



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del proyecto:

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO SISMO RESISTENTE EN ESTRUCTURAS
ELABORADAS CON MAMPOSTERÍA CONFINADA, APLICADAS EN
EDIFICACIONES MAYORES A DOS PISOS DE ALTURA”.**

AUTOR:

**ADRIÁN RENATO ENRÍQUEZ PAREDES
CAROLINA ISABEL LÓPEZ USCA**

DIRECTOR:

Ing. ALEXIS MARTÍNEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“ANÁLISIS DEL DISEÑO SISMO RESISTENTE EN ESTRUCTURAS ELABORADAS CON MAMPOSTERÍA CONFINADA, APLICADAS EN EDIFICACIONES MAYORES A DOS PISOS DE ALTURA”** presentado por Adrián Enríquez y Carolina López dirigida por Ing. Alexis Martínez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ingeniero Víctor Velásquez

Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Alexis Martínez.

Director del Proyecto



Firma

Ing. César Velasteguí

Miembro de Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación “ANÁLISIS DEL DISEÑO SISMO RESISTENTE EN ESTRUCTURAS ELABORADAS CON MAMPOSTERÍA CONFINADA, APLICADAS EN EDIFICACIONES MAYORES A DOS PISOS DE ALTURA” nos corresponde exclusivamente a: Adrián Renato Enríquez Paredes, Carolina Isabel López Usca y al Director del proyecto Ing. Alexis Martínez; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Adrián Renato Enríquez Paredes

C.I: 0201570652



Carolina Isabel López Usca

C.I: 0201570652

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, que me guía en cada paso de este largo camino y por haberme dado la sabiduría para salir adelante con este proyecto.

A mi familia en general, en especial a mis padres por su apoyo en todo momento, por darme la confianza y brindarme su tiempo y conocimientos para alcanzar esta meta.

Al director de Tesis, Ing. Alexis Martínez, a los miembros del tribunal Ing. Víctor Velásquez e Ing. César Velasteguí, por su paciencia y ayuda para la realización y culminación de este proyecto.

Carolina Isabel López Usca

DEDICATORIA

A mis padres Julio y Rosa que con su ejemplo de responsabilidad me inculcaron buenos valores, además de brindarme cada día su confianza en todas las metas que me he propuesto para alcanzar mis logros.

A mis hermanas Mayra y Mónica que son mi apoyo y aliento para seguir adelante y cumplir con cada objetivo planteado.

A mi hijo que es mi mayor tesoro e inspiración, que cada día de mi vida me da las fuerzas necesarias para seguir adelante y culminar con esta etapa tan importante en mi vida.

Finalmente, para mi novio Adrián, que siempre ha sabido apoyarme en las buenas y en las malas, ayudándome a salir adelante y no darme por vencida ante las adversidades.

Carolina Isabel López Usca

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar siempre conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo de estudio.

A mi familia y amigos, por estar conmigo apoyándome en los momentos difíciles, en especial a mi hermano Diego, por contribuir en este proceso cuyo fin se ve reflejado en la culminación de un peldaño más de mis metas.

A nuestro Director del proyecto Ing. Alexis Martínez, a los miembros del tribunal Ing. Víctor Velásquez e Ing. César Velasteguí, por su dedicación, esfuerzo, sabiduría y colaboración en el desarrollo de esta investigación.

A mi compañera de tesis y novia, Isabel López, por ser mi soporte, mi consejera, mi apoyo para seguir adelante y no bajar los brazos en los momentos difíciles, sin su complemento no sería posible este logro tan importante.

Y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de este proyecto. ¡Gracias!

Adrián Renato Enríquez Paredes

DEDICATORIA

A mis queridos padres Lucía y Vinicio por cada día confiar y creer en mí, por brindarme su amor, su comprensión y apoyo incondicional, por ser mis ejemplos de superación y entrega; porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles.

A mis hermanos César y Diego por ser los ejemplos de hermanos mayores, por su apoyo, su comprensión, sus sabios consejos y sobre todo por su cariño.

A mis pequeños sobrinos, Amandita Lucia y Juan Diego, que los quiero con todo el corazón.

Y en especial a mi hijo, Cesar Adrián, que con su amor, dulzura y carisma, le da alegría a mi vida, convirtiéndose en mi fuente de inspiración; por eso hijo te quiero dedicar este gran triunfo en mi vida esperando que veas en mí un ejemplo a seguir.

Adrián Renato Enríquez Paredes

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	2
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	2
1.1. MAMPOSTERÍA DE MUROS CONFINADOS.....	2
1.1.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA MAMPOSTERÍA CONFINADA	2
1.1.2. REGULARIDAD EN ELEVACIÓN	4
1.1.3. MUROS PORTANTES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA.....	4
1.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS	6
1.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	7
1.2.3. LADRILLO EMPLEADO EN LA ELABORACIÓN DE MUROS CONFINADOS	7
1.3. ENSAYOS A REALIZAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERÍA.....	7
1.3.1. ENSAYO A COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA	7
1.3.2. ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS	10
1.3.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN	11
1.4. SISMICIDAD	13
1.4.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	13
1.4.2. FACTOR DE ZONA SÍSMICA (Z)	13
CAPÍTULO II	15
2. METODOLOGÍA	15
2.1. TIPO DE ESTUDIO	15
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	16
2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	17
2.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	17
2.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES	18
2.4. PROCEDIMIENTOS.....	19
2.4.1. ELABORACIÓN DE MURETES DE MAMPOSTERÍA.....	19
2.4.2. ELABORACIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA	19
2.4.3. ELABORACIÓN DE CUBOS DE MORTERO	20

2.4.4.	ENSAYO DE MURETES	20
2.4.5.	ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS	21
2.4.6.	ANÁLISIS DE LA EDIFICACION EN ESTUDIO	22
2.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	23
2.5.1.	MÓDULO DE ELASTICIDAD Y ESFUERZO CORTANTE DE LA MAMPOSTERÍA CONFINADA.....	23
2.5.2.	DISEÑO DETALLADO DE ANÁLISIS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA	24
CAPÍTULO III		31
3.	RESULTADOS	31
3.1.	ANÁLISIS ESTÁTICO	31
3.1.1.	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	31
3.1.2.	PLANOS DISTIBUCION DE MUROS DE LA EDIFICACIÓN	33
3.1.3.	CÁLCULO DE DENSIDAD DE MUROS	35
3.1.4.	EVALUACIÓN DE CARGAS.....	36
3.1.5.	CARGAS VERTICALES	44
3.1.6.	CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD.....	47
3.1.7.	DETERMINACIÓN DEL CORTANTE BASAL.....	48
3.1.8.	CÁLCULO DE LA RIGIDEZ LATERAL DE LOS MUROS.....	53
3.1.9.	CÁLCULO DE LA CORTANTE BASAL V_{ti} DE LOS MUROS	58
3.1.10.	CÁLCULO DE VALORES DE FUERZA CORTANTE TOTAL V_{TI}	65
3.1.11.	ANÁLISIS SÍSMICO MANUAL.....	66
3.1.12.	CÁLCULO DE MOMENTOS MAYORADOS Y CONTROL DE FISURACIÓN DE LOS MUROS	68
3.2.	DISEÑO DETALLADO DE ANÁLISIS SÍSMICO DE MAMPOSTERÍA CONFINADA	70
3.2.1.	DISEÑO PARA CARGA AXIAL DE COMPRESIÓN	71
3.2.2.	DISEÑO DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A SU PLANO.....	73
3.2.3.	VERIFICACION POR APLASTAMIENTO DEL ALMA DEL MURO.....	74
3.2.4.	VERIFICACION A CORTANTE EN LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DEL MURO	75
CAPÍTULO IV		79
4.	DISCUSIÓN	79
CAPÍTULO V		81
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1.	CONCLUSIONES	81
5.2.	RECOMENDACIONES.....	83

CAPÍTULO VI.....	84
6. PROPUESTA.....	84
6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA	84
6.2. INTRODUCCIÓN.....	84
6.3. OBJETIVOS.....	85
6.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	85
6.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	85
6.4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	86
6.5. MANUAL ETABS VERSIÓN 2016 PARA MODELAR UN EDIFICIO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA.....	86
6.5.1. PARÁMETROS PARA INICIAR LA MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	86
6.5.2. DEFICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	90
6.5.3. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	94
6.5.4. DEFINICIÓN DE LAS SECCION DE LOSA PARA ALIVIAMIENTO, DSCANSO Y GRADAS.....	98
6.5.5. COLOCAR LAS SECCIONES DEL MURO ESTRUCTURAL.....	101
6.5.6. PROYECTAR LAS SECCIONES DE LA MODELACIÓN	102
6.5.7. MODELADO DE GRADAS DE LA EDIFICACIÓN	107
6.5.8. ANÁLISIS ESTÁTICO EQUIVALENTE.....	112
6.5.9. ASIGNACIÓN DE CARGAS PARA EL CÁLCULO DEL PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA.....	118
6.5.10. ASIGNACIÓN DE LOS DIFRAGMAS RIGIDOS	120
6.5.11. DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	126
6.5.12. DETERMINACIÓN DE RESULTADOS POR EL ANÁLISIS ESTÁTICO EQUIVALENTE	126
7. BIBLIOGRAFÍA.....	131
8. ÁPENDICES Y ANEXOS	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales elementos de mampostería confinada	2
Figura 2 Regularidad en elevación.....	4
Figura 3 Muro estructural de mampostería confinada, tipo 1	5
Figura 4 Muro estructural de mampostería confinada, tipo 2	5
Figura 5 Dimensiones del ladrillo macizo.....	7
Figura 6 Carga en la dirección diagonal del murete.....	8
Figura 7 Armado de elementos de confinamiento de muretes	9
Figura 8 Aplicación de la carga en prismas de mampostería	10
Figura 9 Mapa para diseño Sísmico del Ecuador	14
Figura 10 Muretes de Mampostería	19
Figura 11 Prisma de mampostería.....	20
Figura 12. Cubos de mortero.....	20
Figura 13. Murete de mampostería confinada sometido a compresión diagonal	21
Figura 14. Prismas de mampostería sometidos a fuerza de compresión	21
Figura 15. Máquina para compresión de tubos	22
Figura 16. Piezas elaboradas para el ensayo de compresión diagonal de muretes	22
Figura 17 Planta Arquitectónica Tipo de la Edificación.	32
Figura 18. Muros en dirección X de análisis.....	33
Figura 19. Muros en dirección Y de análisis.....	34
Figura 20. Áreas de influencia para muros en sentido X	38
Figura 21. Áreas de influencia para muros en sentido Y	39
Figura 22 Detalle de muro.....	42
Figura 23 Detalle de ventana.....	42
Figura 24 Detalle de ventana de baño	43
Figura 25 Detalle de puertas.....	43
Figura 26 Muro X1 en función de la longitud efectiva del muro Y5	54
Figura 27. Área transformada del muro X1	55
Figura 28 Diagramas de Cortantes y Momentos para el muro Y6.....	67
Figura 29 Menú File.....	87
Figura 30 Unidades con las que va a trabajar el programa.....	87
Figura 31 Ingreso del número de ejes y alturas de entrepiso	88
Figura 32 Colación de longitudes de eje a eje.....	89
Figura 33 Alturas de entrepiso (Modelación).....	89
Figura 34 Menú Define	90
Figura 35 Definición del concreto.....	90
Figura 36 Ingreso propiedades del concreto.....	91
Figura 37 Colocación de la resistencia a compresión del concreto.....	92
Figura 38 Propiedades de la Mampostería	93
Figura 39 Resistencia a la compresión de la mampostería.....	93
Figura 40 Ingreso de las propiedades del acero	94
Figura 41 Definición de las secciones para la edificación	95
Figura 42 Selección de la sección de la columna.....	95
Figura 43 Definición de las secciones de columna	96
Figura 44. Inercias agrietadas en columnas.....	96

Figura 45 Definición de las secciones de la viga	97
Figura 46 Acero superior e inferior de la viga	97
Figura 47. Inercias agrietadas en las vigas	98
Figura 48. Menú para la colocación de la losa de entrepiso.....	98
Figura 49 Definición de la losa de aliviamiento.....	99
Figura 50 Colocación de las propiedades para la losa del descanso	100
Figura 51 Definición de las propiedades de la losa para la grada	100
Figura 52 Menú para asignación de las propiedades del muro	101
Figura 53 Ingreso de las características del muro	101
Figura 54 Icono utilizado para dibujar las columnas	102
Figura 55 Vista de columnas en 3D	103
Figura 56 Menú para la aplicación de las restricciones.....	103
Figura 57 Definición del tipo de restricción.....	104
Figura 58 Icono para dibujar vigas.....	104
Figura 59 Proyección de las vigas en la planta	105
Figura 60 Icono para dibujar los muros de X y Y	105
Figura 61 Dibujo de la planta y en 3D de los muros.....	106
Figura 62 Icono para dibujar las losas.....	106
Figura 63 Definición losas de entrepiso.....	107
Figura 64 Icono para colocar planos de referencia.....	107
Figura 65 Colocación de puntos para la colocación de secciones.....	108
Figura 66 Pantalla en planta y elevación en 3D	108
Figura 67 Plano de referencia a la mitad de la altura de entrepiso.....	109
Figura 68 Losa para el descanso	109
Figura 69 Icono para definir el espacio del hueco de la grada	110
Figura 70 Delimitación de límites mínimos y máximos	111
Figura 71 Ícono para dibujar las rampas de la grada.....	111
Figura 72 Espacio de la grada con losa de descanso y rampas	112
Figura 73 Icono para definir cargas.....	112
Figura 74 Definición de casos de carga.....	113
Figura 75 Definición dirección de excentricidades	113
Figura 76 Icono para selección de todas las losas	114
Figura 77 Selección de losa bidireccional.....	114
Figura 78 Losa bidireccional seleccionada en los tres piso.....	115
Figura 79 Icono para asignar cargas a las losas.....	115
Figura 80 Asignación de cargas muertas.....	116
Figura 81 Asignación de cargas vivas	116
Figura 82 Comprobación de cargas vivas y muertas asignadas	117
Figura 83 Cargas definidas en la losa de descanso	117
Figura 84. Cargas asignadas en las rampas	118
Figura 85 Icono para definir las cargas para el peso propio	119
Figura 86 Colocación de la carga viva y muerta	119
Figura 87 Selección de toda la estructura.....	120
Figura 88 Icono para colocar el factor de rigidez.....	121
Figura 89 Colocación del factor rígido.....	121
Figura 90 Icono para dividir objetos lineales	122
Figura 91 Selección del divisor de puntos y líneas	122
Figura 92 Icono para dividir los pisos.....	123

Figura 93 Seleccionar para que descretizar	123
Figura 94 Menú para definir el diafragma rígido en ala edificación	124
Figura 95 Diafragma rígido en planta	125
Figura 96 Deformada en 3D	126
Figura 97 Resultados de los centro de masas que nos da el Etabs	127
Figura 98 Tabla de resultados	127
Figura 99 Menú para asignar muros en la planta	128
Figura 100 Asignación de muros en X y Y	129
Figura 101 Selección y asignación del muro.....	129
Figura 102 Menú para encontrar resultados de cortantes y momento en cada muro	130
Figura 103 Momentos y cortantes	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores del Factor Z en función de la zona sísmica adoptada	14
Tabla 2. Variables Independientes	17
Tabla 3. Variables dependientes.....	18
Tabla 4 Cálculo de densidad de los muros en X	35
Tabla 5 Cálculo de densidad de los muros en Y	36
Tabla 6. Muros en X.....	40
Tabla 7. Muros en Y.....	40
Tabla 8 Peso muros en dirección X.....	41
Tabla 9 Peso muros en dirección Y.....	41
Tabla 10 Esfuerzos muros en X	44
Tabla 11 Esfuerzos muros en Y	44
Tabla 12 Cálculo del centro de Masas	47
Tabla 13 Valores utilizados en el cálculo de la aceleración de la gravedad (S_a)	49
Tabla 14 Factores considerados para el cálculo de la cortante basal	50
Tabla 15 Fuerza cortante basal en la altura de la edificación.....	52
Tabla 16 Rigidez en el muro X	56
Tabla 17 Rigidez en el muro Y	57
Tabla 18 Centro de rigidez en el muro X.....	57
Tabla 19 Centro de rigidez n el muro Y.....	58
Tabla 20 Cálculo del V_{1i} de los muros en dirección X.....	59
Tabla 21 Cálculo de V_{1i} de los muros en dirección Y.....	59
Tabla 22 Cálculo R_i de muros en dirección X	60
Tabla 23 Cálculo R_i de muros en dirección Y	60
Tabla 24 Rigidez torsional Muros en X	61
Tabla 25 Rigidez torsional Muros en Y	61
Tabla 26 Cálculo del V_{2i} de los muros en dirección X.....	64
Tabla 27 Cálculo del V_{2i} de los muros en dirección Y.....	64
Tabla 28 Cálculo de V_{ti} de muros en X.....	65
Tabla 29 Cálculo de V_{ti} de muros en X.....	65
Tabla 30 Cálculo de Momento y Cortantes últimos.....	68

RESUMEN

El Ecuador es un país que ha sufrido severos daños a causa de eventos sísmicos, asociados al proceso de subducción de la placa de Nazca o a la activación de fallas geológicas locales, la ciudad de Riobamba no ha sido la excepción, geográficamente está situada en la zona de mayor riesgo sísmico del Ecuador, ubicándose en la zona V del mapa de zonificación sísmica para efectos de diseño establecido por la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-2015.

Tomando en cuenta la difícil situación del diseño y construcción de edificaciones frente a uno de los fenómenos de la naturaleza más destructivos actualmente, los sismos; el presente proyecto pretende introducir una alternativa de diseño sismo resistente en edificaciones superiores a dos pisos de altura, elaborados con un sistema constructivo de mampostería de muros confinados.

Este tipo de sistema aprovecha al máximo los materiales de construcción producidos en la provincia, como es el caso de los ladrillos de arcilla fabricados en el cantón Chambo; los muros de mampostería confinada son los principales elementos estructurales en estas edificaciones, por lo que deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la norma NEC-SE-MP (2015) Mampostería estructural.

Abstract

Ecuador is a country that has suffered severe damage due to seismic events, associated with the subduction process of the Nazca Plate or the activation of local geological faults, the city of Riobamba has not been the exception, geographically located in the area of the highest seismic risk in Ecuador, located in zone V of the seismic zoning map for design purposes established by the Ecuadorian Construction Standard NEC-2015. Taking into account the difficult situation of the design and construction of buildings against one of the most destructive natural phenomenon which is earthquakes; the present project intends to introduce an alternative for a resistant earthquake design in constructions superior to two floors in height, elaborated with a constructive system of masonry of confined walls. This type of system makes the most of the building materials produced in the province, as is the case of clay bricks manufactured in Chambo; the confined masonry walls are the main structural elements in these buildings, so they must comply with the minimum requirements established in the NEC-SE-MP (2015) structural masonry.



Reviewed by: Barriga, Luis
Language Center Teacher

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Riobamba está ubicada en la zona de mayor riesgo sísmico del Ecuador, a través de su historia han acontecido varios terremotos como los de 1645, 1698 y 1797, este último causante del cambio de ubicación de la ciudad, ya que provocó destrucción total en su antiguo emplazamiento localizado en lo que hoy se conoce como Sicalpa, desde ese año la ciudad fue reasentada en la llanura de Tapi. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

La construcción de edificaciones en nuestro País está en el centro de la atención de las autoridades, planificadores urbanos y de los mismos constructores, sobre todo después del sismo del 16 de Abril del 2016 y las grandes consecuencias que este fenómeno produjo en la costa ecuatoriana, sin embargo, continúan incrementándose las edificaciones informales con procesos constructivos empíricos, con mano de obra no calificada, e incumpliendo la normativa de construcción vigente como la Norma Ecuatoriana (NEC 2015) que dispone la aplicación obligatoria de construcciones con diseño sismo – resistente, demostrando que las construcciones en nuestro país no están diseñadas para enfrentar actividades sísmicas de esta naturaleza.

La importancia de la actividad sísmica obliga a la búsqueda de alternativas que traten de desarrollar y mejorar los códigos y normativas de diseño sismo resistente actuales, el sistema constructivo de las edificaciones de mampostería confinada se caracteriza por construirse primero el muro de mampostería, para luego vaciar el concreto en los elementos verticales, así como las vigas y columnas de confinamiento, y finalmente, construir el techo en conjunto con la viga solera. Esta secuencia constructiva produce un comportamiento integral de los materiales involucrados, garantizando diseños de estructuras seguras para sus ocupantes.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. MAMPOSTERÍA DE MUROS CONFINADOS

Este sistema está conformado por muros construidos con unidades de mampostería (ladrillos macizos, ladrillos huecos, bloques con perforación vertical, etc.) que se unen con mortero; se logra el confinamiento con la construcción de columnas y vigas de concreto alrededor de la pared de mampostería, generalmente fundidas en sitio. Para que el funcionamiento de este sistema se considere monolítico, los muros deben ser continuos desde la cimentación hasta la cubierta.

Los muros confinados deben cumplir requisitos de la NEC-SE-MP. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014)

1.1.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA MAMPOSTERÍA CONFINADA

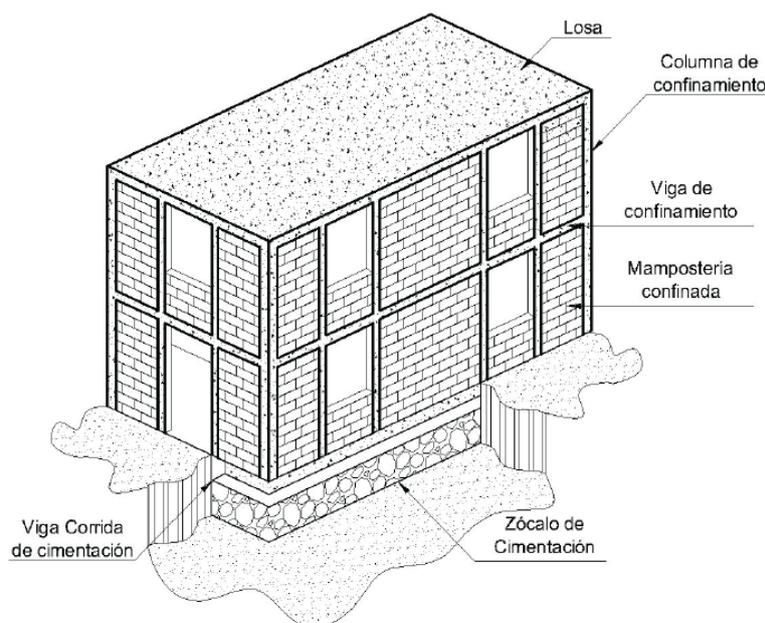


Figura 1. Principales elementos de mampostería confinada

Fuente. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014)

1.1.1.1. PLINTOS

Transmite al terreno las cargas de toda la estructura.

1.1.1.2. VIGA DE CIMENTACIÓN

Transmite las cargas de los muros a la cimentación confinada y protege a los muros de primer nivel.

1.1.1.3. MUROS CONFINADOS

Son los elementos más importantes de estas estructuras. Cumplen la función de elementos estructurales transmitiendo toda la carga vertical de la losa a la cimentación y resistiendo las fuerzas sísmicas. Los muros portantes de estudio en la presente investigación son elaborados con ladrillo macizo y confinados por vigas y columnas de concreto.

1.1.1.4. VIGAS DE CONFINAMIENTO

Son los elementos de hormigón armado colocados en la parte inferior y superior de los muros portantes. Las vigas de amarre se pueden fundir antes o después de levantar las paredes.

1.1.1.5. COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

Las columnas de confinamiento son elementos de hormigón armado que se colocan en cada extremo de los muros portantes, deben ser continuas desde la cimentación hasta la planta de cubierta y se pueden fundir antes o después de levantar las paredes.

1.1.1.6. LOSA

Transmite toda la carga que soporta y su peso propio hacia los muros confinados. Realizan un trabajo en conjunto con los muros para soportar las cargas producidas durante un sismo.

1.1.2. REGULARIDAD EN ELEVACIÓN

Toda edificación debe seguir una cierta relación entre el ancho y el largo de su planta arquitectónica para evitar las irregularidades geométricas en altura. La siguiente figura muestra ejemplos de regularidad en elevación.

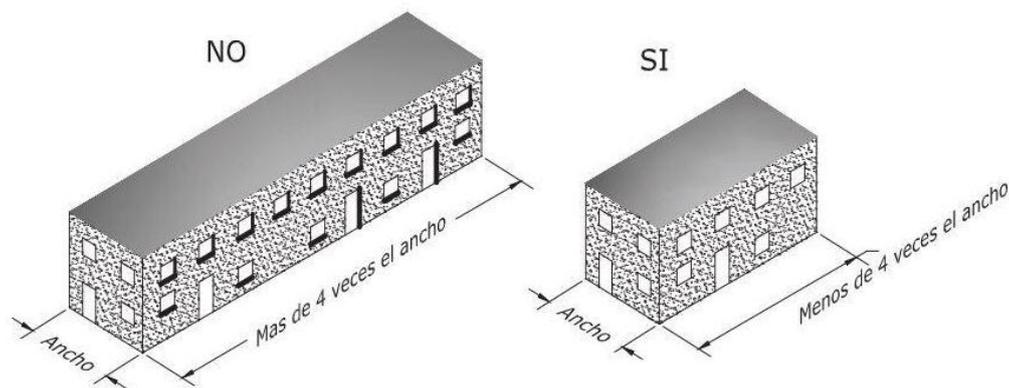


Figura 2 Regularidad en elevación

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014)

1.1.3. MUROS PORTANTES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

Este sistema estructural está conformado por unidades de mampostería que se unen por medio de mortero, y se confinan en su perímetro por vigas y columnas, construidos alrededor del muro.

Los sistemas de mampostería confinada se pueden construir de dos maneras (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2016, págs. 46-47):

Tipo 1: Se construye o levanta la pared de mampostería y luego se funden las columnas y vigas que confinarán la mampostería, este sistema constructivo es el más efectivo, porque garantiza la conexión satisfactoria entre el muro de mampostería con las columnas de confinamiento.

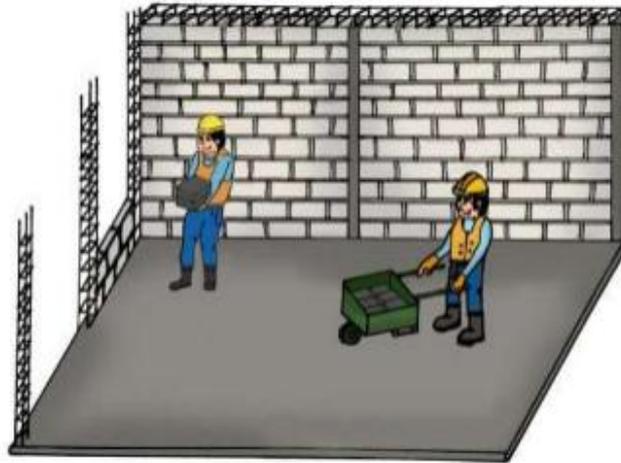


Figura 3 Muro estructural de mampostería confinada, tipo 1

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2016, pág. 47)

Tipo 2: Primero se funden las columnas de confinamiento y se dejan arriostros chicos con barras de diámetro mínimo de 8mm cada tres hiladas de mampostería o cada 60cm, con gancho y 15cm de empotramiento en el hormigón y al menos 50cm en la pared, de manera que exista continuidad con la pared que se construye después.

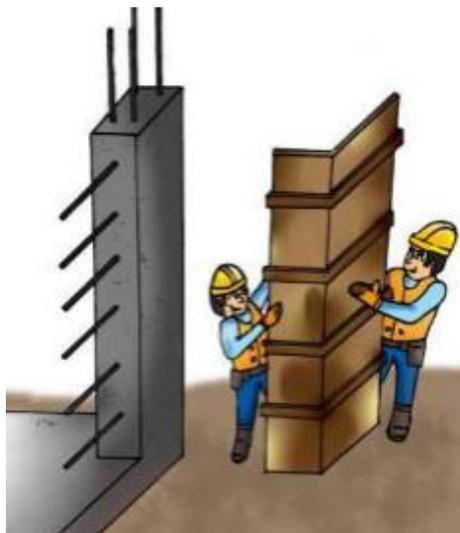


Figura 4 Muro estructural de mampostería confinada, tipo 2

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2016, pág. 47)

En zonas de la Sierra generalmente se utilizan ladrillos macizos de arcilla elaborados manualmente, mientras que en otras zonas del país y sobre todo en la región Costa se utilizan bloques de hormigón y arcilla vibro-prensados.

Como nuestra investigación está encaminada para la región Sierra, consideramos al ladrillo artesanal del Cantón Chambo como el principal componente de los muros estructurales de mampostería confinada, debido a su disponibilidad en el medio; necesitamos determinar las respectivas propiedades de la mampostería con el fin de verificar que los muros portantes soporten las cargas de la estructura y las fuerzas que se desarrollen al momento de un sismo.

Es por dicha razón que el siguiente apartado será dedicado para este material.

1.2. LADRILLO

El ladrillo es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en formado paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería (Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN, 2005, pág. 1)

1.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS

- ✓ Ladrillo común (mambrón). Es el ladrillo moldeado a mano.
- ✓ Ladrillo a máquina. Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continúa.
- ✓ Ladrillo reprensado. Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.
- ✓ Ladrillo macizo. Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.
- ✓ Ladrillo hueco. Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen.

1.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN

Para la elaboración de las unidades de ladrillo se debe seguir el siguiente proceso:

1. Extracción de la materia prima (arcilla)
2. Preparación mecánica
3. Moldeo
4. Secado
5. Cocción

1.2.3. LADRILLO EMPLEADO EN LA ELABORACIÓN DE MUROS CONFINADOS

El ladrillo que se utilizará en el presente estudio de muros de mampostería confinada, es el ladrillo macizo producido artesanalmente en el cantón Chambo, cuyas dimensiones aproximadas son:

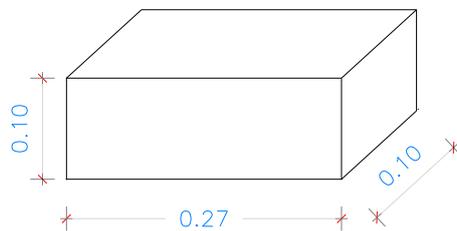


Figura 5 Dimensiones del ladrillo macizo

Realizado por: Autores del proyecto

1.3. ENSAYOS A REALIZAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERÍA

1.3.1. ENSAYO A COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

El ensayo de compresión diagonal de muretes de mampostería se efectúa aplicando una carga de compresión al área de la sección bruta diagonal del murete, hasta llegar a la falla de rotura.

Para el desarrollo de este apartado se aplicó el capítulo 10. Anexos: confección y ensayos de elementos de mampostería de la NEC-SE-MP. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

Parámetros a considerar:

1.3.1.1. DIMENSIONES DEL MURETE

Largo: 900 mm

Ancho: 900 mm

Espesor: 100 mm

1.3.1.2. CABEZALES PARA APLICAR LA CARGA

Estos aparatos de acero se utilizan para aplicar la carga en la dirección de diagonal del murete. La longitud r de repartición de la carga aplicada debe ser menor o igual a 150mm para evitar los efectos de confinamiento en el murete. El ancho del cabezal debe ser igual al espesor del murete más 25mm.

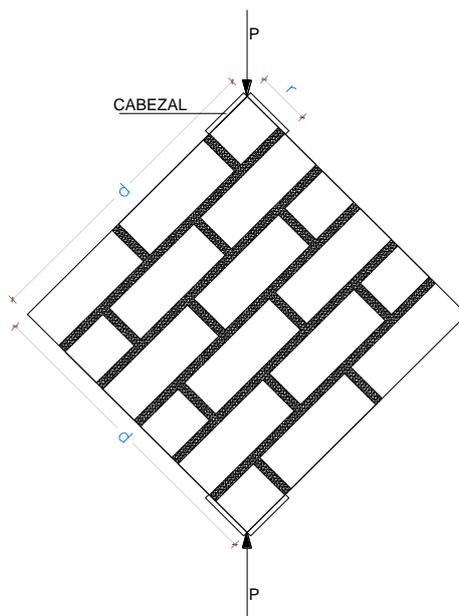


Figura 6 Carga en la dirección diagonal del murete

Realizado por: Autores del proyecto

1.3.1.3. EDAD DEL ENSAYO

Los muretes deben ensayarse, a la edad de 28 días, que es el periodo de curado hasta alcanzar su resistencia máxima.

1.3.1.4. ARMADURA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DE CONFINAMIENTOS EN LOS MURETE ($F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$)

- ✓ Varilla corrugada $\phi 8 \text{ mm}$ (acero longitudinal)
- ✓ Varilla corrugada $\phi 6 \text{ mm}$ (acero transversal)

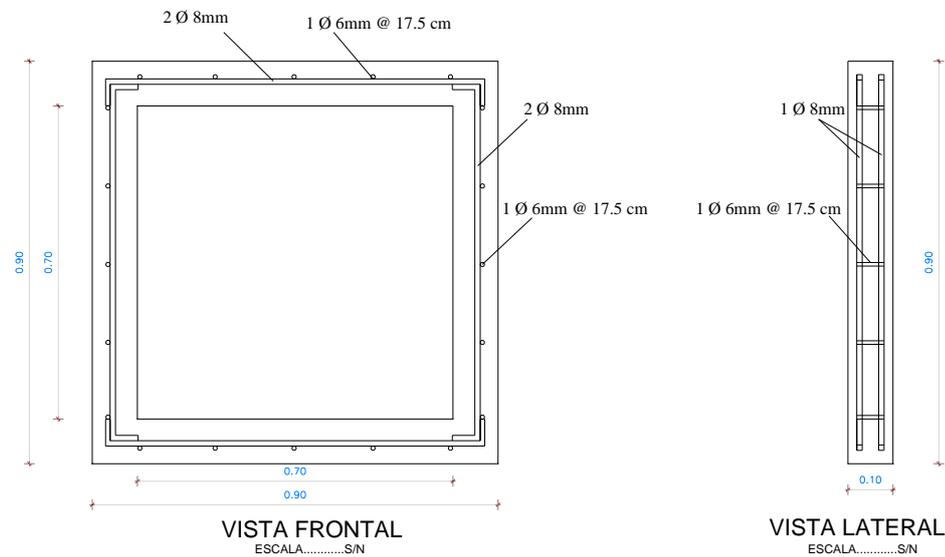


Figura 7 Armado de elementos de confinamiento de muretes

Realizado por: Autores del proyecto

1.3.1.5. RESISTENCIA BÁSICA DE CORTE

- ✓ La resistencia básica de corte ($V'm$) debe calcularse como el cociente entre la carga de agrietamiento diagonal y el área bruta de la sección diagonal del murete.
- ✓ Los resultados deben expresarse en MPa con una aproximación inferior o igual a 0.01 MPa.

1.3.2. ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS

Este procedimiento describe la elaboración de prismas o pilas de mampostería, para efectuar el respectivo ensayo y encontrar la resistencia a la compresión de la mampostería en estudio.

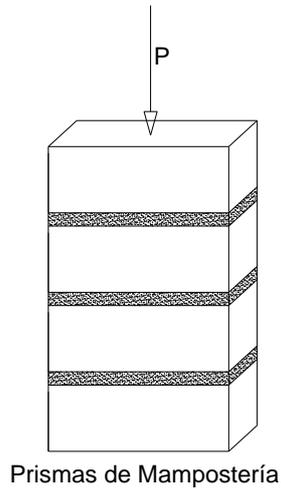


Figura 8 Aplicación de la carga en prismas de mampostería

Realizado por: Autores del proyecto

1.3.2.1. DIMENSIONES DEL PRISMA

a. ESPESOR

El espesor del prisma debe ser igual al espesor de los muros de la estructura.

b. LONGITUD

La longitud del prisma debe ser igual a la longitud de la unidad de albañilería, en este caso a la longitud del ladrillo

c. ALTURA

La altura del prisma debe cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Incluir al menos un mínimo de tres hiladas.
- ✓ El cociente entre la altura y el espesor debe ser mayor o igual a 3.

1.3.2.2. EDAD DE ENSAYO

Los prismas deben ensayarse, en general, a la edad de 28 días (edad de referencia).

1.3.2.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MAMPOSTERÍA

- ✓ La resistencia de compresión (f'_m) debe calcularse como el cociente entre la carga máxima soportada y el área de la sección transversal del prisma.
- ✓ Los resultados deben expresarse en MPa con una aproximación inferior o igual a 0.01 MPa.

1.3.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

1.3.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO

a. Materiales

- Cemento Chimborazo Portland Puzolánico tipo IP (NTE INEN 490).
- Agregado fino: Arena de Penipe.
- Agua.

b. Equipos

- Moldes: 50*50*50.mm (INEN 488:2009)
- Balanzas y calibrador (ASTM-C 1005)
- Bandejas, cucharas y paleta.
- Máquina de compresión

1.3.3.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

a. Materiales

- Cemento Chimborazo Portland Puzolánico tipo IP (NTE INEN 490).
- Agregado fino: Arena de Penipe.
- Agregado grueso: Canto rodado
- Agua.

b. Equipos

- Balanza
- Bandejas metálicas de diferente capacidad.
- Palas
- Moldes: 50*50*50.mm (INEN 488:2009)
- Cono de Abrams: para determinación del asentamiento del hormigón fresco (NTE-INEN 1578, literal 4.2.1)
- Varilla de compactación: para la compactación del hormigón en cilindro (NTE-INEN 1576, literal 5.2.4)
- Martillo de goma : (NTE-INEN 1576, literal 5.2.6)
- Piscinas de curado: dimensiones necesarias para que el espécimen de hormigón este sumergido en su totalidad.

