

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL-ECONÓMICO SEGÚN
EL CÓDIGO NEC2011 ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE
MUROS PORTANTES DE HORMIGÓN ARMADO CON ALMA DE
POLIESTIRENO Y MUROS DE ENCHAPE CON MALLA
ELECTROSOLDADA, EN UNA ESTRUCTURA DE 4 PISOS**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DANIEL RICARDO LARA CALDERÓN

danielara90@hotmail.com

DIRECTOR: ING. NICOLAY BERNARDO YANCHAPANTA GÓMEZ

Quito, Septiembre 2016

DECLARACIÓN

Yo, Daniel Ricardo Lara Calderón, declaro que el trabajo aquí descrito es mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

DANIEL RICARDO LARA CALDERÓN

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daniel Ricardo Lara Calderón bajo mi supervisión.

ING. NICOLAY YANCHAPANTA GÓMEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me ha ayudado y guiado en la formación para ser un buen profesional.

A mis padres por enseñarme en todo momento a confiar en Dios y ser el apoyo en cada decisión de mi vida.

A mi esposa Gabriela y mi hijo Felipe Sebastián por ser el motor y la razón de cada día.

A mis hermanos y cuñados Pauly, Fredy, Lenin, Gaby, Qk y Leo por siempre estar preocupados de mi bienestar.

A mis sobrinos Titi, André, Annette, Juan Salvador y José Domingo por cada sonrisa y cada oración que sé que ha salido de sus hermosos corazones hacia mí y mi familia.

A mis amigos de la facultad que permitieron llevar la vida universitaria de mejor manera, en especial a Alex y Mauricio, por su sincera y grata amistad.

Al Ingeniero Nicolay Yanchapanta e Ingeniero Carlos Ayala por la comprensión, ayuda y paciencia en esta etapa de tesis.

A mis profesores y docentes que el camino universitario me permitió conocerles, gracias por cada lección de vida enseñada.

Daniel Ricardo Lara Calderón

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, porque en Él, por Él y para Él son todas las cosas.

Para mi familia que con tanto anhelo ha esperado este momento en mi vida y hoy solo puedo decir gracias.

Y especialmente para Gaby y Felipe, les amo con el corazón.

Daniel Ricardo Lara Calderón

CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	2
1.2.1. MAMPOSTERÍA PORTANTE CON ALMA DE POLIESTIRENO.....	2
1.2.2. MAMPOSTERÍA PORTANTE DE ENCHAPE CON MALLA ELECTROLODADA	10
1.3. ESTUDIOS PREVIOS	14
1.4. OBJETIVOS, ALCANCE Y METODOLOGÍA	19
1.4.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.4.2. ALCANCE	19
1.4.3. METODOLOGÍA.....	20
CAPÍTULO 2.....	21
2.2 MODELACIÓN	33
2.2.1 SISTEMA DE MAMPOSTERÍA PORTANTE CON ALMA DE POLIESTIRENO	33
2.2.2 SISTEMA DE MAMPOSTERÍA PORTANTE DE ENCHAPE CON MALLA ELECTROSOLDADA.....	37
2.2.3 CARGAS	41
CAPÍTULO 3.....	53
CÁLCULO ESTRUCTURAL Y SÍSMICO PARA EDIFICIOS TIPO CON LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN ESTUDIO	53
3.1. CORTE BASAL	53
3.2. CUANTÍAS MÍNIMAS	58
3.2.1. MURO CON ALMA DE POLIESTIRENO.....	58
3.2.2. MURO DE ENCHAPE	59
CAPÍTULO 4.....	62
ANÁLISIS DE RESULTADOS	62
4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO	62
4.1.1. MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO.....	62
4.1.2. LOSAS CON ALMA DE POLIESTIRENO	63
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE	66
4.2.1. Muros de Enchape	66
4.2.2. Losa Maciza	68
4.3. COMPROBACIÓN A FLEXO-COMPRESIÓN.....	70

4.3.1.	Muros con alma de Poliestireno.....	70
4.3.2.	Muros de Enchape	72
4.4.	COMPROBACIÓN A CORTE	73
4.4.1.	Muros con alma de Poliestireno.....	73
4.4.2.	Losas con alma de Poliestireno	74
4.4.3.	Muros de Enchape	75
4.4.4.	Losa Maciza	76
4.5.	MODOS DE VIBRACIÓN Y PERIODOS DE LA ESTRUCTURA	76
4.5.1.	Muros con alma de Poliestireno.....	77
4.5.2.	Muros de enchape.....	79
4.6.	COMPROBACIÓN DE DERIVAS	80
4.6.1.	Muros con alma de Poliestireno.....	81
4.6.2.	Muros de enchape.....	83
4.7.	COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN MURO LOSA.....	85
4.8.	CIMENTACIÓN	87
4.8.1.	Características del Suelo.....	88
4.8.2.	Sistema de Muros con alma de Poliestireno	89
4.8.3.	Sistema de Muros de Enchape.....	95
CAPÍTULO 5.....		102
ANÁLISIS DE COSTOS Y TIEMPOS		102
5.1	ACTIVIDADES Y TIEMPOS	102
5.1.2	SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE.....	106
5.2	COSTOS	109
5.2.1	SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO	109
5.2.2	SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE.....	112
CAPÍTULO 6.....		117
COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MUROS PORTANTES DE HORMIGÓN ARMADO CON ALMA DE POLIESTIRENO Y ENCHAPE CON MALLA ELECTROSOLDADA		117
6.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
6.1.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	117
6.1.2	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		123

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1: Longitudes de paredes reales del proyecto.....	32
CUADRO 2.2: Características del material – Sistema Alma de Poliestireno.....	34
CUADRO 2.3: Características del material – Sistema Muros de enchape.....	38
CUADRO 2.4: Detalle cargas muertas – pisos tipo.....	42
CUADRO 2.5: Detalle cargas muertas – piso de cubierta.....	42
CUADRO 3.1: Cálculo del factor S_a	56
CUADRO 3.2: Coeficiente de Corte Basal.....	57
CUADRO 3.3: Cuantía de muros con alma de poliestireno.....	59
CUADRO 3.4: Cuantía de muros de enchape.....	60
CUADRO 4.1: Cuantía de acero para muro de enchape.....	66
CUADRO 5.1: Tabla de cantidades – Muros con alma de poliestireno.....	102
CUADRO 5.2: Tabla de cantidades – Muros de enchape.....	105
CUADRO 5.3: Tabla de costos – Muros con alma de poliestireno.....	108
CUADRO 5.4: Tabla de costos – Muros de enchape.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Perforaciones para anclajes de muros en cimentación.....	4
FIGURA 1.2: Colocación de anclajes.....	4
FIGURA 1.3: Colocación de paneles sobre anclajes.....	5
FIGURA 1.4: Colocación y unión de paneles.....	6
FIGURA 1.5: Colocación de refuerzos de malla para ventanas.....	7
FIGURA 1.6: Instalaciones eléctricas.....	7
FIGURA 1.7: Lanzado de primera capa de hormigón en muros.....	8
FIGURA 1.8: Lanzado de segunda capa de hormigón en muros.....	9
FIGURA 1.9: Colocación de losas con alma de poliestireno.....	9
FIGURA 1.10: Lanzado de hormigón inferior de losas.....	10
FIGURA 1.11: Anclajes para anclaje de muros de enchape.....	11
FIGURA 1.12: Proceso de colocación de los ganchos de anclaje.....	12
FIGURA 1.13: Colocación de malla electrosoldada.....	13
FIGURA 1.14: Estructura del sistema de muros de enchape.....	14
FIGURA 1.15: Vista modelo sistema de pórticos.....	15
FIGURA 1.16: Vista modelo de paredes portantes M2.....	15
FIGURA 1.17: Prototipo de experimento.....	16
FIGURA 1.18: Espesor final de muro.....	17
FIGURA 1.19: Modelo de 8 pisos en M2.....	18
FIGURA 2.1: Sentido Y – EJE A Y EJE Q.....	23
FIGURA 2.2: Sentido Y – EJE B Y EJE P.....	24
FIGURA 2.3: Sentido Y – EJE C Y EJE O.....	24
FIGURA 2.4: Sentido Y – EJE D Y EJE N.....	25
FIGURA 2.5: Sentido Y – EJE E Y EJE M.....	25
FIGURA 2.6: Sentido Y – EJE F Y EJE L.....	26
FIGURA 2.7: Sentido Y – EJE G Y EJE K.....	26
FIGURA 2.8: Sentido Y – EJE H Y EJE J.....	27
FIGURA 2.9: Sentido Y – EJE I.....	27

FIGURA 2.10: Sentido X – EJE 1.....	28
FIGURA 2.11: Sentido X – EJE 2.....	28
FIGURA 2.12: Sentido X – EJE 3.....	29
FIGURA 2.13: Sentido X – EJE 4.....	29
FIGURA 2.14: Sentido X – EJE 5.....	30
FIGURA 2.15: Sentido X – EJE 6.....	30
FIGURA 2.16: Planta tipo de la estructura.....	31
FIGURA 2.17: Índice de densidad de muros en cada dirección.....	32
FIGURA 2.18: Propiedades del material hormigón – Sistema de muros con alma de poliestireno.....	35
FIGURA 2.19: Propiedades del material acero – Sistema de muros con alma de poliestireno.....	35
FIGURA 2.20: Propiedades de la sección – Muros con alma de poliestireno.....	36
FIGURA 2.21: Propiedades de la sección – Losa con alma de poliestireno.....	37
FIGURA 2.22: Propiedades del material hormigón – Sistema de muros de enchape.....	38
FIGURA 2.23: Propiedades del material acero – Sistema de muros de enchape.....	39
FIGURA 2.24: Propiedades de la sección – Muros de enchape.....	40
FIGURA 2.25: Propiedades de la sección – Losa maciza.....	41
FIGURA 2.26: Ingreso de carga muerta – Pisos 2, 3 y 4.....	43
FIGURA 2.27: Ingreso de carga viva – Pisos 2,3 y 4.....	44
FIGURA 2.28: Cargas ingresadas para análisis.....	45
FIGURA 2.29: Combinaciones de cargas ingresadas.....	46
FIGURA 2.30: Combinación 1.....	46
FIGURA 2.31: Combinación 2.....	46
FIGURA 2.32: Combinación 3.....	47
FIGURA 2.33: Combinación 4.....	47
FIGURA 2.34: Combinación 5.....	47
FIGURA 2.35: Combinación 6.....	47
FIGURA 2.36: Combinación 7.....	48

FIGURA 2.37: Combinación 8.....	48
FIGURA 2.38: Combinación 9.....	48
FIGURA 2.39: Combinación 10.....	48
FIGURA 2.40: Combinación 11.....	49
FIGURA 2.41: Combinación 12.....	49
FIGURA 2.42: Combinación 13.....	49
FIGURA 2.43: Mass Source – Fuente de masa para ambos sistemas.....	50
FIGURA 2.44: Ejemplo de asignación de muros Pier.....	51
FIGURA 2.45: Ejemplo de asignación de muros Spandrel.....	52
FIGURA 3.1: Configuración ideal – Elevación y Planta.....	54
FIGURA 3.2: Factor de Importancia I.....	54
FIGURA 3.3: Coeficiente R.....	55
FIGURA 3.4: Factor de zona Z.....	55
FIGURA 3.5: Factor Z.....	56
FIGURA 3.6: Carga Sísmica – SENTIDO X.....	57
FIGURA 3.7: Carga Sísmica – SENTIDO Y.....	58
FIGURA 3.8: Cuantía de acero en muros con alma de poliestireno.....	59
FIGURA 3.9: Cuantía de acero en muros de enchape.....	60
FIGURA 4.1: Cuantía de aceros de muros de alma de poliestireno – EJE 1 – ANCHO DE 6CM DE MUROS.....	61
FIGURA 4.2: 59 Cuantía de aceros de muros de alma de poliestireno – EJE 1 – ANCHO EQUIVALENTE DE MUROS.....	62
FIGURA 4.3: Losa crítica para diseño.....	63
FIGURA 4.4: Panel nervado de losa.....	65
FIGURA 4.5: Cuantía de acero de muros de enchape – EJE 1.....	65
FIGURA 4.6: Cuantía de acero de muros de enchape – EJE 6.....	66
FIGURA 4.7: Cuantía final de refuerzo para muros de enchape.....	67
FIGURA 4.8: Losa crítica para diseño.....	67
FIGURA 4.9: Tabla de fuerzas, momentos y corte del muro 2P3 – Alma de poliestireno.....	69

FIGURA 4.10: Tabla de fuerzas, momentos y corte del muro 2P3 - Enchape.....	71
FIGURA 4.11: Modos de vibración y periodos de la estructura – Alma de poliestireno.....	76
FIGURA 4.12: Modal 1 – Periodo y traslación en X.....	77
FIGURA 4.13: Modal 2 – Periodo y traslación en Y.....	77
FIGURA 4.14: Modal 3 - Periodo y rotación.....	77
FIGURA 4.15: Modos de vibración y periodos de la estructura – Muros de enchape.....	78
FIGURA 4.16: Modal 1 – Periodo y traslación en X.....	78
FIGURA 4.17: Modal 2 – Periodo y traslación en Y.....	79
FIGURA 4.18: Modal 3 – Periodo y rotación.....	79
FIGURA 4.19: Cuadro de derivas permisibles de la NEC2015.....	80
FIGURA 4.20: Cálculo de Deriva Inelástica.....	80
FIGURA 4.21: Comparación de derivas – Muro con alma de poliestireno.....	81
FIGURA 4.22: Cuadro de derivas máximas – Muros con alma de poliestireno.....	81
FIGURA 4.23: Tabla de derivas máximas – Alma de poliestireno.....	82
FIGURA 4.24: Deriva Máxima – Muro de enchape.....	83
FIGURA 4.25: Cuadro de derivas máximas – Muros de enchape.....	83
FIGURA 4.26: Tabla de derivas máximas – Muros de enchape.....	84
FIGURA 4.27: Losa para ejemplo y viga interna.....	85
FIGURA 4.28: Viga simplemente apoyada.....	85
FIGURA 4.29: Sección Muro – Losa y área considerada para análisis.....	86
FIGURA 4.30: Coeficiente de Balasto – Módulo de Winkler.....	87
FIGURA 4.31: Propiedades del suelo.....	88
FIGURA 4.32: Propiedades del material.....	88
FIGURA 4.33: Propiedades de la sección – Losa de cimentación 50cm.....	89
FIGURA 4.34: Esfuerzos de cimentación – Muros con alma de poliestireno.....	89
FIGURA 4.35: Comprobación asentamiento máximo 1 pulg.....	90
FIGURA 4.36: Reacciones Eje A – SENTIDO Y.....	91
FIGURA 4.37: Reacciones Eje H – SENTIDO Y.....	91

FIGURA 4.38: Reacciones Eje D – SENTIDO Y.....	92
FIGURA 4.39: Reacciones Eje 1 – SENTIDO X.....	93
FIGURA 4.40: Reacciones Eje 2 – SENTIDO X.....	93
FIGURA 4.41: Reacciones Eje 5 – SENTIDO X.....	93
FIGURA 4.42: Propiedades del material.....	94
FIGURA 4.43: Propiedades de la sección - Losa de cimentación 60 cm.....	95
FIGURA 4.44: Esfuerzos de cimentación – Sistema Muros de enchape.....	95
FIGURA 4.45: Comprobación asentamiento máximo 1 pulg.....	96
FIGURA 4.46: Reacciones Eje A – SENTIDO Y.....	97
FIGURA 4.47: Reacciones Eje H – SENTIDO Y.....	97
FIGURA 4.48: Reacciones Eje D – SENTIDO Y.....	97
FIGURA 4.49: Reacciones Eje 1 – SENTIDO X.....	99
FIGURA 4.50: Reacciones Eje 2 – SENTIDO X.....	99
FIGURA 4.51: Reacciones Eje 5 – SENTIDO X.....	99

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICO 4.1: Diagrama de interacción Muro 2P3 – Muros con alma de poliestireno.....	70
GRÁFICO 4.2: Diagrama de interacción Muro 2P3 – Muros de enchape.....	72
GRÁFICO 5.1: Curva Valorada – Muros con alma de poliestireno.....	114
GRÁFICO 5.2: Curva Valorada – Muros de enchape.....	114
GRÁFICO 6.1: Cuadro comparativo de costos acumulados.....	119

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el evaluar los sistemas de muros portantes con alma de poliestireno y el sistema de muros de enchape con malla electrosoldada, su comparación mediante las funcionalidades estructurales, costos y tiempos.

Estos en la actualidad en el país no se encuentran siendo los más comunes en el mercado de la construcción, sin embargo dentro de los últimos años ha habido un auge por las estructuras con muros portantes.

La estructura a ser analizada es una edificación de vivienda de 4 pisos de altura, con un entrepiso de 2.52 metros y un área aproximada de 225 m² que consta de dos departamentos por piso, esta estructura ha sido modelada con cada uno de los sistema de muros portantes.

Se consideran para los muros con alma de poliestireno, una malla de 2.5mm cada 6.5 cm que es la base componente del panel de muro al igual que el de losas, y para los muros de enchape, una malla de 4mm cada 15cm. Esto demuestra que son suficientes conjuntamente con los recubrimientos de 3cm a cada una de las caras del muro.

Las losas se considera en el sistema con alma de poliestireno, un espesor de 5cm para compresión y 3cm para tracción, y para el sistema de muros de enchape una loza maciza de 12cm de peralte. Estas secciones han sido comprobadas y satisfacen las solicitaciones con un buen comportamiento.

Se logra concluir en el estudio que los muros con alma de poliestireno son los de menor costo, menor tiempo de ejecución y menor peso de estructura, lo que permite considerar un sistema aplicable para zonas sísmicas como nuestro país. Además se pueden considerar a los sistemas de muros portantes aptos para obras de mayor número de pisos tomando en cuenta las debidas precauciones estructurales.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto ha sido desarrollado dentro de seis capítulos, los cuales se detallan a continuación:

En el primer capítulo se encuentra una breve descripción de cada uno de los sistemas de muros portantes en estudio, se detallan los procesos constructivos y los estudios previos que han sido la base teórica para las comparaciones respectivas.

En el segundo capítulo se inicia con las consideraciones generales del estudio, la arquitectura a analizarse y se detalla los materiales y secciones asumidas para la investigación. Se procede al ingreso de los datos al programa de cálculo.

En el tercer capítulo se centra en el cálculo de las fuerzas sísmicas para la estructura y las cuantías iniciales que se tienen de los muros y losas.

El cuarto capítulo hace referencia al análisis de los resultados obtenidos, se realizan los diseños y comprobaciones para verificar las secciones.

En el quinto capítulo se realiza el análisis de costos y tiempos de construcción de cada uno de los sistemas en estudio.

En el sexto capítulo se efectúan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS HISTÓRICO DE TIPOS DE MUROS PORTANTES

1.1. INTRODUCCIÓN

El ser humano en su afán por encontrar seguridad y comodidad en su lugar de vivienda, ha ido evolucionando en cuanto al uso de materiales y los tipos de mamposterías. Comenzando con mamposterías de adobe, roca, ladrillo y bloques de hormigón. Lo cual ha permitido que juntamente con esto, se mejoren los sistemas constructivos en mamposterías.

Los sistemas de mamposterías portantes, si bien no son un sistema muy común en el entorno, ofrecen muchas ventajas; se puede decir, que las construcciones antiguas comenzaron de esta manera, ya que no conocían técnicas o tecnologías de refuerzo; como ahora son el hormigón armado o las estructuras metálicas, sin embargo en la antigüedad se comenzó con paredes de adobe o tierra, ya que el material se podía obtener en todas partes, pero se requería de espesores considerables en la elaboración de mamposterías y afectaba a la arquitectura de las viviendas.

Posteriormente se avanza con la implementación de la arcilla como material de construcción y la fabricación de ladrillos, cabe mencionar que el desarrollo de los materiales de mampostería tiene un mayor impacto ecológico. El paso siguiente para la evolución de los materiales de mamposterías fueron los bloques de hormigón, poco comunes al inicio, pero mediante el avance tecnológico se pudo llegar a los bloques huecos de hormigón que poseemos hoy en día, y que son los más usados en el ámbito.

“Los sistemas de paredes portantes, se comportan como sistemas de membranas, que permiten una economía en la cantidad de refuerzo que reciben sus elementos, adicional de la doble función que prestan como es la función estructural y arquitectónica.” (Fernández & Paredes, 2010).

En Ecuador el sistema más empleado en cualquier edificación es el bloque hueco de hormigón, ya que su alta disponibilidad permite que sea el sistema más común, esto se debe a la facilidad de adquisición y por sus cómodos costos.

Desde hace más de 30 años el sistema de mamposterías con alma de poliestireno se ha incluido en el ambiente de la construcción a nivel mundial, un ejemplo es EMMEDUE, que nace en 1981 y desde allí comienza una etapa de investigación y optimización de este sistema. En Ecuador, en los últimos 10 años se ha integrado en el mercado nacional la mampostería portante con alma de poliestireno, este sistema ha ido ganando campo en las construcciones y tomando lugar en el uso de sistemas alternativos de mamposterías, esto se debe principalmente a las facilidades constructivas que ofrece el sistema, tanto arquitectónicas, estructurales y de servicio.

Históricamente, el sistema de mampostería enchapada, no tiene mucha reseña incluso, inicialmente este sistema se consideraba en las restauraciones y reforzamientos de viviendas con mamposterías portantes, siendo el caso en el país vecino de Colombia, donde el sistema es nombrado como “Mampostería reforzada externamente” y precisamente detalla el uso en estructuras existentes o nuevas. El sistema de muro portante de enchape con malla electrosoldada no es común en la construcción nacional, sin embargo es una buena opción como sistema alternativo de mamposterías con materiales tradicionales ya que el bloque de hormigón, como antes se mencionó, es de fácil disponibilidad al igual que la malla electrosoldada y el hormigón para el enlucido.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

1.2.1. MAMPOSTERÍA PORTANTE CON ALMA DE POLIESTIRENO

1.2.1.1. Definición

El sistema constructivo se conforma por un alma de poliestireno con una morfología determinada para la recepción del enlucido. Considerado como un núcleo de

poliestireno expandido con características químicas que no permiten que sea un elemento tóxico, no se propaga con el fuego y se extingue por sí solo, es un elemento químicamente inerte, con densidades y morfologías variables. El poseer esta alma en el sistema de mampostería permite tener una facilidad para las instalaciones, que muchas veces ocupan el interior de las mamposterías, tales como: agua potable, hidrosanitarias, eléctricas, ventilación, etc. Además el sistema cuenta con una armadura de refuerzo, específicamente acero trefilado¹ y galvanizado, que se colocan en ambas caras del alma, recubiertas con hormigón o micro hormigón que cumpla las solicitudes. (M2 Emmedue Building System, 2012)

1.2.1.2. Proceso Constructivo

“En el sistema de paredes portantes M2, constituido por muros y losas en un conjunto de paneles estructurales de poliestireno expandido ondulado, con malla de acero galvanizado adosada en las caras del poliestireno y unidas por conectores.

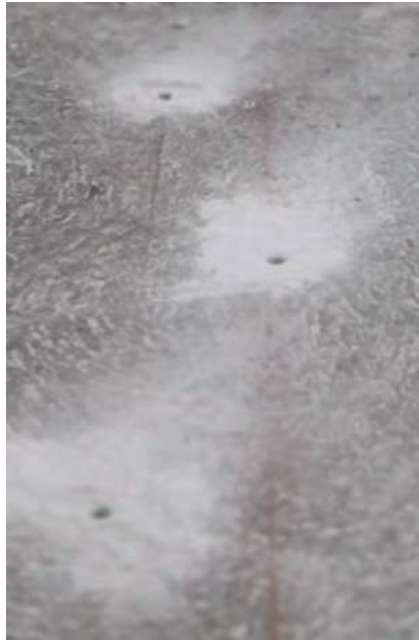
1. Cimentación.- La misma está construida de hormigón armado, como en el sistema de pórticos, en este caso se empieza con el timbrado de las líneas de anclaje sobre el contra piso en el cual se realizara las perforaciones para los anclajes o chicotes, al mismo tiempo se timbra las líneas de acabado de paredes, se coloca varillas las cuales se verifica y se corrige la verticalidad de los anclajes.

Las perforaciones para los anclajes se deben realizar en manera de zigzag cuando se tiene paneles simples, esto permite la correcta alineación del panel en las líneas marcadas anteriormente.

En caso de requerirse un panel doble, se procederá a realizar los anclajes en el eje de la sección.

¹ Estirado del alambre en frío para la reducción de su sección mediante el paso por medio de un orificio cónico.

FIGURA 1.1: PERFORACIONES PARA ANCLAJES DE MUROS EN CIMENTACIÓN.



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

FIGURA 1.2: COLOCACIÓN DE ANCLAJES.



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

Se prepara las varillas para los anclajes y los orificios, libres de partes sueltas u otros materiales extraños; la preparación del material epóxico es bajo recomendaciones del fabricante, el cual se inyectara utilizando una pequeña bomba o pistola manual de inyección.

FIGURA 1.3 COLOCACIÓN DE PANELES SOBRE ANCLAJES.



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla].

Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be.
(2013).

2. Instalación y Colocación de paneles.- Se coloca los paneles y se los amarra al menos dos amarres por chicote; los paneles deberán estar ubicados dentro de las líneas de anclaje. Se procede a lograr el amarre entre los mismos mediante conectores para lograr la homogeneidad y continuidad en paneles según las solicitudes de longitudes necesarias.

FIGURA 1.4 COLOCACIÓN Y UNIÓN DE PANELES.



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla].

Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be (2013)

Para la colocación de los paneles se recomienda empezar por una esquina de la edificación y se va adjuntando sucesivamente los paneles en los dos sentidos, formando cubos para las habitaciones, fijando los paneles a los anclajes; se debe considerar la verticalidad de las ondas, la correcta colocación y amarre o grapado de las alas de traslape de las mallas electrosoldadas, previamente se realiza el corte de los paneles para las aberturas de puertas y ventanas; para muros largos se debe colocar un panel transversal en cada cruce de paredes, para estabilizar el conjunto.

En las ventanas, puertas y aberturas se debe colocar refuerzos de malla electrosoldada en las esquinas a 45° para asegurar que no haya fisuras en dichas zonas.

Instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, etc.- La colocación de las diversas instalaciones se realizan mediante la depresión del panel de poliestireno y los tubos, dependiendo de su ancho, pueden requerir o no el cortado de la malla electrosoldada. Cabe mencionar que se debe dejar 4cm de espesor mínimo del panel de poliestireno para actuar como aislante. En el caso de que el grosor de los tubos de instalaciones sea más ancho que el panel, se procede a hacer cajones.

FIGURA 1.5 COLOCACIÓN DE REFUERZOS DE MALLA PARA VENTANAS.



FUENTE: Horni2, [horni2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

FIGURA 1.6 INSTALACIONES ELÉCTRICAS



FUENTE: Horni2, [horni2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

3. Hormigón lanzado en muros.- Los paneles son colocados y mediante la aplicación de mortero o micro hormigón a través de aparatos de impulsión neumática se obtiene el cerramiento vertical y horizontal inferior de la edificación. (Maldonado & Terán, 2014).

El hormigón se deberá lanzar en dos capas, ya que la primera sirve para la fijación de la malla y el acople de los elementos, y la segunda capa se hará un tiempo después para terminar el espesor considerado y tener un buen acabado del muro.

4. Losas.- El mismo procedimiento se realiza para las losas, la colocación se la realiza después de un apuntalamiento de losa, se consideran las instalaciones que necesitan ir por las losas y posterior a esto se realiza la respectiva fundición de losa con el lanzado de hormigón sobre la misma.

FIGURA 1.7 LANZADO DE PRIMERA CAPA DE HORMIGÓN EN MUROS



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla].

Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

FIGURA 1.8 LANZADO DE SEGUNDA CAPA DE HORMIGÓN EN MUROS



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

FIGURA 1.9 COLOCACIÓN DE LOSAS CON ALMA DE POLIESTIRENO



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

FIGURA 1.10 LANZADO DE HORMIGÓN INFERIOR DE LOSAS



FUENTE: Hormi2, [hormi2ecuador]. Sistema Constructivo [Captura de pantalla]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=c8_1WDYSpPE&feature=youtu.be. (2013).

1.2.2. MAMPOSTERÍA PORTANTE DE ENCHAPE CON MALLA ELECTROLODADA

1.2.2.1. Definición

El presente sistema constructivo se puede considerar como un sistema alternativo tradicional ya que posee materiales de fácil adquisición en el país, tanto en disposición como en costos. El sistema constructivo se conforma básicamente por un alma de unidades mampostería de bloque hueco de hormigón, los cuales se encuentran unidos por medio de un mortero; juntamente con esto se halla el enchape formado por un hormigón de baja resistencia conformando el recubrimiento de la mampostería y la malla electrosoldada la cual actúa como refuerzo. Este refuerzo se puede colocar a uno o ambos lados de la mampostería, según se requiera el refuerzo en los muros para satisfacer las solicitudes del estudio. (Fernández & Paredes, 2010).

1.2.2.2. Proceso Constructivo

Descripción.- Consiste en colocar sobre la pared un recubrimiento con mortero reforzado con malla electrosoldada.

Ejecución.- El proceso se detalla de la siguiente manera:

1. Cimentación.- Se dejarán varillas embebidas a manera de anclajes, en los puntos donde irá el enchape armado. Estos anclajes van separados cada 20 cm y tienen una altura de 40cm.

FIGURA 1.11 ANCLAJES PARA ANCLAJE DE MUROS DE ENCHAPE



FUENTE: Fernández & Paredes, Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo. (2010)

2. Elevación de mampostería.- Se coloca los bloques de mampostería, sean ladrillos o bloques de hormigón de manera trabada y con mortero de unión, tal como se realiza en mamposterías no portantes.
3. Conectores.- Cada 2 hiladas en caso de usar bloques y cada 4 hiladas en caso de usar ladrillos, se colocarán en el mortero fresco de la junta horizontal, una varilla de 4 mm de diámetro, recta, de una longitud igual al ancho de la pared

más 24 cm (12 cm a cada lado) para ganchos posteriores, como conector entre las dos mallas electrosoldadas. Los conectores irán cada 45 cm medidos horizontalmente y cada 40 cm medidos verticalmente.

