

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE UN
BLOQUE HABITACIONAL DE CUATRO PLANTAS EN LA BASE NAVAL
DE JARAMIJÓ – MANABÍ

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

David Salomón Conforme Torres

Diego Armando Zambrano Mendoza

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a todas las personas que influyeron en la etapa de mi vida estudiantil, las cuales fueron un apoyo fundamental para mí, debido a que sin ellos no hubiese logrado muchas de las cosas planteadas y a mi madre que siempre ha sido mi mayor inspiración para seguir adelante en todo momento.

David Salomón Conforme Torres

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, que me dio la fortaleza para vencer obstáculos y llegar a culminar esta gran etapa de mi vida. A mi madre, a quien se lo debo todo por su apoyo incondicional, que ha sido mi pilar fundamental en todo mi proceso estudiantil. A mi padre que siempre ha sido mi inspiración y quien estaría muy orgulloso de mi logro. Y a las personas que nunca se negaron en darme su mano para poder cumplir mis propósitos en el proceso de mi formación profesional.

Diego Armando Zambrano Mendoza

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi padre y tíos, que supieron educarme con buenos principios, valores y siempre velaron por mi futuro profesional con sus acertadas exigencias. A mis hermanos que con sus mejores deseos y buenos ejemplos me hicieron sentir siempre optimista para mis nuevas metas y proyectos. A mis amigos ya que siempre influyeron positivamente con buenos consejos y que con las mejores intenciones en todo momento me ayudaron a pesar de cualquier dificultad. A todos los que depositaron su confianza y creyeron en mí, tienen gran parte de mérito en la obtención de este importante y gran logro para mí.

David Salomón Conforme Torres

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios que todo lo hace posible y a mi madre que con su permanente entrega y confianza puesta en mí, supo llevarme sobre las dificultades a lo largo de este trayecto hasta cumplir mi anhelado sueño. A mis profesores por su ardua labor y conocimientos compartidos, a mis amigos. Y a todos quienes positivamente me brindaron su apoyo para obtener esta titulación profesional.

Diego Armando Zambrano Mendoza.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; David Salomón Conforme Torres y Diego Armando Zambrano Mendoza damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

David Salomón Conforme Torres

Diego Armando Zambrano Mendoza

EVALUADORES

Ph. D. Miguel Ángel Chávez
PROFESOR DE LA MATERIA

M.Sc. Walter Hurtares Orrala
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo fue elaborado a fin de reemplazar un sistema estructural aporticado, por uno de muros portantes, el cual cumpla con las normativas vigentes en el país y elaborar una comparación entre ambas opciones, a fin de obtener una mayor fuente de justificaciones para la implementación del nuevo método.

Por parte de los autores fueron usados muros de poliestireno expandido recubiertos en ambas caras con mortero, siendo estos beneficiosos en múltiples aspectos, y en la etapa de construcción, por su sencillez y rapidez en la mano de obra.

Fueron obtenidos algunos resultados muy importantes a favor del nuevo método, como lo son disminución de derivas de entrepiso y fuerzas de reacción, encontrando también los esfuerzos axiales y cortantes en las paredes.

Se presentaron las justificaciones apropiadas y pertinentes para la utilización de muros EPS, a fin de dejar esclarecidas las mayores diferencias entre métodos y demostrar que otorga otros beneficios energéticos, térmicos, acústicos y hasta económicos, dependiendo de la adecuada implementación.

Palabras Clave: Poliestireno, Muros EPS, Sistema estructural, Edificio.

ABSTRACT

The present work was produced in order to replace a structural system which respects the regulations of the country and elaborate a comparison between both methods, in order to obtain a greater source of justifications for the implementation of the new method. By the part of the authors, expanded polystyrene walls coated on both sides with mortar were used, being beneficial in many aspects, and in the construction stage, for its simplicity and speed in the workforce.

It was obtained some very important results in favor of the new method, such as decreasing drifts between floors and reaction forces, finding also axial and shear stresses within the allowed.

Appropriate and pertinent justifications for the use of EPS walls were presented, in order to clarify the major differences between methods and demonstrate that it provides some other such as energy, thermal, acoustic and even economic benefits, depending on the appropriate implementation.

Keywords: Polystyrene, EPS Walls, Structural system, Building

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE IMÁGENES	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	12
1. Introducción	12
1.1 Descripción del problema	12
1.2 Justificación del problema	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Marco teórico.....	14
1.4.1 Descripción del Área de trabajo.....	14
1.4.2 Evaluación de riesgo sísmico.....	16
1.4.3 Sistema de Poliestireno expandido (EPS)	17
1.4.3.1 Definición.....	17
1.4.3.2 Transformación y obtención del EPS	18
1.4.3.3 Propiedades del EPS (fotos)	19
1.4.3.4 Proceso Constructivo con del edificio.....	21
1.4.4 Existencia de edificaciones con EPS	25

1.4.5	Normas y reglamentos.....	27
CAPÍTULO 2.....		28
2.	Metodología	28
2.1	Comportamiento de los Sistemas Estructurales.....	29
2.2	Diseño de Sistema Estructural con Pórticos (PCRM).....	29
2.2.1	Descripción del sistema	29
2.2.2	Predimensionamiento de la losa	30
2.2.3	Cargas muertas y vivas del sistema aporticado.....	31
2.2.4	Predimensionamiento de Columnas	33
2.2.5	Análisis sísmico del sistema aporticado.....	33
2.2.6	Modelación y consideraciones en ETABS para el Diseño del PCRM....	36
2.2.7	Distribución de áreas tributarias.....	37
2.3	Diseño de Sistema de Muros Portantes (EPS).....	38
2.3.1	Descripción del sistema	38
2.3.2	Modelamiento y consideraciones en ETABS para el diseño del EPS....	39
2.3.3	Cuantía de Muros Estructurales.....	47
2.3.4	Dimensionamiento de la Losa.....	49
2.3.5	Cargas muertas y vivas del sistema EPS	50
2.3.6	Análisis sísmico del sistema EPS	50
2.3.7	Distribución de áreas tributarias.....	51
2.3.8	Diseño de Cimentación.....	53
CAPÍTULO 3.....		54
3.	Resultados y Análisis.....	54
3.1	Cortante Basal y Distribución Vertical de Fuerzas	54
3.2	Derivas por piso	55
3.3	Reacciones y Momentos	56

3.4	Cantidades de acero de vista en planta	58
3.5	Esfuerzos Axiales horizontales y cortantes	59
3.6	Costos	61
3.7	Ensayo de Compresión del muro EPS	62
3.8	Método Constructivo.....	65
CAPÍTULO 4.....		68
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	68
4.1	Conclusiones.....	68
4.2	Recomendaciones.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....		71
5.	Bibliografía.....	71
ANEXOS.....		74

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
ACI	American Concrete Institute
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ASCE	American Society of Civil Engineers
EPS	Expanded polystyrene System
AISC	American Institute of Steel Construction
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
PCRM	Pórtico de concreto resistente a momento

SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
m ²	Metro cuadrado
kg	Kilogramo
ton	Tonelada
lb	Libra
in	Pulgada
ft	Pie
f'c	Resistencia a la Compresión del hormigón o mortero
fy	Resistencia a la fluencia del acero
Ec	Módulo de elasticidad del material
Δ_i	Derivas de entre pisos
Φ	Diámetro de varilla de acero
Psi	Libra por pulgada cuadrada
Pa	Pascales
Δ_x	Derivas de piso
W	Peso sísmico
V	Cortante basal
As	Área de acero de refuerzo
Cs	Coefficiente sísmico
E	Modulo elástico del hormigón
Ct	Coefficiente que depende del tipo de edificio
T	Periodo fundamental de la estructura
C_t	Coefficiente que depende del tipo de edificio
h_n	Altura total de la edificación
A_p	Área de los muros en planta
L_p	Longitud de Muros
S_x	Sismo en dirección X
S_y	Sismo en dirección Y
ρ	Cuantía de acero

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1 Mapa geográfico del cantón Jaramijó – Manabí.	15
Imagen 1.2 Ubicación del bloque habitacional.	15
Imagen 1.3 Esquema de los tipos de fallas existentes en Jaramijó.....	16
Imagen 1.4 Esquema de la transformación de EPS.	18
Imagen 1.5 Grafica de resistencia a la compresión en función de la densidad.	19
Imagen 1.6 Grafica de aislamiento térmico en función de la densidad.....	19
Imagen 1.7 Detalles generales constructivos.	23
Imagen 1.8 Detallamiento de escaleras con paneles EPS.	24
Imagen 1.9 Edificación ubicada en la Ciudadela Kennedy – Guayaquil.....	26
Imagen 1.10 Campamento Preliminar Refinería del Pacífico en El Aromo - Manta	26
Imagen 2.1 Planta Arquitectónica para el Edificio de Uso Habitacional	28
Imagen 2.2 Modelamiento 3D de la estructura en el software ETABS 2016	30
Imagen 2.3 Distribución de áreas tributarias para sistema PCRM	37
Imagen 2.4 Vista en Planta del Bloque con EPS en ETABS 2016	40
Imagen 2.5 Vista de los Ejes 1 y 23 del modelo en ETABS 2016	41
Imagen 2.6 Vista de los Ejes 2 y 22 del modelo en ETABS 2016	41
Imagen 2.7 Vista de los Ejes 3 y 21 del modelo en ETABS 2016	42
Imagen 2.8 Vista de los Ejes 4 y 20 del modelo en ETABS 2016	42
Imagen 2.9 Vista de los Ejes 5 y 19 del modelo en ETABS 2016	43
Imagen 2.10 Vista de los Ejes 6 y 18 del modelo en ETABS 2016	43
Imagen 2.11 Vista de los Ejes 7 y 17 del modelo en ETABS 2016	44
Imagen 2.12 Vista de los Ejes 8 y 16 del modelo en ETABS 2016	44
Imagen 2.13 Vista de los Ejes 9 y 15 del modelo en ETABS 2016	45
Imagen 2.14 Vista de los Ejes 10 y 14 del modelo en ETABS 2016	45
Imagen 2.15 Vista de los Ejes 11 y 13 del Modelo en ETABS 2016	46
Imagen 2.16 Vista del Eje 12 del modelo en ETABS 2016.....	46
Imagen 2.17 Sección transversal de la viga T invertida en las losas del sistema EPS .	49
Imagen 2.18 Distribución de áreas tributarias para sistema EPS.....	51
Imagen 3.1 Muros con mayores esfuerzos horizontales en el sistema EPS en kg/cm ²	59
Imagen 3.2 Muros con mayores esfuerzos verticales en el sistema EPS en kg/cm ²	59

