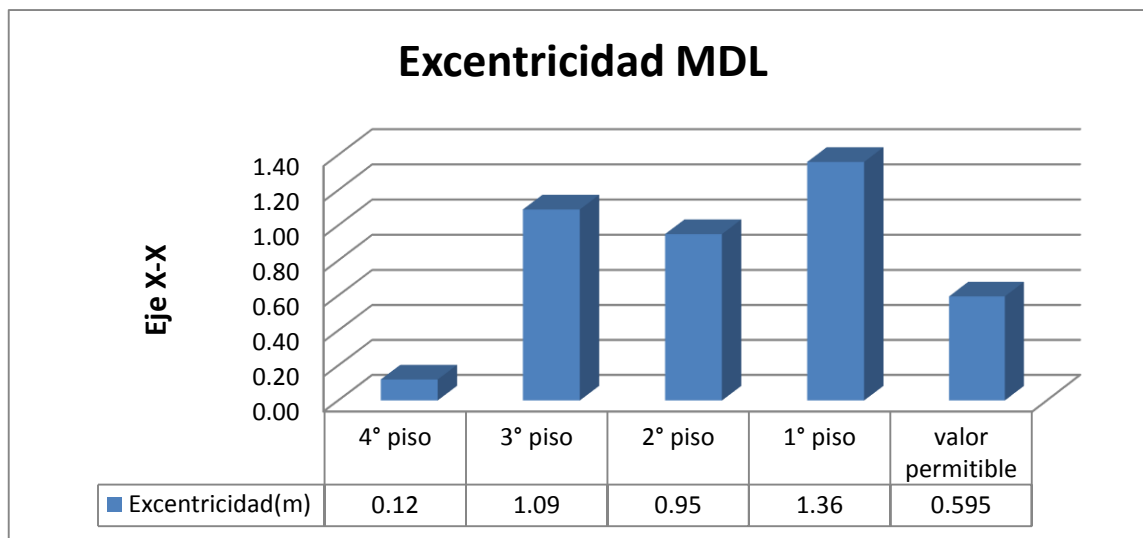


**Nota.** Según las figuras 49 y 50 se muestran la variedad en los Ejes X y Eje Y en relación a la Excentricidad en el sistema de Albañilería Confinada, se observa que en ambos ejes sobre pasa el límite permitido, siendo en el Eje X la mayor excentricidad en el 2° piso y en el Eje Y en el 4° piso.

## Resultados: Excentricidad en Alb. Conf. Vs MDL

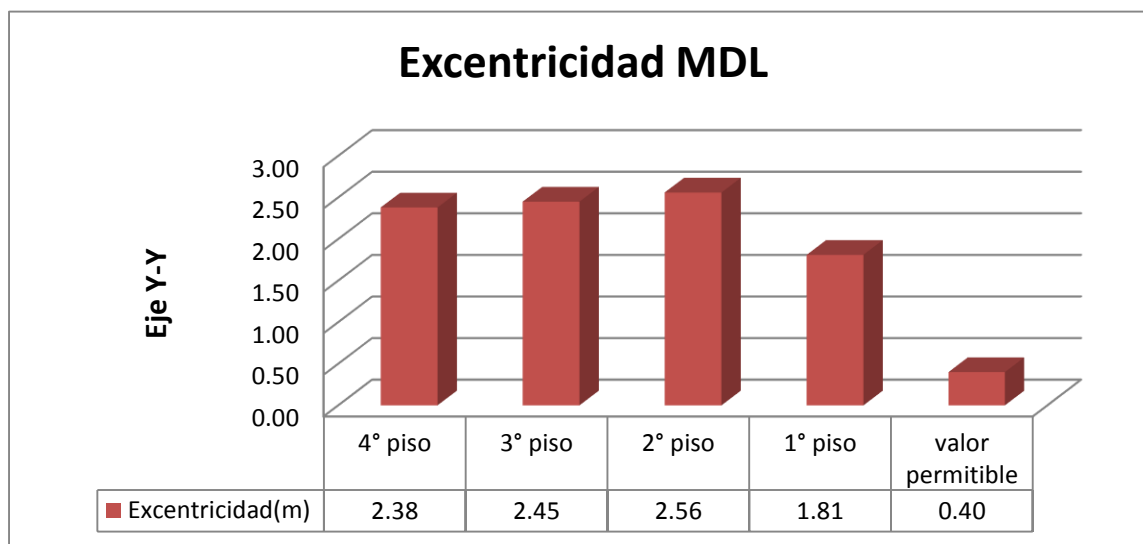
**Figura 51**

*Resultado en relación a la excentricidad en MDL en eje X*



**Figura 52**

*Resultado en relación a la excentricidad en MDL en eje Y*



**Nota.** Según las figuras 51 y 52 se muestran la variedad en los Ejes X y Eje Y en relación a la Excentricidad en el sistema de MDL, se observa que en ambos ejes sobre pasa el límite permitido, siendo en el Eje X la mayor excentricidad en el 1° piso y en el Eje Y en el 2° piso.