Preparación de la superficie: Las paredes a ser enchapadas no deberán ser recubiertas con enlucidos.

FIGURA 1.12 PROCESO DE COLOCACIÓN DE LOS GANCHOS DE ANCLAJE



FUENTE: Fernández & Paredes, Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo. (2010)

4. Colocación de la malla electrosoldada.- Las mallas electrosoldadas se colocan en cada cara de la pared y se las sujeta entre sí mediante el doblado de cada extremo recto de las varillas de 4mm, formando ganchos de 10 cm de largo y doblados hasta topar la mampostería. La malla electrosoldada quedará en la mitad del espesor del enchape planificado y estará separada de la mampostería al menos 1.5cm, para que el mortero la rodee.

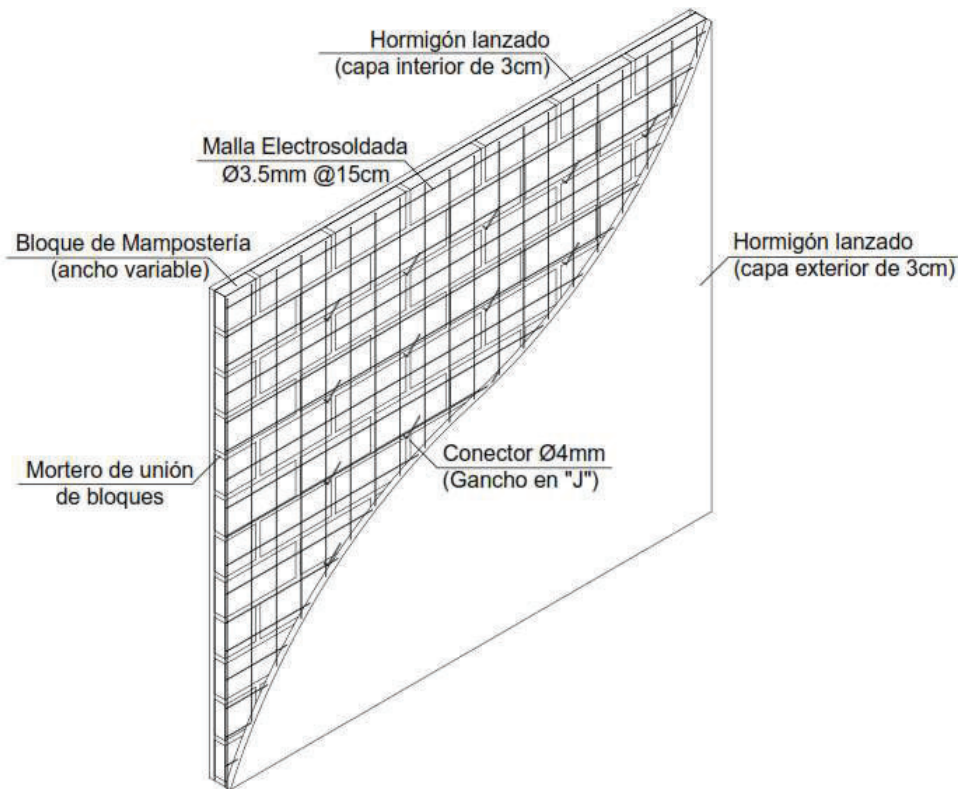
FIGURA 1.13 COLOCACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA

FUENTE: Fernández & Paredes, Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo. (2010)

5. Aplicación del mortero u hormigón.- Una vez fijada la malla electrosoldada se procede a cargar manualmente o lanzar mecánicamente, una capa de 4 cm de mortero u hormigón, formado por cemento, arena y chispa <10 mm, en proporción volumétrica 1:2:2 (cemento: arena: chispa) o 1:4 (cemento: arena), con una relación en peso de agua/cemento máxima de 0.5. Terminado el proceso de colocación del mortero, se pasará codal para igualar la superficie y luego se deberá curar el mortero de acuerdo a las normas de curado del ACI 301.

A continuación se muestra en la Figura 1.14 la estructura del muro de enchape a emplearse en el presente análisis, en donde se detallan los componentes como recubrimiento de las mamposterías, malla electrosoldada y los bloques que forman el alma de este sistema estructural.

FIGURA 1.14 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE



ELABORACIÓN: Daniel Lara

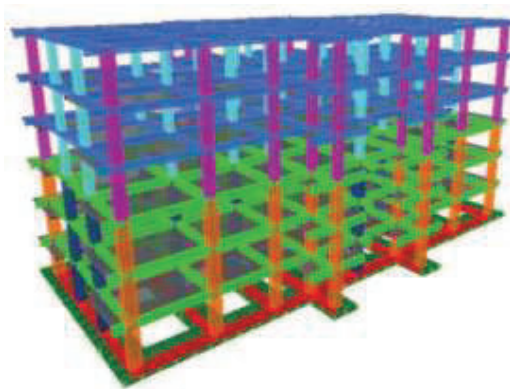
1.3. ESTUDIOS PREVIOS

El interés y la curiosidad por encontrar soluciones a las demandas existentes en el país han permitido que se desarrollen varias investigaciones previas con relación al tema propuesto. Es por esto que se hallan investigaciones en campos teóricos y experimentales en donde se desarrollan temas afines con el estudio presente, tales como:

“Análisis comparativo entre sistemas de pórticos y sistemas de paredes portantes de hormigón (m2) para un edificio de vivienda de 6 pisos” Maldonado P., Terán P. Este análisis es similar al presente, ya que permite analizar los sistemas contemporáneos con los sistemas tradicionales, como son los sistemas aporticados. Se realiza una comparación en todos los sectores de análisis, tales como estructural, constructivo y económico. Se concluye que el sistema de paredes

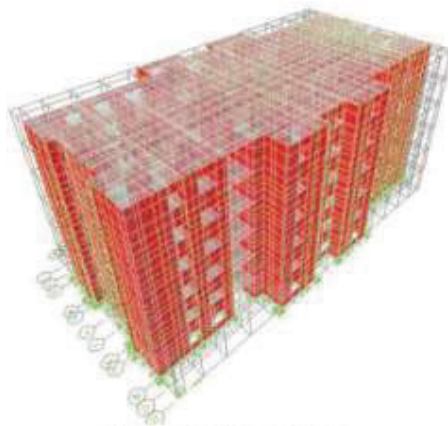
portantes de m2 es más eficiente por el uso de materiales y menor tiempo de ejecución por la eficiente distribución de personal. Los costos finales de cada sistema son de \$1'114.114,45 en el sistema aporticados y de \$424.273,15 en el sistema Emme Due, lo que representa gran diferencia en costos.

FIGURA 1.15 VISTA MODELO SISTEMA DE PÓRTICOS



FUENTE: Maldonado P., Terán P, “Análisis comparativo entre sistemas de pórticos y sistemas de paredes portantes de hormigón (m2) para un edificio de vivienda de 6 pisos”. (2014).

FIGURA 1.16 VISTA MODELO DE PAREDES PORTANTES M2



FUENTE: Maldonado P., Terán P, “Análisis comparativo entre sistemas de pórticos y sistemas de paredes portantes de hormigón (m2) para un edificio de vivienda de 6 pisos”. (2014).

“Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo”
Fernández L., Paredes P. Se realiza una investigación teórica y experimental sobre el sistema de mampostería enchapada con malla electrosoldada. Se realiza un prototipo con dimensiones de 3,70 metros y 2,50 metros, y se evalúa la efectividad de este sistema. Se puede resaltar que esta tesis permite conocer que este sistema alternativo responde de manera correcta a los ensayos de resistencia superando el 40% de su peso y llegando hasta el 100%, únicamente contando con malla de 3.5mm @15x15 cm y con una capa de enlucido en la pared interna.

FIGURA 1.17 PROTOTIPO DE EXPERIMENTO.



FUENTE: Fernández & Paredes, “Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo”. (2010)

FIGURA 1.18 ESPESOR FINAL DE MURO.

FUENTE: Maldonado P., Terán P, “Análisis comparativo entre sistemas de pórticos y sistemas de paredes portantes de hormigón (m2) para un edificio de vivienda de 6 pisos”. (2014).

“Estado del arte del sistema m2 para edificios de altura”. Velasteguí J. Estudio que permite conocer que el sistema de mampostería de alma de poliestireno, conocido como M2, actúa y responde de manera adecuada en una estructura de 8 pisos con ciertas consideraciones que evalúan la cantidad de acero en sus muros, espesores de recubrimiento de hormigón, resistencia de hormigón, resistencia del acero en mallas electrosoldadas, etc. Pero que en resumen permiten conocer que el sistema es apto para edificaciones de altura tomando las precauciones correspondientes.

FIGURA 1.19 MODELO DE 8 PISOS EN M2

FUENTE: Velasteguí, J. "Estado del arte del sistema m2 para edificios de altura". (2013)

Estas tres investigaciones han permitido que el presente trabajo tenga un respaldo documental en experiencias previas, demostrando que los sistemas en estudio pueden responder a las solicitaciones que se proponen en esta tesis. Además es meritorio el mencionar que la mayor solicitación que se posee en el país es la demanda que se tiene a las estructuras en el aspecto sísmico, ya que por estar en esta zona geográfica, se requiere de grandes dimensiones en los elementos de las estructuras para satisfacer los requisitos sísmicos y de servicio. Sin embargo el desarrollo de esta tesis permite que se considere las mamposterías portantes como elementos únicos de refuerzo en las estructuras ya que se conoce que los muros de corte son la mejor opción para las fuerzas laterales que se poseen para el cálculo de las estructuras en zonas sísmicas.

Además existe otra investigación que ayudará en la morfología de los muros portantes de este estudio, "*Análisis de relación de aspectos de muros estructurales*", la cual explica las múltiples relaciones y factores en donde prevalecen los efectos de corte o de flexión en los muros portantes. Esto es de mucha importancia ya que los muros que se desean proponer son de corte y en la propuesta arquitectónica se deberá tener en cuenta estos aspectos para que los muros trabajen en el campo que se desea proponer.

1.4. OBJETIVOS, ALCANCE Y METODOLOGÍA

1.4.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1.1. Objetivo General

Contribuir con resultados del análisis estructural-económico de los sistemas constructivos de muros portantes de hormigón armado con alma de poliestireno y enchape con malla electrosoldada.

1.4.1.2. Objetivos Específicos

1. Conocer los tiempos de ejecución piso a piso que generan los sistemas constructivos en una estructura propuesta.
2. Generar una base comparativa para el diseño de estructuras con mayores dimensiones.
3. Demostrar las características estructurales ante cargas verticales y laterales que ofrecen los sistemas constructivos en estudio, según el código NEC2015.

1.4.2. ALCANCE

Para delimitar el alcance del proyecto propuesto es necesario el planteamiento del problema con respecto al tema en los sistemas constructivos, revisando como se encuentra actualmente el problema y como puede cambiar esta realidad al intervenir la investigación.

Actualmente se posee diversos sistemas constructivos de mampostería portante en edificios, entre ellos se tiene varias tecnologías constructivas, tales como el sistema de muros portantes de hormigón armado con alma de poliestireno y recientemente se ha implementado la mampostería de enchape con malla electrosoldada.

Con el uso de estos 2 casos específicos de sistemas constructivos, se han generado dudas referentes a resistencias estructurales, comportamientos sísmicos,

tiempos de instalación y fabricación de la mampostería portante, lo que en el diseño se convierten en costos y esto determina principalmente el sistema constructivo a elegirse.

En el presente análisis se desea resolver estas dudas para poder conocer las ventajas y desventajas, comparadas en un escenario similar de un edificio tipo con una configuración arquitectónica determinada de cuatro pisos, lo cual puede ser la base para la construcción de estructuras eficientes y con menores costos y tiempos. El presente proyecto fue aprobado cuando la norma vigente aún no se encontraba certificada, esta es la razón por la cual al inicio se enuncia la NEC 2011, sin embargo toda la investigación realiza comparaciones y consideraciones en diseño con la presente y vigente Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

1.4.3. METODOLOGÍA

Para poder realizar una investigación sistematizada, se presenta a continuación un esquema general del proceso de investigación hasta la comparación final de los sistemas constructivos en estudio:

1. Definir los datos a recolectar de propiedades y características de cada uno de los sistemas constructivos a comparar.
2. Realizar el cálculo estructural de la estructura mediante la modelación en el software ETABS.
3. Comprobar los resultados dados usando el código NEC2015.
4. Detalle de rubros existentes y análisis de costos en la estructura.
5. Comparación de resultados entre los sistemas constructivos.

CAPÍTULO 2

MODELACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS TIPO PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN ESTUDIO

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Existen varios métodos y consideraciones para el cálculo y los diferentes análisis en una estructura, se va a definir la metodología a seguir durante este proyecto tomando ciertas facilidades en la elaboración y modelación de las estructuras.

2.1.1. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Estudios previos se han realizado para tomar en cuenta la influencia del alma de poliestireno en el sistema de muros portantes. Existe un estudio realizado por la empresa comercializadora presente en Ecuador (Panecons S.A.), en la que han realizado pruebas y ensayos correspondientes a este sistema constructivo.

Como conclusiones más importantes se puede considerar la determinación del Módulo de Elasticidad para los muros. Existen dos opciones a determinarse:

- a) Sección: considerar únicamente los espesores de recubrimiento tanto de muros como losas.

Módulo de Elasticidad: Considerar el Módulo de Elasticidad del Hormigón.

- b) Sección: considerar el alma y calcular mediante inercias equivalentes un ancho correspondiente.

Módulo de Elasticidad: Considerar un porcentaje experimental del 15% del Módulo de Elasticidad del Hormigón en muros y el 8% en losas con el mismo

sistema.²

Para el presente análisis por cuestiones de facilidad en modelación se va a presentar el método “a” previamente explicado, en el cual se tomarán como secciones en la modelación de los muros y losas los espesores respectivos, sin embargo posteriormente se determinará la influencia de uno u otro método mediante las comprobaciones pertinentes, principalmente la influencia de uno u otro método se analizará en las cuantías necesarias para refuerzo de los muros y losas.

Con respecto al sistema de muros de enchape, los estudios previos muestra buenos resultados considerando el ancho únicamente de los espesores de recubrimiento. Es así que se asumirán las secciones para la modelación de este sistema constructivo.

2.1.2. ANÁLISIS SÍSMICO

En la modelación que posteriormente se va a efectuar, se encuentran distintas maneras de realizar la repartición de fuerzas horizontales que son la representación de las fuerzas sísmicas. Principalmente se pueden considerar dos métodos, que son el Método del Coeficiente Sísmico y el Método de las Cargas de usuario las cuales se realiza por cálculo manual de las fuerzas horizontales.

En el presente proyecto se va a presentar el Método del Coeficiente Sísmico ya que es un poco más practicable en el ámbito de las modelaciones, sin embargo se harán comparaciones utilizando los dos métodos enunciados, principalmente en los valores que se obtengan en las derivas máximas.

Esta condición aplica para los dos sistemas constructivos en estudio.

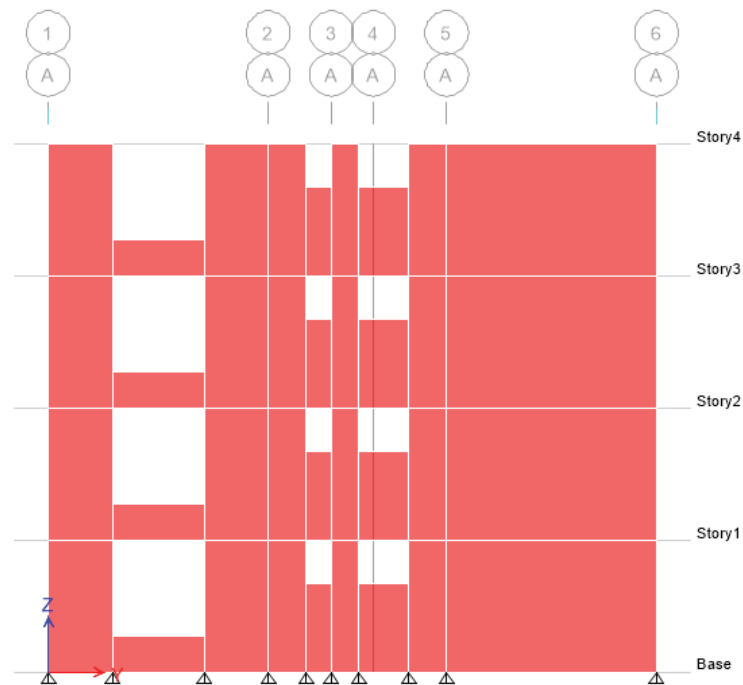
² Ing. Angel San Bartolomé. (2009). Evaluación Experimental del Sistema Constructivo “M2”. Lima, Perú.

2.1.3. ARQUITECTURA

El edificio a ser analizado posee entrepisos de 2.52m, con un total de 4 pisos para uso de viviendas y una terraza inaccesible, teniendo un total de 10.08m metros de edificación. Se tiene una simetría en planta, ya que los departamentos vendrían a ser espejos y en elevación no se tiene ninguna variación. El eje de simetría para el edificio en el sentido X es el Eje I.

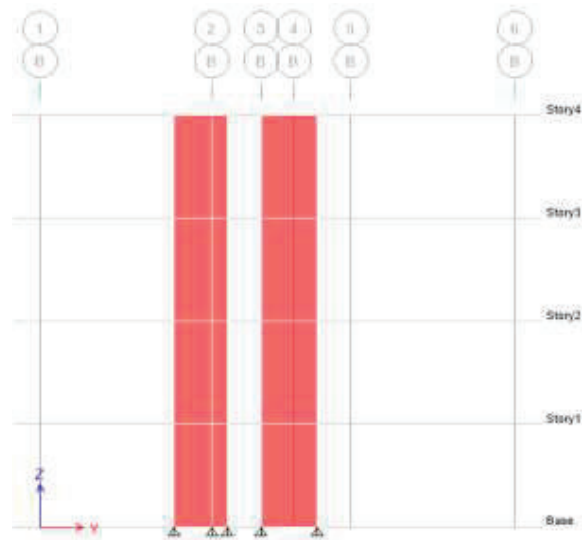
Los ejes estructurales son determinados principalmente por una cantidad considerable de densidad de muros, buscando siempre la simetría. A continuación se presentan la planta tipo de la estructura en estudio y los ejes estructurales considerados para la modelación:

FIGURA 2.1 SENTIDO Y - EJE A Y EJE Q



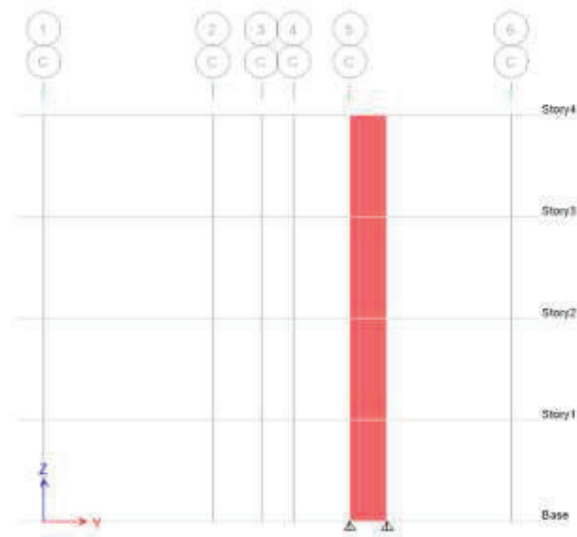
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.2 SENTIDO Y - EJE B Y EJE P

FUENTE: Programa ETABS

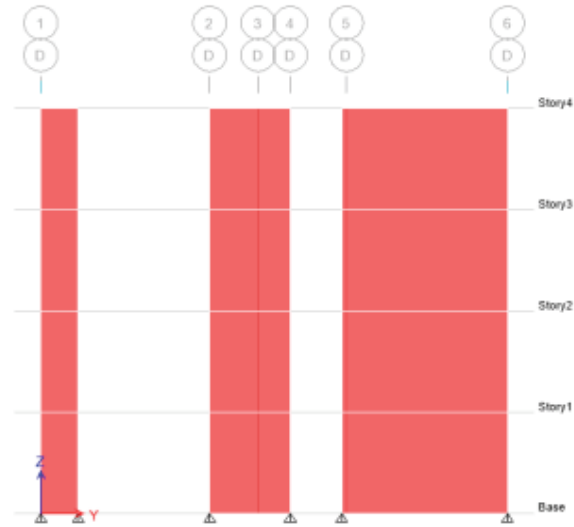
ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.3 SENTIDO Y - EJE C Y EJE O

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

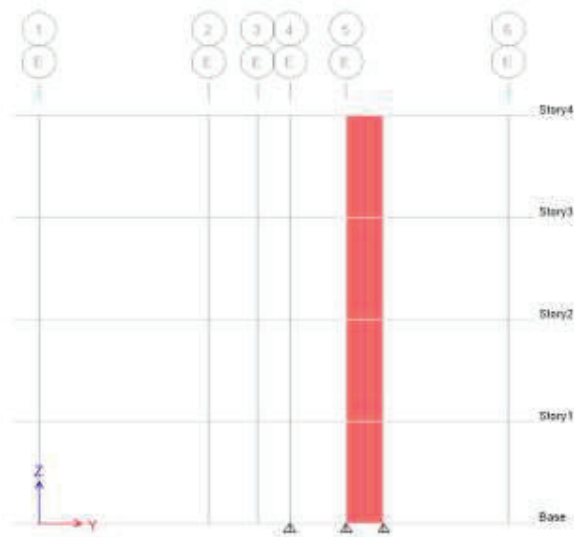
FIGURA 2.4 SENTIDO Y - EJE D Y EJE N



FUENTE: Programa ETABS

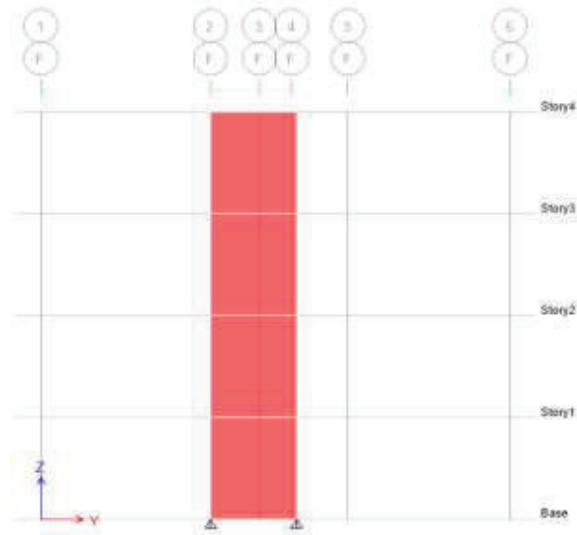
ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.5 SENTIDO Y - EJE E Y EJE M



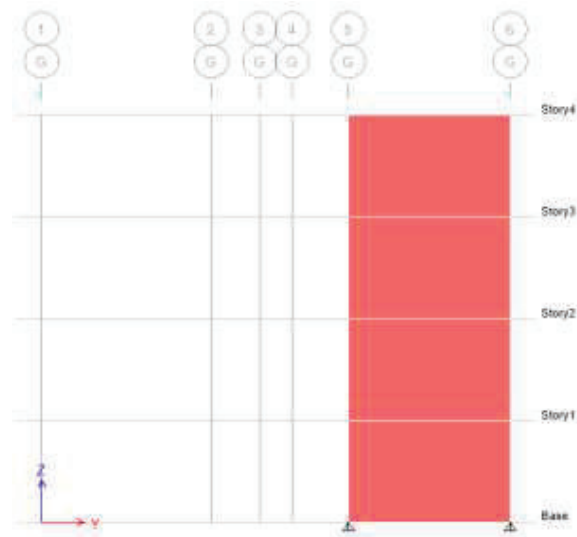
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.6 SENTIDO Y - EJE F Y EJE L

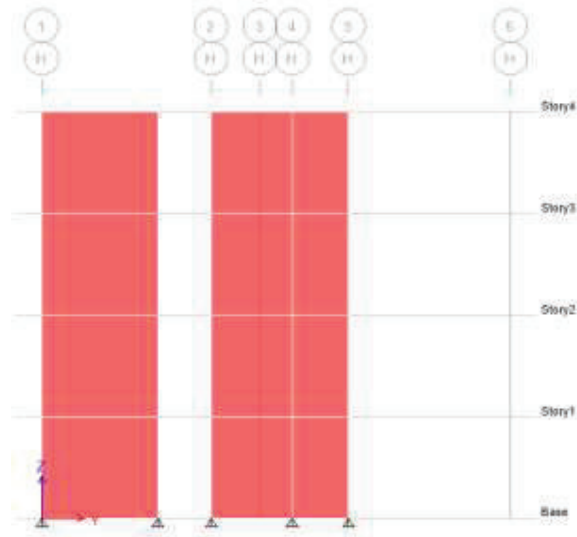
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.7 SENTIDO Y - EJE G Y EJE K

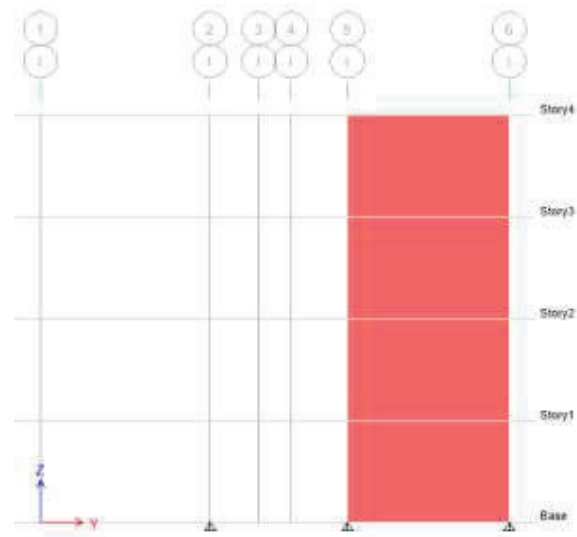
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.8 SENTIDO Y - EJE H Y EJE J

FUENTE: Programa ETABS

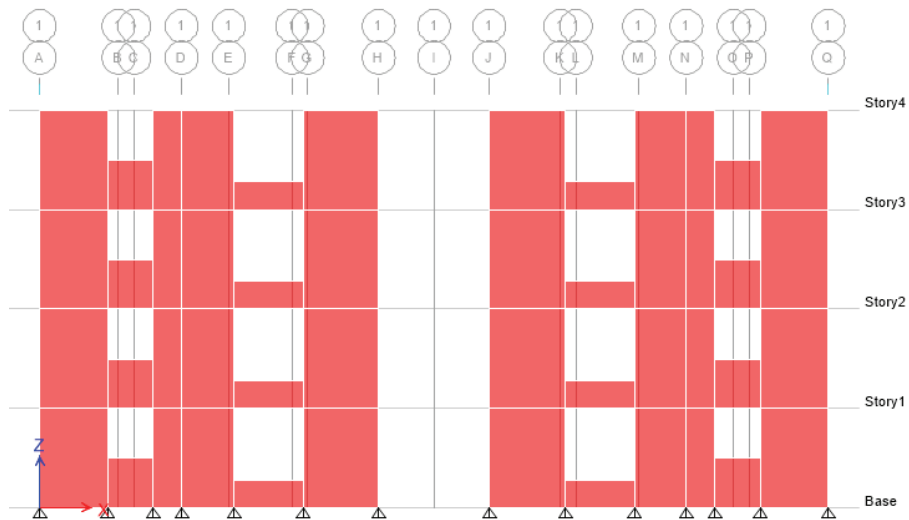
ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.9 SENTIDO Y - EJE I