1.3.3.3. EDAD DE ENSAYO

Los ensayos deben ejecutarse, a los 7, 14 y 28 días hasta alcanzar su edad de curado y su máxima resistencia.

1.3.3.4. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

- ✓ La resistencia de compresión (f'_m) debe calcularse como el cociente entre la carga máxima soportada y el área de la sección del elemento analizado.
- ✓ Los resultados deben expresarse en MPa con una aproximación inferior o igual a 0.01 MPa.

1.4. SISMICIDAD

“Un sismo es la liberación súbita, abrupta o repentina de energía, producto de la interacción dinámica entre las distintas placas tectónicas que conforman la Tierra o de la energía de deformación que se ha venido acumulando lentamente a lo largo de una falla, una superficie o una zona de fracturación en la corteza terrestre”. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

1.4.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA

“El Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba e Ibarra, mostrando la necesidad urgente por emprender en programas para la mitigación del riesgo sísmico. El estudio del riesgo sísmico y su impacto en el desarrollo, constituye un reto científico crucial para el siglo veinte y uno”. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

El riesgo sísmico resulta de la combinación de 3 factores:

- ✓ Peligro sísmico
- ✓ Nivel de exposición
- ✓ Vulnerabilidad al daño de las edificaciones.

1.4.2. FACTOR DE ZONA SÍSMICA (Z)

El factor de zona sísmica es el valor que depende del peligro sísmico del lugar donde se encuentra la ubicación de la edificación, el Ecuador tiene un total de seis zonas sísmicas, Norma Ecuatoriana de Construcción establece el valor de la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño (Z) mediante el siguiente mapa de zonificación de Ecuador (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014):

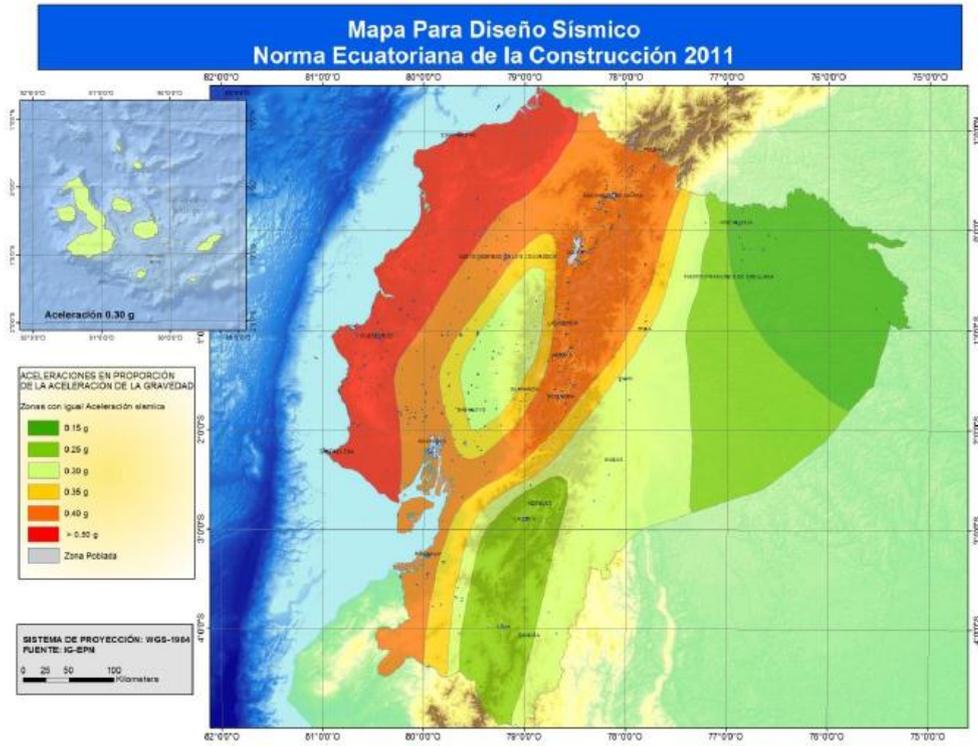


Figura 9 Mapa para diseño Sísmico del Ecuador

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

Tabla 1 Valores del Factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
Caracterización de amenaza Sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación se considera de tipo aplicada debido a que se trata de un método real en el cual se va a determinar si el ladrillo macizo producido en el cantón Chambo puede llegar a considerarse para la elaboración de muros estructurales confinados y así aprovechar el material del medio.

Con la finalidad de proporcionar información de edificaciones con sistema de muros de mampostería confinada para la provincia de Chimborazo, y establecer el comportamiento de este tipo de construcciones frente a los sismos, se toma en cuenta las características de la región, las propiedades y funcionalidad de los materiales, la vulnerabilidad sísmica en edificaciones; para establecer una opción de diseño que proporcione seguridad a sus habitantes.

Asimismo, esta investigación se considera de carácter documental, bibliográfico, y experimental, ya que se realizarán ensayos para conocer las propiedades mecánicas de la mampostería, y se ejecutará el análisis estático equivalente en la edificación ejemplo, para culminar con el diseño detallado de análisis sísmico de edificaciones de mampostería confinada, estipulado en la Norma Ecuatoriana de Construcción. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014)

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra no tienen otro fin que ayudarnos a identificar los factores reales que serán parte de la investigación o los que aportarán con sus conocimientos en la elaboración de la misma.

Como la población en la presente investigación no es cuantiosa, no existe la necesidad de tomar una muestra, por cuanto la investigación de campo abarcará los ensayos de mampostería con el fin de conocer sus propiedades mecánicas para posteriormente realizar el diseño detallado de análisis sísmico de mampostería confinada de una edificación de tres pisos de altura.

La extracción de los ladrillos para realizar los ensayos es de forma aleatoria ya que cada elemento del lote tiene la misma probabilidad de ser representado en la muestra.

2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Tabla 2. Variables Independientes

Variables independientes	Concepto	Categorías	Indicadores	Técnica e Instrumentos
Amenazas sísmicas.	El Ecuador tiene seis zonas sísmicas caracterizadas por el factor de zona Z, este valor representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.	- Zonificación sísmica y factor de zona Z.	- Mapa de zonificación sísmica del Ecuador. - Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.	- Investigación. - Norma NEC-SE-DS. Cargas Sísmicas, diseño sismo RESISTENTE.
Materiales de construcción.	Productos elaborados y empleados en la construcción de edificios u obras de Ingeniería Civil.	- Concreto - Hierro - Ladrillo - Mortero	- Propiedades - Características	- Análisis - Investigación.
Arquitectura de f'm resistencia a compresión de la mampostería la estructura.	Es la técnica de diseño y proyección con el que se va a construir las edificaciones.	- Sistema estructural de muros de mampostería confinada.	- Número de pisos - Regularidad en elevación. - Altura de entepiso - Número de muros confinados	- Análisis.

Realizado por: Autores del proyecto

2.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Tabla 3. Variables dependientes

VARIABLES dependientes	Concepto	Categoría	Indicadores	Técnica e Instrumentos
Propiedades de la mampostería estructural de muros confinados.	Características mensurables capaces de calificar el comportamiento del material ante solicitaciones externas.	Propiedades mecánicas de la mampostería.	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a compresión de la mampostería (f^*m). - Resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería (V^*m) - Módulo de elasticidad (E_m) y módulo de corte de la mampostería (G_m). 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis - Investigación - Ensayo de materiales - Norma NEC-SE-MP. Mampostería estructural.
Seguridad en las edificaciones de mampostería confinada ante la actividad de fenómenos sísmicos.	Brindar protección a las personas que habitarán en este tipo de edificaciones.	Social.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de procesos constructivos regulados. - Confiabilidad de edificaciones con sistema de muros confinados - Disminución de la vulnerabilidad sísmica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis - Observación.

2.4. PROCEDIMIENTOS

2.4.1. ELABORACIÓN DE MURETES DE MAMPOSTERÍA

Se elaboraron tres especímenes con dimensiones de 700 x 700 mm, con un total de 6 hiladas unidas con mortero de pega, siguiendo lo establecido en la NEC-SE-MP (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014).

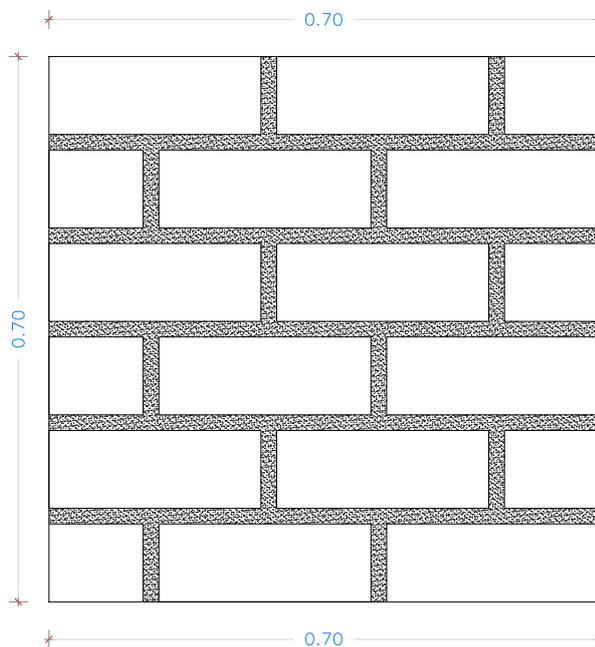


Figura 10 Muretes de Mampostería

Realizado por: Autores del proyecto

2.4.2. ELABORACIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA

Se elaboraron tres especímenes de 4 hiladas unidas con mortero de pega, siguiendo lo establecido en la NEC-SE-MP. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

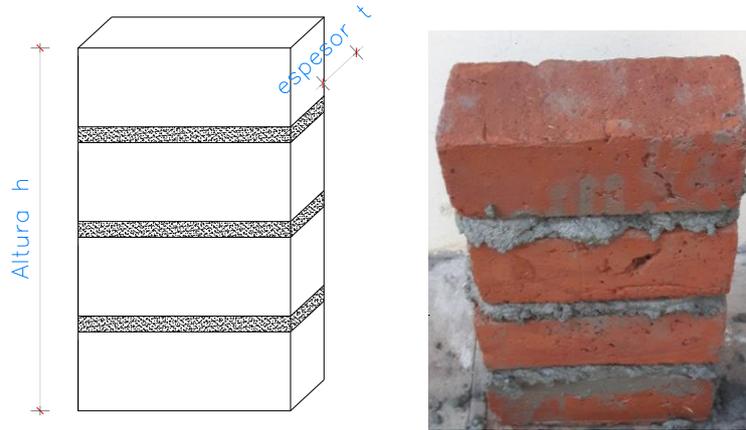


Figura 11 Prisma de mampostería

Realizado por: Autores del proyecto

2.4.3. ELABORACIÓN DE CUBOS DE MORTERO

Mediante la dosificación empleada se elaboraron los respectivos cubos de mortero empleado en los muretes y primas de mampostería, las dimensiones de estos cubos son de 50x50 mm que se los ensayaron a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días obteniendo así la carga máxima soportada al cumplir su tiempo de curado.



Figura 12. Cubos de mortero

Realizado por: Autores del proyecto

2.4.4. ENSAYO DE MURETES

El murete de mampostería confinada se lo ensayó en la máquina de compresión de tubos que está disponible en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo, para lo cual se elaboró cabezales para aplicar la carga en placas de acero de 10 mm de espesor.

Los especímenes fueron ensayados a compresión diagonal, lo que nos permitió calcular la resistencia a fuerza cortante de la mampostería ($V'm$).

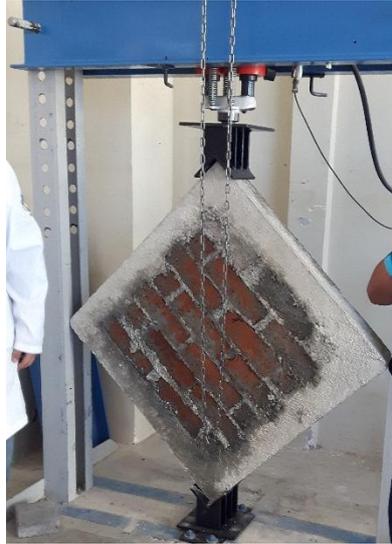


Figura 13. Murete de mampostería confinada sometido a compresión diagonal

Realizado por: Autores del proyecto

2.4.5. ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS

Los especímenes fueron ensayados a compresión axial, lo que nos permitió calcular la resistencia de la mampostería ($f'm$)



Figura 14. Prismas de mampostería sometidos a fuerza de compresión

Realizado por: Autores del proyecto

- ✓ Máquina utilizada para el ensayo de compresión diagonal de los muretes y prismas de mampostería.

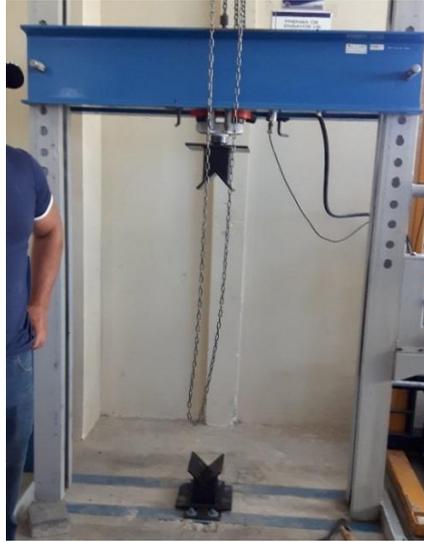


Figura 15. Máquina para compresión de tubos

Realizado por: Autores del proyecto

- ✓ Cabezales elaborados en acero de 10 mm, dimensiones obtenidas de la Norma NTP 399.621.



Figura 16. Piezas elaboradas para el ensayo de compresión diagonal de muretes

Realizado por: Autores del proyecto

2.4.6. ANÁLISIS DE LA EDIFICACION EN ESTUDIO

Se realiza el análisis estructural sismo resistente de la estructura de tres pisos de altura con sistema de mampostería de muros confinados, para posteriormente aplicar el procedimiento detallado en el capítulo 7, sección 7.6 de la Norma NEC-SE-VIVIENDA para estructuras de mampostería de muros confinados de más de dos pisos, con el fin de verificar que la edificación en estudio cumple con los parámetros establecidos en dichas normas.

2.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

2.5.1. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y ESFUERZO CORTANTE DE LA MAMPOSTERÍA CONFINADA

Para determinar estos valores se aplica lo estipulado en la norma NEC-SE-MP (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014, págs. 34-35)

2.5.1.1. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE MAMPOSTERÍA

Los registros históricos del módulo de elasticidad determinado experimentalmente para proyectos en construcción, pueden utilizarse en diseños posteriores de obras con materiales similares. En ausencia de los valores experimentales, pueden emplearse los siguientes:

Mampostería en concreto:

$$E_m = 900 * f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

Mampostería en arcilla:

$$E_m = 750 * f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

Dónde:

Em: Módulo de elasticidad de la mampostería (MPa)

f'm: Resistencia a compresión de la mampostería (MPa)

2.5.1.2. MÓDULO DE CORTANTE

Para calcular el valor del módulo de cortante se deben tomar los siguientes valores:

$$G_m = 0.4 * E_m$$

Em: Módulo de elasticidad de la mampostería (MPa).

Gm: Módulo de cortante de la mampostería (MPa).

2.5.1.3. ESFUERZO CORTANTE

El esfuerzo cortante (V_m) del murete se calcula en base a la base del área bruta de la diagonal en la cual se aplicada la carga.

$$V_m = \frac{\text{Carga}}{A_{\text{bruta}}}$$

$$A_{\text{bruta}} = Dd * t$$

Dónde:

Carga. Carga máxima del ensayo de compresión diagonal de los muretes (N).

Dd: Distancia diagonal del murete (mm).

t: Espesor del murete (mm).

2.5.2. DISEÑO DETALLADO DE ANÁLISIS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

El muro, inicialmente, debe verificarse para las cargas axiales de compresión, de acuerdo con lo indicado en la sección 7.5.4 de la NEC-SE-VIVIENDA. El área de refuerzo en esta sección corresponde a la del acero longitudinal de las columnas de confinamiento.

Este método se basa en suponer que la fuerza que se genera por efecto del sismo, en cada entrepiso y en cada dirección, se distribuye entre los muros alineados en dicha dirección, en forma proporcional al área de cada muro. De esta manera el esfuerzo

cortante medio sobre cada muro es el mismo y la fuerza cortante resistente del entrepiso se puede determinar así (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014):

$$V_R = \sum A_m * v_m$$

Dónde:

V_R: Fuerza cortante resistente.

∑A_m: Suma de las áreas transversales de los muros en la dirección considerada

v_m: Resistencia a cortante de la mampostería.

Para tomar en cuenta la menor rigidez de los muros cortos, en los que la relación entre la altura H y la longitud L, excede de 1.33, la contribución de estos se reduce multiplicándola por el factor:

$$F_{AE} = \left(1.33 * \frac{L}{H} \right)^2$$

Esta reducción puede efectuarse afectando el área de los muros por el coeficiente **F_{AE}**, de manera de obtener un área efectiva de muros para propósito de su contribución a la resistencia sísmica. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014)

De acuerdo con este método la resistencia a cortante de la estructura puede ser revisada determinando la resistencia a cortante global de la estructura por medio de la ecuación:

$$V_{MR} = F_R \left(\sum A_t \right) (0.5 * v_m^* + 0.3 * f_a) \leq 1.5 * F_R * v_m^* \left(\sum A_T \right)$$

Dónde:

F_R: Factor de reducción de resistencia, igual a 0.7;

v_m*: Resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería;

AT: Área bruta de la sección transversal del muro que incluye a los elementos de confinamiento;

ΣAT: Sumatoria de las áreas brutas de las secciones transversales de los muros;

fa: Esfuerzo ocasionado por la carga axial mínima probable en el entrepiso, igual a la carga total dividida entre las áreas de los muros;

VMR: Resistencia lateral de la estructura

2.5.2.1. DISEÑO PARA CARGA AXIAL DE COMPRESIÓN

2.5.2.1.1. RESISTENCIA NOMINAL A COMPRESIÓN AXIAL, P_{nc}

$$P_{nc} = 0.80[0.85 * f'c * (A_{ci} - A_{st}) + f_y * A_{st}]$$

Dónde:

A_{ci}: Área de la sección de la columna de confinamiento i (mm²)

A_{st}: Área total de acero de refuerzo en la sección de muro, o área total del acero de refuerzo longitudinal del elemento de confinamiento (mm²)

f_y: Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)

f'c: Resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa)

2.5.2.1.2. RESISTENCIA NOMINAL A TRACCIÓN AXIAL

$$P_{nt} = -f_y * A_{st}$$

Dónde:

P_{nt}: Resistencia nominal a tracción axial (N)

f_y: Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)

A_{st}: Área total de acero de refuerzo en la sección de muro, o área total del acero de refuerzo longitudinal del elemento de confinamiento (mm²)

2.5.2.1.3. RESISTENCIA NOMINAL A COMPRESIÓN DE LA MAMPOSTERÍA

$$P_{nd} = 0.80(0.85 * f'm * A_{md}) * R_e$$

Dónde:

P_{nd}: Resistencia nominal a compresión de la mampostería sola

f'm: Resistencia especificada a la compresión de la mampostería (MPa)

A_{md}: Área de la sección de mampostería (mm²)

R_e: Coeficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión. Se obtiene por medio de:

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{40 * t} \right]^3$$

2.5.2.2. DISEÑO DEL MURO EN LA DIRECCION PERPENDICULAR A SU PLANO

2.5.2.2.1. RESISTENCIA A FLEXO-COMPRESIÓN DESPRECIANDO LA CONTRIBUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA

$$P_{uc} \leq \phi * P_{nc}$$

$$P_{ut} \leq \phi * P_{nt}$$

Dónde:

P_u: Carga axial

P_{uc}: Fuerzas axiales máximas solicitadas de compresión

P_{ut}: Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción

P_{nc}: Resistencia nominal a compresión axial

P_{nt}: Resistencia nominal a tracción axial ϕ Factor de reducción de resistencia

Cuando se trata de un muro confinado que únicamente tiene dos columnas de confinamiento iguales en sus bordes, las ecuaciones se simplifican a:

$$P_{uc} = \frac{P_u}{2} + \Delta P_u$$

$$P_{ut} = \frac{P_u}{2} - \Delta P_u \leq 0$$

Dónde:

P_u y ΔP_u son siempre positivas y ΔP_u se obtiene por medio de la siguiente ecuación

$$\Delta P_u = \frac{M}{l_w}$$

M: Momento actuante que ocurre simultáneamente con V

V: Fuerza cortante actuante que ocurre simultáneamente con M

l_w: Longitud horizontal del muro (mm), o longitud ho

2.5.2.3. VERIFICACION POR APLASTAMIENTO DEL ALMA DEL MURO

$$P_{ud} \leq \phi * P_{nd}$$

Dónde:

P_{nd}: Resistencia nominal a compresión de la mampostería sola

P_{ud}: Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)

ϕ: Factor de reducción de resistencia

2.5.2.3.1. FUERZA AXIAL QUE ACTÚA EN LA DIAGONAL P_{ud}

$$P_{ud} = \frac{h'}{l_w} * V_u$$

Dónde:

h': Longitud de la diagonal del paño de muro entre elementos de confinamiento

l_w: Longitud total del muro sobre el cual actúa el cortante horizontal de diseño solicitado V_u.

P_{ud}: Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)

V_u: Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)

2.5.2.4. VERIFICACION A CORTANTE EN LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DEL MURO

$$V_{uc} \leq \phi * V_{nc}$$

Dónde:

V_{nc}: Fuerza cortante resistente nominal para una sección de concreto reforzado (N)

V_{uc}: Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca a la intersección con la viga de confinamiento (N)

Ø: Factor de reducción de resistencia

2.5.2.4.1. FUERZA CORTANTE ACTUANTE VUC

Sobre la columna de confinamiento:

$$V_{uc} = \frac{l_c}{2 * l_w} * V_u$$

Sobre la viga de confinamiento:

$$V_{uc} = \frac{h_p}{2 * l_w} * V_u$$

Dónde:

h_p: Altura del piso localizado por encima del elemento bajo estudio, medida centro a centro entre 85 vigas de confinamiento (mm).

l_c: Distancia horizontal entre columnas de confinamiento, medida centro a centro, para el paño de muro confinado bajo estudio (mm).

l_w: Longitud total del muro sobre el cual actúa el cortante horizontal de diseño solicitado V_u, (mm).

P_{ud}: Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N).

V_u: Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N).

V_{uc}: Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca a la intersección con la viga de confinamiento (N).

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

La metodología descrita en el CAPÍTULO II fue aplicada para el análisis de una edificación con muros de mampostería confinada, y de los cuales se desprenden los resultados que se presentan en el desarrollo de este capítulo.

3.1. ANÁLISIS ESTÁTICO

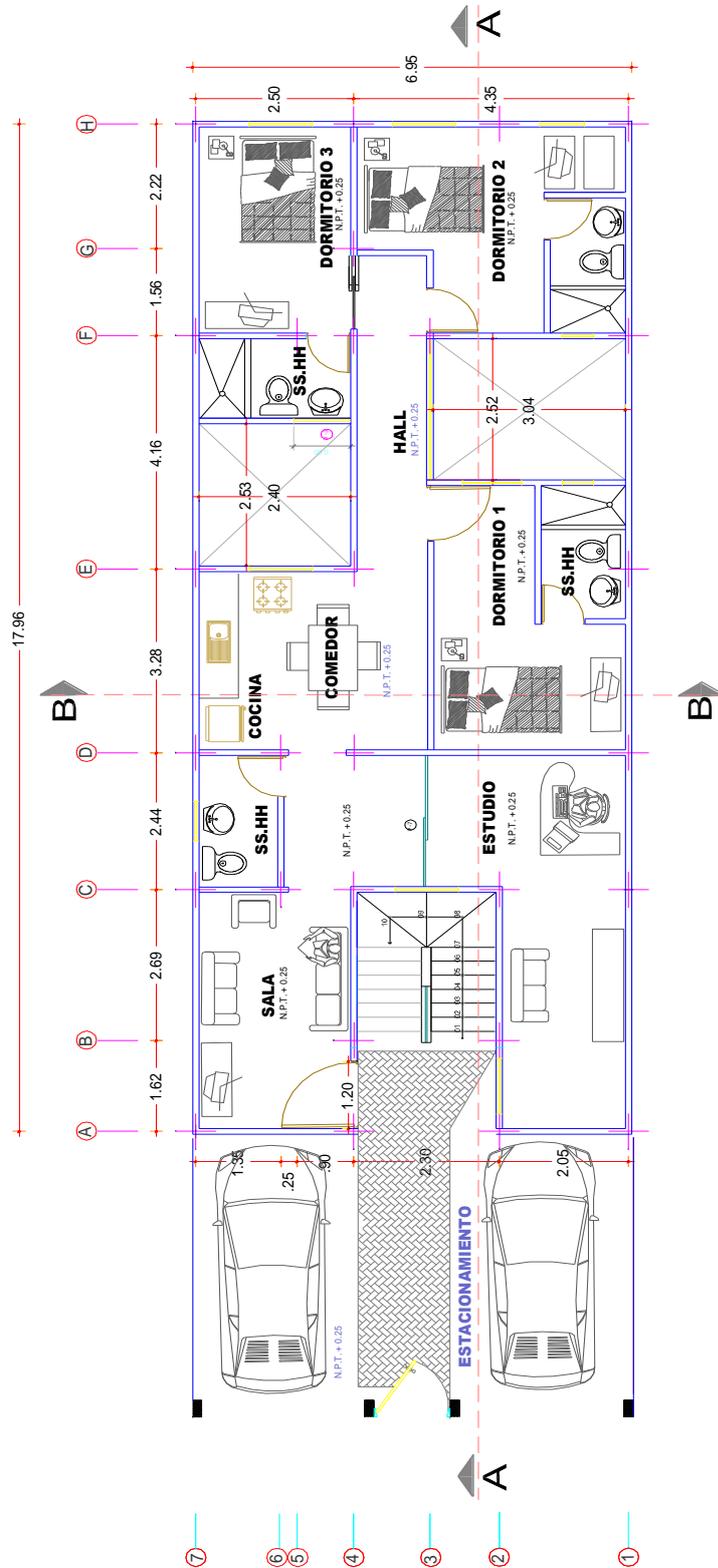
Para realizar el análisis estático equivalente de la edificación en estudio se empleó la norma Peruana E0.70. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006), de igual manera se utilizó parámetros y criterios presentes en la tesis “Análisis de un edificio de cuatro pisos de albañilería confinada”. (Trujillo , 2015)

3.1.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

La edificación consta de 1 departamento por cada nivel destinada al uso de vivienda.

- ✓ Ubicación: Ciudad de Riobamba
- ✓ N° de pisos: 3
- ✓ Uso: Vivienda multifamiliar
- ✓ Sistema estructural: Mampostería confinada
- ✓ Albañilería: $f'm = 5.21$ MPa.
- ✓ Concreto: $f'c = 21$ MPa.
- ✓ Acero: $f_y = 420$ MPa.
- ✓ Área de construcción: 105.79 m²
- ✓ Altura de entrepiso: 2.40 m

Planta Típica de la Edificación.

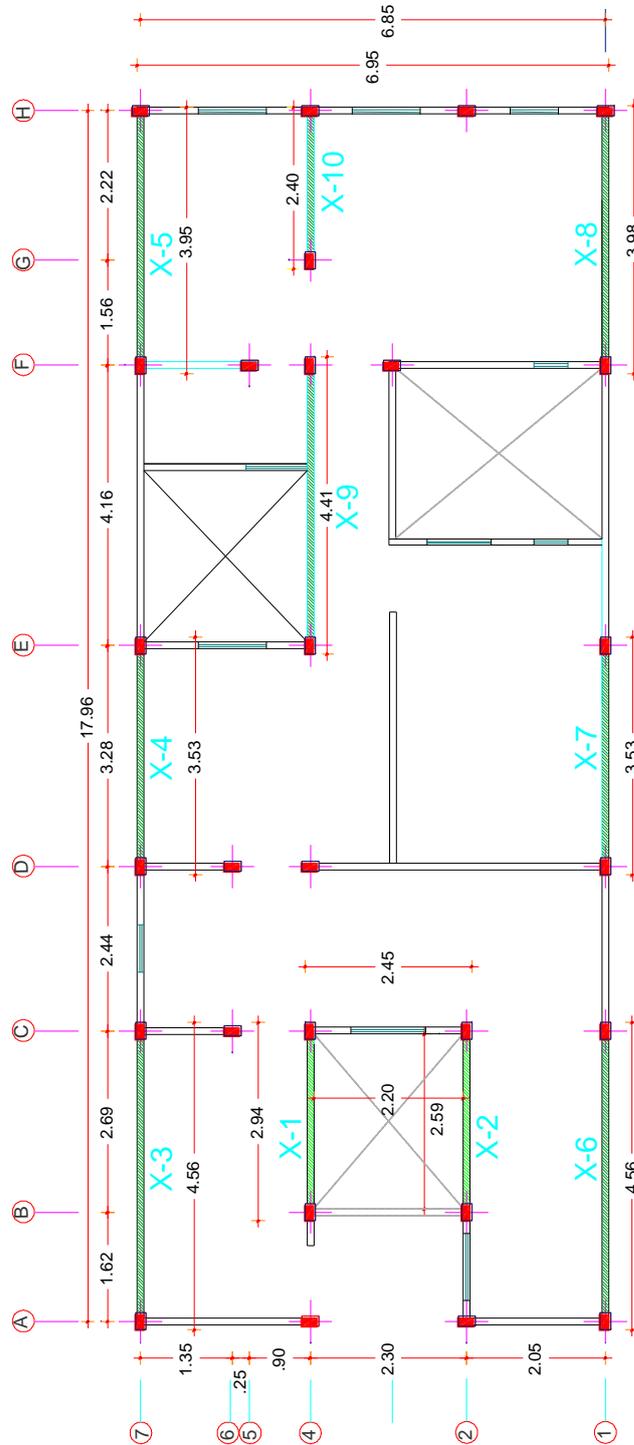


PLANTA ARQUITECTÓNICA NIVEL + 0.25

Figura 17 Planta Arquitectónica Tipo de la Edificación.

Realizado por: Autores del proyecto

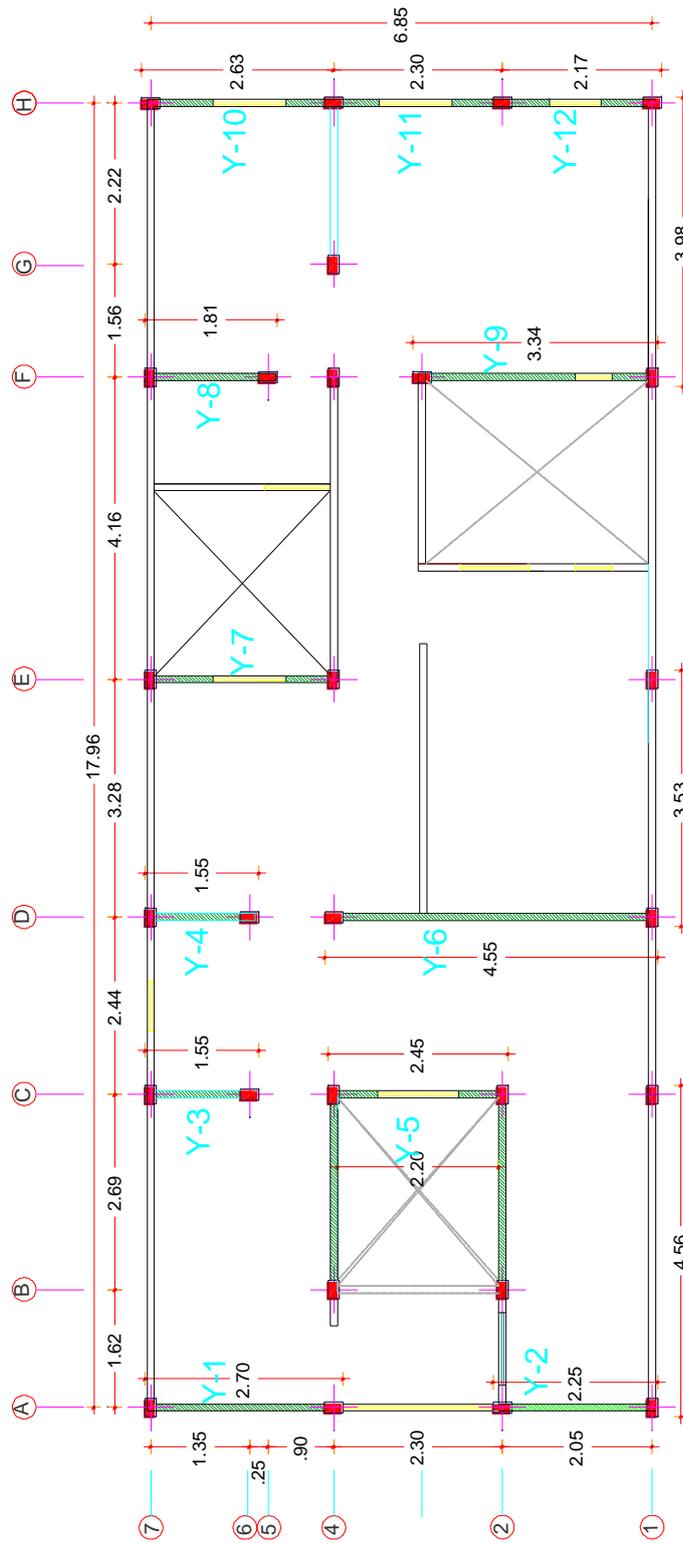
3.1.2. PLANOS DISTRIBUCION DE MUROS DE LA EDIFICACIÓN



PISO TÍPICO. MUROS MAMPOSTERÍA SENTIDO X-X

Figura 18. Muros en dirección X de análisis

Realizado por: Autores del proyecto



PISO TÍPICO. MUROS MAMPOSTERÍA SENTIDO Y-Y

Figura 19. Muros en dirección Y de análisis

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.3. CÁLCULO DE DENSIDAD DE MUROS

Se determina la cantidad de muros en cada dirección de análisis para comprobar que cumpla la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Area de corte de los muros}}{\text{Area en planta típica}} = \frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{Z * U * S * N}{56}$$

Dónde:

Z = 0.4 (El edificio se encuentra en la ciudad de Riobamba) (NEC-SE-DS 2015)

U = 1 (Edificio destinado a vivienda) (NEC-SE-DS 2015)

S = 1.2 Coeficiente de Perfil del suelo (NEC-SE-DS 2015)

N = 3 (Número de pisos)

$$\text{Densidad de muros} \geq \frac{Z * U * S * N}{56}$$

$$\text{Densidad de muros} \geq \frac{0.4 * 1 * 1.2 * 3}{56}$$

$$\text{Densidad de muros} \geq 0.0257$$

Tabla 4 Cálculo de densidad de los muros en X

MURO	L(m)	ESPEJOR(m)	AREA (cm2)
X1	2.94	0.1	0.294
X2	2.94	0.1	0.294
X3	4.56	0.1	0.456
X4	3.53	0.1	0.353
X5	3.98	0.1	0.398
X6	4.56	0.1	0.456
X7	3.53	0.1	0.353
X8	3.98	0.1	0.398
X9	4.41	0.1	0.441
X10	2.4	0.1	0.24

Realizado por: Autores del proyecto

$$\frac{3.683}{105.67} \geq 0.0257$$

0.035 \geq 0.0257 OK

Tabla 5 Cálculo de densidad de los muros en Y

MURO	L(m)	ESPEJOR(m)	AREA (cm2)
Y1	2.7	0.1	0.27
Y2	2.25	0.1	0.225
Y3	1.55	0.1	0.155
Y4	1.55	0.1	0.155
Y5	2.45	0.1	0.245
Y6	4.55	0.1	0.455
Y7	2.65	0.1	0.265
Y8	1.81	0.1	0.181
Y9	3.34	0.1	0.334
Y10	2.63	0.1	0.263
Y11	2.3	0.1	0.23
Y12	2.17	0.1	0.217

