

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS:

**MODELAMIENTO POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN EL
DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA
CONFINADA**

PRESENTADO POR:

Bach. ZAMUDIO PORTOCARRERO, Enson Daniel

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

Línea de Investigación del Programa de Estudios:

Estructuras

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESORES

ING. JAVIER REYNOSO OSCANO

MG. JACQUELINE JEANETTE SANTOS JULCA

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a DIOS, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en mi formación profesional, amigos y compañeros de trabajo que me han respaldado y apoyado para ser posible la realización de esta meta.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los asesores que me brindaron su apoyo, orientación y aliento durante el proceso de elaboración de esta investigación.

Agradezco también a mis padres y hermanos que siempre están apoyándome en toda etapa de mi vida.

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Dr. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ

PRESIDENTE

ING. JUSTO CLAUDIO RODAS ROMERO

JURADO

ING. ANSHIE JOSSEJYN WISMANN MANRIQUE

JURADO

ING. RANDO PORRAS OLARTE

JURADO

Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES

SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE GENERAL

NOMBRE DE LOS ASESORES.....	ii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	iv
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vvi
INDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I	18
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1 Planteamiento del problema:.....	18
1.2 Formulación y sistematización del problema:.....	19
1.2.1 Problema General:.....	19
1.2.2 Problemas Específicos:.....	20
1.3 Justificación:.....	20
1.3.1 Práctica:.....	20
1.3.2 Metodológica:	20
1.4 Delimitaciones:.....	20
1.4.1 Espacial:.....	20
1.4.2 Temporal:	21
1.4.3 Económica:.....	21
1.5 Limitaciones:.....	22
1.5.1 Económica:.....	22
1.6 Objetivos de la investigación:.....	22
1.6.1 Objetivo General:	22
1.6.2 Objetivos Específicos:.....	22
CAPITULO II	23
MARCO TEÒRICO	23
2.1 Antecedentes:	23
2.2 Marco conceptual:.....	32

2.3 Definición de términos:	51
2.4 Hipótesis:	53
2.4.1 Hipótesis General:	53
El modelamiento por el método de elementos finitos optimiza el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada.	53
2.5 Variables:	53
2.5.1 Definición conceptual de las variables:	53
2.5.2 Definición operacional de las variables:	54
2.5 Operacionalización de las variables:	55
CAPITULO III	56
METODOLOGÍA	56
3.1 Método de investigación:	56
3.2 Tipo de investigación:	56
3.3 Nivel de investigación:	56
3.4 Diseño de la investigación:	57
3.5 Población de la muestra:	57
3.5.1 Población:	57
3.5.2 Muestra:	58
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	58
3.6.1 Técnicas de recolección de datos:	58
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos:	58
3.7 Procesamiento de la información:	58
3.8 Técnicas y análisis de datos:	58
CAPITULO IV	59
RESULTADOS	59
4.1 Respecto a: Analizar la influencia de la simetría y regularidad en el modelamiento por el método de elementos finitos.	59
4.1.1 Descripción del proyecto arquitectónico:	59
4.1.2 Estructuración:	60
4.1.3 Propiedades de los materiales:	61
4.1.4 Predimensionamiento de elementos estructurales:	62
4.1.5 Verificación de densidad mínima de muros:	66
4.1.6 Metrado de cargas:	68
4.1.6.1 Pesos propios y sobrecargas:	68

4.2	Respecto a: Analizar los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño de elementos estructurales.....	70
4.2.1	Generalidades respecto al Análisis sísmico:	70
4.2.2	Parámetros considerado para el análisis sísmico:	71
4.2.3	Modelo matemático:	73
4.2.4	Peso de la edificación, centro de masa y rigideces:.....	75
4.2.5	Verificación por esfuerzo axial máximo:	77
4.2.6	Análisis sísmico estático:.....	82
4.2.7	Análisis dinámico modal espectral:	83
4.2.8	Verificación de rigidez, desplazamientos relativos entre pisos y derivas: 85	
4.2.9	Verificación de irregularidades por torsión y piso blando:.....	87
4.2.10	Análisis sísmico estático y análisis sísmico dinámico:	90
4.2.11	Análisis y diseño estructural:.....	94
4.2.11.1	Consideraciones generales:.....	94
4.2.11.2	Diseño de muros de albañilería confinada:	95
a)	Control de fisuración:.....	95
b)	Resistencia al agrietamiento diagonal:.....	95
c)	Verificación de la resistencia al corte del edificio:	99
d)	Necesidad de reforzar horizontalmente:	100
e)	Diseño de elementos de confinamiento:	102
CAPITULO V	113
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	113
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	121
PLANTA TIPICA	121
EJES LOCALES	122
CONFINAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES	123
VIGA DINTEL	124
MATRIZ DE CONSISTENCIA	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muros no portantes	36
Figura 2. Muros portantes	36
Figura 3. Muros no reforzados	37
Figura 4. Muros de albañilería armada	37
Figura 5. Bloques tipo grapa	38
Figura 6. Albañilería laminar	39
Figura 7. Albañilería confinada	39
Figura 8. Simplicidad y simetría	41
Figura 9. Falla por ductilidad	41
Figura 10. Discontinuidad en elevación	42
Figura 11. Falla en la dirección transversal	42
Figura 12. Diafragma rígido	43
Figura 13. Aislamiento adecuado en alfeizar	44
Figura 14. Mapa de zonificación peruano	45
Figura 15. Elementos de un sistema estructural	50
Figura 16. Manzana 048	57
Figura 17. Planteamiento arquitectónico	60
Figura 18. Losa aligerada	63
Figura 19. Confinamientos verticales	68
Figura 20. Regularidad y simetría de la estructura	69
Figura 21. Continuidad de la estructura	69
Figura 22. Modelo matemático	74
Figura 23. Peso de la estructura	75
Figura 24. Grados de libertad	75
Figura 25. Nombre de los muros portantes	76

Figura 26. Nombre de los muros portantes	76
Figura 27. Discretización del modelo	76
Figura 28. Espectro de diseño (XX – YY)	84
Figura 29. Nuevo espectro de diseño (XX – YY)	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de zona	45
Tabla 2. Categoría de las edificaciones y factor U.....	45
Tabla 3. Factor de suelo (S).....	46
Tabla 4. Periodos “T _P ” y “T _L ”	46
Tabla 5. Sistemas estructurales.....	47
Tabla 6. Irregularidades estructurales en altura.....	48
Tabla 7. Irregularidades estructurales en planta.....	48
Tabla 8. Categoría y regularidad de las edificaciones.....	49
Tabla 9. Límites para la distorsión del entrepiso.....	49
Tabla 10. Factores de zona, importancia y tipo de suelo.....	67
Tabla 11. Densidad de muros dirección XX.....	67
Tabla 12. Densidad de muros dirección YY.....	67
Tabla 13. Pesos en muros XX.....	78
Tabla 14. Pesos en muros YY.....	79
Tabla 15. Diseño por cargas verticales XX.....	80
Tabla 16. Diseño por cargas verticales YY.....	81
Tabla 17. Cortante estático XX.....	82
Tabla 18. Cortante estático YY.....	83
Tabla 19. Análisis modal espectral (XX – YY)	84
Tabla 20. Valores de pseudoaceleraciones.....	85
Tabla 21. Derivas para sismo estático XX.....	86
Tabla 22. Derivas para sismo estático YY.....	86
Tabla 23. Derivas para sismo dinámico XX.....	86
Tabla 24. Derivas para sismo dinámico YY.....	87
Tabla 25. Verificación por piso blando XX.....	87

Tabla 26. Verificación por piso blando YY.....	87
Tabla 27. Verificación por resistencia XX.....	88
Tabla 28. Verificación por resistencia YY.....	88
Tabla 29. Verificación por torsión XX.....	88
Tabla 30. Verificación por torsión YY.....	89
Tabla 31. Nuevo análisis modal espectral (XX – YY)	89
Tabla 32. Nuevos valores de pseudoaceleraciones	90
Tabla 33. Factor de masa participativa	91
Tabla 34. Fuerza cortante en la base	92
Tabla 35. Coeficiente sísmico estático	92
Tabla 36. Factor de masa participativa	92
Tabla 37. Cortante basal estático	93
Tabla 38. Cortante basal dinámica XX - YY	93
Tabla 39. Fuerza cortante mínima	93
Tabla 40. Cortante de diseño XX - YY	94
Tabla 41. Diseño por fisuración XX.....	97
Tabla 42. Diseño por fisuración YY.....	98
Tabla 43. Fuerza cortante sismo severo XX - YY.....	99
Tabla 44. Verificación resistencia de corte del edificio.....	99
Tabla 45. Diseño por resistencia sismo severo XX - YY.....	100
Tabla 46. Necesidad de reforzar horizontalmente.....	101
Tabla 47. Reforzamiento horizontal en muros.....	102
Tabla 48. Diseño de columnas de confinamiento extremas.....	103
Tabla 49. Diseño de columnas de confinamiento internas.....	104
Tabla 50. Área de columnas de confinamiento.....	106
Tabla 51. Diseño de refuerzo vertical.....	108

Tabla 52. Diseño de estribos de confinamiento.....	109
Tabla 53. Diseño de vigas soleras.....	111

RESUMEN

La presente investigación respondió al problema general ¿Cómo influye el modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada?, el objetivo general fue Determinar la influencia del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada; y la hipótesis general que se verificó fue; “El modelamiento por el método de elementos finitos optimiza el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada”.

El método general de investigación utilizada fue el método científico; el tipo de investigación fue la aplicada, el nivel de investigación fue el descriptivo y explicativo; el diseño de la investigación fue no experimental. La población estuvo conformada por las edificaciones existentes en la manzana 048 del sector 07 (chorrillos); el tipo de muestreo fue no probabilístico, con una muestra que fue de una edificación de 04 pisos, el cual está ubicado en prolongación Taylor 1700 Huancayo.

De la investigación desarrollada concluimos que el modelamiento por el método de los elementos finitos permite optimizar el diseño estructural, dado que nos brinda todos los datos necesarios para poder desarrollar de manera rápida y eficaz el diseño de los elementos estructurales, y tratando de evitar efectos de torsión y piso blando en la edificación.

Palabras Clave: Modelamiento, método de elementos finitos, diseño estructural, albañilería confinada.

ABSTRACT

The present investigation responded to the general problem was: How does modeling by the finite element method influence the structural design of buildings in confined masonry ?, The general objective of the research was: To determine the influence of modeling by the finite element method in the structural design of buildings in confined masonry; and the general hypothesis that was verified was; "The modeling by the finite element method optimizes the structural design of buildings in confined masonry."

The general research method used was the scientific method; the type of research was applied, the level of research was descriptive and explanatory; The research design was non-experimental. The population was conformed by the existing buildings in block 048 of sector 07 (chorrillos); the type of sampling was not probabilistic, with a sample that was of a building of 04 floors, which is located in extension Taylor 1700 Huancayo.

From the research carried out we conclude that modeling by the finite element method allows to optimize the structural design, since it gives us all the necessary data to be able to quickly and efficiently develop the design of the structural elements, and trying to avoid effects of torsion and soft floor in the building.

Keywords: Modeling, finite element method, structural design, confined masonry.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), según el censo realizado el 2017, en el país existen 10'102,849 viviendas particulares, registrando un aumento de 2'536,707 viviendas a comparación del censo realizado el 2007, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.9%; bajo estas circunstancias se da la necesidad de las construcciones verticales tanto en zonas rurales como urbanas, y el sistema estructural mayormente usado para estas construcciones es la Albañilería Confinada, sin embargo la falta de asistencia técnica profesional hace que estas construcciones no sean lo suficientemente resistente ante eventos sísmicos, generándose daños importantes y en muchos casos irreparables.

El Perú está dentro de una de las regiones con más actividad sísmica, sin embargo, la gran mayoría de edificaciones existentes presenta una alta vulnerabilidad ante eventos sísmicos.

Es necesario prever esta situación, mediante un correcto y adecuado análisis y diseño estructural sismorresistentes de futuras construcciones, para así poder cumplir la funcionalidad y seguridad estructural en concordancia con nuestra actual normativa el cual es el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), considerando la norma E.020 (cargas), E.030 (diseño sismorresistente), E.050 (suelos y cimentaciones), E.060 (concreto armado) y E.070 (albañilería).

El capítulo I; corresponde al problema de investigación, donde se desarrolla el planteamiento del problema, formulaciones de problemas tanto general como específicos, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos tanto general como específicos.

El capítulo II; corresponde al marco teórico, donde se desarrolla los antecedentes locales, nacionales e internacionales, marco conceptual, definición de términos, hipótesis y variables dependiente e independiente.

El capítulo III; corresponde a la metodología, donde se desarrolla el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de la investigación, población de la muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas y análisis de datos.

El capítulo IV; corresponde a los resultados obtenidos del modelamiento en edificaciones de albañilería confinada.

El capítulo V; corresponde a la discusión de resultados.

Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach: Enson Daniel Zamudio Portocarrero.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema:

En la actualidad observamos una gran cantidad de autoconstrucciones de viviendas, las cuales carecen de asistencia técnica (análisis y diseño), por lo cual ante la ocurrencia de un evento sísmico se generarían daños importantes en la estructura de las edificaciones. En la ciudad de Huancayo debido al crecimiento poblacional, se generó una gran demanda de viviendas multifamiliares; y el sistema estructural más usado para este tipo de edificaciones tanto en zonas rurales como urbanas es la denominada albañilería confinada por ser de bajo costo, de fácil adquisición y mano de obra disponible.

Por ello la investigación se realiza debido a que en la actualidad las edificaciones existentes no cumplen con las consideraciones básicas de diseño (simetría, resistencia y ductilidad, continuidad, diafragmas rígidos, regularidad); tampoco tienen las consideraciones necesarias y básicas para el diseño de los principales elementos estructurales que conforman la albañilería confinada.

Es así que nace la necesidad de desarrollar construcciones de viviendas en albañilería confinada resistentes antes eventos sísmicos,

que cumpla además con las condiciones económicas, estéticas; cumpliendo con todas las exigencias de las normas técnicas pertinentes establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Cómo conseguiremos un adecuado diseño estructural; en los últimos años el uso de programas de cómputo en los análisis y diseño en ingeniería se han extendido ampliamente, el método de elementos finitos ha adquirido una gran importancia aumentando el rango de seguridad, y con ayuda de softwares como el ETABS, se puede realizar un modelamiento del sistema estructural, el cual nos brindara los datos necesarios para iniciar con el diseño estructural y además gracias al modelamiento podremos tener una idea de cuál será el comportamiento real que sufra la estructura antes eventos sísmicos.

La investigación se centra en determinar si el modelamiento por el método de elementos finitos permite garantizar un buen comportamiento estructural de la edificación ante eventos sísmicos, así también brindar los datos necesarios para un adecuado diseño estructural, los cuales deben de plasmarse tanto en la memoria de cálculo como en la presentación de los planos.

“Los daños causados por los sismos, en construcciones de albañilería, han sido con frecuencia muy severos y es común que el desempeño de estas construcciones se compare desfavorablemente con el de estructuras de acero y de concreto armado. Sin embargo, la mayoría de las fallas se han presentado en construcciones de albañilería que no fueron objeto de un diseño estructural y que presentaban defectos obvios de estructuración, de construcción y de calidad de materiales.” (Flavio Abanto: 2012)

1.2 Formulación y sistematización del problema:

1.2.1 Problema General:

¿Cómo influye el modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada?

1.2.2 Problemas Específicos:

- a. ¿De qué manera influye la simetría y regularidad en el modelamiento por el método de elementos finitos?
- b. ¿Cuál es el resultado del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño de elementos estructurales?

1.3 Justificación:

1.3.1 Práctica:

Esta investigación ayuda a toda persona que quiera incurrir en el campo de la construcción a tener los lineamientos mínimos exigidos por el RNE para el diseño estructural de una manera correcta y confiable.

La investigación contribuye dando a conocer los lineamientos básicos exigidos por nuestras normas técnicas para el diseño de edificios resistentes y seguros.

Así mismo el presente trabajo de investigación busca mejorar la respuesta ante eventos sísmicos de las edificaciones.

1.3.2 Metodológica:

Con los datos e información recopilada durante el desarrollo de esta investigación servirá para posteriores investigaciones similares, formando parte de su marco teórico y cuerpo de conocimiento que existe del tema de investigación.

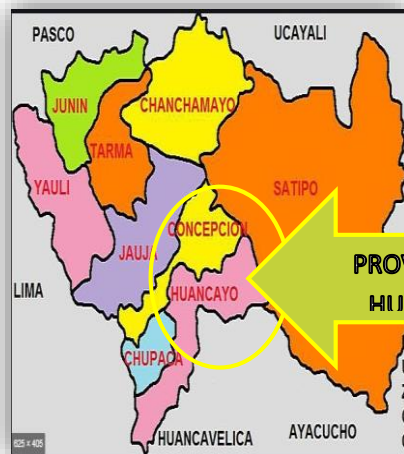
1.4 Delimitaciones:

1.4.1 Espacial:

Dicha investigación se desarrolló en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Huancayo, en prolongación Taylor 1700. El edificio está diseñado para 04 pisos.



DEPARTAMENTO DE JUNIN



PROVINCIA DE HUANCAYO



DISTRITO DE HUANCAYO

1.4.2 Temporal:

La investigación se realizó durante 05 meses de mayo hasta agosto del año 2019, siendo desarrollado en el departamento de Junín, provincia y distrito de Huancayo.

1.4.3 Económica:

La realización de la tesis fue financiada por medios propios del alumno, utilizando los conocimientos adquiridos a través de la experiencia y cursos desarrollados en otras entidades, con ayuda de software computacional.

1.5 Limitaciones:

1.5.1 Económica:

Para la adquisición del software en su versión original de Etabs, puesto que la versión usada del software Etabs tiene un margen de error puesto que no es original.

1.6 Objetivos de la investigación:

1.6.1 Objetivo General:

Determinar la influencia del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada.

1.6.2 Objetivos Específicos:

- a. Analizar la influencia de la simetría y regularidad en el modelamiento por el método de elementos finitos.
- b. Analizar los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño de elementos estructurales.

CAPITULO II

MARCO TEÒRICO

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Antecedentes Nacionales:

- a) Chevarria (2014) sustentó la tesis ***“Análisis y diseño estructural sismorresistente por el método de elementos finitos: pabellón de aulas I.E.S. Charamaya - Mañazo”***. En la Universidad Nacional del Altiplano, en la ciudad de Puno, con la finalidad de optar con el grado Académico de Ingeniero Civil. Planteó el objetivo general: Aplicar el método de elementos finitos, en el análisis y diseño estructural sismorresistente del pabellón de aulas I.E.S. Charamaya; para cumplir la funcionalidad y seguridad estructural en concordancia a la normativa establecida en el RNE. Obteniendo las siguientes conclusiones; i) Al aplicar el método de elementos finitos, en el presente proyecto de investigación, se determinó que el análisis y diseño estructural sismorresistente del Pabellón de Aulas I.E.S. Charamaya si cumple con la funcionalidad y seguridad estructural en

concordancia a la normativa establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE. ii) Se corroboró los alcances de solución que genera la aplicación del método de elementos finitos (MEF); respecto al análisis estático, dinámico y de estabilidad estructural; el cual permitió analizar minuciosamente: deformaciones y deflexiones frente a eventos externos, pudiendo ver la magnitud del daño mediante el monitoreo de la deformación de desempeño (giro o desplazamiento) de los elementos y poder calificarlos como daños aceptables o no, según los límites de aceptación. iii) Se identificó los beneficios del resultado del cálculo estructural en la aplicación del método de elementos finitos (MEF), al analizar el sistema estructural en una dirección y en otra dirección la albañilería confinada, determinando que el sistema estructural planteado tiene elementos rígidos que absorben todos los esfuerzos de sismo en las dos direcciones, por lo tanto, la estructura es suficientemente resistente y posee adecuada rigidez lateral, dando las siguientes recomendaciones: i) La principal recomendación para los problemas en planta es favorecer la simetría en ambas direcciones para disminuir los efectos torsionales. Evitar la presencia de alas muy alargadas que tienden a producir que las alas vibren en direcciones diferentes por la dificultad para responder como una unidad. La simetría en planta indica que el centro de masa y el centro de rigidez están localizados en el mismo punto y disminuye los efectos indeseados de la torsión. Asimismo, la simetría no sólo se refiere a la forma de conjunto del edificio sino también a los detalles de su construcción. ii) En estructuras aporticadas independizar los tabiques es irreal, puesto que en un momento determinado de un sismo por la excesiva deformación se producirá una iteración tabique/estructura; lo apropiado es considerarlo en modelamiento de la estructura. iii) Se debe realizar diseños estructurales acordes a las

normas establecidas, y vigentes en nuestro país; considerando que se encuentran en constante actualización, de suceder dicho cambio, los cálculos del diseño también deberán ser actualizados, adaptados a dichas modificaciones.

- b) Busso y Jorge (2015) sustentaron la tesis ***“Evaluación por desempeño sísmico de una construcción confinada de cinco pisos en la ciudad de Huancavelica utilizando un análisis no lineal estático, distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica, región Huancavelica”***. En la Universidad Nacional de Huancavelica, en la ciudad de Huancavelica, con la finalidad de optar con el grado Académico de Ingeniero Civil. Planteó el objetivo general: Determinar si el desempeño sísmico de una construcción de cinco pisos diseñado con criterios empíricos y ubicado en la ciudad de Huancavelica, cumplirá satisfactoriamente con los objetivos de desempeño, aplicando un análisis no lineal estático mediante el método Pushover. Obteniendo las siguientes conclusiones; i) El modelo estructural con albañilería confinada, analizada en esta tesis con las especificaciones de las normas peruanas NTE 030 y NTE 070, cumple con los objetivos de desempeño concordantes con la filosofía de diseño sismorresistente de la NTE 030. ii) Los resultados del diseño por desempeño muestran, que los edificios de albañilería confinada diseñados con las normas peruanas tendrían los siguientes desempeños en la ciudad de Huancavelica: 1) elástico y lineal para sismos de nivel de demanda de servicio (sismos frecuentes); 2) en rango no lineal, pero concordante con la filosofía de diseño de la NTE 030 y la NTE 070 para sismos de niveles de demanda diseño (raro) y máximo (muy raro), tal como se demuestran en el acápite 4.1 y 4.2. iii) El modelo analizado con muros de albañilería confinada elaborados artesanalmente en la ciudad de Huancavelica tendrían los siguientes desempeños: 1) ante

sismos de servicio o frecuentes, se agrieta, incursionando así en rango inelástico; de lo que se deduce que no cumple con los objetivos de desempeño; 2) la ductilidad obtenida para estas edificaciones es la mitad de lo que se obtiene para los modelos concordantes con las especificaciones de la NTE 070 y NTE 030; 3) estas construcciones, están de pie porque no soportan cargas de gravedad. iv) La ductilidad que se obtiene con ladrillo artesanal de la zona1 es de 2 en promedio, tal como se muestra en el acápite 4.4, esta ductilidad que se obtiene es bajo para edificios de albañilería confinada, debido a que corre el riesgo de fallar por fragilidad. dando las siguientes recomendaciones: i) Las edificaciones de gran valor presupuestal o de gran importancia llamados también esenciales en nuestra región Huancavelica como: Hospitales, Centros educativos Cuarteles de Bomberos, Cuarteles de Policías, etc., deberían ser evaluados y reforzados con un análisis no lineal, como el que se presenta en este trabajo. ii) Se deben realizar evaluaciones de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de albañilería en la ciudad de Huancavelica, usando un análisis no lineal, como el que se desarrolla en este trabajo. iii) Realizar tesis multidisciplinarios con el fin de efectuar estudios que mejoren las características técnicas resistentes de los ladrillos fabricados artesanalmente en la ciudad de Huancavelica. iv) Las entidades encargadas de verificar y aprobar los proyectos de construcción de viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Huancavelica, deben exigir usar ladrillos con resistencia a compresión no menores a lo que está estipulado en la NTE 070. esto para evitar edificaciones vulnerables ante fuerzas sísmicas, y deben hacer cumplir las limitaciones del número de pisos para las unidades de albañilería planteadas en la NTE 070.

c) Escamilo (2017) sustentó la tesis ***“Diseño estructural de una edificación de albañilería confinada de 8 pisos en la***

ciudad de Trujillo, La Libertad”. En la Universidad Privada Antenor Orrego, en la ciudad de Trujillo, con la finalidad de optar con el grado Académico de Ingeniero Civil. Planteó el objetivo general: Desarrollar una metodología para el diseño de una edificación de albañilería confinada de más de 5 pisos. Obteniendo las siguientes conclusiones; i) Del diseño arquitectónico: debe de ser simétrico, sencillo y funcional. ii) De la estructuración: Para disminuir la demanda en los muros (cortante y momento) en este tipo de edificaciones, se deberá contar con una densidad de muros de al menos un 30% mayor que la densidad mínima establecida en la norma técnica E0.70. Para aumentar la esbeltez del muro y así forzar su falla a flexión, es necesario incluir de vigas de acople cada dos niveles. Las inclusiones de vigas de acople permiten reducir el momento actuante en los muros entre un 18 % y 35% dependiendo su ubicación, este porcentaje se obtuvo al compararse con la estructura desacoplada. Para incrementar su rigidez torsional de la estructura se debe procurar que la mayor cantidad de muros estén ubicados en el perímetro, y a fin de evitar las excentricidades debido a la diferencia de rigideces, los muros de concreto armado se deben ubicar en la parte central. iii) Del análisis estructural: Para el análisis elástico lineal resulta indiferente modelar los muros con elementos finitos o como columna ancha, esto se demostró en el análisis de sensibilidad realizado (anexo4), en el que se comparó los resultados obtenidos para ambos modelos. La restricción al giro provista por el acoplamiento de los muros, genera que los puntos de inflexión de momentos se encuentren entre sus extremos restringidos (vigas de peraltas), causando una deformación en doble curvatura, similar al comportamiento estructural de una columna. Los desplazamientos inelásticos del ultimo entre piso fueron de 4.68 cm en la dirección “X” y de 5.85 cm en la dirección “Y”, debido a la gran cantidad de muros que cuenta la estructura.