## Resultados: Presupuesto en Alb. Conf. Vs MDL

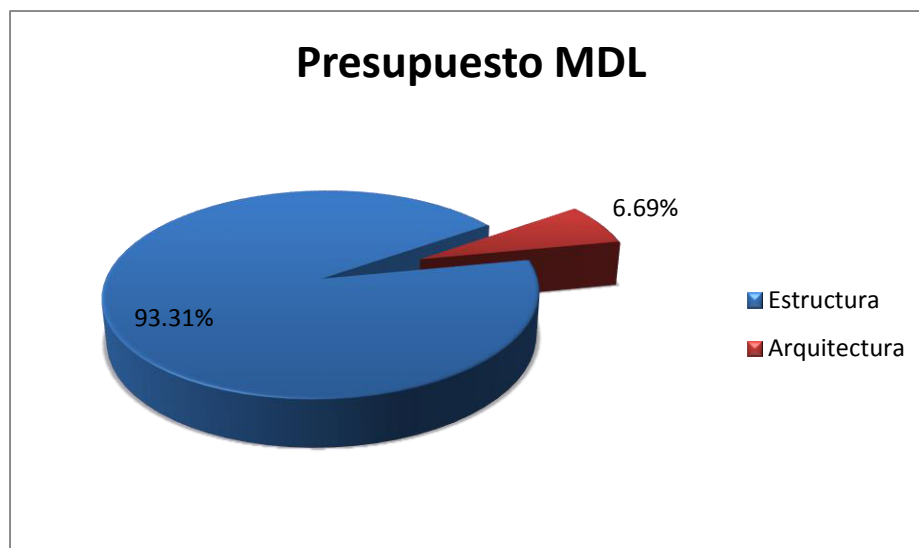
Figura 53

Resultado en relación al presupuesto en Alb. Conf.



Figura 54

Resultado en relación al presupuesto en MDL.



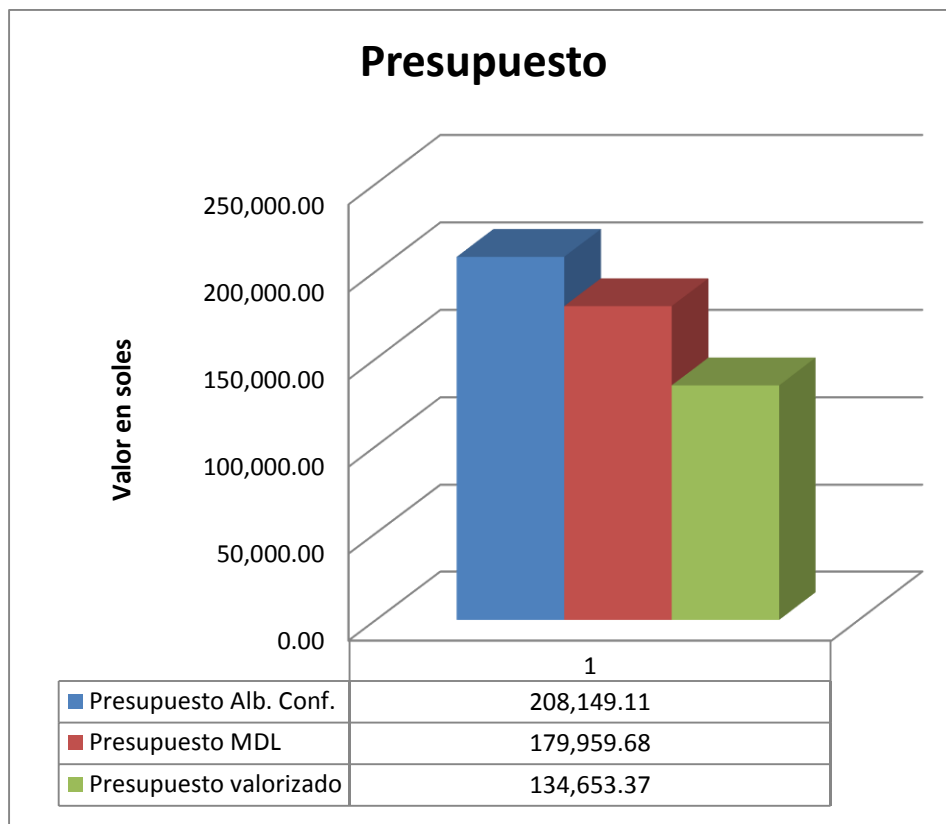
**Nota.** Según las figuras 53 y 54 se muestra la totalidad del presupuesto en relación a la estructura y arquitectura en el sistema de Albañilería Confinada y MDL, se observa que en Albañilería Confinada la Estructura presenta el 92.71% y la arquitectura 7.29% del presupuesto total, mientras que en MDL la Estructura presenta un 93.31% y la arquitectura 6.69% del presupuesto total.



## Resultados: Presupuesto en Alb. Conf. Vs MDL

Figura 55

Resultado comparativo entre presupuestos



**Nota.** Según la figura 55 se muestra la comparación en relación al presupuesto del sistema de Albañilería Confinada, MDL y el valorizado, donde se observa que el más cercano a éste último es el de MDL siendo un 33.65% más del presupuesto valorizado presentando así el más económico, mientras que el de Albañilería Confinada presenta un 54.58% más del presupuesto valorizado.