Realizado por: Autores del proyecto

$$\frac{2.995}{105.67} \geq 0.0257$$

0.030 \geq 0.0257 OK

3.1.4. EVALUACIÓN DE CARGAS

a. Pesos volumétricos utilizados

Concreto armado: 24000 N/m³

Mampostería: 18000 N/m³

Enlucido: 22000 N/m³

b. Cálculo de carga muerta

Análisis para 1m^2

Losa

$$P_p \text{ Loseta de compresión} = 0.05\text{m} * 1\text{m} * 1\text{m} * 24000\text{N/m}^3 = 1200 \text{ N/m}^2$$

$$P_p \text{ Nervios} = (2 * (0.10\text{m} * 1\text{m} * 0.15\text{m} * 24000 \text{ N/m}^3)) + (4 * (0.40\text{m} * 0.10\text{m} * 0.15\text{m} * 24000 \text{ N/m}^3)) = 1300 \text{ N/m}^2$$

$$P_p \text{ Bloques alivianamiento} = 8 * 120 \text{ N} = 960 \text{ N/m}^2$$

$$P_p \text{ Enlucido y macillado} = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.04\text{m} * 22000 \text{ N/m}^3 = 880 \text{ N/m}^2$$

$$P_p \text{ Acabados} = 160 \text{ N/m}^2$$

$$P_p \text{ Instalaciones} = 1000 \text{ N/m}^2$$

$$W = (1200 + 1300 + 960 + 880 + 160 + 1000) \text{ N/m}^2$$

$$W = 5500 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga para viviendas} = 2000 \text{ N/m}^2$$

c. Muros

Peso de los muros de albañilería con 0.01m de enlucido:

$$(18000 \text{ N/m}^3 * 0.10 \text{ m}) + (22000 \text{ N/m}^3 * 0.02\text{m}) = 2240 \text{ N/m}^2$$

d. Peso ventanas

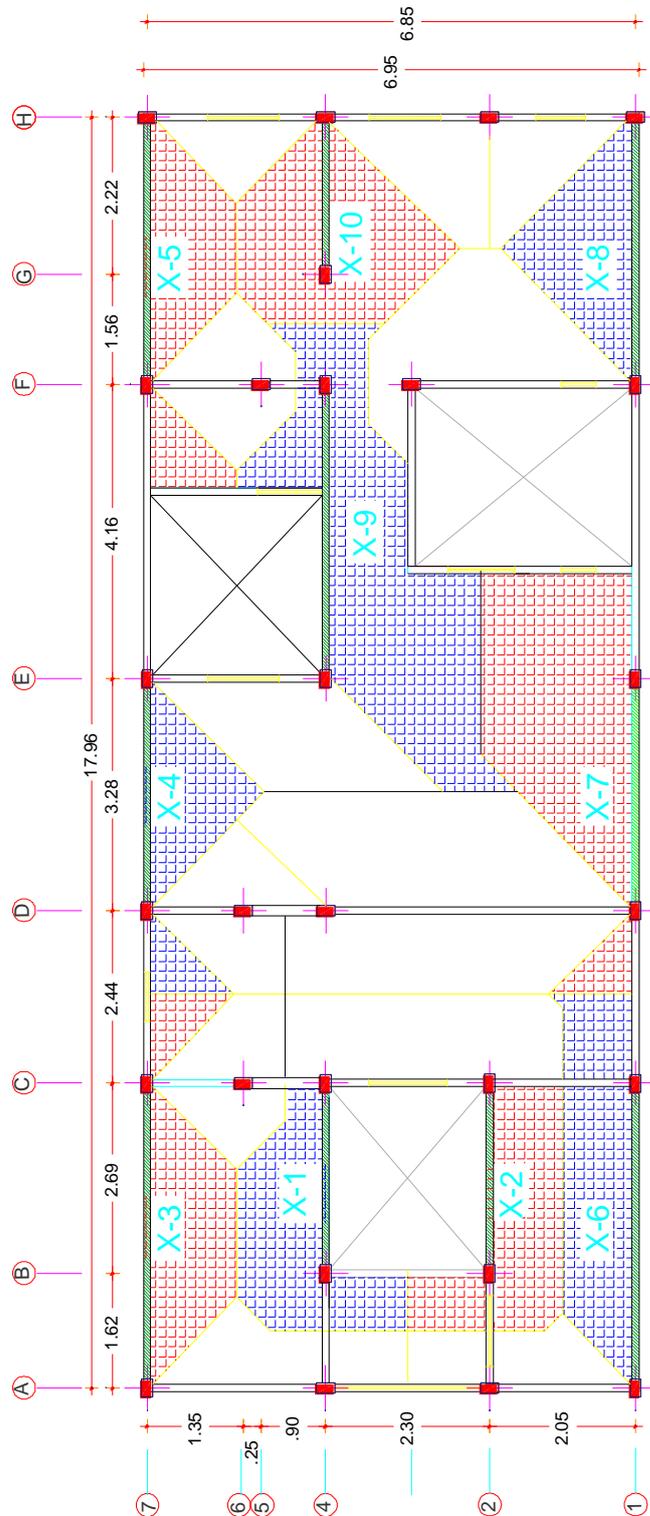
$$200 \text{ N/m}^2$$

e. Dintel

$$w = (0.1\text{m} * 0.3\text{m} * 24000 \text{ N/m}^3)$$

$$w = 720 \text{ N/m}$$

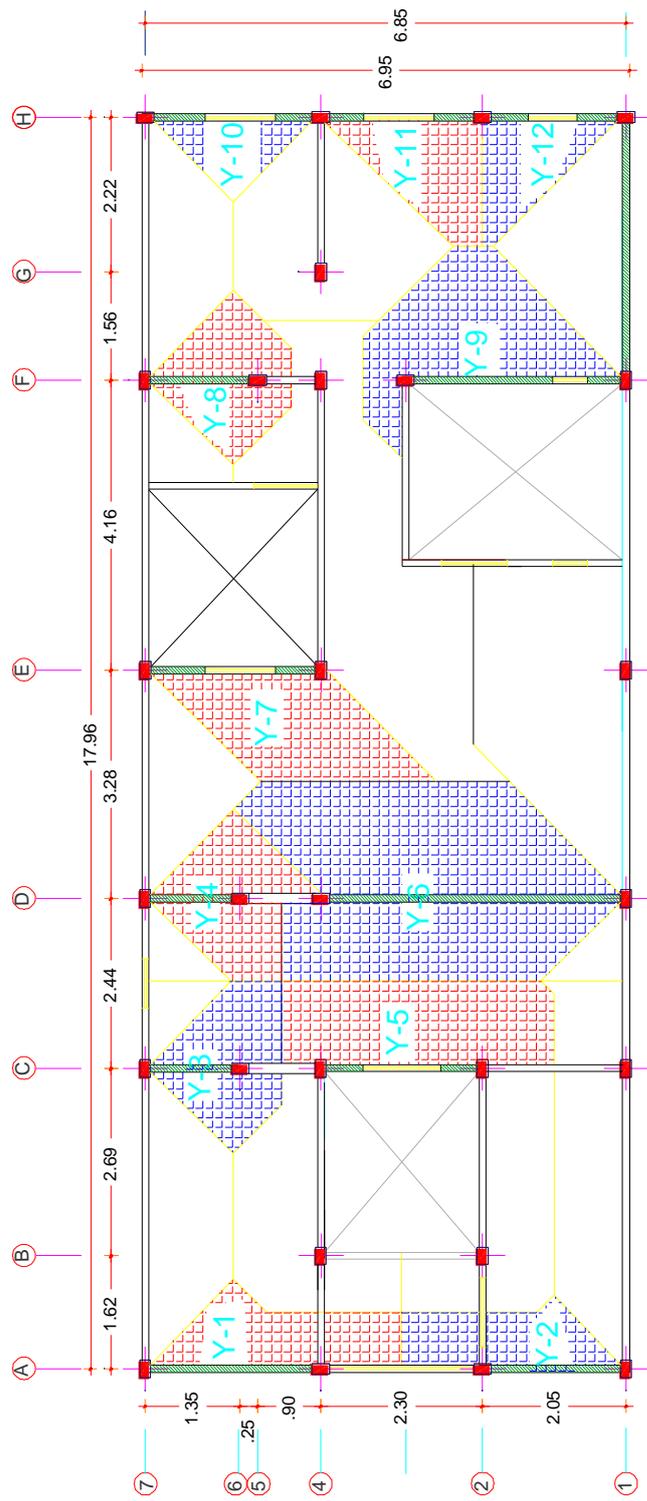
3.1.4.1. CÁLCULO DE AREAS DE INFLUENCIA



AREAS TRIBUTAREAS DE LOS MUROS EN X-X

Figura 20. Áreas de influencia para muros en sentido X

Realizado por: Autores del proyecto



AREAS TRIBUTAREAS DE LOS MUROS EN Y-Y

Figura 21. Áreas de influencia para muros en sentido Y

Realizado por: Autores del proyecto

a. Muros en dirección en X

Tabla 6. Muros en X

MURO	AREA DE INFLUENCIA (m2)
X1	4.269
X2	4.14
X3	4.263
X4	3.236
X5	4.043
X6	4.811
X7	8.253
X8	3.419
X9	9.861
X10	5.762

Realizado por: Autores del proyecto

b. Muros en dirección en Y

Tabla 7. Muros en Y

MURO	AREA DE INFLUENCIA (m2)
Y1	2.56
Y2	2.054
Y3	2.771
Y4	2.991
Y5	4.638
Y6	11.631
Y7	3.908
Y8	2.703
Y9	4.829
Y10	1.309
Y11	2.416
Y12	1.868

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.4.2. CÁLCULO DE LA CARGA SOBRE CADA MURO

$$\text{Peso} = \text{Área de influencia del muro} * WT$$

Tabla 8 Peso muros en dirección X

MURO	AREA DE INFLUENCIA (m2)	PESO (N)
X1	4.269	23479.500
X2	4.14	22770.000
X3	4.263	23446.500
X4	3.236	17798.000
X5	4.043	22236.500
X6	4.811	26460.500
X7	8.253	45391.500
X8	3.419	18804.500
X9	9.861	54235.500
X10	5.762	31691.000

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 9 Peso muros en dirección Y

MURO	AREA DE INFLUENCIA (m2)	PESO (N)
Y1	2.56	14080
Y2	2.054	11297
Y3	2.771	15240.5
Y4	2.991	16450.5
Y5	4.638	25509
Y6	11.631	63970.5
Y7	3.908	21494
Y8	2.703	14866.5
Y9	4.829	26559.5
Y10	1.309	7199.5
Y11	2.416	13288
Y12	1.868	10274

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.4.3. CÁLCULO DE CARGAS DIRECTAS

a. Muros confinados

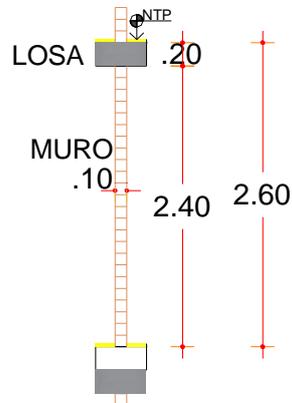


Figura 22 Detalle de muro

Realizado por: Autores del proyecto

$$\text{Piso típico } w = (2.4\text{m} * 2240 \text{ N/m}^2) + (0.10\text{m} * 0.20\text{m} * 24000 \text{ N/m}^3)$$

$$\text{Piso típico } w = 5856 \text{ N/m}$$

b. Zona ventanas (h =1.10 m)

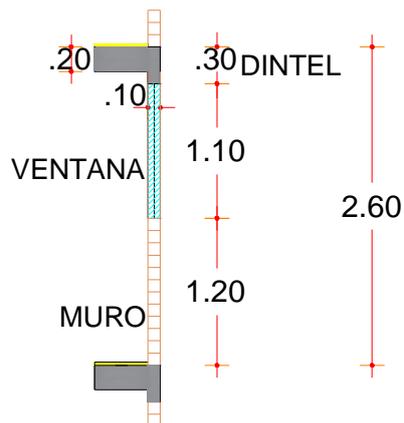


Figura 23 Detalle de ventana

Realizado por: Autores del proyecto

$$\text{Piso típico } w = (1.20\text{m} * 2240 \text{ N/m}^2) + (1.1\text{m} * 200 \text{ N/m}^2) + 720 \text{ N/m}$$

$$\text{Piso típico } w = 3628 \text{ N/m}$$

c. Zona ss.hh (h =1.80 m)

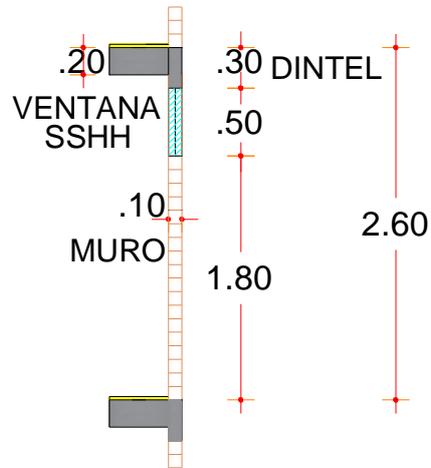


Figura 24 Detalle de ventana de baño

Realizado por: Autores del proyecto

$$\text{Piso típico } w = (1.80\text{m} * 2240 \text{ N/m}^2) + (0.50\text{m} * 200 \text{ N/m}^2) + 720 \text{ N/m}$$

$$\text{Piso típico } w = 4852 \text{ N/m}$$

ZONA PUERTAS

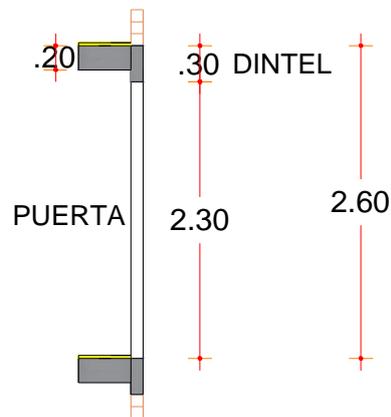


Figura 25 Detalle de puertas

Realizado por: Autores del proyecto

$$w = (0.1\text{m} * 0.3\text{m} * 24000 \text{ N/m}^3)$$

$$w = 720 \text{ N/m}$$

3.1.5. CARGAS VERTICALES

Tabla 10 Esfuerzos muros en X

MURO	L(m)	YI(m)	CARGA PISO TIPICO (N)	# PISOS	PESO TOTAL ACUMULADO (N)	ESFUERZO (N/m ²)
X1	2.94	4.4	41128.140	3	123384.420	419674.898
X2	2.94	2.1	41800.640	3	125401.920	426537.143
X3	4.56	6.9	51848.060	3	155544.180	341105.658
X4	3.53	6.9	40167.880	3	120503.640	341370.085
X5	3.98	6.9	53214.740	3	159644.220	401116.131
X6	4.56	0.05	53163.860	3	159491.580	349762.237
X7	3.53	0.05	66063.180	3	198189.540	561443.456
X8	3.98	0.05	43809.580	3	131428.740	330222.965
X9	4.41	4.4	80834.460	3	242503.380	549894.286
X10	2.4	4.4	46249.400	3	138748.200	578117.500

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 11 Esfuerzos muros en Y

MURO	L(m)	YI(m)	CARGA PISO TIPICO (N)	# PISOS	PESO TOTAL ACUMULADO (N)	ESFUERZO (N/m ²)
Y1	2.7	5.62	30323.200	3	90969.600	336924.444
Y2	2.25	1.1	26287.000	3	78861.000	350493.333
Y3	1.55	6.2	24317.300	3	72951.900	470657.419
Y4	1.55	6.2	25527.300	3	76581.900	494076.774
Y5	2.45	3.25	37628.200	3	112884.600	460753.469
Y6	4.55	2.25	90615.300	3	271845.900	597463.516
Y7	2.65	5.65	35054.400	3	105163.200	396842.264
Y8	1.81	6.1	26826.360	3	80479.080	444635.801
Y9	3.34	1.65	45767.140	3	137301.420	411082.096
Y10	2.63	5.65	20372.78	3	61118.340	232389.125
Y11	2.3	3.25	24528.80	3	73586.400	319940.870
Y12	2.17	1.07	21421.92	3	64265.760	296155.576

Realizado por: Autores del proyecto

Analizando los cuadros anteriores, observamos que el muro más esforzado debido a la carga de la gravedad es el muro Y6 (597463.516 N/m²), verificamos si este muro pasa la relación de esfuerzo con el 100 % de la sobrecarga

- ✓ **Carga proveniente de la losa de techo con 100% de sobre carga:**

$$w = 5500 \text{ N/m}^2 + 2000 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Peso típico } w = 7500 \text{ N/m}^2$$

- ✓ **Carga sobre el muro Y6:**

$$P \text{ sobre muro} = w * \text{Área influencia del muro}$$

$$P \text{ sobre muro} = 7500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 11.631 \text{ m}^2$$

$$P \text{ sobre muro} = 87232.50 \text{ N}$$

- ✓ **Cargas directas sobre el muro Y6:**

$$W = (\text{Lmuro} * \text{carga directa muro}) \text{ Ton}$$

$$W = (4.55\text{m} * 5856 \text{ N/m})$$

$$W = 26644.80 \text{ N}$$

- ✓ **Peso en piso típico:**

$$P_{\text{típico}} = P + \text{Carga directa sobre el muro}$$

$$P_{\text{típico}} = (87232.50 + 26644.80) \text{ N}$$

$$P_{\text{típico}} = 113877.30 \text{ N}$$

- ✓ **Peso acumulado en el 1 piso:**

$$P_{\text{típico}} = P_{\text{típico}} * \text{Numero de Pisos}$$

$$P_{\text{típico}} = 113877.30 \text{ N} * 3 \text{ pisos}$$

$$P_{\text{típico}} = 341631.90 \text{ N}$$

✓ **Calculo de esfuerzo axial máximo:**

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{P_{\text{tipico}}}{A_{\text{muro}}}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{341631.90 \text{ N}}{100 \text{ mm} * 4550 \text{ m}}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 0.758 \text{ N/mm}^2$$

✓ **El esfuerzo axial máximo será menor que:**

$$\sigma = 0.15 * f'_{\text{m}}$$

$$\sigma = 0.15 * 5.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 0.782 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} < \sigma$$

$$0.758 < 0.782 \quad \mathbf{OK}$$

3.1.6. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Tabla 12 Cálculo del centro de Masas

MURO	XI(m)	YI(m)	CARGA PISO TÍPICO, WI (N)	(WI)(XI) (N-m)	(WI)(YI) (N-m)
X1	3.02	4.4	41128.140	124206.983	180963.816
X2	3.02	2.1	41800.640	126237.933	87781.344
X3	2.28	6.9	51848.060	118213.577	357751.614
X4	8.51	6.9	40167.880	341828.659	277158.372
X5	16.17	6.9	53214.740	860482.346	367181.706
X6	2.28	0.05	53163.860	121213.601	2658.193
X7	8.51	0.05	66063.180	562197.662	3303.159
X8	16.17	0.05	43809.580	708400.909	2190.479
X9	12.23	4.4	80834.460	988605.446	355671.624
X10	16.95	4.4	46249.400	783927.330	203497.360
<hr/>					
Y1	0.13	5.62	30323.200	3942.016	170416.384
Y2	0.13	1.1	26287.000	3417.310	28915.700
Y3	4.44	6.2	24317.300	107968.812	150767.260
Y4	6.88	6.2	25527.300	175627.824	158269.260
Y5	4.44	3.25	37628.200	167069.208	122291.650
Y6	6.88	2.25	90615.300	623433.264	203884.425
Y7	10.16	5.65	35054.400	356152.704	198057.360
Y8	14.32	6.1	26826.360	384153.475	163640.796
Y9	14.32	1.65	45767.140	655385.445	75515.781
Y10	18.09	5.65	20372.780	368543.590	115106.207
Y11	18.09	3.25	24528.800	443725.992	79718.600
Y12	18.09	1.07	21421.920	387522.533	22921.454
Σ			926949.640	8412256.617	3327662.544

Realizado por: Autores del proyecto

$$Y_{CG} = \frac{\sum WXI * YI}{\sum WXI}$$

$$Y_{CG} = \frac{3327662.544 \text{ N} - \text{m}}{926949.640 \text{ N}}$$

$$Y_{CG} = 3.59 \text{ m}$$

$$X_{CG} = \frac{\sum W X_I * X_I}{\sum W X_I}$$

$$X_{CG} = \frac{8412256.617 \text{ N} - \text{m}}{926949.640 \text{ N}}$$

$$X_{CG} = 9.075 \text{ m}$$

3.1.7. DETERMINACIÓN DEL CORTANTE BASAL

Ubicación y características del proyecto:

- ✓ **Provincia:** Chimborazo
- ✓ **Cantón:** Riobamba
- ✓ **Tipo del perfil del subsuelo:** Tipo C, suelos muy densos o roca blanda.
- ✓ **Altura total de entrepiso (Hn):** 7.80m

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

Ecuación utilizada de la NEC-SE-DS sección 6.3.2 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014, pág. 61).

Para determinar la aceleración de la gravedad (Sa), requerimos de los valores expresados en la siguiente tabla:

Tabla 13 Valores utilizados en el cálculo de la aceleración de la gravedad (Sa)

Consideración	Factor	Valor
Valores de factor z en función de la zonificación sísmica	Z	0.40
Relación de amplificación espectral	n	2.48
Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto	Fa	1.2
Desplazamientos para diseño en roca	Fd	1.3
Comportamiento no lineal de los suelos	Fs	1.3
Coefficiente que depende del tipo de edificio	Ct	0.049
Coefficiente α para el cálculo del periodo	α	0.75

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014, pág. 33)

Periodo de vibración de la estructura:

$$T_a = C_t * (H_n)^\alpha$$

$$T_a = 0.049 * (7.80)^{0.75}$$

$$T_a = 0.229 \text{ s}$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.3 * \frac{1.3}{1.2}$$

$$T_c = 0.775 \text{ s}$$

$$T_c > T_a$$

$$0.7746 \text{ s} > 0.229 \text{ s}$$

Por lo tanto:

$$S_a = n * Z * F_a$$

$$S_a = 0.55 * 0.40 * 1.2$$

$$S_a = 1.19$$

Con el valor de S_a calculado anteriormente y los factores obtenidos de la norma NEC-SE-DS expresados en la tabla 11, procedemos a calcular la cortante basal de diseño.

Tabla 14 Factores considerados para el cálculo de la cortante basal

Consideración	Factor	Valor
Importancia (Otras estructuras)	I	1
Respuesta estructural (Mampostería Confinada)	R	3
Irregularidad en planta	ϕ_p	1
Irregularidad en elevación	ϕ_e	1
Aceleración de la gravedad correspondiente al espectro de respuesta de diseño elástico	S_a	1.19

Fuente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

$$V = \frac{I * S_a (T_a)}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

$$V = \frac{1 * 1.19}{3 * 1 * 1} * W$$

$$V = 0.397 * W$$

$$W = \Sigma \text{carga piso típico} * \text{Num pisos}$$

$$W = 926949.64 \text{ N} * 3 \text{ pisos}$$

$$W = 2780848.92 \text{ N}$$

$$V = 0.397 * 2780848.92 \text{ N}$$

$$V = 1103997.021 \text{ N}$$

3.1.7.1. DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA CORTANTE BASAL EN LA ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

Tabla 15 Fuerza cortante basal en la altura de la edificación

N	Wi (N)	hi (m)	Wi*hi (N-m)	Fxi	Ycgi (m)	Fi*Ycgi (m)	Xcgi (m)	Fi*Xcgi (m)
1	926949.640	2.60	2410069.064	183999.504	3.590	660541.015	9.075	1669832.938
2	926949.640	5.20	4820138.128	367999.007	3.590	1321082.030	9.075	3339665.877
3	926949.640	7.80	7230207.192	551998.511	3.590	1981623.045	9.075	5009498.815
Σ	2780848.920		14460414.384	1103997.021		3963246.090		10018997.631

Realizado por: Autores del proyecto

$$F_x = \frac{W_{xi} * h_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i^k}$$

Wi = Carga de piso típico

Ecuación obtenida de la NEC-SE-DS, sección 6.3.5 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014, pág. 66).

k: Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T

Para $T_a \leq 0.5$; $k = 1$. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014)

$$0.229 \leq 0.5; k = 1.$$

3.1.7.2. UBICACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE EN PLANTA

$$X = \frac{\sum F_i * X_{cgi}}{F_x}$$

$$X = \frac{10018997.63m}{1103997.021}$$

$$X = 9.075 \text{ m}$$

$$Y = \frac{\sum F_i * Y_{cgi}}{F_x}$$

$$Y = \frac{3963246.090 \text{ m}}{1103997.021}$$

$$Y = 3.590 \text{ m}$$

3.1.8. CÁLCULO DE LA RIGIDEZ LATERAL DE LOS MUROS

$$K = \frac{E_a}{\frac{h^3}{3I} + \frac{f * h * E_a}{A * G_a}}$$

Dónde:

Em: Módulo de elasticidad de la mampostería en arcilla.

La resistencia a la compresión de las pilas de ladrillo artesanal es de $f'_m = 5.21 \text{ MPa}$.

$$E_m = 750 * f'_m$$

$$E_m = 750 * 5.21 \text{ MPa}$$

$$E_m = 3907.50 \text{ MPa}$$

Ec: Módulo de elasticidad del concreto.

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 4700 * \sqrt{21 \text{ MPa}}$$

$$E_c = 21538.106 \text{ MPa}$$

Módulo de elasticidad de corte de la albañilería

$$G_a = 0.4 * E_m$$

$$G_a = 0.4 * 3907.50 \text{ MPa}$$

$$G_a = 1563 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_c}{E_m}$$

$$n = \frac{21538.106 \text{ MPa}}{3907.50 \text{ MPa}}$$

$$n = 5.56$$

$$n t = 5.56 * 0.10 \text{ m}$$

$$n t = 0.56 \text{ m}$$

3.1.8.1. CÁLCULO DEL FACTOR DE FORMA Y EL MOMENTO DE INERCIA PARA MURO X1

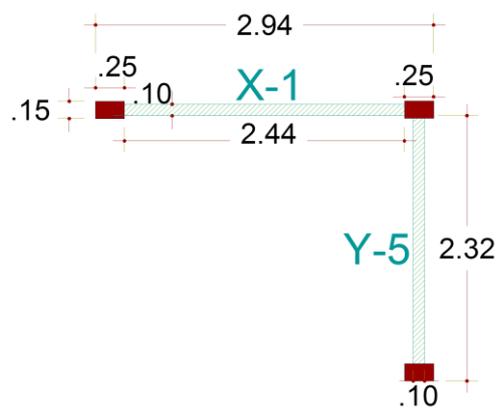


Figura 26 Muro X1 en función de la longitud efectiva del muro Y5

Realizado por: Autores del proyecto

El muro Y5 tiene una longitud efectiva de:

$$L1 = 2.40 \text{ m} - 0.10 \text{ m} = 2.30 \text{ m}$$

El 25% de la longitud del muro transversal

$$0.25 * 2.30 \text{ m} = 0.58 \text{ m}$$

Área del alma del muro

$$A_m = (0.10 \text{ m} * 2.44 \text{ m}) + (0.25 \text{ m} * 0.15 \text{ m}) = 0.319 \text{ m}^2$$

Área transformada

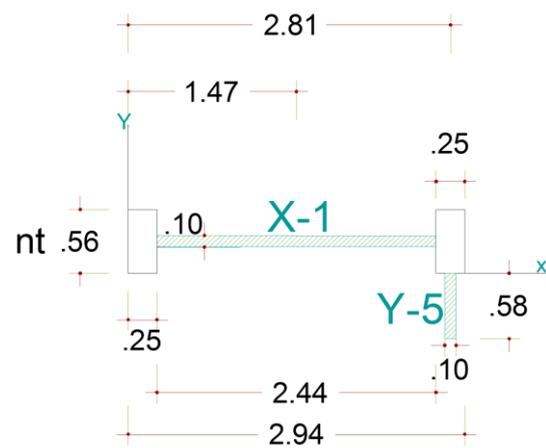


Figura 27. Área transformada del muro X1

Realizado por: Autores del proyecto

$$A = (0.56 * 0.25) + (2.44 * 0.10) + (0.56 * 0.25) + (0.58 * 0.10)$$

$$A = 0.582 \text{ m}^2$$

Factor de forma:

$$f = \frac{A_{axial}}{A_{alma}}$$

$$f = \frac{0.582 \text{ m}^3}{0.319 \text{ m}^3}$$

$$f = 1.824$$

Momento de inercia de la sección transformada respecto al eje Y

$$I_x = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_x = \frac{0.25 * 0.56^3}{3} + \left[\frac{2.44 * 0.10^3}{12} + 0.10 * 2.44 * 1.47^2 \right]$$

$$+ \left[\frac{0.25 * 0.56^3}{12} + 0.56 * 0.25 * 2.81^2 \right] + \left[\frac{0.10 * 0.58^3}{12} + 0.58 * 0.10 * 2.81^2 \right]$$

$$I_x = 2.111 \text{ m}^4$$

3.1.8.2. CUADRO DE RIGIDECES DE LOS MUROS EN X Y Y

Tabla 16 Rigidez en el muro X

MURO	I (m4)	F	A (m2)	H (m)	K (N)
X1	2.111	1.824	0.582	2.6	168777888.907
X2	2.111	1.824	0.582	2.6	168777888.907
X3	5.570	1.807	0.871	2.6	268789551.502
X4	3.306	1.709	0.646	2.6	206007172.614
X5	4.478	1.749	0.726	2.6	230246895.952
X6	4.843	1.538	0.738	2.6	264889123.058
X7	2.589	1.836	0.694	2.6	200807027.041
X8	4.323	1.812	0.752	2.6	229609731.515
X9	4.721	1.519	0.784	2.6	282375716.513
X10	1.855	2.213	0.591	2.6	142074496.091

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 17 Rigidez en el muro Y

MURO	I (m4)	F	A (m2)	H (m)	K (N)
Y1	1.728	2.105	0.6	2.6	149150952.665
Y2	1.425	2.291	0.559	2.6	127069181.399
Y3	0.500	2.559	0.435	2.6	78224631.860
Y4	0.502	2.682	0.456	2.6	78285535.707
Y5	2.091	2.707	0.674	2.6	135177757.250
Y6	8.193	1.751	0.821	2.6	268107396.203
Y7	1.634	2.143	0.583	2.6	142175951.992
Y8	0.694	2.549	0.497	2.6	93529167.879
Y9	4.544	2.163	0.755	2.6	196217812.321
Y10	1.296	1.900	0.57	2.6	149211170.285
Y11	1.239	1.929	0.54	2.6	139837215.076
Y12	1.393	2.165	0.552	2.6	131582490.228

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.8.3. CÁLCULO DEL CENTRO DE RIGIDEZ

Tabla 18 Centro de rigidez en el muro X

MURO	YI (m)	KI (N)	KI*YI (N-m)
X1	4.4	168777888.907	742622711.189
X2	2.1	168777888.907	354433566.704
X3	6.9	268789551.502	1854647905.367
X4	6.9	206007172.614	1421449491.039
X5	6.9	230246895.952	1588703582.067
X6	0.05	264889123.058	13244456.153
X7	0.05	200807027.041	10040351.352
X8	0.05	229609731.515	11480486.576
X9	4.4	282375716.513	1242453152.657
X10	4.4	142074496.091	625127782.800
Σ		2162355492.099	7864203485.904

Realizado por: Autores del proyecto

$$Y_{cr} = \frac{\sum Ki * Yi}{\sum Ki}$$

$$Y_{cr} = \frac{7864203485.904 \text{ N} - \text{m}}{2162355492.099 \text{ N}}$$

$$Y_{cr} = 3.637 \text{ m}$$

Tabla 19 Centro de rigidez n el muro Y

MURO	YI (m)	KI (N)	KI*YI (N-m)
Y1	0.13	149150952.665	19389623.847
Y2	0.13	127069181.399	16518993.582
Y3	4.44	78224631.860	347317365.456
Y4	6.88	78285535.707	538604485.664
Y5	4.44	135177757.250	600189242.190
Y6	6.88	268107396.203	1844578885.878
Y7	10.16	142175951.992	1444507672.236
Y8	14.32	93529167.879	1339337684.023
Y9	14.32	196217812.321	2809839072.439
Y10	18.09	149211170.285	2699230070.462
Y11	18.09	139837215.076	2529655220.723
Y12	18.09	131582490.228	2380327248.223
Σ		1688569262.865	16569495564.723

Realizado por: Autores del proyecto

$$X_{cr} = \frac{\sum Ki * Xi}{\sum Ki}$$

$$X_{cr} = \frac{16569495564.723 \text{ N} - \text{m}}{1688569262.865 \text{ N}}$$

$$X_{cr} = 9.813 \text{ m}$$

3.1.9. CÁLCULO DE LA CORTANTE BASAL V_{ti} DE LOS MUROS

3.1.9.1. CÁLCULO DE V_{1i}

$$V_{1i} = \frac{Ki * V}{2 * \sum Ki}$$

Tabla 20 Cálculo del Vli de los muros en dirección X

MURO	Ki (N)	V (N)	Vli (N)
X1	168777888.907	1103997.021	43085.026
X2	168777888.907	1103997.021	43085.026
X3	268789551.502	1103997.021	68615.652
X4	206007172.614	1103997.021	52588.787
X5	230246895.952	1103997.021	58776.618
X6	264889123.058	1103997.021	67619.964
X7	200807027.041	1103997.021	51261.312
X8	229609731.515	1103997.021	58613.965
X9	282375716.513	1103997.021	72083.881
X10	142074496.091	1103997.021	36268.278
Σ	2162355492.099		

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 21 Cálculo de Vli de los muros en dirección Y

MURO	Ki (N)	V (N)	Vli (N)
Y1	149150952.665	1103997.021	48757.907
Y2	127069181.399	1103997.021	41539.308
Y3	78224631.860	1103997.021	25571.874
Y4	78285535.707	1103997.021	25591.784
Y5	135177757.250	1103997.021	44190.027
Y6	268107396.203	1103997.021	87645.136
Y7	142175951.992	1103997.021	46477.758
Y8	93529167.879	1103997.021	30574.974
Y9	196217812.321	1103997.021	64144.209
Y10	149211170.285	1103997.021	48777.593
Y11	139837215.076	1103997.021	45713.218
Y12	131582490.228	1103997.021	43014.723
Σ	1688569262.865		

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.9.2. CÁLCULO DE V2I

$$V2i = \frac{Ki * Ri * Mi}{Rt}$$

a. Cálculo de la distancia Ri

$$Ri = Y_{cr} - Yi$$

Tabla 22 Cálculo Ri de muros en dirección X

MURO	Ycr (m)	Yi (m)	Ri (m)
X1	3.637	4.4	-0.763
X2	3.637	2.1	1.537
X3	3.637	6.9	-3.263
X4	3.637	6.9	-3.263
X5	3.637	6.9	-3.263
X6	3.637	0.05	3.587
X7	3.637	0.05	3.587
X8	3.637	0.05	3.587
X9	3.637	4.4	-0.763
X10	3.637	4.4	-0.763

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 23 Cálculo Ri de muros en dirección Y

MURO	Ycr (m)	Yi (m)	Ri (m)
Y1	9.813	0.13	9.683
Y2	9.813	0.13	9.683
Y3	9.813	4.44	5.373
Y4	9.813	6.88	2.933
Y5	9.813	4.44	5.373
Y6	9.813	6.88	2.933
Y7	9.813	10.16	-0.347
Y8	9.813	14.32	-4.507
Y9	9.813	14.32	-4.507
Y10	9.813	18.09	-8.277
Y11	9.813	18.09	-8.277
Y12	9.813	18.09	-8.277

Realizado por: Autores del proyecto

b. Cálculo de la rigidez torsional Rt

$$Rt = \sum Ki * Ri^2$$

Tabla 24 Rigidez torsional Muros en X

MURO	Ki (N)	Ri (m)	Ri ² (m ²)	Ki*Ri ² (N-m ²)
X1	168777888.907	-0.763	0.582	98291017.703
X2	168777888.907	1.537	2.362	398647648.836
X3	268789551.502	-3.263	10.648	2862077712.842
X4	206007172.614	-3.263	10.648	2193569408.221
X5	230246895.952	-3.263	10.648	2451674574.666
X6	264889123.058	3.587	12.866	3407965092.856
X7	200807027.041	3.587	12.866	2583508641.873
X8	229609731.515	3.587	12.866	2954073541.981
X9	282375716.513	-0.763	0.582	164446875.893
X10	142074496.091	-0.763	0.582	82739788.374
Σ				17196994303.246

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 25 Rigidez torsional Muros en Y

MURO	Ki (N)	Ri (m)	Ri ² (m ²)	Ki*Ri ² (N-m ²)
Y1	149150952.665	9.683	93.756	13983722822.092
Y2	127069181.399	9.683	93.756	11913435215.497
Y3	78224631.860	5.373	28.866	2258060635.309
Y4	78285535.707	2.933	8.601	673332268.037
Y5	135177757.250	5.373	28.866	3902090238.836
Y6	268107396.203	2.933	8.601	2305986150.989
Y7	142175951.992	-0.347	0.121	17144669.792
Y8	93529167.879	-4.507	20.315	1900079569.996
Y9	196217812.321	-4.507	20.315	3986237287.432
Y10	149211170.285	-8.277	68.513	10222903389.497
Y11	139837215.076	-8.277	68.513	9580665691.738
Y12	131582490.228	-8.277	68.513	9015109812.335
Σ				69758767751.549

Realizado por: Autores del proyecto

$$R_t = 17196994303.246 \text{ N} - \text{m}^2 + 69758767751.549 \text{ N} - \text{m}^2$$

$$R_t = 86955762054.796 \text{ N} - \text{m}^2$$

c. Cálculo de Momentos Torsionales

✓ Momento Torsional en la dirección del eje X

$$M_t = V * e'$$

e' = excentricidad reglamentaria

$$e' = 1.5e + e_a$$

$$e_a = 0.05 * B$$

$$B = 6.95 \text{ m}$$

$$e_a = 0.05 * 6.95$$

$$e_a = 0.348 \text{ m}$$

$$e = Y_{cr} - Y$$

$$Y_{cr} = 3.637 \text{ m}$$

$$Y = 3.590 \text{ m}$$

$$e = Y_{cr} - Y$$

$$e = 3.637 \text{ m} - 3.590 \text{ m}$$

$$e = 0.047 \text{ m}$$

$$e' = 1.5(0.047 \text{ m}) + 0.348 \text{ m}$$

$$e' = 0.419 \text{ m}$$

$$M_t = V * e'$$

$$M_t = 1103997.021 \text{ N} * 0.419 \text{ m}$$

$$M_{tx} = 462574.752 \text{ N} - \text{m}$$

✓ **Momento Torsional en la dirección del eje Y**

$$M_t = V * e'$$

e' = excentricidad reglamentaria

$$e' = 1.5e + e_a$$

$$e_a = 0.05 * B$$

$$B = 18.06 \text{ m}$$

$$e_a = 0.05 * 18.06 \text{ m}$$

$$e_a = 0.903 \text{ m}$$

$$e = X_{cr} - X$$

$$X_{cr} = 9.813 \text{ m}$$

$$X = 9.075 \text{ m}$$

$$e = 9.813 \text{ m} - 9.075 \text{ m}$$

$$e = 0.738 \text{ m}$$

$$e' = 1.5(0.738 \text{ m}) + 0.903 \text{ m}$$

$$e' = 2.010 \text{ m}$$

$$M_t = V * e'$$

$$M_t = 1103997.021 \text{ N} * 2.010 \text{ m}$$

$$M_{ty} = 2219034.012 \text{ N} - \text{m}$$

Con los parámetros calculados anteriormente, procedemos a determinar el valor de V2i para todos los muro en cada dirección de análisis.

$$V2i = \frac{K_i * R_i * M_i}{R_t}$$

Tabla 26 Cálculo del V2i de los muros en dirección X

MURO	Ki (N)	Ri (m)	Mt (N-m)	RT (m)	V2i (N)
X1	168777888.907	-0.763	462574.752	86955762054.796	-685.170
X2	168777888.907	1.537	462574.752	86955762054.796	1379.863
X3	268789551.502	-3.263	462574.752	86955762054.796	-4665.847
X4	206007172.614	-3.263	462574.752	86955762054.796	-3576.024
X5	230246895.952	-3.263	462574.752	86955762054.796	-3996.795
X6	264889123.058	3.587	462574.752	86955762054.796	5054.325
X7	200807027.041	3.587	462574.752	86955762054.796	3831.581
X8	229609731.515	3.587	462574.752	86955762054.796	4381.162
X9	282375716.5	-0.763	462574.752	86955762054.796	-1146.331
X10	142074496.1	-0.763	462574.752	86955762054.796	-576.765

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 27 Cálculo del V2i de los muros en dirección Y

MURO	Ki (N)	Ri (m)	Mt (N-m)	RT (m)	V2i (N)
Y1	149150952.665	9.683	2219034.012	86955762054.796	36854.457
Y2	127069181.399	9.683	2219034.012	86955762054.796	31398.161
Y3	78224631.860	5.373	2219034.012	86955762054.796	10725.194
Y4	78285535.707	2.933	2219034.012	86955762054.796	5858.967
Y5	135177757.250	5.373	2219034.012	86955762054.796	18533.902
Y6	268107396.203	2.933	2219034.012	86955762054.796	20065.424
Y7	142175951.992	-0.347	2219034.012	86955762054.796	-1259.921
Y8	93529167.879	-4.507	2219034.012	86955762054.796	-10757.839
Y9	196217812.321	-4.507	2219034.012	86955762054.796	-22569.211
Y10	149211170.3	-8.2773	2219034.012	86955762054.796	-31517.618
Y11	139837215.1	-8.2773	2219034.012	86955762054.796	-29537.574
Y12	131582490.2	-8.2773	2219034.012	86955762054.796	-27793.942

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.10. CÁLCULO DE VALORES DE FUERZA CORTANTE TOTAL VTI

$$V_{ti} = V_{1i} + V_{2i}$$

Tabla 28 Cálculo de Vti de muros en X

MURO	V1i(N)	V2i(N)	Vti(N)
X1	43085.026	-685.170	42399.856
X2	43085.026	1379.863	44464.889
X3	68615.652	-4665.847	63949.805
X4	52588.787	-3576.024	49012.763
X5	58776.618	-3996.795	54779.824
X6	67619.964	5054.325	72674.290
X7	51261.312	3831.581	55092.893
X8	58613.965	4381.162	62995.128
X9	72083.881	-1146.331	70937.550
X10	36268.278	-576.765	35691.513

Realizado por: Autores del proyecto

Tabla 29 Cálculo de Vti de muros en X

MURO	V1i(N)	V2i(N)	Vti(N)
Y1	48757.907	36854.457	85612.364
Y2	41539.308	31398.161	72937.469
Y3	25571.874	10725.194	36297.068
Y4	25591.784	5858.967	31450.751
Y5	44190.027	18533.902	62723.929
Y6	87645.136	20065.424	107710.560
Y7	46477.758	-1259.921	45217.837
Y8	30574.974	-10757.839	19817.135
Y9	64144.209	-22569.211	41574.998
Y10	48777.593	-31517.618	17259.975
Y11	45713.218	-29537.574	16175.644
Y12	43014.723	-27793.942	15220.780

Realizado por: Autores del proyecto

De acuerdo a los cuadros anteriores se muestra que el muro que va a soportar mayor fuerza cortante es el muro Y6 ($V_{ti} = 107710.560$ N).