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

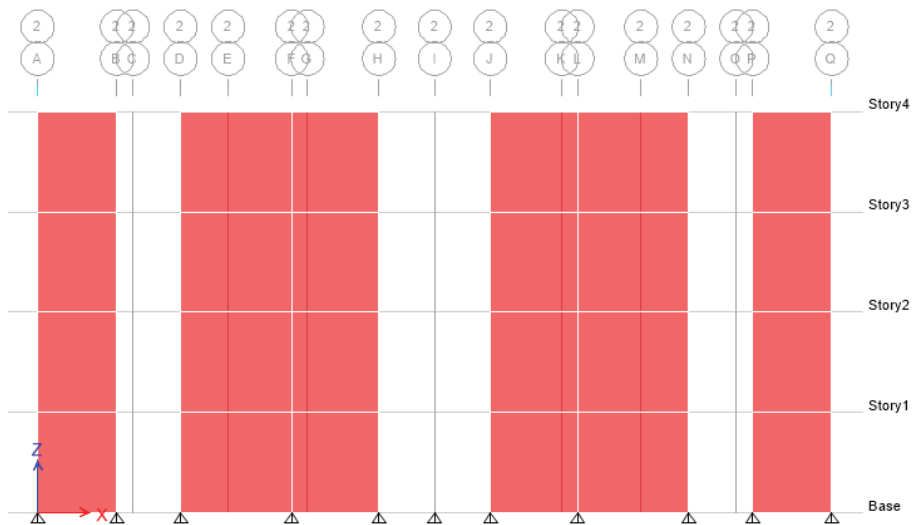
FIGURA 2.10 SENTIDO X – EJE 1



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

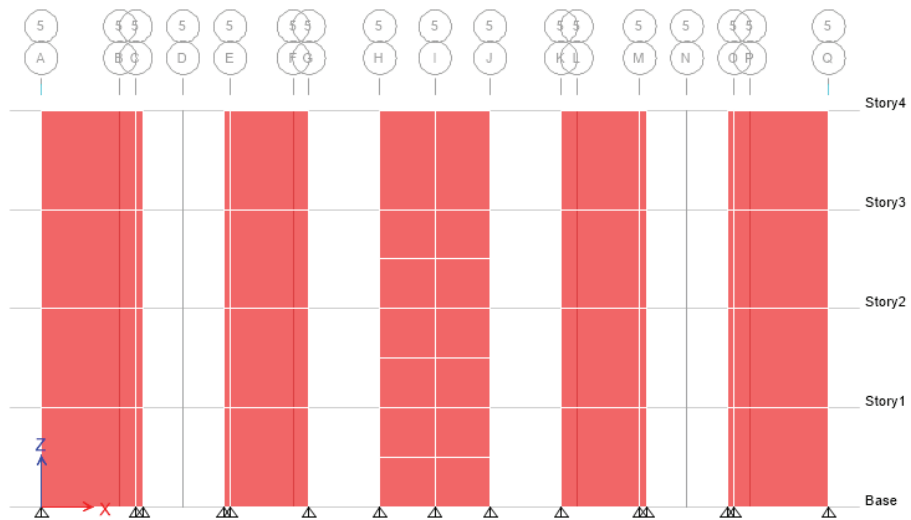
FIGURA 2.11 SENTIDO X - EJE 2



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

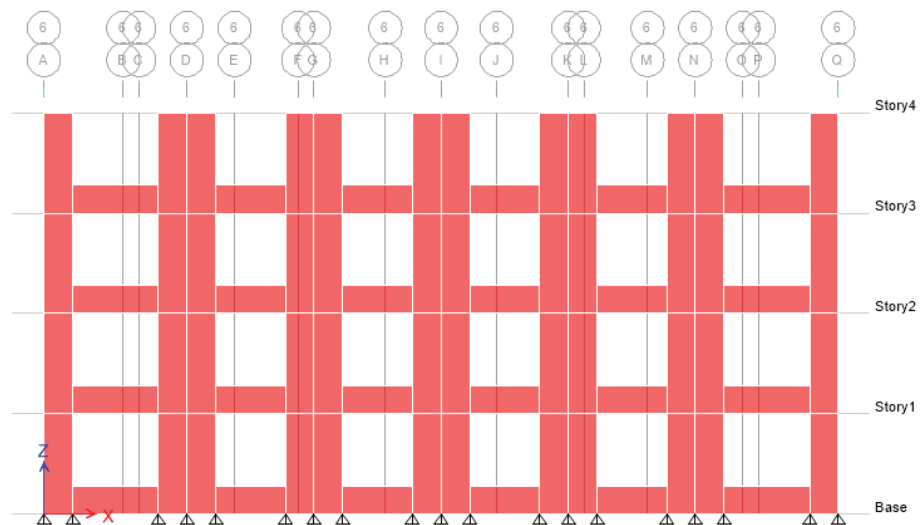
FIGURA 2.14 SENTIDO X - EJE 5



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

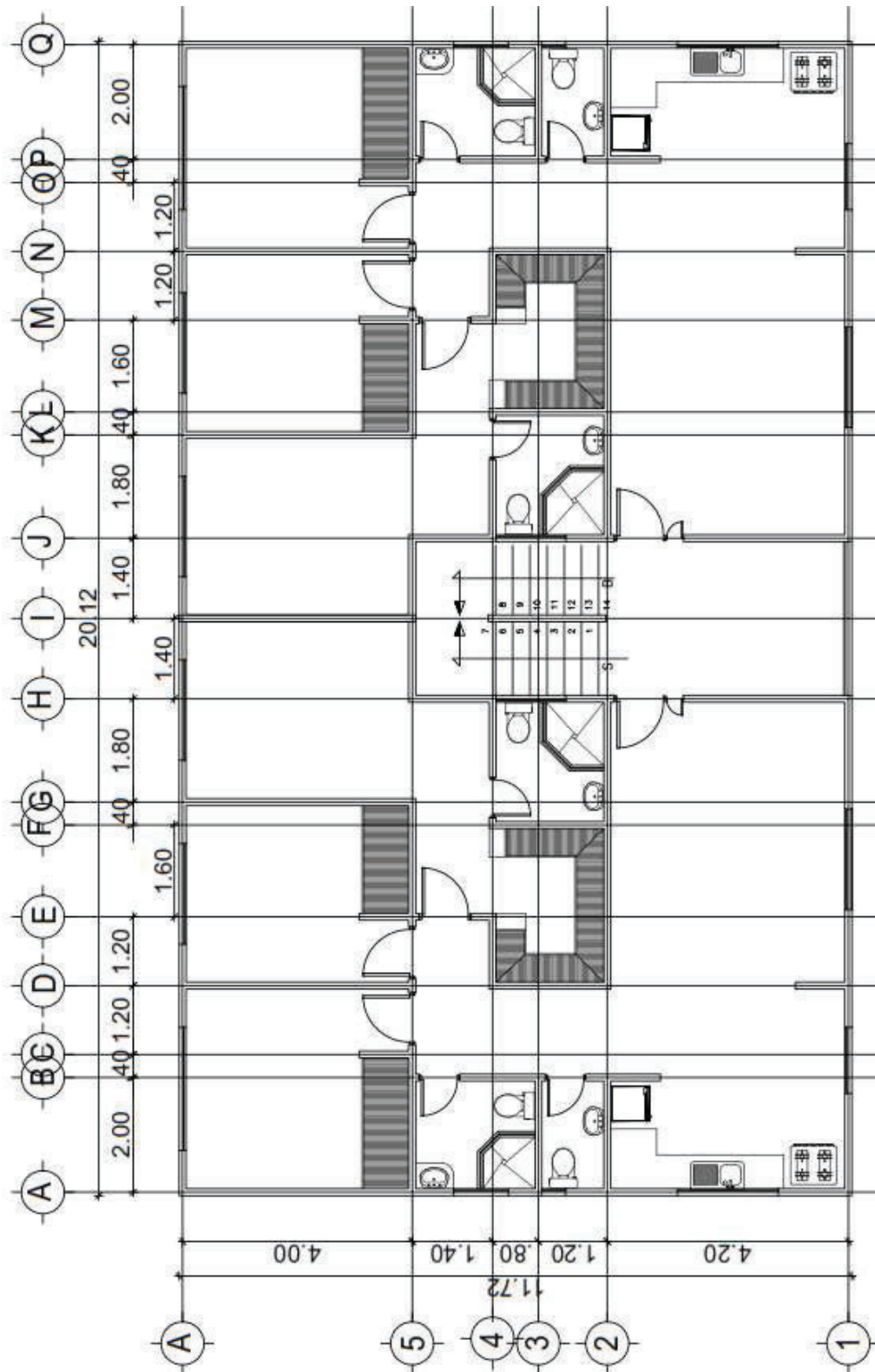
FIGURA 2.15 SENTIDO X - EJE 6



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.16 PLANTA TIPO DE LA ESTRUCTURA



ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.1.3.1. COMPROBACIÓN DE CUANTÍA DE MAMPOSTERÍAS PORTANTES EN EL EDIFICIO

Se realiza la comprobación tomando en cuenta el Área de Mamposterías Portantes en relación con el Área en planta, la cual normalmente debe estar entre el 1% según la NEC2015 en su capítulo de Vivienda.

FIGURA 2.17 ÍNDICE DE DENSIDAD DE MUROS EN CADA DIRECCIÓN

Número de Pisos	Sistema Constructivo	Índice de Densidad de muros en cada dirección en planta $d\% \geq A_w / A_p$
2	Muros Portantes reforzados	1.5%
1	Muros Portantes reforzados	1%
1 y 2	Sistemas Portantes Livianos	1%

FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Publicación: Vivienda. (2015)

Se procede a calcular las longitudes de muros en cada una de las direcciones, y luego con esta longitud y tomando el ancho correspondiente de las secciones de los muros, se tiene el área de muros en dirección X y en dirección Y.

En donde:

$d\%$ = densidad de muros en cada dirección en planta

A_w = Área de muros o mamposterías portantes.

A_p = Área en planta

CUADRO 2.1 LONGITUDES DE PAREDES REALES DEL PROYECTO

Lx (m)	Ly (m)	TOTAL (m)
55,55	69,2	124,75

ELABORACIÓN: Daniel Lara

$$\text{Área muros X} = 6.61 \text{ m}^2$$

$$\text{Área muros Y} = 8.30 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total en Planta} = 222.48 \text{ m}^2$$

$$A_x/A = dx \% = 2.97 \%$$

$$A_y/A = dy \% = 3.73 \%$$

Para el caso mostrado se demuestra que las densidades en las dos direcciones superan lo estipulado por la NEC2015 que para muros con alma de poliestireno la densidad de muros en cada dirección d% debe ser mayor al 1% y para muros de enchape la densidad de muros en cada dirección d% debe ser mayor a 1.5%. Por lo cual se asume que la cantidad de muros o mamposterías portantes en la edificación son suficientes.

2.2 MODELACIÓN

2.2.1 SISTEMA DE MAMPOSTERÍA PORTANTE CON ALMA DE POLIESTIRENO

A continuación se detalla las consideraciones que se realizan para la modelación de la estructura en el programa de cálculo ETABS. El proceso que se realiza es el siguiente:

2.2.1.1 Materiales

Para la presente modelación se va a usar hormigón lanzado para los recubrimientos tanto de mamposterías portantes como de las losas. A continuación se muestran las características del material:

CUADRO 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL - SISTEMA ALMA DE POLIESTIRENO

ITEM	PROPIEDAD	CANTIDAD	UNIDAD
HORMIGON LOSA Y MUROS	$f_c =$	2100	T/m ²
	$E =$	2173706,51	T/m ²
	$\gamma =$	2,40	T/m ³
	$\mu =$	0,20	
	$v =$	905711,05	T/m ²
ACERO	$f_y =$	50000,00	T/m ²

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Para estos cálculos se ha usado las siguientes fórmulas:

$$E = 15000 * \sqrt{f_c} \quad (2.1)$$

$$\mu = 0.2 \quad (2.2)$$

$$v = \frac{E}{2*(1+\mu)} \quad (2.3)$$

De donde:

E = Módulo de Elasticidad del Hormigón

f_c = Resistencia del hormigón

μ = Módulo de Poisson

v = Módulo de Corte o Cortante

FIGURA 2.18 PROPIEDADES DEL MATERIAL HORMIGÓN – SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Material Property Data dialog box showing properties for concrete. The 'Material Weight and Mass' section is highlighted with a red box, showing:

- Weight per Unit Volume: 0,000002 kgf/cm³
- Mass per Unit Volume: 0,000002 kgf/cm³

0,0024	kgf/cm ³
0,000002	kgf-s ² /cm ⁴
217370,65	kgf/cm ²
0,2	
0,0000099	1/C
90571,1	kgf/cm ²

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.19 PROPIEDADES DEL MATERIAL ACERO – SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Material Property Data dialog box showing properties for steel. The 'Material Weight and Mass' section is highlighted with a red box, showing:

- Weight per Unit Volume: 0,00785 kgf/cm³
- Mass per Unit Volume: 0,000008 kgf/cm³

0,00785	kgf/cm ³
0,000008	kgf-s ² /cm ⁴
2100000	kgf/cm ²
0,0000117	1/C

FUENTE: Programa ETABS

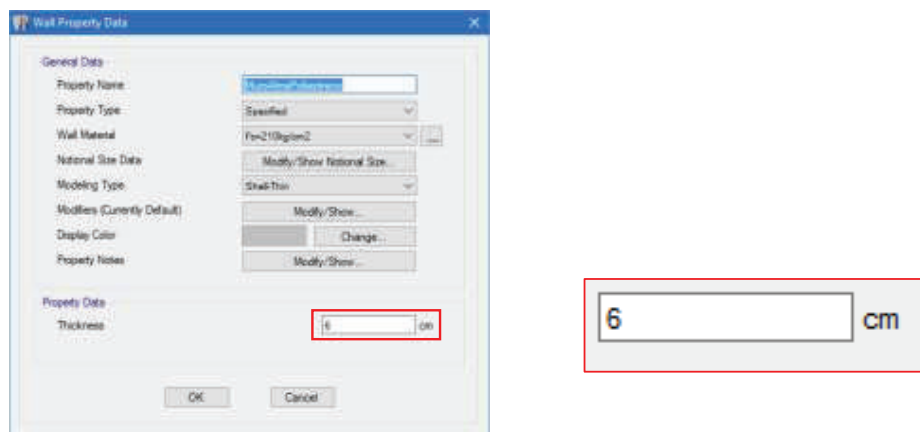
ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.1.2 Secciones

2.2.1.2.1 Mampostería

Se procede a colocar el ancho correspondiente a los morteros o recubrimientos usados en ambas caras de los muros, que corresponde a 3 cm por cada lado, en total una sección tipo *Shell* de 6 cm con el material previamente definido $f'c=210$ Kg/cm².

FIGURA 2.20 PROPIEDADES DE LA SECCIÓN – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO



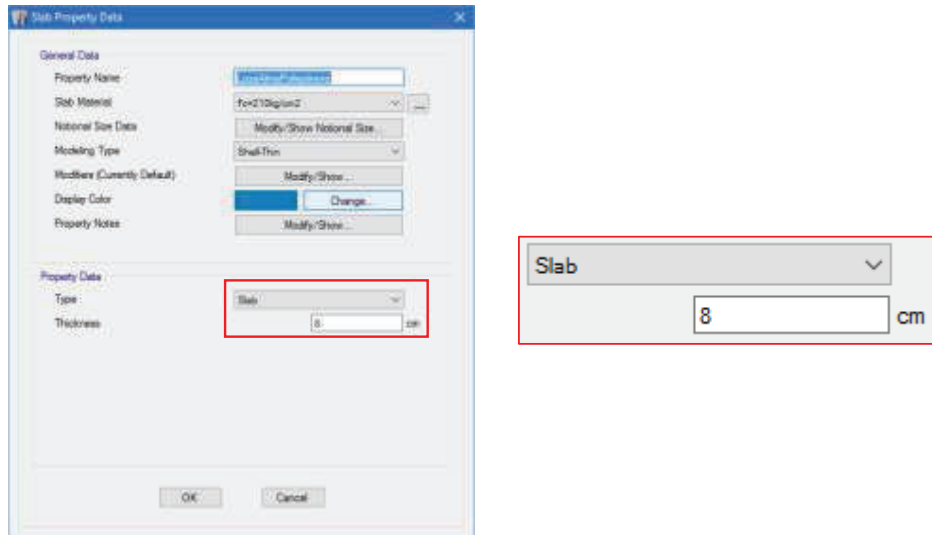
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.1.2.2 Losa

Al igual que en el caso de los muros, se utiliza el mismo principio para determinar el peralte de la losa, el cual corresponde a 5cm de recubrimiento en la zona de compresión y 3cm en la zona de tracción, en total 8cm de peralte de losa, con sección tipo *Slab* con el material anteriormente enunciado $f'c= 210$ kg/cm².

FIGURA 2.21 PROPIEDADES DE LA SECCIÓN – LOSA CON ALMA DE POLIESTIRENO



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.2 SISTEMA DE MAMPOSTERÍA PORTANTE DE ENCHAPE CON MALLA ELECTROSOLDADA

A continuación se detalla las consideraciones que se realizan para la modelación de la estructura en el programa de cálculo ETABS. El proceso que se realiza es el siguiente:

2.2.2.1 Materiales

Para la mampostería enchapada, se va a usar un material con las siguientes características:

CUADRO 2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL – SISTEMA MUROS DE ENCHAPE

HORMIGON LOSA Y MUROS	$f_c =$	2100,00	T/m ²
	$E =$	2173706,51	T/m ²
	$\gamma =$	2,4	T/m ³
	$\mu =$	0,2	
	$\nu =$	905711,05	T/m ²
ACERO	$f_y =$	50000,00	T/m ²

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.22 PROPIEDADES DEL MATERIAL HORMIGÓN – SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box with the following values entered:

- Material Name: CONCRETO
- Material Type: Concrete
- Directional Symmetry Type: Isotropic
- Material Display Color: (Grey)
- Material Notes: (Empty)
- Material Weight and Mass:
 - Specify Weight Density: (Selected)
 - Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s³/m³
- Mechanical Property Data:
 - Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.2
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 - Shear Modulus, G: 905711.05 tonf/m²

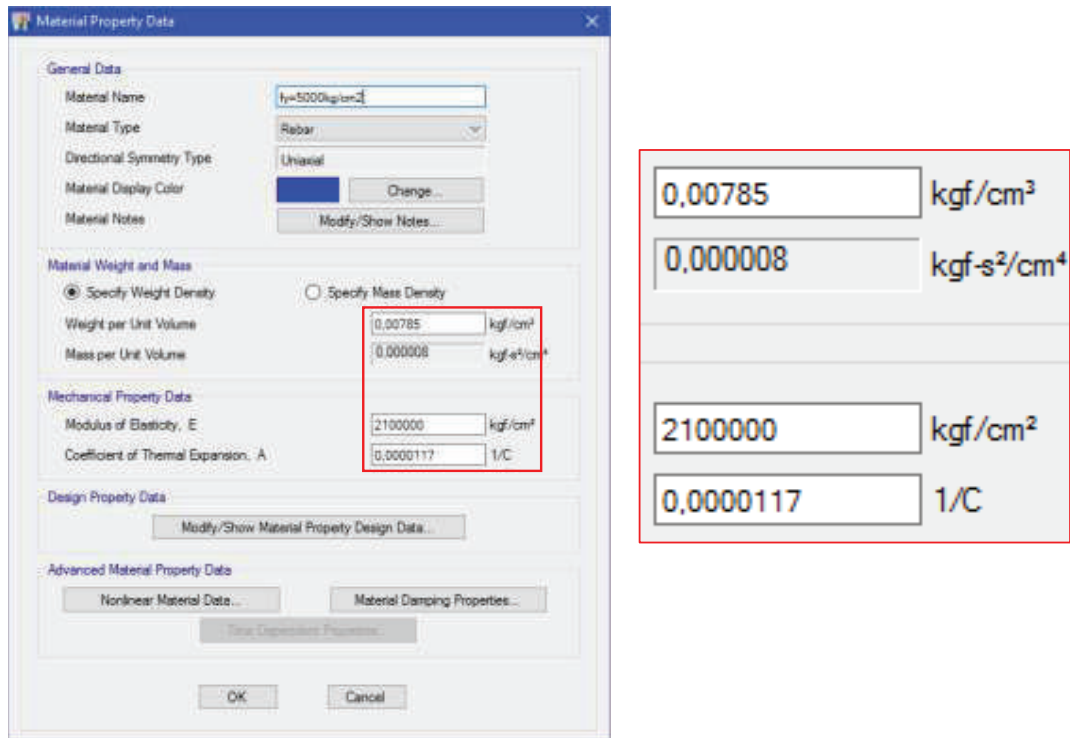
The values 2.4, 0.244732, 2173706.51, 0.2, 0.0000099, and 905711.05 are highlighted in a red box in the original image. A separate table to the right of the dialog box lists these values with their units:

2,4	tonf/m ³
0,244732	tonf-s ³ /m ³
2173706,51	tonf/m ²
0,2	
0,0000099	1/C
905711,05	tonf/m ²

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.23 PROPIEDADES DEL MATERIAL ACERO – SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.2.2 Secciones

2.2.2.2.1 Mampostería

Se procede a colocar el ancho correspondiente a los morteros o recubrimientos usados en ambas caras de la mampostería, que corresponde a 3 cm por cada lado, en total una sección tipo *Shell* de 6 cm con el material previamente definido $f'c=210$ Kg/cm².

FIGURA 2.24 PROPIEDADES DE LA SECCIÓN – MUROS DE ENCHAPE

The image shows a software dialog box titled "Wall Property Data". It is divided into two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: MuroEnchapado
- Property Type: Specified
- Wall Material: f'c=210kg/cm2
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Shell-Thin
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A green color swatch with a "Change..." button.
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data:

- Thickness: 6 cm

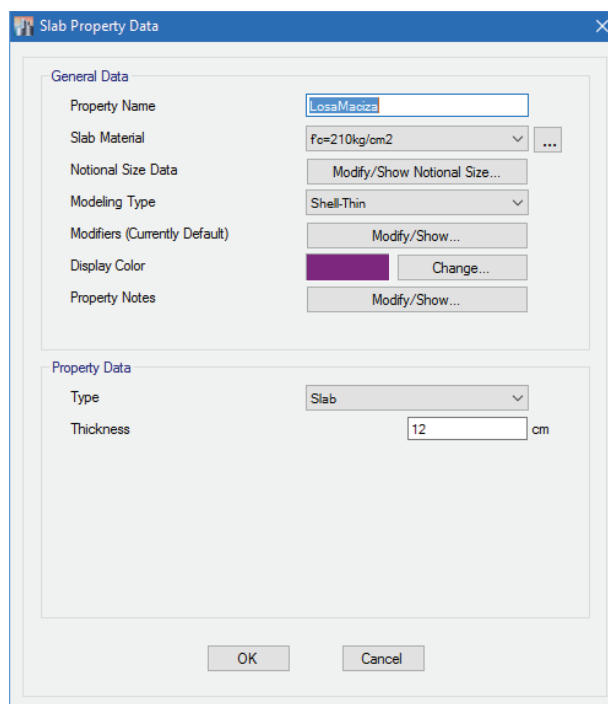
At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.2.2.2 Losa

Se considera una losa maciza de 12 cm, para lo cual se utiliza una sección de tipo *Slab* con un espesor o peralte de 12 cm y el material previamente usado $f'c = 210$ kg/cm².

FIGURA 2.25 PROPIEDADES DE LA SECCIÓN – LOSA MACIZA

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.3 CARGAS

Para el análisis de cargas a usar en el presente modelo, se consideran las siguientes cargas:

2.2.3.1 Carga muerta (DEAD)

El peso propio de la estructura lo calculará el programa y para lo cual únicamente se considerarían los pesos de recubrimiento, acabados de pisos e instalaciones en cada piso.

Para los pisos tipo se determina la siguiente Carga Muerta:

CUADRO 2.4 DETALLE CARGAS MUERTAS – PISOS TIPO

DETALLE	PESO (kg/m²)
Recubrimiento	110,00
Cerámica	22,00
Instalaciones	34,00
	166,0

CARGA MUERTA = 0,166 T/m²

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Peso recubrimiento = $2200 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0.05 \text{ m} = 110,00 \text{ kg/m}^2$

Peso cerámica/baldosa, según NEC 2015 = 22,00 kg/m²

Instalaciones sanitarias, eléctricas, etc. aproximado = 34,00 kg/m²

Para la cubierta inaccesible se establece la siguiente Carga Muerta:

CUADRO 2.5 DETALLE CARGAS MUERTAS – PISO DE CUBIERTA

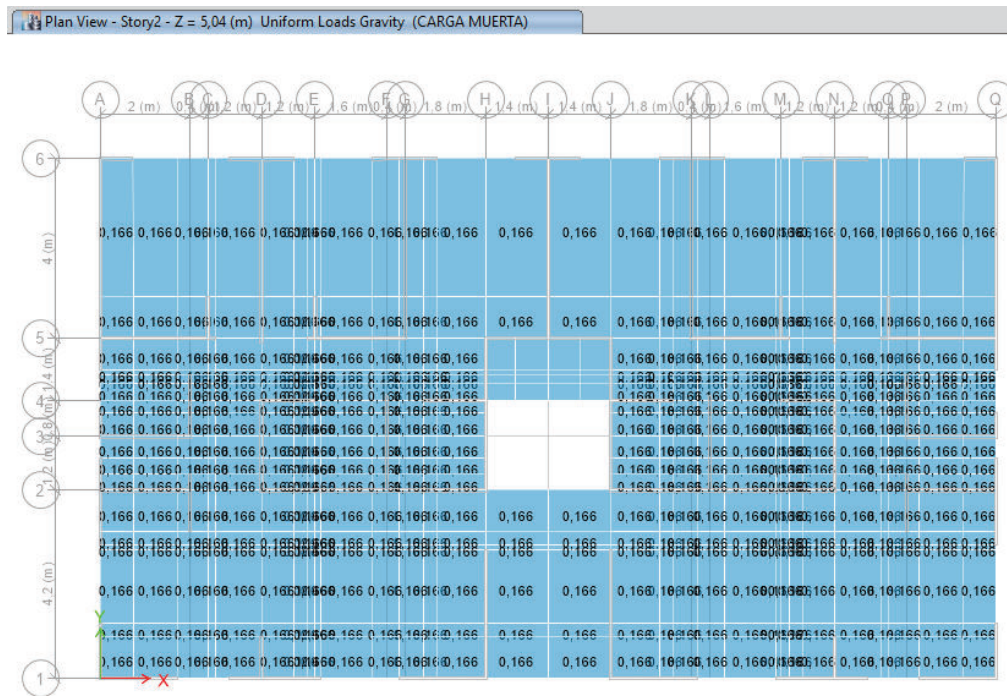
DETALLE	PESO (kg/m²)
Recubrimiento de impermeabilización	66,00
Cerámica	0,00
Instalaciones	0,00
	66,00

CARGA MUERTA = 0,066 T/m²

ELABORACIÓN: Daniel Lara

A continuación se muestra el ingreso de la Carga Muerta en el piso 2:

FIGURA 2.26 INGRESO DE CARGA MUERTA – PISOS 2,3 Y 4



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

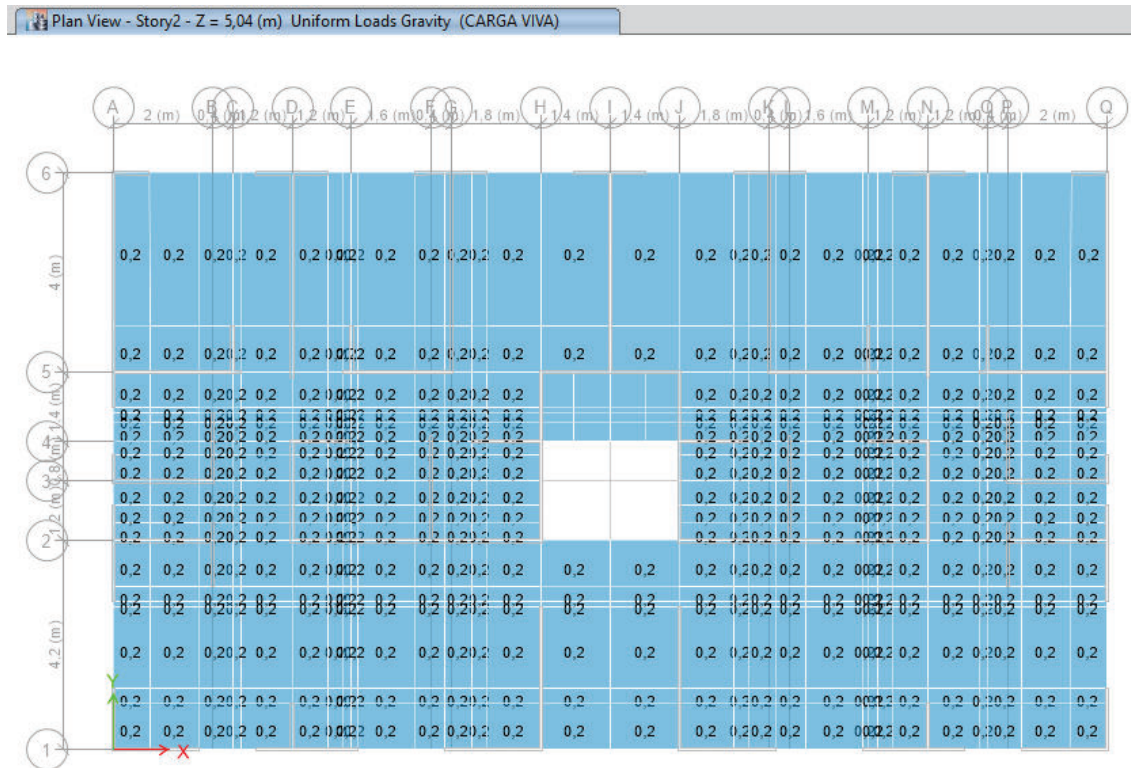
2.2.3.2 Carga viva (LIVE)

Se considera una carga para viviendas de 200 kg/m² en los pisos correspondientes.

$$\text{CARGA VIVA} = 0,200 \text{ T/m}^2$$

A continuación se muestra el ingreso de la Carga Viva en el piso 2:

FIGURA 2.27 INGRESO DE CARGA VIVA – PISOS 2,3 Y 4



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.3.3 Combinación de cargas

Se utiliza las combinaciones de cargas que brinda la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Capítulo de Cargas (No sísmicas).