Imagen 3.3 Muros con mayores esfuerzos cortantes en el sistema EPS en kg/cm ²	60
Imagen 3.4 Cubo de ensayo de mortero Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019).....	63
Imagen 3.5 Bloque EPS recubierto con mortero	64
Imagen 3.6 Rotura a compresión de bloque EPS.....	65
Imagen 3.7 Tipo de detallamiento de refuerzo de ventanas y puertas.	66
Imagen 3.8 Detallamiento de unión de paneles de muros en vista en planta.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cualidades del poliestireno expandido.	17
Tabla 1.2 Densidades del EPS según la ASTM.	20
Tabla 1.3 Estabilidad del EPS frente a sustancias activas.	21
Tabla 1.4 Propiedades mecánicas del EPS para varias densidades.....	22
Tabla 1.5 Actividades y recomendaciones para ejecución del mortero.	24
Tabla 2.1 Espesores mínimos de losas	31
Tabla 2.2 Cargas Muertas de los pisos 1, 2 y 3.....	32
Tabla 2.3 Cargas Muertas del piso 4.....	32
Tabla 2.4 Cargas Vivas	32
Tabla 2.5 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	34
Tabla 2.6 Datos para la realización del Espectro Elástico.....	34
Tabla 2.7 Combinaciones de Carga	36
Tabla 2.8 Asignación del área de concreto y acero de refuerzo en cm^2	38
Tabla 2.9 Dimensiones de los Muros de Vista en Planta	48
Tabla 2.10 Verificación de Longitud Mínima de muros por dirección.	48
Tabla 2.11 Cargas Muertas de los entrepisos 1, 2 y 3 del método EPS.....	50
Tabla 2.12 Cargas Muertas de los entrepisos 4 del método EPS	50
Tabla 2.13 Asignación del área de mortero y acero de refuerzo en cm^2	52
Tabla 3.1 Cortante Basal y Distribución Vertical de Fuerzas para el sistema Aporticado.	54
Tabla 3.2 Cortante Basal y Distribución Vertical de Fuerzas para el sistema EPS.	54
Tabla 3.3 Derivas por piso del sistema aporticado en su pórtico I.....	55
Tabla 3.4 Derivas por piso del sistema de muros EPS en su eje V.....	55
Tabla 3.5 Mayores Valores de Fuerzas de Reacción y Momento del sistema aporticado	56
Tabla 3.6 Mayores Valores de Fuerzas de Reacción del sistema de muros	57
Tabla 3.7 Comparación de acero y concreto entre los 2 sistemas	58
Tabla 3.8 Valores de Esfuerzos Axiales y cortantes utilizando muros EPS	60
Tabla 3.9 Rubros de ambos métodos constructivos.....	61

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Vista en Planta de la Cimentación

PLANO 2 Paneles de paredes de planta Baja

PLANO 3 Paneles de paredes de nivel 1

PLANO 4 Paneles de paredes de niveles 2 y 3

PLANO 5 Losa de cubierta

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Dado que Ecuador se encuentra en una zona de alta sismicidad, por estar ubicado en el denominado Cinturón de Fuego, que comprende una gran cantidad de países costaneros sobre el océano pacífico e índico, se presentan rangos de peligrosidad muy significativos, se tiene la necesidad de un análisis estructural óptimo y eficiente, que cumpla con todos los requerimientos de las normativas vigentes para nuestro país, a fin de evitar en lo posible cualquier tipo de desastre ocasionado por movimientos telúricos, como sucedió aquel 16 de abril del 2016 en la misma provincia donde será realizado este proyecto.

Por tal motivo, la Armada del Ecuador solicita un análisis para la optimización estructural para un bloque habitacional de 4 plantas, en base a un estudio previo y diseño arquitectónico de edificaciones que han sido construidas anteriormente. El análisis de optimización comprende tanto la parte económica como estructural, sin dejar a un lado la seguridad ocupacional.

1.1 Descripción del problema

Luego del sismo ocurrido en Manabí, muchas edificaciones que en su mayoría quedaron inservibles por el devastador terremoto, sufrieron daños debido a varios factores propicios de la subestimación de fenómenos naturales de este tipo y a métodos de diseño y construcción ineficientes, dejando poblaciones como Portoviejo, Bahía de Caráquez y Pedernales, aisladas de servicios y recursos básicos, e inclusive de centros de atención médica emergentes.

Esta problemática no solo se presenta en las zonas mencionadas, sino a lo largo de todo el continente con una línea de influencia que atraviesa la región litoral del país debido a la ubicación de las placas tectónicas. Otras razones son por intereses

económicos y políticos, que conllevan a nefastos controles y falta de profesionalismo al momento de hacer los controles en la etapa de construcción.

Por lo tanto, diseñar y construir estructuras sismo resistentes que cumplan a cabalidad con lo que estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción dará un cambio apreciable al país, en cuanto a la respuesta sísmica que estas ofrezcan ante presencia de fenómenos imprevistos.

1.2 Justificación del problema

El motivo por el cual se llevó a cabo la propuesta para una optimización estructural de un edificio de uso habitacional, con modelos ya existentes en la base naval de Jaramijó que actualmente cumplen su función, fue debido a que se requiere un diseño óptimo y eficiente del mismo, en cuanto a geometría, costos y niveles de peligrosidad sísmica.

Se pretende entonces que, luego de una selección de alternativas bajo ciertos criterios, determinar el diseño óptimo, conveniente y eficiente para la Armada Nacional y futuros habitantes de la edificación. Este proceso no solo servirá para tener una selección de proyectos eficientes, sino también de mejorar los procesos constructivos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar un diseño estructural óptimo, para una edificación de 4 pisos de muros alivianados, de uso habitacional en la Base Naval de Jaramijó - Manabí.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar el análisis estructural para un sistema de Pórtico de Concreto Resistente a Momento (PCRM).

2. Determinar el comportamiento estructural mediante la implementación de un sistema de poliestireno expandido (EPS).
3. Seleccionar la alternativa de diseño óptima y eficiente.
4. Cumplir con todos los criterios y recomendaciones de las Normativas ecuatorianas vigentes.
5. Diseñar elementos estructurales que cumplan con los lineamientos de las normas.
6. Modelar la estructura haciendo uso del software ETABS 2016.
7. Usar la plataforma SketchUp para un modelo en 3D de la estructura.

1.4 Marco teórico

En el presente subcapítulo analizaremos la obtención y manejo de materiales dedicados a la construcción de un bloque habitacional de cuatro plantas, el mismo que se diseñará y construirá con el sistema EPS en el que se usan paneles de poliestireno recubiertas de mallas metálicas para dar agarre a la futura proyección de mortero (enlucido), luego de una comparación con un sistema PCRM ordinario en el que también se hace un análisis de diseño. Así como también un estudio de ciertos medios que forman parte del proyecto y la descripción del lugar de trabajo.

1.4.1 Descripción del Área de trabajo

El lugar donde se encuentra el proyecto es en el cantón Jaramijó, ubicado al oeste de la provincia de Manabí, país Ecuador. La Imagen 1.1 muestra la ubicación antes descrita, rodeado por las ciudades de Manta, Portoviejo, Montecristi, Rocafuerte, Crucita y se observa su aproximación al mar en un Golfo del Océano Pacífico.



Imagen 1.1 Mapa geográfico del cantón Jaramijó – Manabí.

Fuente: (Google Maps, 2019)

El bloque de 4 plantas a construirse con el sistema de poliestireno expandido EPS de uso habitacional fiscal para personal militar, tendrá lugar en la misma Base Naval Bimjar como se muestra en la Imagen 1.2.

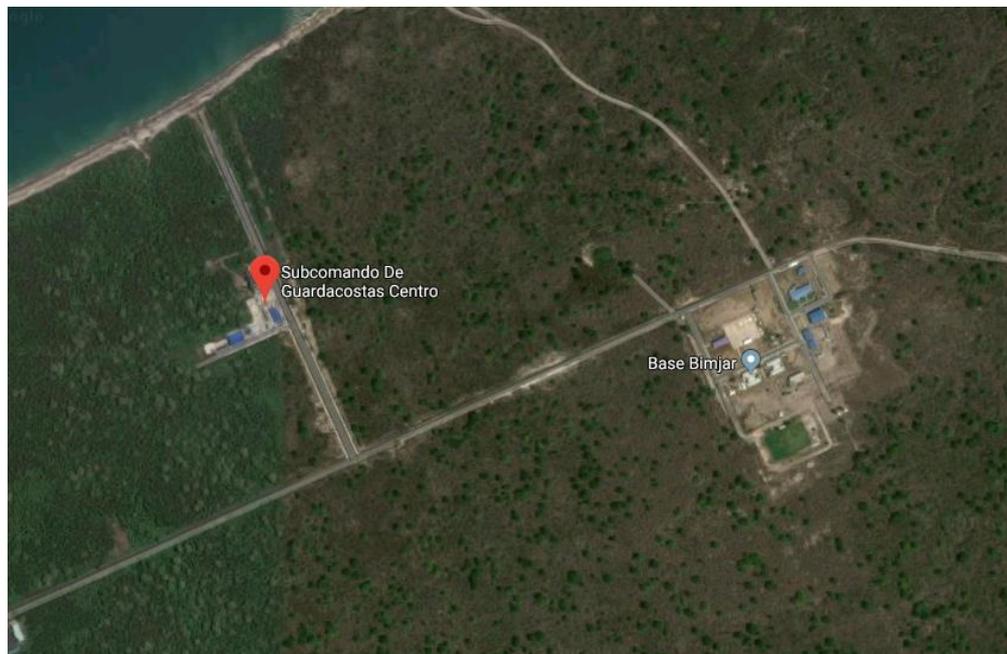


Imagen 1.2 Ubicación del bloque habitacional.

Fuente: (Google Earth, 2018)

El área donde se encuentra la base naval está ubicada a 5 Kilómetros del cantón Jaramijó, y aproximadamente 1 kilómetro de las playas marinas. Desde el lado oeste, se desprende una única vía de pavimento flexible que da acceso al lugar de trabajo, carril que se encuentra en buen estado.

1.4.2 Evaluación de riesgo sísmico

Bajo aguas marinas a una distancia de 83 kilómetros aproximadamente desde el lugar de trabajo se encuentra la zona de subducción, lugar donde pueden generarse sismos de magnitudes elevadas hasta los 8 grados en la escala de Richter. En los últimos cien años han ocurrido al menos 100 terremotos sobre la plataforma continental marina al oeste y norte del cantón Jaramijó, con magnitudes que oscilan entre los 4 y 7 grados. Según, el Instituto Geofísico (2017), “Hasta ese momento se registraron un total de 3412 replicas luego del terremoto del 16 de abril del 2017”.

En la Imagen 1.3 se tiene un rápido análisis de los tipos de fallas geológicas, para comprender mejor las que se encuentran activas en la región de estudio. Las dos primeras fallas corresponden a movimientos verticales y las otras dos a movimientos horizontales.