3.1.11. ANÁLISIS SÍSMICO MANUAL

$$F_i = \frac{i * V_t}{\sum i}$$

$$V_{ty6} = 107710.56 \text{ N}$$

$$\sum i = \text{Niveles en elevación}$$

$$\sum i = 3 + 2 + 1$$

$$\sum i = 6$$

$$F_3 = \frac{3 * 107710.56 \text{ N}}{6}$$

$$F_3 = 53855.28 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{2 * 107710.56 \text{ N}}{6}$$

$$F_2 = 35903.52 \text{ N}$$

$$F_1 = \frac{1 * 107710.56 \text{ N}}{6}$$

$$F_1 = 17951.76 \text{ N}$$

El momento flector estará dado por:

$$M_i = \sum F_i * h_i$$

h_i = Altura de entrepiso

$$M_3 = (53855.28 * 2.60)$$

$$M_3 = 140023.728 \text{ N} - \text{m}$$

$$M_2 = (53855.28 * 5.20) + (35903.52 * 2.60)$$

$$M_2 = 373396.68 \text{ N} - \text{m}$$

$$M_1 = (53855.28 * 7.80) + (35903.52 * 5.20) + (17951.76 * 2.60)$$

$$M_1 = 653444.064 \text{ N} - \text{m}$$

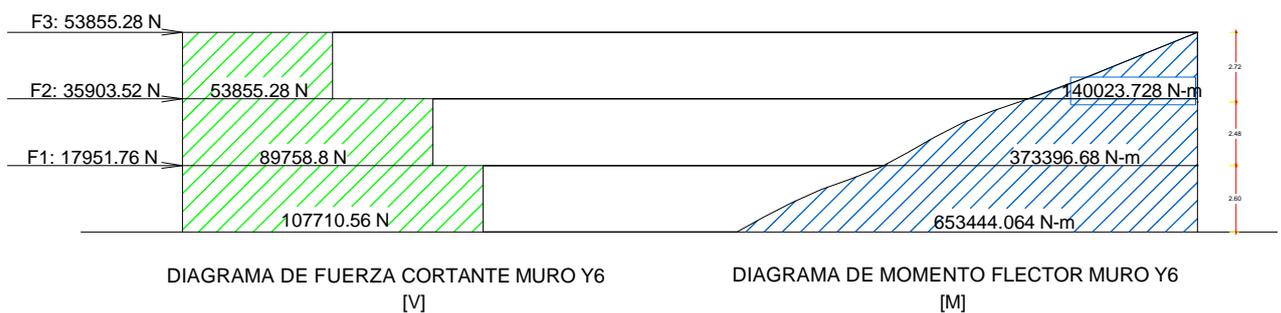


Figura 28 Diagramas de Cortantes y Momentos para el muro Y6

Realizado por: Autores del proyecto

3.1.12. CÁLCULO DE MOMENTOS MAYORADOS Y CONTROL DE FISURACIÓN DE LOS MUROS

Para realizar este procedimiento se empleó la sección 26.2 de la norma peruana E-0.70 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, págs. 38-41)

Tabla 30 Cálculo de Momento y Cortantes últimos

									Vm1/Ve1	2.43
PISOS	L (m)	t (m)	Pg (N)	Ve (N)	Me (N-m)	α	Vm (N)	$Ve \leq 0.55Vm$	Vu	Mu
1	4.55	0.1	271845.900	107710.560	653444.064	0.750	261985.182	OK! CONTROLA FISURACION	261985.18	1589376.77
2	4.55	0.1	271845.900	107710.560	653444.064	0.750	261985.182	OK! CONTROLA FISURACION	261985.18	1589376.77
3	4.55	0.1	271845.900	107710.560	653444.064	0.750	261985.182	OK! CONTROLA FISURACION	261985.18	1589376.77

Realizado por: Autores del proyecto

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

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

$$\alpha = \frac{107710.56 \text{ N} * 4.55 \text{ m}}{653444.064 \text{ N} - \text{m}}$$

$$\alpha = 0.75$$

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = 0.75 \leq 1 \quad \text{Ok}$$

$$V_m = 0.5 * 1169000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0.75 * 0.1 \text{ m} * 4.55 \text{ m} + 0.23 * 271845.900 \text{ N}$$

$$V_m = 261985.182 \text{ N}$$

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

$$107710.56 \text{ N} \leq 0.55 * 261985.182 \text{ N}$$

$$107710.56 \text{ N} \leq 144091.85 \text{ N} \quad \text{Ok}$$

$$2 \leq \frac{V_m}{V_e} \leq 3$$

$$2 \leq \frac{261985.182 \text{ N}}{107710.56 \text{ N}} \leq 3$$

$$2 \leq 2.43 \leq 3 \quad \text{OK}$$

$$V_u = V_e * \frac{V_m}{V_e}$$

$$V_u = 107710.56 \text{ N} * 2.43$$

$$V_u = 261985.18 \text{ N}$$

$$\mathbf{Mu} = \mathbf{Me} * \frac{\mathbf{Vm}}{\mathbf{Ve}}$$

$$\mathbf{Mu} = 653444.064 \text{ N} - \text{m} * 2.43$$

$$\mathbf{Mu} = 1589376.77 \text{ N} - \text{m}$$

3.2. DISEÑO DETALLADO DE ANÁLISIS SÍSMICO DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

Para este diseño iniciamos verificando el muro para las cargas axiales de compresión, de la siguiente manera:

$$\mathbf{V_{MR}} = \mathbf{F_R} * \left(\sum \mathbf{A_t} \right) * \left(\mathbf{0.5} * \mathbf{v_m^*} + \mathbf{0.3fa} \right) \leq \mathbf{1.5} * \mathbf{F_R} * \mathbf{v_m^*} * \left(\sum \mathbf{A_t} \right)$$

✓ Muros en dirección X

$$\mathbf{A_m} = \mathbf{3631 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{V_m} = \mathbf{0.20 \text{ MPa}}$$

$$\mathbf{V_R} = \left(\sum \mathbf{A_m} \right) * \mathbf{V_m}$$

$$\mathbf{V_R} = \left(\sum \mathbf{3631 \text{ mm}^2} \right) * \mathbf{0.20} \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{mm}^2}$$

$$\mathbf{V_R} = \mathbf{723.20 \text{ N}}$$

✓ Muros en dirección Y

$$\mathbf{A_m} = \mathbf{2768 \text{ mm}}$$

$$V_R = \left(\sum A_m \right) * V_m$$

$$V_R = 2768 \text{ mm}^2 * 0.20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_R = 553.60 \text{ N}$$

fa: Sumatoria de esfuerzos producidos en cada muro en las direcciones X y Y

$$V_{MR} = F_R * \left(\sum A_t \right) * (0.5 * v_m^* + 0.3fa) \leq 1.5 * F_R * v_m^* * \left(\sum A_t \right)$$

$$V_{MR} = 0.70 * 6.399 \text{ mm}^2 * \left(0.5 * 1.169 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 0.3 * 9.11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\leq 1.5 * 0.70 * 1.169 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * (6.399 * 3) \text{ mm}^2$$

$$V_{MR} = 14.860 \text{ N} \leq 23.563 \text{ N} \quad \text{OK}$$

3.2.1. DISEÑO PARA CARGA AXIAL DE COMPRESIÓN

3.2.1.1. RESISTENCIA NOMINAL A COMPRESION AXIAL

$$P_{nc} = 0.80 [0.85 * f'c * (A_{ci} - A_{st}) + f_y * A_{st}]$$

$$A_{ci} = 250 \text{ mm} * 150 \text{ mm}$$

$$A_{ci} = 37500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 4 * \frac{\pi * (12)^2}{4} * 2 \text{ Columnas}$$

$$A_{st} = 904.778 \text{ mm}^2$$

$$P_{nc} = 0.80 \left[0.85 * 21 \frac{N}{mm^2} * (37500 \text{ mm}^2 - 904.778 \text{ mm}^2) + 420 \frac{N}{mm^2} * 904.778 \text{ mm}^2 \right]$$

$$P_{nc} = 826585.178 \text{ N}$$

3.2.1.2. RESISTENCIA NOMINAL A TRACCIÓN AXIAL

$$P_{nt} = -f_y * A_{st}$$

$$P_{nt} = -420 \frac{N}{mm^2} * 452.389 \text{ mm}^2$$

$$P_{nt} = -189550.991 \text{ N}$$

3.2.1.3. RESISTENCIA NOMINAL A COMPRESIÓN DE LA MAMPOSTERÍA

$$P_{nd} = 0.80(0.85 * f'm * A_{md}) * R_e$$

$$A_{md} = 4530 \text{ mm} * 100 \text{ mm}$$

$$A_{md} = 453000 \text{ mm}^2$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{40 * t} \right]^3$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{2400 \text{ mm}}{40 * 100 \text{ mm}} \right]^3$$

$$R_e = 0.784$$

$$P_{nd} = 0.80(0.85 * f'm * A_{md}) * R_e$$

$$P_{nd} = 0.80 \left(0.85 * 5.21 \frac{N}{mm^2} * 453000 \text{ mm}^2 \right) * 0.784$$

$$P_{nd} = 1258232.506 \text{ N}$$

3.2.2. DISEÑO DEL MURO EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A SU PLANO

3.2.2.1. RESISTENCIA A FLEJO-COMPRESIÓN DESPRECIANDO LA CONTRIBUCIÓN DE LA MAMPOSTERÍA

Cuando se trata de un muro confinado que únicamente tiene dos columnas de confinamiento iguales en sus bordes, las ecuaciones se simplifican a:

$$P_{uc} \leq \phi * P_{nc}$$

$$P_{uc} = \frac{P_u}{2} + \Delta P_u$$

$$\Delta P_u = \frac{M}{l_w}$$

$$\Delta P_u = \frac{653444064 \text{ N} - \text{mm}}{4350 \text{ mm}}$$

$$\Delta P_u = 150217.026 \text{ N}$$

$$P_{uc} = \frac{P_u}{2} + \Delta P_u$$

$$P_{uc} = \frac{271845.900 \text{ N}}{2} + 150217.026 \text{ N}$$

$$P_{uc} = 286139.976 \text{ N}$$

$$P_{ut} = \frac{P_u}{2} - \Delta P_u \leq 0$$

$$P_{ut} = \frac{271845.900 \text{ N}}{2} - 150217.026 \text{ N} \leq 0$$

$$P_{ut} = -14294.076 \text{ N} \leq 0$$

$$P_{uc} \leq \phi * P_{nc}$$

$$286139.976 \text{ N} \leq 0.70 * 826585.178 \text{ N}$$

$$286139.976 \text{ N} \leq 578609.625 \text{ N} \quad \text{OK}$$

$$P_{ut} \geq \phi * P_{nt}$$

$$-14294.076 \text{ N} \geq 0.90 * -189550.991 \text{ N}$$

$$-14294.076 \text{ N} \geq -170595.892 \text{ N} \quad \text{OK}$$

3.2.3. VERIFICACION POR APLASTAMIENTO DEL ALMA DEL MURO

$$P_{ud} \leq \phi * P_{nd}$$

3.2.3.1. FUERZA AXIAL QUE ACTÚA EN LA DIAGONAL P_{ud}

$$P_{ud} = \frac{h'}{l_w} * V_u$$

$$P_{ud} = \frac{4790 \text{ mm}}{4350 \text{ mm}} * 261985.18 \text{ N}$$

$$P_{ud} = 288484.830 \text{ N}$$

$$288484.830 \text{ N} \leq 0.9 * 1258232.506 \text{ N}$$

$$288484.830 \text{ N} \leq 1132409.255 \text{ OK}$$

3.2.4. VERIFICACION A CORTANTE EN LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DEL MURO

$$V_{uc} \leq \phi * V_{nc}$$

3.2.4.1. FUERZA CORTANTE ACTUANTE VUC

Sobre la columna de confinamiento:

$$V_{uc} = \frac{l_c}{2 * l_w} * V_u$$

$$V_{uc} = \frac{4350 \text{ mm}}{2 * 4150 \text{ mm}} * 261985.18 \text{ N}$$

$$V_{uc} = 137291.335 \text{ N}$$

Cálculo de Vnc de columna:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$\lambda = 1$ Para hormigon de peso normal

$$V_c = 0.17 * 1 * \sqrt{21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} * 250 \text{ mm} * 147 \text{ mm}$$

$$V_c = 28629.642 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$\phi = 0.75$ para cortante y torsión

$$V_s = \frac{261985.18 \text{ N}}{0.75} - 28629.642 \text{ N}$$

$$V_s = 320683.931 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = 28629.642 \text{ N} + 320683.931 \text{ N}$$

$$V_n = 349313.573 \text{ N}$$

$$V_{uc} \leq \phi * V_{nc}$$

$$137291.335 \text{ N} \leq 0.75 * 349313.573 \text{ N}$$

$$137291.335 \text{ N} \leq 261985.180 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Sobre la viga de confinamiento:

$$V_{uc} = \frac{h_p}{2 * I_w} * V_u$$

$$V_{uc} = \frac{2600 \text{ mm}}{2 * 4150 \text{ mm}} * 261985.18 \text{ N}$$

$$V_{uc} = 82067.647 \text{ N}$$

Cálculo de Vnc de viga:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.17 * \lambda * \sqrt{f_c} * b_w * d$$

$\lambda = 1$ Para hormigon de peso normal

$$V_c = 0.17 * 1 * \sqrt{21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} * 150 \text{ mm} * 197 \text{ mm}$$

$$V_c = 23020.569 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$\phi = 0.75$ para cortante y torsión

$$V_s = \frac{261985.18 \text{ N}}{0.75} - 23020.569 \text{ N}$$

$$V_s = 326293.004 \text{ N}$$

$$\mathbf{V_n = V_c + V_s}$$

$$V_n = 23020.569 \text{ N} + 326293.004 \text{ N}$$

$$V_n = 349313.573 \text{ N}$$

$$\mathbf{V_{uc} \leq \phi * V_{nc}}$$

$$82067.647 \text{ N} \leq 0.75 * 349313.573 \text{ N}$$

$$82067.647 \text{ N} \leq 261985.18 \text{ N} \quad \text{OK}$$

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

- ✓ Como se puede evidenciar el ladrillo macizo elaborado en el cantón Chambo, puede emplearse en sistemas de mampostería estructural, para muros confinados.
- ✓ Se entiende que la cantidad de muros confinados presentes en cada dirección de análisis de la edificación son suficientes para resistir las cargas solicitadas.
- ✓ Se determinó que el muro más condicionado por cargas gravitacionales, esfuerzos y cortantes es el muro 7 de la dirección Y, sin embargo, realizado el diseño detallado de análisis sísmico de la edificación verificamos que este cumplió todas las verificaciones requeridas, de esta manera se puede afirmar que el diseño fue satisfactorio.
- ✓ El análisis del muro más esforzado debido a la carga de la gravedad resultó ser el muro Y6 con 597463.516 N/m^2 , se realizó la verificación de este muro con el 100 % de la sobrecarga obteniendo resultados satisfactorios.
- ✓ De acuerdo a los valores obtenidos de corte total de cada muro, se determinó que el muro que va a soportar mayor fuerza cortante es el muro Y6 ($V_{ti} = 107710.560 \text{ N}$). cuyo comportamiento se realizó empleando el método aproximado del análisis sísmico manual.
- ✓ El muro Y6, inicialmente, se verificó para las cargas axiales de compresión, de acuerdo con este método la resistencia a cortante de la estructura puede ser revisada determinando la resistencia a cortante global de la estructura,

resultando las fuerzas actuantes menores que la resistencia disponible del sistema estructural sismo resistente, cumpliendo lo estipulado en la NEC 2015 de vivienda.

- ✓ El diseño detallado de análisis sísmico de la edificación en estudio resultó satisfactorio, cumpliendo las condiciones de cortantes, flexión y flexo-compresión de los muros confinados, como lo estipula la NEC-SE-VIVIENDA. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI., 2014).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Los sistemas estructurales con muros de mampostería confinada pueden ser utilizados en edificaciones mayores a dos pisos de altura, y no solo en construcciones pequeñas como es el pensamiento de muchos profesionales y no profesionales de la construcción.
- ✓ La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería confinada puede reducirse al cumplir lo estipulado en normas y manuales de construcción, en lo referente a detalles presentes en los aspectos geométricos, constructivos y estructurales.
- ✓ Mediante la investigación desarrollada se pudo evidenciar que el ladrillo no solo sirve para realizar paredes con función arquitectónica, separando ambientes; si no que puede llegar a tener un buen comportamiento al trabajar como material principal en muros estructurales.
- ✓ El ladrillo macizo del cantón chambo empleado en el diseño estructural de muros confinados de la presente investigación, presentó una buena resistencia a la compresión axial y a corte puro de la mampostería, lo que quiere decir que si estos materiales son mejorados en su calidad se podría incrementar esas resistencias para diseñar edificios en mayor altura.

- ✓ Las construcciones con sistema de mampostería confinada no permite realizar modificaciones internas, ya que los muros al cumplir funciones estructurales soportan cargas, sin tener la posibilidad de ser movidos de su lugar de origen.

- ✓ Los muros bien confinados ofrecen un sistema totalmente monolítico entre losas, muros y fachadas, combinando las funciones arquitectónicas con las estructurales.

- ✓ Las construcciones con muros de mampostería confinada, por su metodología constructiva tiene gran viabilidad para la reducción de costos, de manejo y de tiempo, logrando a pesar de ser un sistema relativamente nuevo en nuestro país competir con los sistemas tradicionales.

- ✓ Este sistema emplea elementos de confinamiento con secciones de columnas y vigas altamente reducidas en comparación a los utilizados en sistemas tradicionales, sin alterar su capacidad para resistir las acciones sísmicas que puedan suceder.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar una investigación más profunda acerca de los sistemas constructivos elaborados con mampostería estructural, puesto que el presente proyecto abarcó uno de los temas dentro de esta clasificación, quedando por conocer sistemas de mampostería reforzada, mampostería parcialmente reforzada, mampostería con cavidad reforzada, mampostería de muros diafragma, mampostería reforzada externamente, etc.
- ✓ Se sugiere implementar en el laboratorio de ensayos de materiales los equipos e instrumentación necesaria para realizar pruebas en muros para mampostería estructural, ya que es un tema muy extenso e importante del cual se necesita mayor información en el país para obtener sistemas constructivos diferentes al tradicional.
- ✓ De igual forma se debería inculcar a los fabricantes de ladrillo de la provincia, especialmente a los del cantón Chambo que es donde está concentrada la mayor producción, para que se empiece a fabricar ladrillo de mejor calidad, para que estas unidades se utilicen como material estructural en muros portantes de mampostería confinada.
- ✓ Se recomienda la aplicación del presente proyecto de investigación para realizar diseños y construir edificaciones de mampostería estructural con muros confinados, debido a las ventajas que este sistema proporciona y a la disponibilidad de los materiales en la región.
- ✓ Recomendaríamos que dentro de las cátedras impartidas en la escuela de Ingeniería Civil, se abarquen temas de mampostería estructural, para lo cual pueden efectuar ensayos de laboratorio haciendo uso de los cabezales de acero elaborados para el desarrollo de este proyecto, con la finalidad que los estudiantes puedan ampliar sus conocimientos en cuanto a estos temas que van ganando importancia en el país.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

“Manual de modelación en el software Etabs versión 2016, para realizar un análisis estático de edificaciones elaboradas con muros de mampostería confinada.”

6.2. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación hace referencia al análisis de edificaciones elaboradas con muros de mampostería confinada, para lo cual se utiliza hojas de cálculo y procesos manuales que requieren de gran tiempo de estudio.

Por estas razones y tomando en cuenta la escasa información acerca de los sistemas de mampostería estructural en nuestra ciudad y en general en el país, se consideró necesario el emplear un software para lograr automatizar cálculos y obtener resultados veraces de una manera ágil y sencilla, estos propósitos los conseguiremos realizando un manual en el programa Etabs 2016 para modelar edificaciones con sistema de muros portantes confiados.

De esta manera se pretende proveer de una herramienta de ayuda para que toda persona que requiera estudiar este tipo de estructuras, disponga de una guía útil y sencilla de comprender para realizar análisis estáticos y obtener los datos necesarios requeridos para sus diseños.

6.3. OBJETIVOS

6.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Detallar los procesos a seguir para realizar el análisis estático equivalente de edificaciones con sistema de muros de mampostería confinada, utilizando el software Etabs 2016.

6.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Elaborar un manual del software Etabs 2016 para analizar edificaciones con sistemas de mampostería confinada, agilizando procesos para la obtención de resultados y que a la vez sea sencillo y práctico de utilizar por parte de los usuarios.
- ✓ Describir los procedimientos para ingresar las características arquitectónicas de la planta de la edificación al programa.
- ✓ Identificar los instrumentos y herramientas de dibujo que se encuentran disponibles en la interface del programa para definir propiedades estructurales, colocar los elementos como muros, columnas, vigas y losas, y asignar cargas en la planta a analizar.
- ✓ Representar las acciones a ejecutar para realizar el análisis estático equivalente del modelo de la estructura y obtener resultados.
- ✓ Exponer las consideraciones para determinar los valores de cortantes y momentos de diseño de los muros más esforzados de la edificación en estudio, mediante la utilización del software.
- ✓ Validar los resultados obtenidos en el análisis manual con los resultados obtenidos a través de la modelación con el programa mencionado.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La presente propuesta pretende obtener una guía para realizar el modelado de edificaciones con sistemas de muros de mampostería confinada, aplicando el software Etabs en su versión actualizada del año 2016, para posteriormente ejecutar el análisis estático equivalente, lo que nos permitirá agilizar los procesos para obtener resultados.

A su vez el manual está desarrollado, pensado en las necesidades de los profesionales de la construcción que requieran un sistema sencillo de entender y manejar para obtener análisis de edificaciones con muros de mampostería confinada.

A continuación desarrollaremos el manual detallando paso a paso los procesos, los instrumentos y herramientas a que nos ofrece el software Etabs para el modelado y análisis de este tipo de edificaciones.

6.5. MANUAL ETABS VERSIÓN 2016 PARA MODELAR UN EDIFICIO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

6.5.1. PARÁMETROS PARA INICIAR LA MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Se inicia creando un nuevo modelo desde la sección: File - New Model.

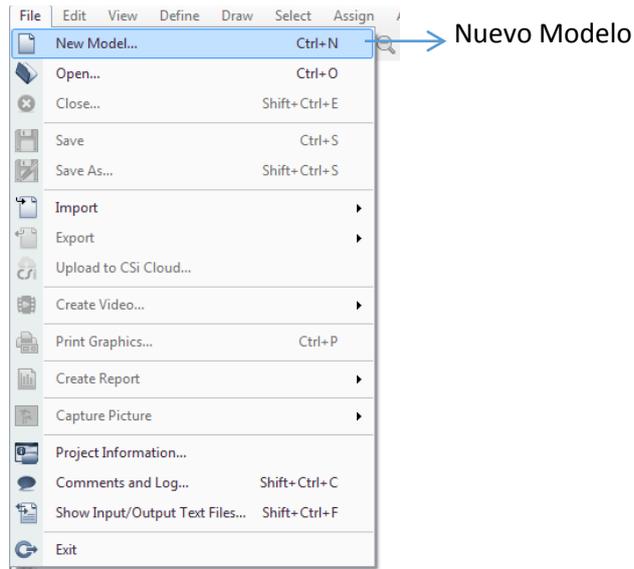


Figura 29 Menú File

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.1.1. DESIGNACIÓN DE UNIDADES

En el recuadro que aparece, seleccionamos las unidades en las que se vamos a trabajar en el programa.

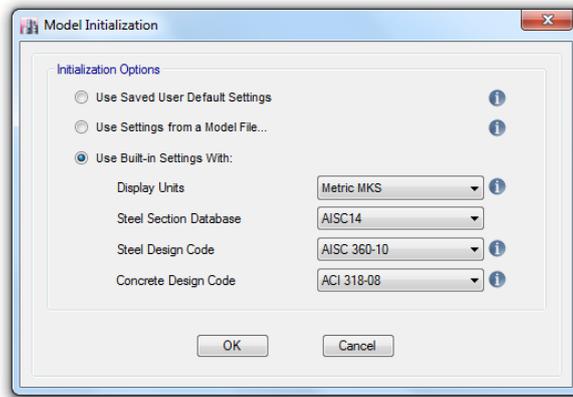


Figura 30 Unidades con las que va a trabajar el programa

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.1.2. DEFINICIÓN DE NÚMERO DE EJES Y ALTURA DE ENTREPISO

Procedemos a introducir el número de ejes en cada dirección de la planta arquitectónica, así como también el número de pisos y la altura de entrepiso.

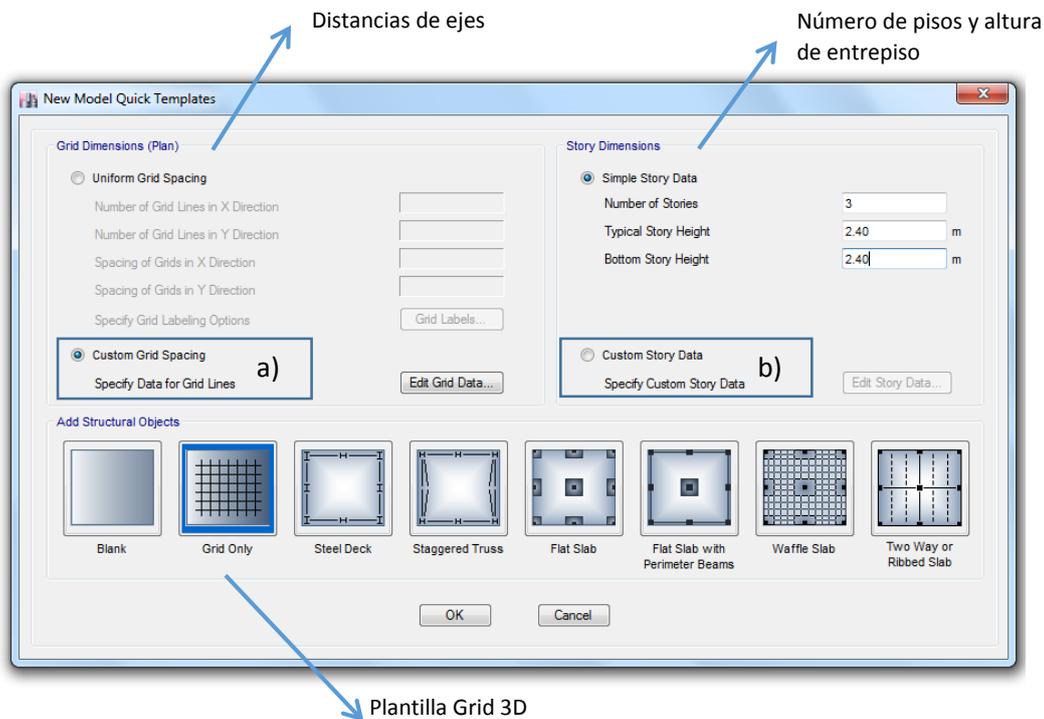


Figura 31 Ingreso del número de ejes y alturas de entrepiso

Realizado por: Autores del proyecto

- a) Dentro de la sección **Custom Grid Spacing** (remarcada), seleccionamos la opción **Edit Grid Data** en el cual se va colocar las distancias reales que posee la planta arquitectónica eje a eje en sus dos direcciones.

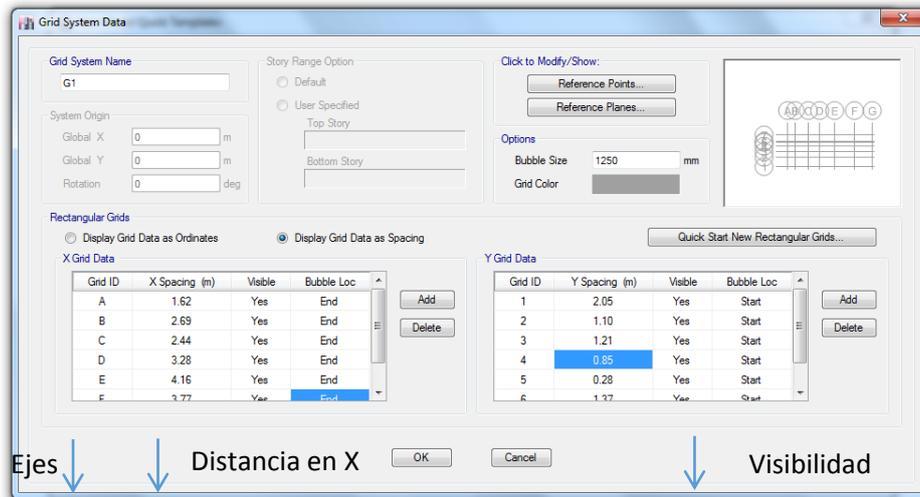


Figura 32 Colación de longitudes de eje a eje

Realizado por: Autores del proyecto

- b) Presionando en **Custom Story Data** se activa la ventana para verificar las alturas de entrepiso colocadas, esta sección se puede rectificar; así como el piso que va a gobernar la opción similar stories. (para reproducir el trabajo realizado a los siguientes pisos)

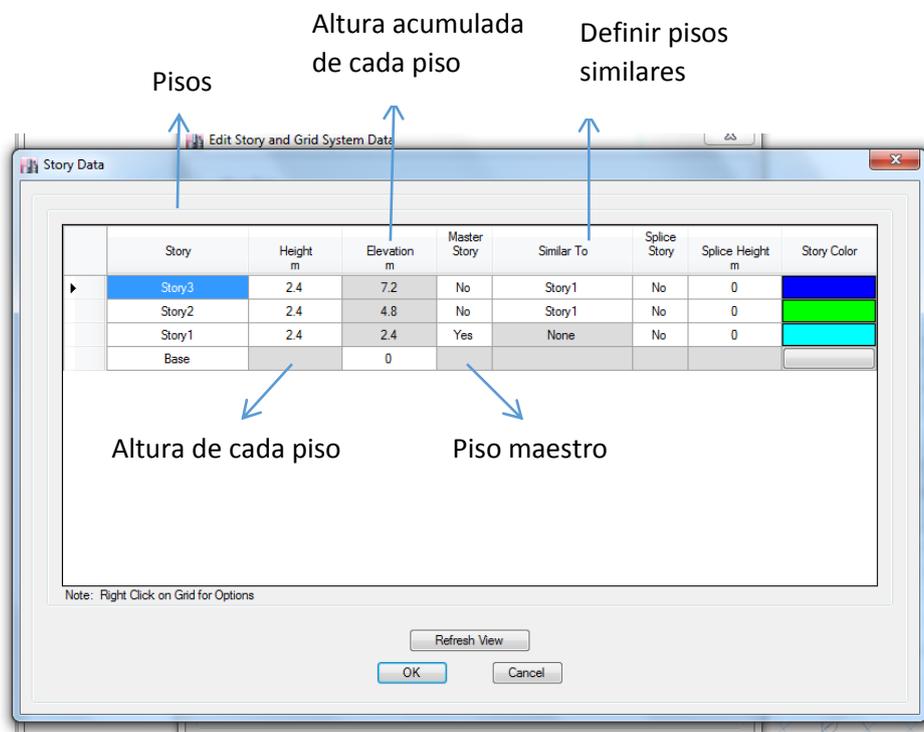


Figura 33 Alturas de entrepiso (Modelación)

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.2. DEFICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Como siguiente acción a realizar, es definir los materiales con los cuales se va a trabajar, para ellos debemos ingresar a material properties del Menú Define.

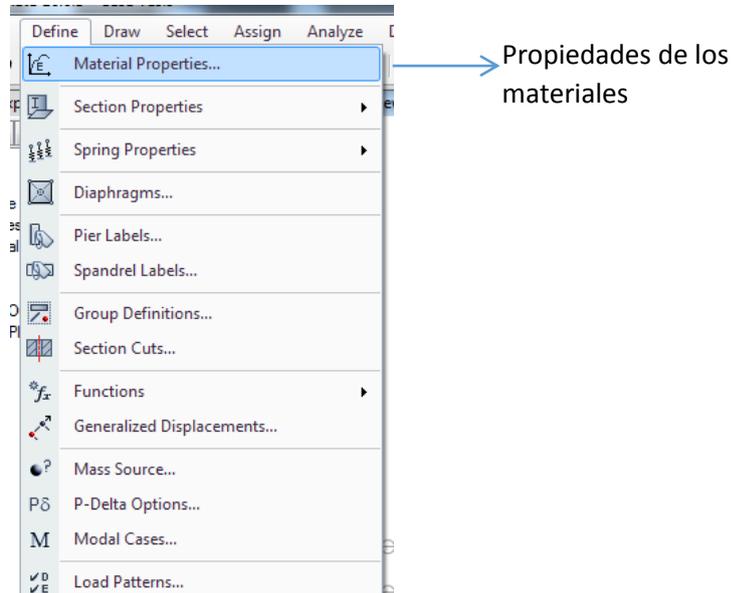


Figura 34 Menú Define

Realizado por: Autores del proyecto

Seleccionamos definir nuevo material.