## V. Discusión de resultados

La tesis formulada por Cesar Orlando Quiroz Villavicencio, Juliaca (2016), coinciden con los mismos resultados que esta investigación, de éstos señalamos la densidad de muros, distorsión, donde los Muros de Ductilidad Limitada tienen un mejor comportamiento estructural siendo también más económicas tanto en Presupuesto como en Programación en comparación con la Albañilería Confinada, sin embargo, en ésta investigación, mi tesis, se introduce a la excentricidad de la estructura para un mejor resultado y entendimiento de Irregularidad y Torsiones accidentales originando la reducción del Coeficiente de Reducción, resultando así, la **Primera Tesis en Irregularidad** en la configuración estructural de una Edificación, dando inicio a futuras investigaciones en Edificios Irregulares siendo éstas más complejas que las Regulares.

## VI. Conclusiones

- Se ha determinado que la resistencia sísmica en relación a la distorsión en el sistema de Albañilería Confinada, el máximo valor en el Eje Y es de 0.9 ‰ en el entrepiso del 2° nivel, según la tabla 47, donde el valor límite es de 5‰ resultando así el 18% de su valor permitido, mientras que en el caso de MDL el máximo valor en el Eje Y es de 1.3 ‰ en el entrepiso del 4° nivel, según la tabla 48, donde el valor límite es de 7‰ resultando así el 18.57% de su valor permitido.

Cabe indicar que la comparación entre ambos sistemas sólo abarca en el Eje Y, debido a que en el sistema de Albañilería Confinada contiene muros de albañilería apoyados con muros de corte, en el Eje X sólo contiene muro de corte y columnas, por lo tanto, no se aplica la comparación porque se comporta como un sistema aporticado por la ausencia de muros de albañilería.

Con esta información y de acuerdo a los resultados de la figura 46, se resume que el sistema de MDL tiene un mejor comportamiento porque la distorsión del 1° al 2° entrepiso, 7 a 14.14, la distorsión del 2° al 3° entrepiso, 14.14 a 17.14, y del 3° al 4° entrepiso, 17.14 a 18.57, indica una diferencia progresiva, es decir, mantiene una línea tendencia progresiva con respecto al Eje Y, caso contrario, ocurre en el sistema de Albañilería Confinada lo cual contiene un comportamiento inestable, porque la distorsión del 1° al 2° entrepiso, 14 a 18, la distorsión del 2° al 3° entrepiso, 18 a 12.8, y del 3° al 4° entrepiso, 12.8 a 9.2, se observa una variación que aumenta y disminuye, es decir, no mantiene una línea tendencia progresiva y a pesar que cada entrepiso cumple con el valor límite, no guarda una progresión en el análisis en conjunto como se estima, lo cual no resulta conveniente porque

podría generar fisuras o dañar la estructura con cada movimiento sísmico por los cambios bruscos y acumulación de esfuerzos.

- Se ha determinado que la densidad de muros está relacionado directamente con la cortante, en el sistema de Albañilería Confinada la tabla 49 muestra como resultado global de 146.19 Tn donde el límite es de 95.77 Tn, resultando así el 52.60% más de lo requerido, mientras que en MDL se evaluó para cada muro, tal como muestra la tabla 50, el valor máximo resulta en el MY4 de 39.07 Tn donde el límite es de 14.31 Tn resultando así el 173.03% más de lo requerido.

Por lo tanto, con esta información se determina que los muros de ductilidad limitada aportan mejor ante un movimiento sísmico por contener mayor rigidez más de 100% de lo necesario, de esta manera podrá absorber los esfuerzos conduciendo una buena descarga en su cimentación sin que vea afectado.

- Se determinó que la Excentricidad en el sistema de Albañilería Confinada en el Eje X, presenta al máximo valor de 2.08m ubicado en el 2° piso donde el valor límite es de 0.595m tal como señala la tabla 51, obteniendo así 249.57% más del valor permitido y en el Eje Y, en la misma tabla, muestra el máximo valor de 2.02m ubicado en el 4° piso donde el valor límite es de 0.40 m, obteniendo así un 405% más de valor permitido

Y en el caso de MDL la Excentricidad en el Eje X, el máximo valor es de 1.36m ubicado en el 1° piso donde el valor límite es de 0.595m, tal como muestra la tabla 52, obteniendo el 128.57% más de lo permitido y en el Eje Y, en la misma tabla, muestra el máximo valor de 2.56m ubicado en el 2° piso donde el valor límite es de 0.40m, obteniendo así el valor de 540% más del valor permitido.

Determinándose de esta manera que en el Eje X el MDL presenta menor excentricidad con

relación al de Albañilería Confinada, mientras que en el Eje Y es lo inverso, por lo tanto, se concluye que ambos sistemas estructurales sufrirán de torsiones por la excentricidad.

- De la comparación de los presupuestos entre el sistema estructural de Albañilería Confinada, MDL y del presupuesto estimado, se determinó que en albañilería confinada es 54.58% más de su valor estimado, y el MDL es de 33.65% más de su valor estimado, tal como señala las tablas 53 y 54. Con esta información y de acuerdo a los resultados de la figura 55 resulta ventajoso al sistema de MDL en económico, muestra una diferencia entre ambos sistemas estructurales de S/28, 189, además, en cuanto al tiempo se requiere 1 mes menos que el sistema de Albañilería confinada, resulta entonces ventajoso en tiempo.

Por estas razones, se determina al sistema de MDL es la mejor alternativa tanto en relación a su comportamiento estructural ante el efecto del sismo, así como también en lo económico.