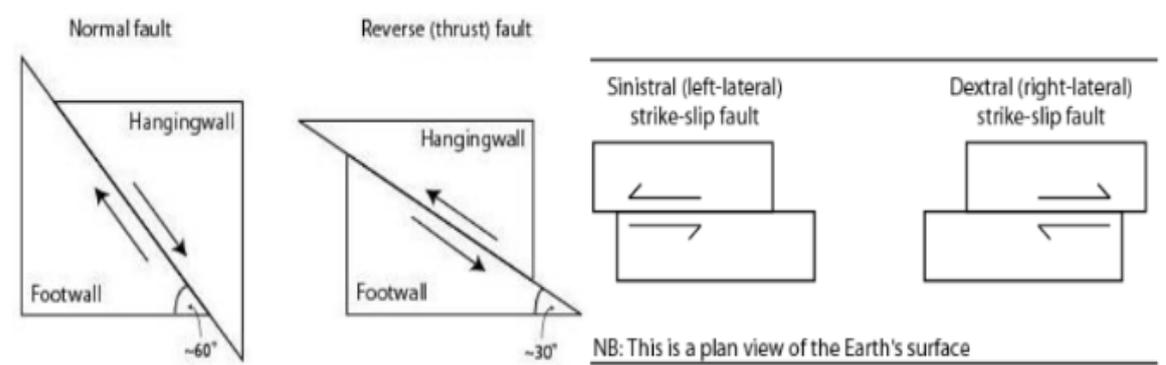


Imagen 1.3 Esquema de los tipos de fallas existentes en Jaramijó.

Fuente: (Chunga, 2014)

Todos esos parámetros de cada tipo de falla es notable considerarlos, ya que sirven para el cálculo de distancias desde el sitio de deslizamiento hasta el lugar donde ocurre la falla. Para nuestro análisis del bloque habitacional las fallas se las consideran activas, (Cordova & Andrade, 2014) por lo que se realiza un estudio sismo-resistente para el diseño. Rodriguez (2010) en un diario expresa que: “Para los eruditos, la placa de Nazca se está "deslizándose" sobre la placa Sudamericana, y la actividad volcánica submarina en el Pacífico, frente a la provincia de Manabí, aumenta el riesgo en la zona afectada por la falla geológica”. Información que pocos tomaron en cuenta hasta el memorable 16 de abril.

1.4.3 Sistema de Poliestireno expandido (EPS)

Para comprender el origen, uso, manejo y puesta en obra del poliestireno expandido se debe hacer énfasis en ciertos conceptos como son sus cualidades y propiedades.

1.4.3.1 Definición

El sistema de poliestireno expandido se lo obtiene a partir del poliestireno expandible, el cual, es un derivado del petróleo de donde se aprovecha solo un 6 % del mismo para este efecto, así como para otros productos plásticos (Petroquímica). El hidrocarburo denominado estireno se lo obtiene a partir del etileno que este a su vez se aprovecha del proceso de gas natural con el petróleo (Lituma & Zhunio, 2015).

El EPS como aislador térmico y acústico es muy utilizado en la construcción y en ciertas aplicaciones. El poliestireno expandido es 100% reciclable y cumple con ciertas cualidades como se ve en la Tabla 1.1 la cual es proporcionada por (ANAPE, 2019).

Tabla 1.1 Cualidades del poliestireno expandido.

CUALIDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	
Es muy ligero	Es versátil
Es aislante térmico y acústico	Tiene resistencia química
Suaviza los golpes	Tiene resistencia mecánica
Es resistente a la humedad	Tiene durabilidad
Es manejable y de fácil instalación	Es limpio y reciclable

Fuente: (ANAPE, 2019)

1.4.3.2 Transformación y obtención del EPS

Este producto es un plástico celular y rígido que contiene pentano (agente expansor), y la obtención de la materia prima se da en una primera etapa llamada Preexpansión, esta consiste en colocar la materia prima en un pre-expansor a calentar en la cual disminuye su densidad. En la segunda etapa se aprovecha el enfriamiento de las partículas, se penetra aire por difusión y se lo deja reposar alrededor de 12 horas para que alcancen una mejor capacidad expandible y pasar a la tercera etapa que es donde se produce la transformación; se someten las perlas a vapor de agua para producir un proceso de soldadura con un bloque de molde y luego se lo moldea en una maquina a la forma que se requiera (Martinez, Ros , & Perez, 2012).

En la Imagen 1.4 se tiene un esquema de cómo es el proceso de transformación del Poliestireno Expandido EPS.

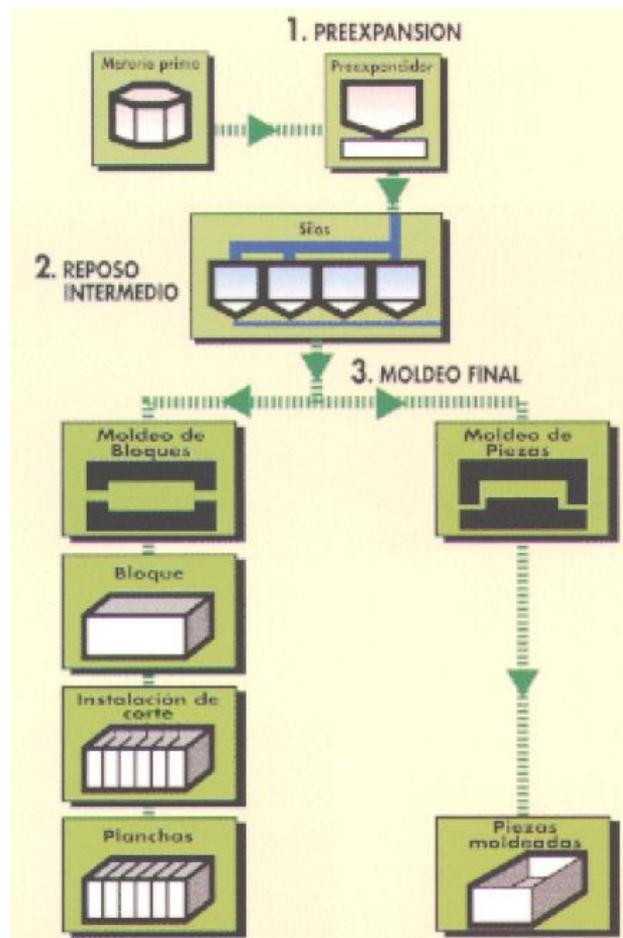


Imagen 1.4 Esquema de la transformación de EPS.

Fuente: (Martinez, Ros , & Perez, 2012)

1.4.3.3 Propiedades del EPS (fotos)

El EPS tiene propiedades físicas, químicas, biológicas y frente al fuego. Esta última propiedad es debida a que la materia prima es derivada de sustancias inflamables, como los hidrocarburos, los cuales se volatilizan en el proceso de transformación (Martinez, Ros , & Perez, 2012).

Las principales propiedades físicas son la resistencia a la compresión en función de la densidad como se aprecia en la Imagen 1.5 y el aislamiento térmico o conductividad térmica, el mismo que está en función de la densidad y se muestra en la Imagen 1.6.

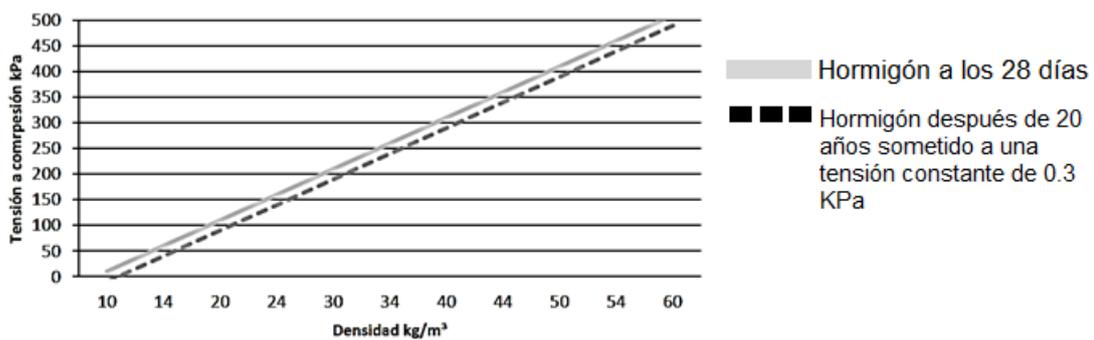


Imagen 1.5 Grafica de resistencia a la compresión en función de la densidad.

Fuente: (Martinez, Ros , & Perez, 2012)

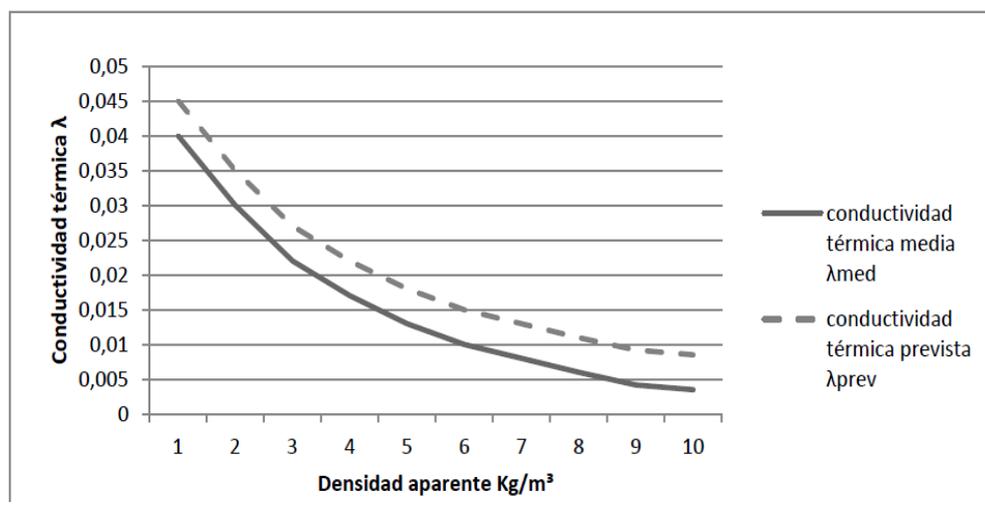


Imagen 1.6 Grafica de aislamiento térmico en función de la densidad.

Fuente: (Martinez, Ros , & Perez, 2012)

Como propiedad física también se tiene la densidad nominal del EPS estandarizado por la norma ASTM C578-92 y que lo muestra en la Tabla 1.2 de la siguiente manera:

Tabla 1.2 Densidades del EPS según la ASTM.