Además, las derivas máximas se ubicaron en el cuarto entre piso (0.0029) en la dirección “X” y (0.0027) en la dirección “Y”, ambas derivas son menores que la máxima permitida (0.005) según la norma E0.30. Se verifico que el cortante actuante en todos los muros sea menor que el 55% del cortante resistente ($V'm$), de esta manera aseguramos que el edificio se comporte elásticamente bajo un sismo moderado, y no sufran ninguna fisura de consideración frente a movimientos telúricos de mayor ocurrencia. iv) De la verificación de su modo de falla: Los muros diseñados con la norma técnica E0.70 tienen una resistencia al corte mayor, que, al cortante asociado a la plastificación por flexión en base del muro, por lo que “El muro fallara a flexión antes que por corte”. dando las siguientes recomendaciones: i) Analizar la posibilidad de diseñar este tipo de estructuras con unidades de albañilería más comunes (65kg/cm^2 - 85kg/cm^2), puesto que la unidad analizada tiene una elevada sobre resistencia. ii) Realizar ensayos y proporcionar parámetros que permitan predecir la resistencia al corte de los muros, tomando en cuenta relaciones de esbelteces cercanas a 2. iii) En la norma técnica E0.70 se debería proporcionar soluciones que permitan predecir la resistencia al corte tomando en cuenta las relaciones de esbeltez. iv) Efectuar ecuaciones de diseño para muros cuya falla será a flexión, basándose en la hipótesis que el muro estará en voladizo o acoplado mediante vigas cada cierto nivel. v) Realizar un detallado adecuado del refuerzo longitudinal y transversal de las columnas de confinamiento, ya que, su modo de falla del muro será a flexión y los elementos críticos se encuentran en los extremos.

2.1.2 Antecedentes Internacionales:

- a) Taveras (2008) sustentó la **tesis “Revisión de las recomendaciones para modelar y analizar estructuras de mampostería confinada ante carga lateral”**. En la

Universidad Nacional Autónoma de México, con la finalidad de optar con el grado Académico de Maestro en Ingeniería Civil. Planteó el objetivo general: Estudiar de manera analítica, el comportamiento de los diferentes tipos de modelos utilizados en la práctica profesional para reproducir la respuesta elástica de las estructuras de mampostería confinada sometidas a carga lateral. Obteniendo las siguientes conclusiones; i) Si establecemos como un límite aceptable un error de aproximadamente 20%, y considerando que para la mampostería el módulo de cortante tiene un valor de $G=0.4E$, si queremos tener un error en el cálculo de los desplazamientos menor al 20% debemos tener un muro con una longitud igual a dos veces su altura. De igual manera podemos calcular que para tener un error menor al 10%, nuestro muro debe tener una longitud aproximadamente mayor a tres veces la altura del muro. Todos estos valores son válidos para el caso de un muro en voladizo.

- b) López (2011) sustentó la tesis ***“Implicaciones estructurales de la construcción de edificios altos de mampostería para vivienda en la ciudad de México”***. En la Universidad Nacional Autónoma de México, con la finalidad de optar con el grado Académico de Magister en Ingeniería - Estructuras. Obteniendo las siguientes conclusiones; i) Es ampliamente conocido que el método de los elementos finitos ha dominado este campo, pero, otros métodos como los estudiados, continúan teniendo sus propios roles y no han sido descartados en sus áreas más especializadas. ii) El método de los elementos finitos ha adquirido una gran importancia en la solución de problemas en el campo de la ingeniería, física, etc. Ya que permite resolver casos que hasta hace poco tiempo eran prácticamente imposibles de resolver por métodos matemáticos tradicionales iii) Las diferencias de error entre el método de los elementos finitos y la solución

exacta son aceptables por lo que el método resulta siendo siempre fiable. iv) No se puede dejar de mencionar sin embargo que el método de los elementos finitos tiene una amplia aplicación en casos de geometría irregular en donde los métodos tradicionales de diseño resultarían inaplicables.

- c) Marulanda (2012) sustentó la **tesis “Modelación con elementos finitos de muros de mampostería estructural ortogonales”**. En la Universidad Nacional de Colombia, con la finalidad de optar con el grado Académico de Magister en Ingeniería - Estructuras. Planteó el objetivo general: Caracterizar estructuralmente el comportamiento de la mampostería estructural para su modelación por software de computador, determinando los parámetros mecánicos característicos del modelo como son los módulos de elasticidad y las resistencias a la compresión de las unidades de ladrillo, del mortero de relleno, del mortero de pega y de los muretes con celdas vacías y de los muretes con celdas llenas. Obteniendo las siguientes conclusiones; i) En este trabajo se observó que el módulo de elasticidad de muretes de ladrillo, calculado con base en las ecuaciones teóricas del título D de la NSR10, difiere de los valores experimentales que se obtienen del ensayo de muretes. ii) Para la modelación de muros de mampostería con un solo material, por elementos finitos planos tipo Shell se encontró que, para los materiales utilizados, se puede modelar con los datos experimentales del módulo de elasticidad del murete como se dijo en el párrafo anterior o alternativamente así: para muros de celdas vacías usando el 56% del menor módulo de elasticidad de los materiales que lo constituyen, y para muros de celdas llenas el 62% del menor. iii) La variación del factor de forma medio de los muros, para aletas alargadas o acortadas, con respecto a aletas de seis veces el espesor del muro, fue menor para muros doblemente empotrados que para muros en voladizo,

sin embargo, los modelos que consideraron muros doblemente empotrados no son representativos para un análisis manual de muros en una edificación que comparten un diafragma rígido, dado que, presentaron un error promedio de 10.72% y los en los muros en voladizo fue tan solo del 2.54%. iv) En la modelación de la edificación por elementos finitos se pueden usar elementos Shell de comportamiento de espesor delgado dado que no se presentaron errores apreciables comparados con los Shell de placa gruesa. dando las siguientes recomendaciones: i) Para análisis manual o modelación por elementos finitos: Determinar por ensayos de laboratorio, la resistencia última y el módulo de elasticidad de los materiales constitutivos de la mampostería estructural: ladrillo estructural, mortero de relleno y mortero de pega, así como de los muretes con celdas vacías y con celdas llenas. Determinar el módulo de elasticidad que se utilizará en los análisis como el 99.7% del módulo de elasticidad del murete ensayado. ii) Para análisis manual: Analizar los muros estructurales en cada dirección sin considerar las aletas, como muros rectangulares, en voladizo, con un factor de forma $f_s = 1.1346$. iii) Para modelación por elementos finitos: Realizar un modelo tridimensional por elementos finitos planos tipo Shell de comportamiento de espesor delgado, de tamaño máximo de 0.30m x 0.30m, pero cada componente de los muros debe tener más de 6 elementos en la dirección horizontal y vertical, es decir, con un mínimo de $6 \times 6 = 36$ elementos finitos. El espesor del muro a utilizar es el espesor efectivo. Para el módulo de elasticidad de los elementos Shell usar el 99.7% del módulo de elasticidad de ensayos de laboratorio, realizado a un grupo de muretes construidos con los mismos materiales y características que tendrán en la obra real. No se recomienda que se utilicen las fórmulas teóricas para hallar el módulo de elasticidad por su diferencia con la realidad. iv) Para futuras investigaciones se recomienda

aumentar el tamaño de la muestra de los ensayos de laboratorio. v) Se recomienda a los ingenieros, que se motiven a utilizar el método de los elementos finitos, para modelar y analizar estructuralmente las edificaciones, ya que aplicándolo correctamente se pueden considerar efectos tridimensionales que nunca se podrán con la modelación manual, llegando a edificaciones más seguras, para el bien de la comunidad.

2.2 Marco conceptual:

2.2.1 Método de elementos finitos:

2.2.1.1 Definición del método de elementos finitos:

Según Frías (2004), el método de elementos finitos (MEF) es un método numérico de aproximación para la solución de problemas continuos:

- ✓ El continuo se tiene que dividir en un número determinado de partes “elementos” y su comportamiento está especificado mediante un determinado número de parámetro, los cuales están asociados a puntos característicos denominados “nodos”, siendo estos nodos los puntos de unión de los elementos con sus respectivas adyacentes.
- ✓ El sistema completo está formado mediante el ensamblaje de los elementos.
- ✓ Las incógnitas del problema ya no son funciones matemáticas si no que pasaron a ser funciones de los nodos, quedando que el comportamiento en el interior de cada elemento queda relacionado con el comportamiento de los nodos mediante funciones de interpolación.

El MEF, en conclusión, está basado en transformar un cuerpo continuo en un modelo discreto aproximado, este proceso de transformación es llamado discretización del modelo. El conocimiento es obtenido mediante la interpolación de los

valores obtenidos en los nodos; es por tanto una aproximación de valores de una función a partir de un número determinado y finito de puntos.

2.2.1.2 Introducción al método de elementos finitos:

Según Ferrari y Del Castillo (2018), el MEF ayuda significativamente a la resolución de ecuaciones diferenciales asociadas a un problema físico sobre geometrías complicadas. El MEF ayuda a la obtención de una solución numérica aproximada sobre un cuerpo, estructura o dominio (medio continuo), sobre el cual están definidas ciertas ecuaciones diferenciales los cuales caracterizan el comportamiento físico del problema, dividiéndolo en varios subdominios no-intersectantes entre sí denominados «elementos finitos». El conjunto de elementos finitos logra formar una partición del dominio también conocida como discretización. Dentro de cada elemento existen una serie de puntos representativos los cuales son llamados «nodos». Dos nodos son adyacentes siempre y cuando pertenecen al mismo elemento finito; además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos. Al conjunto de nodos que tienen relaciones de adyacencia se les conoce como «malla». Los cálculos son realizados sobre una malla de puntos (llamados nodos), las cuales sirven a su vez de base para discretización del dominio en elementos finitos. Para la generación de la malla es realizado generalmente con programas especiales llamados generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina pre-proceso. De acuerdo a estas relaciones de adyacencia o conectividad se llega a relacionar el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad. El conjunto de relaciones existentes entre el valor de una variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales. Logrando obtener así la matriz de rigidez del sistema; teniendo

en consideración que existe una relación proporcional entre el número de ecuaciones del sistema y el número de nodos. Usualmente el análisis de los elementos finitos es programado computacionalmente para el cálculo de los desplazamientos y seguidamente, a través de relaciones cinemáticas y constitutivas las deformaciones y tensiones respectivamente. El método de los elementos finitos es de gran uso debido a su generalidad y a la facilidad

Para la introducción de dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Una de las propiedades más importantes del MEF es la convergencia; si se consideran particiones de elementos cada vez más finitos, esto lleva a que la solución numérica obtenida converge hacia la solución precisa del sistema de ecuaciones.

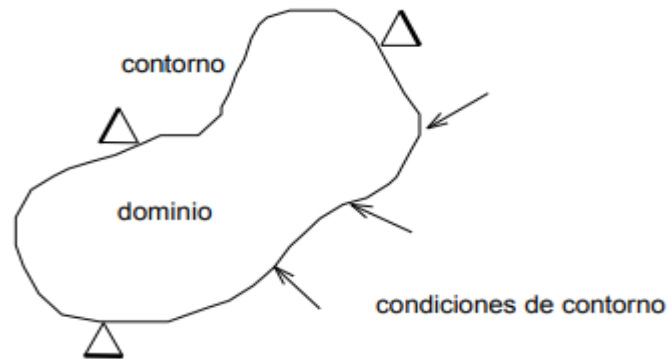
2.2.1.3 Conceptos generales del método:

Según Carnicero, La idea general del método de los elementos finitos es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos. Las ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo regirán también el del elemento. De esta forma se consigue pasar de un sistema continuo (infinitos grados de libertad), que es regido por una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número de grados de libertad finito cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones, lineales o no.

En cualquier sistema a analizar podemos distinguir entre:

- ✓ **Dominio.** Espacio geométrico donde se va a analizar el sistema.
- ✓ **Condiciones de contorno.** Variables conocidas y que condicionan el cambio del sistema: cargas, desplazamientos, temperaturas, voltaje, focos de calor.

✓ **Incógnitas.** Variables del sistema que deseamos conocer después de que las condiciones de contorno han actuado sobre el sistema: desplazamientos, tensiones, temperaturas.



2.2.2 Sistema de albañilería:

Según Abanto (2014), es un sistema estructural que resulta de la superposición de unidades de albañilería (muros, vigas, columnas, etc.), unidas adheridas entre sí por un mortero, logrando formar así un conjunto monolítico el cual es llamado muro.

La albañilería se clasifica:

2.2.2.1 Por su función estructural:

Según San Bartolomé, Quiun y Silva (2011).

a) Muros no portantes:

Son aquellos muros los cuales no reciben carga vertical, tales como cercos, parapetos y tabiques, estos muros son diseñados bajo cargas perpendiculares a su propio plano, estos muros solo responden a cargas de empuje, ya que sus masas son pequeñas generando así fuerzas de inercia mínimas.

Los cercos son usados como elementos de cierre en linderos; los tabiques son usados como elementos divisorios de ambientes y los parapetos son usados como cerramientos en azoteas, barandas en escaleras, entre otros.

Figura 1. Muros no portantes

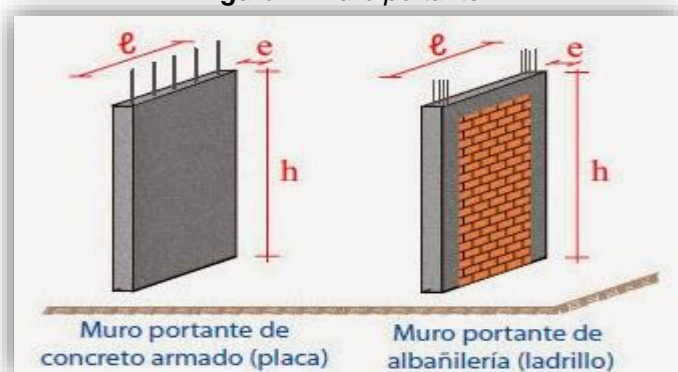


Fuente: Reparación y reforzamiento de las construcciones de albañilería (San Bartolomé)

b) Muros portantes:

Son aquellos empleados como elementos estructurales; estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto vertical como lateral, también permanente o eventual.

Figura 2. Muro portante



2.2.2.2 Por su distribución del refuerzo:

Según San Bartolomé, Quiun y Silva (2011).

a) Muros no reforzados o de albañilería simple:

Muros carentes de refuerzo, según nuestra norma peruana E.070, este tipo de edificación no debe de usarse ya que presenta carácter frágil. Sin embargo se observó casos de construcciones antiguas con este sistema, en buenos suelos y con bastante densidad de muros en ambas direcciones, teniendo un comportamiento inelástico ante eventos sísmicos sin sufrir daños significativos.

Realizando una comparación entre muros no reforzados y muros confinados ambos tienen la misma resistencia a la fuerza cortante; en la albañilería confinada hace uso de columnas de confinamiento aumentando tanto la ductilidad y la rigidez lateral, reduciendo así el periodo de vibración.

Figura 3. Muro no reforzado



b) Muros reforzados:

b.1) Muro de albañilería armada:

Caracterizados por llevar el refuerzo al interior de la albañilería (fig. 4), el refuerzo por lo general está distribuido a lo largo de la altura del muro como de su longitud, para reforzar el muro se procede a llenar los alveolos con concreto líquido (grout).

Figura 4. Muro de albañilería armada



b.2) Muro de albañilería de junta seca:

Variedad de los muros armados, con la diferencia que estos muros no requieren el uso de mortero tanto en juntas verticales como horizontales.

Figura 5. Bloques tipo grapa

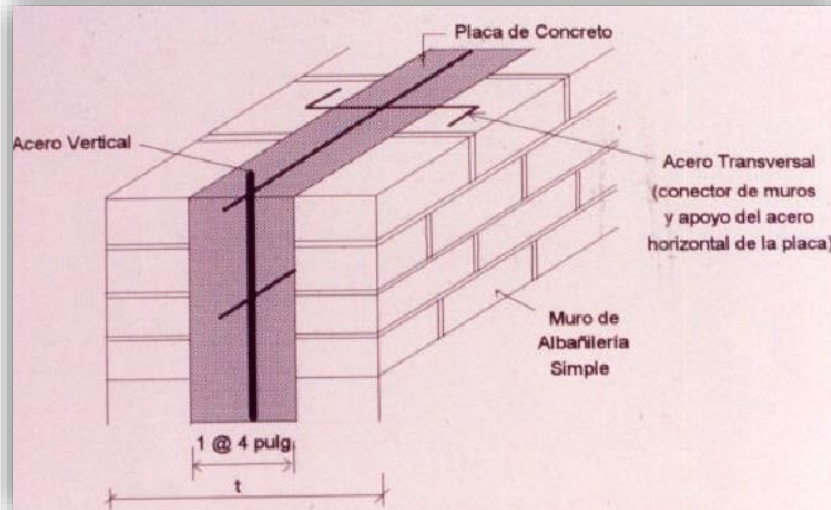


Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería (San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva)

b.3) Muro laminar:

Constituido por una placa delgada de concreto, el cual esta reforzada con una malla de acero central, y por dos muros de albañilería simple que sirven como encofrado para la placa. El ingeniero Héctor Gallegos realizó la única investigación experimental, para lo cual utilizó ladrillos sílico- calcáreos, observándose un buen comportamiento elástico del muro laminar, con una elevada rigidez lateral y resistencia al corte; poco después de producirse un agrietamiento diagonal en la placa, ocurrió una fuerte degradación de resistencia y rigidez (falla frágil), debido a que los muros de albañilería se separaron de la placa; este tipo de albañilería no es utilizado en el Perú, por ende no figura en nuestra norma.

Figura 6. Albañilería laminar



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería (San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva)

b.4) Albañilería confinada (muro confinado):

Según San Bartolomé, Quiun y Silva (2011), el sistema más usado en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificios de hasta 05 pisos.

La albañilería confinada está definida como aquella que se encuentra bordeada por elementos de concreto armado (la cimentación puede ser concreto ciclópeo), se toma en consideración la distancia entre columnas que no sea mayor a 2 veces la altura del muro.

Figura 7. Albañilería confinada



Fuente: Manual de albañilería confinada (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento)

Es muy importante la secuencia con la que se debe de construir, para lograr la adherencia entre los confinamientos y la albañilería para poder formar un conjunto el cual actúe de manera integral; para el caso de los pórticos, su proceso constructivo primero se construye los elementos de concreto armado (columna, viga y techo), después de desencofrarlos se construye el tabique de albañilería; los muros confinados primero se construye la albañilería luego se realiza el vaciado de las columnas por último se vacía el concreto de vigas soleras en unión con la losa de techo (columna-muro) y (solera-muro) formando así un sistema.

2.2.2.3 Criterios de estructuración:

Según Blanco Blasco (2011), mientras más compleja sea una estructura resultara complicado predecir su comportamiento sísmico, existen criterios necesarios para poder lograr una estructura resistente sísmicamente.

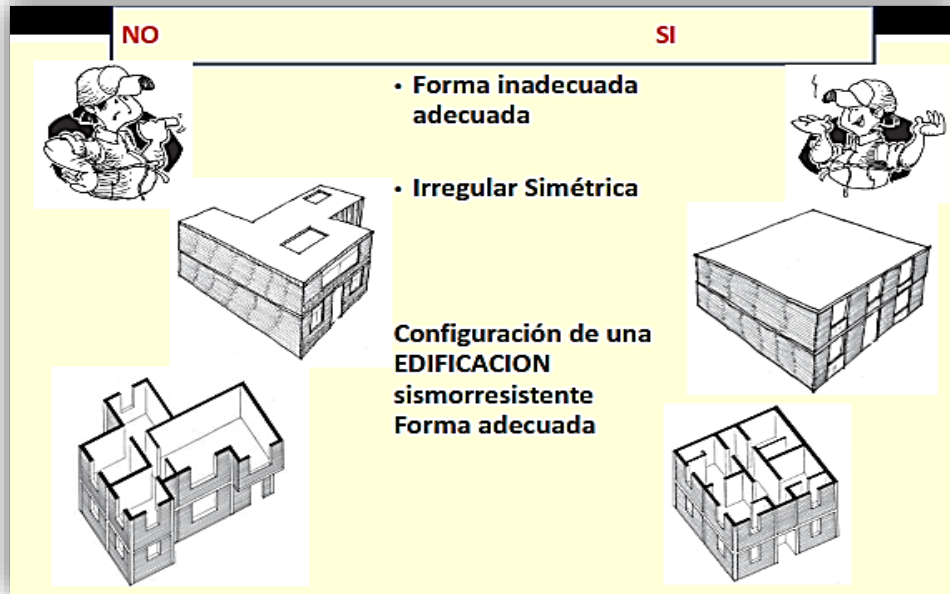
a) Simplicidad y simetría:

Las estructuras simples presentan un mejor comportamiento ante actividades sísmicas, existen dos razones:

- ✓ Es más sencillo predecir el comportamiento sísmico de una estructura simple que para estructuras complejas.
- ✓ Habilidad para la idealización de elementos estructurales es mayor para estructuras simples que para estructuras complejas.

La simetría de la estructura en dos direcciones es deseable por las mismas razones, la carencia de simetría produce efectos torsionales, los cuales son complicados de predecir siendo altamente destructivos.

Figura 8. Simplicidad y simetría



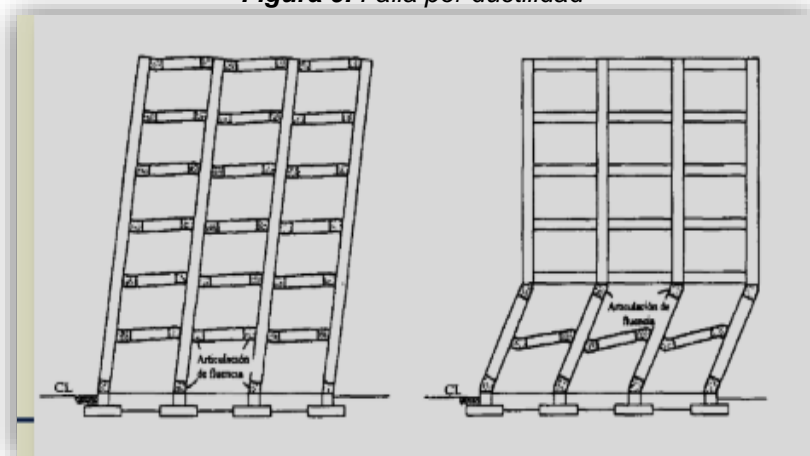
Fuente: Universidad nacional de Altiplano

b) Resistencia y ductilidad:

Las estructuras deben de presentar una adecuada resistencia sísmica por lo menos en dos direcciones ortogonales. Garantizando la estabilidad tanto de la estructura como un todo, como cada uno de sus elementos.

Con la ductilidad buscamos que las estructuras sean capaces de deformarse plásticamente sin llegar a una falla.