## VII. Recomendaciones

- Se recomienda para los proyectos donde se observe irregularidad en planta, como en este caso, utilizar el sistema estructural de Muros de Ductilidad Limitada, ya que controla mejor los desplazamientos laterales en una proporción creciente en cada piso superior, a pesar que en Albañilería Confinada cumple también con la condición de desplazamientos, según la Norma, no presenta esta proporción creciente en cada piso superior, por lo que no es conveniente usar este tipo de estructura para dicha irregularidad, porque podría presentar anomalías y daños irreparables en el piso que presente mayor desplazamiento lateral.
- Se recomienda si se da el caso del sistema estructural de Albañilería Confinada, para el buen funcionamiento de la densidad de muros, el uso de ladrillos certificados en calidad, es decir, el ladrillo deberá ser de procedencia hecho en fábricas, se recomienda también que éstas deben ser exclusivamente ladrillo de 18 huecos antisísmico y no ladrillo sin huecos, ya que debido a estos orificios habrá mejor adherencia con el mortero y se dará un mejor comportamiento del muro ante un efecto de sismo
- Para un mejor análisis estructural se recomienda el uso de un software de estructuras, se debe tener un buen criterio al momento del modelamiento y así evitar incongruencia ya que lo más importante en aplicar dicho software es la interpretación de los resultados.

- Se recomienda hacerle un seguimiento a las obras que se utilicen como sistema estructural en Muros de Ductilidad Limitada para seguir evaluando cómo se comporta ante el efecto de sismo debido que en nuestro país se lleva utilizando este sistema muy poco tiempo y se requiere mayor investigación al respecto, recordemos que cada proyecto de edificación se comporta de manera distinta ya sea por el tipo de suelo, irregularidad por planta y/o altura, pisos típicos o atípicos, entre otros aspectos, que deberán ser diseñados y evaluados por un ingeniero Civil que esté ligado, conozca o halla investigado sobre el tema

## VIII. Referencias

- Abanto, T. (2007). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Editorial San Marcos.
- Arias, M. (1998). *Análisis Introducción al dibujo de estructuras de concreto armado Fascículo N°8*. Ediciones y Representaciones B. Honorio J.
- Arias, T. (2003). *Introducción al dibujo de estructuras de concreto armado Fascículo N°9*. (2.<sup>a</sup> ed.). Ediciones y Representaciones B. Honorio J.
- Blanco, A. (1997). *Estructuración y diseño de edificios de concreto armado*. (2.<sup>a</sup> ed.). Colegio de Ingenieros del Perú.
- Braja, M. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. (4.<sup>a</sup> ed.). Internacional Thomson Editores.
- Carrillo, J. y Alcocer, S. (1997). Comportamiento a cortante de muros de concreto para vivienda. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 85(1), 103-126.
- D.S. N° 003-2016-Vivienda. Que declara la modificación de la Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones-RNE. Diario Oficial El Peruano. (2 Enero 2016). <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-modifica-la-norma-tecnica-e030-diseno-decreto-supremo-n-003-2016-vivienda-1337531-1/>
- Haindl, M. (2014). *Evaluación del desempeño sísmico de una vivienda de muros de hormigón armado* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile]. Repositorio Institucional UC. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/16578>
- Gálvez, A. (2010). *Viviendas Económicas de Concreto con Mallas Electrosoldadas*. [Archivo PDF]. [https://www.aci-peru.org/eventos/IX\\_Conv\\_Nov/15\\_Adolfo\\_Galvez](https://www.aci-peru.org/eventos/IX_Conv_Nov/15_Adolfo_Galvez)



[Viviendas economicas de concreto con mallas electrosoldadas.pdf](#)

Galicia, W. y León, J. (2007). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación*. [Archivo PDF].

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/07/William-Galicia.pdf>.

Herrera, J. y Llosa, F. (2010). *Construcción de Edificios con muros de Ductilidad Limitada. Experiencias Proyecto Los Parques del Agustino. Lima*. [Archivo PDF].

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2009/07/GyM-Construccion-MDL.pdf>.

Quiroz, C. (2016). *Evaluación de los sistemas de Muros de Ductilidad Limitada y Albañilería Confinada con Plateas de Cimentación en la ciudad de Juliaca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. Repositorio Institucional UANCV.

<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/713>

Ruiz, J. (27 de Setiembre de 2007). Rehabilitación sísmica de Edificaciones de Mampostería para vivienda. [Simposio]. *V Simposio Nacional de Ingeniería Estructural en la Vivienda*, Michoacán, México. <https://www.smie.org.mx/eventos/memorias/index.php?avanzada=0&where=0=&keyword=0=REHABILITACION+SISMICA+DE+EDIFICACIONES+DE+MAMPOSTERIA+PARA+VIVIENDA>.

San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de albañilería, Comportamiento Sísmico y diseño estructural*. PUPC Fondo Editorial.

San Bartolomé, A. y Quiun, D. (Noviembre 2003). Propuesta Normativa para el diseño sísmico de Edificaciones de Albañilería Confinada. [Congreso]. *XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Guanajuato, México. Recuperado de

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/site/82/2007/08/Propuesta-en-Alba-Con-Construlink.pdf>

San Bartolomé, A. y Quiun, D. (2010). *Diseño sísmico de Edificaciones de Albañilería Confinada*. [Archivo PDF]. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2010/06/Diseno-en-Alba-Confinada.pdf>.