TIPO	DENSIDAD NOMINAL km/m^3	DENSIDAD MINIMA km/m^3
XI	12	12
I	16	15
VIII	20	18
II	24	22
IX	32	29

Fuente: (Lituma & Zhunio, 2015)

Las propiedades químicas del EPS son similares a las de otros productos hechos a partir de polímeros. Entre ellas es que el poliestireno es poco resistente a los rayos ultravioletas ya que al presenciar el sol se torna amarillo por la pérdida del polímero, pero al estar recubierto de mortero disminuye la probabilidad de que ocurra dicho efecto. El EPS es muy compatible con el mortero, yeso, agua dulce o salada. Con los solventes no tiene ningún tipo de compatibilidad (Lituma & Zhunio, 2015).

En la Tabla 1.3 se analizan varias sustancias que producen estabilidad o inestabilidad al EPS.

Tabla 1.3 Estabilidad del EPS frente a sustancias activas.

SUATANCIA	ESTABILIDAD
Agua de mar	Estable
Jabones	Estable
Lejías	Estable
Ácidos	Estable
Soluciones alcalinas	Estable
Aceite	Estable
Alcohol	Estable
Ácidos concentrados (Sin agua)	No Estable
Acetona	No Estable
Aceite de diésel	No Estable
Aceite de silicona	No Estable

Fuente: (Lituma & Zhunio, 2015)

1.4.3.4 Proceso Constructivo con del edificio.

Se debe hacer un trabajo preliminar como es la limpieza del terreno, movimiento y nivelación del terreno de la zona. Y almacenar los materiales en lugares donde estén cubiertos y protegidos de daños exteriores. La cimentación puede ser de losa o zapata corrida; el presente proyecto se construirá con cimentaciones de zapatas corridas ya que el suelo lo permite (Mendez, 2014).

El anclaje de los paneles de EPS se realiza mediante chicotes, conocidos como acero de espera. Estos se colocan cada 30 centímetros alternando las caras de los paneles entre ellos a y estarán introducidos 20 centímetros bajo la cimentación y sobresalir 40 centímetros para poder ser agarradas con los muros EPS. Para los muros se usan paneles de 15 centímetro de espesor y para las losas espesores de 20 centímetros. Los perfiles T bajo los paneles de losa deben ser colocadas con una luz no mayor a 5 metros. En todos los muros colocar una capa de hormigón de 5 centímetros (Mendez, 2014).

Es de vital importancia verificar que los paneles que forman las ventanas se encuentren arriba y debajo de los mismos, y en forma horizontal para que funcionen como vigas de soporte. De esta manera se evita cualquier tipo de falla y se garantiza el sostenimiento de la estructura (Delgado & Bermudez, 2018).

Para el armado de las escaleras se cortan las mallas de poliestireno expandido a la medida de la huella, esto está especificado según el número de escalones. Por lo general se construyen con un panel específico que posee cuatro perforaciones a través del panel ya que dará mejor resistencia a la flexión al colocar el hormigón. También se usa un tipo de panel que forma un tipo de meseta para la escalera las cuales se empotran en muros de apoyo hasta conseguir un perfecto agarre (Martinez, Ros , & Perez, 2012).

Tabla 1.4 Propiedades mecánicas del EPS para varias densidades.

Densidad d (g/cm ³)	15	25	40	50
Resistencia la Tracción (KPa)	200	350	600	750
Resistencia a la Flexión (KPa)	200	400	700	900
Resistencia a la Compresión (Kpa) Con una deformación al 10%	90	180	320	400

Fuente: (Lituma & Zhunio, 2015)

En la Imagen 1.7 se muestran los detalles constructivos generales.

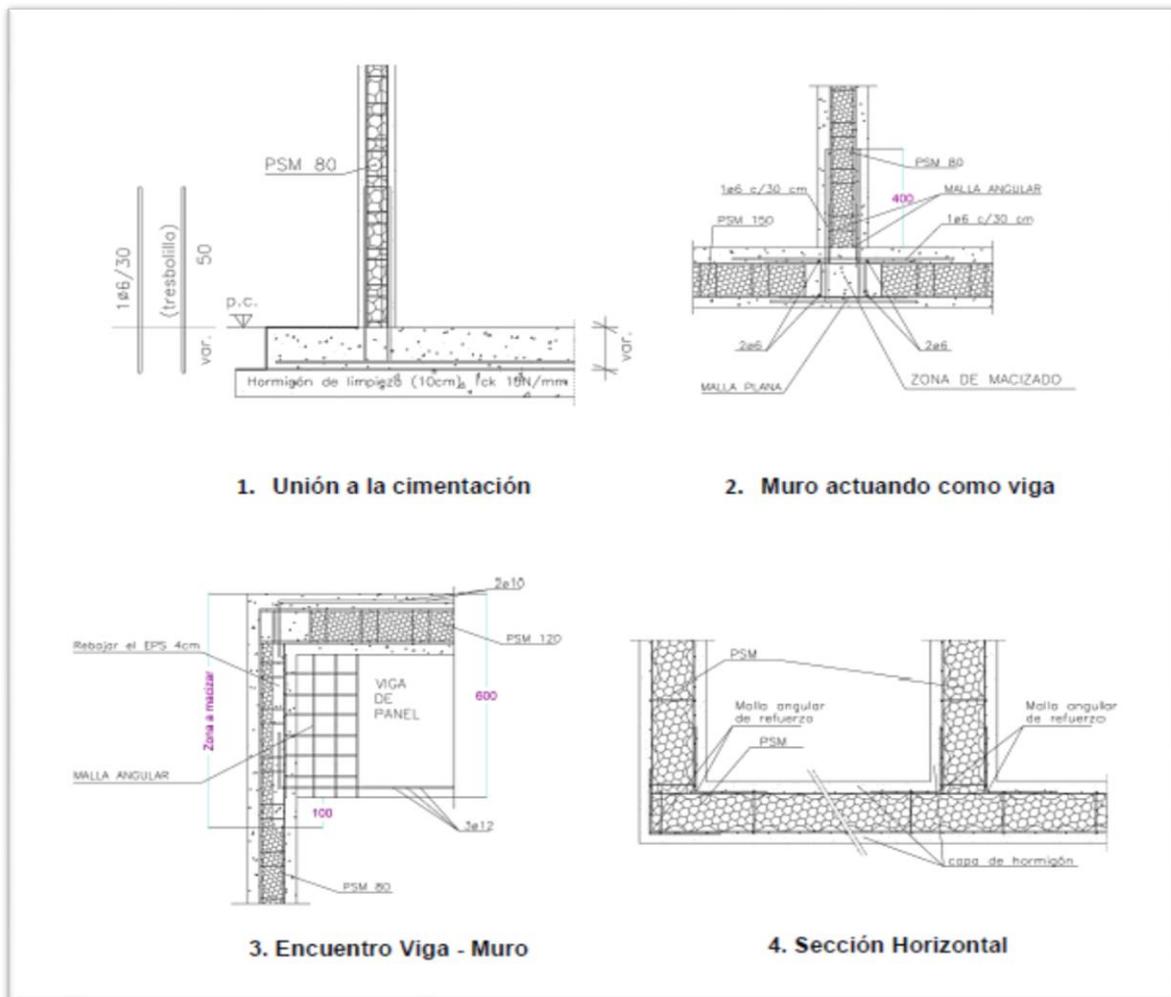


Imagen 1.7 Detalles generales constructivos.

Fuente: (Mendez, 2014)

El proyectado del mortero se lo realiza para garantizar la resistencia a compresión mayor o igual a 140 kg/cm^2 , y la aplicación se la realiza en dos pasadas. En la Tabla 1.5 encontramos las actividades a realizar para un correcto colocado del mortero, así como recomendaciones.

En la Imagen 1.8 se muestra como van unidas las escaleras entre ellas y con los muros, para así poder otorgar una debida estabilidad y resistencia a la estructura.



Imagen 1.8 Detallamiento de escaleras con paneles EPS.

Fuente: (Gomez & Cosinga, 2017)

Tabla 1.5 Actividades y recomendaciones para ejecución del mortero.

ACTIVIDADES	RECOMENDACIONES DE EJECUCION
<ul style="list-style-type: none"> • Auditoria y documentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de aplicar el mortero industrial, verificar la correcta colocación de los paneles verificando la alineación y aplomado. • Instalaciones eléctricas y sanitarias correctas instaladas para evitar las rozas.
<ul style="list-style-type: none"> • Preparar el plan de mortero 	<ul style="list-style-type: none"> • Tener listas las áreas a recubrir debidamente sujetadas y reforzadas.

<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del mortero industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • El mortero debe proceder de fábricas que estén certificadas. • Solicitar la evaluación de la resistencia del mortero. • Calibrar la máquina de proyección.
<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de superficie a ser proyectada 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la no presencia de objetos extraños al sistema estructural.
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del mortero industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de la aplicación, hacer una prueba para conocer la consistencia de la mezcla. • Proyecta el mortero sobre los paneles en dos capas. • Retirar las guías maestras. • La segunda capa se proyecta unas dos horas después de la primera.
<ul style="list-style-type: none"> • Curado de Paredes 	<ul style="list-style-type: none"> • Humedecer las paredes.

Fuente: (Mendez, 2014)

1.4.4 Existencia de edificaciones con EPS

Se conoce que existen edificaciones que ya han usado este método constructivo, y ubicadas con mayor incidencia en zonas costeras. En la Imagen 1.8 y 1.9 se muestran edificaciones construidas con anterioridad en las provincias de Guayas y Manabí respectivamente.



Imagen 1.9 Edificación ubicada en la Ciudadela Kennedy – Guayaquil

Fuente: (AISLAPOL, 2016)



Imagen 1.10 Campamento Preliminar Refinería del Pacífico en El Aromo - Manta

Fuente: (AISLAPOL, 2016)

1.4.5 Normas y reglamentos

Normas ecuatorianas

El presente trabajo se sirvió de los siguientes capítulos de la NEC para:

LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES:

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
 - Cap. 3. Cargas y combinaciones de cargas.
 - Cap. 4. Apéndice: valores de las cargas muertas y vivas.
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones.
 - Cap. 6. Cimentaciones
 - Cap. 7. Zapatas aisladas, combinadas y losas.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.
 - Cap. 5. Cortante y Torsión.
 - Cap. 9. Apéndice Normativo 1: Control de calidad de obras de hormigón
- NEC-SE-MP: Mampostería Estructural.
 - Cap. 3. Materiales en la mampostería estructural
 - Cap. 4. Requisitos constructivos para mampostería estructural.

LAS GUIAS DE PRACTICAS DE DISEÑO DE CONFORMIDAD CON LA NEC-15:

- Guía para estructuras de hormigón armado.
- Guía para estudios geotécnicos y trabajos de cimentación.

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

Normas extrajas

Se tienen normas referentes para la presente NEC-SE-CG, que son:

- ASCE7-10: Cargas de diseño mínimas para edificios y otros
- NSR-10: Título A del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
- UNE – Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del panel.
- COVENIN – Determinación de la masa de recubrimiento.