Figura 9. Falla por ductilidad

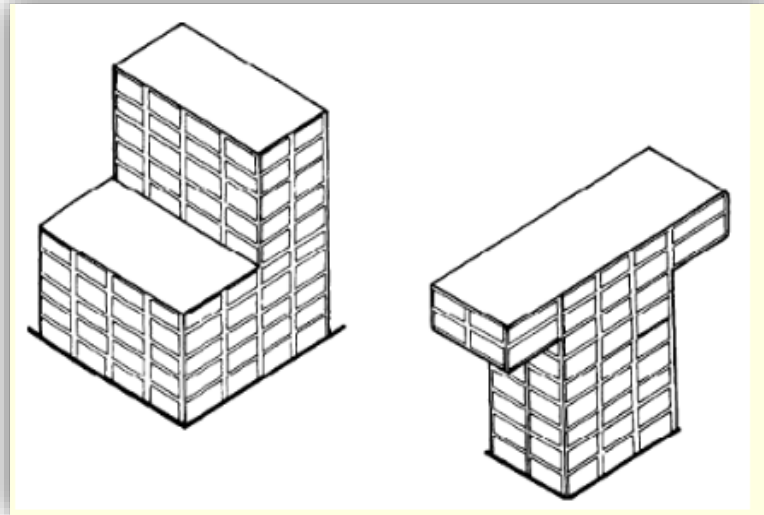


Fuente: Universidad nacional de Altiplano

c) Uniformidad y continuidad de la estructura:

La estructura debería de ser continua tanto en planta y elevación, con elementos que no cambien bruscamente su rigidez, evitando así la concentración de esfuerzos.

Figura 10: Discontinuidad en elevación



Fuente: Universidad nacional de Altiplano

d) Rigidez lateral:

Para que una estructura pueda resistir fuerzas horizontales sin tener deformaciones importantes, será necesario proveerla de elementos estructurales que aporten rigidez lateral en sus direcciones principales.

Figura 11: Fallas en la dirección transversal



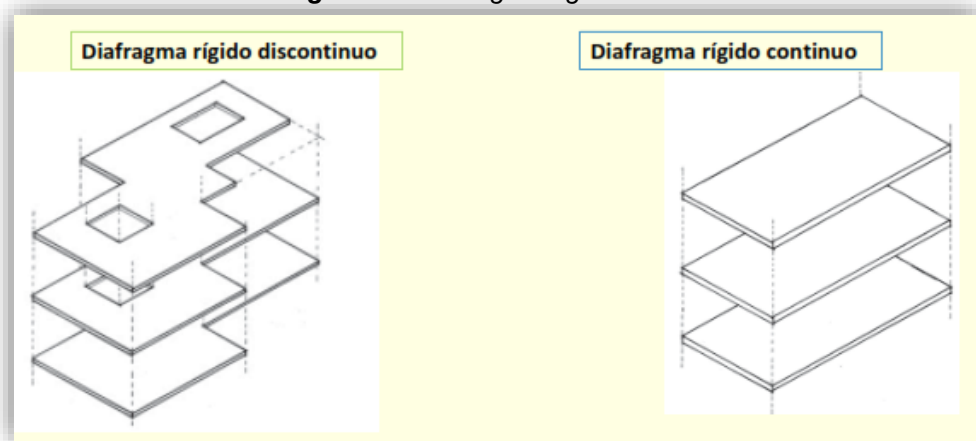
Fuente: Universidad nacional de Altiplano

e) Existencia de losas que permitan considerar a la estructura como una unidad (Diafragma rígido):

Es usual considerar como hipótesis básica la presencia de una losa rígida, que permite la idealización de la estructura como unidad, donde las fuerzas horizontales aplicadas pueden distribuirse de acuerdo a su rigidez lateral, logrando mantener toda una misma deformación lateral para un determinado nivel.

Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en las que la losa de piso, techo y cimentación, actúen como elementos que integran los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.

Figura 12: Diafragma rígido

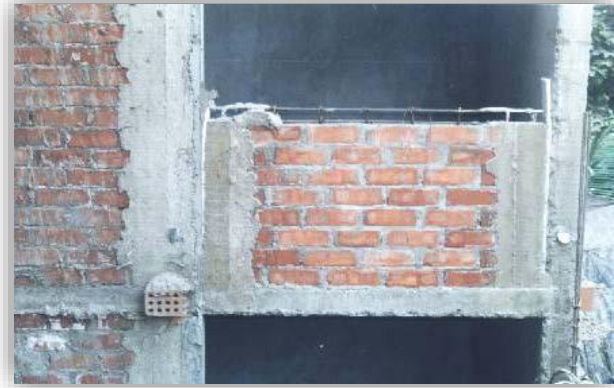


Fuente: Universidad nacional de Altiplano

f) Elementos no estructurales:

Todos aquellos elementos que no son estructurales como cercos, alfeizares y parapetos deberán ser aislados de los elementos estructurales (Columnas, muros), debiéndoseles diseñar ante acciones perpendiculares a su plano.

Figura 13: Aislamiento adecuado en alfeizar.



Fuente: Universidad nacional de Altiplano

2.2.2.4 Consideraciones para el análisis sísmico:

Según RNE E.030, las consideraciones adoptadas para poder realizar un análisis dinámico de las estructuras son tomadas mediante movimientos de superposición espectral, es decir, basado en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

2.2.2.4.1 Parámetros sísmicos:

a) Zonificación (Z):

Esta zonificación está basada en la distribución espacial de la sismicidad, las principales características de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral.

De acuerdo al art. 10.2 “**zonas sísmicas**” a cada zona se le asigna un factor “**z**” para cada una de las 4 zonas sísmicas, este factor es interpretado como la aceleración máxima horizontal, teniendo una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Figura 14: Mapa de zonificación peruano

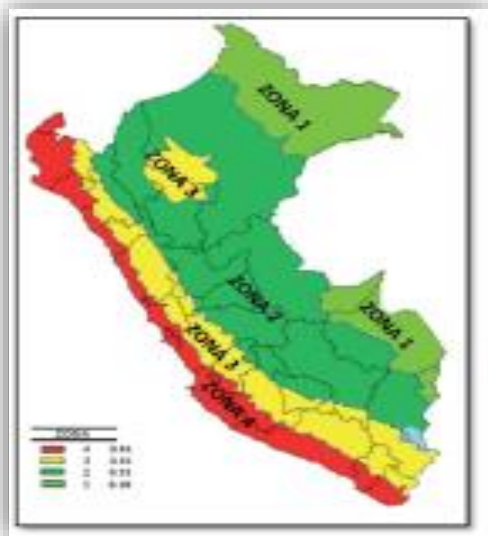


Tabla 1: Factor de zona

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

b) Categoría de la edificación y factor de uso (U):

Cada estructura está clasificada de acuerdo al uso que se le dará a la edificación, nuestra norma establece un factor de uso “U” el cual se tomará en consideración para el análisis.

Tabla 2: Categoría de las edificaciones y factor U

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A edificaciones esenciales	Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias, locales municipales, bomberos, establecimientos de salud, cuarteles de fuerza armada y policial, instituciones educativas, universidades, edificios en los cuales se almacenen información importante para el estado.	1.5
B edificaciones importantes	Cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminal de buses, establecimientos en los cuales se guarda patrimonios valiosos, museos y bibliotecas.	1.3
C edificaciones comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales.	1.0
D edificaciones temporales	Depósitos, casetas y similares.	Nota 2

c) Parámetros del suelo (S):

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Tabla 3: Factor de suelo (S)

	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
ZONA 4	0.80	1.00	1.05	1.10
ZONA 3	0.80	1.00	1.15	1.20
ZONA 2	0.80	1.00	1.20	1.40
ZONA 1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

Tabla 4: Periodos “T_P” y “T_L”

	PERFIL DEL SUELO			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (S)	0.4	2.5	2.0	1.6

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

d) Factor de amplificación sísmica (C):

En relación con las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) mediante las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

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

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

e) Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0):

Los sistemas estructurales están clasificados según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección del análisis.

Tabla 5: Sistemas estructurales

SISTEMA ESTRUCTURAL	R_0
ACERO:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	6
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	8
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	6
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
CONCRETO ARMADO:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
ALBAÑILERIA ARMADA O CONFINADA	3
MADERA (POR ESFUERZOS ADMISIBLES)	7

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

f) Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R):

Están determinados por la siguiente expresión:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Donde:

R₀: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

I_a: Factor de irregularidad en altura.

I_p: Factor de irregularidad en planta.

Tabla 6: Irregularidades estructurales en altura

Irregularidad	I _a
De rigidez – piso blando	0.75
De extrema de rigidez	0.50
De masa o peso	0.90
Geométrica vertical	0.90
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.80
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.60

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

Tabla 7: Irregularidades estructurales en planta

Irregularidad	I _a
Torsional	0.75
Torsional extrema	0.60
Esquinas entrantes	0.90
Discontinuidad del diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.90

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

Tabla 8: Categoría y regularidad de las edificaciones

CATEGORIA DE EDIFICACIÓN	ZONA	RESTRICCIONES
A1 Y A2	4,3, y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3, y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

2.2.2.4.2 Desplazamientos laterales relativos admisibles:

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el artículo 31 (determinación de desplazamientos laterales, no exceda la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la tabla a continuación.

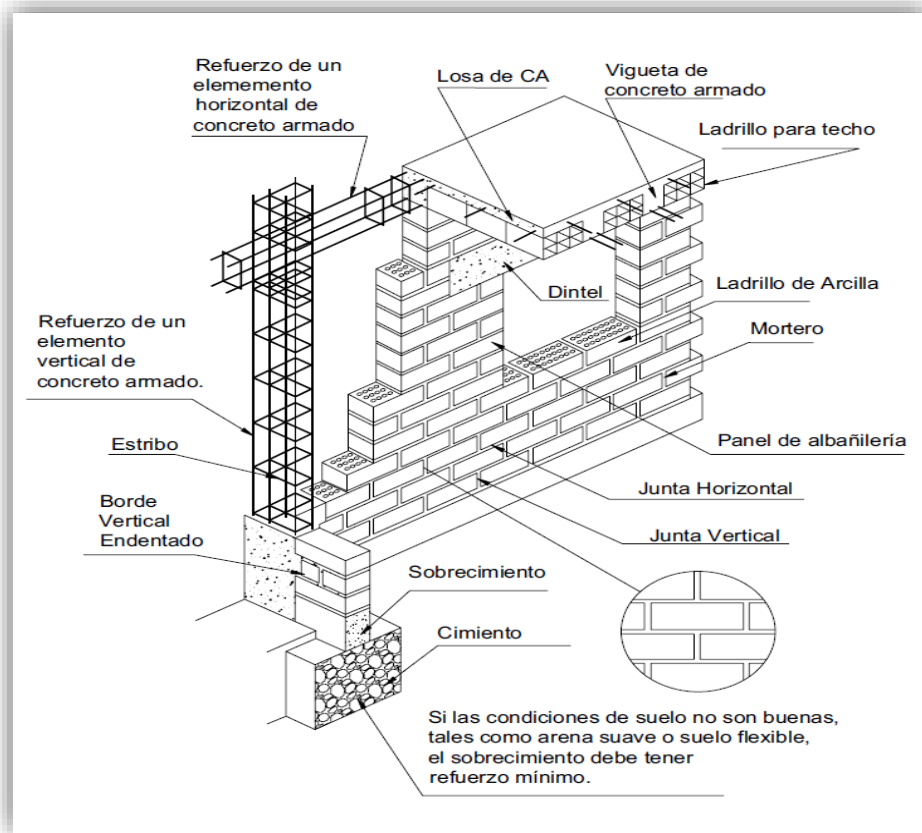
Tabla 9: Límites para la distorsión del entrepiso

MATERIAL PREDOMINANTE	Δ_i/h_{ei}
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Concreto armado con muros de ductilidad limitada.	0.005

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

2.2.2.5 Consideraciones para el diseño estructural:

Figura 15: Elementos de un sistema estructural



Fuente: Universidad nacional de ingeniería

2.2.2.5.1 Cargas de diseño:

a) Carga muerta (CM):

Son cargas que provienen del peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques, entre otros que se consideren cargas permanentes.

b) Carga viva (CV):

Son cargas que provienen de los pesos no permanentes dentro de la estructura, los cuales incluyen a los ocupantes, materiales, equipos muebles entre otros elementos móviles estimados dentro de la estructura.

c) Cargas producidas por el sismo (CS):

Son aquellas generadas por la acción sísmica actuantes sobre la estructura siguiendo los parámetros establecidos en la norma E.030.

2.2.2.5.2 Normas de diseño:

Para el análisis del diseño estructural en edificaciones de albañilería confinada se complementarán con lo señalado en las siguientes normas:

- Norma técnica peruana E.020 (cargas) del RNE.
- Norma técnica peruana E.030 (diseño sismorresistente) del RNE.
- Norma técnica peruana E.050 (suelos y cimentaciones) del RNE.
- Norma técnica peruana E.060 (concreto armado) del RNE.
- Norma técnica peruana E.070 (albañilería) del RNE.

2.3 Definición de términos:

- a) Modelamiento:** idealización de los componentes estructurales que corresponden a una edificación, esta es representada en forma matemática.
- b) Módulo de Elasticidad:** Relación entre el incremento de esfuerzo aplicado a un determinado material y su cambio a la deformación unitaria.
- c) Esfuerzo Cortante:** Esfuerzo resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal.
- d) Diafragma Rígido:** La losa rígida idealiza la estructura como unidad, cuyas fuerzas laterales se distribuyen en columnas y muros de acuerdo a su rigidez lateral.
- e) Análisis Sísmico Estático:** Consiste en aplicar cargas estáticas en cada uno de sus niveles para así poder simular el efecto que tiene el sismo.

- f) **Análisis Sísmico Dinámico:** Consiste en determinar todas las posibles respuestas que pueda tener una estructura a partir de sus deformaciones (nodos) y sus frecuencias.
- g) **Deformación:** Cambio en el tamaño o forma de cuerpo producto de esfuerzos internos.
- h) **Frecuencia:** Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de todo tipo de fenómeno o suceso periódico.
- i) **Rigidez:** Capacidad de los cuerpos a doblarse producto de fuerzas externas que actúan sobre su superficie.
- j) **Desplazamiento:** Cambio de posición de un cuerpo en un determinado tiempo definido.
- k) **Albañilería Confinada:** Técnica de construcción usualmente es el método para la construcción de viviendas.
- l) **Albañilería Estructural:** Albañilería con refuerzo en los muros.
- m) **Cemento:** Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo, que posteriormente mezclada con agua u otra cosa forma una pasta blanda, que se endurece al contacto con el agua o aire.
- n) **Arena (Fina y Gruesa):** Materia el cual está constituida de pequeños granos de mineral, los cuales son desprendidos de rocas.
- o) **Piedra Chancada:** Roca ígnea formada a partir del enfriamiento y solidificación de magma.
- p) **Hormigón:** Mezcla de piedras de distintos tamaños con arena gruesa.
- q) **Acero Corrugado:** Barra de acero rectas que tienen una sección circular.
- r) **Madera:** Material ortótropo con distinta elasticidad según la dirección de su deformación.
- s) **Concreto:** Mezcla de agua, arena, piedra y cemento que una vez solidificado es un material altamente resistente.
- t) **Mortero:** Mezcla de arena gruesa y agua usado para el asentado de ladrillos.

- u) **Columna:** Elemento estructural vertical de soporte rígido.
- v) **Viga Solera:** Elemento horizontal el cual sirve para dar confinamiento a los muros.
- w) **Cimiento:** Construcción ubicado bajo de la tierra, para que la presión sobre el suelo sea mínima.
- x) **Sobrecimiento:** Cadena de hormigón, que descansa total o parcialmente en los cimientos.
- y) **Losa Aligerada:** Techo de concreto armado.

2.4 Hipótesis:

2.4.1 Hipótesis General:

El modelamiento por el método de elementos finitos optimiza el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada.

2.4.2 Hipótesis Específicas:

- a. La simetría y regularidad influyen positivamente en el modelamiento por el método de elementos finitos.
- b. Los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos influyen positivamente en el diseño de elementos estructurales.

2.5 Variables:

2.5.1 Definición conceptual de las variables:

2.5.1.1 Variable independiente (X):

- **Modelamiento por el método de elementos finitos:**

Según Maturana (2004), El modelamiento es la representación simplificada de la realidad, para poder comprender, describir y predecir su comportamiento hacia factores externos, disminuyendo los costos de falla.

Según Ferrari y Del Castillo (2018), El método de elementos finitos es una técnica de simulación por computadora, método número general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy complejas, este método permite obtener una solución aproximada sobre un cuerpo, dividiéndolo en varios subdominios denominados elementos finitos.

2.5.1.2 Variable dependiente (Y):

➤ **Diseño estructural de edificaciones:**

Según Meli, El diseño estructural abarca las distintas actividades que desarrolla un proyectista para así poder determinar la forma, dimensiones y características detalladas sobre una determinada estructura, teniendo como función absorber las sollicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia.

Según San Bartolomé (1994), La albañilería confinada es el sistema que es usado en casi toda Latinoamérica para las construcciones de edificaciones de hasta 05 pisos; caracterizado por estar constituida por muros de albañilería simple, los cuales están enmarcados por una cadena de concreto armado.

2.5.2 Definición operacional de las variables:

2.5.2.1 Variable independiente:

➤ **Modelamiento por el método de elementos finitos:**

Mediante el modelamiento por el método de elementos finitos se busca garantizar el buen comportamiento de la estructura y obtener los datos necesarios de una manera

rápida y segura para realizar el diseño de elementos estructurales.

2.5.2.2 Variable dependiente:

➤ *Diseño estructural de edificaciones:*

Realizar un diseño estructural es de suma importancia ya que es la base para la construcción de edificaciones sismorresistentes, este procedimiento de análisis es más fácil debido a que se cuenta con diversos softwares como el Etabs 2017.

$$Y=F(X)$$

2.5 Operacionalización de las variables:

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medición
X: Modelamiento con el método de elementos finitos.	Precisión.	Resultados del modelamiento.	Checklist.
	Confiabilidad.		Checklist.
	Seguridad.		Checklist.
Y: Diseño estructural de edificaciones.	Simetría y regularidad.	Arquitectura Planta y Elevación.	Checklist y R.N.E.
	Análisis sísmico.	Periodos de Vibración.	Checklist y R.N.E.
	Diseño de elementos estructurales.	Resultados del diseño.	Checklist y R.N.E.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Método de investigación:

En el trabajo de investigación se hizo uso del método científico como método general, se realizó la revisión de bibliografías para la interpretación de la información y análisis de datos obtenidos, para de esta manera obtener conocimientos validos desde el punto de vista científico.

3.2 Tipo de investigación:

El tipo de investigación es aplicada, porque se preocupa por la aplicación del conocimiento, producto de la investigación básica. Es un primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas práctico.

3.3 Nivel de investigación:

El nivel de estudio es descriptivo y explicativo:

Descriptivo porque nuestra meta consiste en la descripción de fenómenos, situaciones y sucesos detallando como son y se manifiestan, mediante este estudio buscamos especificar propiedades, características y

perfiles de determinados fenómenos, pretendiendo medir o recoger información de forma independiente o conjunta relacionado a nuestras variables, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas.

Explicativo, porque es utilizado con el fin de intentar determinar las causas y consecuencias de un determinado fenómeno, buscando no solo el qué, sino el porqué de las cosas y como llegaron al estado en cuestión.

3.4 Diseño de la investigación:

El diseño de investigación es no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de investigar donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hace en este diseño de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, con el fin de analizarlos después.

3.5 Población de la muestra:

3.5.1 Población:

La población está compuesta por las edificaciones en la manzana (048) ubicada en el sector 07 (chorrillos), el cual cuenta con 41 lotes, con edificaciones de hasta 04 pisos



3.5.2 Muestra:

El muestreo es no probabilístico o por conveniencia, para la realización de la investigación se selecciona el lote 28 para el diseño de un edificio multifamiliar de 04 pisos el cual está ubicado en prolongación Taylor 1700 Huancayo.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

3.6.1 Técnicas de recolección de datos:

✓ **Observación:**

Se observan los resultados obtenidos del software Etabs para el diseño estructural en albañilería confinada.

✓ **Análisis bibliográficos:**

Información obtenida de libros, informes y revistas relacionado con el modelamiento; método de elementos finitos, diseño estructural y albañilería confinada.

3.6.2 Instrumentos de recolección de datos:

- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma Técnica E.020 (Cargas), E.030 (Diseño Sismorresistente), E.060 (concreto armado) y E.070 (Albañilería).
- ✓ Software Etabs y Excel.
- ✓ Planos de Arquitectura (planta, cortes y elevaciones).

3.7 Procesamiento de la información:

Procesamos los datos obtenidos para responder a los problemas tanto general como específicos, con ayuda de software como son el Etabs y Excel.

3.8 Técnicas y análisis de datos:

Los análisis de los datos son de tipo cuantitativo, ya que la base de datos será procesada los cuales serán representados mediante cuadros y gráfico.

CAPITULO IV

RESULTADOS

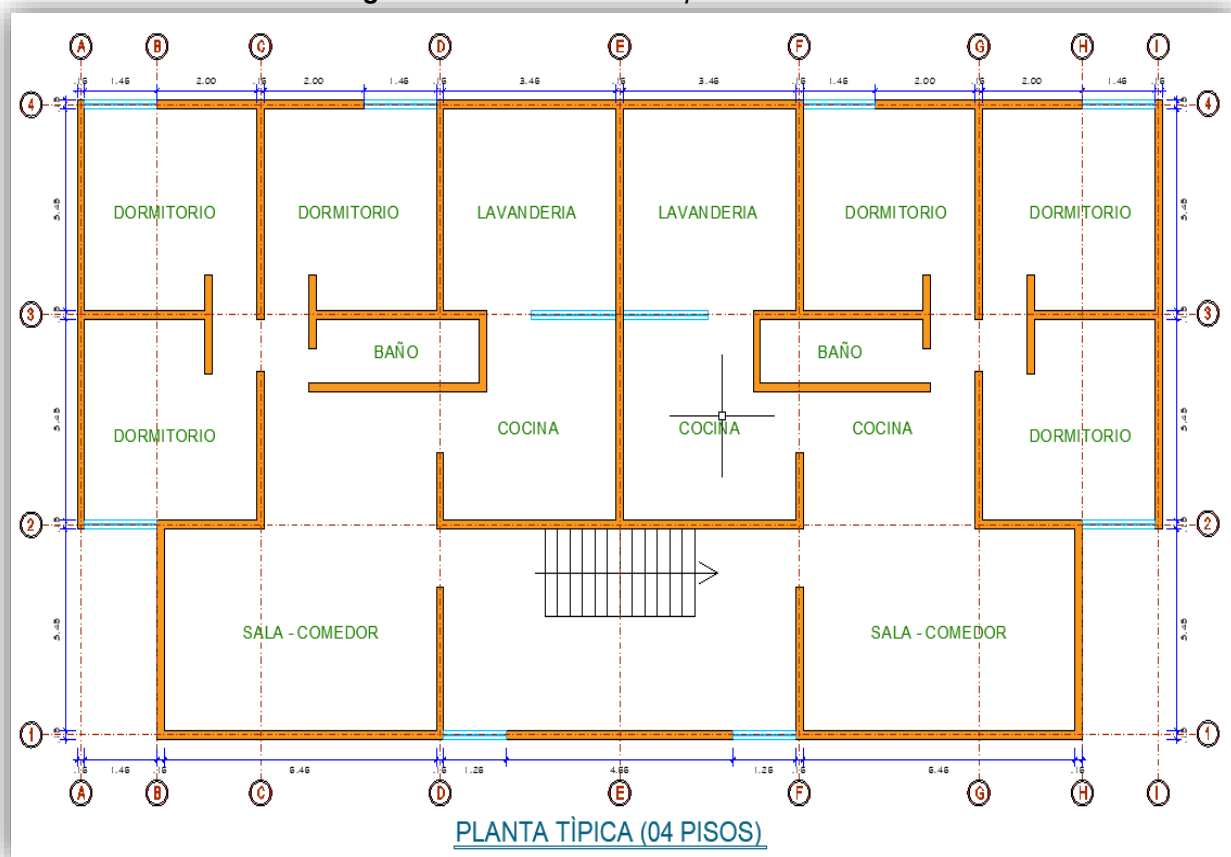
4.1 Respecto a: Analizar la influencia de la simetría y regularidad en el modelamiento por el método de elementos finitos.

4.1.1 Descripción del proyecto arquitectónico:

El presente proyecto presenta en su arquitectura la proyección de un edificio de 4 niveles, el proyecto está ubicado en el distrito de el Huancayo, provincia de Huancayo y departamento de Junín.