Tasaka, A., Sakoda, K., Narafu, H., Matsuzaki, S., Matsumura, F., Ishiyama, Y. and Imai, H. (12-17 de Octubre 2008). Basic Study for Bridge Between Engineering And Construction Practice Of non-Engineered Houses. [Conferencia]. *The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China. Recuperado de [https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14\\_S18-003.PDF](https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_S18-003.PDF)

## **IX. Anexos**

## **Anexo A**

### **Tablas**

Tabla 55

Matriz de consistencia: Respuesta sísmica y evaluación económica entre el sistema estructural de Albañilería Confinada y Muros de Ductilidad Limitada en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<b>Problema Principal:</b> ¿De qué manera obtendré la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL para el proyecto de edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos?	<b>Objetivo General:</b> Evaluar de qué manera obtendré la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL para el proyecto de edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos.	<b>Hipótesis Principal:</b> Obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos	<b>Variable Independiente:</b> Respuesta sísmica	
<b>Problema Secundario</b> ¿En qué medida analizaré la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos?	<b>Objetivo Específico</b> Determinar la respuesta sísmica en relación a la distorsión entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en una edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos	<b>Hipótesis secundaria:</b> Con la distorsión como parámetro estructural podré obtener la respuesta sísmica entre el sistema de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos	<b>Variables dependientes:</b> Sistema estructural Albañilería Confinada y MDL	<b>Distorsión :</b> -Concreto armado 0.007 -Albañilería 0.005
¿La distribución y verificación de la cortante en muros, influirá para obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en la edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos?	Determinar la respuesta sísmica en relación con la densidad y verificación de la cortante en muros entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en una edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos	Con la densidad de muros y la verificación de los mismos obtendré la correcta distribución de los muros e influirá para obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos		<b>Relación de Densidad de muros con la cortante:</b> Albañilería: $n = E_c / E_m = 4.96$ Muro de Concreto : $L_c = L_m * n$ <b>Verificación de la cortante:</b> Alb. : $\sum(V_m) \geq V_E$ MDL: $V_u \geq 0.5\phi V_c$
¿La configuración de la estructura de acuerdo a la distribución de muros, será regular o irregular, influirá para obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos?	Determinar la respuesta sísmica en relación con la excentricidad para definir su regularidad o irregularidad entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en una edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos	Con la excentricidad obtendré la configuración de la estructura y podré obtener la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación de 4 pisos atípicos		<b>Excentricidad</b> $e < 5\% \text{Long}$
¿Una vez que obtenga la respuesta sísmica entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL en edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos, cómo analizaré el costo del proyecto?	Comparar con el Costo valorizado de la Edificación el presupuesto para cada sistema estructural, de albañilería confinada y MDL en una edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos	Con el costo valorizado de la Edificación podré decidir el proyecto más económico entre el sistema estructural de albañilería confinada y MDL de edificación unifamiliar de 4 pisos atípicos		<b>Presupuesto</b>