Otros organismos de normalización (Ecuador)

Las normas que se adoptan son: NTE INEN-ISO, NTE INEN-ISO/IEC, NTE INEN-IEC, NTE INEN-EN

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El trabajo trata sobre el análisis de dos alternativas de diseño con la finalidad de seleccionar el óptimo para su construcción, una con el método más utilizado PCRM (Pórtico de Concreto Resistente a Momento) y otra con el sistema EPS (Sistema de Poliestireno Expandido).

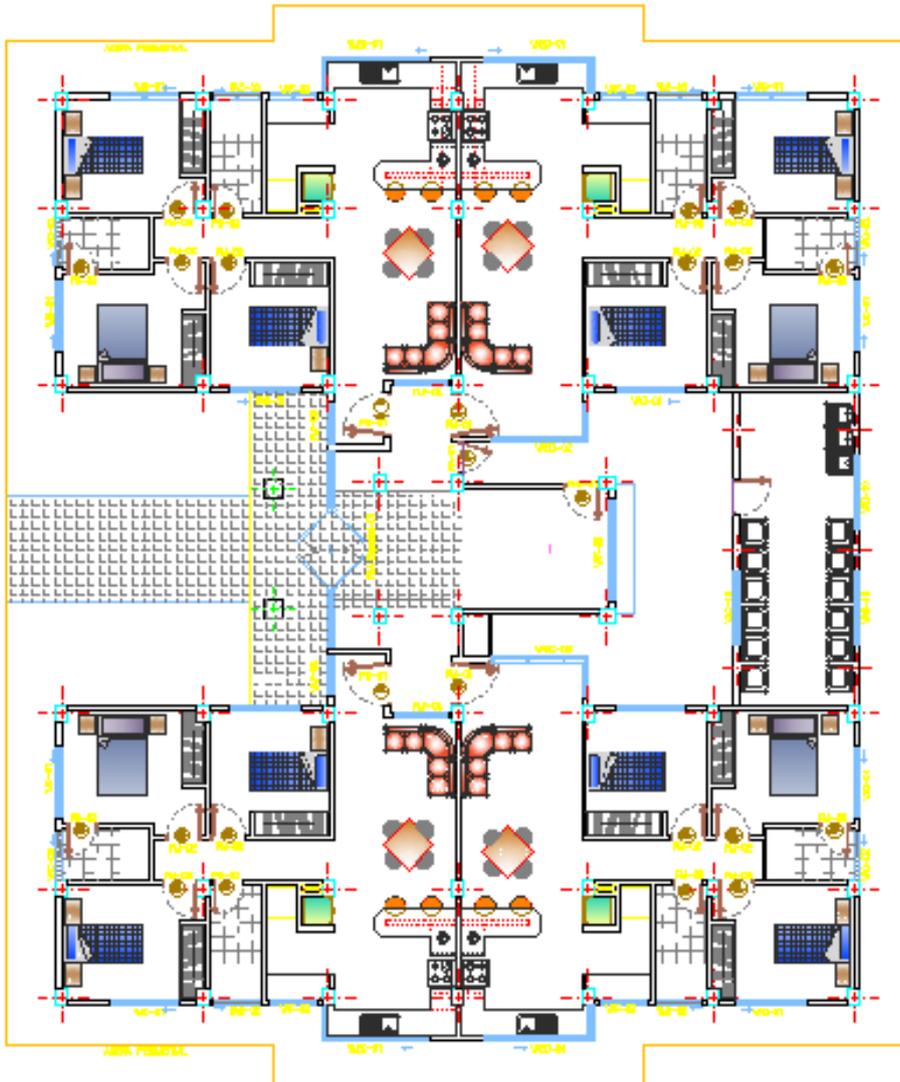


Imagen 2.1 Planta Arquitectónica para el Edificio de Uso Habitacional

Fuente: (Armada del Ecuador, 2015)

2.1 Comportamiento de los Sistemas Estructurales

En todos los sistemas estructurales que se diseñen se transmitirán esfuerzos, fuerzas internas y momentos con los que se diseñan los elementos que componen la estructura. También van a transmitir todas las cargas verticales al suelo a través de la cimentación, así como las cargas de sismo (Terán & Maldonado, 2014).

2.2 Diseño de Sistema Estructural con Pórticos (PCRM)

2.2.1 Descripción del sistema

Este sistema será analizado a partir de un diseño previsto por parte del cliente, el cual ya contaba con dimensiones y asignaciones de los distintos materiales para su etapa de construcción; por lo tanto, se harán uso de las mismas para una futura comparación entre los 2 métodos.

Este tipo de sistema estructural se diseña y construyen de hormigón armado cuyos elementos que lo conforman son vigas y columnas que se acoplan mediante nudos para formar pórticos que resisten en dos direcciones (Campaña Guarderas, 2015).

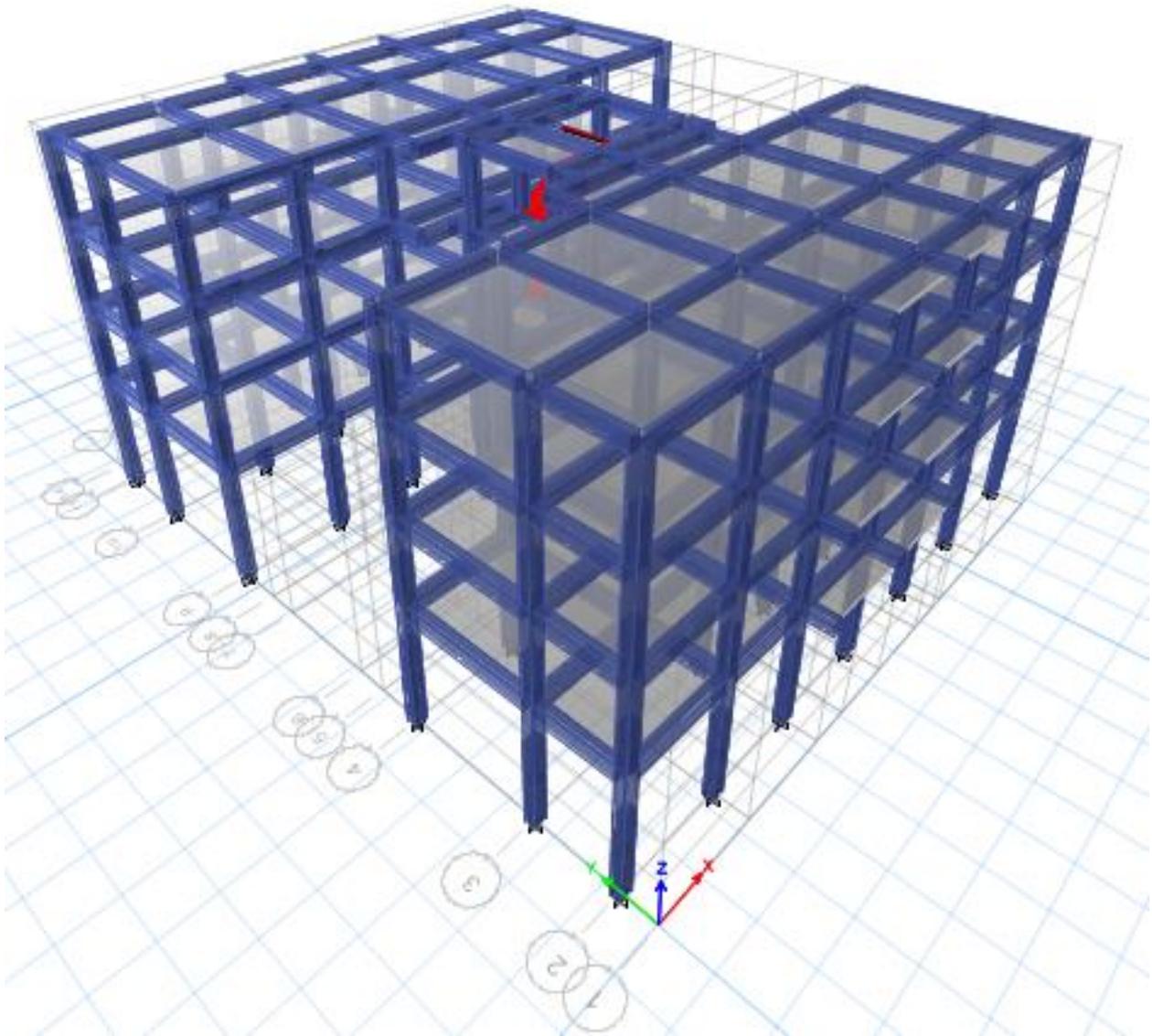


Imagen 2.2 Modelamiento 3D de la estructura en el software ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

2.2.2 Predimensionamiento de la losa

Se requiere una losa nervada en dos direcciones ya que la relación entre ancho y largo resulta menor a dos, por lo tanto, usamos la tabla que se encuentra en la sección 8.3 Límites de diseño del ACI 318S-14 como se aprecia en la Tabla 2.1 para determinar el mínimo espesor de la losa.

Tabla 2.1 Espesores mínimos de losas

Sin ábacos			
Fy (MPa)	Paneles exteriores		Paneles interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde	
280	ln/33	ln/36	ln/36
420	ln/30	ln/33	ln/33
520	ln/28	ln/31	ln/31

Fuente: (Comité ACI 318, 2014)

Para la cual se usó la expresión ln/33 ya que no se tenían vigas de borde y el con una resistencia a la fluencia $f_y = 420$ MPa. El ACI 318S-14 recomienda que el peso de la losa no sea menor a 12.5 cm en la sección 9.5.3.2

2.2.3 Cargas muertas y vivas del sistema aporticado

El uso definitivo de la estructura implica un estudio complejo para la determinación de estas cargas. La estimación de estas cargas debe ser razonable para obtener un diseño económico y seguro. Estas fueron tomadas de los reglamentos de la NEC 2015 Cargas no Sísmicas. Apéndice 4:

- Para la carga viva se revisó la sección 4.2 Carga viva. Dependiendo del uso de la edificación se selecciona las cargas correspondientes.
- Para la carga muerta se revisó la sección 4.1 Carga muerta. En base a los materiales a usar en la edificación se la determino, más el peso propio de la loseta de compresión.

Las cargas muertas se dividieron en dos secciones, una para los tres primeros pisos y la otra para la terraza, debido a su diferencia como se indica en la siguiente Tabla 2.2 y 2.3

Tabla 2.2 Cargas Muertas de los pisos 1, 2 y 3

Descripción de los niveles 1,2 y 3	Carga (kg/m²)
Losa Nervada 2 Direcciones (h = 20 cm)	192,0
Paredes	200
Sobrepiso	100
Instalaciones y otros	60

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Tabla 2.3 Cargas Muertas del piso 4

Descripción de la terraza	Carga (kg/m²)
Losa Nervada 2 Direcciones (h = 20 cm)	192,0
Cubierta	50
Instalaciones y otros	60

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

En la terraza no se toma en cuenta el acceso a personal de mantenimiento y no tendrá paredes ni baldosas.