El proyecto presenta un área total de 226.64 m²; con una altura de entrepiso de 2.70 m, dicho proyecto cuenta con 02 departamentos por piso, cada departamento cuenta con 03 dormitorios, 01 sala comedor, 01 cocina, 01 baño y 01 lavandería, contando cada nivel con una escalera, este proyecto está diseñado con el sistema estructural de albañilería confinada, por ende, desarrollaremos el diseño de elementos estructurales que conformen dicho sistema (columnas y vigas de confinamiento).

Figura 16: Planteamiento arquitectónico



Fuente: Propia

4.1.2 Estructuración:

Se desarrolló la estructuración en base a la arquitectura mostrada en la fig. 16, tomando en cuentas las consideraciones desarrolladas en el ítem 2.2.2.3 “criterios de estructuración” buscando una adecuada disposición de los distintos elementos estructurales que conforman dicho sistema estructural, de tal forma que nuestra estructura sea capaz de soportar las sollicitaciones de cargas tanto verticales como horizontales, también buscando una relación entre lo estético y económico; a continuación describiremos la estructuración utilizada.

Se utilizó muros de albañilería confinada a base de sólidos industriales (ladrillo King Kong) tanto de cabeza como soga, según las disposiciones solicitadas mediante el modelamiento; dispuestos en las direcciones XX e YY.

Para el techo de la edificación se optó por usar losas aligeradas en una dirección, y losas macizas para la escalera.

Para el caso de las vigas se definen 04 tipos: vigas de confinamiento (VC), vigas soleras (VS), vigas dintel (VD) y vigas peraltadas (VP).

Las vigas de confinamiento (VC) están ubicadas por encima de los muros de albañilería para el confinamiento horizontal.

Las vigas soleras (VS) están ubicadas en lugares donde se encuentran tabiques paralelos al aligerado.

Las vigas dintel (VD) están ubicadas sobre puertas y ventanas para el confinamiento entre muros.

Las vigas peraltadas (VP) están ubicadas en áreas donde no se encuentran muros portantes.

Las columnas de confinamiento están ubicadas en los bordes y partes medias de los muros, logrando así confinar la albañilería verticalmente.

Cabe resaltar que la presente investigación se diseñaron los elementos estructurales que conforman el sistema de albañilería confinada; los elementos no estructurales no son consideradas en el modelamiento ya que están aislados de los elementos estructurales.

4.1.3 Propiedades de los materiales:

a) Concreto:

- Resistencia a la compresión: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Peso volumétrico: $\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$
- Módulo de elasticidad: $E_c = 217370651.19 \text{ ton/m}^2$
- Módulo de poisson: $\nu = 0.15$
- Módulo de corte: $G = 945089.79 \text{ ton/m}^2$

b) Acero de refuerzo:

- Esfuerzo de fluencia: $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Peso volumétrico: $\gamma_s = 7.8 \text{ ton/m}^3$
- Módulo de elasticidad: $E_c = 2 \times 10^7 \text{ ton/m}^2$

c) Albañilería artesanal:

- Peso volumétrico: $\gamma_m = 1.8 \text{ ton/m}^3$
- Módulo de elasticidad: $E_c = 175000 \text{ ton/m}^2$
- Módulo de poisson: $\nu = 0.25$
- Módulo de corte: $G = 70000 \text{ ton/m}^2$

4.1.4 Predimensionamiento de elementos estructurales:

Se toma en consideración los criterios y recomendaciones de algunos autores y se toma en cuenta los requerimientos establecidos en nuestra norma E.060 y E.070.

a) Losas aligeradas:

En el proyecto se tendrán losas aligeradas en una dirección tanto en el eje XX y en el eje YY, tomaremos en referencia los criterios recomendados por el ing. Antonio Blanco Blasco y el ing. Genner Villareal Castro.

El ing. Antonio Blanco Blasco nos da la recomendación para sobrecargas menores a 300 kg/m^2 .

LUZ	ESPESOR LOSA	LADRILLO TECHO
< 4 m	17 cm	12 cm
4 m – 5.5 m	20 cm	15 cm
5 m – 6.5 m	25 cm	20 cm
6 m – 7.5 m	30 cm	25 cm

El ing. Genner Villareal Castro nos da la recomendación para pre dimensionar usando la siguiente ecuación:

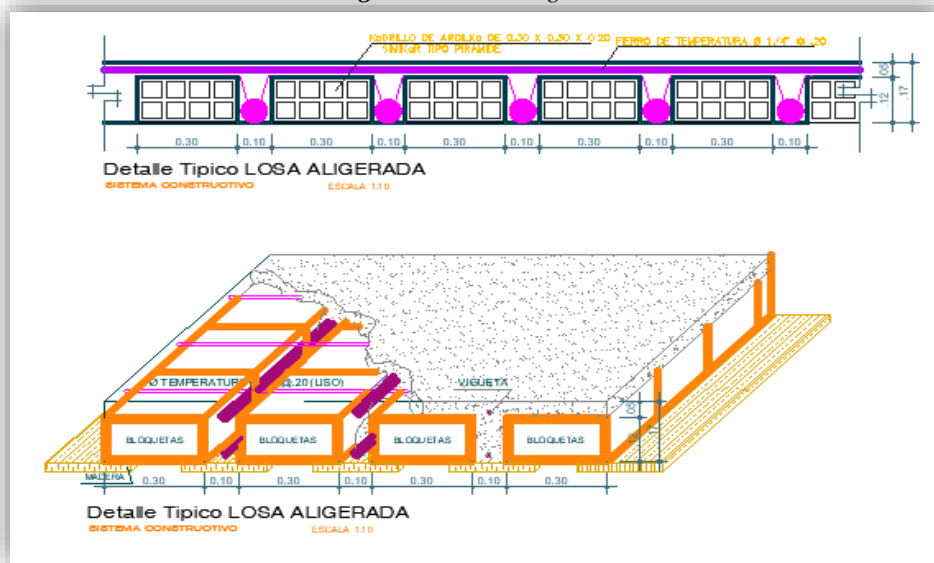
$$H = L_n/25$$

Donde:

L_n = Longitud menor de losa

H = Espesor de la losa

Figura 17: Losa aligerada



Fuente: Propia

$$H = \frac{\text{Luz libre corta}}{25} = \frac{3.45}{25} = 0.138 \text{ m} = 0.17 \text{ m}$$

⇒ El espesor que se elige es de 0.17 m

b) Losas macizas:

El ing. Antonio Blanco Blasco nos da la recomendación siguiente:

LUZ	ESPESOR LOSA
> 4 m	12 cm
4 m – 5 m	15 cm
5 m – 6 m	20 cm
6 m – 7 m	25 cm

Por temas de uniformizar medidas se opta una altura de 15 cm.

c) Muros portantes:

Para la realización del proyecto se optó por utilizar solidos artesanales (ladrillo King Kong 18 huecos).

Para el cálculo del espesor efectivo “t”, el artículo 19.1 “muro portante”, nos da a conocer la relación entre el espesor efectivo “t” y la altura libre del muro “h”, esto dependerá de la zona sísmica donde se encuentra ubicado el proyecto.

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

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

La actual norma E.030 “Diseño sismorresistente “en su última actualización dan a conocer 04 zonas sísmicas; debido a esta actualización el proyecto está ubicado dentro de la zona 03, optándose por utilizar la expresión para zonas sísmicas 2 y 3.

$$t \geq \frac{h}{20} = \frac{2.70 - 0.17}{20} = 0.1265 \text{ m} = 0.13 \text{ m}$$

⇒ El ancho elegido es de 0.13 m (soga)

d) Columnas:

Para el cálculo de las columnas de confinamiento nos basamos al predimensionamiento de los muros portantes (t= 0.13 m); el artículo 11.2 “conexión columna albañilería” deberá emplearse chicotes de anclaje, estos chicotes deben de penetrar 12.5 cm al interior de la columna; en base a estos criterios se desarrollan 03 tipos de columnas.

e) Viga solera:

Para el cálculo de la viga solera tomamos en consideración el mismo peralte de la losa aligerada y la base dependerá del ancho del muro portante “t”.

$$VS = t * h = 0.13 * 0.1$$

f) Viga dintel:

Para el cálculo de la viga dintel se tomará en consideración los requerimientos establecidos en la norma E.030 “concreto armado”, estas vigas se diseñarán de tal forma que no sea necesario el refuerzo con dos grupos de barras que se crucen diagonalmente.

$$\frac{Ln}{h} \geq 2$$

⇒ La menor distancia es de 60 cm, para no colocar aceros de refuerzo con dos grupos de barras que se crucen diagonalmente, el máximo peralte que podríamos usar es de 30 cm y el base deberá de cumplir con

la siguiente condición:

$$b = \frac{1}{4} * h \text{ y } < 250mm$$

⇒ La base será (0.25*30 =7.5 cm y como máximo 25 cm), asumiremos la base el mismo espesor del muro portante, teniendo como predimensionamiento: VD = 0.13 * 0.30 m

g) Viga peraltada:

El ing. Antonio Blanco Blasco nos da la recomendación para el predimensionamiento de vigas mediante la siguiente expresión:

$$h = \frac{Ln}{10 \text{ à } 12} \text{ y } 0.30h \leq b \leq 0.50h$$

⇒ La longitud mide 3.45 m, de acuerdo a la expresión anterior, obtendremos como predimensionamiento: VP = 0.25 * 0.30 m

h) Escalera:

Para el predimensionamiento de la garganta de escalera se tomó en consideración las siguientes expresiones:

$$t = \frac{Ln}{20 \text{ à } 25}$$

⇒ La longitud mide 3.00 m, de acuerdo a la expresión anterior, (t = 3/20 à 25), obteniendo una garganta de escalera de 15 cm.; y de acuerdo a la arquitectura tendremos un hm= 22cm.

4.1.5 Verificación de densidad mínima de muros:

Como parte del predimensionamiento se debe de verificar la densidad mínima de muros portantes, de acuerdo al artículo 19.2 “estructuración en planta” esta verificación se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Àrea de corte de muros reforzados}}{\text{Àrea de planta típica}} = \frac{\Sigma L * t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Donde:

- L= Longitud total de muro incluyendo columnas.
- t= Espesor efectivo del muro.
- Ap= Área de la planta típica.
- N= Número de pisos.

- Z, U, S= Factores correspondientes a la zona, importancia y tipo de suelo, especificado en la norma E.030 “diseño sismorresistente”.

Tabla 10: Factores de zona, importancia y tipo de suelo

Número de Fisos (N)	4.00	
Factor de zona (Z)	0.35	Huancayo Z3
Factor de uso (U)	1.00	Vivienda
Factor de suelo (S)	1.20	S3 y zona S3
Área típica de piso (A _p)	226.64	m ²
Albañilería artesanal (f'm)	35.00	kg/cm ²
Resistencia esfuerzo (v'm)	5.10	kg/cm ²

Fuente: Propia

Tabla 11: Densidad de muros dirección X

DIRECCIÓN X			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L × t m ²
1X	4.15	0.13	0.5395
2X	7.33	0.13	0.9529
3X	4.15	0.13	0.5395
4X	2.65	0.13	0.3454
5X	3.53	0.13	0.4589
6X	3.53	0.13	0.4589
7X	2.65	0.13	0.3454
8X	3.53	0.13	0.4589
9X	3.53	0.13	0.4589
10X	2.14	0.13	0.2782
11X	7.33	0.13	0.9529
12X	2.14	0.13	0.2782
13X	5.74	0.13	0.7462
14X	4.55	0.13	0.5915
15X	2.74	0.13	0.3562

$$\sum L \times t = 7.7675$$

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.68$$

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.0343$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.03$$

0.0343 ≥ 0.03 CUMPLE

Fuente: Propia

Tabla 12: Densidad de muros dirección Y

DIRECCIÓN Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L × t m ²
1Y	7.35	0.13	0.9555
2Y	3.74	0.13	0.4862
3Y	2.70	0.13	0.3510
4Y	3.73	0.13	0.4849
5Y	3.74	0.13	0.4862
6Y	2.60	0.13	0.3380
7Y	7.35	0.13	0.9555
8Y	3.74	0.13	0.4862
9Y	2.60	0.13	0.3380
10Y	3.74	0.13	0.4862
11Y	2.70	0.13	0.3510
12Y	3.73	0.13	0.4849
13Y	7.35	0.13	0.9555

$$\sum L \times t = 7.1591$$

$$Z \cdot U \cdot S \cdot N = 1.68$$

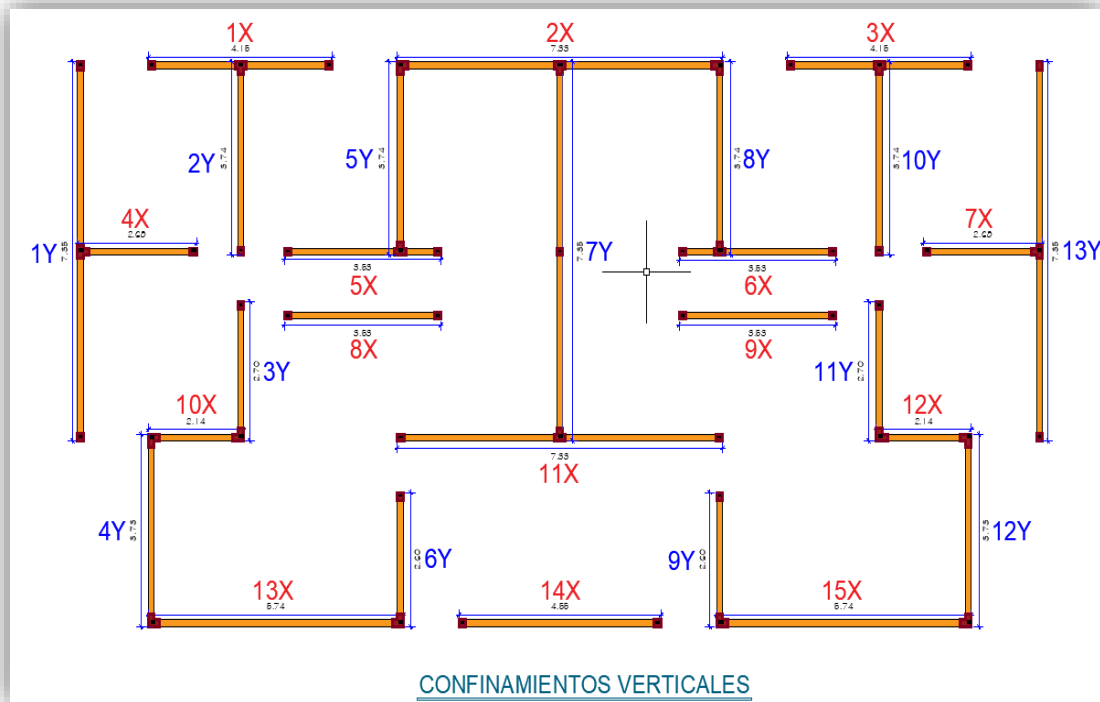
$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = 0.0316$$

$$\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.03$$

0.0316 ≥ 0.03 CUMPLE

Fuente: Propia

Figura 18: Confinamientos verticales



Fuente: Propia

De los resultados obtenidos, para este primer análisis, se podría decir que los muros planteados son suficientes; hay que tener en consideración que este análisis no garantiza la distribución definitiva de los muros; ya que aún faltan realizar la verificación de la resistencia global de la estructura.

4.1.6 Medrado de cargas:

4.1.6.1 Pesos propios y sobrecargas:

Se procede con la definición de los pesos propios de los materiales a utilizar, carga viva y carga muerta; según recomendaciones de la norma E.020 “cargas”:

➤ Carga muerta (CM):

- ✓ Peso propio del concreto armado: 2400 kg/cm².
- ✓ Peso propio de muros de albañilería: 1800 kg/cm².
- ✓ Peso de acabado de piso: 100 kg/cm².
- ✓ Peso de tabiquería: 150 kg/cm².

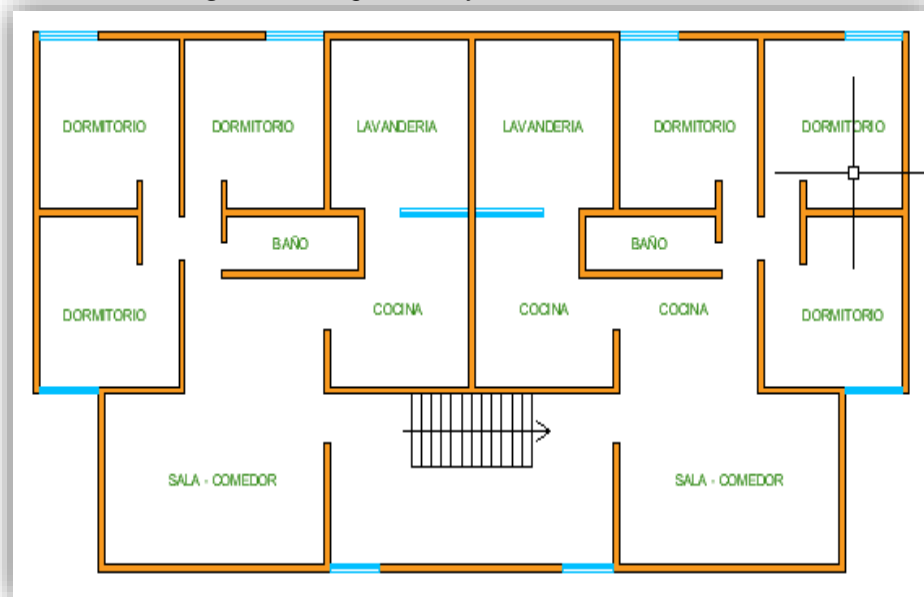
➤ **Carga viva (CV):**

- ✓ S/C entepiso - vivienda: 200 kg/cm².
- ✓ S/C azotea: 100 kg/cm².

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos:

- A los planos arquitectónicos en planta es posible identificar la tanto la regularidad y simetría presente en la investigación realizada.

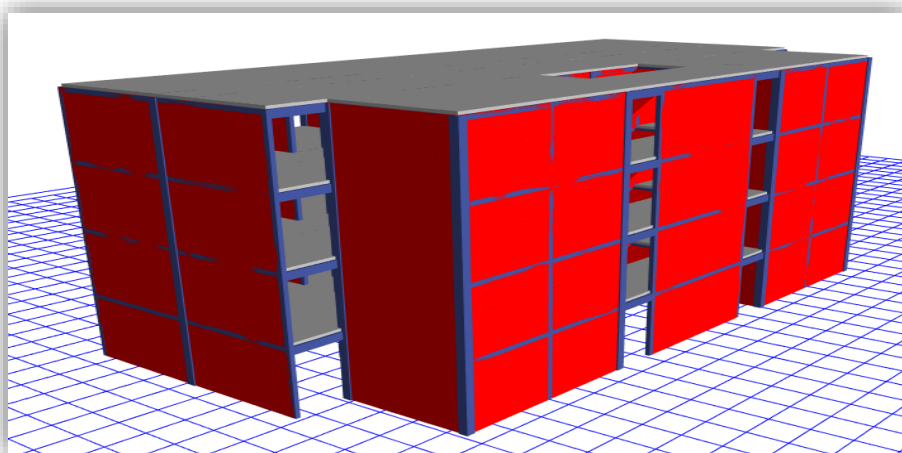
Figura 19: Regularidad y simetría de la estructura



Fuente: Propia

- Al modelado en elevación es posible identificar la continuidad presente en la investigación realizada.

Figura 20: Continuidad de la estructura



Fuente: Propia

En concordancia con el ing. Antonio Blanco Blasco, nuestra estructura cumple con las consideraciones de los criterios de estructuración, lo cual se ve reflejado en el modelamiento, por ende, tanto la regularidad, simetría y continuidad influyen positivamente en el modelamiento por el método de elementos finitos en edificaciones de albañilería confinada.

4.2 Respecto a: Analizar los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño de elementos estructurales.

4.2.1 Generalidades respecto al Análisis sísmico:

El análisis sísmico de una determinada estructura, consiste en tratar de predecir cuál será su comportamiento frente a posibles eventos sísmicos, esto lo hace mediante un espectro de respuesta; a su vez estas fuerzas que someterán a la estructura, se convertirán en reacciones producidos en todos sus elementos y desplazamientos.

Según la norma E.30 “diseño sismorresistente” en el art. 3 “filosofía y principios del diseño sismorresistente”:

- Evitar pérdidas de vidas humanas.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños a la propiedad.

Dar protección completa a las edificaciones frente a los sismos no es económica y técnicamente factible, en concordancia con esta filosofía el art. 3.2 nos presenta los siguientes principios:

➤ La estructura podría presentar daños importantes debido a movimientos sísmicos severos; teniendo en consideración que la estructura no debería de colapsar ni causar daños graves a las personas.

➤ La estructura deberá de soportar movimientos sísmicos moderados, pudiendo experimentar daños reparables dentro de los límites aceptables.

4.2.2 Parámetros considerado para el análisis sísmico:

En concordancia con el acápite 2.2.2.4 “consideraciones para el análisis sísmico” de la presente tesis, tenemos las siguientes consideraciones:

a) Zonificación (Z):

El proyecto está ubicado en la provincia de Huancayo, por ende, nos encontramos en la “zona 3”, según la norma E.030 “diseño sismorresistente” tendremos un valor de:

$$Z = 0.35$$

b) Categoría de la edificación (U):

El proyecto está destinado al uso de viviendas, de acuerdo a la tabla 02 de la presente tesis, el proyecto se encuentra en la categoría C “edificaciones comunes”, tendremos un valor de:

$$U = 1.00$$

c) Parámetros de sitio (S, T_P , T_L):

El perfil del suelo donde se encuentra ubicado nuestro proyecto es un suelo “S3”, de acuerdo a la tabla 03 y 04 de la presente tesis, tendremos los siguientes valores:

$$S = 1.00 - T_P = 0.40 - T_L = 2.50$$

d) Factor de amplificación sísmica (C):

El artículo 14 “factor de amplificación sísmica”, de la norma E.030, da a conocer que el valor de “C” está en relación al periodo de vibración de la edificación “T”, el Artículo 8.4 “periodo fundamental de vibración”, estima el valor del periodo “T” mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{hn}{CT}$$

Donde:

- Hn= Altura total de la estructura desde el NTN.
- T= Periodo fundamental de vibración.
- CT= 35 para edificios con elementos resistentes sean unicamente:
 - a) Porticos de concreto armado con ausencia de muros de corte.
 - b) Porticos ductiles de acero que cuenten con uniones resistentes a momentos, sin arriostamiento.
- CT= 45 para edificios con elementos resistentes sean unicamente:
 - a) Porticos de concreto armado con muros tanto en cajas de escaleras de ascensores y escaleras.
 - b) Porticos de acero que arriostrados.
- CT= 60 para edificios de albañilería, edificios de oncreto armado duales, muros estructurales y ductilidad limitada.

En nuestro caso el proyecto cuenta con una altura total de 10.80m, nuestro sistema estructural es de albañilería confinada, aplicación la expresión antes mencionada, obtendremos:

$$T = \frac{hn}{CT} = \frac{10.80}{60} = 0.18$$

Según las expresiones presentadas en el artículo 14, el valor del factor de amplificación sísmica será:

$$C = 2.50$$

e) Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0):

Gran parte de la rigidez es proporcionada por muros de albañilería confinada, basado en la tabla 05 de la presente tesis, obtendremos el valor de:

$$R_0 = 3.00$$

f) Factores de irregularidad (I_a , I_p):

Basado en la tabla 08 de la presente tesis, nos da la mención que depende de la categoría de la edificación y la zona ubicada obtendremos restricciones a la irregularidad; en concordancia con lo establecido el proyecto no presenta irregularidades extremas.