- 1) 1.4 D
- 2) 1.2 D + 1.6 L + 0.5 max[Lt; S; R]
- 3) 1.2 D + 1.6 max[Lt; S; R] + max[L; 0.5W]
- 4) 1.2 D + 1.0 W + 1.0 L + 0.5 max[Lt; S; R]

- 5) $1.2 D + 1.0 E + 1.0 L + 0.2S$
- 6) $0.9 D + 1.0 W$
- 7) $0.9 D + 1.0 E$

Para lo cual se ingresa el programa ETABS las siguientes cargas, seleccionando las que corresponden al estudio:

FIGURA 2.28 CARGAS INGRESADAS PARA ANÁLISIS

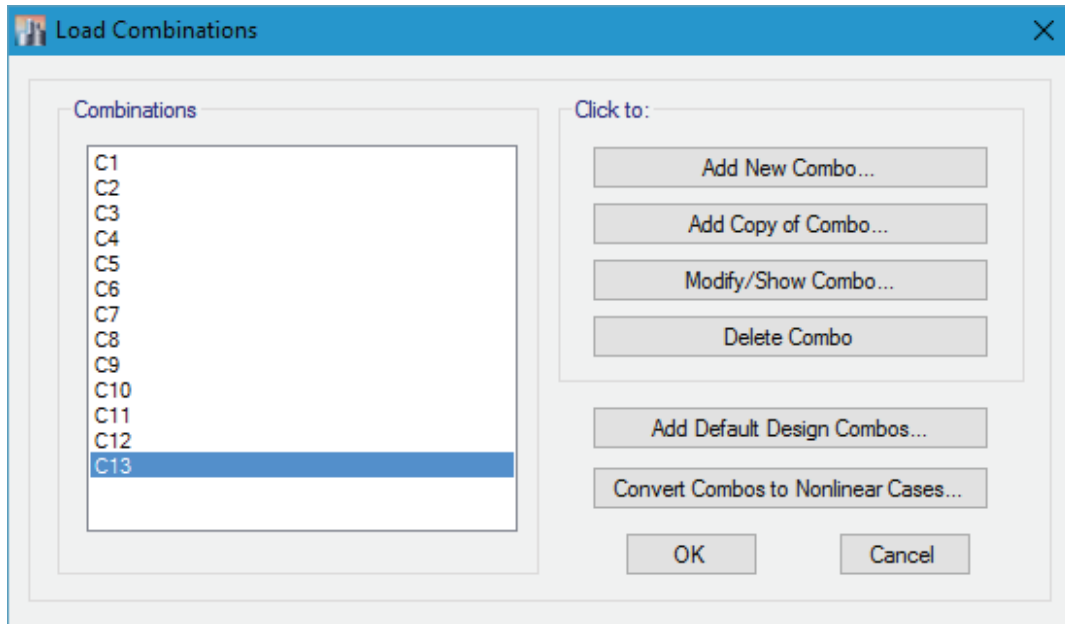
Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
CARGA MUERTA	Dead	1	
CARGA VIVA	Live	0	
SISMO X	Seismic	0	User Coefficient
SISMO Y	Seismic	0	User Coefficient

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Y se tienen las siguientes combinaciones con las variantes respectivas de sismos en las dos direcciones y en los dos sentidos:

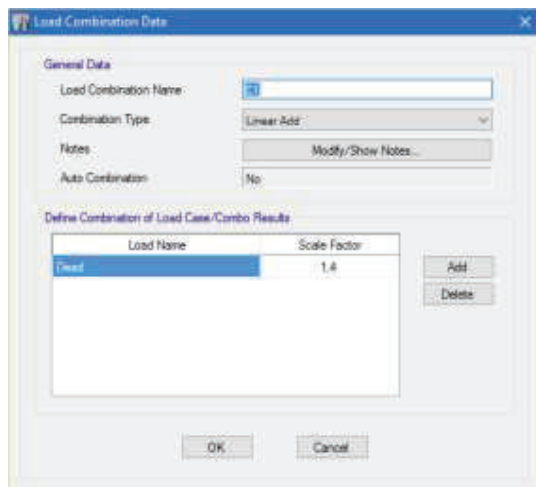
FIGURA 2.29 COMBINACIONES DE CARGAS INGRESADAS



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

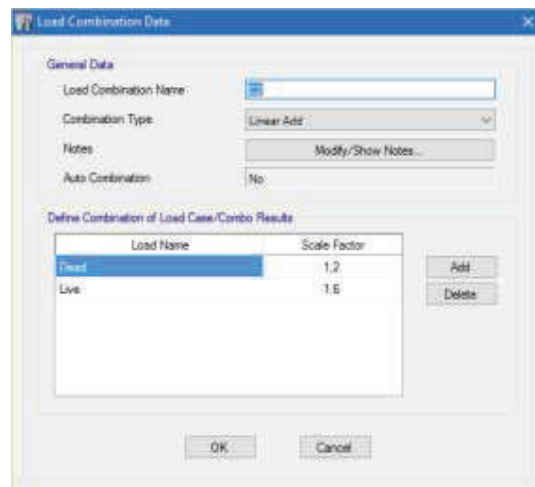
FIGURA 2.30 COMBINACIÓN 1



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

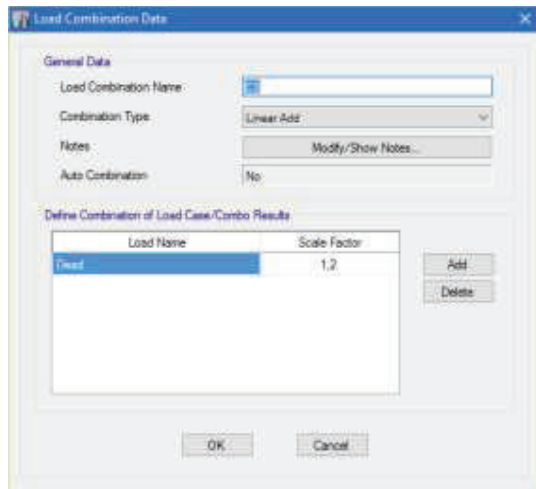
FIGURA 2.31 COMBINACIÓN 2



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

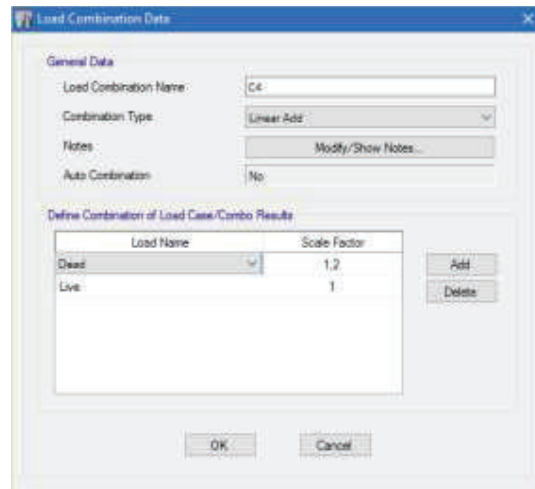
FIGURA 2.32 COMBINACIÓN 3



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

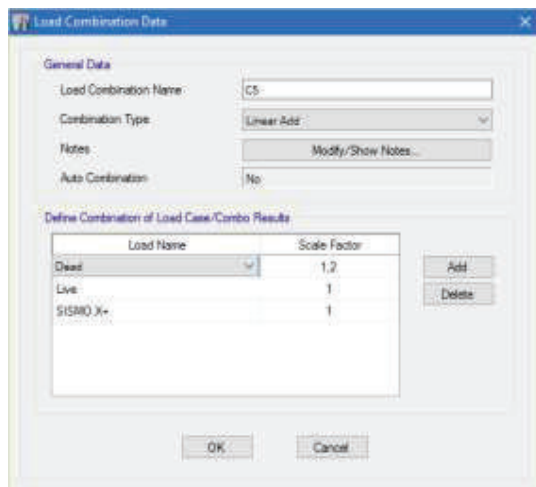
FIGURA 2.33 COMBINACIÓN 4



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

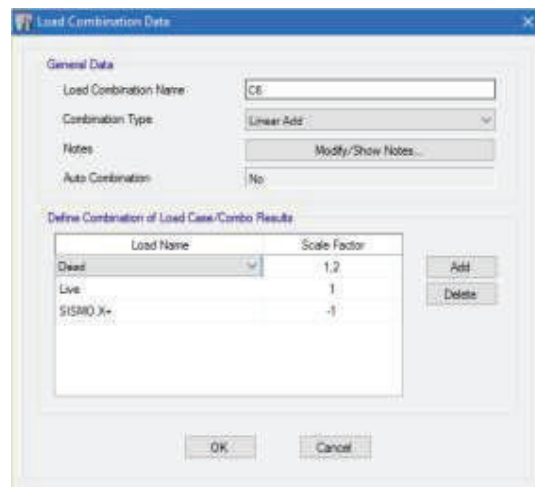
FIGURA 2.34 COMBINACIÓN 5



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.35 COMBINACIÓN 6



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.36 COMBINACIÓN 7

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C7

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
Live	1
SISMO Y+	1

OK Cancel

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.37 COMBINACIÓN 8

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C8

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
Live	1
SISMO Y+	-1

OK Cancel

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.38 COMBINACIÓN 9

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C9

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	0.9

OK Cancel

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.39 COMBINACIÓN 10

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C10

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	9
SISMO X+	1

OK Cancel

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.40 COMBINACIÓN 11

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C11

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1
SISMO X+	-1

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.41 COMBINACIÓN 12

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C12

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1
SISMO Y+	1

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 2.42 COMBINACIÓN 13

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: C13

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1
SISMO Y-	-1

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

FUENTE: Programa ETABS

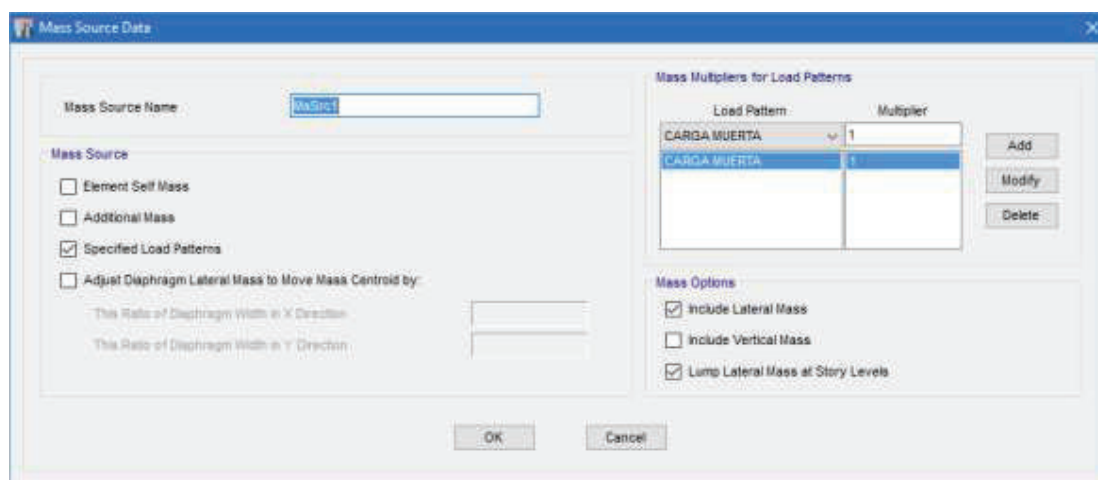
ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.4 FUENTE DE MASA

Para tener la repartición correcta de la carga sísmica en los diferentes pisos de la estructura, se configura el “Mass Source” tomando en cuenta las cargas repartidas presentes y asignadas en las losas.

Esto se realiza en los dos sistemas de muros portantes de la misma manera:

FIGURA 2.43 MASS SOURCE – FUENTE DE MASA PARA AMBOS SISTEMAS



FUENTE: Programa ETABS

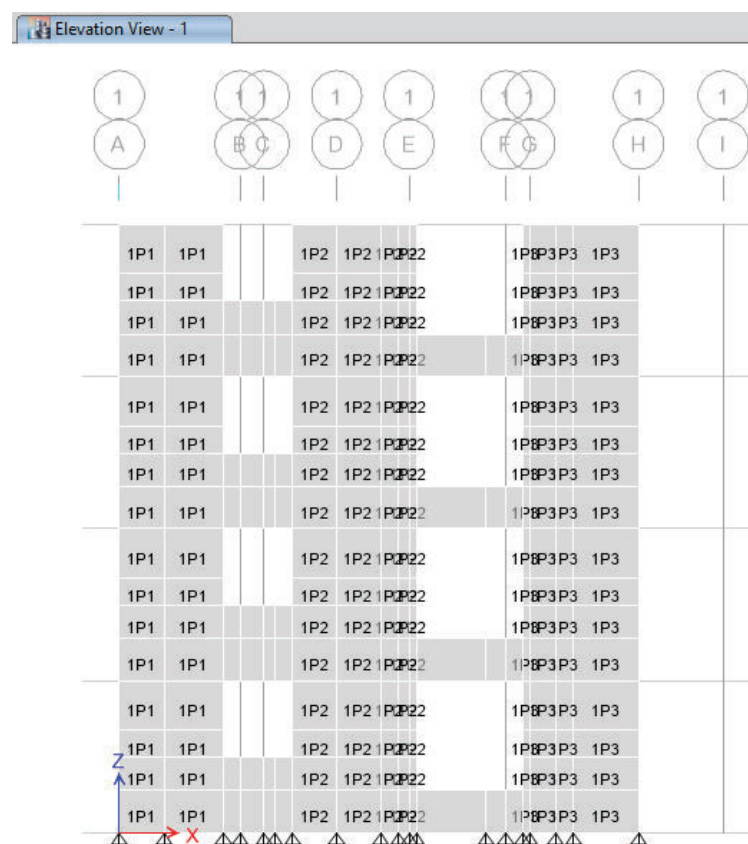
ELABORACIÓN: Daniel Lara

2.2.5 ASIGNACION DE MUROS PIERS - SPANDREL

Para que los muros portantes se consideren como tal en el programa ETABS, es decir que los miembros trabajen de manera Axial, se configura el muro y se asigna la característica de Muro PIER, y para los pequeños muros que se encuentran en los antepechos de ventanas o como dinteles de puertas se considera como Muros SPANDREL, ya que estos trabajarán a flexión en el análisis.

Para la asignación de muros *Pier*, se toma los muros de pie a cabeza y se le asigna un numero o nombre, en este caso se coloca de la siguiente manera: Eje, P (*Pier*) – Numero de *Pier* en el Eje, por ejemplo el tercer muro del Eje 1 se llamará de la siguiente manera: 1P3. Esto se realiza en los dos sentidos tanto X como Y. En total se tienen 31 tipos de muros *Pier* en el eje Y y 28 tipos de muros *Pier* en el eje X:

FIGURA 2.44 EJEMPLO DE ASIGNACIÓN DE MUROS PIER

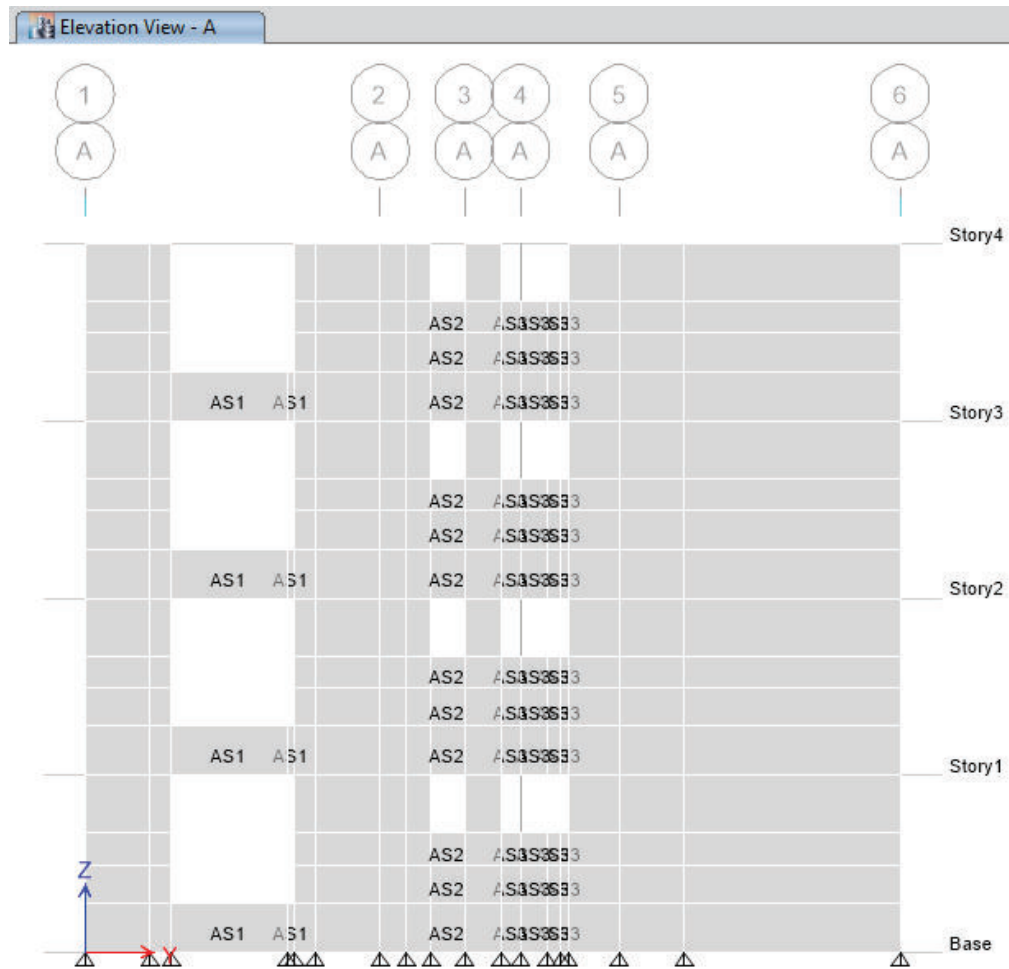


FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

De igual manera se consideró para los muros de tipo Spandrel, tomando el Eje, Spandrel y el número de Spandrel en el Eje. Por ejemplo en el segundo muro del eje A se colocará el nombre de AS2. En total se tienen 6 muros tipo Spandrel en el eje Y y 10 muros de tipo Spandrel en el eje X:

FIGURA 2.45 EJEMPLO DE ASIGNACIÓN DE MUROS SPANDREL



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

CAPÍTULO 3

CÁLCULO ESTRUCTURAL Y SÍSMICO PARA EDIFICIOS TIPO CON LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN ESTUDIO

3.1. CORTE BASAL

Para el presente análisis se va a considerar la modelación en el programa ETABS mediante Coeficientes de usuario “User coefficient”, es decir, se usa el porcentaje del peso total de la estructura a ser repartido en cargas horizontales. Este cálculo se lo realiza siguiendo las indicaciones y recomendaciones establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Capítulo de Peligro Sísmico Diseño Sismo resistente.

El corte basal se lo puede obtener de la siguiente expresión:

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_p * \phi_E} * W \quad (3.1)$$

Donde:

Sa (Ta) = Espectro de diseño en aceleración

ϕ_P y ϕ_E = Coeficientes de configuración en planta y elevación

I = Coeficiente de importancia

R = Factor de reducción de resistencia sísmica

V = Cortante basal total de diseño

W = Carga sísmica reactiva

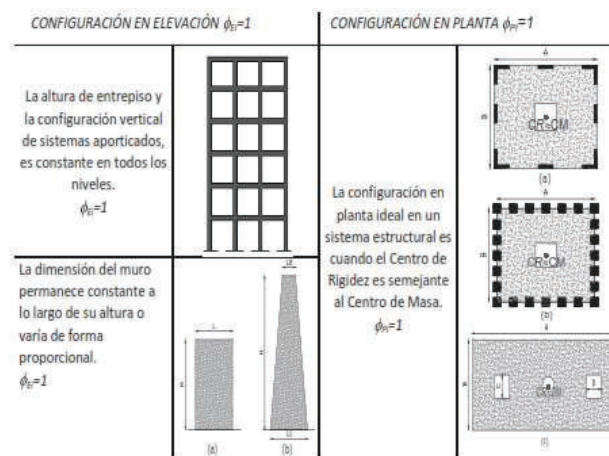
Ta = Período de vibración

Se acude a las tablas anexas para coeficiente referente a la estructura en estudio:

Coeficiente de Regularidad en Planta: 1

Coeficiente de Regularidad en Elevación: 1

FIGURA 3.1 CONFIGURACIÓN IDEAL – ELEVACIÓN Y PLANTA



FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo: Peligro Sísmico. (2015)

Factor de Importancia I:

Se toma el valor de $I = 1$ ya que es una estructura para vivienda.

FIGURA 3.2 FACTOR DE IMPORTANCIA I

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieran operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo: Peligro Sísmico. (2015)

Factor de reducción de resistencia sísmica: R

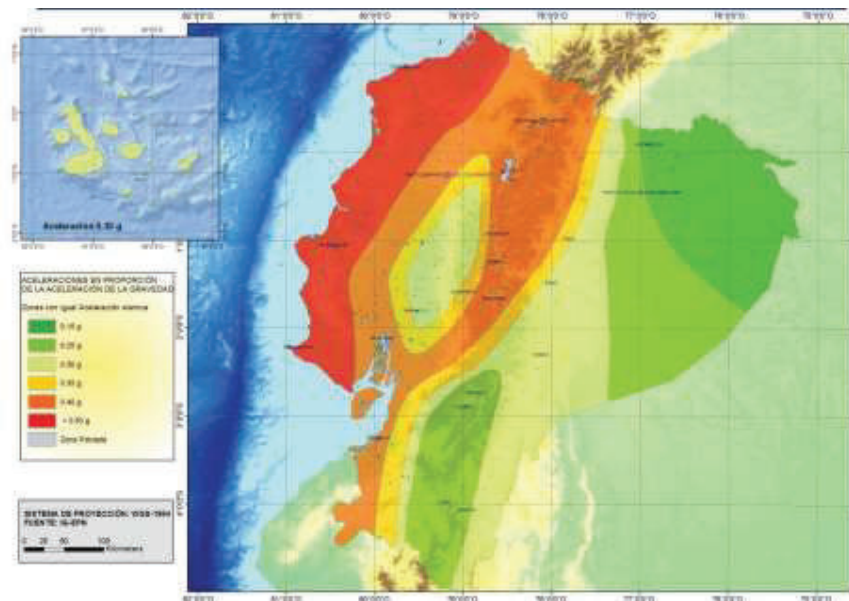
Se toma el valor de $R = 3$ debido a que los sistemas en estudio son considerados como ductilidad limitada, y corresponde a una estructura de vivienda de hasta 4 pisos.

FIGURA 3.3 COEFICIENTE R

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo: Peligro Sísmico. (2015)

FIGURA 3.4 FACTOR DE ZONA Z



FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo: Peligro Sísmico. (2015)

FIGURA 3.5 FACTOR Z

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo: Peligro Sísmico. (2015)

Cálculo de factor S_a (T_a): Se realiza el cálculo de este factor tomando en cuenta todos los tipos de suelos y así considerar el suelo más crítico para el análisis final del corte basal.

CUADRO 3.1 CÁLCULO DEL FACTOR SA

	SEGÚN TIPO DE SUELO				
	A	B	C	D	E
$T_o =$	0,075	0,075	0,103	0,127	0,304
$F_a =$	0,9	1	1,2	1,2	1
$F_d =$	0,9	1	1,11	1,19	1,6
$F_s =$	0,75	0,75	1,11	1,28	1,9
$\eta =$	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
$T_c =$	0,41250	0,41250	0,56471	0,69813	1,67200
$T_I =$	2,16	2,4	2,664	2,856	3,84
$z =$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
$S_a =$	0,8928	0,992	1,1904	1,1904	0,992

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Finalmente se puede realizar la tabla para el corte basal considerando todos los tipos de suelos:

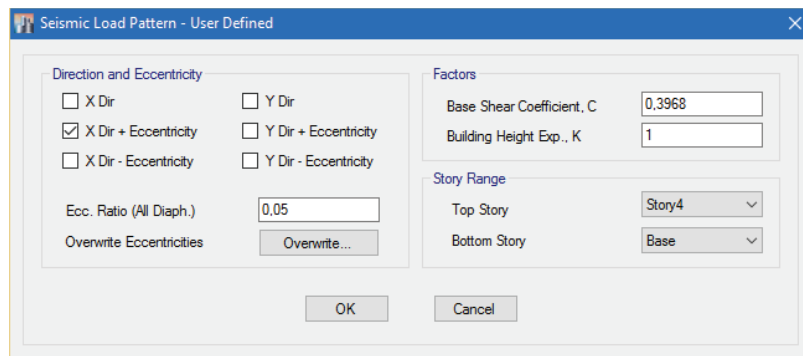
CUADRO 3.2 COEFICIENTE DE CORTE BASAL

SEGÚN TIPO DE SUELO					
	A	B	C	D	E
I =	1	1	1	1	1
z =	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
R =	3	3	3	3	3
$\phi_P =$	1	1	1	1	1
$\phi_E =$	1	1	1	1	1
C =	29,76%	33,07%	39,68%	39,68%	33,07%

ELABORACIÓN: Daniel Lara

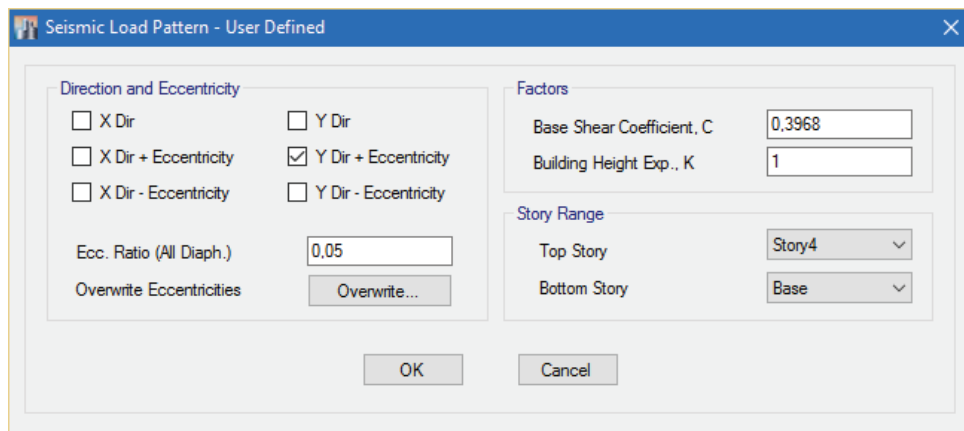
Para el posterior análisis se puede seleccionar el suelo C o D, pero para fines didácticos se va a tomar el suelo más crítico, en este caso el suelo seleccionado es el Suelo D.

Teniendo en cuenta el análisis y los cálculos obtenidos del corte basal, se procede a la modelación, anteriormente se mostró las cargas sísmicas ingresadas al programa ETABS usando los Coeficientes de Usuario, para esto ya se tiene el coeficiente para el uso y análisis sísmico en los dos casos en estudio, tanto en muros con alma de poliestireno como en los muros de enchape.

FIGURA 3.6 CARGA SÍSMICA – SENTIDO X

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 3.7 CARGA SÍSMICA – SENTIDO Y

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

3.2. CUANTÍAS MÍNIMAS

A continuación se realizan cálculos de cuantías mínimas para los muro de hormigón armado con alma de poliestireno y muro de enchape, esto se efectúa para poder generar muros “tipo” base, posteriormente se correrá el programa ETABS y se obtendrá las cuantías necesarias para cada tipo de muros según sus resultados.

Los cálculos se realizan con los aceros de refuerzo que se consideran inicialmente en el estudio, posteriormente se comprobará si se necesita más refuerzo o si las secciones son suficientes.

3.2.1. MURO CON ALMA DE POLIESTIRENO

Se procede a calcular las cuantías mínimas con los diámetros disponibles en el mercado para los muros con alma de poliestireno. Por lo tanto se tiene un diámetro de 2.5mm con separación de 6.5cm.

~~Esto nos genera una cuantía total, considerando las dos caras de la mampostería reforzadas con la malla electrosoldada~~ El refuerzo se presenta en ambas caras del

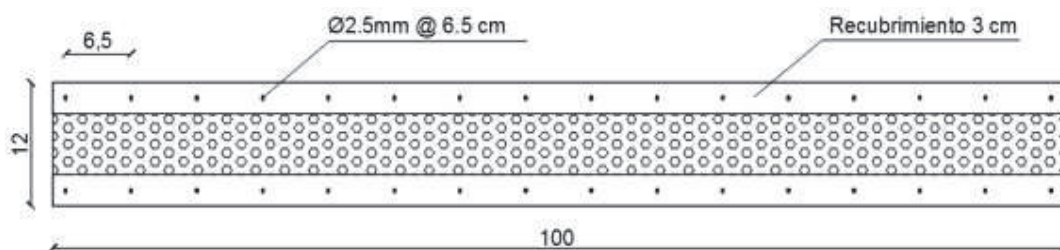
muro, por lo cual se suman las cuantías de los dos frentes para tener una cuantía total de 0.0025.

CUADRO 3.3 CUANTÍA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

ITEM	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIÓN
Diámetro =	2,5	mm	
<u>Área</u> 1varilla =	0,049	cm ²	
s (espaciamiento) =	6,5	cm	
<u>#Número de</u> varillas =	16		en 1 metro de largo
<u>Área</u> acero long1=	0,73779	cm ²	en 1 metro de largo, cara interna
<u>Área</u> acero long2=	0,73779	cm ²	en 1 metro de largo, cara externa
<u>Área</u> hormigón =	600,00	cm ²	
ρ long1=	0,00132		cara interior
ρ long2=	0,00132		cara exterior
ρ total=	0,0026		

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 3.8 CUANTÍA DE ACERO EN MURO CON ALMA DE POLIESTIRENO



ELABORACIÓN: Daniel Lara

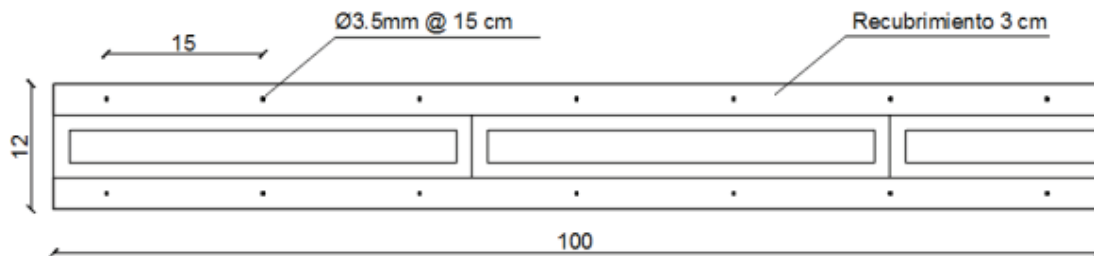
3.2.2. MURO DE ENCHAPE

Para los muros de enchape, se considera la malla más simple del mercado, es decir el menor diámetro y la menor separación, es así que se tiene una malla con un diámetro de 3.5mm cada 15cm.

CUADRO 3.4 CUANTÍA DE MUROS DE ENCHAPE

ITEM	VALOR	UNIDAD	OBSERVACION
Diámetro =	3,5	mm	
Acero 1 varilla =	0,096	cm ²	
s (espaciamiento) =	15,0	cm ²	
Número de varillas =	7		en 1 metro de largo
Área acero long1=	0,67	cm ²	en 1 metro de largo, cara interna
Área acero long2=	0,67	cm ²	en 1 metro de largo, cara externa
Área hormigón =	600,00	cm ²	
r long1=	0,00112		cara interior
r long2=	0,00112		cara exterior
ρ total=	0,0022		

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 3.9 CUANTÍA DE ACERO EN MURO DE ENCHAPE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

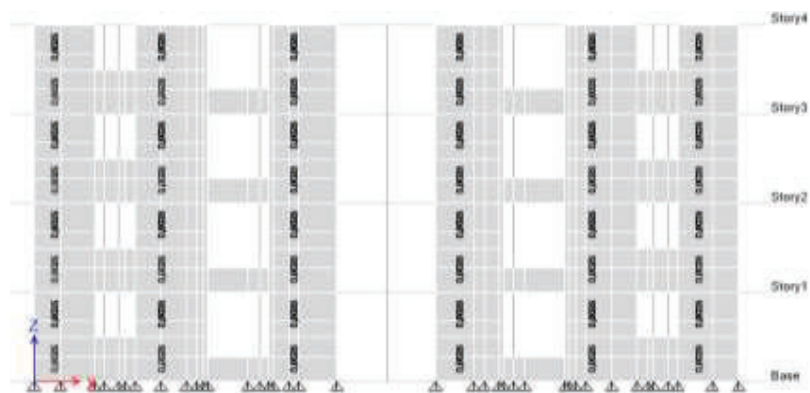
En este capítulo del presente documento se va a realizar los cálculos para poder satisfacer las condiciones y solicitaciones que nos presenta el programa ETABS, para esto se van a obtener una serie de resultados y mediante métodos conocidos se va a ejecutar las posibles soluciones.