Fuente: Propia

Figura 56

Cuadro de valores

<b>Cuadro de Valores Unitarios Oficiales de Edificaciones para la Costa</b> Vigente desde el 01 al 31 de mayo del 2019 Resolución Ministerial N° 370-2018-VIVIENDA - Fecha publicación en Diario El Peruano: 30-oct-2018 Resolución Jefatural N° 130-2019-JNEI (01 MAYO 2019) IPC mes de marzo 2019: 1.12%							
VALORES POR PARTIDAS EN NUEVOS SOLES POR METRO CUADRADO DE ÁREA TECHADA							
CÓDIGO	ESTRUCTURAS		ACABADOS				INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS (7)
	MUROS Y COLUMNAS (1)	TECHOS (2)	PISOS (3)	PUERTAS Y VENTANAS (4)	REVESTIMIENTOS (5)	BAÑOS (6)	
<b>A</b>	Estructuras laminares curvadas de concreto armado que incluyen en una sola armadura la cimentación y el techo. Para este caso no se considera los valores de la columna N°2.	Losas o aligerado de concreto armado con luces mayores de 6m. Con sobrecarga mayor a 300 kg/m <sup>2</sup> .	Mármol importado, piedras naturales importadas, porcelanato.	Aluminio pesado con perfiles especiales. Madera fina ornamental (caoba, cedro o pino selecto). Vidrio insulated (1)	Mármol importado, madera fina (caoba o similar), baldosa acústica en techo o similar.	Baños completos (7) de lujo importado con enchape fino (mármol o similar).	Aire acondicionado, iluminación especial, ventilación forzada, sist. hidro neumático, agua caliente y fría, intercomunicador alarmas, ascensor, sist. de bombeo de agua y desagüe (5), teléfono, gas natural.
	506.44	307.60	271.64	274.84	296.24	99.97	293.78
<b>B</b>	Columnas, vigas y/o placas de concreto armado y/o metálicas.	Aligerados o losas de concreto armado inclinadas.	Mármol nacional o reconstituido, parquet fino (olivo, chonta o similar), cerámica importada, madera fina.	Aluminio o madera fina (caoba o similar) de diseño especial, vidrio polarizado (2) y curvado, laminado o templado.	Mármol nacional, madera fina (caoba o similar) enchapes en techos.	Baños completos (7) importados con mayólica o cerámico decorativo importado.	Sistemas de bombeo de agua potable (5), ascensor, teléfono, agua caliente y fría, gas natural.
	326.52	200.80	162.81	144.86	224.45	76.00	214.51
<b>C</b>	Placas de concreto (e=10 a 15 cm), albañilería armada, ladrillo o similar con columna y vigas de amarre de concreto armado.	Aligerado o losas de concreto armado horizontales.	Madera fina machihembrada, terrazo.	Aluminio o madera fina (caoba o similar), vidrio tratado polarizado (2), laminado o templado.	Superficie caravista obtenida mediante encofrado especial, enchape en techos.	Baños completos (7) nacionales con mayólica o cerámico nacional de color.	Igual al Punto "B" sin ascensor.
	224.76	165.80	107.16	93.64	166.50	52.72	135.32
<b>D</b>	Ladrillo o similar sin elementos de concreto armado. Drywall o similar incluye techo (6)	Calamina metálica, fibrocemento sobre viguería metálica.	Parquet de fraile, losas, cerámica nacional, loseta veneciana 40x40 cm, piso laminado.	Ventanas de aluminio, puertas de madera selecta, vidrio tratado transparente (3).	Enchape de madera o laminados piedra o material vitrificado.	Baños completos (7) nacionales con mayólica blanca.	Agua fría, agua caliente, corriente trifásica, teléfono, gas natural.
	217.36	105.24	94.53	82.02	127.76	28.13	85.49
<b>E</b>	Adobe, tapial o quincha.	Madera con tratamiento impermeabilizante.	Parquet de fraile, loseta veneciana 50x50 cm, losas de cemento con canto doblado.	Ventanas de fierro, puertas de madera selecta, caoba o similar, vidrio transparente (3).	Superficie de ladrillo caravista.	Baños con mayólica blanca, parcial.	Agua fría, agua caliente, corriente monofásica, teléfono, gas natural.
	153.01	39.22	63.33	70.18	87.89	16.54	62.09
<b>F</b>	Madera (estoraque, pumaquiro, huayruru, machinga, catahua amarilla, copaiba, diablo fuerte, tomillo o similares). Drywall o similar (sin techo)	Ceánfilo, losas de fibrocemento o teja sobre viguería de madera corriente.	Loseta veneciana, entablado, alfombra.	Ventanas de fierro o aluminio industrial, puertas contraplacadas de madera (cedro o similar), puertas material MDF o HDF, vidrio simple	Trazado, encofrado y/o yeso moldurado, pintura lavable.	Baños blancos sin mayólica.	Agua fría, corriente monofásica, gas natural.
	115.25	21.58	43.24	52.68	61.97	12.32	35.51
<b>G</b>	Pircado con mezcla de barro.	Madera rústica o caña con torta de barro. Sin techo.	Loseta vinílica, cemento bruñado coloreado, tapizón.	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de pvc o madera corriente	Estucado de yeso y/o barro, pintura al temple o al agua.	Sanitarios básicos de losa de 2da., fierro fundido o granito.	Agua fría, corriente monofásica, teléfono. Agua fría, corriente
	67.90	14.83	38.17	28.46	50.81	8.47	32.94
<b>H</b>			Ladrillo corriente, entablado corriente.		rústico, placa de concreto o similar.	sanitarios.	monofásica sin empotrar
	-	0.00	23.88	14.23	20.33	0.00	17.79
<b>I</b>			Tierra compactada.	Sin puertas ni ventanas.	Sin revestimientos en ladrillo, adobe o similar.		Sin instalación eléctrica ni sanitaria.
	-	-	4.78	0.00	0.00	-	-