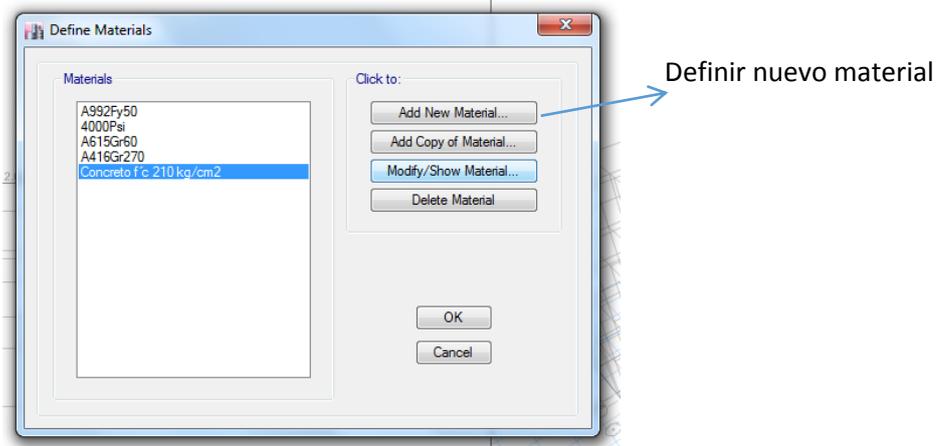


Figura 35 Definición del concreto

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.2.1. DEFIENDO LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

El concreto a utilizar tiene una resistencia a la compresión de ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), en la ventana que se muestra se coloca las propiedades como son el módulo de elasticidad igual a $15100 * \sqrt{f'c}$ (American Concrete Institute, 2005), el módulo de poisson (0.20 - 0.15) que se encuentra en la normas de diseño.

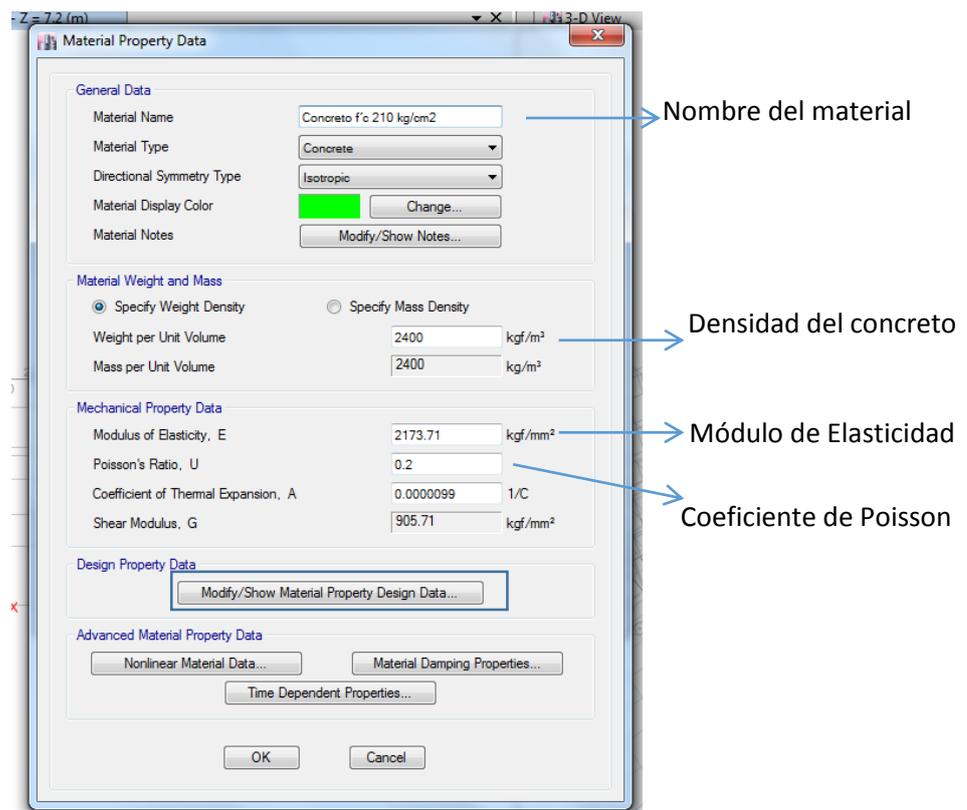


Figura 36 Ingreso propiedades del concreto

Realizado por: Autores del proyecto

Se verifica que este colocado correctamente el $f'c$ tomando en cuenta las unidades de medida, seleccionando el botón Modify Material Propety Desing Data (remarcado).

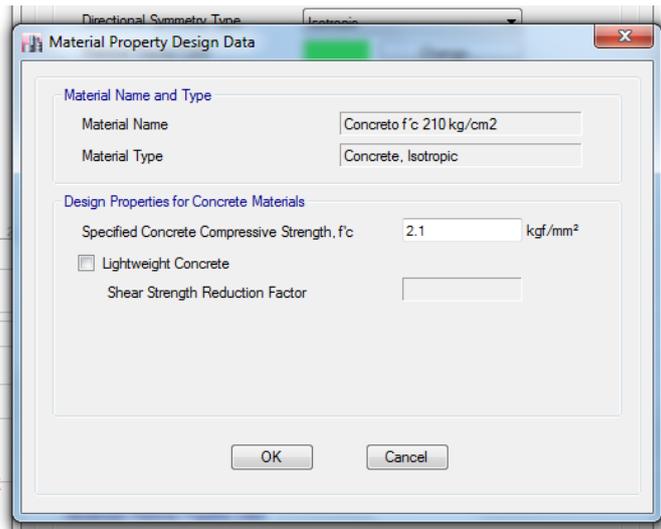


Figura 37 Colocación de la resistencia a compresión del concreto

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.2.2. DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERÍA

Continuando, se crea una nueva propiedad para los muros de mampostería, en la cual se coloca el valor de la resistencia a la compresión de la mampostería ($f'_m = 52.1 \text{ kg/cm}^2$), este valor depende del tipo de albañilería y se obtiene mediante el ensayo de prismas, se ingresa también el módulo de elasticidad de la mampostería que se calcula mediante $E_m = 750 * f'_m$, mientras que el módulo de poisson para mampostería es de 0.25 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2014, pág. 34).

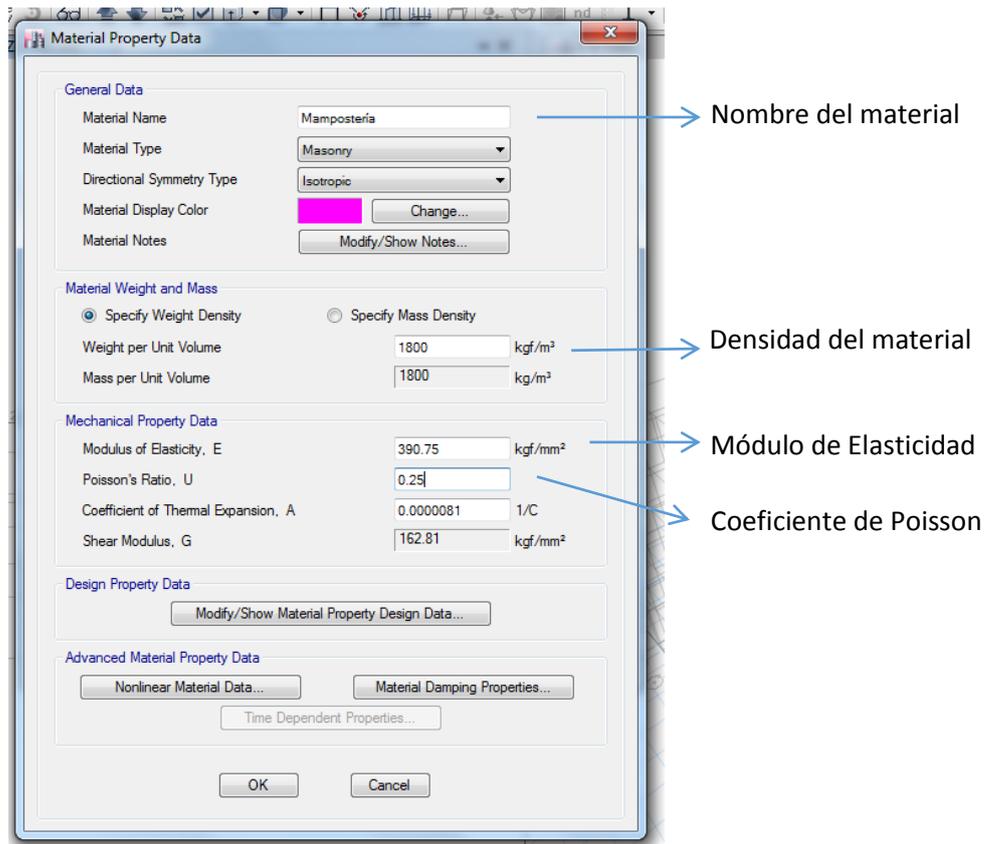


Figura 38 Propiedades de la Mampostería

Realizado por: Autores del proyecto

De igual se puede verificar el valor de la resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m) colocado, seleccionando el botón Modify Material Propety Desing Data.

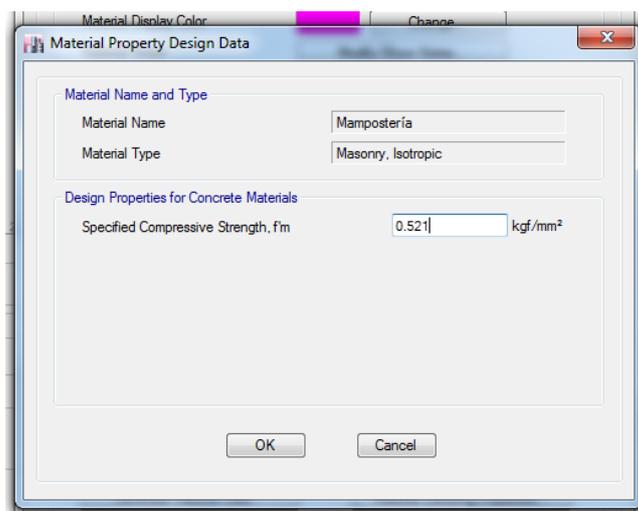


Figura 39 Resistencia a la compresión de la mampostería

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.2.3. DEFINICIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

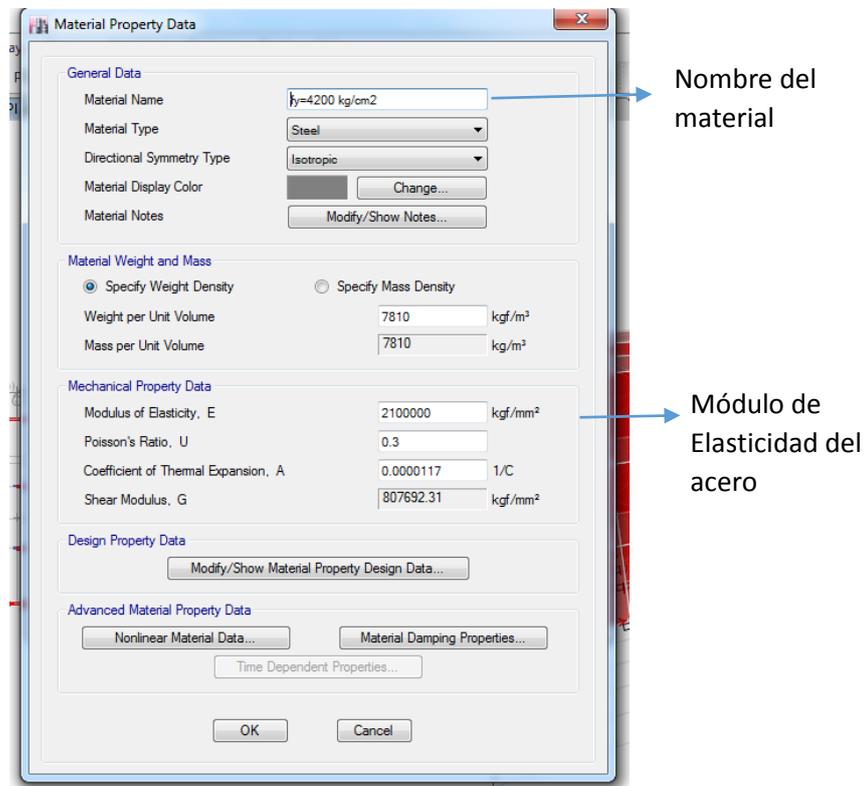


Figura 40 Ingreso de las propiedades del acero

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.3. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se procede a definir las secciones de vigas y columnas de confinamiento, siguiendo lo mostrado en la siguiente figura

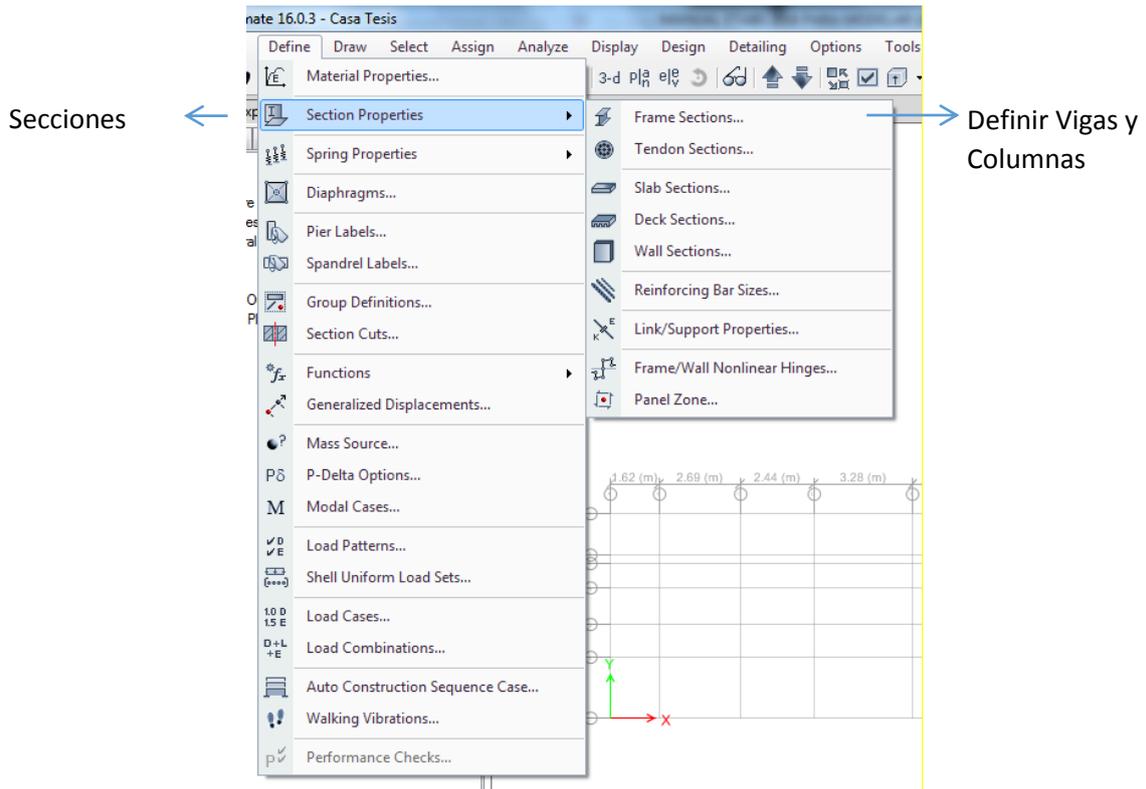


Figura 41 Definición de las secciones para la edificación

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.3.1. DEFINICIÓN DE LAS SECCIONES DE LAS COLUMNAS

Se crea la sección de columna con respecto a lo que posee la planta arquitectónica.

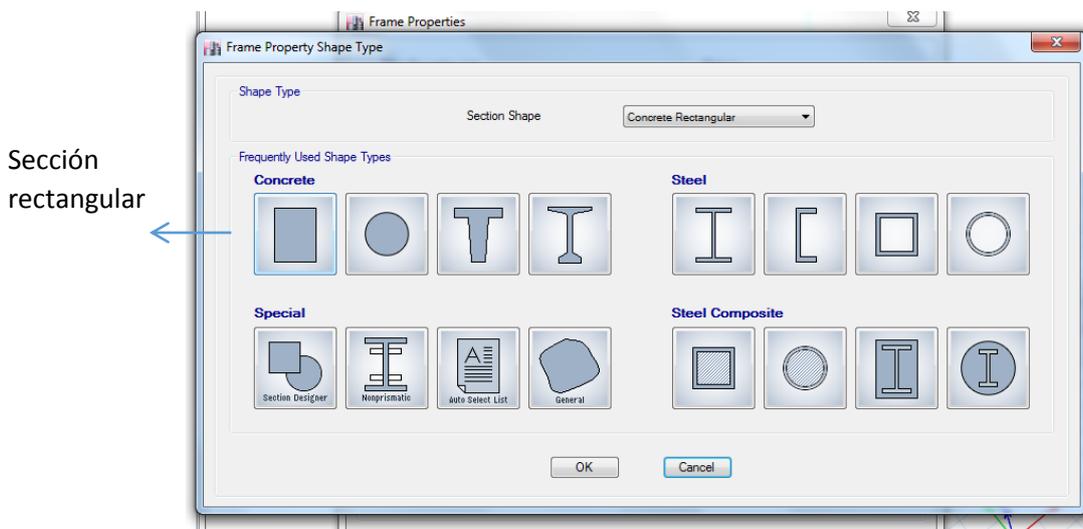


Figura 42 Selección de la sección de la columna

Realizado por: Autores del proyecto

Se coloca las dimensiones de los elementos estructurales a emplear en la modelación.

Se empieza con las columnas.

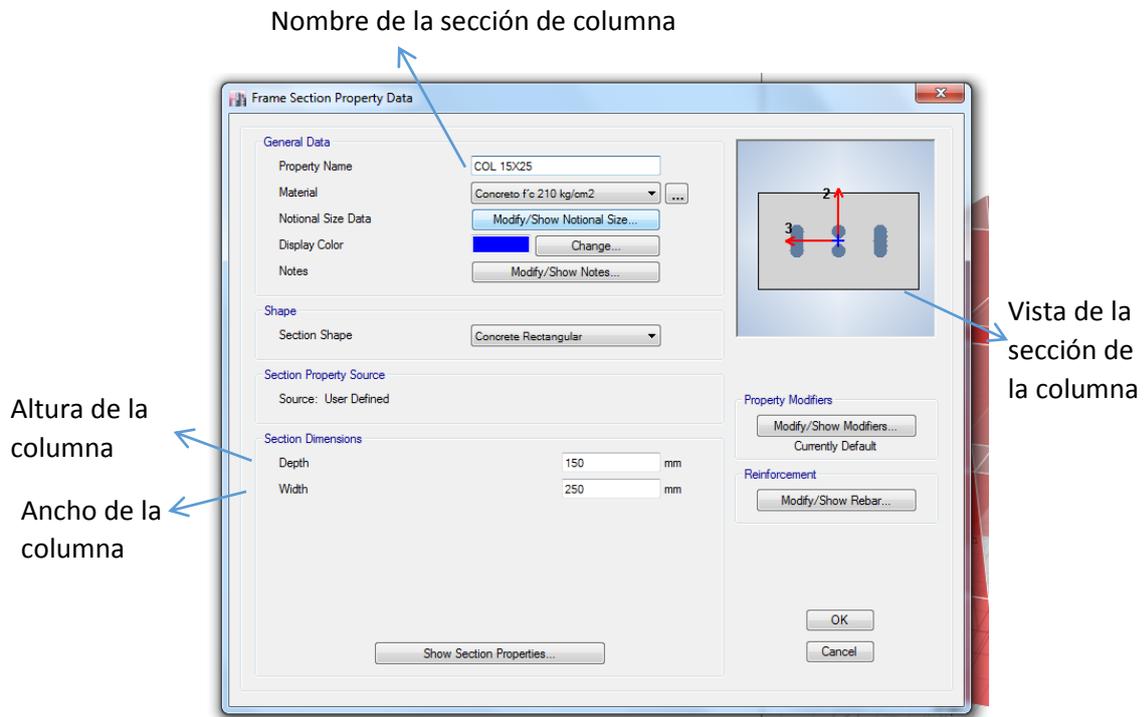


Figura 43 Definición de las secciones de columna

Realizado por: Autores del proyecto

Posteriormente, se procede a colocar las inercias agrietadas en columnas, como se muestra a continuación.

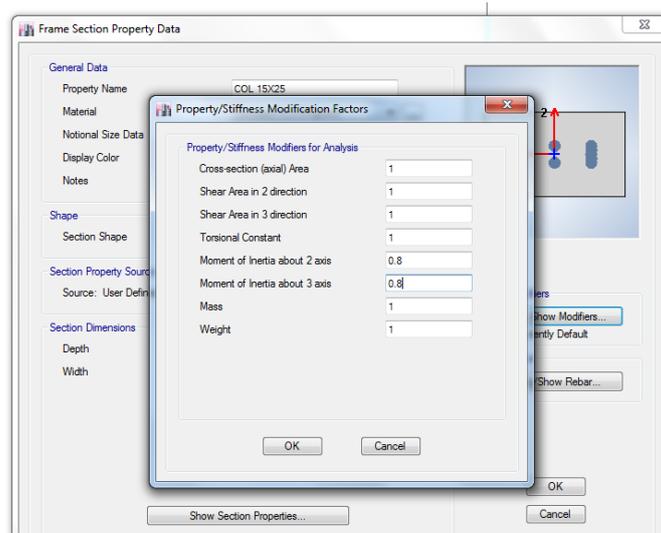


Figura 44. Inercias agrietadas en columnas

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.3.2. DEFINICIÓN DE LAS SECCIONES DE VIGAS

Se procede a definir las vigas de confinamiento, para lo cual se debe ingresar:

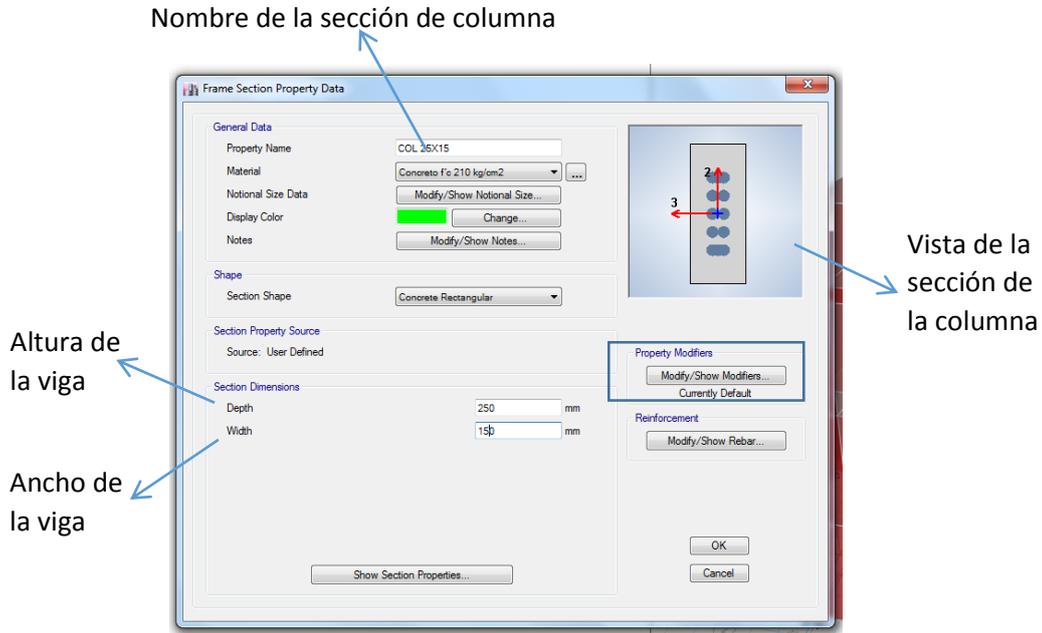


Figura 45 Definición de las secciones de la viga

Realizado por: Autores del proyecto

En el caso de las vigas, debemos ingresar al apartado Modify Show Modifiers (remarcado en la figura 44.) y seleccionar tipo Beam para que el programa adopte la sección adecuada.

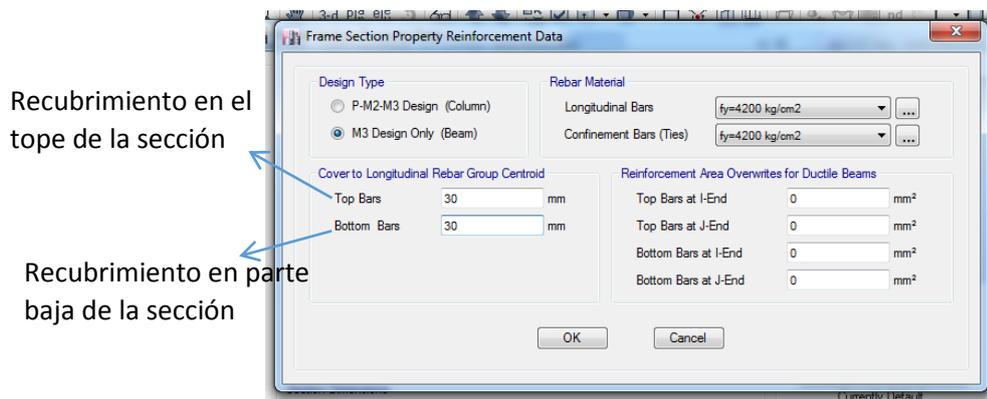


Figura 46 Acero superior e inferior de la viga

Realizado por: Autores del proyecto

De igual manera se procede a colocar las inercias agrietadas en las vigas, como se ilustra en la figura 46.

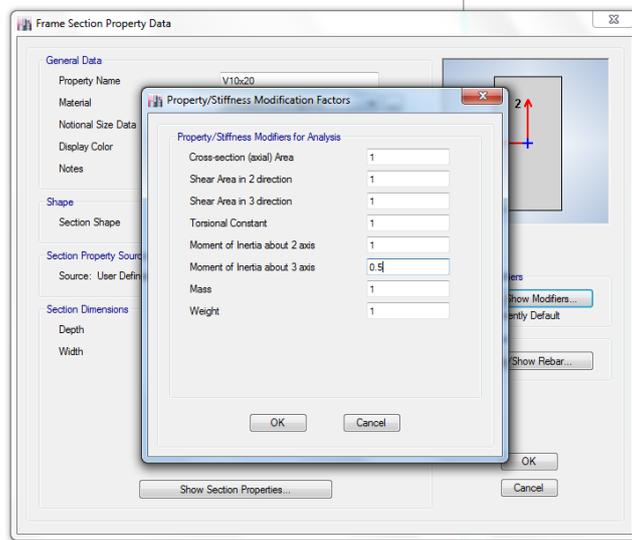


Figura 47. Inercias agrietadas en las vigas

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.4. DEFINICIÓN DE LAS SECCION DE LOSA PARA ALIVIAMIENTO, DSCANSO Y GRADAS.

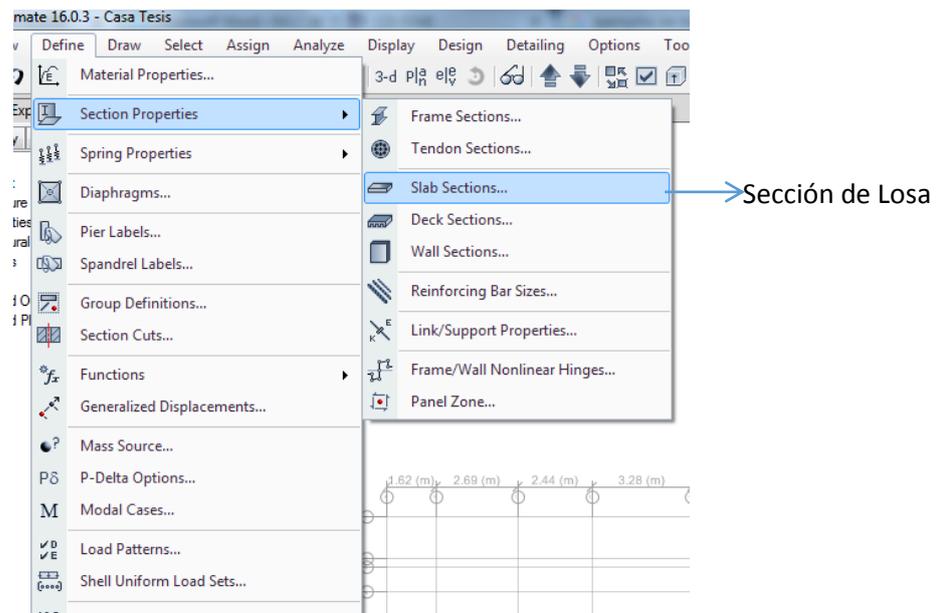


Figura 48. Menú para la colocación de la losa de entropiso

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.4.1. INGRESO DE LAS CARACTERISTICAS DE LA LOSA DE ALIVIAMIENTO

Se crea una nueva propiedad para la losa de entrepiso, para losas alivianadas y bidireccionales, seleccionar la opción slab, el espesor de este elemento se debe colocar un valor muy bajo para que le programa no calcule su peso propio.

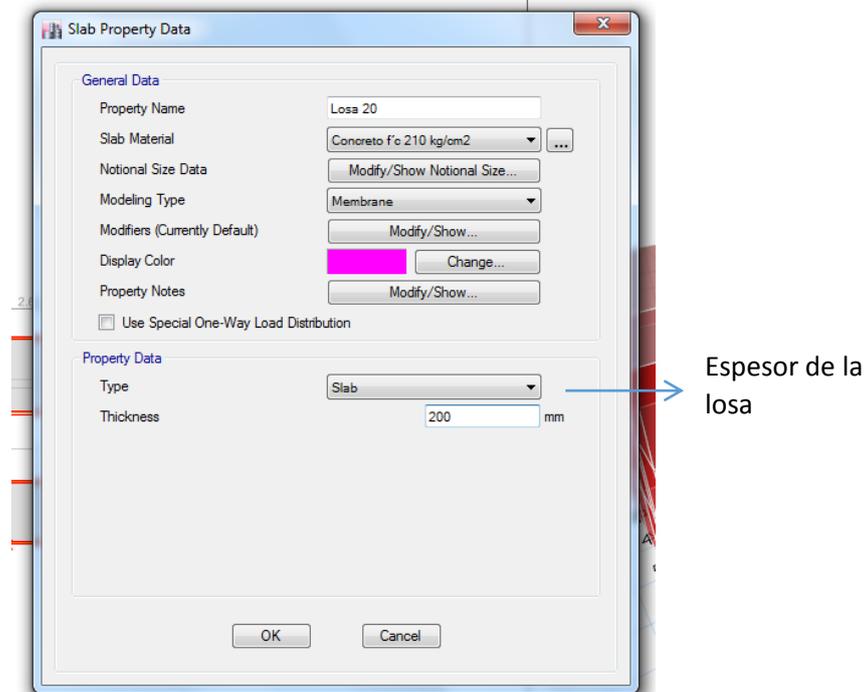


Figura 49 Definición de la losa de aliviamiento.

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.4.2. ASIGNACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DE LA LOSA PARA DESCANSO

Se crea otra propiedad para la losa en el descanso de las gradas.

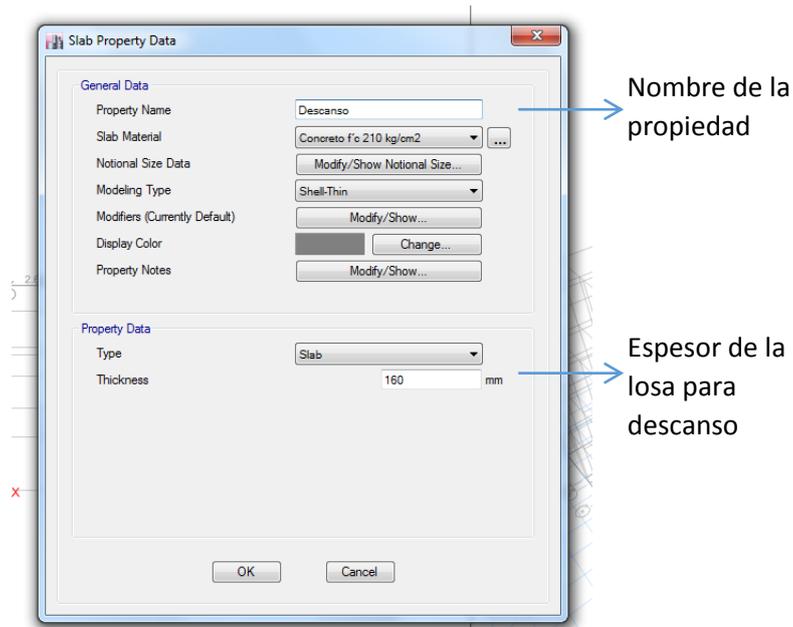


Figura 50 Colocación de las propiedades para la losa del descanso

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LOSA PARA LA GRADA

Se debe ingresar las características de las gradas.

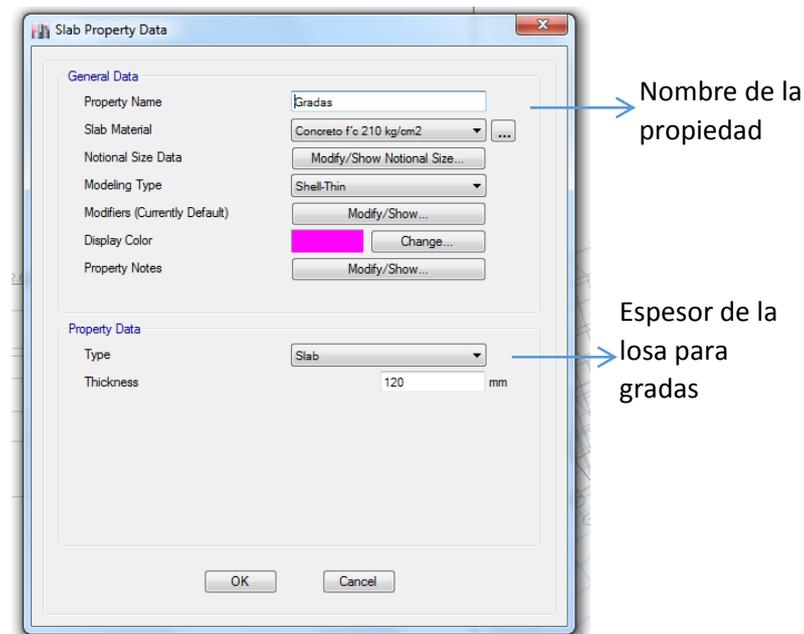


Figura 51 Definición de las propiedades de la losa para la grada

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.5. COLOCAR LAS SECCIONES DEL MURO ESTRUCTURAL

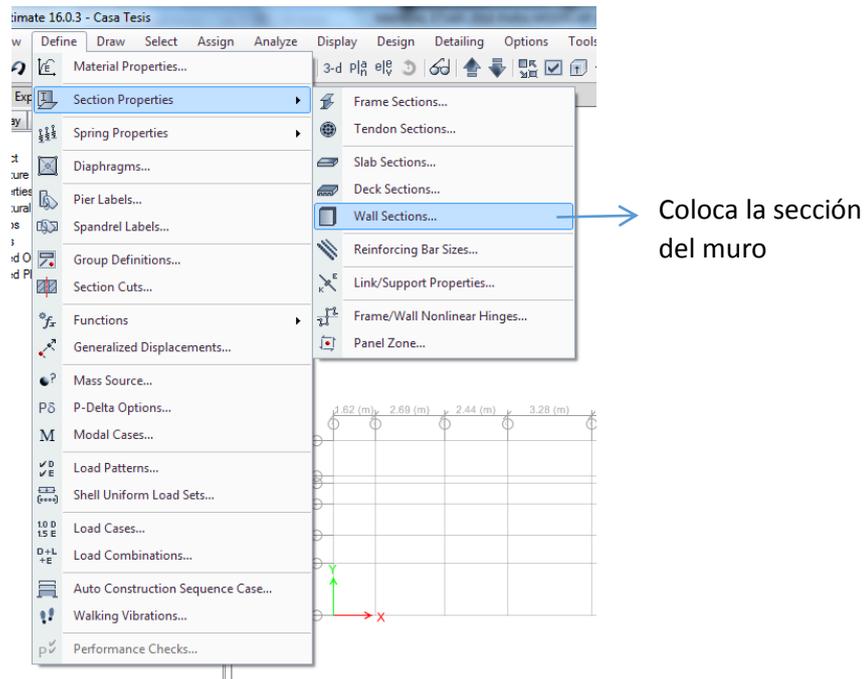


Figura 52 Menú para asignación de las propiedades del muro

Realizado por: Autores del proyecto

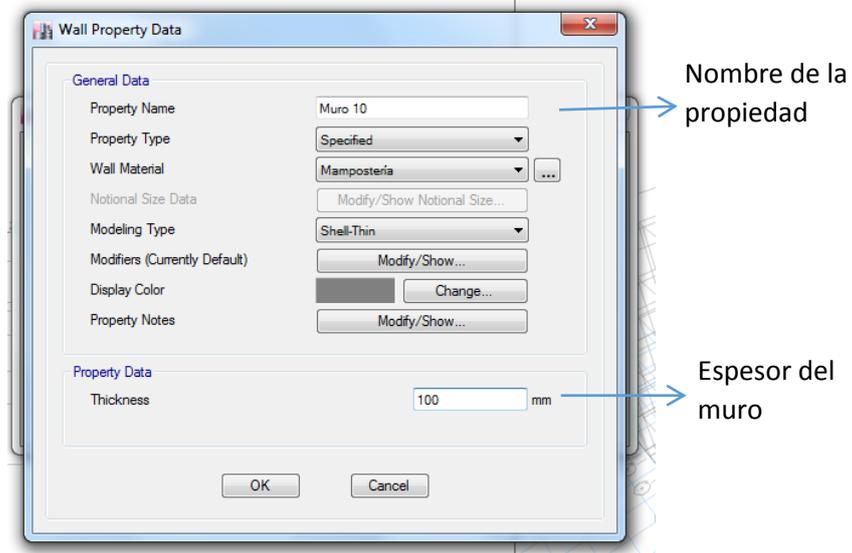


Figura 53 Ingreso de las características del muro

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.6. PROYECTAR LAS SECCIONES DE LA MODELACIÓN

6.5.6.1. DIBUJO DE LAS COLUMNAS

Se debe dibujar las columnas, mediante el ícono mostrado en la figura 51 que se encuentra en la barra gráfica, seleccionando el elemento columna para colocar en la planta de modelo.