4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

4.1.1. MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Para realizar el diseño de los muros con alma de poliestireno, se hace uso de los resultados arrojados por el programa ETABS, se va a obtener las cuantías de acero y según eso hacer el diseño correspondiente para el refuerzo adicional a los muros.

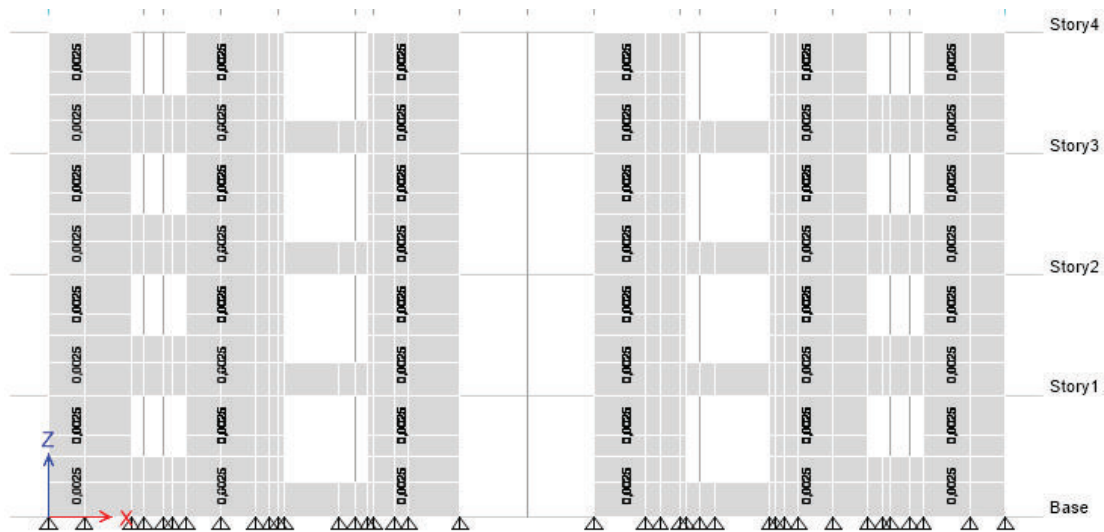
FIGURA 4.1 CUANTÍA DE ACERO DE MUROS DE ALMA DE POLIESTIRENO – EJE 1 – ANCHO DE 6CM DE MUROS



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.2 CUANTÍA DE ACERO DE MUROS DE ALMA DE POLIESTIRENO – EJE 1 – ANCHO EQUIVALENTE DE MUROS



FUENTE: Programa ETABS

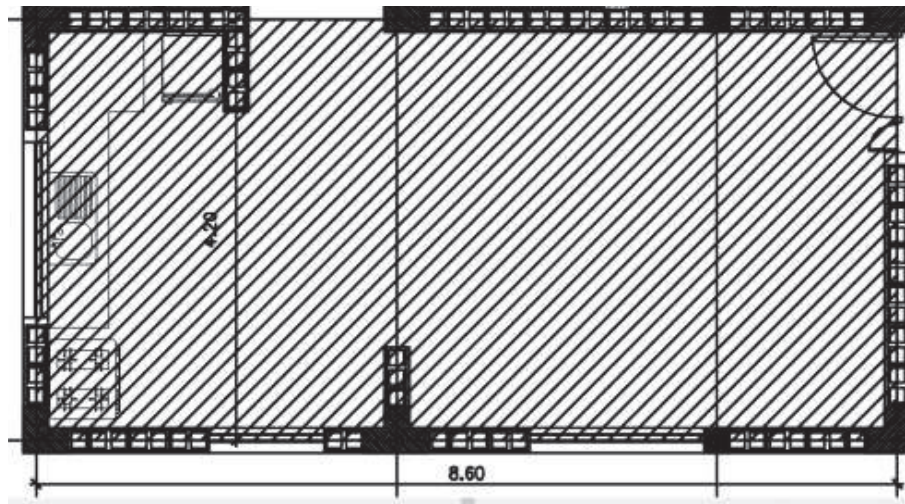
ELABORACIÓN: Daniel Lara

Según como muestran las gráficas, se verifica que la cuantía mínima que es 0.0025 es la suficiente para la estructura en estudio, por tal motivo se continúa con el diseño tomando la malla de los paneles que es de 2.5mm cada 6.5cm. Esto se comprueba en los dos métodos previamente explicados en las consideraciones generales, los cuales varían el espesor de los muros y su módulo de elasticidad, sin embargo los resultados son los mismos.

4.1.2. LOSAS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Para realizar el diseño de las losas correspondientes se considera la losa más desfavorable, en este caso es la losa que se encuentra ubicada entre los ejes: A-H del sentido X y 1-2 del sentido Y.

FIGURA 4.3 LOSA CRÍTICA PARA DISEÑO



ELABORACIÓN: Daniel Lara

Para el diseño se usa el Método de los Coeficientes, el cual explica y pone como condición que este método es aplicable para las losas que se encuentren apoyadas sobre vigas que tengan su peralte de al menos tres veces la altura de las vigas, en este caso los muros cumplen la condición con sobra de condiciones.

Se procede a calcular la viga en consideración:

LOSA A-H-1-2

l larga = 8,6 m

l corta = 4,2 m

l larga libre = 8,54 m

l corta libre = 4,14 m

CM = 0,166 T/m²

CV = 0,200 T/m²

Carga mayorada = 0,5192 T/m²

m (relación de luces) = 0,485 => 0,5

CASO 1

Coefficientes (Nilson)

Momento Positivo CM =	0,095
	0,006
Momento Positivo CV =	0,095
	0,006
Relación de carga W =	0,94
	0,06

Cálculo en luz corta

M (+) CM =	0,270	Tm
M (+) CV =	0,326	Tm
TOTAL =	0,596	Tm

Cálculo en luz larga

M (+) CM =	0,073	Tm
M (+) CV =	0,088	Tm
TOTAL =	0,160	Tm

$$\theta = 0,85$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 0,055 \text{ m}$$

$$\rho = 0,0046$$

$$A_s \text{ requerido para losa} = 2,55 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 1,54 \text{ cm}^2$$

$$\text{diámetro} = 10,0 \text{ mm}$$

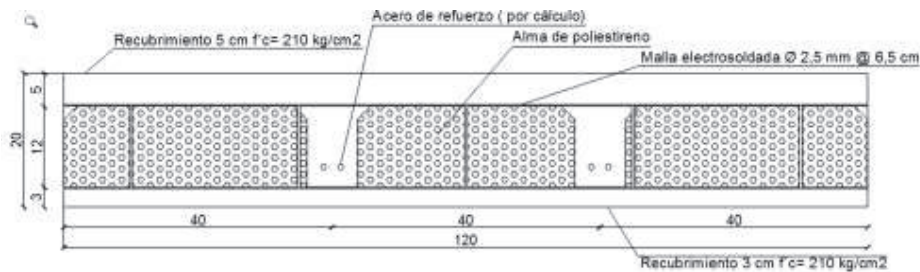
$$A \text{ } \emptyset 10\text{mm} = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$A \text{ 4 } \emptyset 10\text{mm} = 3,142 > 2,55$$

OK

Para lo cual se determina que se debe colocar varillas adicionales a la malla electrosoldada de fábrica del panel, se colocará 2 varillas de 10mm de diámetro cada 40 cm, estas irán en las nervaduras del panel de losa, aquí se considera el panel de 1,20m.

FIGURA 4.4 PANEL NERVADO DE LOSA.



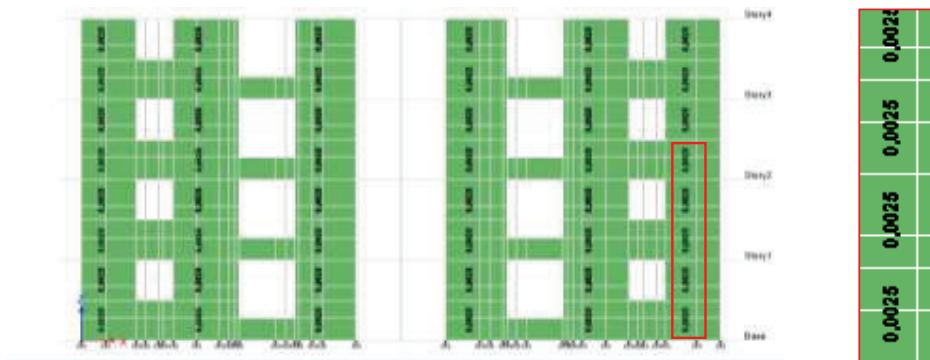
ELABORACIÓN: Daniel Lara

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE

4.2.1. Muros de Enchape

De igual manera que en los muros con alma de poliestireno, se acude al programa ETABS para analizar las cuantías que necesita la estructura en los muros de enchape. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

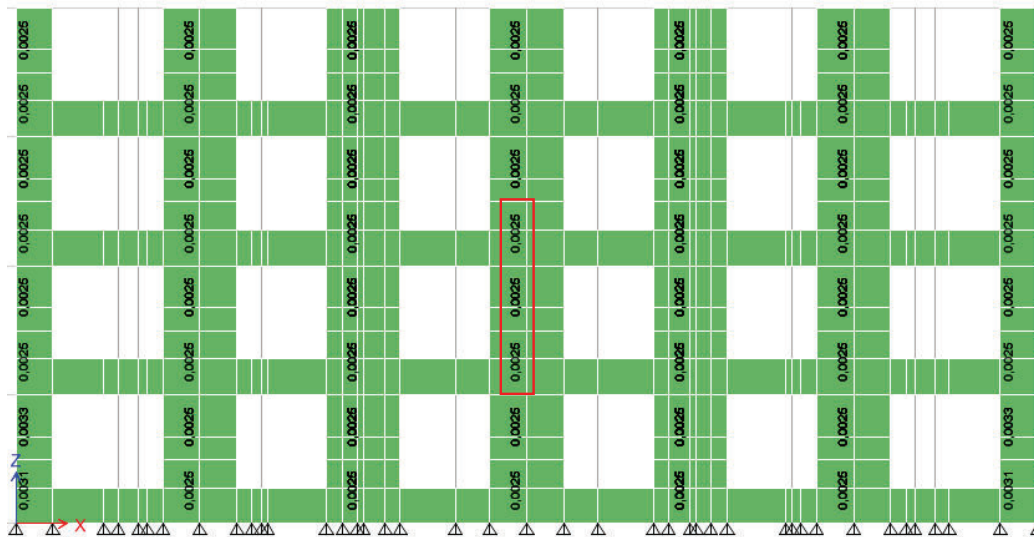
FIGURA 4.5 CUANTÍA DE ACERO DE MUROS DE ENCHAPE – EJE 1



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.6 CUANTÍA DE ACERO DE MUROS DE ENCHAPE – EJE 6



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

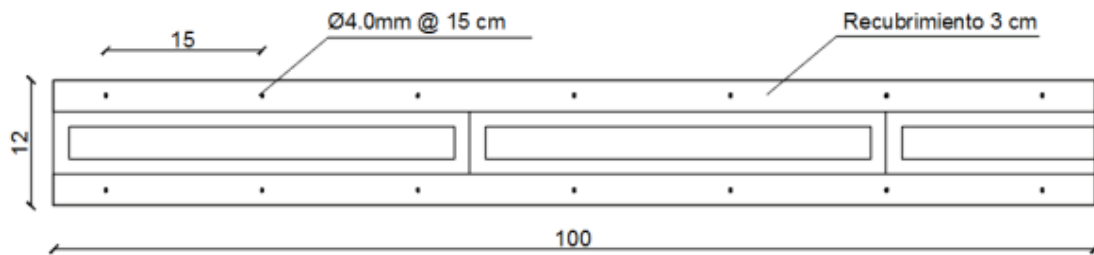
Aquí se puede observar que la cuantía de acero que poseen los muros no es suficiente para las solicitaciones que tiene la estructura, la malla base de 3,5 mm cada 15cm no es suficiente, por lo cual se debe considerar un diámetro más grande.

CUADRO 4.1 CUANTÍA DE ACERO PARA MURO DE ENCHAPE

ITEM	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIÓN
Diámetro =	4,0	mm	
Acero 1 varilla =	0,126	cm ²	
s (espaciamiento) =	15,0	cm ²	
Número de varillas =	7		en 1 metro de largo
Área acero long1=	0,88	cm ²	en 1 metro de largo, cara interna
Área acero long2=	0,88	cm ²	en 1 metro de largo, cara externa
Área hormigón =	600,00	cm ²	
ρ long1=	0,00147		cara interior
ρ long2=	0,00147		cara exterior
ρ total=	0,0029		

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.7 CUANTÍA FINAL DE REFUERZO PARA MUROS DE ENCHAPE



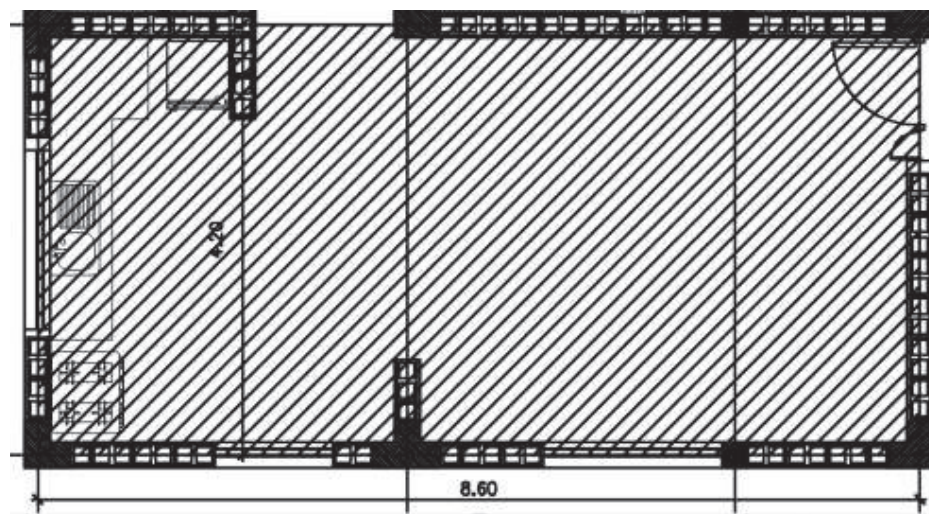
ELABORACIÓN: Daniel Lara

Después de haber realizado el cálculo se puede determinar que el diámetro necesario para la malla electrosoldada de los muros de enchape debe ser de 4.0mm manteniendo el mismo espaciamiento anterior de 15cm.

4.2.2. Losa Maciza

Para el diseño de la losa maciza se recurre al Método de los coeficientes, tomando en cuenta la misma porción de losa que antes se realizó:

FIGURA 4.8 LOSA CRÍTICA PARA DISEÑO



ELABORACIÓN: Daniel Lara

LOSA A-H-1-2

l larga =	8,6 m	
l corta =	4,2 m	
l larga libre =	8,54 m	
l corta libre =	4,14 m	
CM =	0,166 T/m ²	
CV =	0,200 T/m ²	
Carga mayorada =	0,5192 T/m ²	
m (relación de luces) =	0,485	=> 0,500

CASO 1

Coefficientes (Nilson)

Momento Positivo CM =	0,095
	0,006
Momento Positivo CV =	0,095
	0,006
Relación de carga W =	0,94
	0,06

Cálculo en luz corta

M (+) CM =	0,270 Tm
M (+) CV =	0,326 Tm
TOTAL =	0,596 Tm

Cálculo en luz larga

M (+) CM =	0,073 Tm
M (+) CV =	0,088 Tm
TOTAL =	0,160 Tm

$\theta =$	0,85
b =	1 m
d =	0,09 m

$$\rho = 0,0017$$

$$\text{As requerido para losa} = 1,56 \text{ cm}^2$$

$$\text{As min} = 2,52 \text{ cm}^2$$

$$\text{diámetro} = 10,0 \text{ mm}$$

$$A_{\theta 10\text{mm}} = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$\text{espaciamiento} = 25,0 \text{ cm}$$

$$\# \text{ varillas} = 4$$

$$A_{4\theta 10\text{mm}} = 3,142 > 2,52$$

OK

Para el armado de la losa maciza se considera entonces 1 varilla de 10mm cada 25 cm.

4.3. COMPROBACIÓN A FLEJO-COMPRESIÓN

4.3.1. Muros con alma de Poliestireno

Para la comprobación a flexo-compresión se va a tomar en cuenta el resultado que brinda el programa ETABS, se va a considerar el muro con nombre Pier 2P3, el cual tiene los momentos y carga axial más grandes de la estructura.

FIGURA 4.9 TABLA DE FUERZAS, MOMENTOS Y CORTE DEL MURO 2P3 – ALMA DE POLIESTIRENO

TABLE: Pier Forces					
Story	Pier	Combo	P	V2	M3
			tonf	tonf	tonf-m
Story1	2P3	C10	-197,9462	25,0663	53,9078
Story1	2P3	C5	-43,5592	24,3098	47,522
Story2	2P3	C5	-28,273	22,8482	27,8683
Story2	2P3	C10	-130,6128	19,2151	26,4953

FIGURA 4.9 CONTINUACIÓN TABLA DE FUERZAS, MOMENTOS Y CORTE DEL MURO 2P3 – ALMA DE POLIESTIRENO

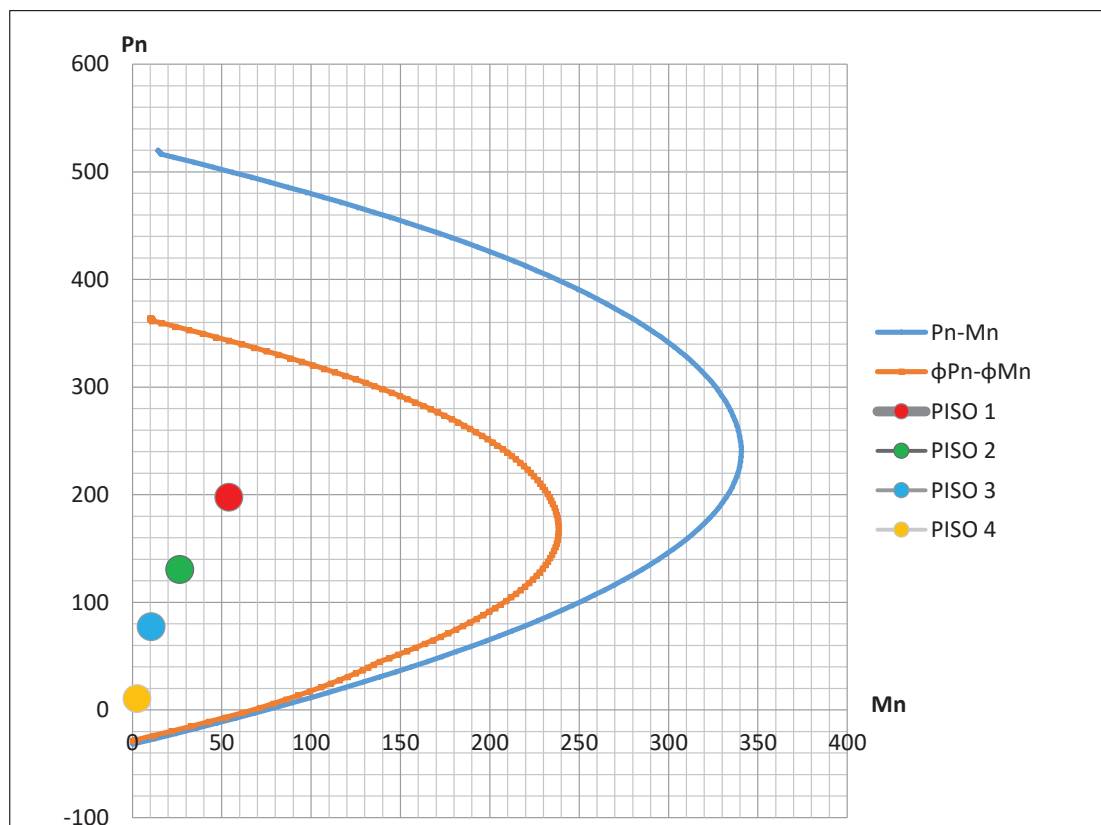
Story3	2P3	C5	-15,8515	17,1478	13,6947
Story3	2P3	C10	-77,6372	10,1186	10,469
Story4	2P3	C5	-5,7169	10,7023	2,5402
Story4	2P3	C10	-31,5235	3,5929	-4,6705

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Obtenidos los resultados generados por el programa ETABS, se procede a realizar el Diagrama de Interacción del muro en estudio para ver si la sollicitación se encuentra dentro de la capacidad del muro.

GRÁFICO 4.1. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN MURO 2P3 – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO



ELABORACIÓN: Daniel Lara

Se concluye que el muro más desfavorable, que en este caso viene a ser el más largo, se encuentra dentro de su rango de capacidad en cada uno de los pisos de la estructura.

4.3.2. Muros de Enchape

De similar manera se procede a escoger el muro más desfavorable en la estructura con muros de enchape para posteriormente comparar con el diagrama de interacción de dicho muro y comprobar su capacidad.

Este muro es el mismo que el caso anterior y para el tenemos los siguientes resultados:

FIGURA 4.10 TABLA DE FUERZAS, MOMENTOS Y CORTE DEL MURO 2P3 – ENCHAPE

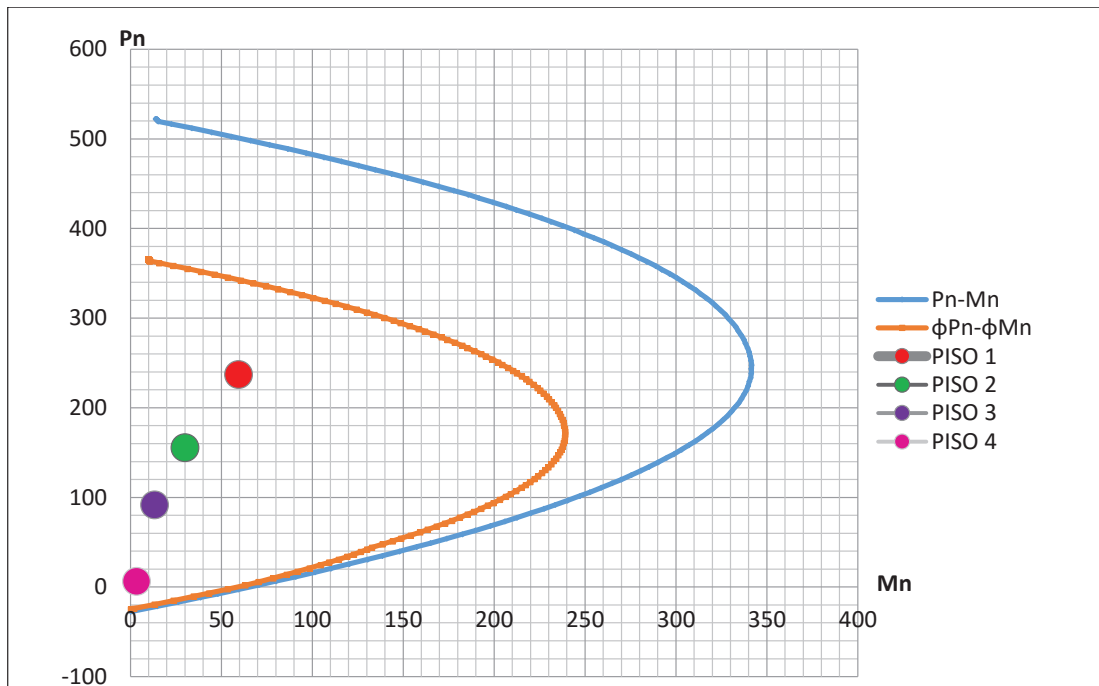
TABLE: Pier Forces					
Story	Pier	Combo	P	V2	M3
			tonf	tonf	tonf-m
Story1	2P3	C10	-237,1024	29,3436	59,5381
Story1	2P3	C5	-50,4448	28,3324	52,4295
Story2	2P3	C5	-32,4276	26,8924	31,3257
Story2	2P3	C10	-155,4881	23,0146	30,0464
Story3	2P3	C5	-17,8212	20,165	16,2233
Story3	2P3	C10	-91,9195	12,5152	13,2825
Story4	2P3	C5	-6,5897	12,7069	3,3529
Story4	2P3	C10	-37,795	4,4957	-4,6111

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Con estos resultados entramos al diagrama de interacción del muro 2P3 con muros de enchape y comparamos los resultados:

GRÁFICO 4.2 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN MURO 2P3 – MUROS DE ENCHAPE



ELABORACIÓN: Daniel Lara

El presente muro *Pier* se encuentra dentro de su rango de capacidad y con esto se demuestra el correcto funcionamiento a flexo – compresión del muro y de los demás muros de la estructura.

En general se demuestra que las secciones son suficientes y que tienen una gran capacidad para las solicitaciones a las que está analizado.

4.4. COMPROBACIÓN A CORTE

4.4.1. Muros con alma de Poliestireno

De modo general se tiene que cumplir que el Corte Último sea menor al Corte nominal, es decir:

$$V_u < \phi V_n \quad (4.1)$$

Para esto se calcula el corte nominal con la siguiente formula, que se la obtiene del código ACI 318, Capítulo 11.10 – Disposiciones Especiales para muros:

$$V_n = \phi * 2.65 * \sqrt{210} * h * d \quad (4.2)$$

Donde:

$\phi = 0.6$ factor de corte

$h =$ espesor de la sección de hormigón que resiste al corte = 6 cm

$d =$ longitud reducida del muro = $0.8 * L_w$, en donde $L_w = 5$ m

De esta manera se calcula el corte:

$$V_n = 55,30 \text{ T}$$

Y el corte último lo obtenemos del programa, cuyo valor es

$$V_u = 25,07 \text{ T}$$

Por lo tanto se comprueba que

$$V_u < \phi V_n \quad \text{OK}$$

4.4.2. Losas con alma de Poliestireno

Para la comprobación del corte en las losas previamente diseñadas, se procede a calcular la carga mayorada y mediante los coeficientes que se usaron en las losas, tanto en dirección corta como larga se obtienen los siguientes resultados:

$$W \text{ total} = 18,36 \text{ T}$$

$$V \text{ L corta} = 0,13 \text{ T}$$

$$V \text{ L larga} = 1,01 \text{ T}$$

Por lo tanto:

$$V_u = 1,01 \text{ T}$$

El V_c se lo obtiene del ACI318, Capítulo 11.10 – Disposiciones Especiales para muros:

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{210} * b_w * d \quad (4.3)$$

$$\phi = 0,6$$

$$b = 1 \quad \text{m}$$

$$d = 0,055 \quad \text{m}$$

$$\phi V_c = 2,53 \quad \text{T}$$

Se demuestra que el corte último es menor al corte nominal.

$$V_u < \phi V_c \quad \text{OK}$$

4.4.3. Muros de Enchape

Se procede a calcular el corte nominal usando la misma ecuación de los muros con alma de poliestireno:

$$V_n = \phi * 2.65 * \sqrt{210} * h * d \quad (4.4)$$

Donde:

$\phi = 0.6$ factor de corte

$h =$ espesor de la sección de hormigón que resiste al corte = 6 cm

$d =$ longitud reducida del muro = $0.8 * L_w$, en donde $L_w = 5\text{m}$.

Se obtiene:

$$V_n = 55,30 \text{ T}$$

Y el corte último lo obtenemos del programa, cuyo valor es

$$V_u = 29,34 \text{ T}$$

Por lo tanto se comprueba que

$$V_u < \phi V_n \quad \text{OK}$$

4.4.4. Losa Maciza

Usando los coeficientes del diseño de losas, se obtiene el corte en las direcciones corta y larga, usando el mayor y comparando con el corte nominal se obtiene:

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= 18,36 \text{ T} \\ V \text{ L corta} &= 0,27 \text{ T} \\ V \text{ L larga} &= 2,02 \text{ T} \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$V_u = 2,02 \text{ T}$$

El V_c se lo obtiene del ACI318, Capítulo 11.10 – Disposiciones Especiales para muros:

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{210} * b_w * d \quad (4.5)$$

$$\phi = 0,6$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 0,09 \text{ m}$$

$$\phi V_c = 4,15 \text{ T}$$

$$V_u < \phi V_c \quad \text{OK}$$

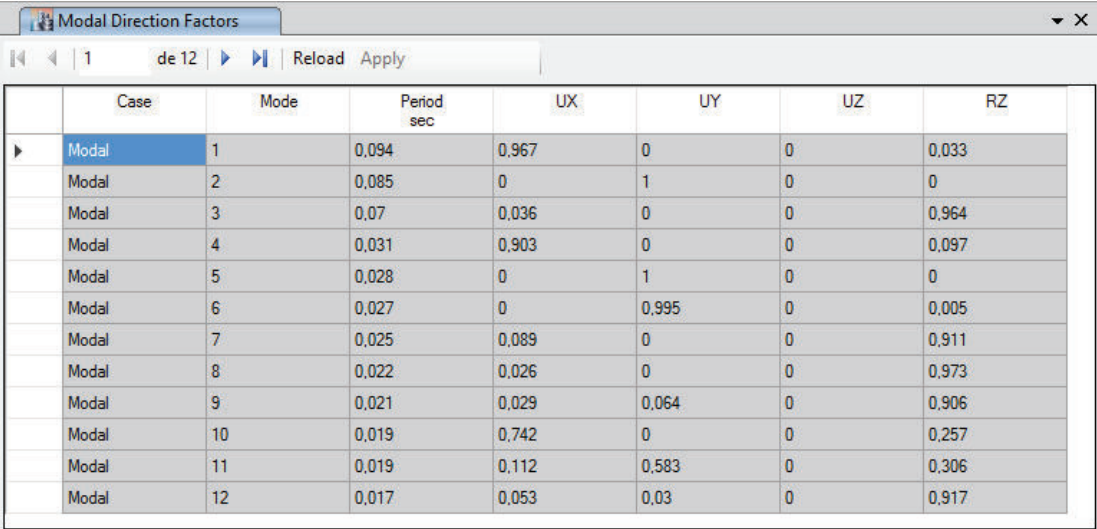
4.5. MODOS DE VIBRACIÓN Y PERIODOS DE LA ESTRUCTURA

Se presenta a continuación los modales y periodos de vibración de la estructura obtenidos en el programa ETABS. Su análisis se realizará en cada sistema a continuación:

4.5.1. Muros con alma de Poliestireno

La interacción con el programa en uso permite tener los modales y saber el comportamiento ante las cargas y principalmente ante los sismos. Para esto se presentan los tres primeros modos y periodos de vibración:

FIGURA 4.11 MODOS DE VIBRACIÓN Y PERIODOS DE LA ESTRUCTURA – ALMA DE POLIESTIRENO



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0,094	0,967	0	0	0,033
Modal	2	0,085	0	1	0	0
Modal	3	0,07	0,036	0	0	0,964
Modal	4	0,031	0,903	0	0	0,097
Modal	5	0,028	0	1	0	0
Modal	6	0,027	0	0,995	0	0,005
Modal	7	0,025	0,089	0	0	0,911
Modal	8	0,022	0,026	0	0	0,973
Modal	9	0,021	0,029	0,064	0	0,906
Modal	10	0,019	0,742	0	0	0,257
Modal	11	0,019	0,112	0,583	0	0,306
Modal	12	0,017	0,053	0,03	0	0,917

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

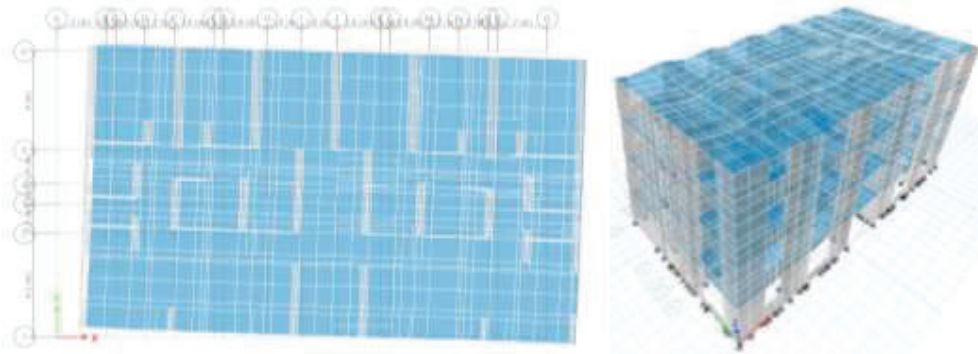
En donde:

Ux, Uy, Uz = Porcentual de desplazamiento en cada dirección X, Y y Z.