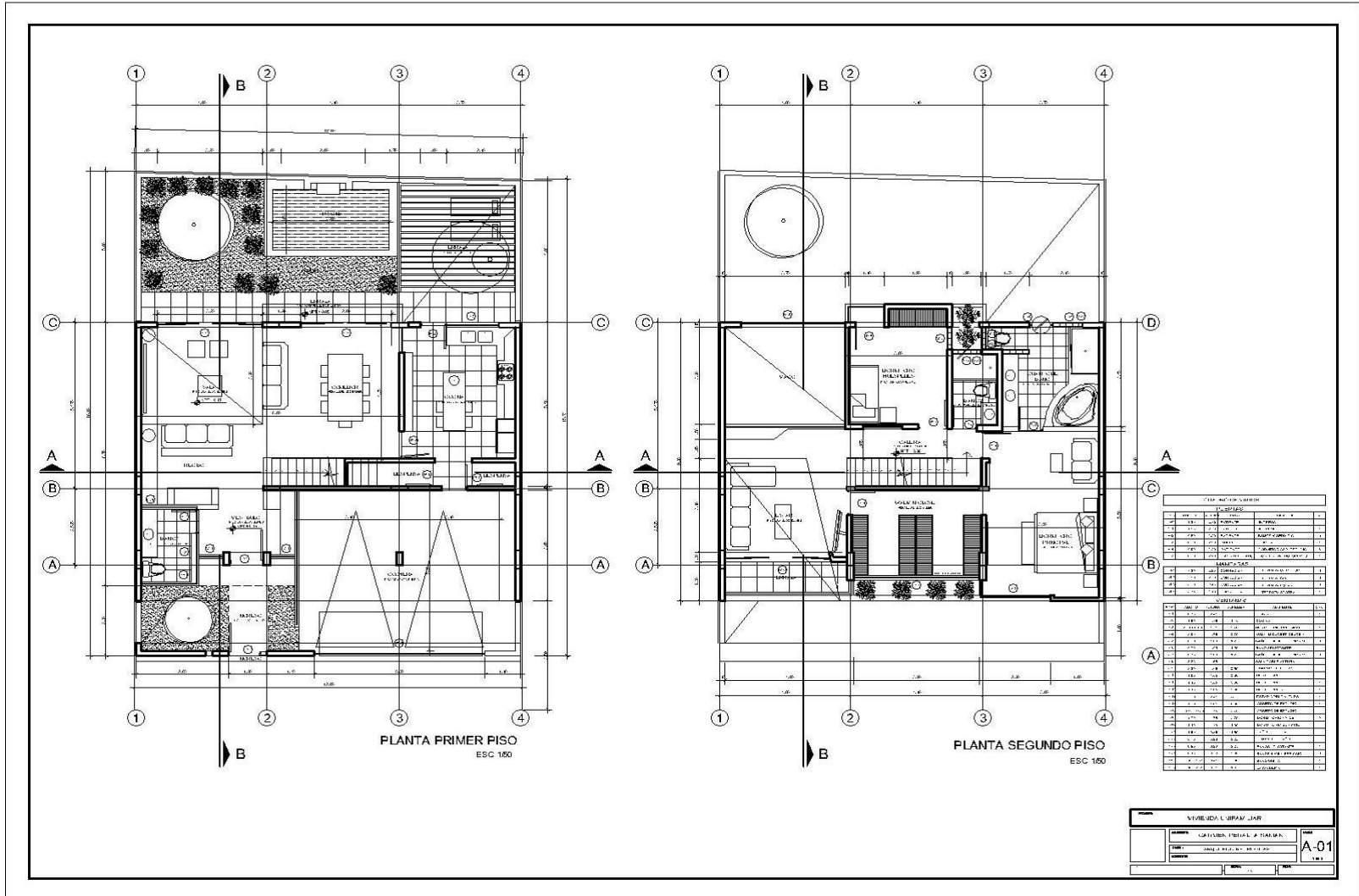
Fuente: Colegio de Arquitectos del Perú

## **Anexo B**

### **Planos**

**Figura 57**

*Plano de distribución de Arquitectura 1º y 2º piso*

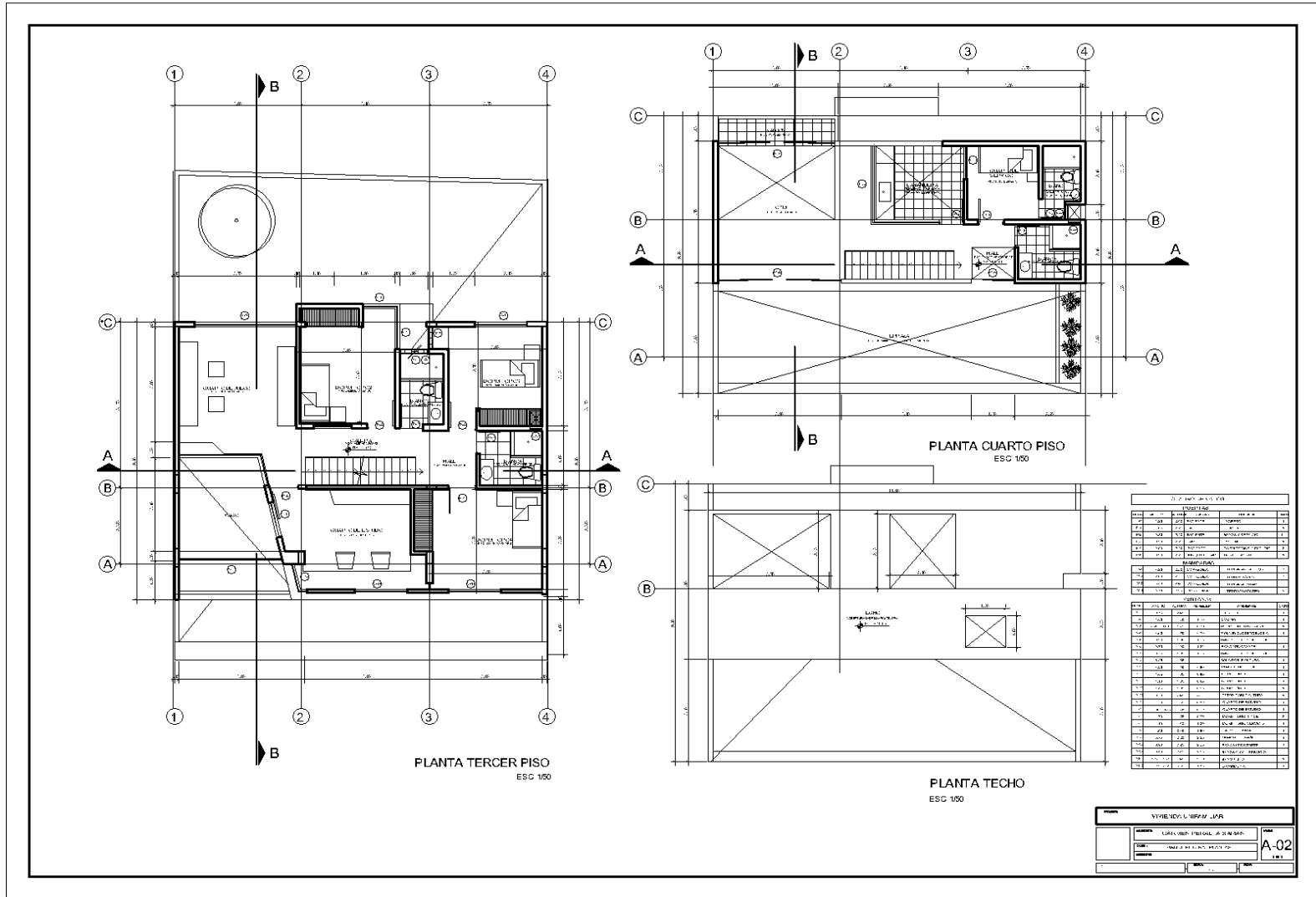