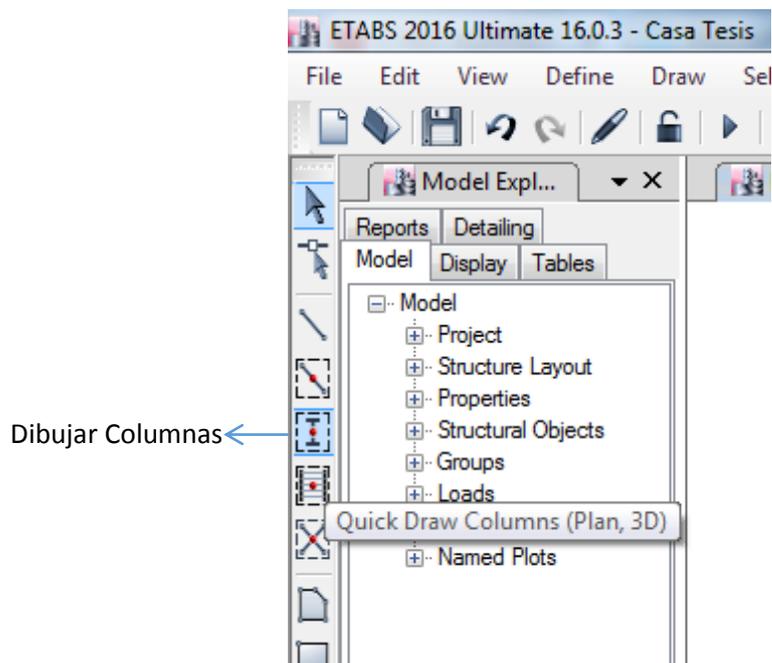


Figura 54 Icono utilizado para dibujar las columnas

Realizado por: Autores del proyecto

Para colocar las columnas se debe dirigir al primer piso, y con la opción activada de similar stories se dibuja estos elementos para que se replique en todos los niveles.



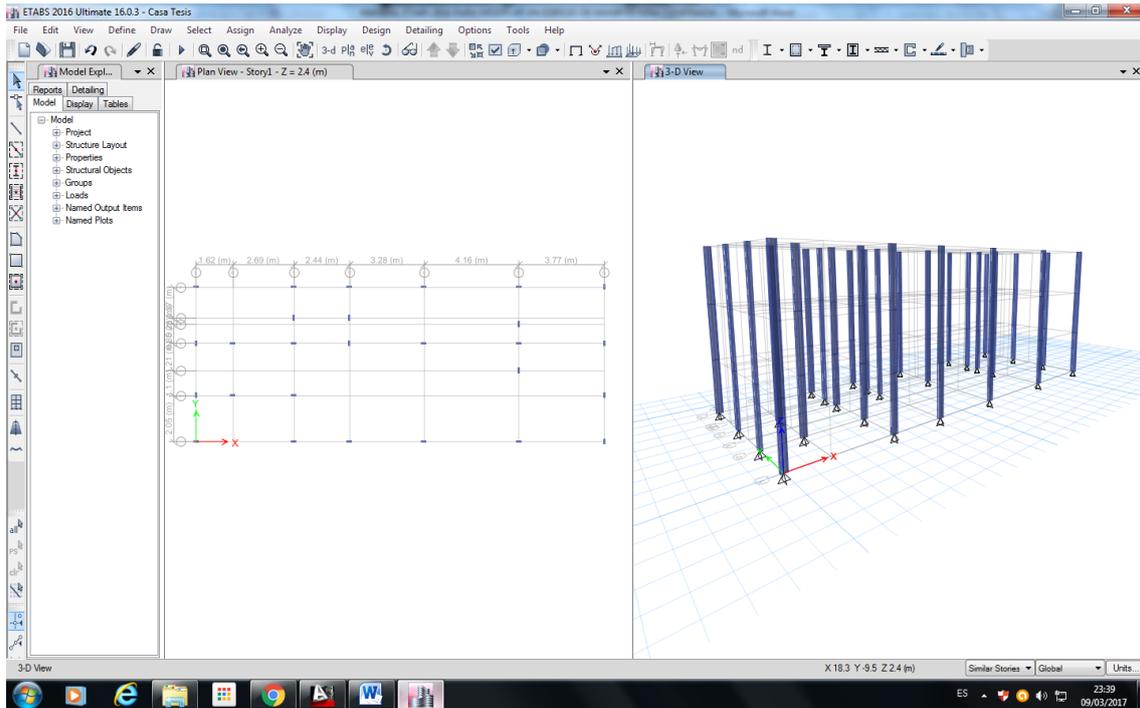


Figura 55 Vista de columnas en 3D

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.6.2. ASIGNACIÓN DE RESTRICCIONES EN LA BASE DE LA EDIFICACIÓN

Posteriormente, se debe ubicar en la base de la edificación y seleccionando todas las columnas, se asigna las restricciones para cada piso.

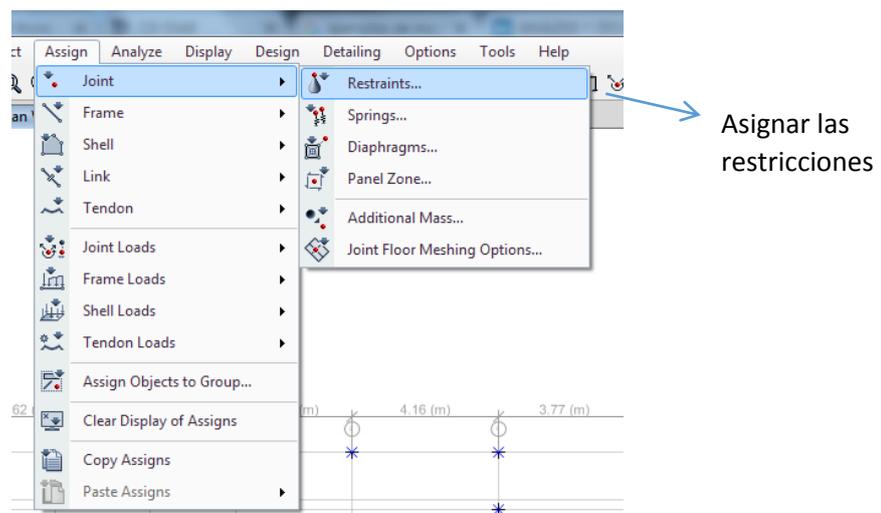


Figura 56 Menú para la aplicación de las restricciones

Realizado por: Autores del proyecto

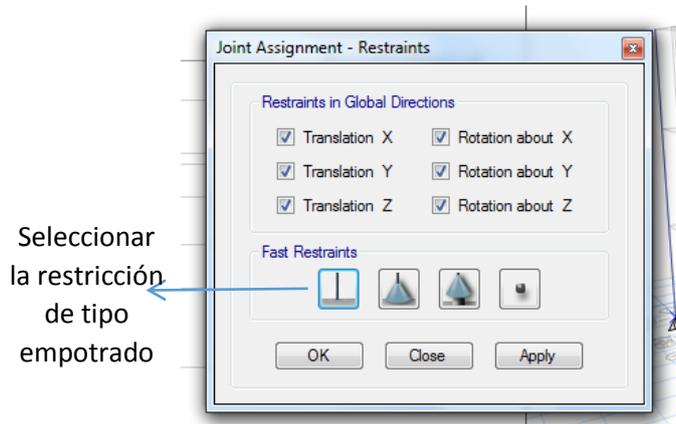


Figura 57 Definición del tipo de restricción

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.6.3. DIBUJO DE VIGAS

Se procede a colocar las vigas con la opción de dibujo mostrada en figura 55.

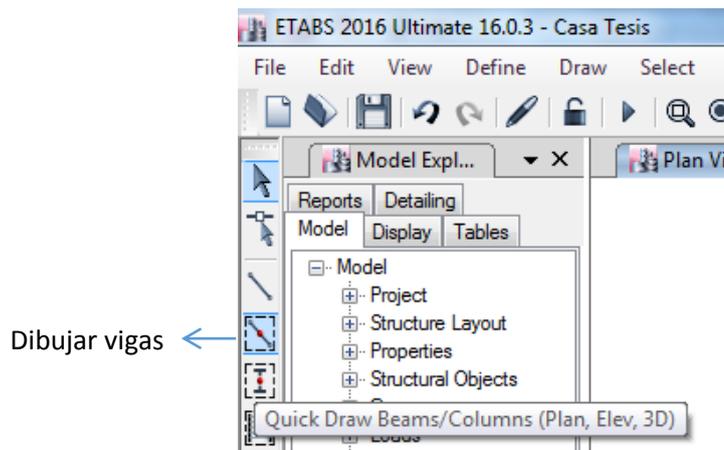


Figura 58 Icono para dibujar vigas

Realizado por: Autores del proyecto

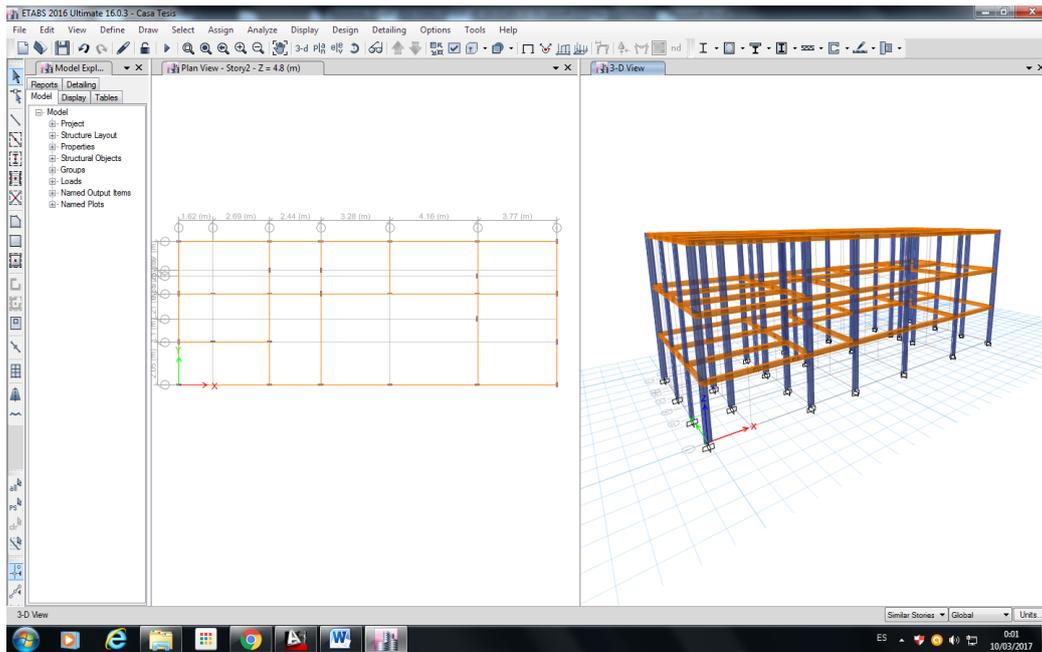


Figura 59 Proyección de las vigas en la planta

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.6.4. DIBUJO DE MUROS

Se coloca los muros estructurales donde corresponda para lo cual se debe seleccionar el icono de la barra grafica que se indica en la figura 57.

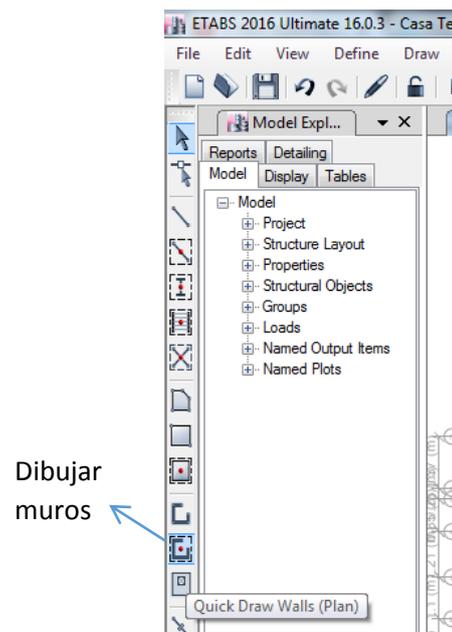


Figura 60 Icono para dibujar los muros de X y Y

Realizado por: Autores del proyecto

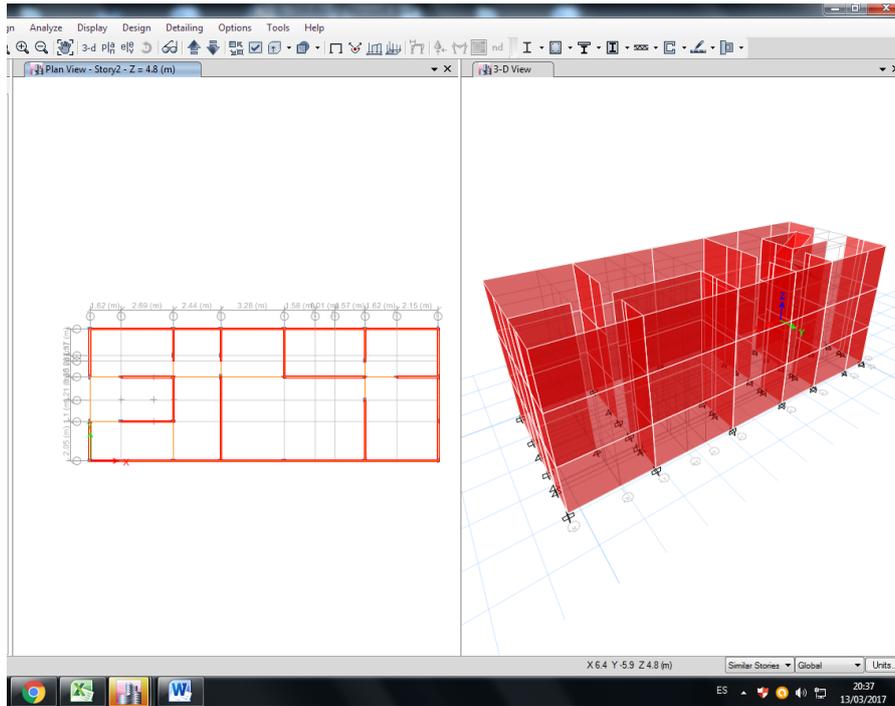


Figura 61 Dibujo de la planta y en 3D de los muros

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.6.5. DIBUJAR LOSA DE ENTREPISO

Para colocar las losas de entrepiso se puede utilizar el ícono mostrado de la barra de dibujo y seleccionar el elemento anteriormente definido.

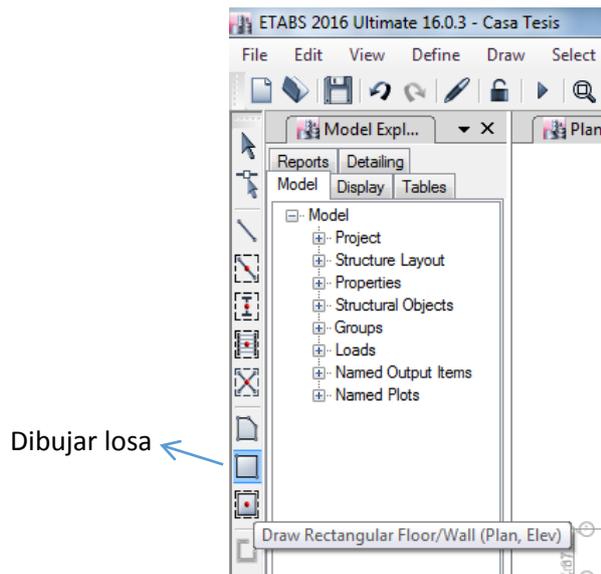


Figura 62 Icono para dibujar las losas

Realizado por: Autores del proyecto

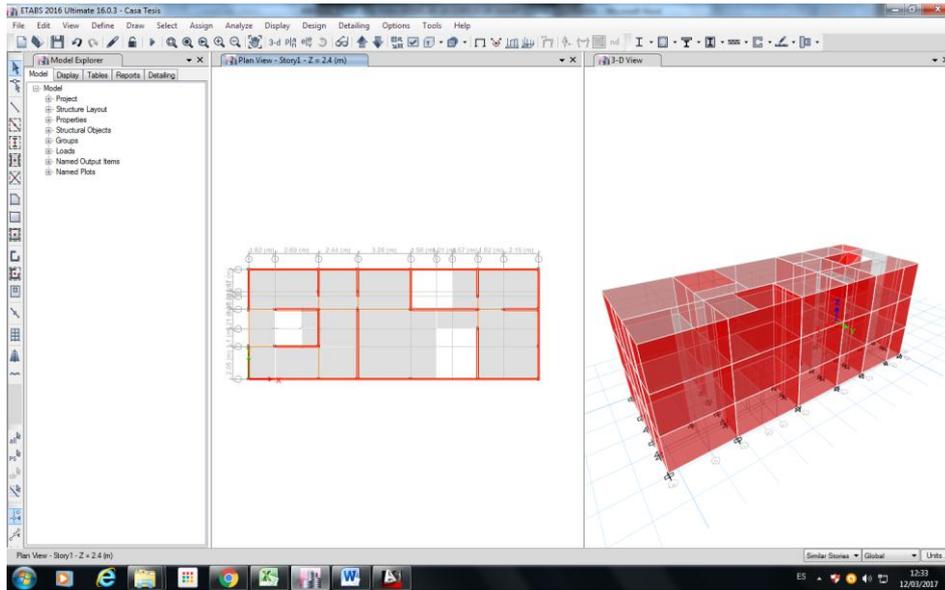


Figura 63 Definición losas de entrespiso

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.7. MODELADO DE GRADAS DE LA EDIFICACIÓN

6.5.7.1. DEFINICIÓN DE PLANOS DE REFERENCIA

Para dibujar las gradas en la edificación se hace necesario la ayuda de puntos de referencia, para lo cual se debe seleccionar la opción Draw reference points del menú Draw.

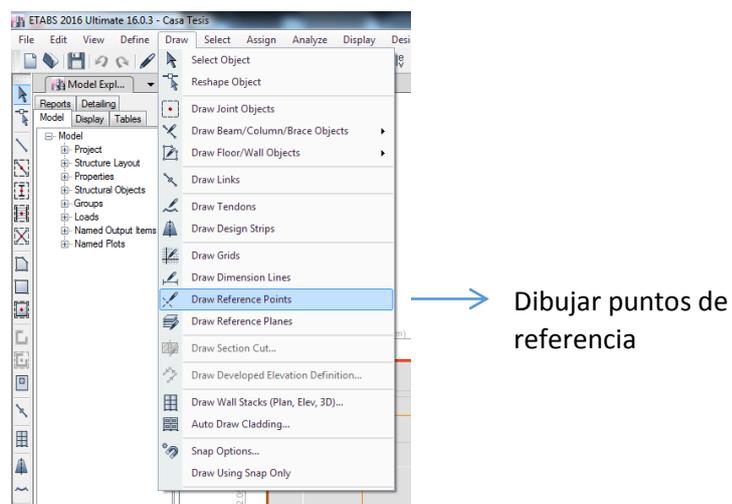


Figura 64 Icono para colocar planos de referencia

Realizado por: Autores del proyecto

Se colocan los puntos de referencia en la dirección X de acuerdo a la cantidad de escalones que tiene la grada, y en dirección Y para dividir los escalones inferiores al descanso de la grada con los escalones superiores a este.

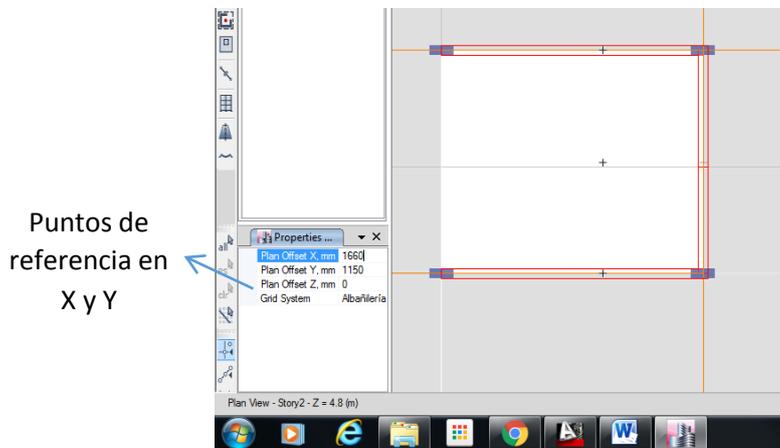


Figura 65 Colocación de puntos para la colocación de secciones

Realizado por: Autores del proyecto

Para dibujar la losa de descanso de las gradas, se recomienda utilizar las pantallas en planta.

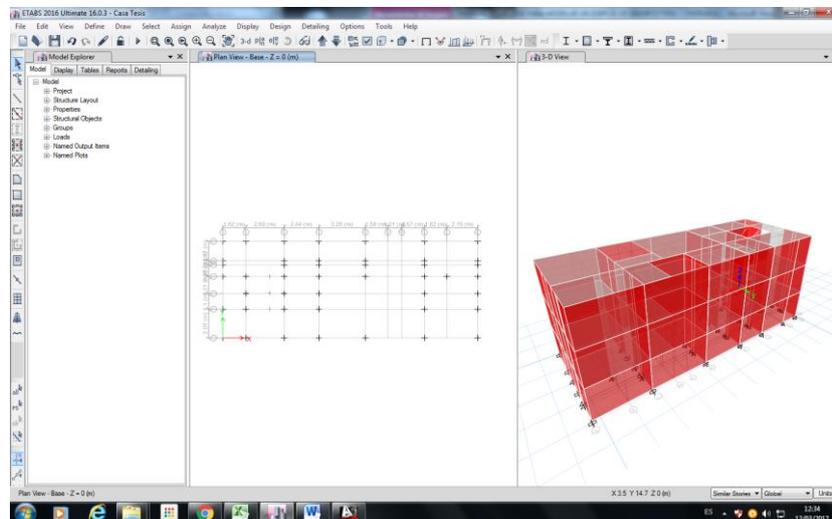


Figura 66 Pantalla en planta y elevación en 3D

Realizado por: Autores del proyecto

Como esta losa se encuentra en la mitad de la altura de entrepiso, se necesita crear un plano de referencia, para lo cual se debe acceder al menú Add/Modify grids dando click derecho en cualquier parte de la pantalla en planta.

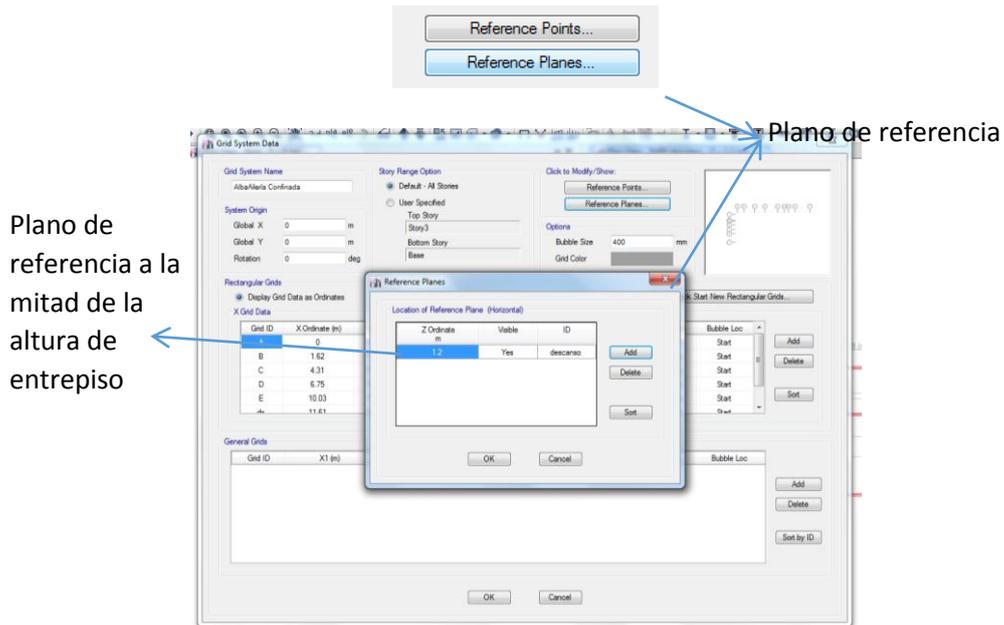


Figura 67 Plano de referencia a la mitad de la altura de entresiso

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.7.2. DEFINICIÓN DE LA LOSA PARA EL DESCANSO

Se procede a colocar la losa para el descanso desde el plano de referencia colocado anteriormente.

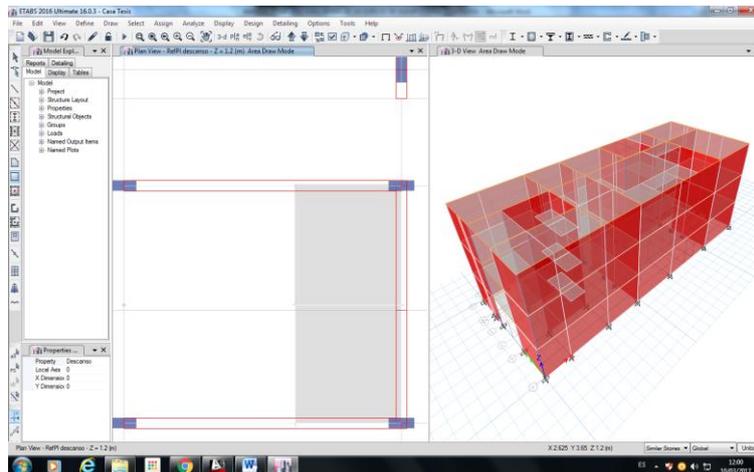


Figura 68 Losa para el descanso

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.7.3. DEFINICIÓN DE ESPACIO DE TRABAJO PARA DIBUJAR LAS GRADAS

A continuación se procede a colocar las rampas de las gradas, para realizarlo de una manera sencilla se selecciona solamente la sección de trabajo de las mismas, ingresando a la sección building View limits desde el menú View, como se muestra:

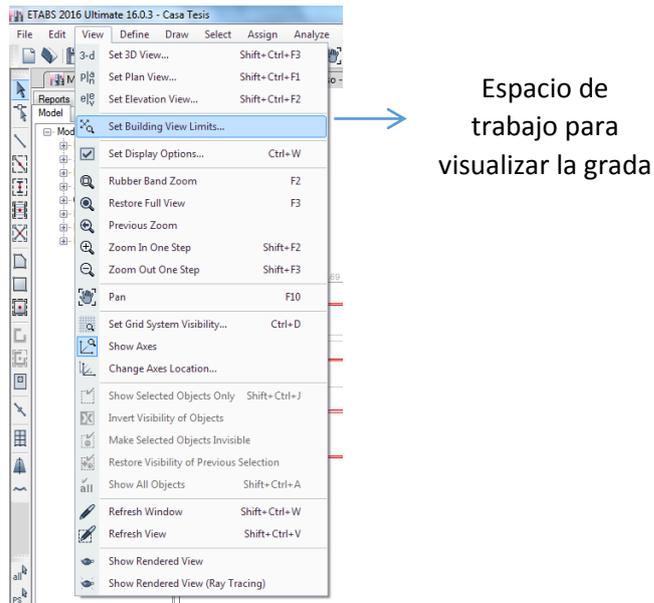


Figura 69 Icono para definir el espacio del hueco de la grada

Realizado por: Autores del proyecto

Se despliega la siguiente ventana, donde se debe colocar las dimensiones del espacio ocupado por las gradas.

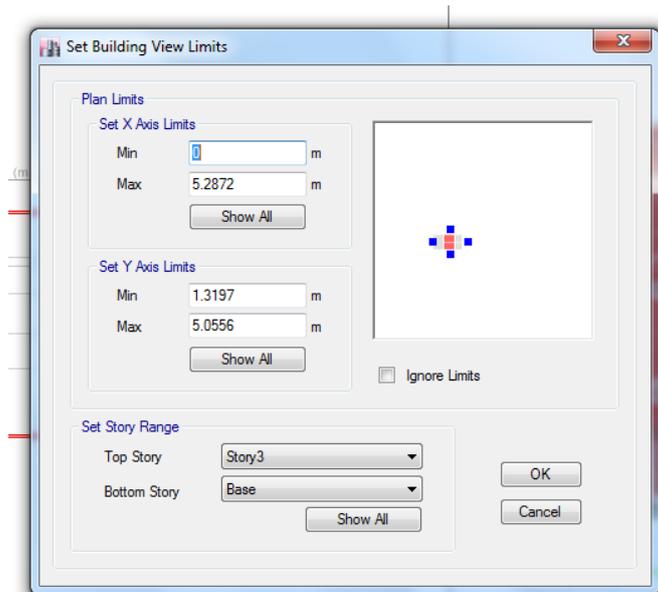


Figura 70 Delimitación de límites mínimos y máximos

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.7.4. DIBUJO DE RAMPAS

Como último paso de esta sección, se procede a colocar las rampas, empleando el ícono indicado en la siguiente figura 68.

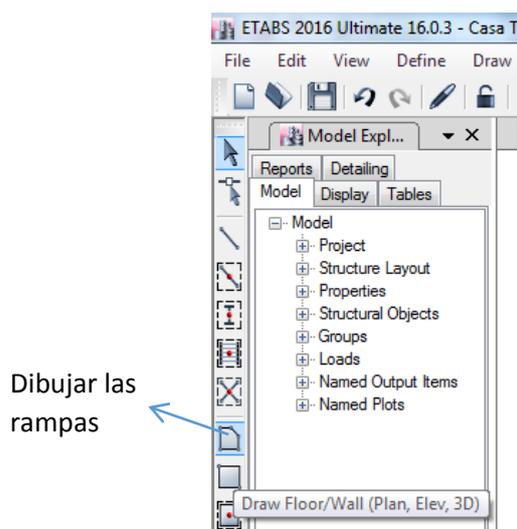


Figura 71 Ícono para dibujar las rampas de la grada

Realizado por: Autores del proyecto

Modelado de gradas y losa de descanso.

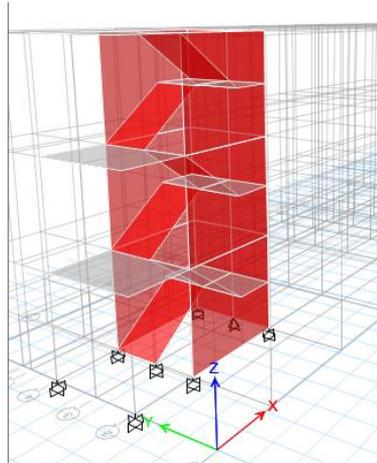


Figura 72 Espacio de la grada con losa de descanso y rampas

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.8. ANÁLISIS ESTÁTICO EQUIVALENTE

Una vez listo el modelado de la edificación se procede a realizar el análisis, para lo cual se debe considerar los siguientes procesos.

6.5.8.1. CREACIÓN DE CASOS DE CARGA

Primero se debe definir las cargas de diseño, empleando el comando Load Patterns del menú Define.

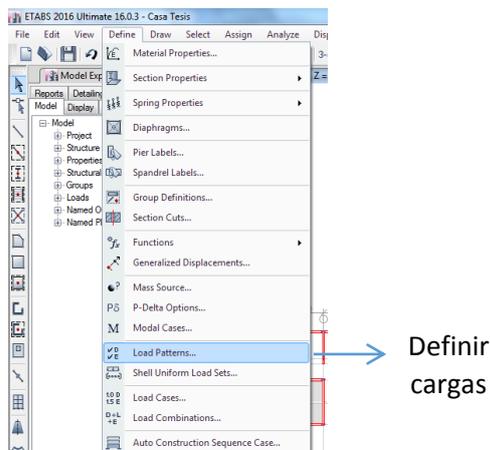


Figura 73 Icono para definir cargas

Realizado por: Autores del proyecto

En la siguiente ventana se procede a colocar las cargas que se necesitan para el análisis de la edificación.

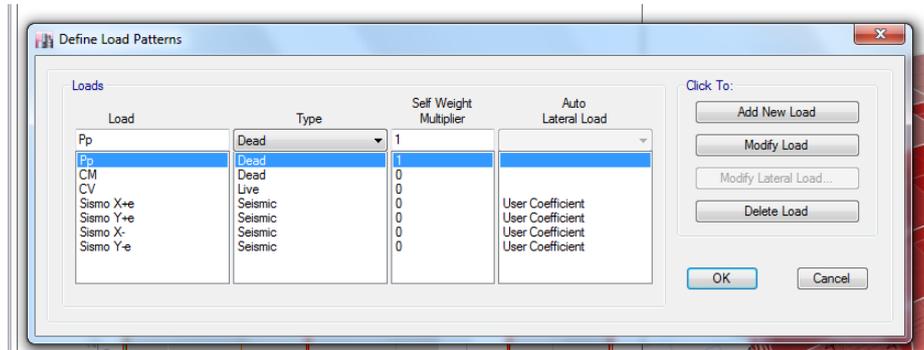


Figura 74 Definición de casos de carga

Realizado por: Autores del proyecto

Para las cargas de los sismos se debe modificar la dirección de la excentricidad, dependiendo si es en X o en Y, o si son positivos o negativos.

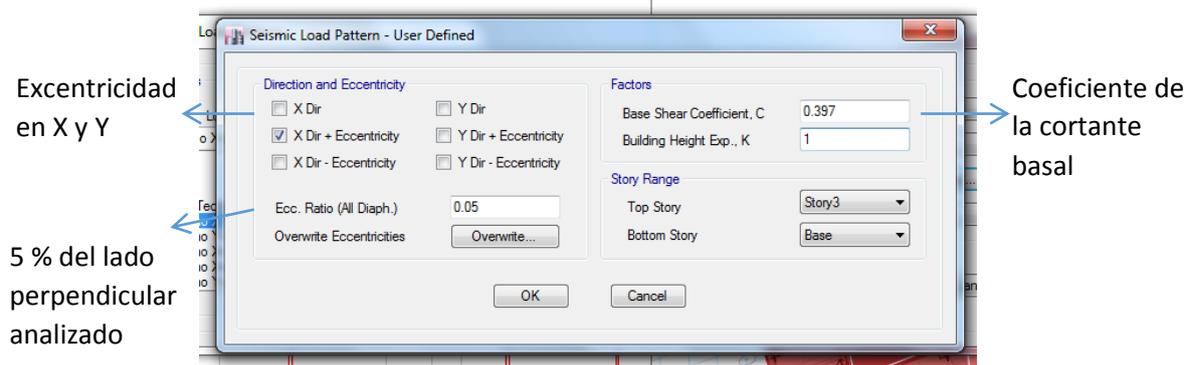


Figura 75 Definición dirección de excentricidades

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.8.2. ASIGNACIÓN DE CARGAS A LAS LOSAS

Se asigna las cargas seleccionando todas las losas de la edificación, excepto la del descanso en la grada.

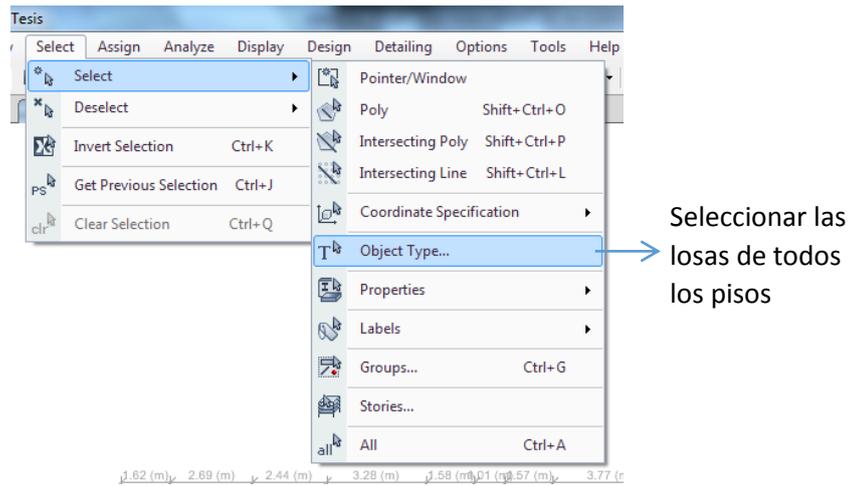


Figura 76 Icono para selección de todas las losas

Realizado por: Autores del proyecto

Seleccionamos floors para losas bidireccionales.

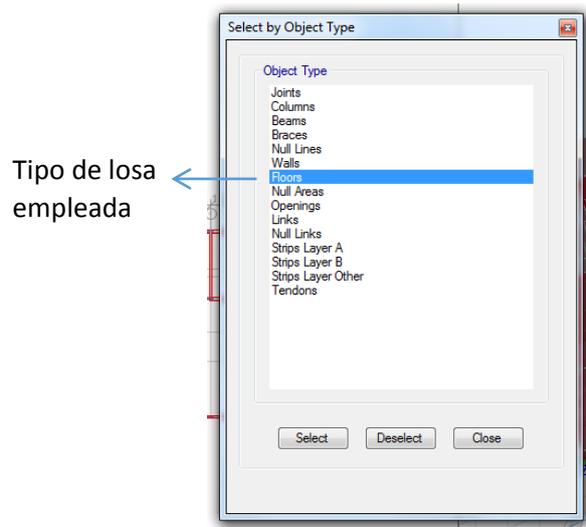


Figura 77 Selección de losa bidireccional

Realizado por: Autores del proyecto

Con la opción All Story se deseleccionan las losas de los descansos de las gradas.