Para las cargas vivas también se hizo una división como se muestra en la Tabla 2.4, donde de la misma manera se determinó una carga para la cubierta y otra diferente para los tres primeros niveles.

Tabla 2.4 Cargas Vivas

Niveles:	Ocupación	Carga (kg/m²)
Cubiertas	<i>Lluvia, Granizo o Ceniza</i>	100
Piso 3	<i>Vivienda</i>	200
Piso 2	<i>Vivienda</i>	200
Piso 1	<i>Vivienda</i>	200

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

2.2.4 Predimensionamiento de Columnas

Se determinó la columna más crítica obteniendo una luz promedio, para luego usar la ecuación 2.1 y determinar la carga de servicio en la columna.

$$P_i = \sum_{i=x}^N (W_i * A_i) \quad (2.1)$$

Donde:

P_i: Carga de servicio en columna

W_i: Carga uniformemente distribuida que incluye la carga muerta y viva reducida.

N: Número de pisos

Luego determinamos el área de concreto con la ecuación 2.2

$$A_c = \frac{P_i}{\alpha * f'_c} \quad (2.2)$$

Donde el factor α se puede estimar como 0,21 para ser más conservadores. Y así se consideró columnas de sección cuadrada.

$$\rho = \frac{A_s}{b*d} \quad (2.3)$$

El área de acero de refuerzo se determinó con la ecuación 2.3 donde: "ρ" es la cuantía del hierro, b y d son las dimensiones de las columnas. Se estimó un diámetro de varilla para determinar el número de varillas requeridas en la columna.

2.2.5 Análisis sísmico del sistema aporticado

En primera instancia se obtuvieron los espectros elástico e inelástico con la norma NEC-2015 PELIGRO SISMICO sección 3 y con esto las fuerzas sísmicas que actúan en cada pórtilo.

Se determina la zona sísmica desde la sección 3.1 NEC-2015 PELIGRO SISMICO, así como el factor Z correspondiente, como se puede ver en la Tabla 2.5. Donde La zona resultó ser de muy alto peligro sísmico, para el cual el factor Z es mayor o igual a 0.5

Tabla 2.5 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

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

Fuente: (NEC, 2015)

El tipo de suelo que se encuentra en el lugar de trabajo es de tipo C determinado por personal de la Base Naval. Dato que sirvió para la determinación de los coeficientes del perfil del suelo (Fa, Fd, Fs) los cuales se extrajeron de la NEC-2015 PELIGRO SISMICO sección 3.2 Geología Local.

También se obtuvieron otros datos desde la NEC-2015 PELIGRO SISMICO, en la sección 3.3, que servirán para graficar los espectros de sismo.

Se muestra en la siguiente Tabla 2.6 el resumen de los datos obtenidos:

Tabla 2.6 Datos para la realización del Espectro Elástico

DATOS	
Z	0.5
Fa	1.18
Fd	1.05
Fs	1.23
n	1.8
le	1.5
R	8

Fuente: (NEC, 2015)

A partir de estos se obtuvieron los periodos de vibración para la estructura y con un análisis se determina el periodo fundamental de la misma con la ecuación 2.4

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad (2.4)$$

Donde:

T: Periodo fundamental de la estructura

C_t : Coeficiente que depende del tipo de edificio (NEC-2015)

h_n : Altura total de la edificación

α : Impedancia del semi espacio (NEC-2015)

Para un PCRM: $C_t=0.055$ y $\alpha = 0.9$

Para ese periodo se tiene una aceleración del espectro (S_a) y con esta partir de la ecuación 2.5 se determina el coeficiente sísmico.

$$C_{S_{x,y}} = \frac{I * S_{a_{x,y}}}{R * \phi_p * \phi_e} \quad (2.5)$$

Donde la expresión $\frac{S_{a_{x,y}}}{R}$ es el coeficiente C_s en ambas direcciones, los coeficientes de regularidad de planta y elevación son ϕ_p y ϕ_e obtenidos de la NEC-2015 PELIGRO SISMICO sección 5.2, con valores de 0.9 y 0.9 respectivamente debido a su irregularidad en la configuración geométrica con la que presenta el sistema aporticado, donde también I es el factor de importancia de la estructura según el uso, obtenido de NEC-2015 PELIGRO SISMICO sección 4.1.

El cortante Basal sísmico se lo obtiene a partir de la ecuación 2.6. Y con esta las Cargas sísmicas estáticas para cada uno de los pórticos.

$$V_{x,y} = C_{S_{x,y}} * W \quad (2.6)$$

2.2.6 Modelación y consideraciones en ETABS para el Diseño del PCRM

Se calculó las cargas sísmicas de los pórticos en las dos direcciones. En el primer nivel no hay fuerza sísmica ya que no posee sótano el bloque. Y se procedió a ingresar las cargas muertas y vivas al Software.

Se utilizó la norma NEC-2015 PELIGRO SISMICO sección 3.4.3 para obtener todas las combinaciones de carga que por reglamento se deben tener en consideración para el diseño por ultima resistencia.

Tabla 2.7 Combinaciones de Carga

Número de Combinación	Combinación
1	1.4 D
2	1.2 D + 1.6 L
3	1.2 D + 1.6 L + Sx + 0.3 Sy
4	1.2 D + 1.6 L – Sx + 0.3 Sy
5	1.2 D + 1.6 L + 0.3 Sx – Sy
6	1.2 D + 1.6 L – 0.3 Sx – Sy
7	Envolvente

Fuente: (NEC, 2015)

De esto se selecciona la combinación más crítica se obtienen los cortantes y momentos últimos. Finalmente se procedió al diseño de la sección de las vigas, así como la cantidad de acero de refuerzo. Y se hizo cumplir los requisitos por cortante del ACI.

- ❖ Secciones de columna: 30 cm x 40 cm
- ❖ Secciones de vigas pisos 1, 2 y 3: 30 cm x 45 cm
- ❖ Secciones de vigas piso 4: 25 cm x 35 cm
- ❖ Sección de Viga de descanso para escaleras: 40 cm x 50 cm²
- ❖ Peso Específico del Concreto: 2.4 ton/m
- ❖ Esfuerzo de fluencia del Acero: 4200 kg/cm²

- ❖ Resistencia a la Compresión para el hormigón de Columnas y Vigas: 280 kg/cm^2
- ❖ Resistencia a la Compresión para el hormigón de Contrapiso y Losas: 210 kg/cm^2
- ❖ Inercia Agrietada para columnas: 0.8 de la Inercia sin agrietar
- ❖ Inercia Agrietada para vigas: 0.8 de la Inercia sin agrietar
- ❖ La envolvente está considerada como la unión de todas las combinaciones mencionadas en la Tabla 2.7.
- ❖ Asignación de diafragmas rígidos a todos los elementos por cada nivel donde haya unión de vigas y columnas para que actúen en conjunto durante el modelamiento y así obtener un comportamiento realista.

2.2.7 Distribución de áreas tributarias

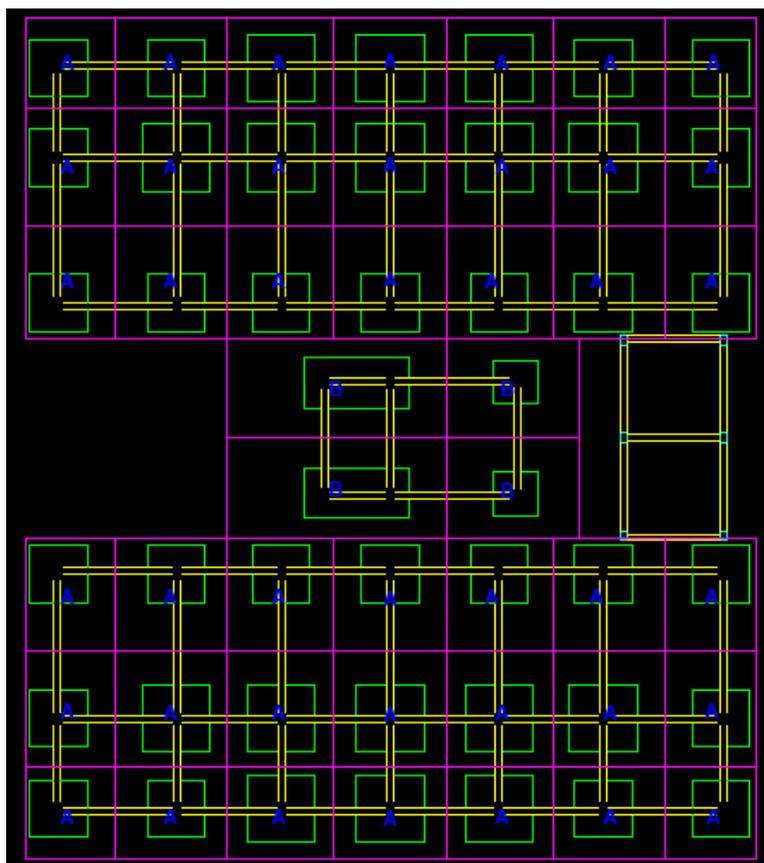


Imagen 2.3 Distribución de áreas tributarias para sistema PCRM

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Asp= 18,22 Acp= 1200						
Asp= 18,22 Acp= 1200						
Asp= 18,22 Acp= 1200						
		Asp= 16,09 Acp= 1200		Asp= 16,09 Acp= 1200		
		Asp= 16,09 Acp= 1200		Asp= 16,09 Acp= 1200		
Asp= 18,22 Acp= 1200						
Asp= 18,22 Acp= 1200						
Asp= 18,22 Acp= 1200						

Tabla 2.8 Asignación del área de concreto y acero de refuerzo en cm²

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

En la Tabla 2.8 se logra visualizar las asignaciones respectivas de acero de refuerzo transversal por área tributaria del sistema de pórticos, donde Asp representa el área en planta del acero de refuerzo para cada área tributaria y Acp representa el área de concreto en la misma.

2.3 Diseño de Sistema de Muros Portantes (EPS)

2.3.1 Descripción del sistema

En este tipo de estructuras los elementos que resisten las fuerzas verticales, esfuerzos de compresión, corte y flexión son los propios muros, así como también resisten las sobrecargas sísmicas. Los muros deben ser colocados simétricamente toda la periferia,

así como en los interiores del edificio. Cuando estos elementos absorben al menos el 75% del cortante basal en ambas direcciones se consideran muros portantes (Campaña Guarderas, 2015).