Rz= Porcentual de rotación o torsión en planta.

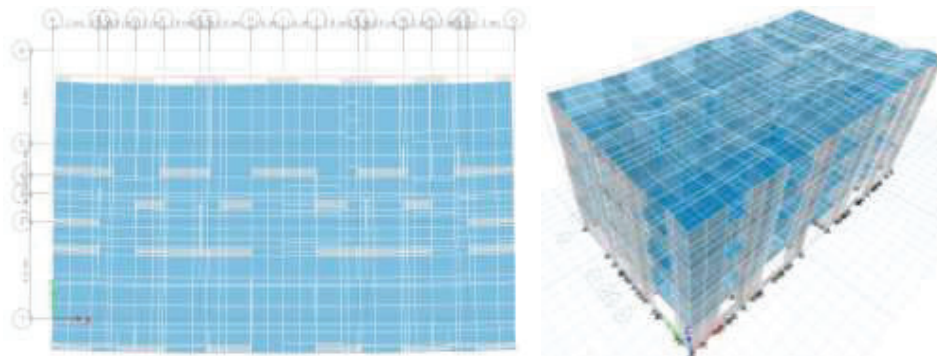
Se comprueba que los tres primeros modos de vibración se encuentran bien ya que en los dos primeros se demuestra la traslación en los dos sentidos, X e Y respectivamente y que el tercer modo contiene torsión.

A continuación se presentan imágenes con los tres modos de vibración:

FIGURA 4.12 MODAL 1 – PERIODO Y TRASLACIÓN EN X

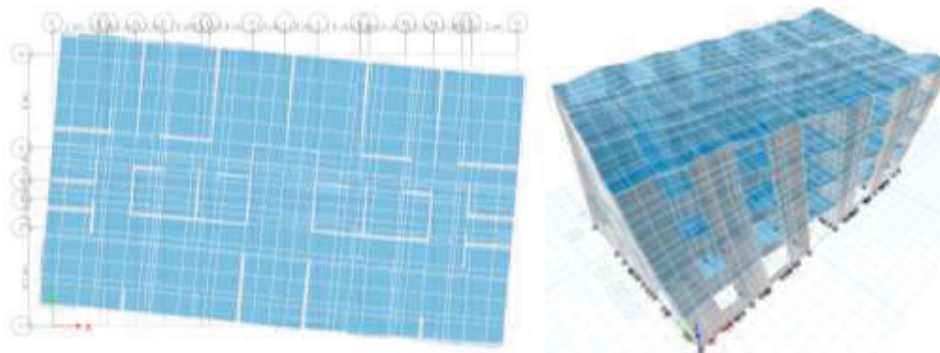
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.13 MODAL 2 – PERIODO Y TRASLACIÓN EN Y

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.14 MODAL 3 – PERIODO Y ROTACIÓN

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

4.5.2. Muros de enchape

Se procede de la misma manera a obtener los modos y periodos de vibración para la estructura con muros de enchape:

FIGURA 4.15 MODOS DE VIBRACIÓN Y PERIODOS DE LA ESTRUCTURA – MUROS DE ENCHAPE

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.1	0.969	0	0	0.031
Modal	2	0.09	0	1	0	0
Modal	3	0.074	0.033	0	0	0.967
Modal	4	0.033	0.932	0	0	0.068
Modal	5	0.029	0	1	0	0
Modal	6	0.026	0.061	0	0	0.939
Modal	7	0.025	0.005	0.995	0	0.29
Modal	8	0.02	0.121	0	0	0.878
Modal	9	0.02	0.282	0.105	0	0.614
Modal	10	0.019	0.645	0	0	0.355
Modal	11	0.018	0.004	0.716	0	0.279
Modal	12	0.017	0	1	0	0

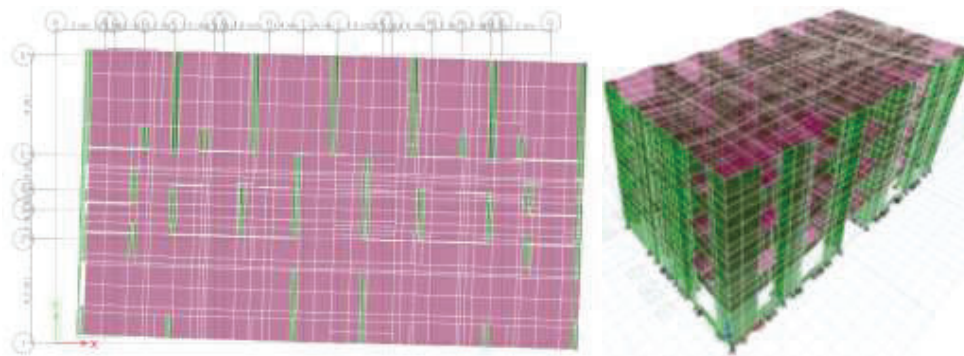
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Se comprueba que de los tres primeros modos de vibración, los dos primeros se realizan con efectos de traslación en los dos sentidos, X e Y respectivamente y que el tercer modo contiene torsión.

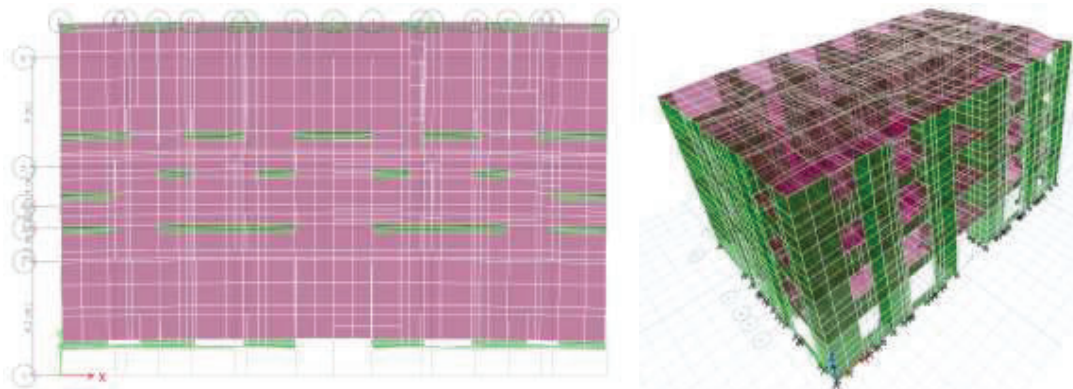
A continuación se presentan imágenes con los tres modos de vibración:

FIGURA 4.16 MODAL 1 – PERIODO Y TRASLACIÓN EN X



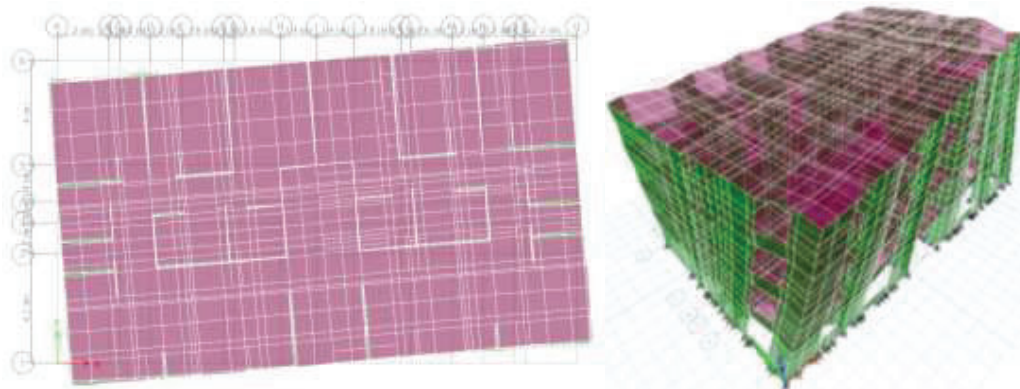
FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.17 MODAL 2 – PERIODO Y TRASLACIÓN EN Y

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.18 MODAL 3 –PERIODO Y ROTACIÓN

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

4.6. COMPROBACIÓN DE DERIVAS

La comprobación de Derivas máximas se realiza obteniendo valores obtenidos del programa ETABS y comparando con las derivas máximas permitidas de la NEC.

FIGURA 4.19 CUADRO DE DERIVAS PERMISIBLES DE LA NEC2015

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

FUENTE: Norma Ecuatoriana De La Construcción, Publicación: Peligro Sísmico. (2015)

FIGURA 4.20 CÁLCULO DE DERIVA INELÁSTICA

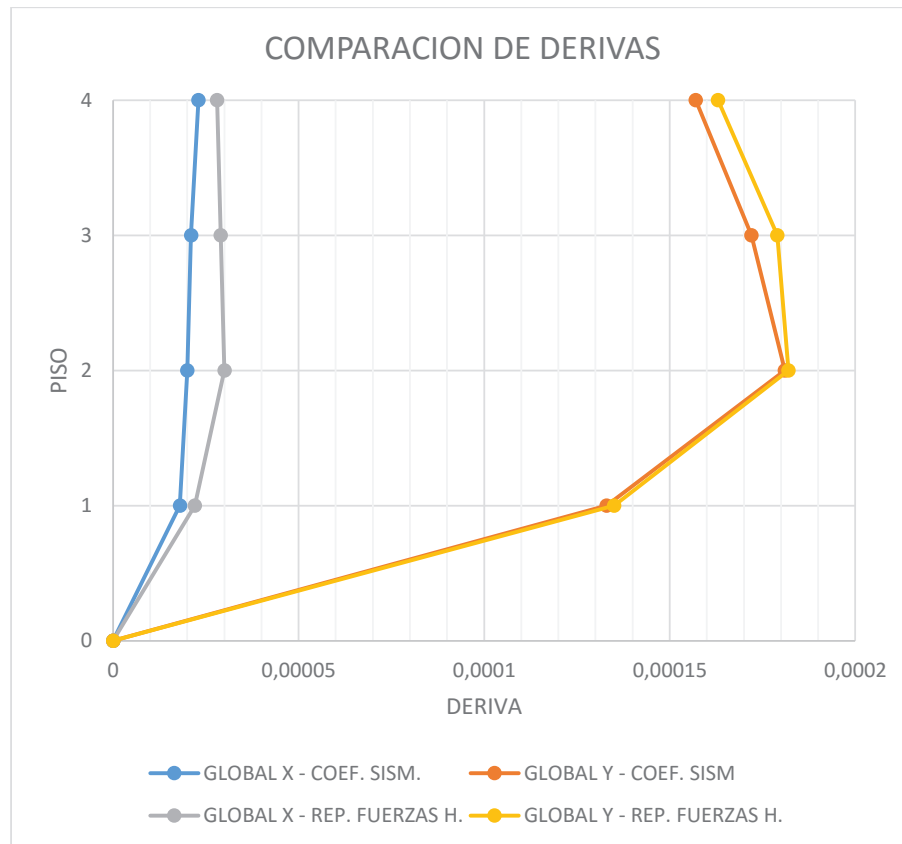
$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$	
Dónde:	
Δ_M	Deriva máxima inelástica
Δ_E	Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas
R	Factor de reducción de resistencia (véase la sección 6.3.4)

FUENTE: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Publicación: Peligro Sísmico. (2015)

4.6.1. Muros con alma de Poliestireno

A continuación se presentan las derivas obtenidas para la estructura de muros con alma de poliestireno, en la siguiente gráfica se muestran los dos métodos que se enunciaban al inicio de la modelación, la repartición de fuerzas horizontales y el uso del coeficiente sísmico, se puede concluir que la diferencia de resultados no es determinante en el análisis porque tiene valores similares en las derivas máximas.

FIGURA 4.21 COMPARACIÓN DE DERIVAS – MURO CON ALMA DE POLIESTIRENO



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.22 CUADRO DE DERIVAS MÁXIMAS – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm
Story4	SISMO X+	X	0,000157	19	1640	1160	1008
Story4	SISMO Y+	Y	0,00013	81	1140	0	1008
Story3	SISMO X+	X	0,000172	21	2000	1160	756
Story3	SISMO Y+	Y	0,000146	671	1140	92,5	756
Story2	SISMO X+	X	0,000181	21	2000	1160	504
Story2	SISMO Y+	Y	0,000142	66	667,5	0	504
Story1	SISMO X+	X	0,000133	26	1247,5	1160	252
Story1	SISMO Y+	Y	0,000103	56	0,053	297,5	252

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Se comprueba que la deriva máxima la obtenemos en el segundo piso. Con este valor de 0.00018 se realiza la comprobación con la metodología de la NEC.

FIGURA 4.23 TABLA DE DERIVAS MÁXIMAS – ALMA DE POLIESTIRENO

TABLE: Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story4	SISMO X+	X	0,000157
Story4	SISMO Y+	Y	0,000130
Story3	SISMO X+	X	0,000172
Story3	SISMO Y+	Y	0,000146
Story2	SISMO X+	X	0,000181
Story2	SISMO Y+	Y	0,000142
Story1	SISMO X+	X	0,000133
Story1	SISMO Y+	Y	0,000103

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

COMPROBACION:

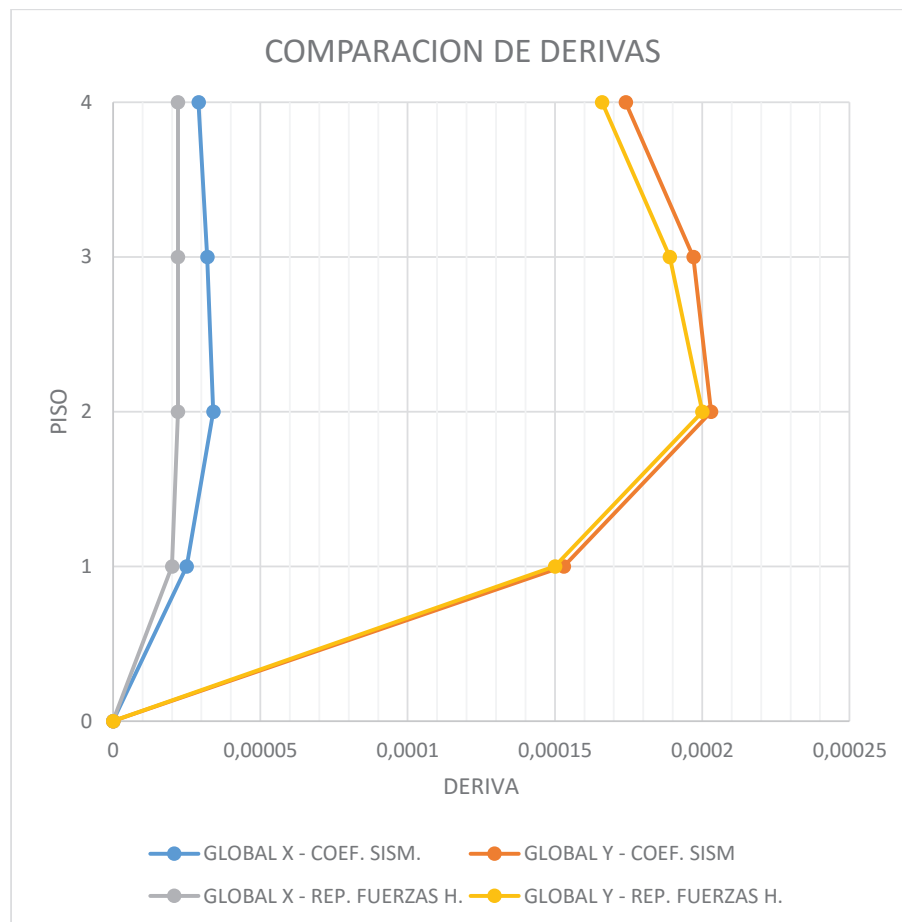
$$\begin{aligned} \Delta E &= 0,00018 \\ R &= 1,5 \\ \text{FACTOR} &= 0,75 \end{aligned}$$

DERIVA MAXIMA: 0,01 > 0,000203
OK

4.6.2. Muros de enchape

Para la estructura con Muros de enchape se generan las siguientes derivas máximas por el programa ETABS, de igual manera se consideran los dos métodos para la consideración de fuerzas horizontales. Los resultados son semejantes y no varían considerablemente.

FIGURA 4.24 DERIVA MÁXIMA – MURO DE ENCHAPE



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.25 CUADRO DE DERIVAS MÁXIMAS – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Story4	SISMO X+	X	0,000166	19	16,4	11,6	10,08
Story4	SISMO Y+	Y	0,000137	81	11,4	0	10,08
Story3	SISMO X+	X	0,000189	21	20	11,6	7,56
Story3	SISMO Y+	Y	0,000157	671	11,4	0,925	7,56
Story2	SISMO X+	X	0,0002	21	20	11,6	5,04
Story2	SISMO Y+	Y	0,000156	82	13,325	0	5,04
Story1	SISMO X+	X	0,00015	26	12,475	11,6	2,52
Story1	SISMO Y+	Y	0,000116	56	0,0005	2,975	2,52

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Con el valor de 0.00020 que se obtiene de las tablas, se comprueba con la NEC:

FIGURA 4.26 TABLA DE DERIVAS MÁXIMAS – MUROS DE ENCHAPE

TABLE: Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story4	SISMO X+	X	0,000166
Story4	SISMO Y+	Y	0,000137
Story3	SISMO X+	X	0,000189
Story3	SISMO Y+	Y	0,000157
Story2	SISMO X+	X	0,000200
Story2	SISMO Y+	Y	0,000156
Story1	SISMO X+	X	0,000150
Story1	SISMO Y+	Y	0,000116

FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

COMPROBACION:

$\Delta E = 0,000200$

$R = 3$

FACTOR = 0,75

DERIVA MAXIMA:

0,01

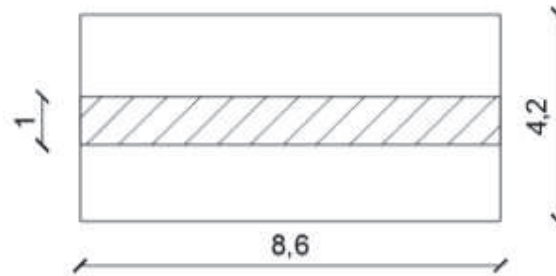
>
OK

0,000450

4.7.COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN MURO LOSA

La comprobación de la conexión muro losa se la realiza mediante el cálculo de esfuerzos que se transmiten del uno al otro, para lo cual se considera la losa crítica en el diseño de losas, que era el panel alojado entre los Ejes A-H-1-2, de dimensiones 8.60 m de longitud y 4.20 metros de ancho.

Se toma en cuenta dentro de esta área una viga de 1 metro de ancho y el lado largo de 8,60 metros como muestra la FIGURA

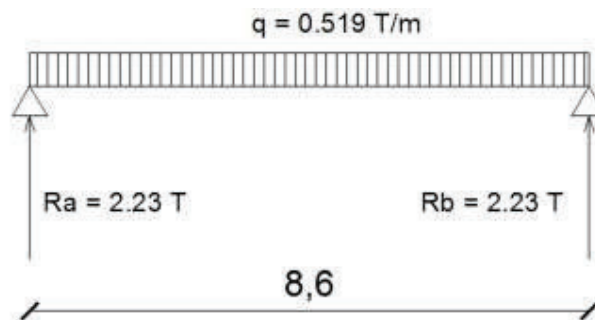
FIGURA 4.27 LOSA PARA EJEMPLO Y VIGA INTERNA

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Se calcula la mayorización de cargas, tomando en cuenta $D = 0.166 \text{ T/m}^2$ y $L = 0.200 \text{ T/m}^2$. Se tiene un q_u :

$$q_u = 0.519 \text{ T/m}^2$$

Se considera como una viga simplemente apoyada y se calcula las reacciones:

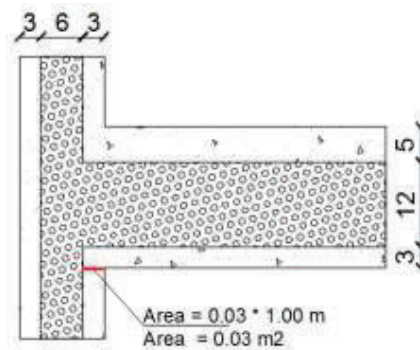
FIGURA 4.28 VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Las reacciones resultan de $R_a = R_b = P = 2.23 \text{ T}$

Se procede a calcular el esfuerzo, considerando un área de estudio de 0.03m por 1 metro. Como muestra la figura, esto corresponde al recubrimiento de hormigón lanzado que tiene en la cara que recibe al muro.

FIGURA 4.29 SECCIÓN MURO – LOSA Y ÁREA CONSIDERADA PARA ANÁLISIS



ELABORACIÓN: Daniel Lara

$$A = 0.03 * 1.00 = 0.03 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4.7)$$

$$\sigma = \frac{2.23 \text{ T}}{0.03 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 74.33 \text{ T/m}^2 = 7.433 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 7.433 \text{ kg/cm}^2 < f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

Esta comprobación es útil para cada uno de los sistemas de muros portantes en comparación ya que los dos poseen espesores de recubrimientos, cargas y materiales similares.

4.8. CIMENTACIÓN

Las cimentaciones para las estructuras en estudio se van a considerar como losas de hormigón armado, esto por facilidades constructivas ya que se necesitan anclajes para los muros portantes de los dos sistemas.

El suelo para este análisis cuenta con un esfuerzo admisible de 10 T/m², que corresponde a un suelo tipo D, que fue considerado anteriormente en el análisis de cargas sísmicas.

La cimentación se la realiza en el programa SAFE, que brinda las facilidades de importación de datos del programa ETABS, por lo cual se facilita el paso de la información.

4.8.1. Características del Suelo

Se ingresa las características y propiedades del suelo. Hay que considerar que se solicita el Módulo de Winkler (kg/cm³), para lo cual se acude a una tabla:

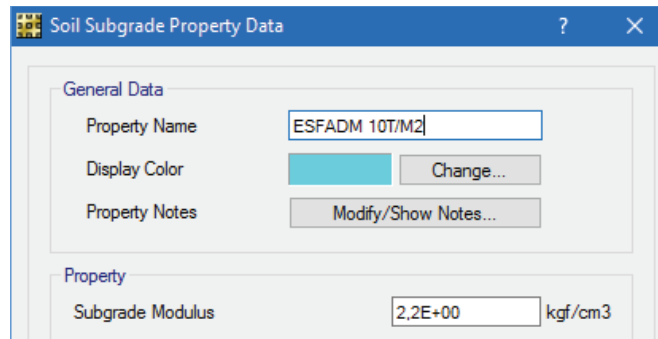
FIGURA 4.30 COEFICIENTE DE BALASTO – MÓDULO DE WINKLER

Modulo de Reaccion del Suelo Datos para SAFE					
Est Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Est Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Est Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

FUENTE: Morrison, N. "Interacción Suelo-Estructuras Semi espacio de Winkler". (1993)

De la tabla se obtiene que para un valor de $10 \text{ T/m}^2 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ se tiene un módulo de Winkler de 2.2 kg/cm^3 , dato que sirve para especificar el suelo al cual va a estar sometido la cimentación.

FIGURA 4.31 PROPIEDADES DEL SUELO



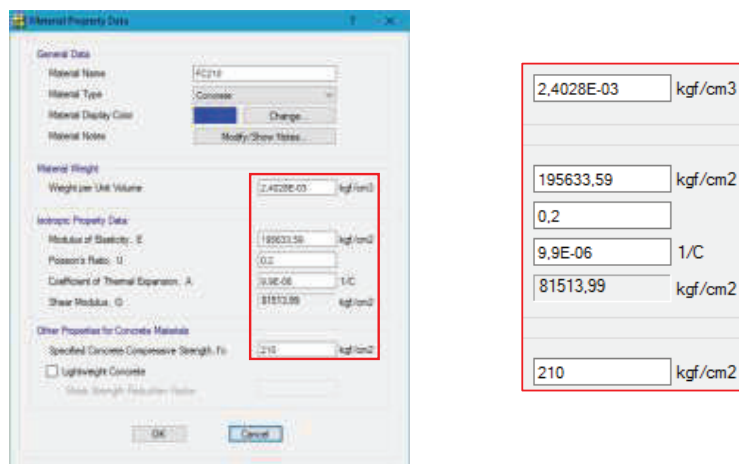
FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

4.8.2. Sistema de Muros con alma de Poliestireno

Se procede al ingreso del material que en este caso se va a usar hormigón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y una sección de losa de cimentación tipo Slab de 50cm.

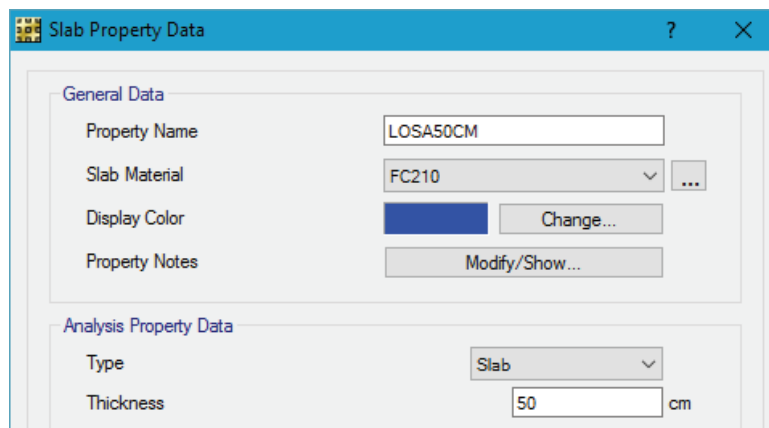
FIGURA 4.32 PROPIEDADES DEL MATERIAL



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.33 PROPIEDADES DE LA SECCIÓN – LOSA DE CIMENTACIÓN 50CM

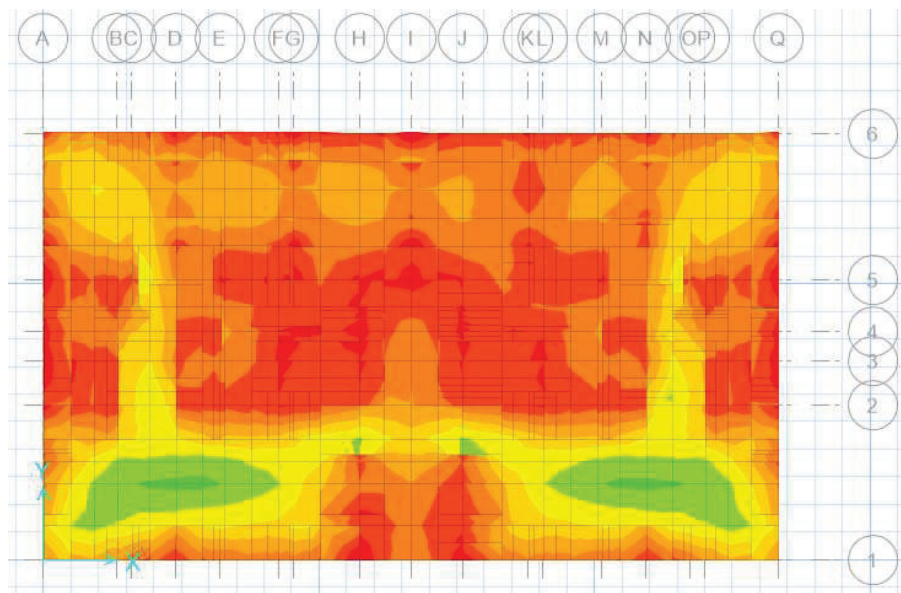


FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Se solicita el análisis del programa para conocer las cuantías de acero que necesita la losa de cimentación:

FIGURA 4.34 ESFUERZOS DE CIMENTACIÓN - SISTEMA MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Después de obtenidas las cuantías, se considera el diseño con el mismo programa y se toma en cuenta las dos direcciones de la losa de cimentación tanto en el armado superior como inferior de la misma.

Posteriormente se comprueba que el acero colocado, 1 varilla de 10mm cada 20 cm en cada una de las dos direcciones y en armado superior e inferior, satisfaga las solicitudes.

Finalmente se realizan comprobaciones de asentamientos máximos y esfuerzos admisibles.