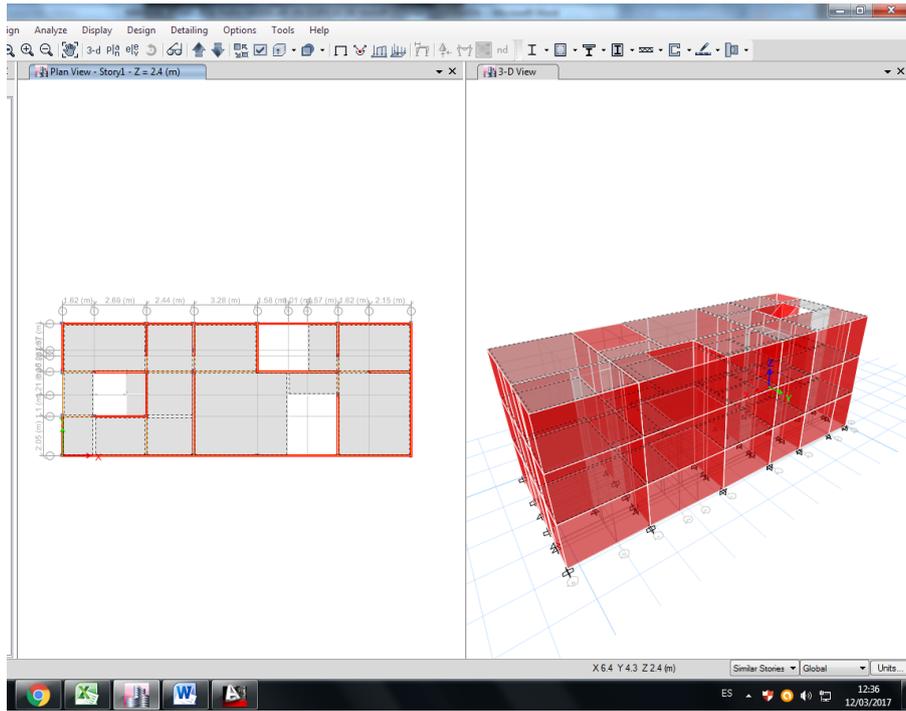


Figura 78 Losa bidireccional seleccionada en los tres piso

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.8.3. DEFINICION DE CARGAS UNIFORMES

Se procede a asignar las cargas, entrando al menú Assign, y seleccionando las cargas uniformes en el apartado Shell Loads.

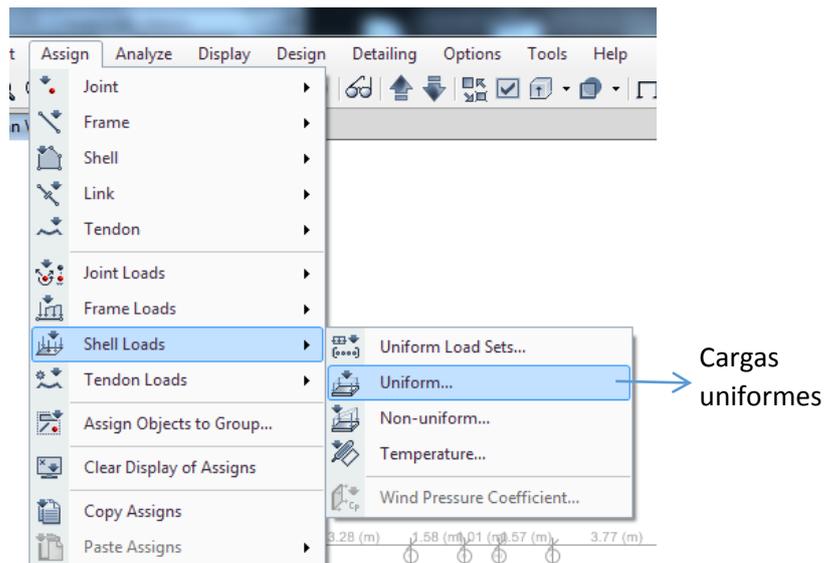


Figura 79 Icono para asignar cargas a las losas

Realizado por: Autores del proyecto

En la ventana de la figura 80 se coloca la carga muerta (CM) que se obtiene de la evaluación de cargas, considerando el peso propio de la losa alivianada, de los muros, dinteles, instalaciones acabados, etc.

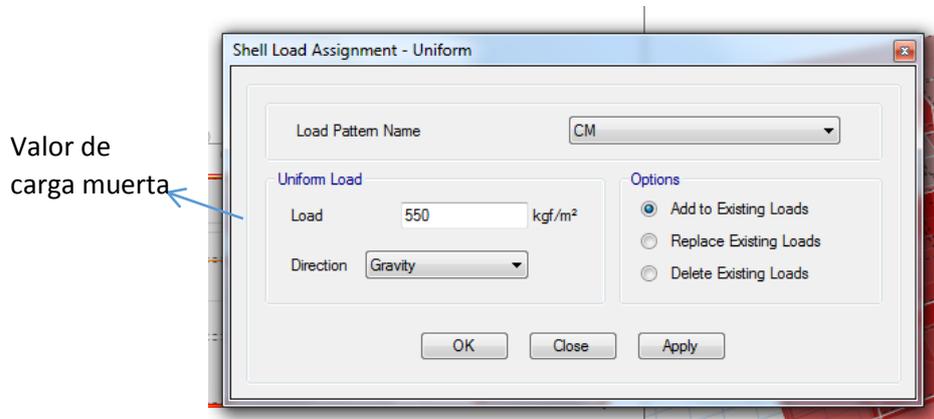


Figura 80 Asignación de cargas muertas

Realizado por: Autores del proyecto

Así también se coloca el valor de la carga viva dependiendo del uso que se le va a dar a la edificación.

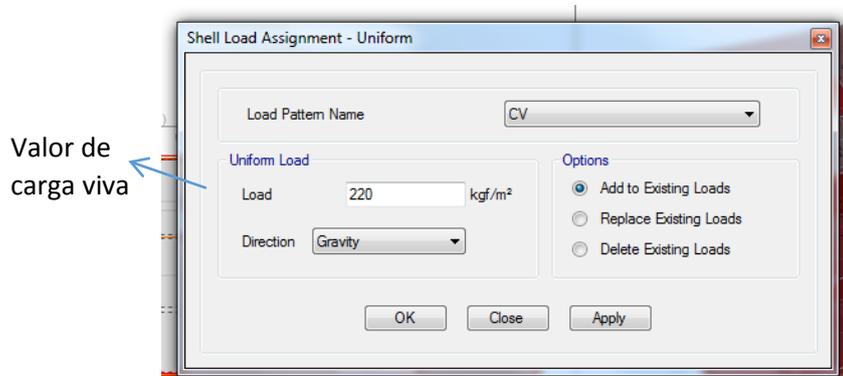


Figura 81 Asignación de cargas vivas

Realizado por: Autores del proyecto

Al dar click derecho en la estructura se puede verificar que las cargas vivas y muertas estén colocadas adecuadamente.

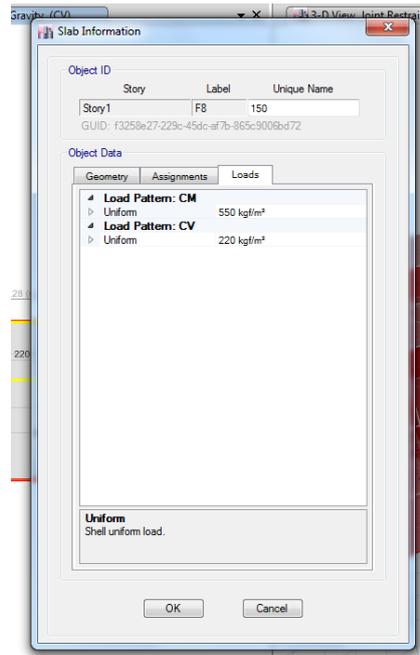


Figura 82 Comprobación de cargas vivas y muertas asignadas

Realizado por: Autores del proyecto

Se selecciona la losa del descanso para asignar la carga viva respectiva, de igual manera se la verifica dando click en el mismo.

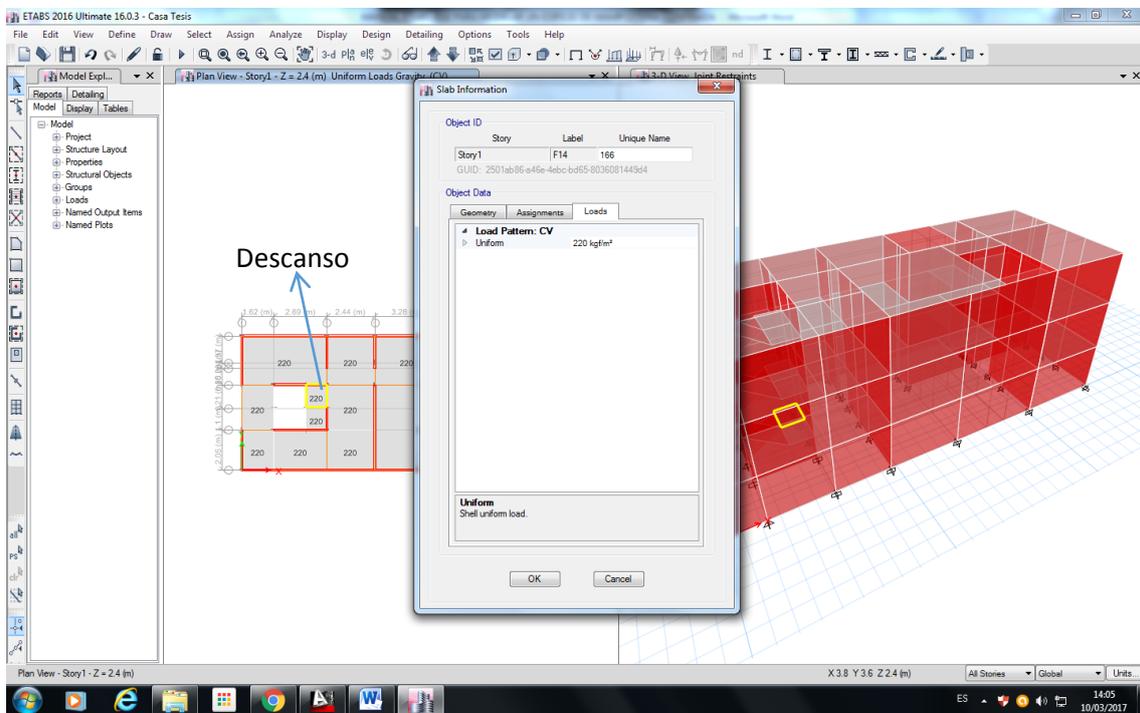


Figura 83 Cargas definidas en la losa de descanso

Realizado por: Autores del proyecto

Se verifica que esté colocada la carga viva de las rampas.

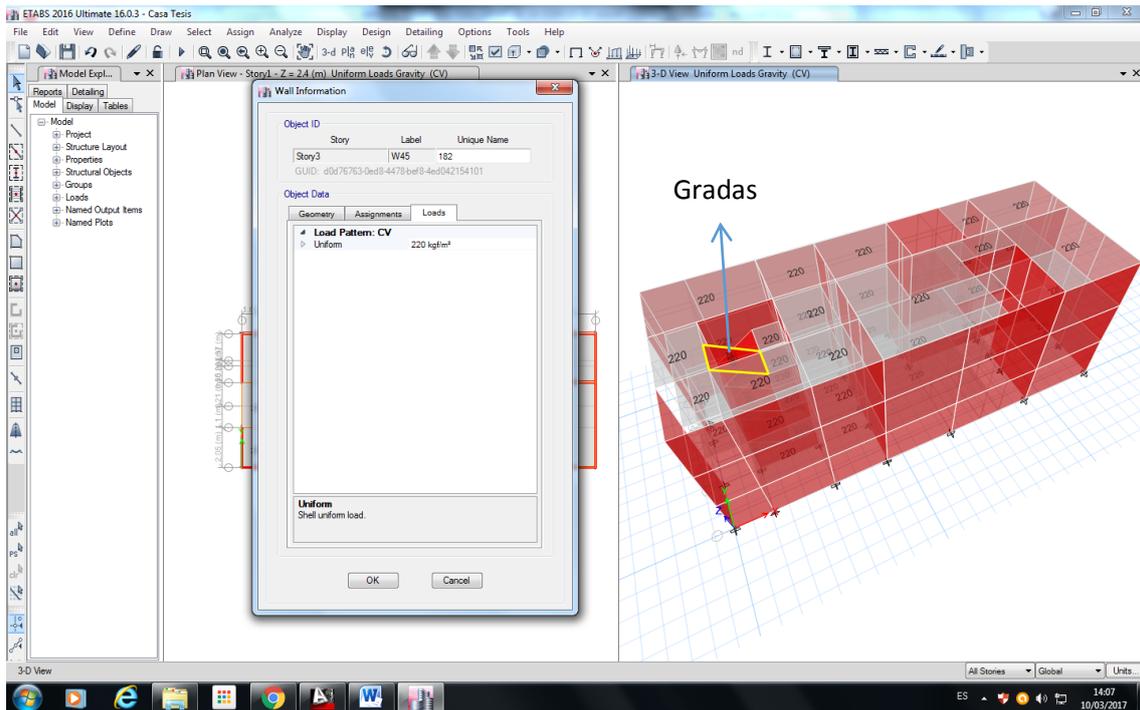


Figura 84. Cargas asignadas en las rampas

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.9. ASIGNACIÓN DE CARGAS PARA EL CÁLCULO DEL PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA

Para que el programa calcule el peso propio de la estructura, se debe ingresar a la opción Mass Source que se encuentra dentro del menú Define como se muestra en la figura 85.

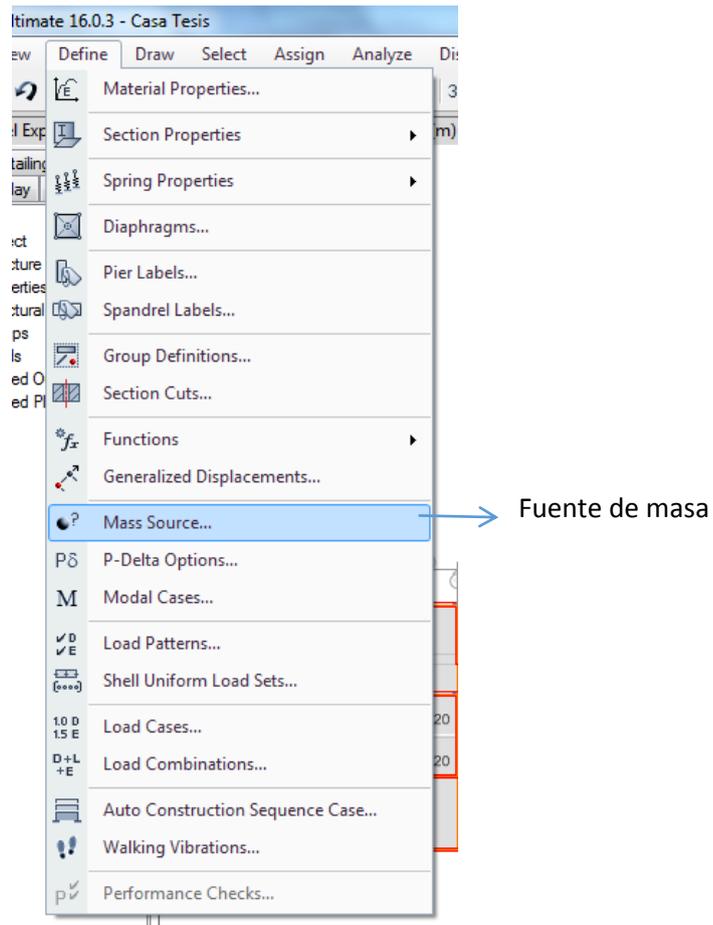


Figura 85 Icono para definir las cargas para el peso propio

Realizado por: Autores del proyecto

Se debe ingresar las cargas vivas y muertas en la ventana de la figura que se encuentra a continuación de la siguiente manera.

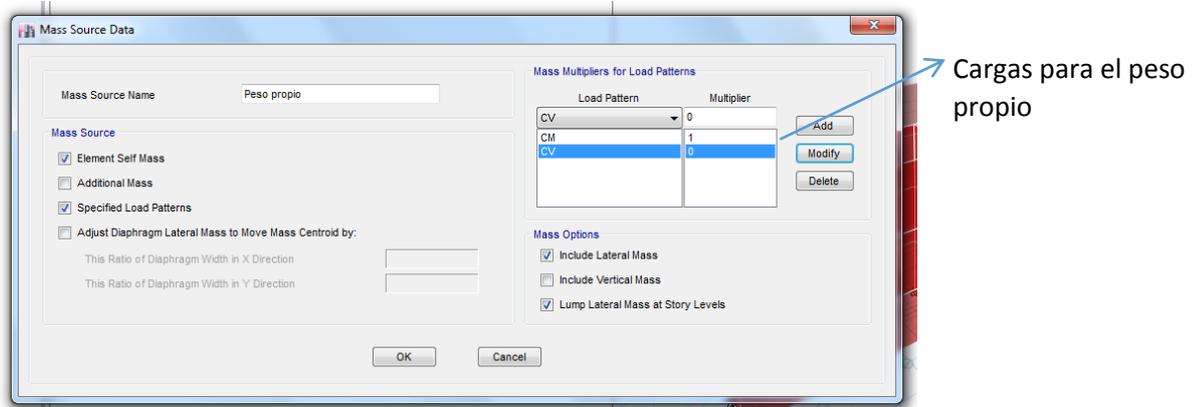


Figura 86 Colocación de la carga viva y muerta

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.10. ASIGNACIÓN DE LOS DIFRAGMAS RIGIDOS

Para dibujar los diafragmas rígidos, se debe seleccionar toda la estructura.

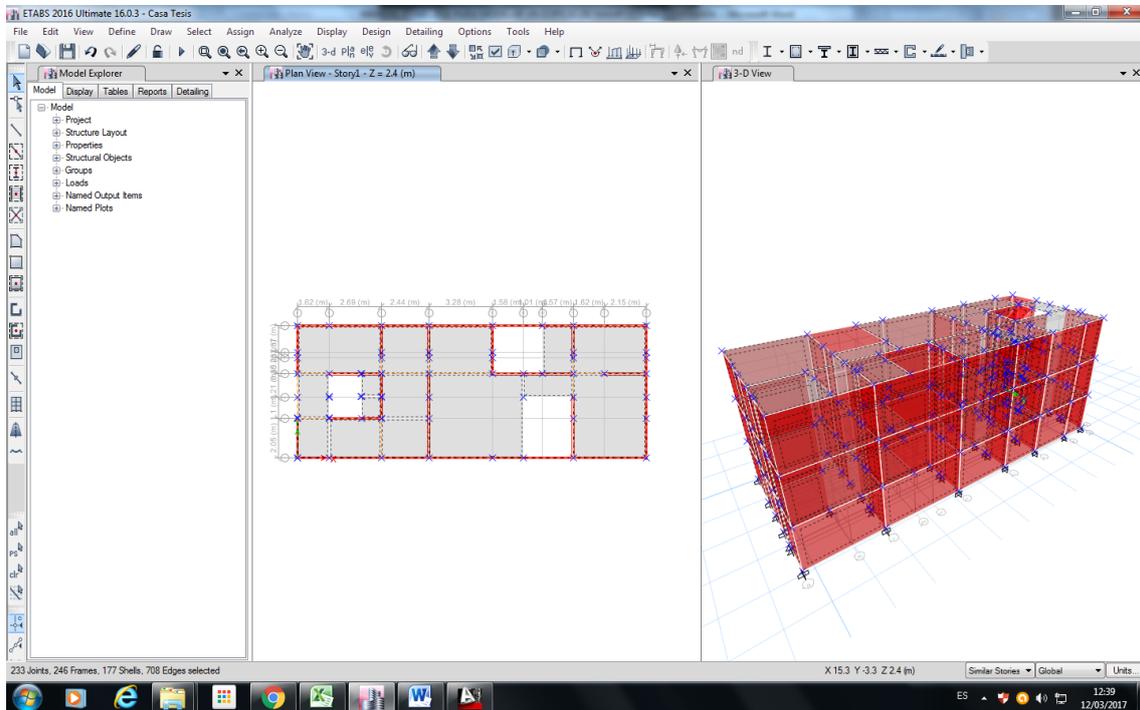


Figura 87 Selección de toda la estructura

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.10.1. DEFINIR EL FACTOR DE RIGIDEZ

Se selecciona el factor de rigidez que se despliega de la opción Frame del menú Assing.

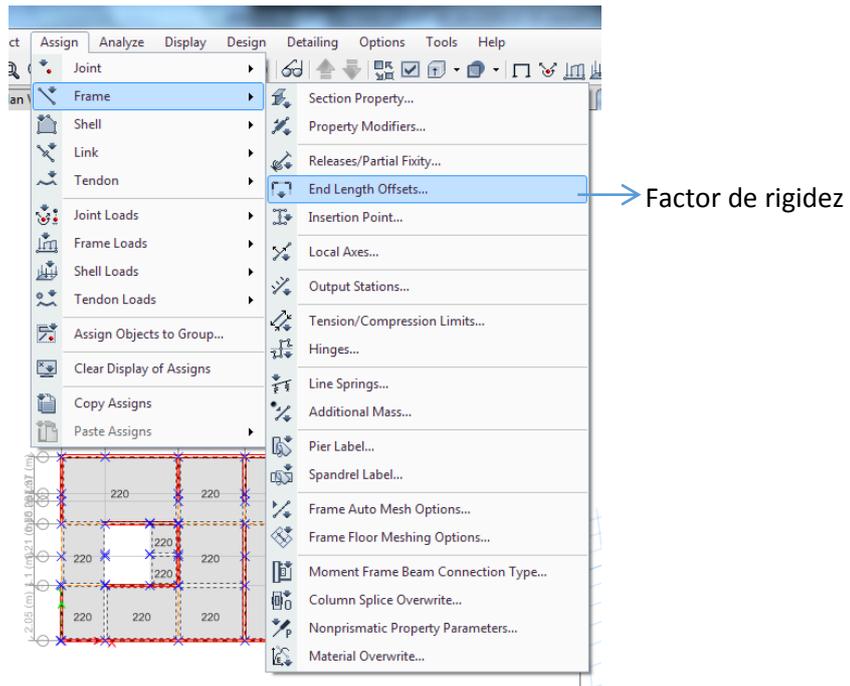


Figura 88 Icono para colocar el factor de rigidez

Realizado por: Autores del proyecto

En la ventana que se muestra a continuación, se coloca el factor de rigidez con el cual va a trabajar el programa.

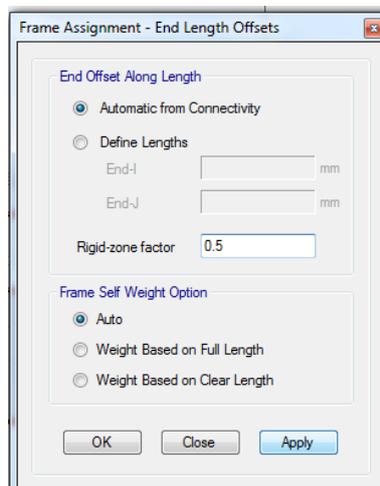


Figura 89 Colocación del factor rigido

Realizado por: Autores del proyecto

Se debe asignar como muestra la figura 90. Que todas las áreas que se toman se rigidisen, empleando la utilización del icono Frame Auto Fresh Options que se despliega del menu Assing.

6.5.10.2. ASIGNACION DE AUTO DIVISOR DE OBJETOS

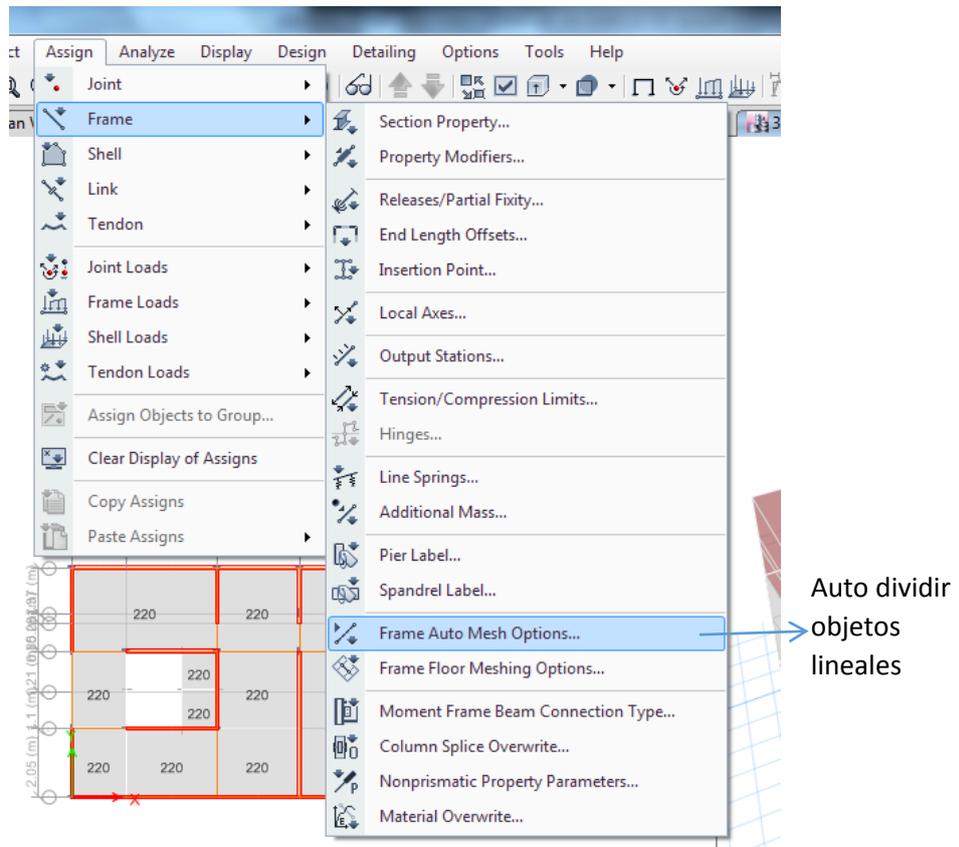


Figura 90 Icono para dividir objetos lineales

Realizado por: Autores del proyecto

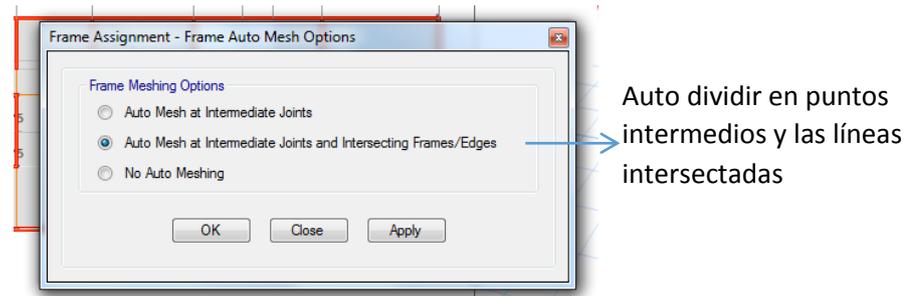


Figura 91 Selección del divisor de puntos y líneas

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.10.3. DESCRETIZACIÓN DE PISOS

Antes de que pasar a rigidizar la estructura se debe además discretizar los pisos esto se lo realiza mediante la opción Frame Floor Meshing Options que lo despliega del menú Assing – Frame.

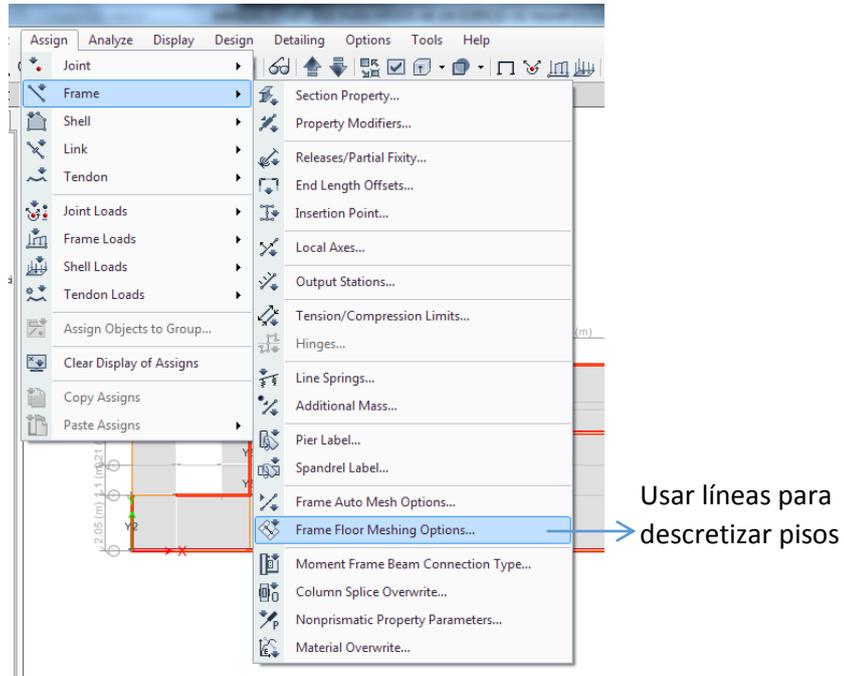


Figura 92 Icono para dividir los pisos

Realizado por: Autores del proyecto

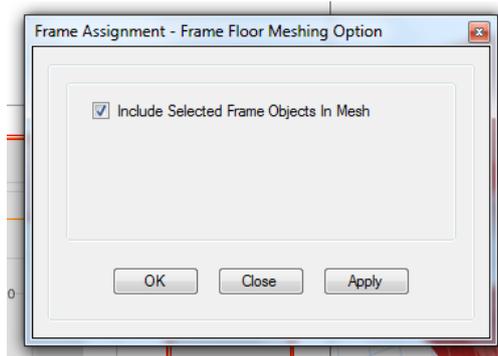


Figura 93 Seleccionar para que discretizar

Realizado por: Autores del proyecto

Después de realizados los pasos anteriormente descritos se procede a asignar el diafragma rígido a la estructura.

Mediante la opción Frame del menú Assign se colocó en Diaphragms para colocar el diafragma en cada pisos, menos los descansos debidos a que no están a la misma altura que las de más losas.

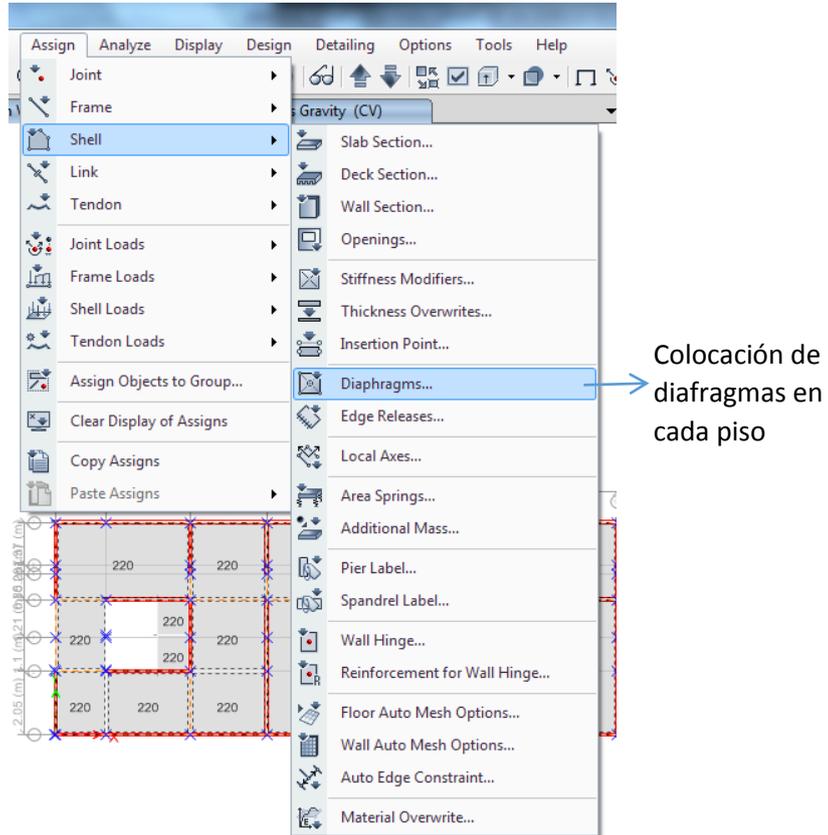


Figura 94 Menú para definir el diafragma rígido en ala edificación

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.10.4. EJECTUTAR EL PROGRAMA

Icono para mandar a correr el programa

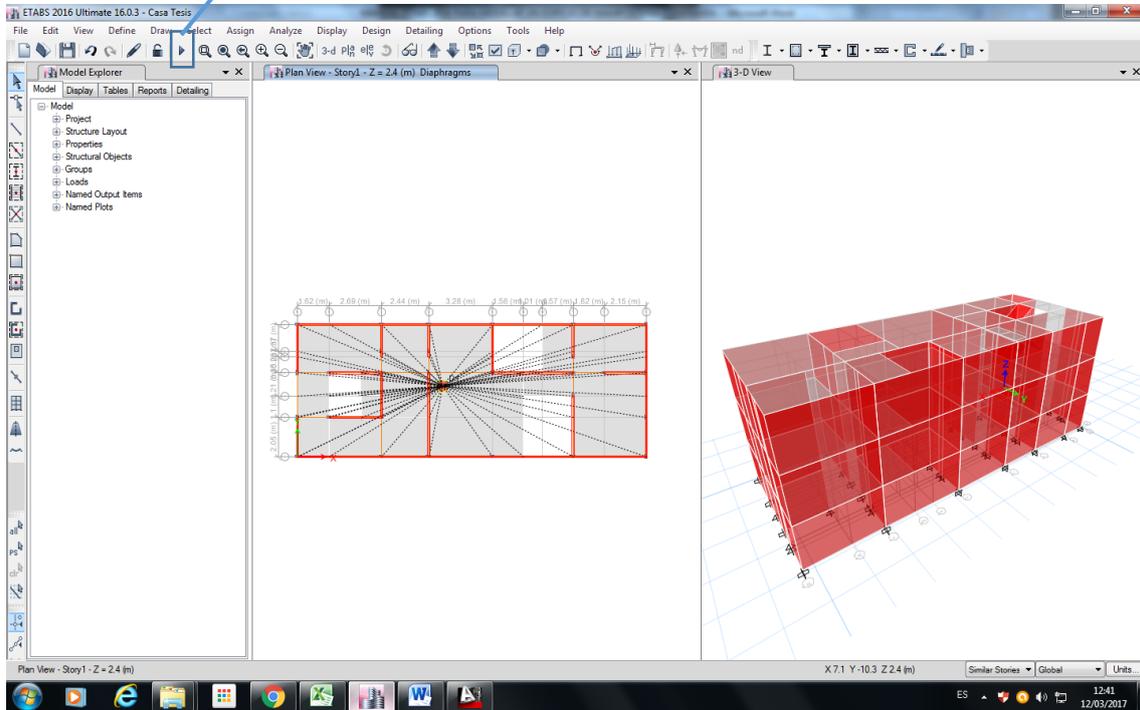


Figura 95 Diafragma rígido en planta

Realizado por: Autores del proyecto

Una vez colocados todas las propiedades de los materiales, colocadas las secciones, asignadas las cargas con los cuales trabaja este tipo de estructura, procedemos a hacerle correr al programa, presionando el icono remarcado en la figura 95.