Fuente: Propia



**Figura 58**

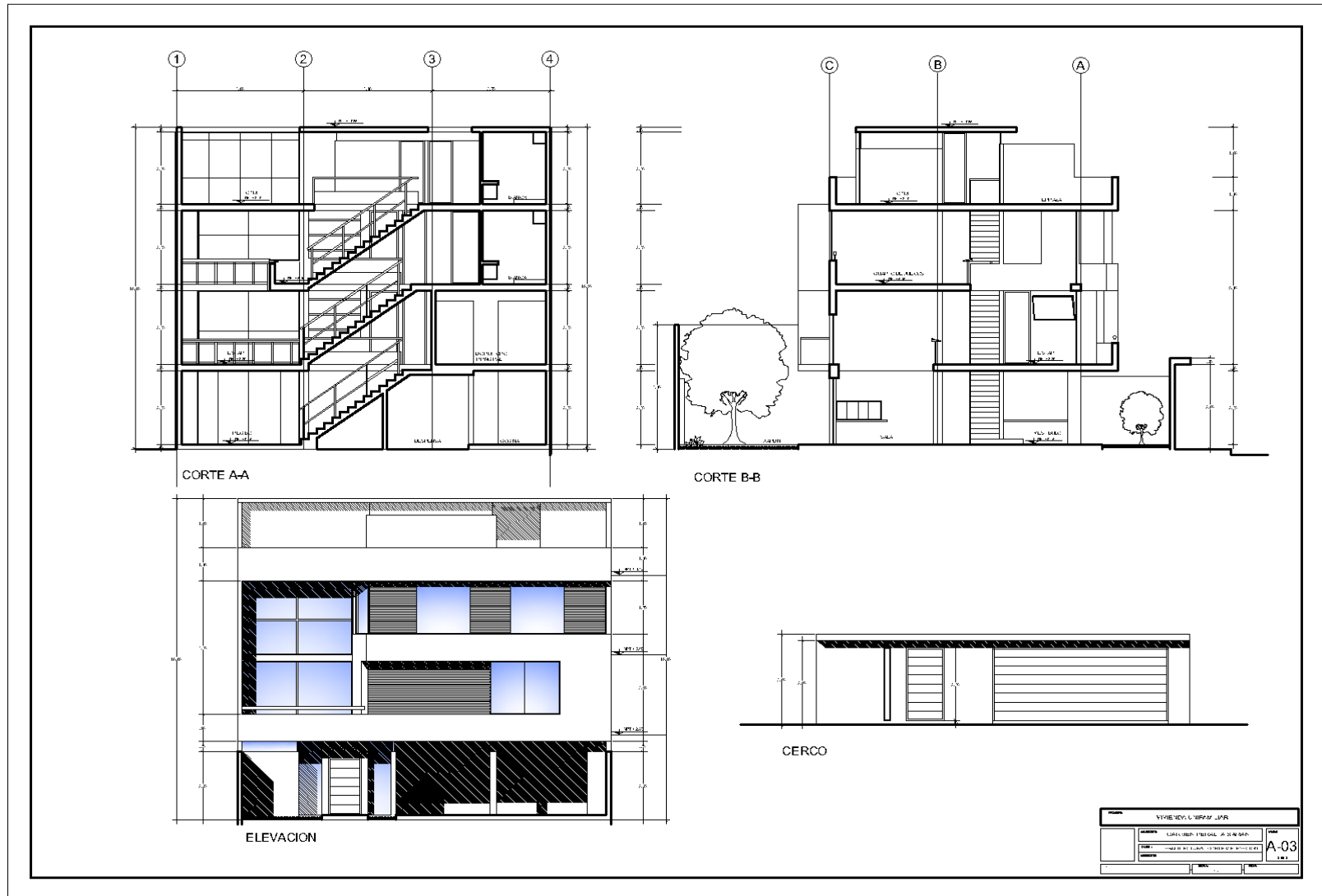
*Plano de distribución de Arquitectura 3°, 4° piso y techo*



Fuente: Propia

Figura 59

Plano de Arquitectura en cortes y elevación



Fuente: Propia