Comprobación de asentamientos máximos:

Se realiza la comprobación de asentamientos máximos sabiendo que en la NEC el asentamiento máximo no debe sobrepasar 1 pulgada, es decir 2.5 cm.

FIGURA4.35 COMPROBACIÓN ASENTAMIENTO MÁXIMO 1 PULG.

Panel Text	Node Text	OutputCase	CaseType Text	Ux cm	Uy cm	Uz cm	Rx Radians	Ry Radians	Rz Radians
76	3673	SERVICIO	Combination	0	0	-0.246206	0	0	0
1	3556	SERVICIO	Combination	0	0	-0.245326	0	0	0
5	3555	SERVICIO	Combination	0	0	-0.23798	0	0	0
78	3675	SERVICIO	Combination	0	0	-0.23751	0	0	0
79	3676	SERVICIO	Combination	0	0	-0.237495	0	0	0
3	3715	SERVICIO	Combination	0	0	-0.237475	0	0	0
4	3715	SERVICIO	Combination	0	0	-0.237475	0	0	0
80	3638	SERVICIO	Combination	0	0	-0.237315	0	0	0
77	3606	SERVICIO	Combination	0	0	-0.237282	0	0	0
2	3573	SERVICIO	Combination	0	0	-0.237195	0	0	0

FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

A partir del grafico anterior se puede determinar que el asentamiento máximo es 0.25cm lo que no supera los 2.54 cm de condición.

Comprobación de Esfuerzos Admisibles:

Se realiza la comprobación de tres ejes en cada sentido para conocer los esfuerzos que transmiten al suelo, mediante la determinación de ejes estructurales en donde haya mayor densidad de muros portantes, se considera las reacciones y el área en donde va a ser producida:

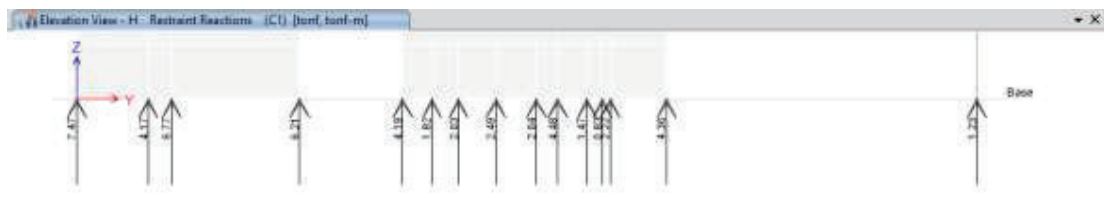
FIGURA 4.36 REACCIONES EJE A – SENTIDO Y



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

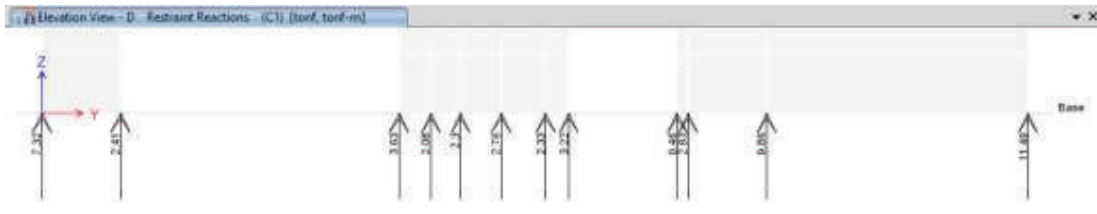
FIGURA 4.37 REACCIONES EJE H – SENTIDO Y



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.38 REACCIONES EJE D – SENTIDO Y



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

COMPROBACION ESFUERZO A CIMENTACION

Sumatoria de Fuerzas = 54,27 T EJE A - SENTIDO Y

L = 11,6 m

h losa de cimentación = 0,5 m

Esfuerzo máximo = 9,36 T/m²

Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

Sumatoria de Fuerzas = 49,78 T EJE H - SENTIDO Y

L = 11,6 m

h losa de cimentación = 0,5 m

Esfuerzo máximo = 8,58 T/m²

Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

Sumatoria de Fuerzas = 50,69 T EJE D - SENTIDO Y

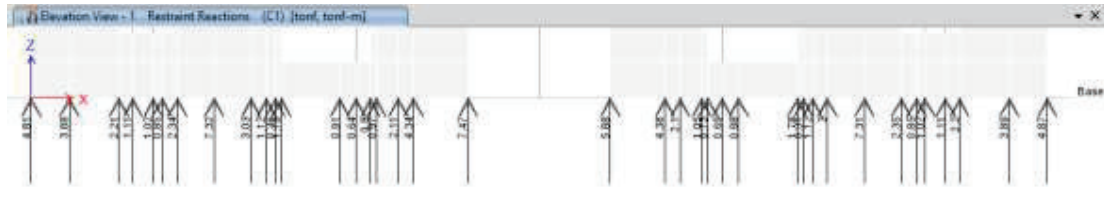
L = 11,6 m

h losa de cimentación = 0,5 m

Esfuerzo máximo = 8,74 T/m²

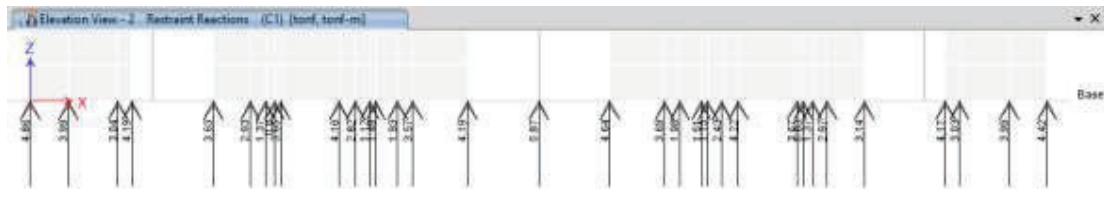
Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

FIGURA 4.39 REACCIONES EJE 1 – SENTIDO X

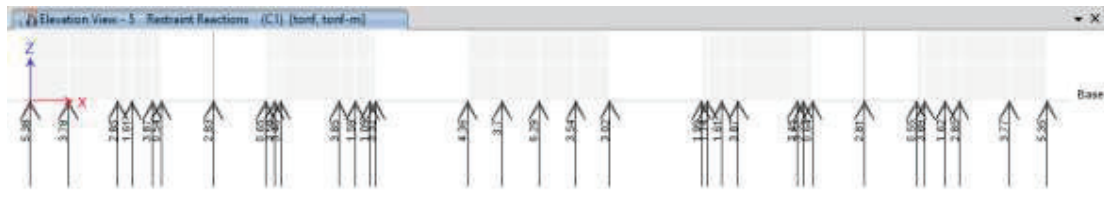
FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.40 REACCIONES EJE 2 – SENTIDO X

FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.41 REACCIONES EJE 5 – SENTIDO X

FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

COMPROBACION ESFUERZO A CIMENTACION

Sumatoria de Fuerzas = 92,62 T EJE 1 - SENTIDO X

L = 20 m

h losa de cimentación = 0,5 m

Esfuerzo máximo = 9,26 T/m²

Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

Sumatoria de Fuerzas = 94,62 T EJE 2 - SENTIDO X

L = 20 m

h losa de cimentación = 0,5 m

Esfuerzo máximo = 9,46 T/m²

Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

Sumatoria de Fuerzas = 96,37 T EJE D - SENTIDO Y

L = 20 m

h losa de cimentación = 0,5 m

Esfuerzo máximo = 9,64 T/m²

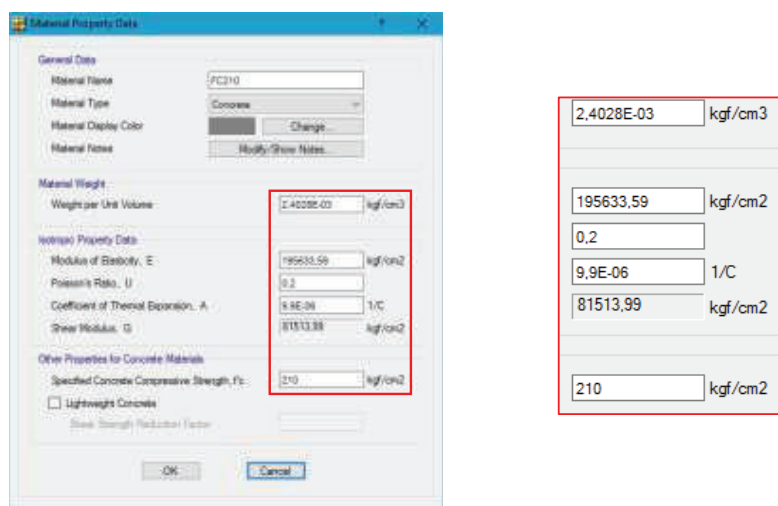
Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

4.8.3. Sistema de Muros de Enchape

Se procede al ingreso del material que en este caso se va a usar hormigón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y una sección de losa de cimentación tipo Slab de 60cm.

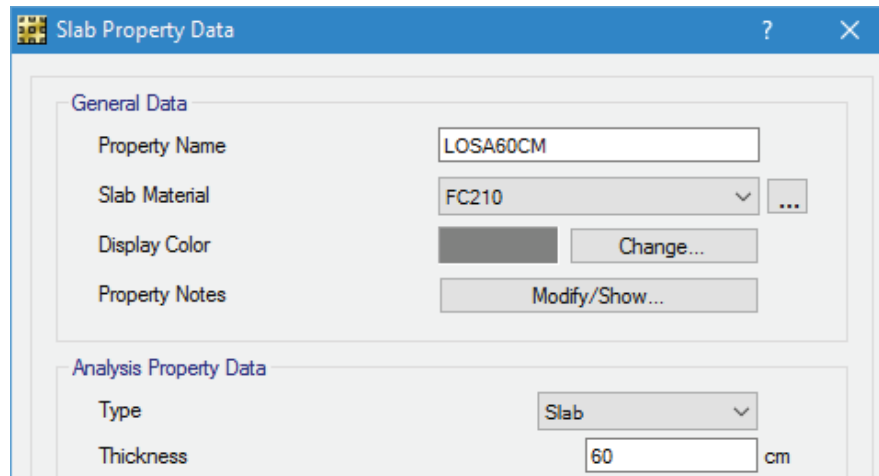
FIGURA 4.42 PROPIEDADES DEL MATERIAL



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.43 PROPIEDADES DE LA SECCIÓN – LOSA DE CIMENTACIÓN 60CM

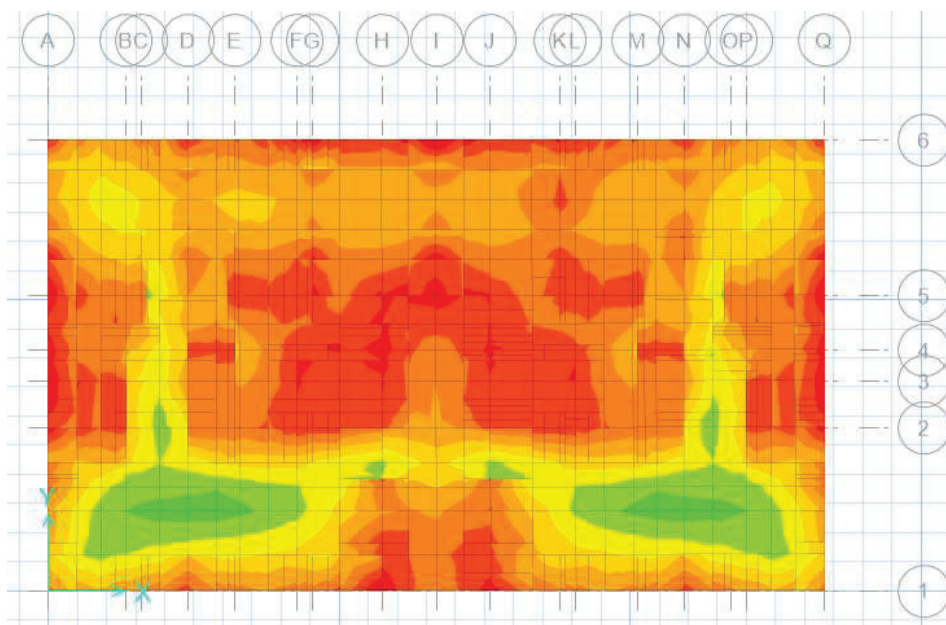


FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Se solicita el análisis del programa para conocer las cuantías de acero que necesita la losa de cimentación:

FIGURA 4.44 ESFUERZOS DE CIMENTACIÓN - SISTEMA MUROS DE ENCHAPE



FUENTE: Programa SAFE

ELABORACIÓN: Daniel Lara

Después de obtenidas las cuantías, se considera el diseño tomando en cuenta las dos direcciones de la losa de cimentación tanto en el armado superior como inferior de la misma.

Posteriormente se comprueba que el acero colocado cumpla con las solicitaciones y se comprueba que no se necesita acero adicional al obtenido de 10mm cada 20cm.

Comprobación de asentamientos máximos:

Se realiza la comprobación de asentamientos máximos sabiendo que en la NEC el asentamiento máximo no debe sobrepasar 1 pulgada, es decir 2.54 cm.

FIGURA 4.45 COMPROBACIÓN ASENTAMIENTO MÁXIMO 1 PULG.

Panel Text	Node Text	Output Case	Case Type	Ux cm	Uy cm	Uz cm	Rx Radians	Ry Radians	Rz Radians
76	3673	SERVICIO	Combination	0	0	-0.270942	0	0	0
1	3556	SERVICIO	Combination	0	0	-0.270435	0	0	0
5	3555	SERVICIO	Combination	0	0	-0.265959	0	0	0
80	3630	SERVICIO	Combination	0	0	-0.265421	0	0	0
4	3723	SERVICIO	Combination	0	0	-0.262726	0	0	0
3	3715	SERVICIO	Combination	0	0	-0.262694	0	0	0
79	3677	SERVICIO	Combination	0	0	-0.262524	0	0	0
78	3676	SERVICIO	Combination	0	0	-0.26251	0	0	0
2	3573	SERVICIO	Combination	0	0	-0.2622	0	0	0
77	3606	SERVICIO	Combination	0	0	-0.262057	0	0	0

FUENTE: Programa SAFE

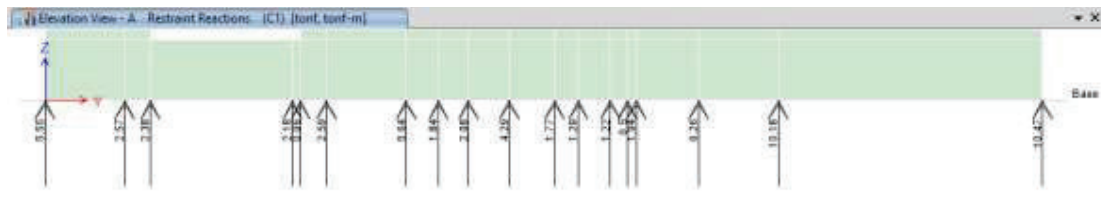
ELABORACIÓN: Daniel Lara

Mediante este gráfico se observa que el asentamiento máximo es 0.27 cm, lo cual no sobrepasa los 2.54cm.

Comprobación de Esfuerzos Admisibles:

Se realiza la comprobación de tres ejes en cada sentido para conocer los esfuerzos que transmiten al suelo:

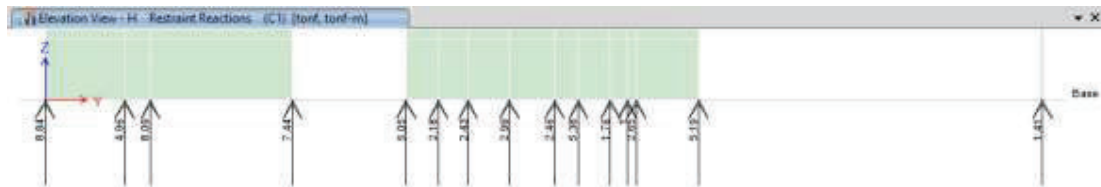
FIGURA 4.46 REACCIONES EJE A – SENTIDO Y



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

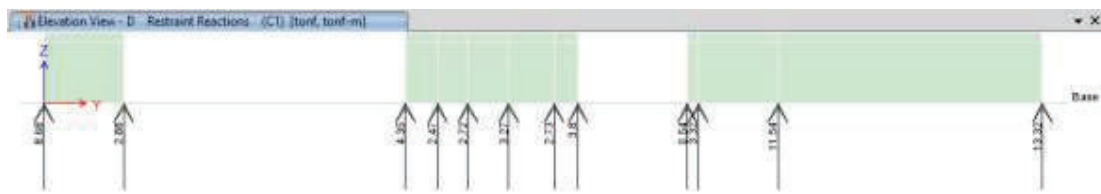
FIGURA 4.47 REACCIONES EJE H – SENTIDO Y



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

FIGURA 4.48 REACCIONES EJE D – SENTIDO Y



FUENTE: Programa ETABS

ELABORACIÓN: Daniel Lara

COMPROBACION ESFUERZO A CIMENTACION

Sumatoria de Fuerzas = 62,76 T EJE A - SENTIDO Y

L = 11,6 m

h losa de cimentación = 0,6 m

Esfuerzo máximo = 9,02 T/m²Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²**OK**

Sumatoria de Fuerzas = 61,83 T EJE H - SENTIDO Y

L = 11,6 m

h losa de cimentación = 0,6 m

Esfuerzo máximo = 8,88 T/m²Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²**OK**

Sumatoria de Fuerzas = 59,62 T EJE D - SENTIDO Y

L = 11,6 m

h losa de cimentación = 0,6 m

Esfuerzo máximo = 8,57 T/m²Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²**OK****FIGURA 4.49 REACCIONES EJE 1- SENTIDO X****FUENTE:** Programa ETABS**ELABORACIÓN:** Daniel Lara

Sumatoria de Fuerzas = 114,22 T EJE D - SENTIDO Y

L = 20 m

h losa de cimentación = 0,6 m

Esfuerzo máximo = 9,52 T/m²

Esfuerzo suelo = 10,00 T/m²

OK

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS Y TIEMPOS

Para el presente estudio se va a analizar los costos y tiempos de elaboración de las estructuras, esto involucra las actividades que se tienen en uno y otro sistema y su posterior comparación de costos y tiempos.

Este análisis es importante porque aparte de la parte estructural que ambos sistemas lo resuelven de buena manera, los costos y tiempos en un proyecto es de suma importancia porque un retraso en actividades puede ser determinante para la culminación de un proyecto.

5.1 ACTIVIDADES Y TIEMPOS

A continuación se presentan las actividades de los dos sistemas de muros portantes en análisis:

5.1.1 SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

A continuación se presentan las actividades de los dos sistemas de muros portantes en análisis:

La presentación de las actividades o rubros para el análisis se realiza por pisos, es decir, primero se considera los trabajos preliminares, luego la cimentación y posterior a esto el levantamiento de la estructura piso a piso.

CUADRO 5.1 TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

ACTIVIDADES		
No.	PRELIMINAR	UNIDAD
1	Replanteo	m ²
CIMENTACION		
2	Excavación manual en cimientos y plintos	m3
3	Replanteo H.S. 180 kg/cm ² . equipo: concretetera	m3
4	Encofrado de losa de Cimentación	m ²
5	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² 8-12mm	Kg
6	Hormigón de Cimentación f'c=210 kg/cm ²	m3
7	Contrapiso H.S.	m ²
8	Timbrado de muros	m
9	Acero para Anclajes	Kg
10	Anclajes de Muros	m
NIVEL + 2,52		
11	Panel de Alma de Poliestireno Muros	m ²
12	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m ²
13	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m ²
14	Aplomado y Apuntalado de paredes	m ²
15	Hormigón de f'c=210 kg/cm ² para recubrimiento de muros	m3
16	Malla angulares de refuerzo (unión)	m
17	Malla de puertas	u
18	Malla de ventanas	u
19	Punto de Iluminación	pto
20	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
21	Punto de agua fría	pto
22	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m ²
23	Colocación de malla de refuerzo	m
24	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm ²	m ²
25	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm ²	m ²
26	Curado de paredes	m ²
27	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m ²
28	Corte y configuración losa Nivel	m ²
29	Colocación de losas	m ²
30	Apuntalamiento losa	m ²
31	Encofrado lateral losa	m
32	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m ²
33	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² 8-12mm	Kg
34	Hormigón en losa de 20cm, f'c 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m3

CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

35	Curado losa	m2
36	Desencofrado de losa	m
37	Limpieza y desalojo	m2
NIVEL + 5,04		
38	Panel de Alma de Poliestireno	m2
39	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m2
40	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m2
41	Aplomado y Apuntalado de paredes	m2
42	Hormigón de $f'c=210$ kg/cm ² para recubrimiento de muros	m3
43	Malla angulares de refuerzo (unión)	m
44	Malla de puertas	u
45	Malla de ventanas	u
46	Punto de Iluminación	pto
47	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
48	Punto de agua fría	pto
49	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m2
50	Colocación de malla de refuerzo	m
51	Lanzado primera capa de hormigón de muros $f'c=210$ kg/cm ²	m2
52	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros $f'c=210$ kg/cm ²	m2
53	Curado de paredes	m2
54	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m2
55	Corte y configuración losa Nivel	m2
56	Colocación de losas	m2
57	Apuntalamiento losa	m2
58	Encofrado lateral losa	m
59	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m2
60	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg
61	Hormigón en losa de 20cm, $f'c$ 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m3
62	Curado losa	m2
63	Desencofrado de losa	m
64	Limpieza y desalojo	m2
NIVEL + 7,56		
65	Panel de Alma de Poliestireno	m2
66	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m2
67	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m2
68	Aplomado y Apuntalado de paredes	m2
69	Hormigón de $f'c=210$ kg/cm ² para recubrimiento de muros	m3
70	Malla angulares de refuerzo (unión)	m
71	Malla de puertas	u
72	Malla de ventanas	u

CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

73	Punto de Iluminación	pto
74	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
75	Punto de agua fría	pto
76	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m2
77	Colocación de malla de refuerzo	m
78	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
79	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
80	Curado de paredes	m2
81	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m2
82	Corte y configuración losa Nivel	m2
83	Colocación de losas	m2
84	Apuntalamiento losa	m2
85	Encofrado lateral losa	m
86	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m2
87	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm	Kg
88	Hormigón en losa de 20cm, f'c 210 kg/cm2, no incluye encofrado	m3
89	Curado losa	m2
90	Desencofrado de losa	m
91	Limpieza y desalojo	m2
NIVEL + 10,08		
92	Panel de Alma de Poliestireno	m2
93	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m2
94	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m2
95	Aplomado y Apuntalado de paredes	m2
96	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3
97	Malla angulares de refuerzo (unión)	m
98	Malla de puertas	u
99	Malla de ventanas	u
100	Punto de Iluminación	pto
101	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
102	Punto de agua fría	pto
103	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m2
104	Colocación de malla de refuerzo	m
105	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
106	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
107	Curado de paredes	m2
108	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m2
109	Corte y configuración losa Nivel	m2
110	Colocación de losas	m2
111	Apuntalamiento losa	m2

CUADRO 5.1 CONTINUACIÓN TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

112	Encofrado lateral losa	m
113	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m ²
114	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg
115	Hormigón en losa de 20cm, f'_c 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m ³
116	Curado losa	m ²
117	Desencofrado de losa	m
118	Impermeabilización de losa	m ²
119	Limpieza final de la obra	m ²

ELABORACIÓN: Daniel Lara

El presente sistema de Muros con alma de poliestireno cuenta con un total de 119 actividades o rubros para su ejecución. Cabe mencionar que solamente se hace el análisis de tiempos y costos en obra gris, sin mencionar acabados y terminados de obra.

5.1.2 SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE

Las actividades para el sistema de Muros de enchape se presentan a continuación:

CUADRO 5.2 TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

ACTIVIDADES		
No.	PRELIMINAR	UNIDAD
1	Replanteo	m ²
CIMENTACION		
2	Excavación manual en cimientos y plintos	m ³
3	Replanteo H.S. 180 kg/cm ² . equipo: concreteira	m ³
4	Encofrado de losa de Cimentación	m ²
5	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg
6	Hormigón de Cimentación $f'_c=210$ kg/cm ²	m ³
7	Contrapiso H.S.	m ²
8	Timbrado de muros	m
9	Acero para Anclajes	Kg
10	Anclajes de Muros	m

CUADRO 5.2 CONTINUACIÓN TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

NIVEL + 2,52		
11	Bloque liviano e= 6,5 cm	u
12	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2
13	Aplomado de paredes	m2
14	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3
15	Punto de Iluminación	pto
16	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
17	Punto de agua fría	pto
18	Malla electrosoldada de refuerzo	m2
19	Colocación de malla de refuerzo	m
20	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
21	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
22	Curado de paredes	m2
23	Encofrado de losa de Nivel	m2
24	Apuntalamiento losa	m2
25	Encofrado lateral losa	m
26	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg
27	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m
28	Curado losa	m3
29	Desencofrado de losa	m2
30	Limpieza y desalojo	m2
NIVEL + 5,04		
31	Bloque liviano e= 6,5 cm	u
32	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2
33	Aplomado de paredes	m2
34	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3
35	Punto de Iluminación	pto
36	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
37	Punto de agua fría	pto
38	Malla electrosoldada de refuerzo	m2
39	Colocación de malla de refuerzo	m
40	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
41	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
42	Curado de paredes	m2
43	Encofrado de losa de Nivel	m2
44	Apuntalamiento losa	m2
45	Encofrado lateral losa	m
46	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg
47	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m3
48	Curado losa	m2
49	Desencofrado de losa	m2

CUADRO 5.2 CONTINUACIÓN TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

50	Limpieza y desalojo	m2
NIVEL + 7,56		
51	Bloque liviano e= 6,5 cm	u
52	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2
53	Aplomado de paredes	m2
54	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3
55	Punto de Iluminación	pto
56	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
57	Punto de agua fría	pto
58	Malla electrosoldada de refuerzo	m2
59	Colocación de malla de refuerzo	m
60	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
61	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
62	Curado de paredes	m2
63	Encofrado de losa de Nivel	m2
64	Apuntalamiento losa	m2
65	Encofrado lateral losa	m
66	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg
67	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m3
68	Curado losa	m2
69	Desencofrado de losa	m2
70	Limpieza y desalojo	m2
NIVEL + 10,08		
71	Bloque liviano e= 6,5 cm	u
72	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2
73	Aplomado de paredes	m2
74	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3
75	Punto de Iluminación	pto
76	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto
77	Punto de agua fría	pto
78	Malla electrosoldada de refuerzo	m2
79	Colocación de malla de refuerzo	m
80	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
81	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2
82	Curado de paredes	m2
83	Encofrado de losa de Nivel	m2
84	Apuntalamiento losa	m2
85	Encofrado lateral losa	m
86	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg
87	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m3
88	Curado losa	m2

CUADRO 5.2 CONTINUACIÓN TABLA DE CANTIDADES – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

89	Desencofrado de losa	m2
90	Impermeabilización de losa	m2
91	Limpieza final de la obra	m2

ELABORACIÓN: Daniel Lara

En este caso se observa que el Sistema con Muros de enchape posee 91 actividades para completar la obra gris.

5.2 COSTOS

Se adjunta la tabla de costos con las cantidades medidas de los cálculos y análisis previos, para esto se ha considerado los precios más actuales del mercado, tomando en cuenta las publicaciones de la Camicon, con su revista de Mayo-Junio del 2016, y precios referenciales de comercializadoras del sistema de muros con alma de poliestireno Panecons S.A.