6.5.11. DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

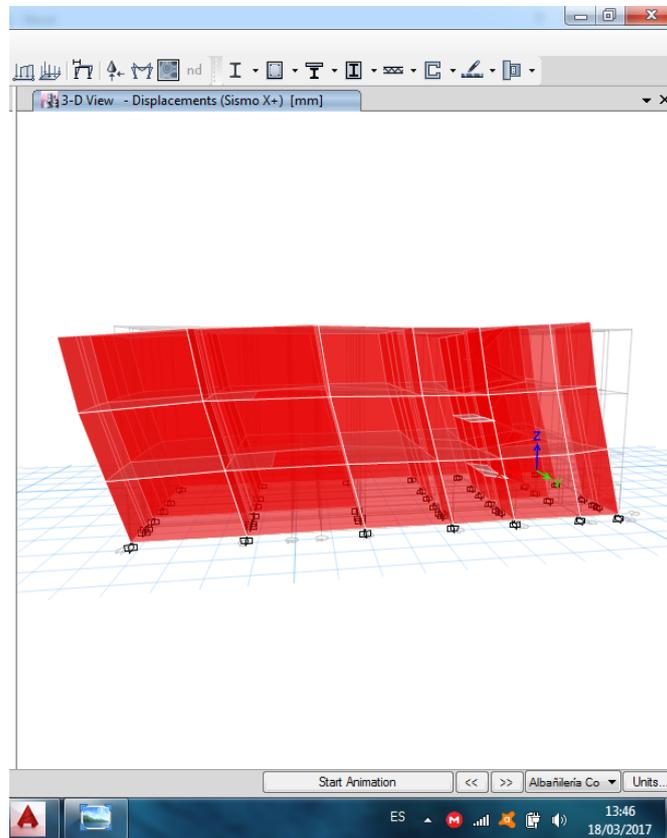


Figura 96 Deformada en 3D

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.12. DETERMINACIÓN DE RESULTADOS POR EL ANÁLISIS ESTÁTICO EQUIVALENTE

6.5.12.1. DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE MASAS

Para determinar qué resultado nos dio el programa de los centros de masa y verificar con el realizado manual me se debe de seguir los siguientes pasos:

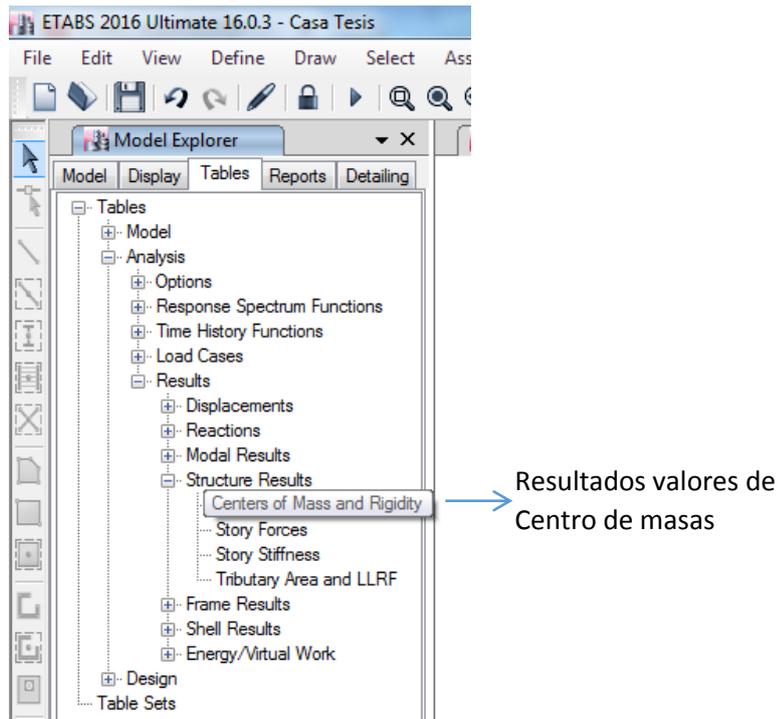


Figura 97 Resultados de los centro de masas que nos da el Etabs

Realizado por: Autores del proyecto

Story	Diaphragm	Mass X kg	Mass Y kg	XCM m	YCM m	Cumulative X kg	Cumulative Y kg	XCCM m	YCCM m	XCR m
Story3	D1	25568.61	25568.61	8.5594	3.5648	25568.61	25568.61	8.5594	3.5648	
Story2	D1	45480.09	45480.09	8.7219	3.5801	71048.7	71048.7	8.6634	3.5746	
Story1	D1	45480.09	45480.09	8.7219	3.5801	116528.8	116528.8	8.6862	3.5767	

Figura 98 Tabla de resultados

Realizado por: Autores del proyecto

6.5.13. CORTANTES Y MOMENTOS QUE RECIBE CADA MURO

Para saber los cortantes y momentos de cada muro se debe de asignar a cada muro el número correspondiente ya sea n X o en Y.

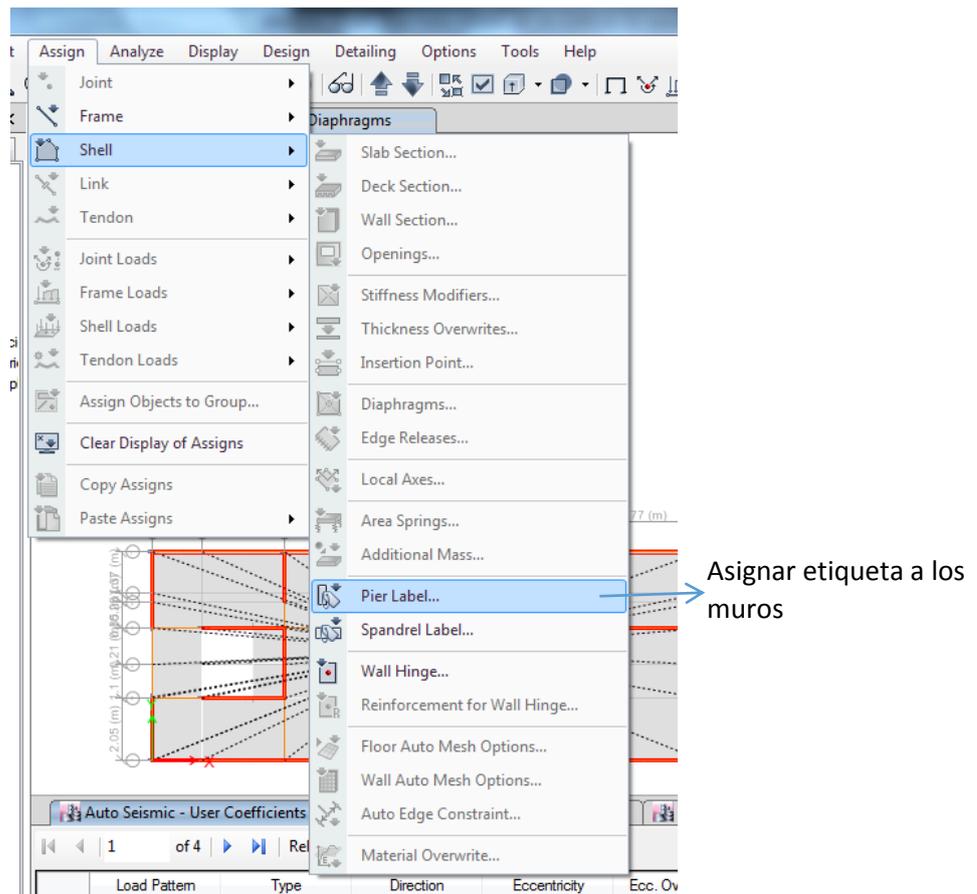


Figura 99 Menú para asignar muros en la planta

Realizado por: Autores del proyecto

Para que el programa pueda analizar cada muro y darnos momentos y cortantes se va a seleccionar de muro en muro para que el programa pueda asignar los nombres y así dar valores.

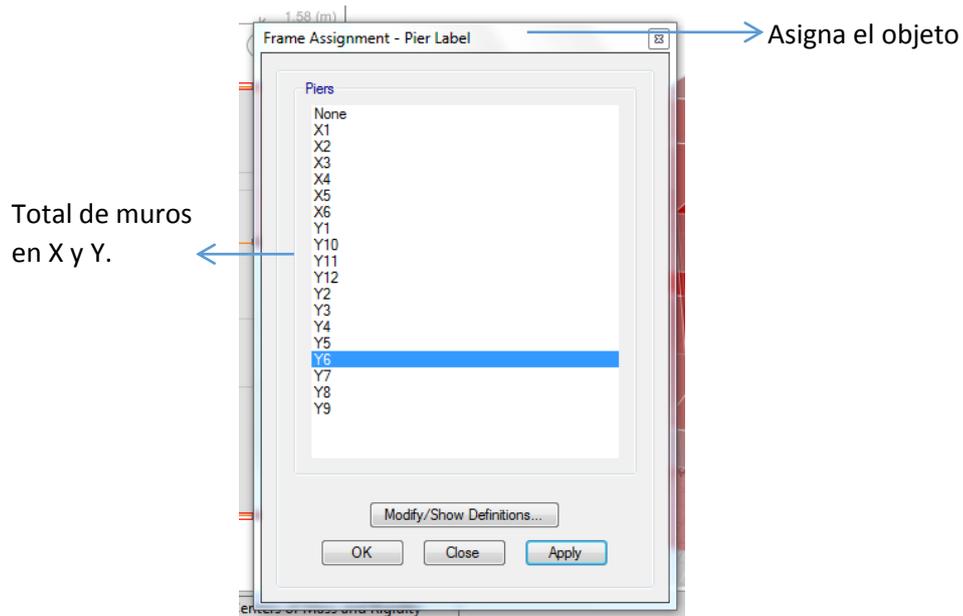


Figura 100 Asignación de muros en X y Y

Realizado por: Autores del proyecto

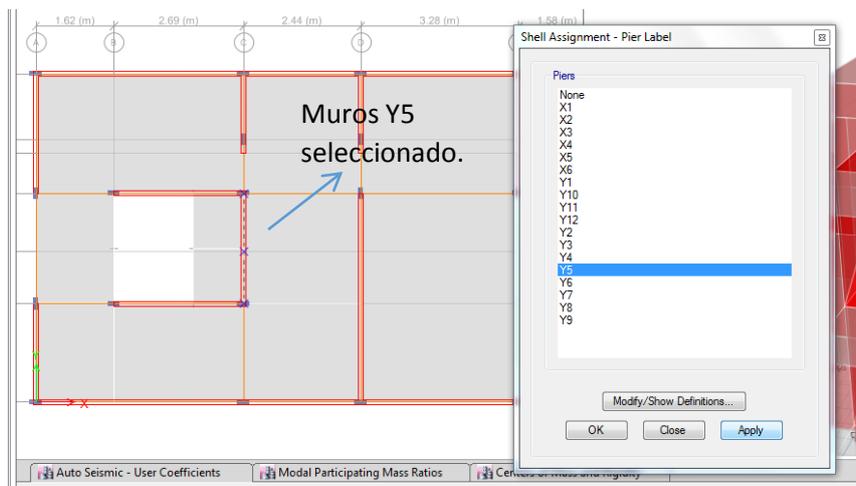


Figura 101 Selección y asignación del muro

Realizado por: Autores del proyecto

Para poder visualizar los momentos en cada muro se debe ingresar a las siguientes opciones que se muestran a continuación: results – modal results – structure results – shell results Comprobación de que ya están colocados los muros

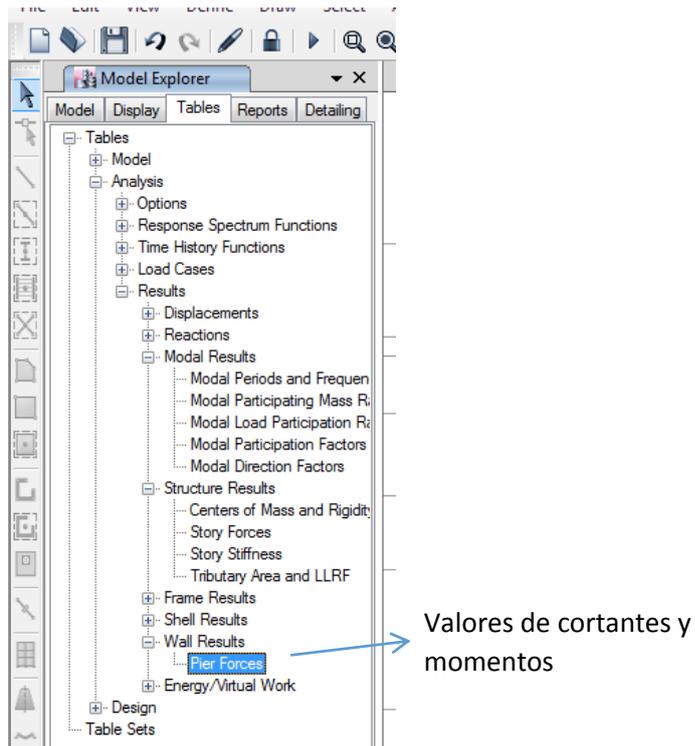


Figura 102 Menú para encontrar resultados de cortantes y momento en cada muro

Realizado por: Autores del proyecto

Se despliegan los momentos y cortantes para el muro que se selecciona, con estos valores se procede a realizar el análisis sísmico detallado para verificar el funcionamiento de la edificación como se realizó en capítulo 3.2 de esta investigación.

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
Story1	Y6	Sismo X+	Top	27096	8.704	10.328	0.037	58.164	65.525
Story1	Y6	Sismo X+	Bottom	28.065	9.041	11.003	0.034	49.273	67.325

Figura 103 Momentos y cortantes

Realizado por: Autores del proyecto

7. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ American Concrete Institute. (2005). Requisitos de Reglamento para concreto Estructural y Comentario. Comité ACI 318.
- ✓ Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS. (2001). “Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de viviendas de Mampostería.”. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- ✓ Comisión de reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. (2003). NTP 399.605. Unidades de Albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de pilas de albañilería. Lima, Perú: INDECOPI - CRT.
- ✓ Comisión de reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. (2004). NTP 399.621. Unidades de Albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. Lima, Perú: INDECOPI - CRT.
- ✓ Ministerio de Ambiente, Vienda y Desarrollo Territorial. (2010). Título D. Mampostería Estructural. Bogotá, Colombia.
- ✓ Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. (2014). NEC-SE-DS. NEC-SE-DS. Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente. Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- ✓ Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. (2014). NEC-SE-MP. Mampostería Estructural. Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- ✓ Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. (2014). NE-SE-CG. Cargas (No Sísmicas). Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- ✓ Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. (2016). Guía práctica de la construcción para no profesionales, aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

- ✓ Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI. (2014). NEC-SE-VIVIENDA. Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5m. Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- ✓ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica E.070 Albañilería. Perú.
- ✓ Moreno, J., & Polo, C. (2012). "Análisis y elaboración de un ladrillo de barro producido con los materiales del cantón Chambo que cumplan con las especificaciones de calidad necesarias.". Riobamba, Ecuador: Tesis previa a obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Chimborazo.
- ✓ Paredes , G., & Caycho, D. (2009). "Control de la duración de ladrillos huecos en muros de Albañilería Confinada sujetos a carga lateral cíclica.". Lima, Perú: Tesis previa a obtener el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✓ Pontificia Universidad Católica del Perú. (2005). "Manual de Construcción y Mantenimiento de Vivienda de Albañilería". Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú .
- ✓ San Bartolomé, A., Quiun, D., & Silva, W. (2014). Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✓ Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2005). INEN 293. Ladrillos Cerámicos. Definiciones, Clasificación y Condiciones Generales. Quito, Clay Bricks. Sampling.
- ✓ Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2009). NTE INEN 1573. Hormigón de cemento Hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndrico de hormigón de cemento hidráulico. Ecuador: Clay Bricks. Sampling.
- ✓ Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2009). NTE INEN 488. Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a compresión en cubos de 50 mm de arista. Quito, Ecuador: Clay Bricks. Sampling.

- ✓ Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2010). NTE INEN 2 518. Morteros para Unidades de Mampostería. Quito, Ecuador: Clay Bricks. Sampling.
- ✓ Servicio Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2015). NTE INEN 292. Ladrillos Cerámicos. Muestreo. Quito, Ecuador: Clay Bricks. Sampling.
- ✓ Trujillo , J. (2015). “Análisis de un edificio de 4 pisos de albañilería confinada”. Lima, Perú: Tesis previa a obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Unión.

8. APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO 1. DOSIFICACIONES UTILIZADAS.

DOSIFICACIÓN DE MORTERO PARA MURETES

MORTERO	
Tipo de cemento a emplearse:	Cemento Chimborazo Portland Puzolánico Tipo IP.
Tipo de agregado fino:	Arena de rio Mina de Penipe
Asentamiento del mortero :	6.00 cm
Condiciones de exposición ambiental:	Normal

DOSIFICACION 1 : 3

AGREGADO FINO	CEMENTO	AGUA
49.51 kg	16.51 kg	6.77 lt

Al realizar el ensayo se aumentó 1.82 kg de agua 1 lt por lo que se obtiene nuevamente la relación a/c.

$$\frac{a}{c} = 0.60$$

$$\frac{1}{18.33} = 0.055$$

$$\frac{a}{c} = 0.055$$

AGREGADO FINO	CEMENTO	AGUA
49.51 kg	18.33 kg	7.77 kg

DOSIFICACIONES EN UNIDADES DE CEMENTO

1: 2.7

DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN PARA CONFINAMIENTO DEL MURETE

HORMIGÓN	
Tipo de cemento a emplearse:	Cemento Chimborazo Portland Puzolánico Tipo IP.
Tipo de agregado fino:	Arena de rio Mina de Penipe
Asentamiento del hormigón :	6,50 cm
Condiciones de exposición ambiental:	Normal

DOSIFICACION 1: 2: 4

AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO	AGUA
182.85 kg	182.85 kg	79.50 kg	42.14 kg

DOSIFICACIÓN MORTERO PARA PRISMAS DE MAMPOSTERÍA

MORTERO	
Tipo de cemento a emplearse:	Cemento Chimborazo Portland Puzolánico Tipo IP.
Tipo de agregado fino:	Arena de rio Mina de Penipe
Asentamiento del Mortero :	6,50 cm
Condiciones de exposición ambiental:	Normal

DOSIFICACION 1:3

AGREGADO FINO	CEMENTO	AGUA
8.09 kg	2.70 kg	1.18 lt

ANEXO 2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO Y HORMIGON

CUBOS DE MORTERO

N°	Dias	B(mm)	H(mm)	Area(mm2)	Area(cm2)	Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo(kg/cm2)	Esfuerzo(MPa)
1	9	49.50	51.00	2524.50	25.25	46.03	4603.40	182.35	18.23
2	14	49.95	49.46	2470.53	24.71	49.72	4971.70	201.24	20.12
3	21	50.86	49.60	2522.66	25.23	53.92	5391.90	213.74	21.37
4	28	50.00	49.50	2475.00	24.75	65.25	6128.50	247.62	24.76

CUBOS DE HORMIGÓN

N°	Dias	B(mm)	H(mm)	Area(mm2)	Area(cm2)	Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo(kg/cm2)	Esfuerzo(MPa)
1	9	52.44	49.79	2610.99	26.11	24.03	2403.20	92.04	9.20
2	14	51.00	50.50	2575.50	25.76	35.32	3901.28	151.48	15.15
3	21	49.50	50.00	2475.00	24.75	53.92	5391.90	217.85	21.79
4	28	50.00	49.50	2475.00	24.75	65.25	6525.00	263.64	26.36

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MAMPOSTERÍA

Nº	Dias	D(cm)	t (cm)	Carga (Lb)	Carga (kg)	Esfuerzo(kg/cm2)	Esfuerzo(MPa)
1	28	127.00	10	18037.00	8198.64	6.46	0.646
2	28	128.00	10	12239.00	5563.18	4.35	0.435
3	28	127.00	10	32659.00	14845.00	11.69	1.169

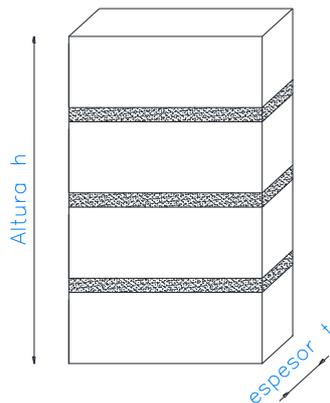
$$V'm = 1.169 \text{ MPa}$$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS

Nº	Dias	D(cm)	t (cm)	Carga (Lb)	Carga (Kg)	Esfuerzo(Kg/cm2)	Esfuerzo(MPa)
1	28	10.00	27	35869.00	16304.09	60.39	6.039
2	28	10.00	28	30292.00	13769.09	49.18	4.918
3	28	10.00	27	32699.00	14863.18	55.05	5.505
Promedio de esfuerzos.							5.487

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA MAMPOSTERÍA f'_m .

RELACIÓN POR ESBELTEZ PARA PRISMAS



$$E = \frac{h}{t}$$

$$E = \frac{40 \text{ cm}}{10 \text{ cm}}$$

$$E = 4$$

El valor f'_m se obtiene multiplicando por el coeficiente de corrección por esbeltez mostrado a continuación:

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

$f'_m = \text{Promedio de esfuerzos} * \text{factor corrección}$

$$f'_m = 5.487 \text{ MPa} * 0.95$$

$$f'_m = 5.213 \text{ MPa}$$

ANEXO 3. FOTOGRAFIAS



Pesaje de la arena y cemento para la elaboración del mortero.



Mezcla de mortero.



Utilización del cono de Abrams para medir la relación agua/cemento



Elaboracion de cubos de moretero.



Elaboración de muretes de Mampostería



Armado de acero para elementos de confinamiento.



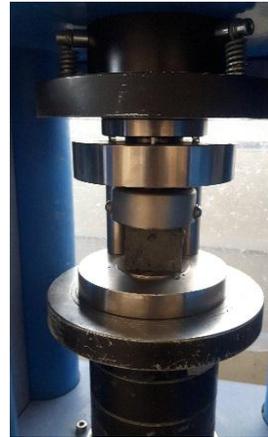
Mezcla del hormigón, verificación de la relación agua cemento y elaboración de cubos.



Fundido de los elementos confinantes de los muretes.



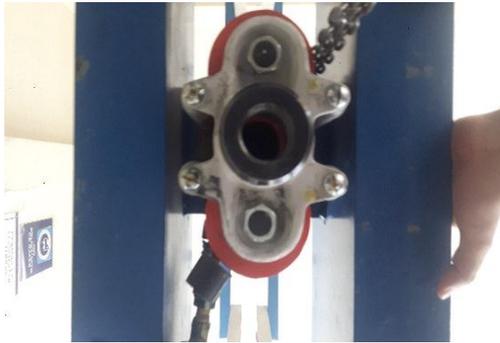
Desenfofrado de muretes



Ensayo resistencia a compresión del mortero y del hormigón utilizados en los muretes de mampostería



Mampostería



Colocación de cabezales de acero en la máquina previo al ensayo de compresión diagonal de los muretes.



Ensayo de compresión diagonal de los muretes y tipo de falla producida.

Obtenemos el valor de corte puro de la mampostería ($V'm$)



Relación agua/cemento del mortero que se elaboró para la realización de los prismas de mampostería y elaboración de cubos



Elaboración de prismas de mampostería

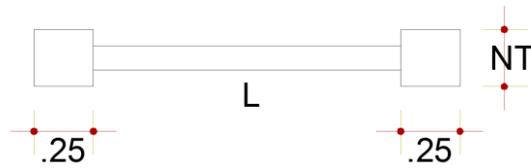


Ensayo resistencia a compresión del mortero utilizado en los prismas de mampostería

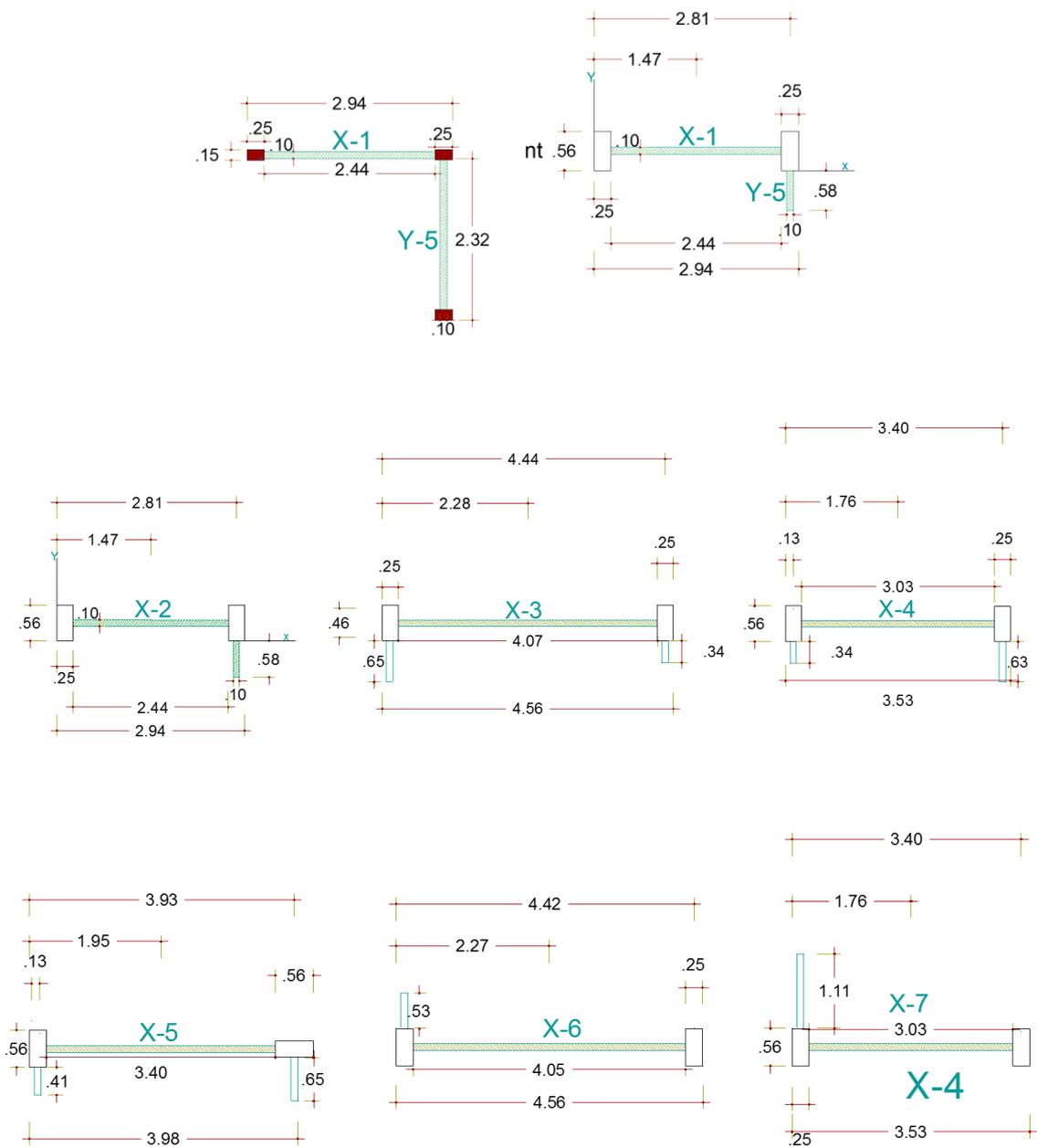


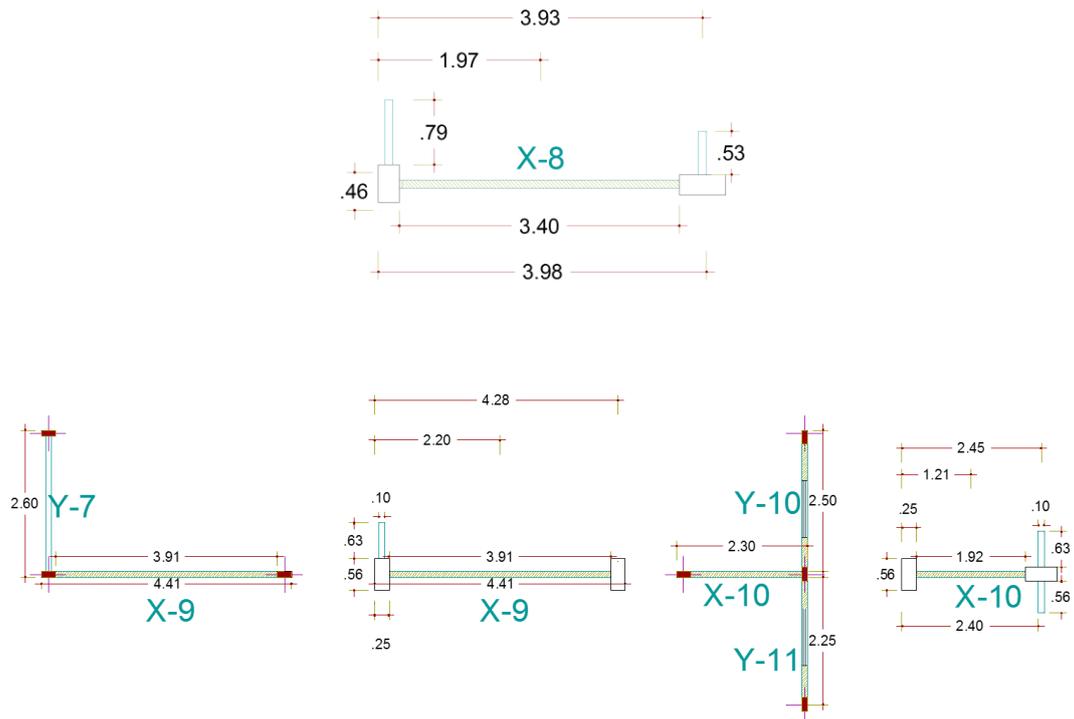
Ensayo resistencia a la compresión de la mampostería (f'm)

ANEXO 4. AREAS TRANSFORMADAS DE LOS MUROS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE FORMA Y EL MOMENTO DE INERCIA.

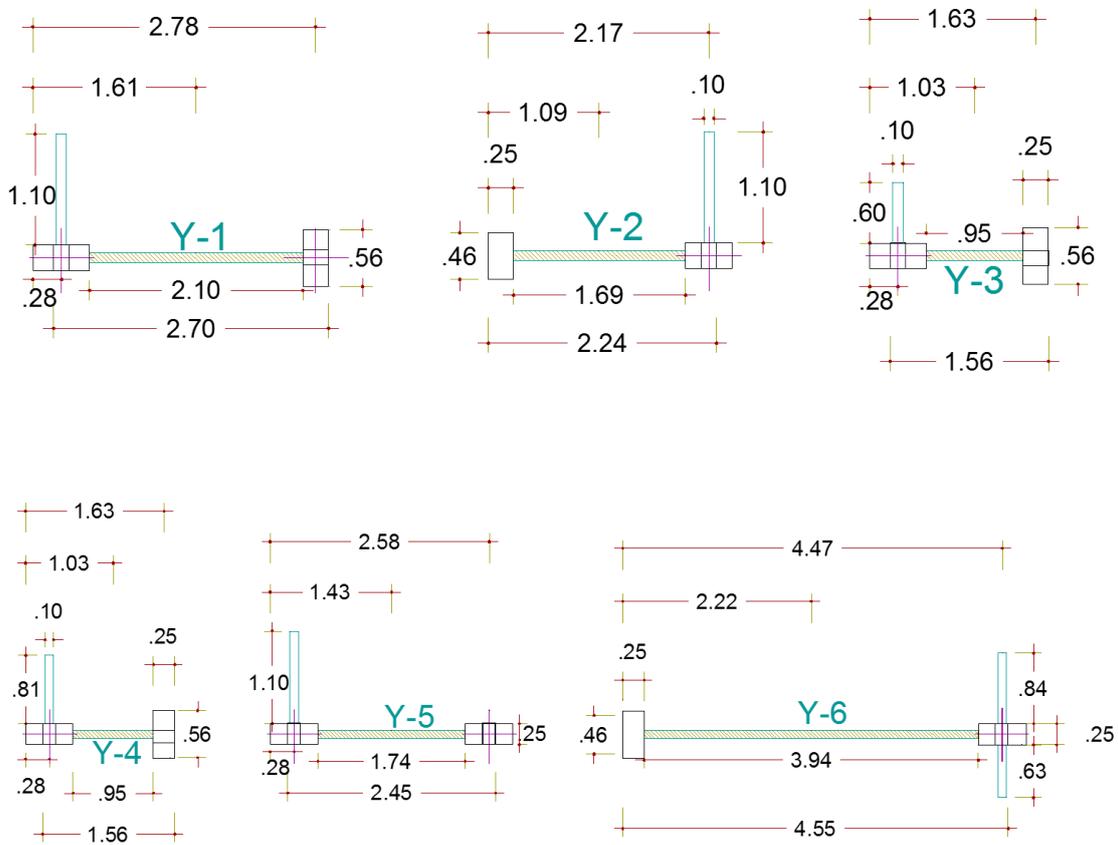


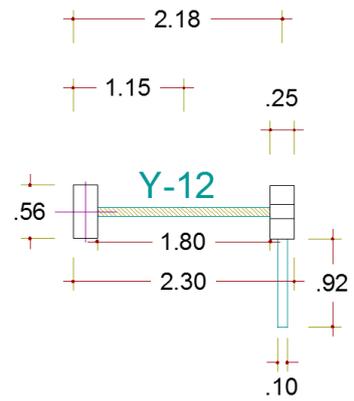
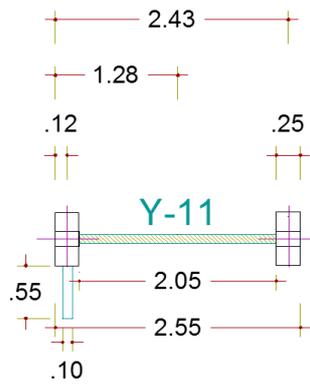
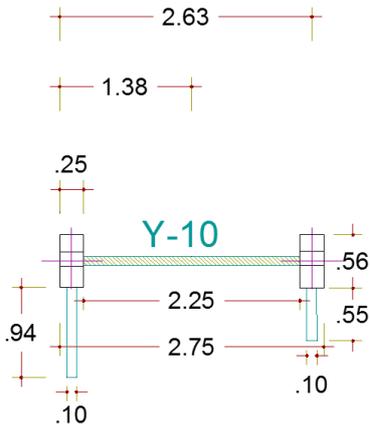
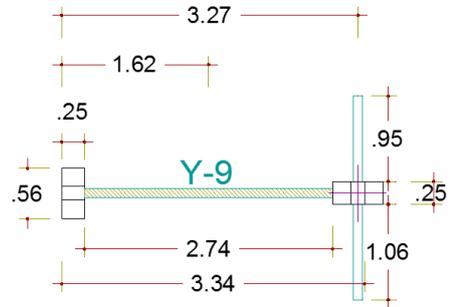
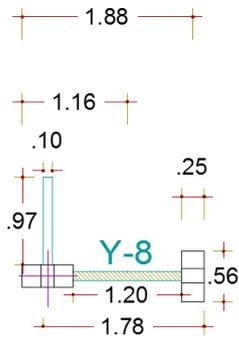
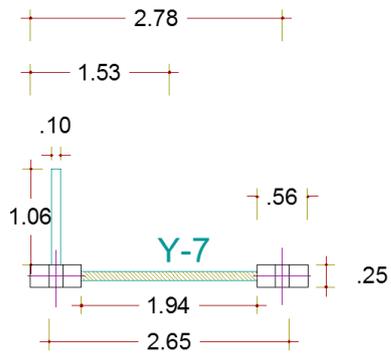
a. MUROS EN LA DIRECCIÓN X





b. MUROS EN LA DIRECCIÓN Y





ANEXO 5. DETALLE CABEZALES EXTRAÍDO DE LA NORMA NTP 361.621

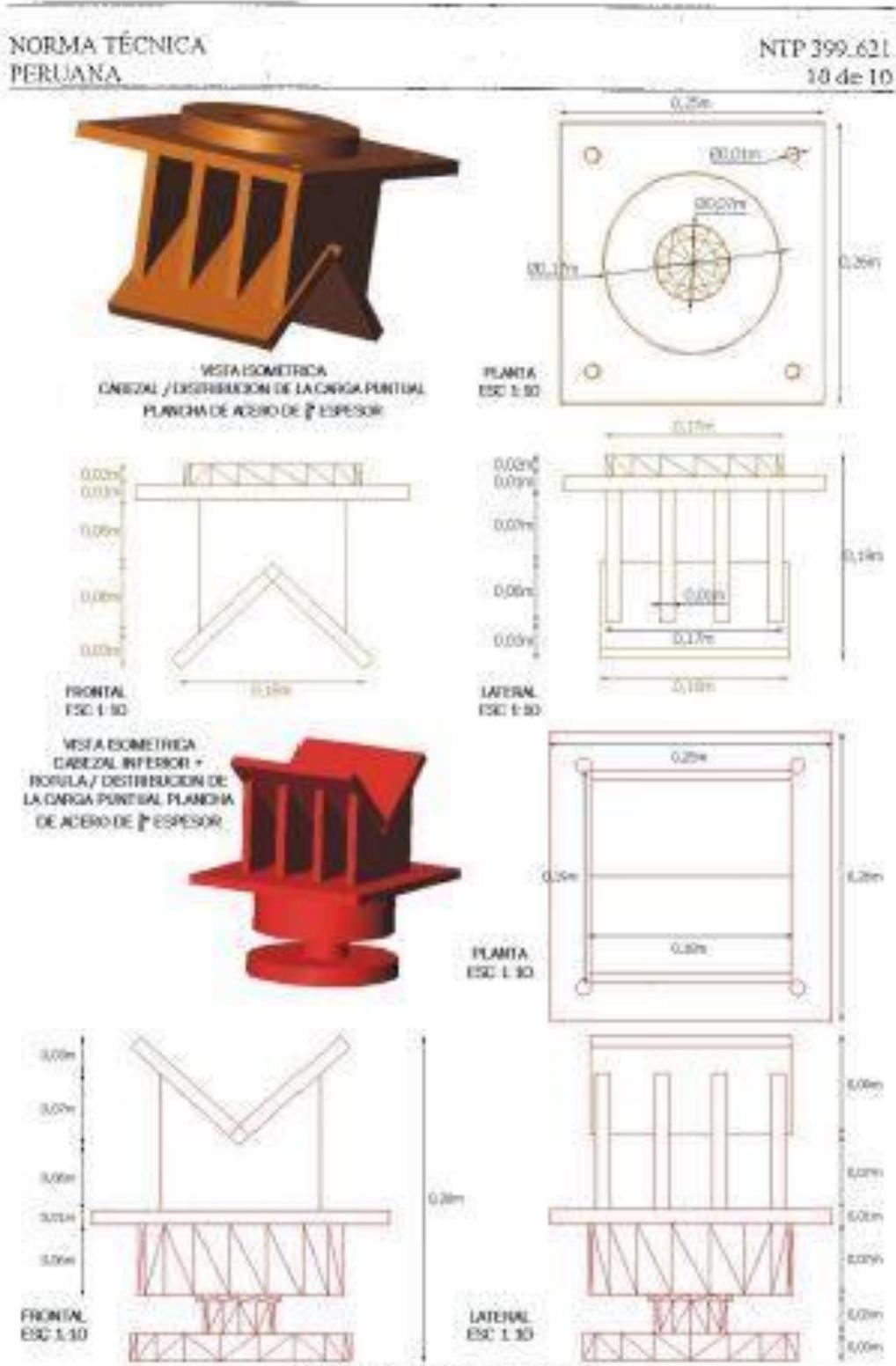


FIGURA 2 - Ecuadra de carga

ANEXO 6. PLANOS

PLANOS