Para este trabajo se usará una estructura tridimensional formada por dos mallas de alambre de acero galvanizado con un núcleo de espuma de poliestireno expandido y revestido de mortero en ambas caras, para así obtener un elemento rígido y ligero.

2.3.2 Modelamiento y consideraciones en ETABS para el diseño del EPS

Debido a la solicitud de una optimización estructural, por parte del cliente, se procedió a optar por el método EPS, para así poder comparar al final ciertos aspectos técnicos y resultados de eficiencia con respecto al método mencionado anteriormente. Se usarán las mismas dimensiones la estructura, con la que cuentan los planos arquitectónicos originales que se aprecian en la Imagen 2.1 para así respetar lo establecido por parte del cliente.

La estructura de muros se la modeló haciendo referencia a la teoría de elementos finitos para estructuras de mampostería estructural. También, haciendo referencia a dicha teoría en este tipo de análisis los muros actúan como muros de corte, y para que adopten este comportamiento en el análisis del programa hay que hacerle las debidas asignaciones de propiedades PIER.

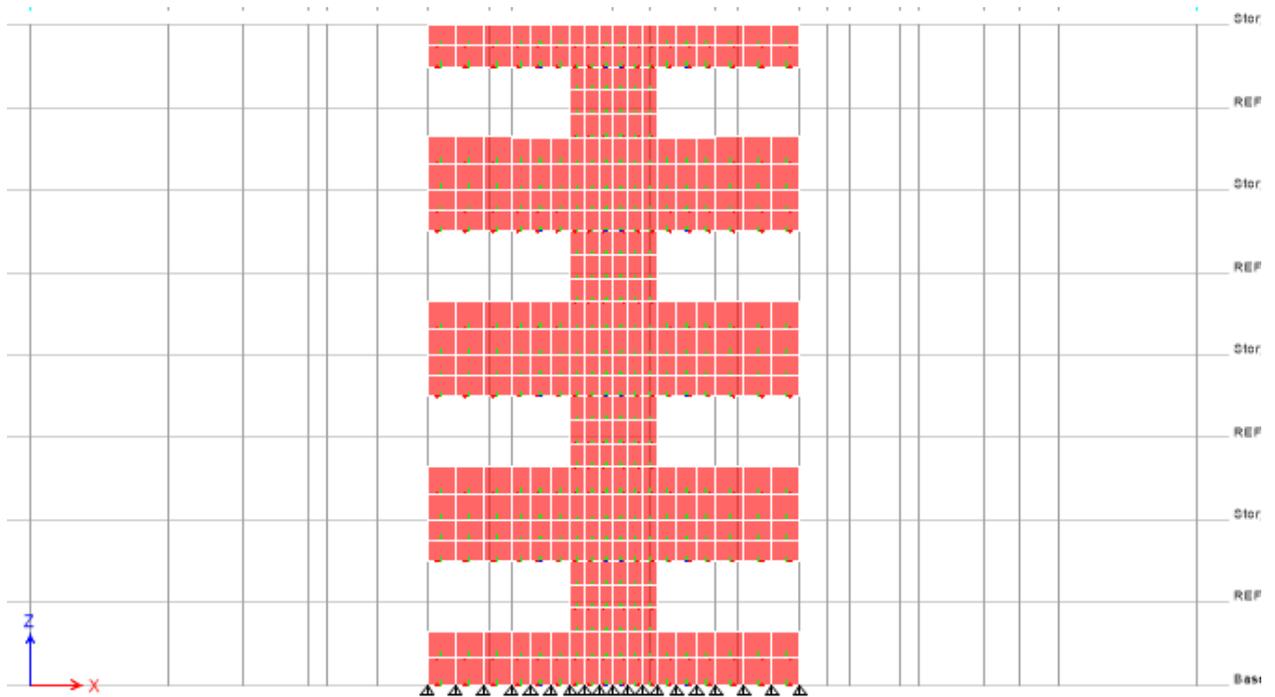


Imagen 2.5 Vista de los Ejes 1 y 23 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)



Imagen 2.6 Vista de los Ejes 2 y 22 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

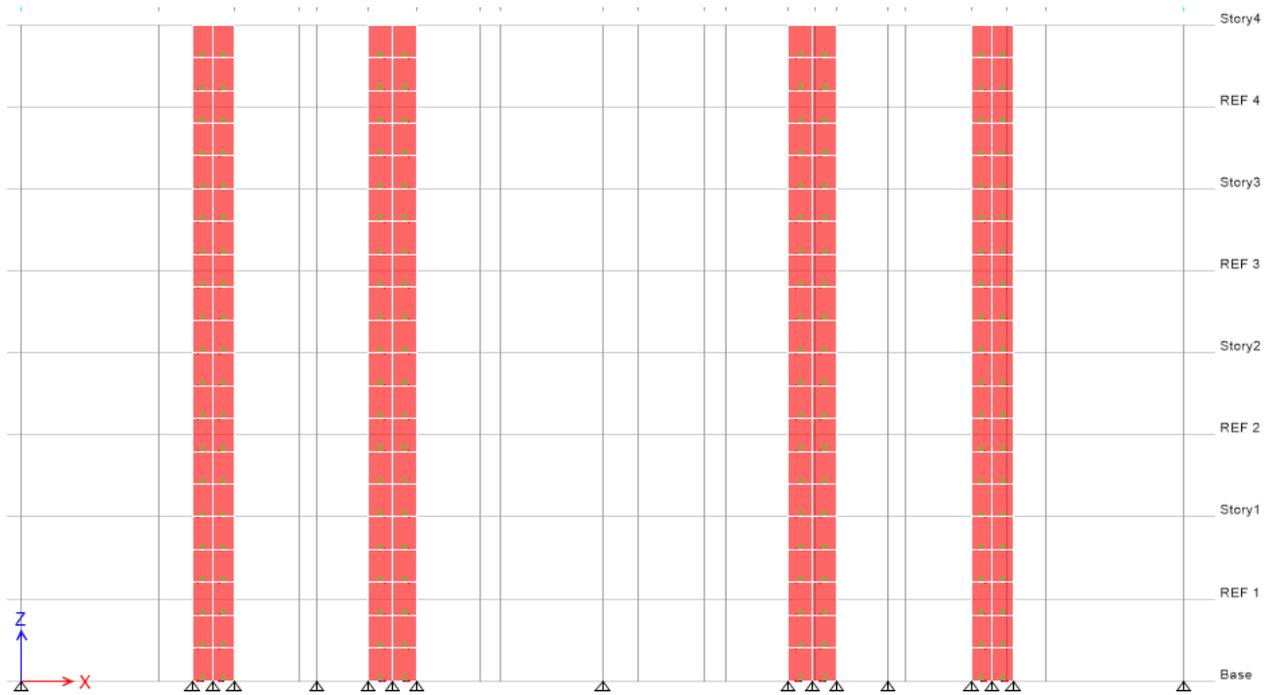


Imagen 2.7 Vista de los Ejes 3 y 21 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

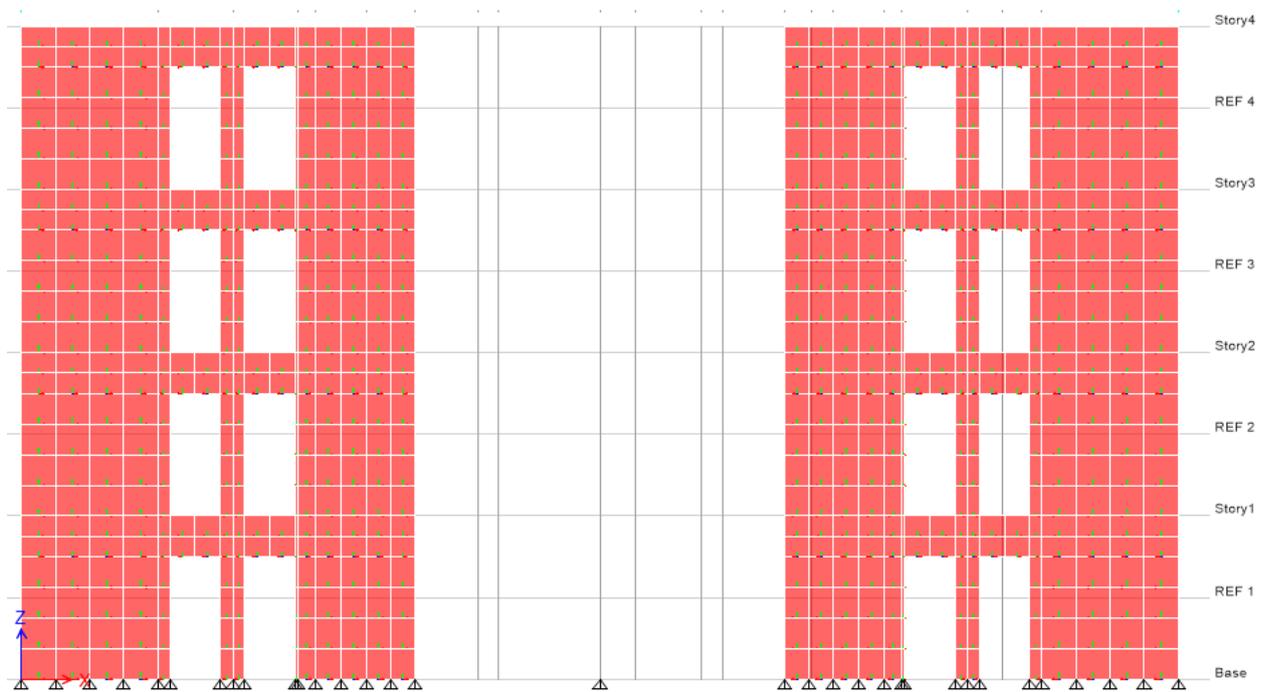


Imagen 2.8 Vista de los Ejes 4 y 20 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