5.2.1 SISTEMA DE MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

Se presenta la tabla de cantidades de obra y costos en cada uno de los rubros del sistema de muros con alma de poliestireno:

CUADRO 5.3 TABLA DE COSTOS – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

ACTIVIDADES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
No.	PRELIMINAR				
1	Replanteo	m ²			
CIMENTACION					
2	Excavación manual en cimientos y plintos	m ³	269,05	\$9,33	\$2.510,27
3	Replanteo H.S. 180 kg/cm ² . equipo: concretera	m ³	38,44	\$109,80	\$4.220,30
4	Encofrado de losa de Cimentación	m ²	40,10	\$28,83	\$1.156,08
5	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² 8-12mm	Kg	2591,40	\$1,80	\$4.664,52
6	Hormigón de Cimentación f'c=210 kg/cm ²	m ³	192,18	\$129,79	\$24.943,20
7	Contrapiso H.S.	m ²	239,96	\$16,00	\$3.839,36
8	Timbrado de muros	m	124,75	\$1,31	\$163,42
9	Acero para Anclajes	Kg	8381,94	\$1,96	\$16.428,60
10	Anclajes de Muros	m	124,75	\$6,12	\$764,03

CUADRO 5.3 CONTINUACIÓN TABLA DE COSTOS – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
NIVEL + 2,52					
11	Panel de Alma de Poliestireno Muros	m2	314,37	\$14,98	\$4.709,26
12	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m2	314,37	\$0,60	\$188,62
13	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m2	314,37	\$1,95	\$613,02
14	Aplomado y Apuntalado de paredes	m2	314,37	\$1,15	\$361,53
15	Hormigón de f _c =210 kg/cm ² para recubrimiento de muros	m ³	18,86	\$108,10	\$2.039,00
16	Malla angulares de refuerzo (unión)	m	311,22	\$1,10	\$341,23
17	Malla de puertas	u	16,00	\$1,26	\$20,20
18	Malla de ventanas	u	18,00	\$2,53	\$45,45
19	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
20	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
21	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
22	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m2	314,37	\$4,75	\$1.493,26
23	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
24	Lanzado primera capa de hormigón de muros f _c =210 kg/cm ²	m2	314,37	\$0,62	\$194,97
25	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f _c =210 kg/cm ²	m2	314,37	\$3,94	\$1.239,47
26	Curado de paredes	m2	314,37	\$0,06	\$17,41
27	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m2	239,96	\$20,91	\$5.017,56
28	Corte y configuración losa Nivel	m2	239,96	\$0,63	\$151,17
29	Colocación de losas	m2	239,96	\$1,99	\$477,52
30	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
31	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
32	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m2	239,96	\$4,75	\$1.139,81
33	Acero de refuerzo f _y =4200 kg/cm ² 8-12mm	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
34	Hormigón en losa de 20cm, f _c 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m ³	19,20	\$197,18	\$3.785,23
35	Curado losa	m2	239,96	\$0,07	\$16,80
36	Desencofrado de losa	m	64,20	\$1,95	\$125,14
37	Limpieza y desalojo	m2	239,96	\$0,00	\$0,00
NIVEL + 5,04					
38	Panel de Alma de Poliestireno	m2	314,37	\$14,98	\$4.709,26
39	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m2	314,37	\$0,60	\$188,62
40	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m2	314,37	\$1,95	\$613,02
41	Aplomado y Apuntalado de paredes	m2	314,37	\$1,15	\$361,53
42	Hormigón de f _c =210 kg/cm ² para recubrimiento de muros	m ³	18,86	\$108,10	\$2.039,00
43	Malla angulares de refuerzo (unión)	m	311,22	\$1,10	\$341,23
44	Malla de puertas	u	16,00	\$1,26	\$20,20
45	Malla de ventanas	u	18,00	\$2,53	\$45,45
46	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
47	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
48	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
49	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m2	314,37	\$4,75	\$1.493,26
50	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
51	Lanzado primera capa de hormigón de muros f _c =210 kg/cm ²	m2	314,37	\$0,62	\$194,97
52	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f _c =210 kg/cm ²	m2	314,37	\$3,94	\$1.239,47
53	Curado de paredes	m2	314,37	\$0,06	\$17,41
54	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m2	239,96	\$20,91	\$5.017,56
55	Corte y configuración losa Nivel	m2	239,96	\$0,63	\$151,17
56	Colocación de losas	m2	239,96	\$1,99	\$477,52
57	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
58	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
59	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m2	239,96	\$4,75	\$1.139,81

CUADRO 5.3 CONTINUACIÓN TABLA DE COSTOS – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
60	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
61	Hormigón en losa de 20cm, f_c 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m ³	19,20	\$197,18	\$3.785,23
62	Curado losa	m ²	239,96	\$0,07	\$16,80
63	Desencofrado de losa	m	64,20	\$1,95	\$125,14
64	Limpieza y desalojo	m ²	239,96	\$0,00	\$0,00
NIVEL + 7,56					
65	Panel de Alma de Poliestireno	m ²	314,37	\$14,98	\$4.709,26
66	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m ²	314,37	\$0,60	\$188,62
67	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m ²	314,37	\$1,95	\$613,02
68	Aplomado y Apuntalado de paredes	m ²	314,37	\$1,15	\$361,53
69	Hormigón de $f_c=210$ kg/cm ² para recubrimiento de muros	m ³	18,86	\$108,10	\$2.039,00
70	Malla angulares de refuerzo (unión)	m	311,22	\$1,10	\$341,23
71	Malla de puertas	u	16,00	\$1,26	\$20,20
72	Malla de ventanas	u	18,00	\$2,53	\$45,45
73	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
74	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
75	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
76	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m ²	314,37	\$4,75	\$1.493,26
77	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
78	Lanzado primera capa de hormigón de muros $f_c=210$ kg/cm ²	m ²	314,37	\$0,62	\$194,97
79	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros $f_c=210$ kg/cm ²	m ²	314,37	\$3,94	\$1.239,47
80	Curado de paredes	m ²	314,37	\$0,06	\$17,41
81	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m ²	239,96	\$20,91	\$5.017,56
82	Corte y configuración losa Nivel	m ²	239,96	\$0,63	\$151,17
83	Colocación de losas	m ²	239,96	\$1,99	\$477,52
84	Apuntalamiento losa	m ²	239,96	\$3,67	\$880,65
85	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
86	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m ²	239,96	\$4,75	\$1.139,81
87	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
88	Hormigón en losa de 20cm, f_c 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m ³	19,20	\$197,18	\$3.785,23
89	Curado losa	m ²	239,96	\$0,07	\$16,80
90	Desencofrado de losa	m	64,20	\$1,95	\$125,14
91	Limpieza y desalojo	m ²	239,96	\$0,00	\$0,00
NIVEL + 10,08					
92	Panel de Alma de Poliestireno	m ²	314,37	\$14,98	\$4.709,26
93	Corte y configuración de paredes hasta Nivel	m ²	314,37	\$0,60	\$188,62
94	Armado de Paneles de Muros hasta Nivel	m ²	314,37	\$1,95	\$613,02
95	Aplomado y Apuntalado de paredes	m ²	314,37	\$1,15	\$361,53
96	Hormigón de $f_c=210$ kg/cm ² para recubrimiento de muros	m ³	18,86	\$108,10	\$2.039,00
97	Malla angulares de refuerzo (unión)	m	311,22	\$1,10	\$341,23
98	Malla de puertas	u	16,00	\$1,26	\$20,20
99	Malla de ventanas	u	18,00	\$2,53	\$45,45
100	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
101	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
102	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
103	Malla electrosoldada de refuerzo de muros	m ²	314,37	\$4,75	\$1.493,26
104	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
105	Lanzado primera capa de hormigón de muros $f_c=210$ kg/cm ²	m ²	314,37	\$0,62	\$194,97
106	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros $f_c=210$ kg/cm ²	m ²	314,37	\$3,94	\$1.239,47
107	Curado de paredes	m ²	314,37	\$0,06	\$17,41
108	Panel de Alma de Poliestireno Losas	m ²	239,96	\$20,91	\$5.017,56

CUADRO 5.3 CONTINUACIÓN TABLA DE COSTOS – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO

ACTIVIDADES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
109	Corte y configuración losa Nivel	m2	239,96	\$0,63	\$151,17
110	Colocación de losas	m2	239,96	\$1,99	\$477,52
111	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
112	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
113	Malla electrosoldada de refuerzo de losas	m2	239,96	\$4,75	\$1.139,81
114	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
115	Hormigón en losa de 20cm, f_c 210 kg/cm ² , no incluye encofrado	m3	19,20	\$197,18	\$3.785,23
116	Curado losa	m2	239,96	\$0,07	\$16,80
117	Desencofrado de losa	m	64,20	\$1,95	\$125,14
118	Impermeabilización de losa	m2	239,96	\$10,47	\$2.512,38
119	Limpieza final de la obra	m2	959,84	\$2,44	\$2.342,01
TOTAL :					\$175.300,62

ELABORACIÓN: Daniel Lara

5.2.2 SISTEMA DE MUROS DE ENCHAPE

A continuación se muestran los costos de los rubros considerados para el sistema de muros de enchape:

CUADRO 5.4 TABLA DE COSTOS – MUROS DE ENCHAPE

ACTIVIDADES			CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
No.	PRELIMINAR	UNIDAD			
1	Replanteo	m ²			
CIMENTACION					
2	Excavación manual en cimientos y plintos	m3	307,49	\$9,33	\$2.868,88
3	Replanteo H.S. 180 kg/cm ² . equipo: concretera	m3	38,44	\$109,80	\$4.220,30
4	Encofrado de losa de Cimentación	m2	60,15	\$28,83	\$1.734,12
5	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² 8-12mm	Kg	2591,40	\$1,80	\$4.664,52
6	Hormigón de Cimentación $f_c=210$ kg/cm ²	m3	288,27	\$129,79	\$37.414,81
7	Contrapiso H.S.	m2	239,96	\$16,00	\$3.839,36
8	Timbrado de muros	m	124,75	\$1,31	\$163,42
9	Acero para Anclajes	Kg	8381,94	\$1,96	\$16.428,60
10	Anclajes de Muros	m	124,75	\$6,12	\$764,03
NIVEL + 2,52					
11	Bloque liviano e= 6,5 cm	u	3600,00	\$1,80	\$6.480,00
12	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2	314,37	\$9,71	\$3.052,53
13	Aplomado de paredes	m2	314,37	\$2,08	\$653,89
14	Hormigón de $f_c=210$ kg/cm ² para recubrimiento de muros	m3	18,86	\$109,57	\$2.066,73
15	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
16	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
17	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60

CUADRO 5.4 CONTINUACIÓN TABLA DE COSTOS – MUROS DE ENCHAPE

	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
18	Malla electrosoldada de refuerzo	m2	314,37	\$4,75	\$1.493,26
19	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
20	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$0,62	\$194,97
21	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$3,94	\$1.239,47
22	Curado de paredes	m2	314,37	\$0,06	\$17,41
23	Encofrado de losa de Nivel	m2	239,96	\$2,24	\$537,51
24	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
25	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
26	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
27	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m	35,99	\$197,18	\$7.097,30
28	Curado losa	m3	239,96	\$0,07	\$16,80
29	Desencofrado de losa	m2	64,20	\$1,95	\$125,14
30	Limpieza y desalojo	m2	239,96	\$0,00	\$0,00
NIVEL + 5,04					
31	Bloque liviano e= 6,5 cm	u	3600,00	\$1,80	\$6.480,00
32	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2	314,37	\$9,71	\$3.052,53
33	Aplomado de paredes	m2	314,37	\$2,08	\$653,89
34	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3	18,86	\$109,57	\$2.066,73
35	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
36	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
37	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
38	Malla electrosoldada de refuerzo	m2	314,37	\$4,75	\$1.493,26
39	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
40	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$0,62	\$194,97
41	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$3,94	\$1.239,47
42	Curado de paredes	m2	314,37	\$0,06	\$17,41
43	Encofrado de losa de Nivel	m2	239,96	\$2,24	\$537,51
44	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
45	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
46	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
47	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m3	35,99	\$197,18	\$7.097,30
48	Curado losa	m2	239,96	\$0,07	\$16,80
49	Desencofrado de losa	m2	64,20	\$1,95	\$125,14
50	Limpieza y desalojo	m2	239,96	\$0,00	\$0,00
NIVEL + 7,56					
51	Bloque liviano e= 6,5 cm	u	3600,00	\$1,80	\$6.480,00
52	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2	314,37	\$9,71	\$3.052,53
53	Aplomado de paredes	m2	314,37	\$2,08	\$653,89
54	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3	18,86	\$109,57	\$2.066,73
55	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
56	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
57	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
58	Malla electrosoldada de refuerzo	m2	314,37	\$4,75	\$1.493,26
59	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
60	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$0,62	\$194,97
61	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$3,94	\$1.239,47
62	Curado de paredes	m2	314,37	\$0,06	\$17,41
63	Encofrado de losa de Nivel	m2	239,96	\$2,24	\$537,51
64	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
65	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
66	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
67	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m3	35,99	\$197,18	\$7.097,30

CUADRO 5.4 CONTINUACIÓN TABLA DE COSTOS – MUROS DE ENCHAPE

ACTIVIDADES		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
68	Curado losa	m2	239,96	\$0,07	\$16,80
69	Desencofrado de losa	m2	64,20	\$1,95	\$125,14
70	Limpieza y desalojo	m2	239,96	\$0,00	\$0,00
NIVEL + 10,08					
71	Bloque liviano e= 6,5 cm	u	3600,00	\$1,80	\$6.480,00
72	Mampostería de bloque e= 6,5cm	m2	314,37	\$9,71	\$3.052,53
73	Aplomado de paredes	m2	314,37	\$2,08	\$653,89
74	Hormigón de f'c=210 kg/cm2 para recubrimiento de muros	m3	18,86	\$109,57	\$2.066,73
75	Punto de Iluminación	pto	26,00	\$24,73	\$642,98
76	Punto de desagüe de PVC, incluye accesorios	pto	12,00	\$44,43	\$533,16
77	Punto de agua fría	pto	10,00	\$28,96	\$289,60
78	Malla electrosoldada de refuerzo	m2	314,37	\$4,75	\$1.493,26
79	Colocación de malla de refuerzo	m	314,37	\$2,80	\$880,86
80	Lanzado primera capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$0,62	\$194,97
81	Lanzado Segunda capa de hormigón de muros f'c=210 kg/cm2	m2	314,37	\$3,94	\$1.239,47
82	Curado de paredes	m2	314,37	\$0,06	\$17,41
83	Encofrado de losa de Nivel	m2	239,96	\$2,24	\$537,51
84	Apuntalamiento losa	m2	239,96	\$3,67	\$880,65
85	Encofrado lateral losa	m	64,20	\$2,24	\$143,81
86	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 8-12mm para losas	Kg	2073,12	\$1,25	\$2.591,40
87	Losa maciza e= 12cm f'c=210 kg/cm2 no incluye encofrado	m3	35,99	\$197,18	\$7.097,30
88	Curado losa	m2	239,96	\$0,07	\$16,80
89	Desencofrado de losa	m2	64,20	\$1,95	\$125,14
90	Impermeabilización de losa	m2	239,96	\$10,47	\$2.512,38
91	Limpieza final de la obra	m2	959,84	\$2,44	\$2.342,01
TOTAL :					\$192.702,27

ELABORACIÓN: Daniel Lara

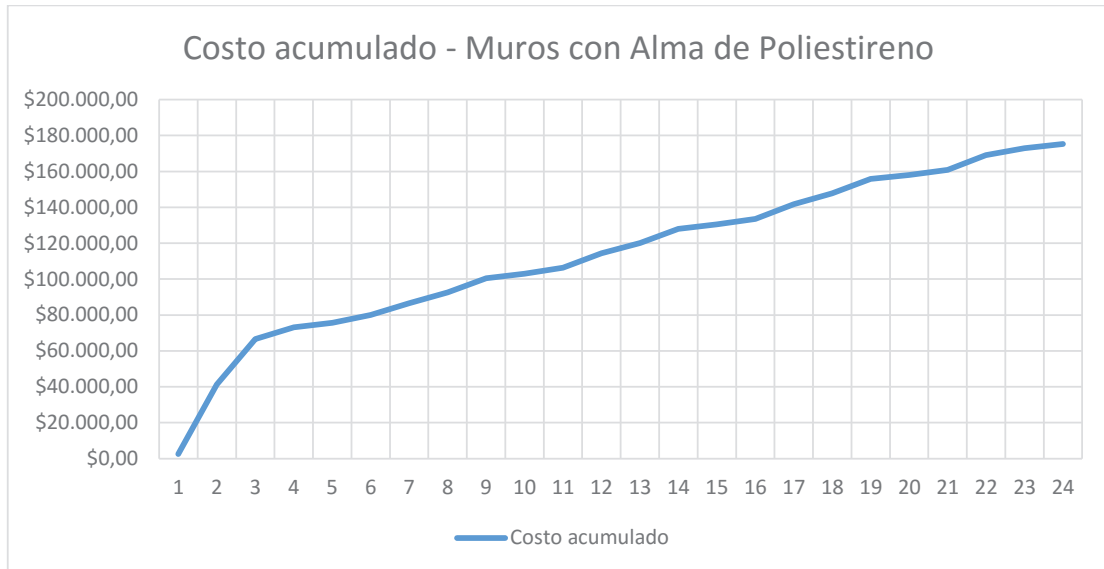
Se constata que el precio total de la estructura de Muros de Enchape es de \$192.702,27 y en cambio el sistema de muros con alma de poliestireno que da un total de \$175.300,62.

A continuación se procede a calcular los tiempos de obra y obtener las curvas valoradas que se tienen en cada uno de los sistemas constructivos.

Usando el programa Project, se puede examinar el tiempo que demora la construcción. Para esto se ingresa los datos de actividades, tiempos de construcción y costos para la planificación de obra.

Se obtiene como resultado una curva valorada medida en semanas del costo total acumulado del proyecto con el sistema de muros con alma de poliestireno y con el de muros de enchape.

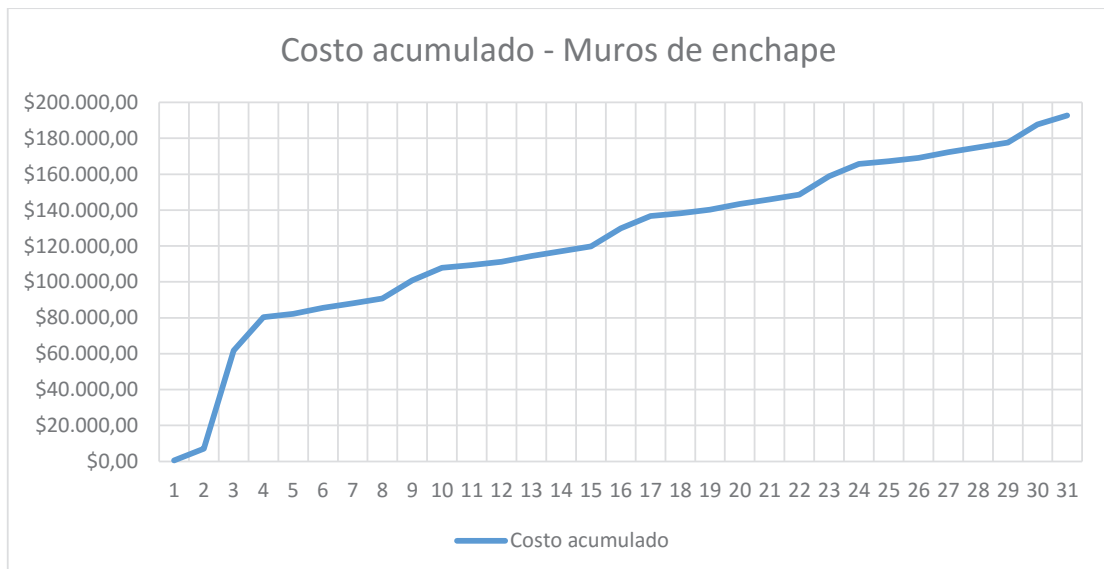
GRÁFICA 5.1 CURVA VALORADA – MUROS CON ALMA DE POLIESTIRENO



FUENTE: Programa PROJECT

ELABORACIÓN: Daniel Lara

GRÁFICA 5.2 CURVA VALORADA – MUROS DE ENCHAPE



FUENTE: Programa PROJECT

ELABORACIÓN: Daniel Lara

La diferencia es más evidente cuando se considera que la estructura con el sistema de muros con alma de poliestireno además de ser un poco más económica, también es la que menor tiempo necesita para su construcción.

CAPÍTULO 6

COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MUROS PORTANTES DE HORMIGÓN ARMADO CON ALMA DE POLIESTIRENO Y ENCHAPE CON MALLA ELECTROSOLDADA

El presente capítulo tiene como objetivo la comparación directa de los dos sistemas de muros portantes, el sistema de muros con alma de poliestireno y el sistema de muros de enchape. Para esto se ha desarrollado en capítulos anteriores los análisis en los campos: estructurales, de tiempos y de costos. Con esta información de antemano se pueden realizar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1.1.1 MATERIALES

Los materiales en los dos sistemas han sido considerados como los disponibles en el mercado y fáciles de acceder, tales como el hormigón con $f'c=210$ kg/cm², los bloques para la mampostería de enchape y los paneles con alma de poliestireno que en el país ya hay empresas que lo comercializan. Tal vez en este aspecto tiene más facilidades el sistema de muro de enchape ya que es un poco más accesible por la facilidad y disponibilidad de bloques para construcción.

Otro aspecto de comparación son las mallas electrosoldadas en cada sistema, en los muros con alma de poliestireno se tienen mallas electrosoldadas bases de 2.5mm cada 6.5cm, en donde un refuerzo adicional únicamente sería el colocar n

cantidad de mallas, sin embargo en los muros de enchape se tiene la facilidad de escoger mallas de mayor diámetro para responder a las sollicitaciones de cada caso. Es así como en este análisis se pasó de una malla de 3.5mm inicial de los muros de enchape a una malla de 4mm y se pudo suplir las necesidades de cuantías de acero.

6.1.1.2 Sección de muro

Las secciones de los muros vienen principalmente dadas por el alma que posean, por ejemplo el muro de alma de poliestireno tiene espesores variables a disposición al igual que los bloques que poseen anchos diversos, en este caso se ha tratado de que el alma que compone el sistema sea la menor en dimensiones y sin embargo han cumplido con las sollicitaciones estructurales. En este aspecto se puede comparar una situación de manera directa que es el método constructivo para el levantamiento de paredes, en el caso de los muros con alma de poliestireno se tiene que al gozar del alma liviana como el poliestireno, la colocación y configuración de paredes se vuelve de fácil manipulación y permite que los tiempos sean menos para levantar una pared, a comparación del levantamiento de la pared con bloques tradicionales.

6.1.1.3 Sección de losa

La losa es un elemento que en el sistema de muro de enchape se vuelve un poco más manejable, ya que tiene diversidad de tipos de losas para diseñar, en este caso se ha diseñado una losa maciza, sin embargo se pueden diseñar sinfín de losas en comparación con el sistema unidireccional de losas que presenta el sistema de alma de poliestireno, en donde el refuerzo adicional se encuentra en las nervaduras longitudinales del panel y además se acompaña de la malla electrosoldada base de cada panel.

6.1.1.4 Modelación

En la modelación se puede mencionar que ambos sistemas únicamente se modelan con los anchos del recubrimiento que cuentan, es así que los dos sistemas presentan en la modelación secciones de 6cm de espesor. En cambio con las losas se tienen secciones diferentes y esto es la mayor diferencia en los modelos.

6.1.1.5 Aspectos sísmicos

Los coeficientes de corte basal que se colocaron son los mismos en los dos sistemas, ya que no dependen de la estructura sino de los coeficientes a elegir, en este caso se trata del mismo proyecto y el coeficiente es el mismo. Posteriormente se verificó que el peso de la estructura con muros de enchape es mayor y por eso tiene más corte basal dicha estructura. Esto se debe principalmente a la diferencia en secciones de losa.

Peso de estructura con alma de poliestireno = 496.670,66 Kg

Peso de estructura con muros de enchape = 586.050,29 Kg

Por esta razón los periodos en el sistema de alma de poliestireno son menores al igual que las derivas de piso.

6.1.1.6 Cimentaciones

Las cimentaciones muestran claramente que el sistema de muros de alma de poliestireno requieren de una cimentación con menor peralte que el sistema de muros de enchape. Esa diferencia de peralte puede significar mucho dinero en los costos de un proyecto al considerar como contrapiso armado

Peralte cimentación - muro con alma de poliestireno = 50cm

Peralte cimentación - muro de enchape = 60cm

6.1.2 ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS

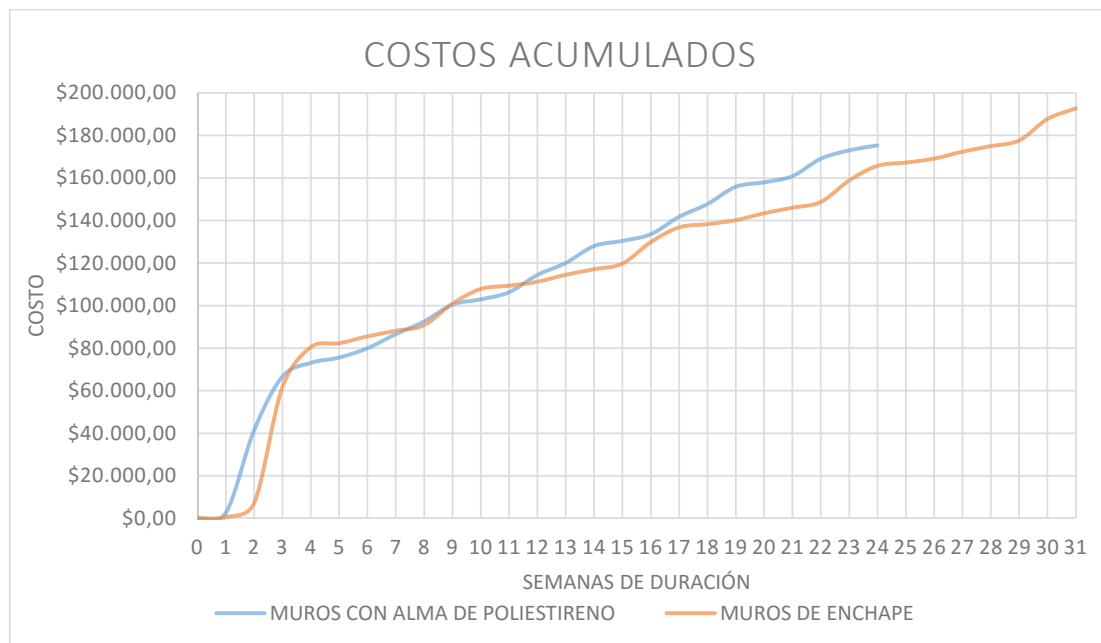
La cantidad de actividades o rubros que presentan los sistemas en estudio varían de la siguiente manera:

Rubros con Sistema de Muros con Alma de Poliéstireno = 119

Rubros con Sistema de Muros de enchape = 91

Diferencia = 28 actividades

GRÁFICA 6.1 CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS ACUMULADOS



ELABORACIÓN: Daniel Lara

Lo que muestra que el sistema de muros con alma de poliéstireno tiene un poco más de complejidad de actividades, como son los refuerzos entre paneles, refuerzos en puertas y ventanas, que demoran poco tiempo en comparación con el levantamiento de paredes de bloque que es una sola actividad pero que puede demorar varios días dependiendo del flujo de mano de obra que se tenga.

Mediante el uso del programa Project se puede tener una herramienta para la planificación de proyectos en la cual podemos ver los tiempos de duración de las actividades y las rutas que toma cada proyecto en su avance.

Mediante la programación de este proyecto en cada uno de los sistemas, se pudo obtener una comparación en la duración de la construcción de la obra gris de este proyecto con cada uno de los sistemas.

Es así que se tiene:

Duración con muros de alma de poliestireno = 122 días

Duración con muros de enchape = 154 días

Diferencia = 32 días

Esta diferencia puede ser sustancial en la toma de decisiones del sistema a elegir, ya que el precio de mano de obra, alquiler de equipos y maquinaria, sueldos, salarios y demás gastos se ven afectados por el tiempo de ejecución de la obra. En este caso el sistema de muros con alma de poliestireno lleva una amplia ventaja al sistema de muros de enchape.

Sin embargo evaluando las actividades y las rutas críticas en cada uno de los sistemas aplicados a este proyecto. Se demuestra que ambos proyectos son dependientes de actividades base como son la configuración y levantamiento de muros, las fundiciones en losas y los recubrimientos en muros. Por lo cual son proyectos con sistemas en los que un evento adverso o un atraso pueden llevar a demoras o retrasos en obra que se traduce en más costo y más gasto para el proyecto.

De las tablas de costos del capítulo 5 se tiene los valores de:

Costo Total – Muros con alma de poliestireno = \$175.339,08

Costo Total – Muros de enchape = \$192.702,27

Diferencia = \$ 17.363,19

Finalmente se puede concluir que el sistema de muros con alma de poliestireno es un poco más económico comparado con el sistema de muros de enchape, la

variación no es mucha ya que los dos sistemas usan el mismo recubrimiento en muros con el mismo material. Sin embargo las diferencias principales se pueden dar por la losa maciza en el caso del sistema de muros de enchape y por el uso de bloques como alma de los muros y en el caso de los muros con alma de poliestireno se puede considerar que se consideran más costos en los refuerzos entre muros, refuerzos de puertas y ventanas.

De manera general se puede añadir ciertas recomendaciones:

Para la modelación se puede considerar el uso de los coeficientes sísmicos para la representación de las cargas horizontales o sísmicas, ya que como quedó demostrado, las derivas de piso no son de mucha diferencia y es un método que es de fácil aplicación comparado con el método de repartición de fuerzas horizontales.

La consideración del espesor de muros y losas, únicamente de los recubrimientos, y teniendo en cuenta el valor del módulo de elasticidad en cada caso, demuestra que satisface las condiciones en las dos metodologías y brinda resultados similares para las cuantías necesarias de refuerzos en muros, es una buena opción y facilita el cálculo el considerar los espesores de recubrimientos para modelación en muros portantes que posean almas.

La asignación de la fuente de masa permite tener una buena repartición de fuerzas de manera automática con el programa de cálculo, se aconseja el uso de esta herramienta para no tener análisis erróneos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adelca acería del Ecuador (2014). Catálogo de productos. Edición 18.
- American Concrete Institute. (2008). Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario. Farmington Hills, USA, Comité ACI 318.
- Análisis de Relación de aspectos de muros estructurales. Quito: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.
- Cámara de la Industria de la Construcción (2016), Revista Construcción, 96.
- Fernández, L., & Paredes, P. (2010). Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil, Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo. Quito: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.
- Gallegos, C. & Morales, M. (2014). Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil. Análisis estructural y económico de losas con luces de 6, 10 y 12 metros utilizando dos sistemas constructivos. Quito: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.
- Jacinto, R. (2006). Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil,
- M2 Emmedue Building System. (2010). Catálogo Emme due, 52. Italia
- M2 Emmedue Building System. (2010). Folder Emme due. Sistema Constructivo Emmedue, 8. Italia.
- M2 Emmedue Building System. (2012). Especificaciones Paneles. Sistema Constructivo Emmedue, 13. Italia.
- M2 Emmedue Building System. (2012). Manual Operativo. Sistema Constructivo Emmedue, 52. Italia.
- Maldonado, J. M. (2010). Proyecto previo a la Obtención del Título de Arquitecto Factibilidad del uso del sistema constructivo M-2 aplicado en viviendas en

la ciudad de Loja. Loja: Facultad de Arquitectura, Universidad Técnica Particular de Loja.

Maldonado, N., & Terán, P. (2014). Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil, Análisis comparativo entre sistema de pórticos y sistema de paredes portantes de hormigón (M2) para un edificio de vivienda de 6 pisos. Quito: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.

Nilson, A. Editorial Mc Graw Hill, (2001), Diseño de estructuras de concreto. Estados Unidos.

Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), Capítulo: Cargas (No sísmicas).

Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), Capítulo: Mampostería Estructural

Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), Capítulo: Peligro Sísmico Diseño Sismo resistente.

Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), Capítulo: Viviendas de hasta 2 pisos con luces hasta 5m.

NTE INEN 1510, (1987). Acero. Alambre liso trefilado en frío para hormigón armado, 10.

NTE INEN 1511, (2008). Alambre conformado en frío para hormigón armado, 15.

NTE INEN 2167, (2011). Varillas de acero con resaltes, laminadas en caliente, soldables, microaleadas o termotratadas, para hormigón armado, 19.

NTE INEN 2209, (2012). Malla de alambre de acero soldada. Requisitos e inspeccion, 13.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente (2016), Título D - mampostería Estructural.

San Bartolomé, A. (2009). Informe técnico, Evaluación experimental del sistema constructivo "M2". Lima - Perú

Vaca, F. (2011) Exposiciones sobre estructuras pared portante de mampostería y hormigón armado. Quito, Ecuador

Velasteguí, J. C. (2013). Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero Civil, Estado del arte del sistema M2 para edificios de altura. Quito: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.