Para determinar los valores de I_a y I_p , necesitaremos conocer los desplazamientos y el sismo, datos con los que aún no contamos, por ende, asumiremos que no existe irregularidad.

$$I_a = 1.00 \text{ e } I_p = 1.00$$

g) Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R):

Según el artículo 22, nos dan la siguiente expresión:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Reemplazando los datos obtenidos anteriormente, tendremos como resultado:

$$R = R_0 * I_a * I_p = 3.00 * 1.00 * 1.00 = 3.00$$

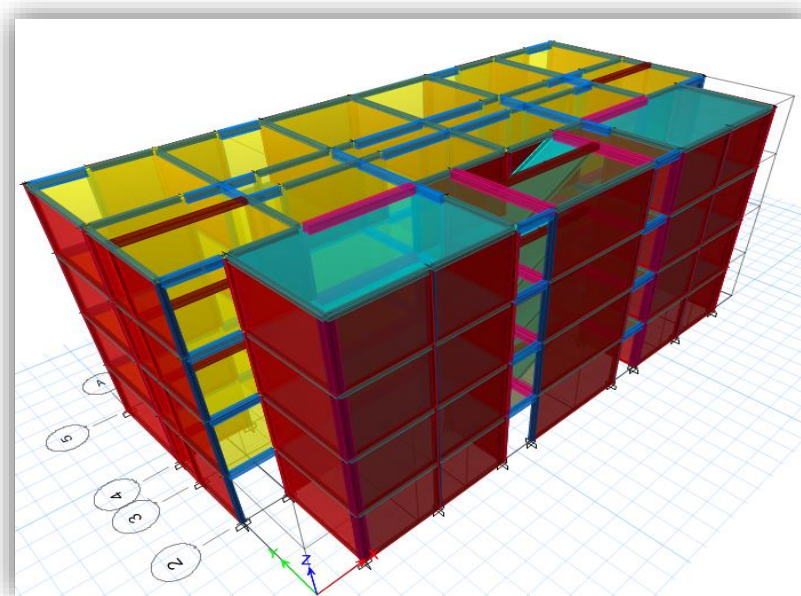
4.2.3 Modelo matemático:

Para el desarrollo del modelo matemático se utilizó el software ETABS 2016. El modelo matemático nos ayudará a la realización del análisis tanto

dinámico como estático, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se desarrolló el modelo tridimensional restringiendo el empotramiento en la base del primer nivel, ya que se cuenta con un suelo con buenas características.
- Se consideró un diafragma rígido para cada nivel, asignando 03 grados de libertad por piso, teniendo 04 niveles, se consideró para el modelo 12 modos de vibración.
- El modelado de los elementos viga y columnas se realizaron como elementos Frame (unidimensional), los muros de albañilería como elementos Wall (bidimensional), las losa aligeradas en una dirección como elementos Ribbed y las losas macizas como elementos Slab.
- Los elementos estructurales fueron modelados considerando cargas muertas y cargas vivas, estos datos fueron ingresados como cargas distribuidas en todas las losas aligerada y losas macizas.
- Para el desarrollo de la presente tesis no fueron modelados los elementos no estructurales tales como alfeizar y tabiquerías; y para el diseño de elementos estructurales, se desarrollaron aquellos elementos que integran el sistema estructural de albañilería confinada.

Figura 21: Modelamiento matemático



Fuente: Propia

4.2.4 Peso de la edificación, centro de masa y rigideces:

De acuerdo al artículo 26 “estimación del peso (P)” de la norma E 0.30, el peso de la edificación teniendo en consideración que tenemos una categoría “C” estará dado por la siguiente expresión:

$$P = 100\% CM + 25 \% CV$$

Donde:

- P= Peso de la edificación.
- CM= Carga muerta de la edificación.
- CV= Carga viva de la edificación.

Figura 22: Peso de la estructura

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.25

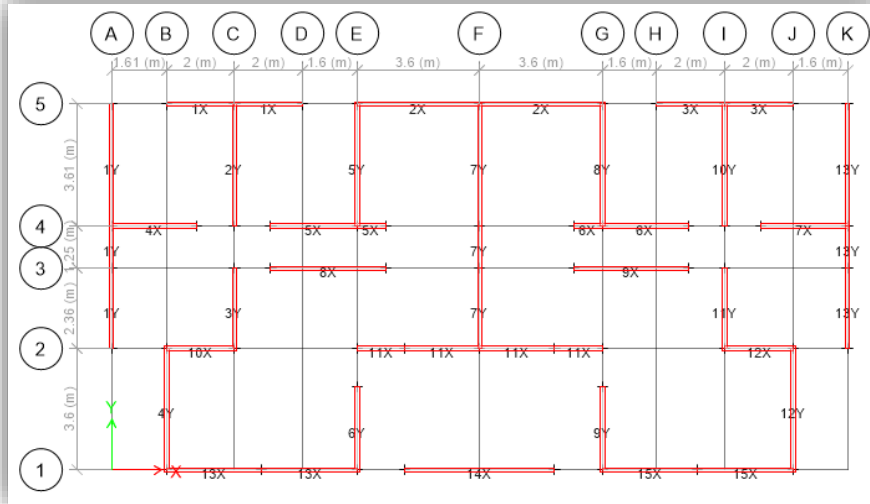
Fuente: Propia

Figura 23: Grados de libertad

Maximum Number of Modes	12
Minimum Number of Modes	12
Frequency Shift (Center)	0 cyc/sec
Cutoff Frequency (Radius)	0 cyc/sec
Convergence Tolerance	1E-09

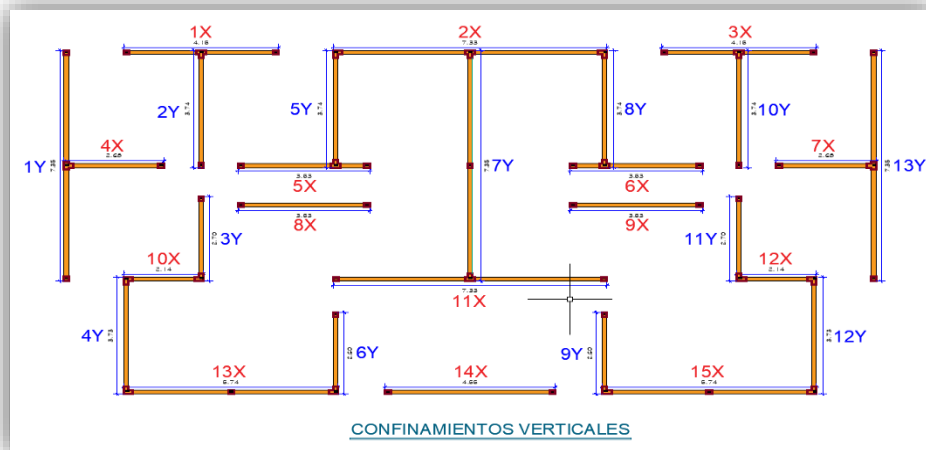
Fuente: Propia

Figura 24: Nombre de muros portantes



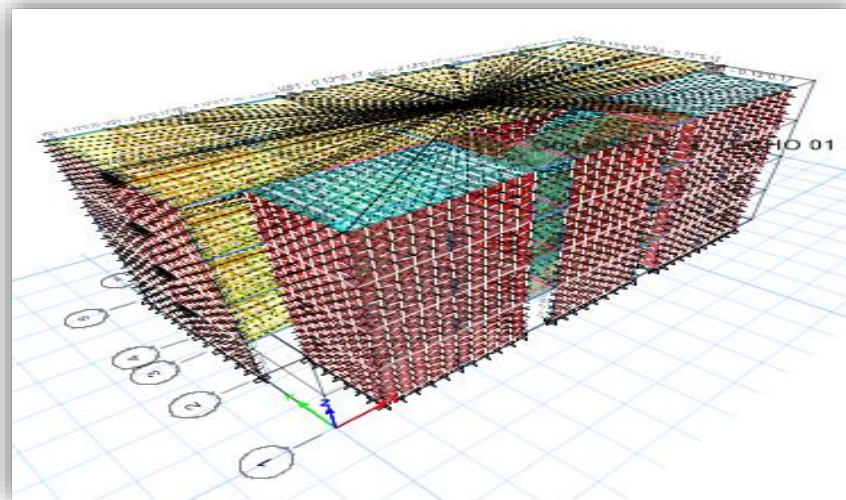
Fuente: Propia (ETABS)

Figura 25: Nombre de muros portantes



Fuente: Propia (AUTOCAD)

Figura 26: Discretización del modelo



Fuente: Propia

4.2.5 Verificación por esfuerzo axial máximo:

De acuerdo al artículo 19.b “esfuerzo axial máximo” de la norma E 0.30, el esfuerzo axial máximo (σ_m) producto de la gravedad máxima de servicio (p_m), incluyendo el 100% de sobrecarga, deberá ser inferior a la siguiente expresión:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m \quad (19.1b)$$

Tabla 13: Pesos en muros XX

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				Tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 01	1X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-11.7643	0.8153	0.0127	-0.0005	0.0069	0.6084
TECHO 01	2X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-24.3128	1.5864	0.0394	0.0001	0.0108	1.3756
TECHO 01	3X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-11.9168	0.7278	0.0116	0.0004	0.0082	0.7741
TECHO 01	4X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-8.4667	0.4798	-0.0006	0.0018	0.0002	0.4138
TECHO 01	5X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-11.0537	0.5994	-0.0114	-0.0073	-0.0052	0.5153
TECHO 01	6X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-11.2398	0.88	-0.012	0.0071	-0.0046	0.6386
TECHO 01	7X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-7.8594	0.6197	0.0008	0.0019	0.0006	0.1959
TECHO 01	8X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-12.9157	0.4165	0.0064	0.0055	0.0079	1.1206
TECHO 01	9X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-13.2708	1.1829	0.0058	-0.0054	0.0084	0.2118
TECHO 01	10X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-7.5619	-0.188	-0.0055	-0.0146	-0.0011	0.4117
TECHO 01	11X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-37.9584	2.4458	-0.0178	-0.0019	-0.0087	-6.1912
TECHO 01	12X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-7.3318	1.0608	-0.0046	0.0143	0.0001	0.064
TECHO 01	13X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-18.4684	1.5896	-0.0137	-0.0021	-0.02	2.1214
TECHO 01	14X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-18.2407	1.5292	-0.0146	0.0034	-0.0038	0.7867
TECHO 01	15X	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-18.1151	2.085	-0.0131	0.0012	-0.0191	0.2133

Fuente: Propia

Tabla 14: Pesos en muros YY

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				Tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 01	1Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-24.4741	-0.5629	0.0291	-0.0152	0.0158	-2.6731
TECHO 01	2Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-13.9886	0.0659	-0.0003	-0.0011	-0.0017	-1.0464
TECHO 01	3Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-11.2594	-0.0668	-0.0048	0.0006	-0.0052	0.2063
TECHO 01	4Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-10.8025	-0.573	0.0118	0.0051	0.0025	0.3297
TECHO 01	5Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-12.9004	0.0112	0.004	0.017	-0.0003	-0.2304
TECHO 01	6Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-8.8868	-0.2507	-0.006	0.0153	-0.0027	0.1582
TECHO 01	7Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-35.5164	1.381	-0.0021	0.0088	-0.0051	-4.5619
TECHO 01	8Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-13.0509	0.1824	-0.0056	-0.0157	-0.0027	0.094
TECHO 01	9Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-7.9865	-0.0809	0.0054	-0.006	0.0006	0.2605
TECHO 01	10Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-13.7628	0.5339	0.0008	-0.0038	-0.001	-0.6759
TECHO 01	11Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-10.216	0.2909	0.0063	0.0001	0.001	0.3242
TECHO 01	12Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-11.3542	0.1451	-0.013	-0.0024	-0.0059	0.5045
TECHO 01	13Y	Pm= 100%CM + 100%CV	Bottom	-23.6994	0.9657	-0.0258	0.0108	-0.0206	-0.0146

Fuente: Propia

Bajo la expresión mostrada anteriormente del esfuerzo máximo axial, tenemos los resultados que hasta el momento los muros son correctos, cabe señalar que faltan más verificaciones:

Tabla 15: Diseño por cargas verticales XX

DISEÑO POR CARGAS VERTICALES						
Muro	L (m)	t (m)	P _m (Kg)	σ _m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación
1X	4.15	0.23	11764.3	1.2325092	11.71591837	Muro Correcto
2X	7.33	0.23	24312.8	1.4421259	11.71591837	Muro Correcto
3X	4.15	0.23	11916.8	1.2484861	11.71591837	Muro Correcto
4X	2.70	0.13	8466.7	2.4121652	8.980596546	Muro Correcto
5X	3.55	0.13	11053.7	2.3951679	8.980596546	Muro Correcto
6X	3.55	0.13	11239.8	2.435493	8.980596546	Muro Correcto
7X	2.70	0.13	7859.4	2.2391453	8.980596546	Muro Correcto
8X	3.55	0.13	12915.7	2.7986349	8.980596546	Muro Correcto
9X	3.55	0.13	13270.8	2.8755796	8.980596546	Muro Correcto
10X	2.14	0.13	7561.9	2.7181524	8.980596546	Muro Correcto
11X	7.35	0.23	37958.4	2.2453949	11.71591837	Muro Correcto
12X	2.14	0.13	7331.8	2.6354421	8.980596546	Muro Correcto
13X	5.73	0.13	18468.4	2.4793127	8.980596546	Muro Correcto
14X	4.55	0.23	18240.7	1.7430196	11.71591837	Muro Correcto
15X	5.73	0.13	18115.1	2.4318835	8.980596546	Muro Correcto

Fuente: Propia

Tabla 16: Diseño por cargas verticales YY

DISEÑO POR CARGAS VERTICALES						
Muro	L (m)	t (m)	P _m (Kg)	σ _m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación
1Y	7.35	0.13	24474.1	2.5613919	8.980596546	Muro Correcto
2Y	3.74	0.23	13988.6	1.6262032	11.71591837	Muro Correcto
3Y	2.70	0.13	11259.4	3.2078063	8.980596546	Muro Correcto
4Y	3.60	0.23	10802.5	1.3046498	11.71591837	Muro Correcto
5Y	3.74	0.23	12900.4	1.4996977	11.71591837	Muro Correcto
6Y	2.60	0.13	8886.8	2.6292308	8.980596546	Muro Correcto
7Y	7.35	0.23	35516.4	2.1009406	11.71591837	Muro Correcto
8Y	3.74	0.23	13050.9	1.5171937	11.71591837	Muro Correcto
9Y	2.60	0.23	7986.5	1.3355351	11.71591837	Muro Correcto
10Y	3.74	0.23	13762.8	1.5999535	11.71591837	Muro Correcto
11Y	2.70	0.23	10216	1.6450886	11.71591837	Muro Correcto
12Y	3.60	0.23	11354.2	1.3712802	11.71591837	Muro Correcto
13Y	7.35	0.23	23699.4	1.4019166	11.71591837	Muro Correcto

Fuente: Propia

4.2.6 Análisis sísmico estático:

El acápite 28.2 “fuerza cortante en la base” del artículo 28 “análisis estáticos o de fuerzas equivalentes” de la norma E.030, da a conocer que la fuerza cortante total de la base de nuestra estructura correspondiente a las direcciones establecidas, es determinada mediante la siguiente expresión:

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

Para la relación “C/R”, el valor no debe de considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Tabla 17: Cortante estático XX

Tx	0.20					
Z	0.35	Huancayo Z3				
U	1.00	Vivienda				
S	1.00	S1 y zona Z3				
TF	0.40	e				
TL	2.50	e				
C	2.50					
R=Ro*Is*Ip	2.25	Albañilería confinada Ro=3.00				
Is	1.00					
Ip	0.75					
(Cx/Rx)≥0.11	1.11	Cumple				
Peso	802.59	ton				
Vx=(ZUCxS)/Rx	0.39					
Vex	312.12	ton				
DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DEL CORTANTE SISMICO ESTATICO DIRECCIÓN XX						
Tx	0.20		DY	10.50		
Vex	312.12		cacy5%DY	0.54	m	
K	1.00					

Story	Peso Nivel	Altura	Pi*(Hi)^k	ai	Fi=ai * Ve	Mt
	tonf	hi (m)	tonf*m			tonf*m
TECHO 04	196.61	10.80	2123.39	0.3935	184.2439	99.4917
TECHO 03	201.992	8.10	1636.13	0.3032	141.9654	76.6613
TECHO 02	201.992	5.40	1090.76	0.2022	94.6436	51.1075
TECHO 01	201.992	2.70	545.38	0.1011	47.3218	25.5538
			5395.65	1.00	468.17	252.81

Fuente: Propia

Tabla 18: Cortante estático YY

Ty	0.22				
Z	0.35	Huancayo Z3			
U	1.00	Vivienda			
S	1.00	51 y zona Z3			
TP	0.40	o			
TL	2.50	o			
C	2.50				
R=Ro*Is*Ip	2.25	Albañilería confinada Ro=3.00			
Is	1.00				
Ip	0.75				
(Cy/Ry)≥0.11	1.11	Cumple			
Peso	802.59	ton			
Vy=(ZUCxS)/Ry	0.39				
Vey	312.12	ton			
DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DEL CORTANTE SÍSMICO ESTÁTICO DIRECCIÓN YY					
Tx	0.22		DY	10.50	
Vex	312.12		5% Dy	0.54	m
K	1.00				

Story	Peso Nivel	Altura	Pi*(Hi)^k	ai	Fi=ai * Ve	Mt
	tonf	hi (m)	tonf*m			tonf*m
TECHO 04	196.61	10.80	2123.39	0.3935	184.2439	99.4917
TECHO 03	201.992	8.10	1636.13	0.3032	141.9654	76.6613
TECHO 02	201.992	5.40	1090.76	0.2022	94.6436	51.1075
TECHO 01	201.992	2.70	545.38	0.1011	47.3218	25.5538
			5395.65	1.00	468.17	252.81

Fuente: Propia

4.2.7 Análisis dinámico modal espectral:

El artículo 29 “análisis dinámico modal espectral” de la norma E.030, nos resalta que todo tipo de estructura puede ser diseñada por este método de análisis sísmico.

4.2.7.1 Aceleración espectral:

Para cada dirección horizontal analizada, se utilizará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones, el cual estar definido por la siguiente expresión:

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

Tabla 19: Análisis modal espectral (XX – YY)

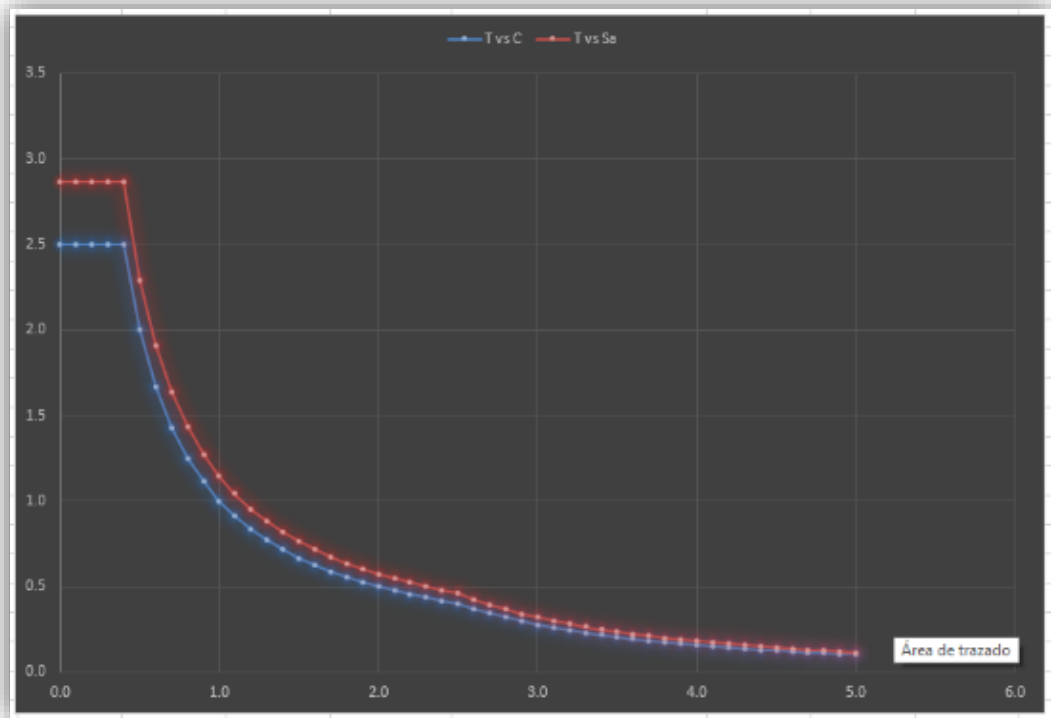
Zona sísmica "Z"	0.35	Huancayo Z3
Factor de uso "U"	1.00	Vivienda
Factor de suelo "S"	1.00	S1 y zona Z3
TP	0.40	s
TL	2.50	s
Rx	3.00	Falta piso blando y resistencia
Ry	3.00	Falta torsión

FACTOR= (ZUSg)/Rx	1.1445
FACTOR= (ZUSg)/Ry	1.1445

Fuente: Propia

Nótese en la tabla 19, que aún falta corregir irregularidades por piso blando y torsión, se muestra los espectros de pseudoaceleraciones del bloque analizado.

Figura 27: Espectro de diseño (XX – YY)



Fuente: Propia

Tabla 20: Valores de pseudoaceleraciones

T	C	Sa
0.0	2.5	2.86125
0.1	2.5	2.86125
0.2	2.5	2.86125
0.3	2.5	2.86125
0.4	2.5	2.86125
0.5	2.0	2.289
0.6	1.666667	1.9075
0.7	1.428571	1.635
0.8	1.250000	1.430625
0.9	1.111111	1.271667
1.0	1.0	1.1445
1.1	0.909091	1.040455
1.2	0.833333	0.95375
1.3	0.769231	0.880385
1.4	0.714286	0.8175
1.5	0.666667	0.763
1.6	0.625000	0.715313
1.7	0.588235	0.673235
1.8	0.555556	0.635833
1.9	0.526316	0.602368
2.0	0.500000	0.57225
2.1	0.476190	0.545
2.2	0.454545	0.520227
2.3	0.434783	0.497609
2.4	0.416667	0.476875
2.5	0.400000	0.4578

2.6	0.369822	0.423262
2.7	0.342936	0.39249
2.8	0.318878	0.364955
2.9	0.297265	0.34022
3.0	0.277778	0.317917
3.1	0.260146	0.297737
3.2	0.244141	0.279419
3.3	0.229568	0.262741
3.4	0.216263	0.247513
3.5	0.204082	0.233571
3.6	0.192901	0.220775
3.7	0.182615	0.209003
3.8	0.17313	0.198148
3.9	0.164366	0.188116
4.0	0.15625	0.178828
4.1	0.148721	0.170211
4.2	0.141723	0.162202
4.3	0.135208	0.154746
4.4	0.129132	0.147792
4.5	0.123457	0.141296
4.6	0.118147	0.13522
4.7	0.113173	0.129527
4.8	0.108507	0.124186
4.9	0.104123	0.119169
5.0	0.1	0.11445

Fuente: Propia

4.2.8 Verificación de rigidez, desplazamientos relativos entre pisos y derivas:

Según el artículo 31 “determinación de desplazamientos laterales”, nos dan a conocer que para los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.75R para estructuras regulares y 0.85R para estructuras irregulares.

El artículo 30 “desplazamientos laterales relativos admisibles”, menciona que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no debe de excede la fracción de altura de entrepiso (distorsión), presentados en la tabla 09 de la presente tesis.

Tabla 21: Derivas para sismo estático XX

SISMO ESTÁTICO XX										
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DERIV A	DERIV A	
					m	m	m	0.75R	/1000	
TECHO 04	SEX X	X	0.00032	533	13.8957	10.82	10.8	0.0007	0.729	CUMPLE
TECHO 03	SEX X	X	0.00042	533	13.8957	10.82	8.1	0.0009	0.941	CUMPLE
TECHO 02	SEX X	X	0.00043	533	13.8957	10.82	5.4	0.001	0.963	CUMPLE
TECHO 01	SEX X	X	0.00032	533	13.8957	10.82	2.7	0.0007	0.711	CUMPLE

Fuente: Propia

Tabla 22: Derivas para sismo estático YY

SISMO ESTÁTICO YY										
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DERIV A	DERIV A	
					m	m	m	0.75R	/1000	
TECHO 04	SEY Y	Y	0.00043	189	21.61	10.3043	10.8	0.00096	0.963	CUMPLE
TECHO 03	SEY Y	Y	0.00056	189	21.61	10.3043	8.1	0.00126	1.262	CUMPLE
TECHO 02	SEY Y	Y	0.00058	189	21.61	10.3043	5.4	0.00131	1.305	CUMPLE
TECHO 01	SEY Y	Y	0.00043	189	21.61	10.3043	2.7	0.00097	0.968	CUMPLE

Fuente: Propia

Tabla 23: Derivas para sismo dinámico XX

SISMO DINÁMICO XX										
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DERIV A	DERIV A	
					m	m	m	0.75R	/1000	
TECHO 04	SD XX Max	X	0.00031	533	13.8957	10.82	10.8	0.00069	0.693	CUMPLE
TECHO 03	SD XX Max	X	0.00041	533	13.8957	10.82	8.1	0.00092	0.923	CUMPLE
TECHO 02	SD XX Max	X	0.00044	533	13.8957	10.82	5.4	0.001	0.999	CUMPLE
TECHO 01	SD XX Max	X	0.00037	533	13.8957	10.82	2.7	0.00083	0.830	CUMPLE

Fuente: Propia

Tabla 24: Derivas para sismo dinámico YY

SISMO DINÁMICO YY										
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DERIVACIONE	DERIVA	
					m	m	m	0.75R	/1000	
TECHO 04	SD YY Max	Y	0.0004	189	21.61	10.3043	10.5	0.0009	0.898	CUMPLE
TECHO 03	SD YY Max	Y	0.00054	189	21.61	10.3043	8.1	0.00121	1.206	CUMPLE
TECHO 02	SD YY Max	Y	0.00059	189	21.61	10.3043	5.4	0.00132	1.316	CUMPLE
TECHO 01	SD YY Max	Y	0.00049	189	21.61	10.3043	2.7	0.0011	1.096	CUMPLE

Fuente: Propia

La rigidez lateral de la edificación cumple la verificación para el caso de las derivas.

4.2.9 Verificación de irregularidades por torsión y piso blando:

Realizado las verificaciones tanto por piso blando como por torsión, observamos que la estructura tanto en el eje XX como YY tiene la irregularidad en planta de irregularidad de resistencia- piso débil, el cual según la tabla 06 el valor de: $\lambda = 0.75$.

Se muestran las verificaciones realizadas para piso blando:

Tabla 25: Verificación por piso blando XX

PISO BLANDO DIRECCIÓN XX									
Story	Load Case	Shear X	Drift X	Stiffness X	Shear Y	Drift Y	Stiffness Y	Rigidez	Superior
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m	piso	0.7K2
TECHO 04	SD XX	58.2634	0.00057	68019.389	11.4679	0.000355	32274.145	68019	40811.6
TECHO 03	SD XX	114.1863	0.00101	113057.289	21.9204	0.000422	51938.592	45038	31526.5
TECHO 02	SD XX	151.5057	0.000796	190440.354	28.8351	0.000381	75627.172	77383	54168.1
TECHO 01	SD XX	170.5522	0.000526	206573.850	32.3398	0.000378	85608.371	16133	

SI EXISTE PISO BLANDO XX

Fuente: Propia

Tabla 26: Verificación por piso blando YY

PISO BLANDO DIRECCIÓN YY									
Story	Load Case	Shear X	Drift X	Stiffness X	Shear Y	Drift Y	Stiffness Y	Rigidez	Superior
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m	piso	0.7K2
TECHO 04	SD YY	11.0383	0.000194	56972.634	61.4154	0.001067	57532.484	57532	34519.5
TECHO 03	SD YY	21.3103	0.000228	93565.884	120.7668	0.001279	94406.319	36874	25811.7
TECHO 02	SD YY	28.2901	0.000238	118650.149	160.6703	0.001056	147947.235	53541	37478.6
TECHO 01	SD YY	32.3398	0.000212	152305.572	181.6361	0.00111	163603.119	15656	

SI EXISTE PISO BLANDO YY

Fuente: Propia

Se muestran las verificaciones realizadas por resistencia:

Tabla 27: Verificación por resistencia XX

RESISTENCIA DIRECCIÓN XX									
Story	Load Case/Comb o	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	
TECHO 04	SD XX Max	Bottom	0	58.2634	11.4679	376.0555	30.9634	157.3111	46.6107
TECHO 03	SD XX Max	Bottom	0	114.186	21.9204	751.6625	89.4539	463.0658	91.349
TECHO 02	SD XX Max	Bottom	0	151.506	28.8351	1006.8848	165.3943	864.9449	121.205
TECHO 01	SD XX Max	Bottom	0	170.552	32.3398	1145.7328	250.2724	1315.583	

Fuente: Propia

Tabla 28: Verificación por resistencia YY

RESISTENCIA DIRECCIÓN YY									
Story	Load Case/Comb o	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	
TECHO 04	SD YY Max	Bottom	0	11.0383	61.4154	775.6478	165.8215	29.8034	49.1323
TECHO 03	SD YY Max	Bottom	0	21.3103	120.767	1531.1391	489.2646	86.657	96.6134
TECHO 02	SD YY Max	Bottom	0	28.2901	160.67	2040.6438	915.4303	161.0888	128.536
TECHO 01	SD YY Max	Bottom	0	32.3398	181.636	2311.9693	1395.0566	245.6133	

Fuente: Propia

Se muestran las verificaciones realizadas por torsión:

Tabla 29: Verificación por torsión XX

TORSIÓN DIRECCIÓN XX									
Story	Load Case/Comb o	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z
							m	m	m
TECHO 04	SD XX Max	Diaph D4 X	0.000308	0.000272	1.13	533	13.8957	10.82	10.8
TECHO 03	SD XX Max	Diaph D3 X	0.00041	0.000358	1.146	533	13.8957	10.82	8.1
TECHO 02	SD XX Max	Diaph D2 X	0.000444	0.000384	1.157	533	13.8957	10.82	5.4
TECHO 01	SD XX Max	Diaph D1 X	0.000369	0.000306	1.205	533	13.8957	10.82	2.7
							NO EXISTE TORSIÓN XX		

Fuente: Propia

Tabla 30: Verificación por torsión YY

TORSIÓN DIRECCIÓN YY									
Story	Load Case/Comb o	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z
							m	m	m
TECHO 04	SD YY Max	Diaph D4 Y	0.000399	0.000335	1.182	159	21.61	10.3043	10.5
TECHO 03	SD YY Max	Diaph D3 Y	0.000536	0.00045	1.192	159	21.61	10.3043	5.1
TECHO 02	SD YY Max	Diaph D2 Y	0.000555	0.000459	1.195	159	21.61	10.3043	5.4
TECHO 01	SD YY Max	Diaph D1 Y	0.000457	0.000411	1.185	159	21.61	10.3043	2.7
							NO EXISTE TORSIÓN YY		

Fuente: Propia

Dado que se encontraron irregularidades en altura, obtendremos la siguiente modificación:

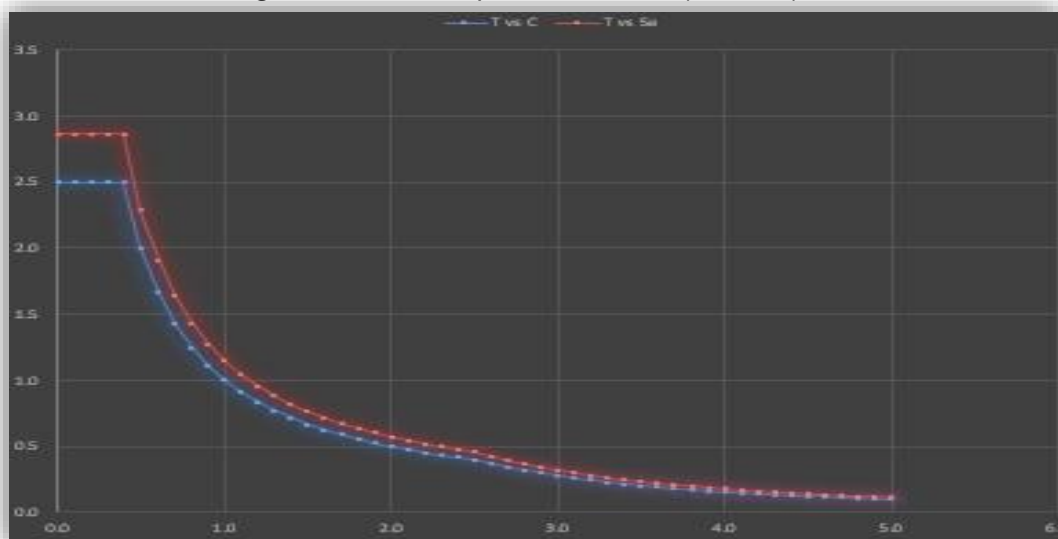
Tabla 31: Nuevo análisis modal espectral (XX – YY)

Zona sísmica "Z"	0.35	Huancayo Z3
Factor de uso "U"	1.00	Vivienda
Factor de suelo "S"	1.00	S1 y zona Z3
TP	0.40	s
TL	2.50	s
Rx	2.25	lo=0.75 piso blando
Ry	2.25	lo=0.75 piso blando

FACTOR= (ZUSg)/Rx	2.289
FACTOR= (ZUSg)/Ry	2.289

Fuente: Propia

Figura 28: Nuevo espectro de diseño (XX – YY)



Fuente: Propia

Tabla 32: Nuevos valores de pseudoaceleraciones

T	C	Sa
0.0	2.5	2.86125
0.1	2.5	2.86125
0.2	2.5	2.86125
0.3	2.5	2.86125
0.4	2.5	2.86125
0.5	2.0	2.289
0.6	1.666667	1.9075
0.7	1.428571	1.635
0.8	1.250000	1.430625
0.9	1.111111	1.271667
1.0	1.0	1.1445
1.1	0.909091	1.040455
1.2	0.833333	0.95375
1.3	0.769231	0.880385
1.4	0.714286	0.8175
1.5	0.666667	0.763
1.6	0.625000	0.715313
1.7	0.588235	0.673235
1.8	0.555556	0.635833
1.9	0.526316	0.602368
2.0	0.500000	0.57225
2.1	0.476190	0.545
2.2	0.454545	0.520227
2.3	0.434783	0.497609
2.4	0.416667	0.476875
2.5	0.400000	0.4578

2.6	0.369822	0.423262
2.7	0.342936	0.39249
2.8	0.318878	0.364955
2.9	0.297265	0.34022
3.0	0.277778	0.317917
3.1	0.260146	0.297737
3.2	0.244141	0.279419
3.3	0.229568	0.262741
3.4	0.216263	0.247513
3.5	0.204082	0.233571
3.6	0.192901	0.220775
3.7	0.182615	0.209003
3.8	0.17313	0.198148
3.9	0.164366	0.188116
4.0	0.15625	0.178828
4.1	0.148721	0.170211
4.2	0.141723	0.162202
4.3	0.135208	0.154746
4.4	0.129132	0.147792
4.5	0.123457	0.141296
4.6	0.118147	0.13522
4.7	0.113173	0.129527
4.8	0.108507	0.124186
4.9	0.104123	0.119169
5.0	0.1	0.11445

Fuente: Propia

4.2.10 Análisis sísmico estático y análisis sísmico dinámico:

Una vez corregido las irregularidades encontradas, volvemos a calcular los periodos, cabe resaltar que el periodo no sufre ninguna modificación:

Tabla 33: Factor de masa participativa

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA														
Caso	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	TY	0.22	0.0236	0.7886	0	0.0236	0.7886	0	0.249	0.0058	0.0236	0.249	0.0058	0.0236
Modal	TX	0.199	0.7148	0.0346	0	0.7384	0.8232	0	0.013	0.2364	0.0783	0.2621	0.2422	0.1019
Modal	RZ	0.172	0.0852	0.009	0	0.8236	0.8322	0	0.0026	0.033	0.7418	0.2647	0.2751	0.8437
Modal	4	0.072	0.004	0.1271	0	0.8276	0.9593	0	0.6041	0.0238	0.0041	0.8687	0.2989	0.8478
Modal	5	0.065	0.1108	0.0081	0	0.9384	0.9674	0	0.0327	0.4914	0.0176	0.9014	0.7903	0.8653
Modal	6	0.057	0.0251	0.0009	0	0.9635	0.9683	0	0.006	0.1042	0.106	0.9074	0.8945	0.9713
Modal	7	0.043	0.0002	0.0249	0	0.9637	0.9932	0	0.0647	0.0005	0.0011	0.972	0.895	0.9724
Modal	8	0.039	0.0238	0.0016	0	0.9875	0.9947	0	0.0035	0.062	0.0033	0.9756	0.9571	0.9757
Modal	9	0.035	5.58E-06	0.0049	0	0.9875	0.9997	0	0.0231	0.0001	2.13E-05	0.9986	0.9571	0.9757
Modal	10	0.034	0.0062	4.46E-05	0	0.9937	0.9997	0	0.0001	0.0157	0.0203	0.9988	0.9728	0.996
Modal	11	0.031	0.0049	0.0003	0	0.9987		0	0.001	0.0215	0.0004	0.9998	0.9944	0.9964
Modal	12	0.027	0.0013	2.03E-05	0			0	0.0002	0.0056	0.0036			

Fuente: Propia

Volvemos a calcular la fuerza cortante basal estipulada en el acápite 28.2

Tabla 34: Fuerza cortante en la base

Zona sísmica "Z"	0.35			
Factor de uso "U"	1.00			
Factor de suelo "S"	1.00			
TP	0.40			
TL	2.50			
Gx	2.50	TX=	0.199	VX=ZUCxS/Rx
Gy	2.50	TY=	0.22	VY=ZUCyS/Ry
Rx	1.50		CUMPLE	Cx/Rx>0.11
Ry	1.50		CUMPLE	Cy/Ry>0.11

Fuente: Propia

Calculamos el coeficiente sísmico estático, mediante la expresión:

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

Tabla 35: Coeficiente sísmico estático

	"C"
	COEF.
	SISMICO
VX=ZUCxS/Rx	0.58333333
VY=ZUCyS/Ry	0.58333333

Fuente: Propia

Calculamos el peso de la edificación:

Tabla 36: Factor de masa participativa

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA									
Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	Peso
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	tonf
TECHO 04	FE50= 100%CM + 25%CV	Bottom	196.61	0	0	0	1097.132	-2108.0847	196.6099
TECHO 03	FE50= 100%CM + 25%CV	Bottom	395.602	0	0	0	2224.8695	-4274.3291	201.9917
TECHO 02	FE50= 100%CM + 25%CV	Bottom	600.593	0	0	0	3352.6069	-6440.5735	201.9917
TECHO 01	FE50= 100%CM + 25%CV	Bottom	802.585	0	0	0	4450.3444	-8606.8179	201.9918

Fuente: Propia

Calculamos la cortante basal estática; el cual es el producto del coeficiente sísmico estático y el peso de la edificación:

Tabla 37: Cortante basal estático:

PESO	CORTANTE
EDIFICA	ESTATICA
802.5851	468.1746417
802.5851	468.1746417

Fuente: Propia

Calculamos la cortante basal dinámica:

Tabla 38: Cortante basal dinámica XX - YY

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 04	5D XX Max	Bottom	0	116.5265	22.9355	752.111	61.9265	314.6223
TECHO 04	5D YY Max	Bottom	0	22.0766	122.8305	1551.2956	331.6431	59.6067
TECHO 03	5D XX Max	Bottom	0	228.3726	43.8407	1503.3251	175.9079	926.1317
TECHO 03	5D YY Max	Bottom	0	42.6207	241.5335	3062.2752	975.5292	173.314
TECHO 02	5D XX Max	Bottom	0	303.0113	57.6702	2013.7696	330.7556	1729.5595
TECHO 02	5D YY Max	Bottom	0	56.5802	321.3406	4051.2576	1530.5605	322.1776
TECHO 01	5D XX Max	Bottom	0	341.1044	64.6796	2291.4656	500.5445	2631.1659
TECHO 01	5D YY Max	Bottom	0	64.6796	363.2721	4623.9356	2790.1133	491.2266

Fuente: Propia

Según el acápite 298.4 “fuerza cortante mínima” que la fuerza cortante en el primer entrepiso no puede ser menor que el 80% del valor obtenido para estructuras regulares y 90% para estructuras irregulares:

Tabla 39: Fuerza cortante mínima

PESO	CORTANTE	CORTANTE	FACTOR
EDIFICA	ESTATICA	DINÁMICA	SISMICO
802.5851	468.1746417	341.1044	1.23527336
802.5851	468.1746417	363.2721	1.15989413

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos calculamos las cortantes de diseño para ambas direcciones:

Tabla 40: Cortante de diseño XX - YY

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 04	515MO SEVERO XX Max	Bottom	0	143.9424	26.332	929.0627	76.4965	365.6445
TECHO 04	515MO SEVERO YY Max	Bottom	0	25.6065	142.4707	1799.3386	364.6705	69.1375
TECHO 03	515MO SEVERO XX Max	Bottom	0	262.1026	54.1553	1857.0174	221.0001	1144.0255
TECHO 03	515MO SEVERO YY Max	Bottom	0	49.4355	280.1533	3551.9185	1134.9903	201.0259
TECHO 02	515MO SEVERO XX Max	Bottom	0	374.3018	71.2355	2487.556	406.6144	2136.5565
TECHO 02	515MO SEVERO YY Max	Bottom	0	65.6271	372.7211	4733.8615	2123.6044	373.6919
TECHO 01	515MO SEVERO XX Max	Bottom	0	421.3572	79.897	2830.5864	618.3097	3250.2092
TECHO 01	515MO SEVERO YY Max	Bottom	0	75.0215	421.3572	5363.2793	3236.236	569.7708

VXdiseño	421.357	421.35718	421.36
Vydiseño	421.357	421.35718	421.36

Fuente: Propia

4.2.11 Análisis y diseño estructural:

- Sismo moderado, según el artículo 22 acapite b señala, es aquel que proporciona fuerzas de inercia los cuales son equivalentes a la mitad de los valores producidos por el “sismo severo”.

4.2.11.1 Consideraciones generales:

Nuestra norma actual establece que el diseño de muros debe de cubrir todo su rango de comportamiento, desde la etapa inelástica hasta la probable incursión dentro de la etapa inelástica, debiendo de proveer suficiente ductilidad y control de degradación de la resistencia y rigidez. El diseño está orientado a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado), proveer adecuada resistencia para poder soportar el sismo severo; estableciéndose las siguientes consideraciones:

- El sismo moderado deberá de producir fisuras en los muros portantes.
- Los elementos de acoplamiento entre muros portantes, deben de funcionar como una primera línea de resistencia, debiendo disipar la energía, antes que fallen los muros de albañilería,

por lo que estos elementos deberán conducirse hacia una falla dúctil por flexión.

- c) El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del sismo severo se fija en 1/200, pudiendo permitir que los muros sean reparables pasado el evento sísmico.
- d) Los muros deben de ser diseñados por capacidad, para poder soportar la carga asociada a su incursión inelástica, y que proporcionen al edificio una resistencia a corte que debe ser mayor o igual que la carga producida por el sismo severo.
- e) Asumiremos que la forma de falla dentro de los muros confinados ante acciones del sismo severo, será por corte, independientemente de su esbeltez.

4.2.11.2 Diseño de muros de albañilería confinada:

a) Control de fisuración:

Esta disposición tiene el propósito que los muros no se fisuren ante sismos moderados, para tal efecto se consideran las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado. Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que cada entrepiso satisfaga la expresión siguiente, el cual controla la ocurrencia de fisura por corte:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante admisible.

V_m = Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

b) Resistencia al agrietamiento diagonal:

La resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería deberá calcularse en cada entrepiso mediante la siguiente expresión:

$$V_m = 0.5V'_m * \alpha * t * L + 0.23P_g$$

Donde:

V'_m = Resistencia característica a corte de la albañilería.

P_g = Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida.

t = Espesor efectivo del muro.

L = Longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

α = Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1$$

Donde:

V_e = Fuerza cortante del muro obtenido del análisis elástico.

M_e = Momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

Tabla 41: Diseño por fisuración XX

DISEÑO POR FISURACIÓN - SISMO MODERADO										
Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vm (Kg)	$V_e \leq 0.55V_m$
10201.58	11828.33	16064.03	1.69	2.94	11828.33	16064.03	3.056	1.00	41003.61	No Fisurado
20980.19	27744.04	24518.85	15.45	7.13	27744.04	24518.85	8.294	1.00	73104.39	No Fisurado
10309.31	11826.32	16064.46	2.05	3.76	11826.32	16064.46	3.055	1.00	41028.39	No Fisurado
7370.46	6370.72	4544.14	4.06	2.44	6370.72	4544.14	3.785	1.00	15910.71	No Fisurado
9382.23	8398.97	9196.36	2.08	2.95	8398.97	9196.36	3.242	1.00	20848.66	No Fisurado
9550.99	8395.64	9288.94	4.14	3.49	8395.64	9288.94	3.209	1.00	20887.48	No Fisurado
6785.58	6465.23	4704.13	5.49	3.61	6465.23	4704.13	3.711	1.00	15776.18	No Fisurado
10887.21	7972.3	9107.65	18.27	0.07	7972.30	9107.65	3.107	1.00	21194.81	No Fisurado
11229.00	7940.91	9154.99	21.93	0.06	7940.91	9154.99	3.079	1.00	21273.42	No Fisurado
6382.42	5060.45	2166.26	1.68	2.35	5060.45	2166.26	4.999	1.00	12735.06	No Fisurado
32096.62	15211.59	60553.70	6.25	18.05	15211.59	60553.70	1.846	1.00	75847.47	No Fisurado
6142.95	4863.09	2267.20	1.27	3.08	4863.09	2267.20	4.590	1.00	12679.98	No Fisurado
15946.49	13134.34	14051.10	13.11	2.47	13134.34	14051.10	5.356	1.00	33836.14	No Fisurado
15967.49	8660.47	12959.99	62.17	0.48	8660.47	12959.99	3.041	1.00	46055.77	No Fisurado
15636.21	13300.85	13258.42	16.89	3.17	13300.85	13258.42	5.748	1.00	33764.78	No Fisurado

Fuente: Propia

Tabla 42: Diseño por fisuración YY

DISEÑO POR FISURACIÓN - SISMO MODERADO										
Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg-m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	α	Vm (Kg)	$V_e \leq 0.55V_m$
21579.75	13.94	3.20	19933.41	48365.14	19933.41	48365.14	3.029	1.00	43661.09	No Fisurado
11796.01	14.54	2.98	10816.08	8764.89	10816.08	8764.89	4.615	1.00	37551.18	No Fisurado
9457.19	8.90	1.52	6573.04	4140.78	6573.04	4140.78	4.286	1.00	16390.65	No Fisurado
9378.59	5.34	2.22	10802.42	7227.09	10802.42	7227.09	5.381	1.00	35691.08	No Fisurado
10900.47	1.64	3.67	11649.14	8958.55	11649.14	8958.55	4.863	1.00	37345.21	No Fisurado
7610.59	11.18	1.21	7112.33	4902.64	7112.33	4902.64	3.772	1.00	15439.44	No Fisurado
29994.60	31.28	5.07	26473.41	27296.28	26473.41	27296.28	7.128	1.00	75364.01	No Fisurado
11039.49	1.91	3.79	13765.60	9034.94	13765.60	9034.94	5.698	1.00	37377.18	No Fisurado
6857.48	11.53	1.29	8042.62	5555.88	8042.62	5555.88	3.764	1.00	25796.22	No Fisurado
11574.12	14.44	2.98	13894.15	11258.28	13894.15	11258.28	4.616	1.00	37500.15	No Fisurado
8443.33	7.68	1.47	8562.74	5207.83	8562.74	5207.83	4.439	1.00	27092.47	No Fisurado
9805.28	4.59	2.16	15049.35	9670.33	15049.35	9670.33	5.602	1.00	35789.21	No Fisurado
20710.57	14.82	3.22	28889.06	70383.57	28889.06	70383.57	3.017	1.00	73228.68	No Fisurado

Fuente: Propia

c) **Verificación de la resistencia al corte del edificio:**

Con el objetivo de brindar una adecuada rigidez y resistencia al edificio, en cada entrepiso y en cada dirección principal, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por un sismo severo:

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

Tabla 43: Fuerza cortante sismo severo XX - YY

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			kgf	Kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
TECHO 01	SISMO SEVERO XX Max	Bottom	0	421357.2	79897.03	2830586.44	618309.67	3250209.19
TECHO 01	SISMO SEVERO YY Max	Bottom	0	75021.53	421357.2	5363279.28	3236236.03	569770.8

Fuente: Propia

Tabla 44: Verificación resistencia de corte al edificio

$f'm =$	65 Kg/cm ²
$0.15f'm =$	9.75 Kg/cm ²
$0.05f'm =$	3.3 Kg/cm ²
$h =$	2.53 m
$v'm =$	8.1 Kg/cm ²

Resistencia al corte en Dirección X del Edificio, $\Sigma V_{mi} =$	485946.8579 Kg
Resistencia al Corte en Dirección Y del Edificio, $\Sigma V_{mi} =$	498226.5681 Kg
Cortante por Sismo Severo en Dirección X, $V_{Ei} =$	421357.21 Kg
Cortante por Sismo Severo en Dirección Y, $V_{Ei} =$	421357.21 Kg

Fuente: Propia

Tabla 45: Diseño por resistencia sismo severo XX - YY

DISEÑO POR RESISTENCIA - SISMO SEVERO			
$V_{Ei} - X$ (Kg)	$V_{Ei} - Y$ (Kg)	V_{Ei} (Kg)	$V_m \geq V_{Ei}$
23656.65	3.39	23656.65	Resistente
55488.08	30.9	55488.08	Resistente
23652.64	4.09	23652.64	Resistente
12741.44	8.11	12741.44	Resistente
16797.95	4.16	16797.95	Resistente
16791.27	8.29	16791.27	Resistente
12930.45	10.97	12930.45	Resistente
15944.6	36.53	15944.6	Resistente
15881.82	43.86	15881.82	Resistente
10120.9	3.36	10120.9	Resistente
30423.17	12.49	30423.17	Resistente
9726.19	2.54	9726.19	Resistente
26268.67	26.21	26268.67	Resistente
17320.94	124.33	17320.94	Resistente
26601.7	33.79	26601.7	Resistente
27.88	39866.81	39866.81	Resistente
29.09	21632.16	21632.16	Resistente
17.81	13146.08	13146.08	Resistente
10.68	21604.84	21604.84	Resistente
3.27	23298.27	23298.27	Resistente
22.37	14224.66	14224.66	Resistente
62.55	52946.81	52946.81	Resistente
3.83	27531.21	27531.21	Resistente
23.06	16085.24	16085.24	Resistente
28.88	27788.29	27788.29	Resistente
15.35	17125.48	17125.48	Resistente
9.19	30098.7	30098.7	Resistente
29.64	57778.11	57778.11	Resistente

Fuente: Propia

d) Necesidad de reforzar horizontalmente:

Según el art. 27; las fuerzas internas para el diseño de muros en cada entrepiso, serán las del sismo severo, los cuales ser obtenidos amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el sismo moderado (V_{ei} , M_{ei}) por la relación cortante de agrietamiento diagonal (V_{m1}) entre cortante producido por el sismo moderado (V_{e1}), en el primer piso para ambos. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que 3:

$$V_{ui} = V_{ei} * \frac{V_{mi}}{V_{ei}}$$

$$M_{ui} = M_{ei} * \frac{V_{mi}}{V_{ei}}$$

$$2 \leq \frac{V_{mi}}{V_{ei}} \leq 3$$

Tabla 46: Necesidad de reforzar horizontalmente

NECESIDAD DE REFORZAR HORIZONTALMENTE				
$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \leq 3$	V_u (Kg)	M_u (Kg-m)	Condición
3.46656	3	35484.99	48192.09	No Reforzar
2.634958	2.634958488	73104.39	64606.15	No Reforzar
3.469244	3	35478.96	48193.38	No Reforzar
2.497474	2.497473724	15910.71	11348.87	No Reforzar
2.482288	2.482288054	20848.66	22828.01	No Reforzar
2.487896	2.487895824	20887.48	23109.92	No Reforzar
2.440158	2.440158107	15776.18	11478.82	No Reforzar
2.658556	2.658556289	21194.81	24213.2	No Reforzar
2.678965	2.678965005	21273.42	24525.9	No Reforzar
2.516586	2.516585798	12735.06	5451.579	No Reforzar
4.986163	3	45634.77	181661.1	No Reforzar
2.607391	2.607391288	12679.98	5911.478	No Reforzar
2.576159	2.576158581	33836.14	36197.86	No Reforzar
5.31793	3	25981.41	38879.97	No Reforzar
2.538543	2.538542898	33764.78	33657.07	No Reforzar
2.190347	2.190347387	43661.09	105936.5	No Reforzar
3.471792	3	32448.24	26294.67	No Reforzar
2.493618	2.493618432	16390.65	10325.53	No Reforzar
3.303989	3	32407.26	21681.27	No Reforzar
3.205834	3	34947.42	26875.65	No Reforzar
2.170799	2.170798557	39.44	10642.64	No Reforzar
2.846781	2.84678128	75364.01	77706.54	No Reforzar
2.71526	2.715259974	37377.18	24532.21	No Reforzar
3.20744	3	24127.86	16667.64	No Reforzar
2.698988	2.69898825	37500.15	30385.97	No Reforzar
3.163995	3	25688.22	15623.49	No Reforzar
2.378124	2.3781236	35789.21	22997.24	No Reforzar
2.534824	2.534823947	73228.68	178410	No Reforzar

Fuente: Propia

BARRA	ÁREA (cm2)
6mm	0.2827433
8mm	0.5026548
3/8"	0.71
1/2"	1.29

Fuente: Propi

Según el acápite 27.1 nos referire que todos los edificios de mas de tres pisos, todos los muros portantes existentes del primer nivel serán reforzados horizontalmente. La cuantía de acero de refuerzo horizontal sera: $r=As/(s*t) \geq 0.001$, las varillas de refuerzo deberan de penetrar en las columnas de confinamiento por lo menos 12.5 cm y terminaran con gancho a 90ª vertical de 10 cmm de la longitud.

Tabla 47: Reforzamiento horizontal en muros

Numero hiladas	3	Colocar 1 ϕ 3/8"@3hiladas
S=	30	
Cabeza	23	
Soga	13	
As=Cabeza	0.69	
As=Soga	0.39	

Colocar 1 ϕ 8mm"@3hiladas

Fuente: Propia

e) Diseño de elementos de confinamiento:

✓ **Columnas de confinamiento:**

Las fuerzas internas en las columnas se obtendrán mediante la aplicación de la siguiente tabla:

COLUMNA	V_c (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{m1} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{m1} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Donde:

- ✓ $M = Mu1 - 0.5V_{m1} \cdot h$ "h" altura del primer piso.
- ✓ $F = M/L =$ fuerza axial en las columnas extremas producidas por "M".
- ✓ $N_c =$ número de columnas de confinamiento.
- ✓ $L_m =$ longitud del paño mayor $\geq 0.5L$, se considera el mayor.
- ✓ $P_c =$ Sumatoria de cargas gravitacionales: cargas verticales directa sobre la columna de confinamiento, mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna y carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria.

Tabla 48: Diseño de columnas de confinamiento extremas

Vc (Kg)	T (Kg)	C (Kg)
7688.178	-2514.39	4286.667
13707.07	-3191.09	10795.7
7692.823	-2543.05	4329.819
7366.068	-434.055	6936.405
5593.902	-2128.67	4126.155
5604.316	-2250.5	4116.831
7303.789	-252.771	6532.809
7582.368	-4711.71	6175.501
7610.491	-4942.68	6286.325
5950.961	1789.289	8171.709
9480.934	5242.451	18081.1
5925.224	1661.56	7804.51
6344.277	-4162.82	6468.177
22268.73	-3724.28	12243.21
6330.896	-3631.73	6792.415
8186.455	-294.587	14091.91
18122.96	-227.53	11568.48
7163.323	-873.539	8583.651
17845.54	1829.577	11208.17
18023.56	-4.77023	10895.7
7393.114	-386.74	7223.85
14130.75	-7599.71	12396.69
18038.99	563.1227	11602.61
12352.42	2711.483	9568.963

18098.33	-1227.78	10346.34
11840.41	2685.179	11128.51
17894.61	1285.17	11090.45
13730.38	4766.637	18573.68

Fuente: Propia

Tabla 49: Diseño de columnas de confinamiento internas

Vc (Kg)	T (Kg)	C (Kg)
5125.452	21596.86	-211858
9138.049	73790.45	-2163220
5128.549	-3436.44	3436.437
4910.712	-3685.23	3685.23
3729.268	-3127.41	3127.41
3736.211	-3183.66	3183.663
4869.192	-3392.79	3392.79
5054.912	-5443.61	5443.605
5073.661	-5614.5	5614.5
3967.307	-3191.21	3191.21
6320.623	-6419.32	6419.324
3950.149	-3071.48	3071.475
4229.518	-5315.5	5315.497
14845.82	-7983.75	7983.745
4220.597	-5212.07	5212.07
5457.637	-7193.25	7193.25
12081.98	-5898.01	5898.005
4775.548	-4728.6	4728.595
11897.03	-4689.3	4689.295
12015.7	-5450.24	5450.235
4928.743	-3805.3	3805.295
9420.501	-9998.2	9998.2
12025.99	-5519.75	5519.745
8234.947	-3428.74	3428.74
12065.56	-5787.06	5787.06
7893.607	-4221.67	4221.665
11929.74	-4902.64	4902.64
9153.585	-6903.52	6903.523

Fuente: Propia

✓ **Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento:**

El área de la sección de las columnas confinamiento será la mayor de las que nos proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor a 15 veces el espesor de la columna (15t).

✓ **Diseño por compresión:**

El área de la sección de concreto se calculará, asumiendo que la columna esta arriostrada en su longitud por los paneles de albañilería y por los muros transversales. El área del núcleo (A_n) bordeado por estribos se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$A_n = A_s + \frac{\frac{C}{\phi} - A_s * f_y}{0.85 \delta f'_c}$$

Donde:

- ✓ $\phi = 0.7$ ò 0.75 , según se utilice estribos cerrados o zunchos.
- ✓ $\delta = 0.8$ para columnas sin muros transversales.
- ✓ $\delta = 1$ para columnas confinadas por muros transversales.

Para el cálculo de la sección de la columna (A_c) deberá de agregarse los recubrimientos al para del núcleo (A_n), y el resultado no tendrá que ser menor al área requerida por corte fricción (A_{sf}), adicionalmente en los casos que la viga solera se discontinúe, el peralte de las columnas deberá de ser suficientes para anclar al refuerzo longitudinal existente en la solera.

✓ **Diseño por corte fricción:**

La sección transversal (A_{cf}) de las columnas de confinamiento estarán diseñadas para soportarla acción de corte fricción, mediante la siguiente expresión:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2f'_c\phi}$$

Donde:

✓ $\phi = 0.85$

Tabla 50: Área de columnas de confinamiento

An (cm²)	Acf (cm²)	Aminima conf	Areq	D (cm)	T=t+2	D real	Ac (cm²)	An (cm²)
-14.2	215.4	345.0	345.0	15	25	20	500	336
50.9	384.0	345.0	384.0	17	25	25	625	441
-13.8	215.5	345.0	345.0	15	25	25	625	441
12.3	206.3	195.0	206.3	16	15	25	375	231
-15.8	156.7	195.0	195.0	15	15	25	375	231
-15.9	157.0	195.0	195.0	15	15	25	375	231
8.2	204.6	195.0	204.6	16	15	25	375	231
4.7	212.4	195.0	212.4	16	15	25	375	231
5.8	213.2	195.0	213.2	16	15	25	375	231
24.6	166.7	195.0	195.0	15	15	25	375	231
123.8	265.6	345.0	345.0	15	25	25	625	441
21.0	166.0	195.0	195.0	15	15	25	375	231
7.6	177.7	195.0	195.0	15	15	25	375	231
65.4	623.8	345.0	623.8	27	25	35	875	651
10.8	177.3	195.0	195.0	15	15	25	375	231
83.9	229.3	195.0	229.3	18	15	25	375	231
58.6	507.6	345.0	507.6	22	25	30	750	546
28.7	200.7	195.0	200.7	15	15	25	375	231
55.0	499.9	345.0	499.9	22	25	30	750	546
51.9	504.9	345.0	504.9	22	25	30	750	546
15.1	207.1	195.0	207.1	16	15	25	375	231
66.9	395.8	345.0	395.8	17	25	25	625	441
58.9	505.3	345.0	505.3	22	25	35	875	651
38.6	346.0	345.0	346.0	15	25	25	625	441
46.4	507.0	345.0	507.0	22	25	35	875	651
54.2	331.7	345.0	345.0	15	25	25	625	441
53.8	501.2	345.0	501.2	22	25	35	875	651
128.7	384.6	345.0	384.6	17	25	25	625	441

Fuente: Propia

✓ **Determinación del refuerzo vertical:**

El refuerzo vertical a utilizar en las columnas de confinamiento será capaz de soportar la acción combinada de corte-fricción y tracción. adicionalmente se desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto, y se deberá de colocar mínimamente 4 varillas para formar un núcleo confinado. El refuerzo vertical (A_s) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción y tracción (A_{st}).

$$A_{st} = \frac{V_c}{f' \mu \Phi} \quad A_{st} = \frac{T}{f' y \Phi}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0.1 f' c A_c}{f' y}$$

Máximo: 4 varillas de 8 mm.

Donde:

- ✓ El factor de reducción de resistencia $\Phi = 0.85$.
- ✓ El coeficiente de fricción:
 $\mu = 0.80$ Para juntas sin tratamiento.
 $\mu = 1.00$ Para juntas en las que se haya eliminado la lechada de cemento y esta se intencionalmente rugosa.

Tabla 51: Diseño de refuerzo vertical

Asf (cm ²)	Ast (cm ²)	As min	As-requerida (cm ²)	As coloca	Arreglo	As real colocado	As real minimo
2.69	0.70	2.50	3.40	3.40	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	2.01
4.80	0.89	3.13	5.69	5.69	4 φ1/2"+2 φ3/8"	6.58	2.01
2.69	0.71	3.13	3.41	3.41	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	2.01
2.58	0.12	1.88	2.70	2.70	4 φ3/8"	2.84	2.01
1.96	0.60	1.88	2.55	2.55	4 φ3/8"	2.84	2.01
1.96	0.63	1.88	2.59	2.59	4 φ3/8"	2.84	2.01
2.56	0.07	1.88	2.63	2.63	4 φ3/8"	2.84	2.01
2.65	1.32	1.88	3.97	3.97	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	2.01
2.66	1.38	1.88	4.05	4.05	4 φ1/2"	5.16	2.01
2.08	0.50	1.88	2.58	2.58	4 φ3/8"	2.84	2.01
3.32	1.47	3.13	4.79	4.79	2 φ1/2"+4 φ3/8"	5.42	2.01
2.07	0.47	1.88	2.54	2.54	4 φ3/8"	2.84	2.01
2.22	1.17	1.88	3.39	3.39	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	2.01
7.80	1.04	4.38	8.84	8.84	6 φ1/2"+2 φ3/8"	9.16	2.01
2.22	1.02	1.88	3.23	3.23	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	2.01
2.87	0.08	1.88	2.95	2.95	2 φ1/2" + 2 φ3/8"	4.00	2.01
6.35	0.06	3.75	6.41	6.41	4 φ1/2" + 2 φ3/8"	6.58	2.01
2.51	0.24	1.88	2.75	2.75	4 φ3/8"	2.84	2.01
6.25	0.51	3.75	6.76	6.76	4 φ1/2" + 4 φ3/8"	8.00	2.01
6.31	0.00	3.75	6.31	6.31	4 φ1/2" + 2 φ3/8"	6.58	2.01
2.59	0.11	1.88	2.70	2.70	4 φ3/8"	2.84	2.01
4.95	2.13	3.13	7.08	7.08	4 φ1/2" + 4 φ3/8"	8.00	2.01
6.32	0.16	4.38	6.47	6.47	4 φ1/2" + 2 φ3/8"	6.58	2.01
4.33	0.76	3.13	5.08	5.08	4 φ1/2"	5.16	2.01
6.34	0.34	4.38	6.68	6.68	4 φ1/2" + 4 φ3/8"	8.00	2.01
4.15	0.75	3.13	4.90	4.90	4 φ1/2"	5.16	2.01
6.27	0.36	4.38	6.63	6.63	4 φ1/2" + 4 φ3/8"	8.00	2.01
4.81	1.34	3.13	6.14	6.14	4 φ1/2" + 4 φ3/8"	8.00	2.01

Fuente: Propia

✓ **Determinación de los estribos de confinamiento:**

Los estribos podrán ser cerrados con ganchos a 135^a de 1 ¾ de vuelta o zunchos con ganchos a 180^a; en los extremos de las columnas de confinamiento en una altura no menor de 45 cm o 1.5d (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento) deberá colocarse al menos los siguientes espaciamientos entre estribos:

$$S1 = \frac{Av * f'y}{0.3 * tn * f'c * \left(\frac{Ac}{An} - 1\right)} \qquad S2 = \frac{Av * f'y}{0.12 * tn * f'c}$$

$$S3 = \frac{d}{4} \geq 5cm \quad S4 = 10 cm$$

Donde:

- ✓ d= Peralte de la columna.
- ✓ tn= Espesor del núcleo confinado.
- ✓ Av= Suma de las ramas paralelas del estribo.

El confinamiento mínimo con estribos será || 6mm, 1@5cm , 4@10cm , resto@25c; adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera – columna y estribos @10cm en el sobrecimiento.

Tabla 52: Diseño de estribos de confinamiento

tn (cm)	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S4 (cm)	S colcoar	45cm ó 1.5d	Arreglo
21	6.538599	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	9.275178	7.978648	6	10	6	50	φ8mm,10@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	8.541847	7.978648	6	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	8.541847	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	8.541847	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
11	9.773844	15.23196	4	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	9.275178	7.978648	6	10	6	50	φ8mm,10@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E

21	9.275178	7.978648	6	10	6	50	φ8mm,10@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	5	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	9.275178	7.978648	6	10	6	50	φ8mm,10@5cm,4@10cm, rto25cm C/E
21	7.649095	7.978648	6	10	6	45	φ8mm,9@5cm,4@10cm, rto25cm C/E

Fuente: Propia

✓ **Diseño de vigas soleras:**

La solera estará diseñada a tracción pura, para poder soportar una fuerza igual a T_s .

$$T_s = Vm1 * \frac{Lm}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\Phi * f'y} \geq \frac{0.1 * f'c * Acs}{f'y}$$

Mínimo 4 varillas de 8mm.

Donde:

- ✓ $\Phi = 0.90$.
- ✓ Acs = Área de la sección transversal de la solera.

El área de la sección transversal de la solera (Acs) será lo suficiente como para alojar el refuerzo longitudinal (A_s), pudiendo emplear el uso de vigas chatas con un peralte el cual debe ser igual al espesor de la losa del techo, en la solera se colocará estribos mínimos: 6mm1 1@5cm, 4@10 cm y resto @ 25cm.

Tabla 53: Diseño de vigas soleras

Ts (Kg)	As-requerida (cm ²)	As min	As col	Arreglo	As real colo	Estribos
10250.903	2.71	2.13	2.71	4 φ3/8"	2.84	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18276.098	4.83	2.13	4.83	4 φ1/2"	5.16	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
10257.098	2.71	2.13	2.71	4 φ3/8"	2.84	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7366.0675	1.95	1.28	1.95	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7458.5357	1.97	1.28	1.97	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7472.4216	1.98	1.28	1.98	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7303.7886	1.93	1.28	1.93	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7582.368	2.01	1.28	2.01	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7610.4911	2.01	1.28	2.01	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
5950.961	1.57	1.28	1.57	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18961.868	5.02	2.13	5.02	4 φ1/2"	5.16	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
5925.2236	1.57	1.28	1.57	4 φ8mm"	2.01	φ6mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
8459.0357	2.24	1.28	2.24	4 φ3/8"	2.84	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
22268.725	5.89	2.13	5.89	6 φ1/2"	7.74	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
8441.1946	2.23	1.28	2.23	4 φ3/8"	2.84	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
10915.273	2.89	1.28	2.89	6 φ3/8"	4.26	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18122.964	4.79	2.13	4.79	4 φ1/2"	5.16	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7163.3227	1.90	1.28	1.90	4 φ3/8"	2.84	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
17845.538	4.72	2.13	4.72	4 φ1/2"	5.16	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18023.556	4.77	2.13	4.77	4 φ1/2"	5.16	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
7393.1144	1.96	1.28	1.96	4 φ3/8"	2.84	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18841.002	4.98	2.13	4.98	4 φ1/2"	5.16	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18038.988	4.77	2.13	4.77	4 φ1/2"	5.16	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
12352.421	3.27	2.13	3.27	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18098.333	4.79	2.13	4.79	4 φ1/2"+2 φ3/8"	6.58	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
11840.411	3.13	2.13	3.13	2 φ1/2"+2 φ3/8"	4.00	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
17894.607	4.73	2.13	4.73	4 φ1/2"+2 φ3/8"	6.58	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E
18307.17	4.84	2.13	4.84	4 φ1/2"+2 φ3/8"	6.58	φ8mm,1@5cm,4@10cm,rto25cm C/E

Fuente: Propia

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos:

- De los resultados obtenidos mediante el modelamiento (tabla 40 y41), verificamos la relación existente entre el diseño de elementos estructurales y el modelamiento con el método de elementos finitos.

En concordancia con los autores (Darío Ferrari Mora y Felipe Díaz del Castillo Rodríguez), el MEF ha adquirido gran importancia en la solución de problemas en el área de la ingeniería, casos en los que, hasta hace tiempo atrás, hubieran resultado imposibles por métodos matemáticos tradicionales; con el MEF se han logrado reducir en forma considerable los tiempos de diseño y aumentando el rango de seguridad.

En concordancia con los autores (Elsa Nápoles Padrón, Raide González Carbonell y Edenio Olivares Díaz), el MEF se inicia gracias al surgimiento de la computadora digital, haciendo este posible el cálculo automático de estructuras de barras sin recurrir a tediosos procedimientos como el caso del Cross, dando mayor precisión a los resultados obtenidos.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Respecto a la hipótesis: La simetría y regularidad influyen positivamente en el modelamiento por el método de elementos finitos.

Según los resultados obtenidos del modelamiento, se logra verificar que la regularidad se optimiza utilizando el método de los elementos finitos en el diseño estructural en albañilería confinada:

Tabla 54: Resultados del modelamiento X - Y

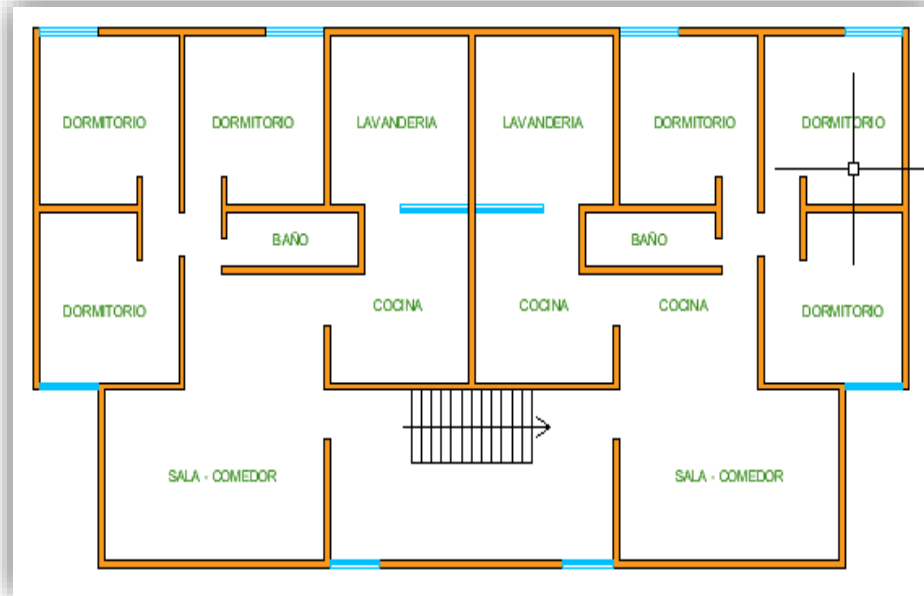
DIRECCIÓN X				DIRECCIÓN Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t m ²	Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t m ²
1X	4.15	0.13	0.5395	1Y	7.35	0.13	0.9555
2X	7.33	0.13	0.9529	2Y	3.74	0.13	0.4862
3X	4.15	0.13	0.5395	3Y	2.70	0.13	0.3510
4X	2.65	0.13	0.3464	4Y	3.73	0.13	0.4849
5X	3.53	0.13	0.4589	5Y	3.74	0.13	0.4862
6X	3.53	0.13	0.4589	6Y	2.60	0.13	0.3380
7X	2.65	0.13	0.3464	7Y	7.35	0.13	0.9555
8X	3.53	0.13	0.4589	8Y	3.74	0.13	0.4862
9X	3.53	0.13	0.4589	9Y	2.60	0.13	0.3380
10X	2.14	0.13	0.2782	10Y	3.74	0.13	0.4862
11X	7.33	0.13	0.9529	11Y	2.70	0.13	0.3510
12X	2.14	0.13	0.2782	12Y	3.73	0.13	0.4849
13X	5.74	0.13	0.7462	13Y	7.35	0.13	0.9555
14X	4.55	0.13	0.5915				
15X	2.74	0.13	0.3562				

Fuente: Propia

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos:

- A los planos arquitectónicos en planta es posible identificar tanto la regularidad y simetría.

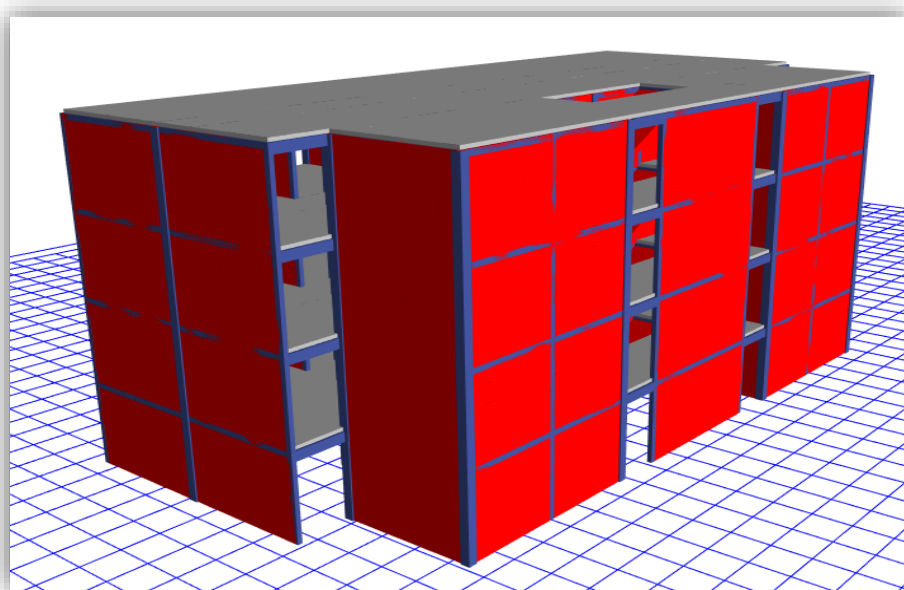
Figura 19: Regularidad y simetría de la estructura



Fuente: Propia

- Al modelado en elevación es posible identificar la continuidad presente en la investigación realizada.

Figura 20: Continuidad de la estructura



Fuente: Propia

Lo cual es concordante con lo que refiere Hernández (2012) en su investigación cuyas conclusiones fueron:

- El pre dimensionamiento estructural se basa en las recomendaciones fundadas en informaciones recopiladas en experiencias de construcción. Al ser empleadas en la tesis, se ha podido comprobar que son herramientas de gran aporte para todo tipo de estructuras.
- La distribución de muros de albañilería es la estructura tiene que ajustarse a la geometría en planta para así no poder generar efectos de torsión ante la posibilidad de un evento sísmico, la simetría es fundamental para la eficiencia del edificio.

Por tanto; la regularidad sí se optimiza utilizando el modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural en albañilería confinada.

5.2. Respecto a la hipótesis: Los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos influyen positivamente en el diseño de elementos estructurales.

Según los resultados obtenidos del modelamiento, se logra verificar que el análisis sísmico se optimiza con el uso de la metodología de elementos finitos.

Tabla 39: Fuerza cortante mínima

PESO	CORTANTE	CORTANTE	FACTOR
EDIFICA	ESTATICA	DINÁMICA	SISMICO
802.5851	468.1746417	341.1044	1.23527336
802.5851	468.1746417	363.2721	1.15989413

Fuente: Propia

Tabla 40: Cortante de diseño XX - YY

VXdiseño	421.357	421.35718	421.36
Vydiseño	421.357	421.35718	421.36

Fuente: Propia

Lo cual es concordante con lo que refiere Chevarria (2014) en su investigación cuyas conclusiones fueron:

- Al aplicar el método de elementos finitos, se logra determinar que el análisis y diseño estructural sismorresistente, cumple con la funcionalidad y seguridad estructural en concordancia a la normativa establecida en el RNE.
- Se corroboró los alcances de solución generados por la aplicación del método de elementos finitos, con respecto al análisis estático y dinámico; el cual permitió analizar minuciosamente: deformaciones y deflexiones frente a eventos externos; y poder calificarlos como daños aceptables o no, según los límites de aceptación que tengamos.

Por tanto; el análisis sísmico si se optimiza mediante el modelamiento por el método de elementos finitos.

Según los resultados obtenidos del modelamiento, se logra verificar que el método de los elementos finitos es el método más seguro; por ende, los resultados que obtendremos mediante este método serán los más cercanos al comportamiento real de la estructura; lograremos verificar que el diseño de elementos estructurales tiene relación directa con el modelamiento con el método de elementos finitos.

El diseño estructural de los muros portantes mediante el método de los elementos finitos, indica que los muros:

- No sufrirán agrietamiento diagonal (fisuras) lo cual está desarrollado en las tablas 42 y 43 de la tesis en mención.
- Resistentes a corte, lo cual está desarrollado en la tabla 45 de la tesis en mención.
- No hay necesidad de reforzar horizontalmente, lo cual está desarrollado en la tabla 46 de la tesis en mención; pero RNE. Sugiere reforzar horizontalmente los muros del primer nivel para edificaciones de más de tres pisos; lo cual está desarrollado en la tabla 47 de la tesis en mención.

Así mismo se diseñan las columnas de confinamiento y vigas solera (área de concreto, refuerzo vertical y estribos).

Por tanto; el diseño de elementos estructurales tiene relación directa con el modelamiento con el método de elementos finitos.

5.3. Respecto a la hipótesis general: El modelamiento por el método de elementos finitos optimiza positivamente el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada.

Según Vanegas (2014), en su investigación titulada “Análisis comparativo de métodos tradicionales con el método de los elementos finitos en placas rectangulares” concluye lo siguiente:

- El avance de las llamadas supercomputadoras ha ayudado a la ingeniería a hacer frente a problemas que manejan millones de incógnitas, estos problemas anteriormente eran considerados intratables debido a su naturaleza compleja y a su tamaño, los cuales han sido resueltos con éxito con el método de los elementos finitos.
- El método de los elementos finitos ha logrado adquirir una gran importancia para la solución de problemas en el campo de la ingeniería, física, etc., puesto que permite resolver casos que hasta hace poco eran prácticamente imposibles de resolver mediante métodos tradicionales.
- La diferencia de error entre el método de los elementos finitos y la solución exacta son aceptables por lo que el método de los elementos finitos siempre fiable.
- El método de los elementos finitos tiene una amplia aplicación en problemas de geometría irregular en donde los métodos tradicionales prácticamente resultan inaplicables.
- La versatilidad del método de los elementos finitos para la solución de problemas de geometría compleja siempre será indiscutible.

Por tanto; el modelamiento por el método de elementos finitos optimiza positivamente el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada.

CONCLUSIONES

- 1.** Dado que el modelamiento por el método de elementos finitos nos brinda datos más precisos y exactos, teniendo una amplia aplicación en problemas de geometría irregular, podremos optimizar el análisis sísmico de la estructura, logrando desarrollar de manera rápida y eficaz tanto el análisis estático como dinámico de la estructura, realizando también la verificación de las irregularidades presentes para un mejor comportamiento real de la estructura.
- 2.** Tanto la asimetría como la regularidad influyen positivamente en el diseño ya que nos ayudan a evitar efectos de torsión, ya que obtendremos una adecuada configuración estructural, obteniendo como resultado un buen comportamiento de la estructura.
- 3.** Gracias a la realización del modelamiento obtendremos todas las consideraciones necesarias básicas para un adecuado diseño estructural, garantizando un buen comportamiento de la estructura ante eventos sísmicos.

RECOMENDACIONES

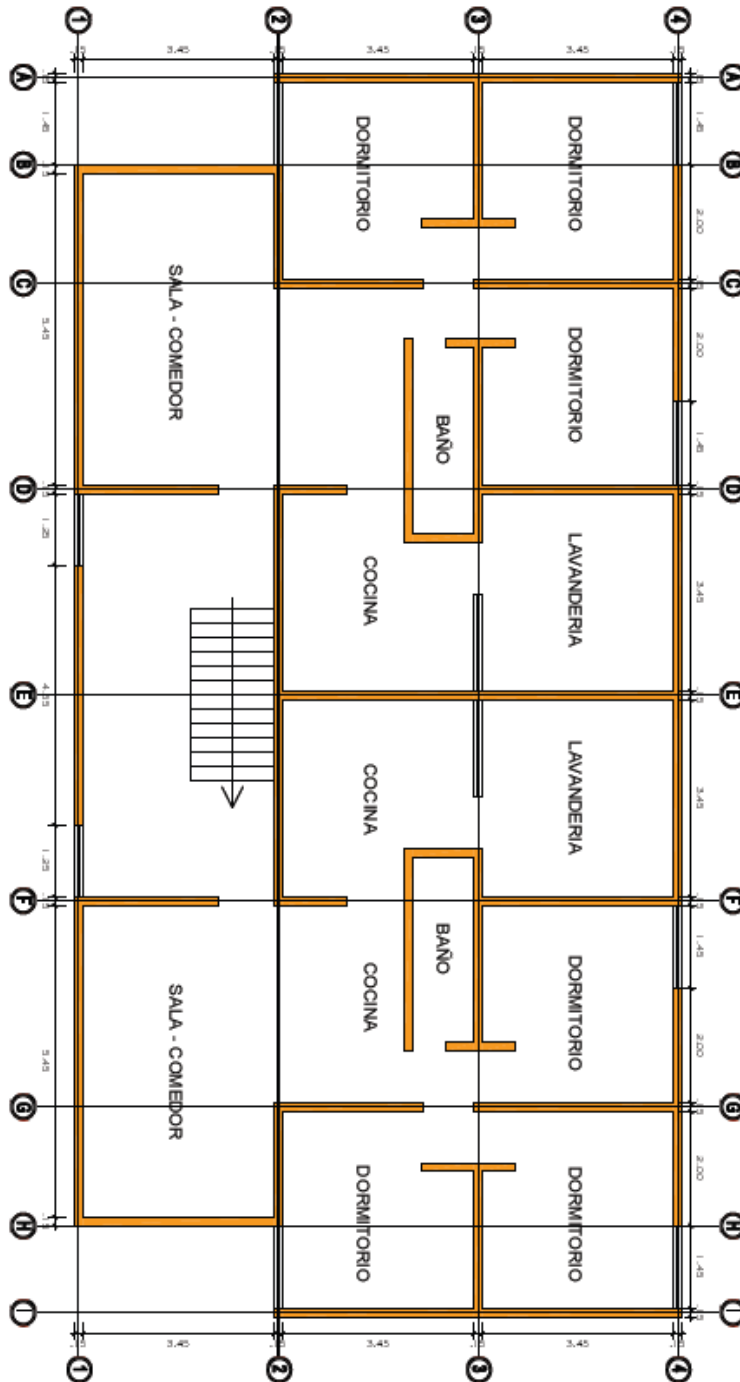
- 1.** Para realizar tanto el diseño arquitectónico y estructural de toda edificación, hay que tener presente los criterios de estructuración (simetría, regularidad, diafragma rígido, continuidad, etc.), ya que de esta manera obtendremos una mejor respuesta de la estructura ante eventos sísmicos.
- 2.** Tener en cuenta el tipo de ladrillo a usar en los muros portantes, los cuales deben de cumplir con las especificaciones estipuladas en la norma E.070.
- 3.** Los muros portantes deben de lograr simetría de rigidez, para lo cual la disposición de los muros portantes debe de ser similares en ambas direcciones.
- 4.** Tanto para el modelamiento y diseño estructural debe de ser realizado por personal profesional y capacitado, el mismo que debe de supervisar el proceso de construcción de la edificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Huamán, M. (2018)**. Tesis: “Análisis estructural de los sistemas de albañilería confinada y muro de ductilidad limitada en la construcción de un condominio” **Universidad nacional del centro del Perú – Lima**.
2. **Santana, R. (2012)**. Tesis: “Diseño sísmico por desempeño de estructuras de albañilería confinada” **Universidad nacional de ingeniería**.
3. **Marulanda, F. (2012)**. Tesis: “Modelación con elementos finitos de muros de mampostería estructural ortogonales” **Universidad nacional de Colombia**.
4. **San Bartolomé A, Quiun D. & Silva W. (2014)**. Libro: “Diseño y construcción de estructuras sismorresistente de albañilería”.
5. **Ángel San Bartolomé (1994)**. Libro: “Construcciones en Albañilería – comportamiento sísmico y estructural”.
6. **Tomás Flavio Abanto Castillos**. Libro: “Albañilería estructural”.
7. **Antonio Blanco Blasco**. Libro: “Estructuración y diseño de Edificaciones de concreto armado”.
8. **Luis Omar López Corilloclla**. Diapositivas “Muros y tabiques de albañilería”.
9. **PUCP, SENCICO**. Manual: “Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería”.

ANEXOS

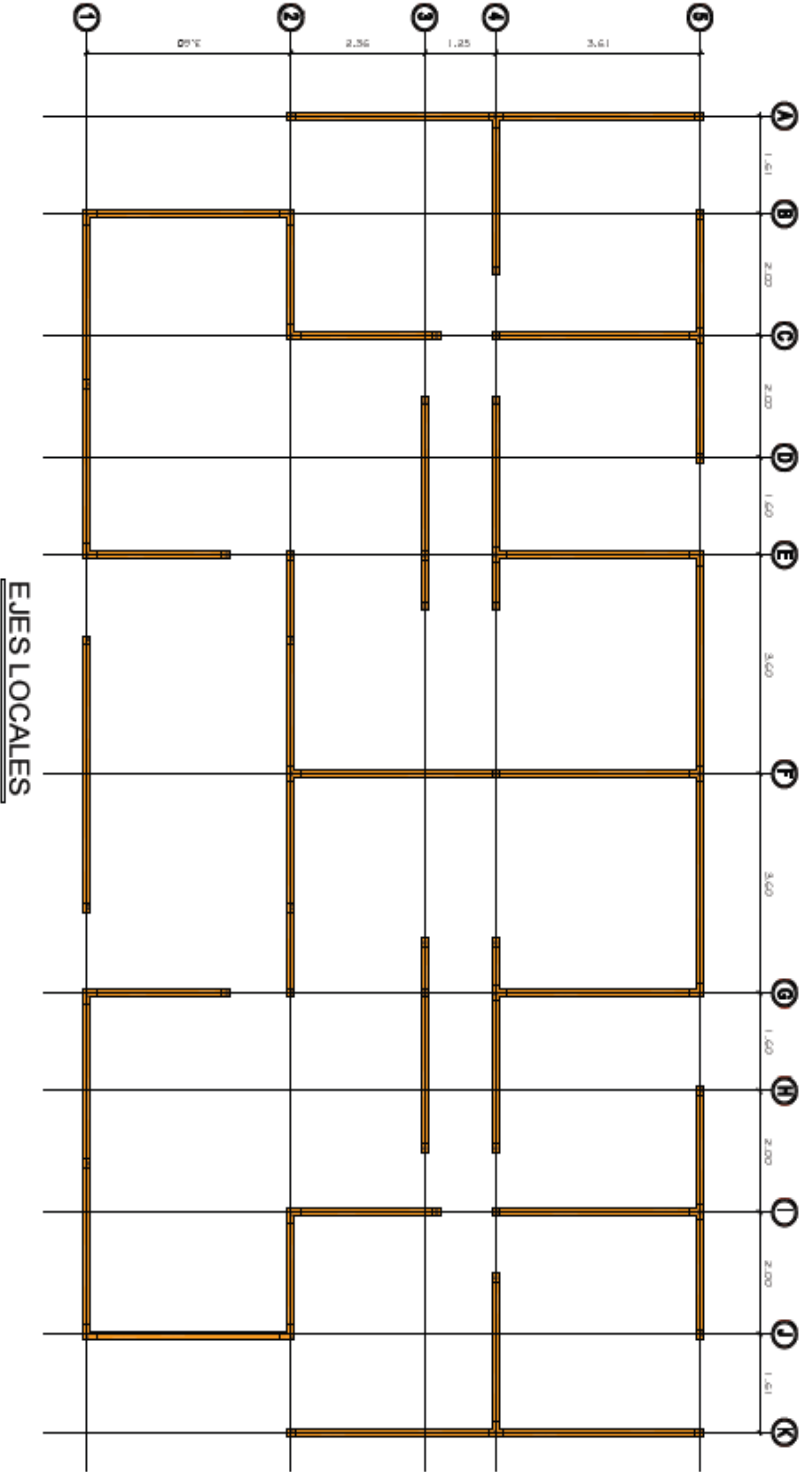
Planta típica:



PLANTA TÍPICA (04 PISOS)



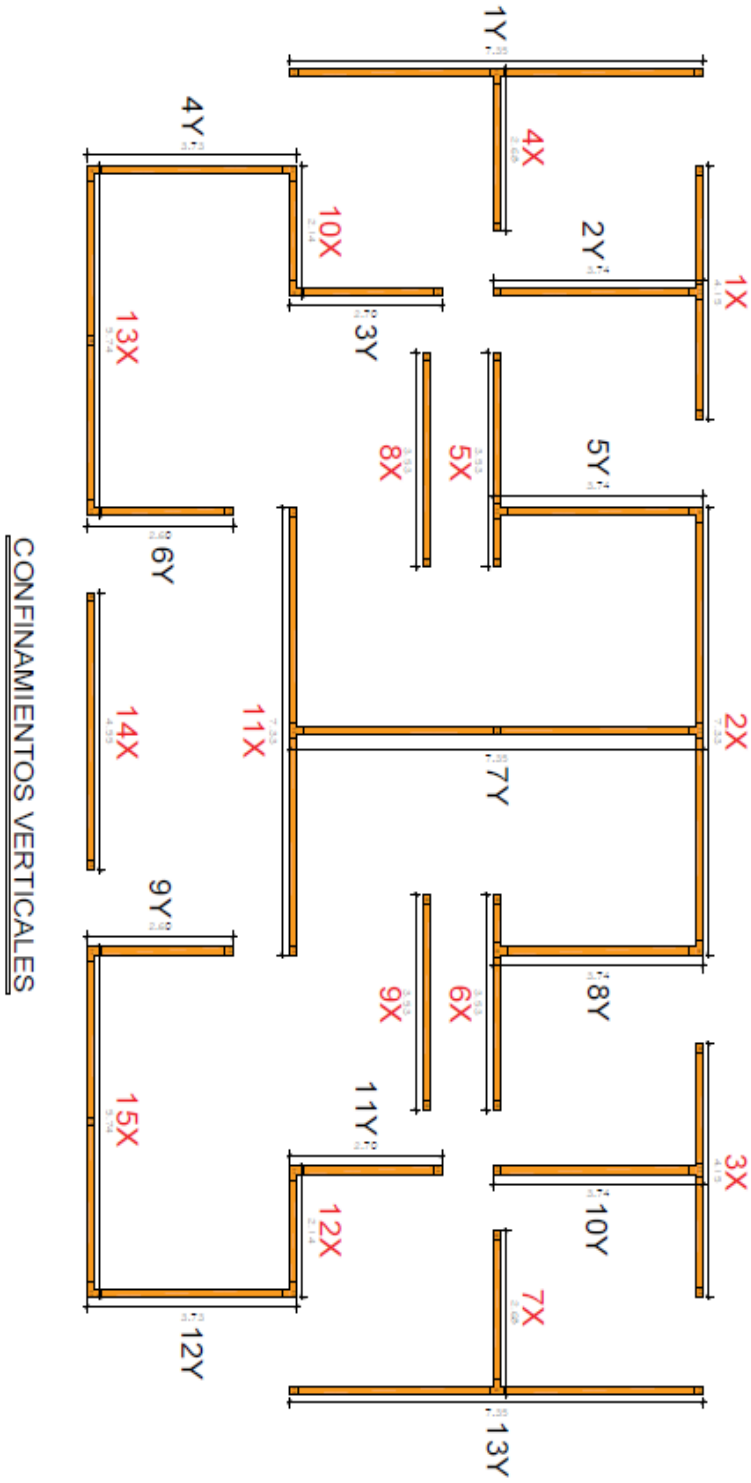
Ejes locales:



EJES LOCALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CHILE	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INGENIERÍA	
CATEDRA DE SISTEMAS DE INGENIERÍA	
PROYECTO DE GRADUACIÓN	
TÍTULO: []	
AUTOR: []	
FECHA: []	
Escala: 1:100	
A-08	

Confinamientos verticales y horizontales:

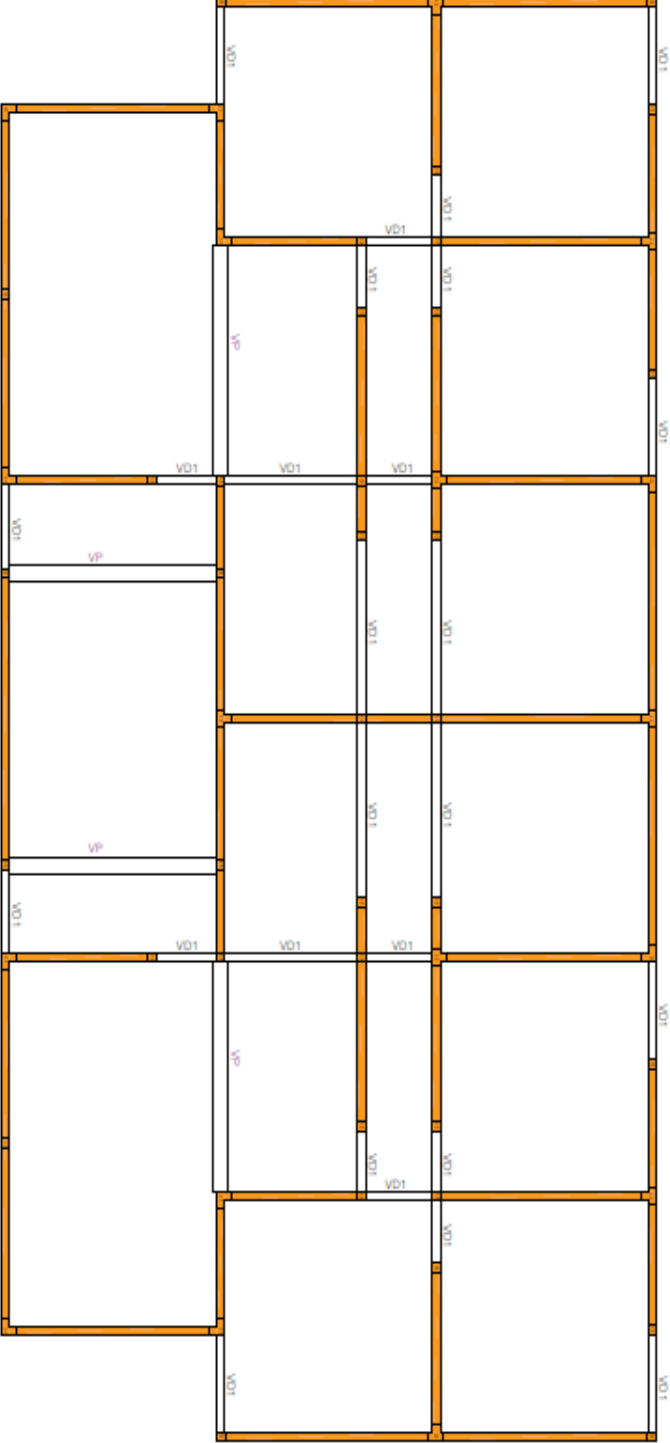


CONFINAMIENTOS VERTICALES

PROYECTO	PROYECTO DE RECONSTRUCCION DE LA OBRA
FECHA	15/05/2018
ESCALA	1:100
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS GARCIA
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCIA
OTRO	

Vigas dintel:

VIGA DINTEL





MATRIZ DE CONSISTENCIA
MODELAMIENTO POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EN ALBAÑILERÍA CONFINADA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo influye el modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada?</p> <p>Problema específicos:</p> <p>* ¿De qué manera influye la simetría y regularidad en el modelamiento por el método de elementos finitos?</p> <p>* ¿Cuál es el resultado del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño de elementos estructurales?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la influencia del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada.</p> <p>Objetivo específicos:</p> <p>* Analizar la influencia de la simetría y regularidad en el modelamiento por el método de elementos finitos.</p> <p>* Analizar los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos en el diseño de elementos estructurales.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>“El modelamiento por el método de elementos finitos optimiza el diseño estructural de edificaciones en albañilería confinada”.</p> <p>Hipotesis Específicas:</p> <p>* La simetría y regularidad influyen positivamente en el modelamiento por el método de elementos finitos.</p> <p>* Los resultados del modelamiento por el método de elementos finitos influyen positivamente en el diseño de elementos estructurales.</p>	<p>Variable Independiente (X)</p> <p>Modelamiento con el método de elementos finitos.</p> <p>Dimensiones</p> <p>*Precisión. *Confiabilidad. *Seguridad.</p> <p>Variable Dependiente (Y)</p> <p>Diseño estructural de edificaciones.</p> <p>Dimensiones</p> <p>*Regularidad. *Análisis sísmico. *Diseño de elementos estructurales.</p> <p>Poblacion:</p> <p>Edificaciones en la manzana (048) ubicada en el sector 07 (chorrillos), el cual cuenta con 41 lotes, con edificaciones de hasta 04 pisos</p>	<p>Método General:</p> <p>Método científico.</p> <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicado.</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>No experimental.</p> <p>Poblacion:</p> <p>Edificaciones en la manzana (048) ubicada en el sector 07 (chorrillos), el cual cuenta con 41 lotes, con edificaciones de hasta 04 pisos</p> <p>Muestra:</p> <p>No probabilístico</p>