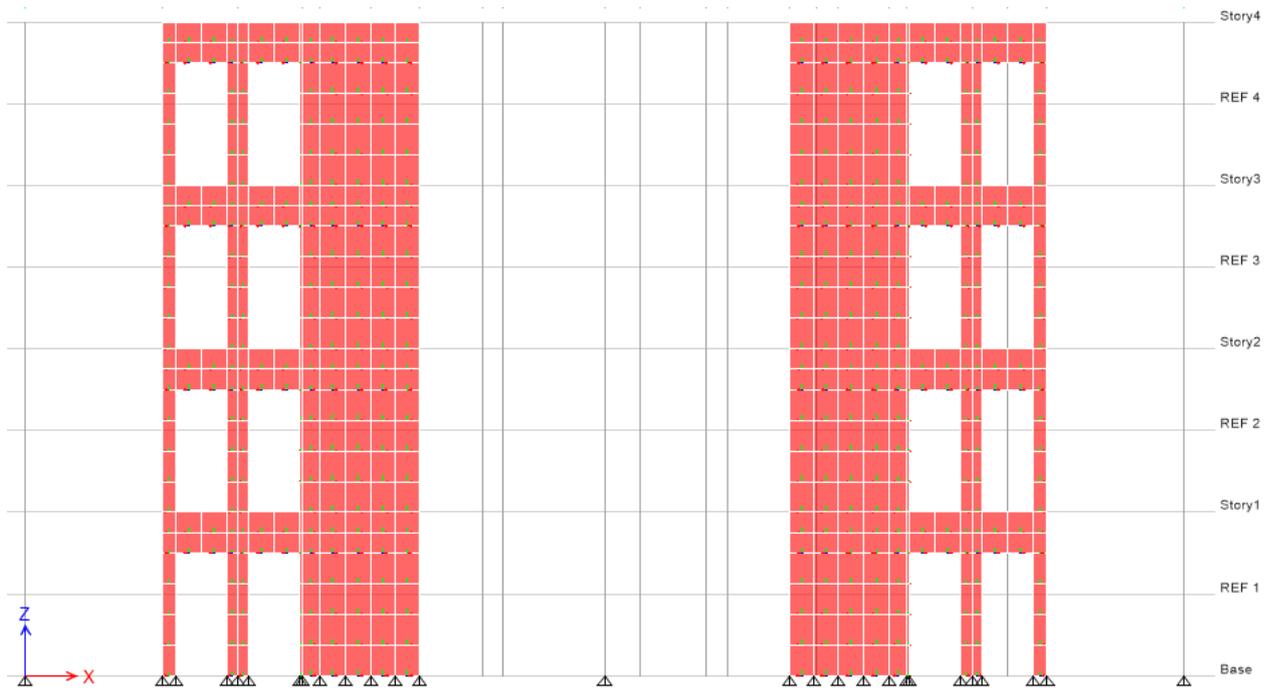


Imagen 2.9 Vista de los Ejes 5 y 19 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

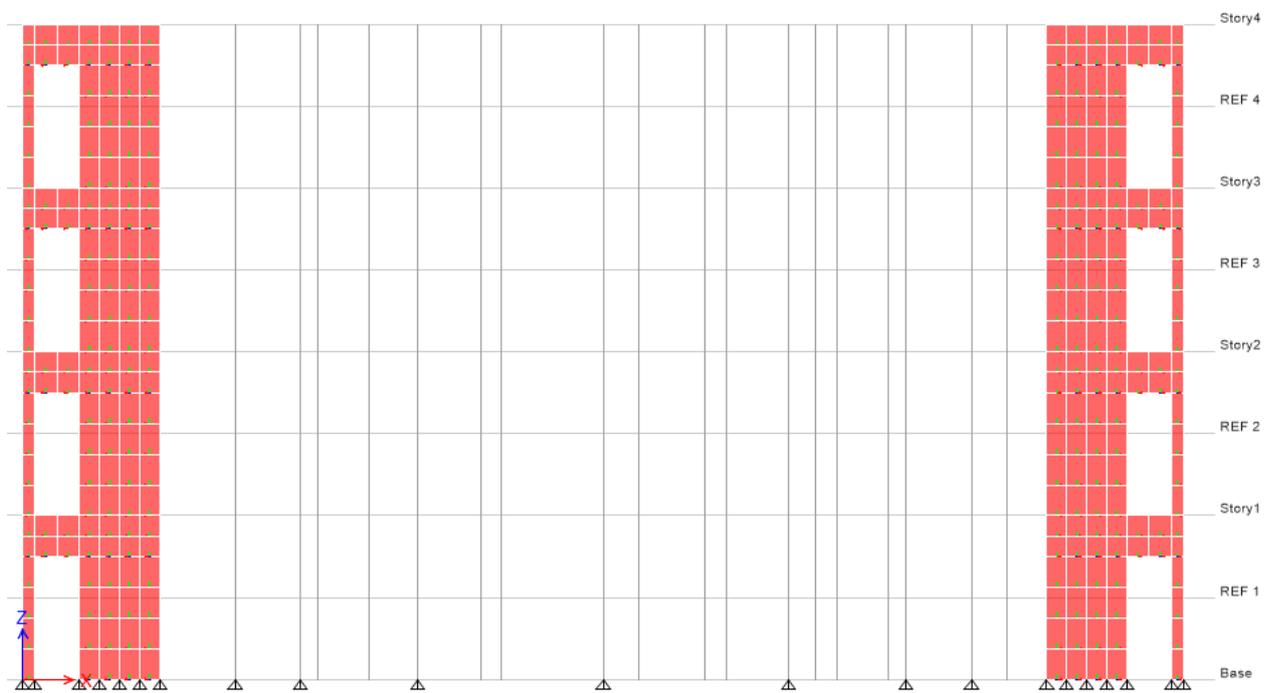


Imagen 2.10 Vista de los Ejes 6 y 18 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

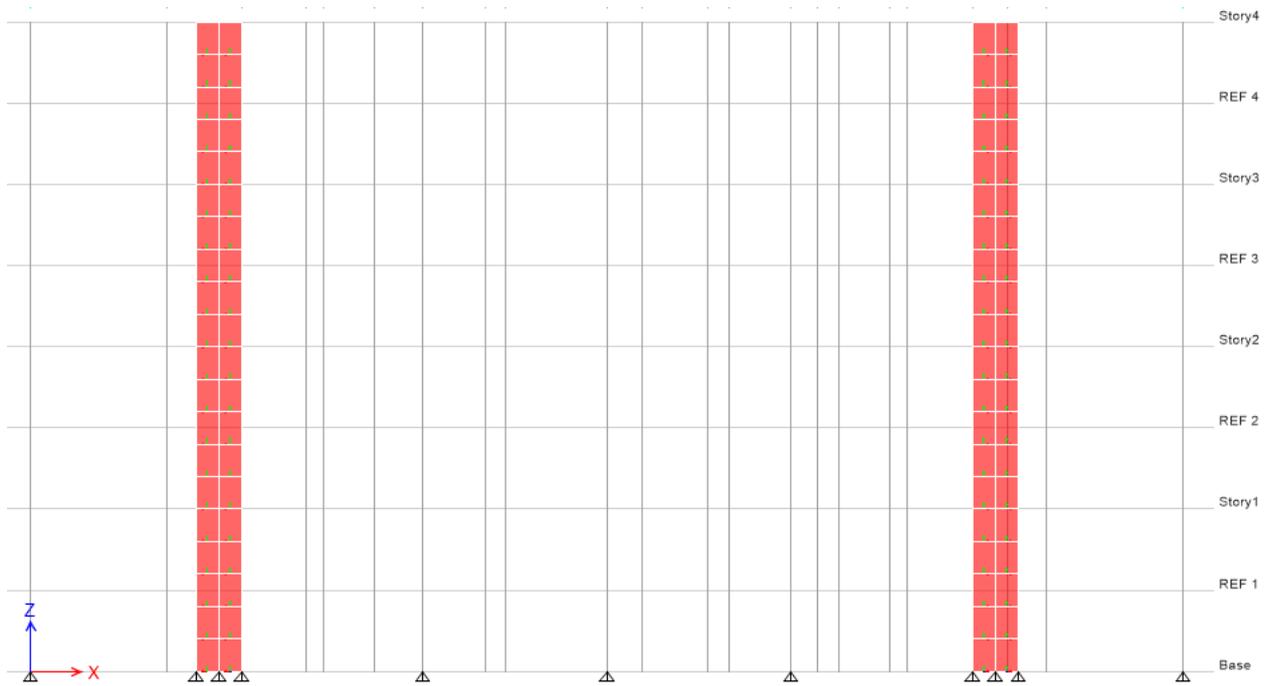


Imagen 2.11 Vista de los Ejes 7 y 17 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

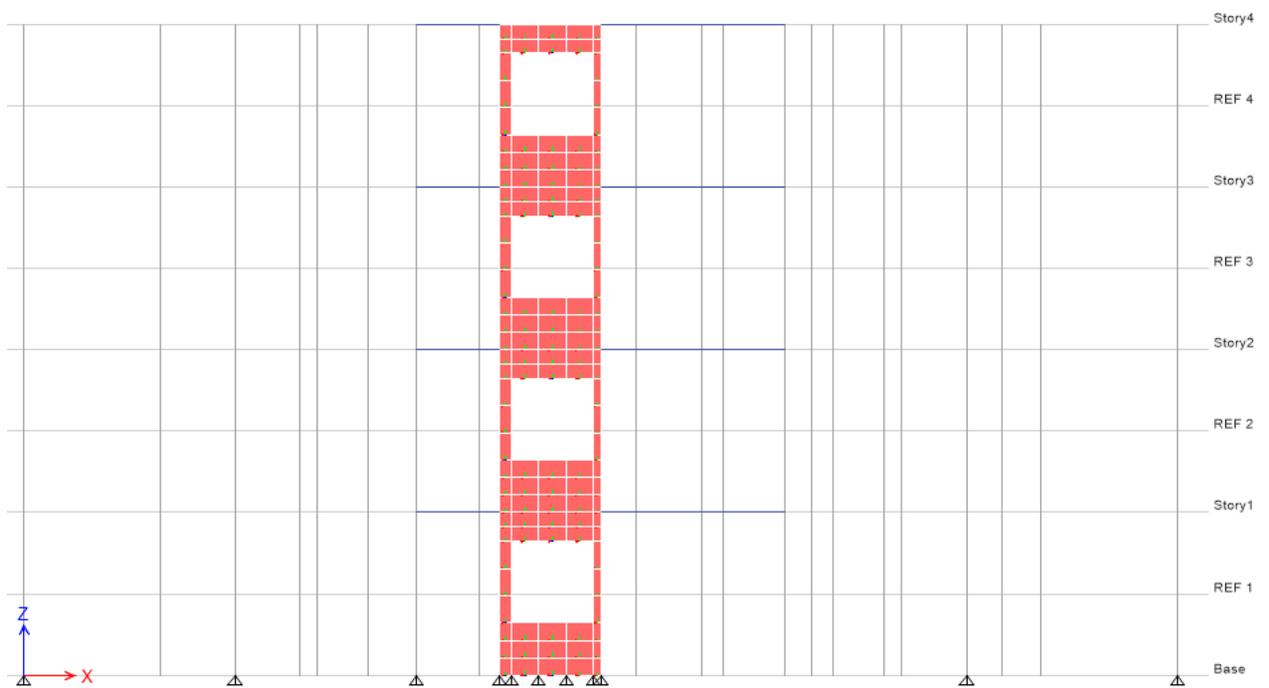


Imagen 2.12 Vista de los Ejes 8 y 16 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)



Imagen 2.13 Vista de los Ejes 9 y 15 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

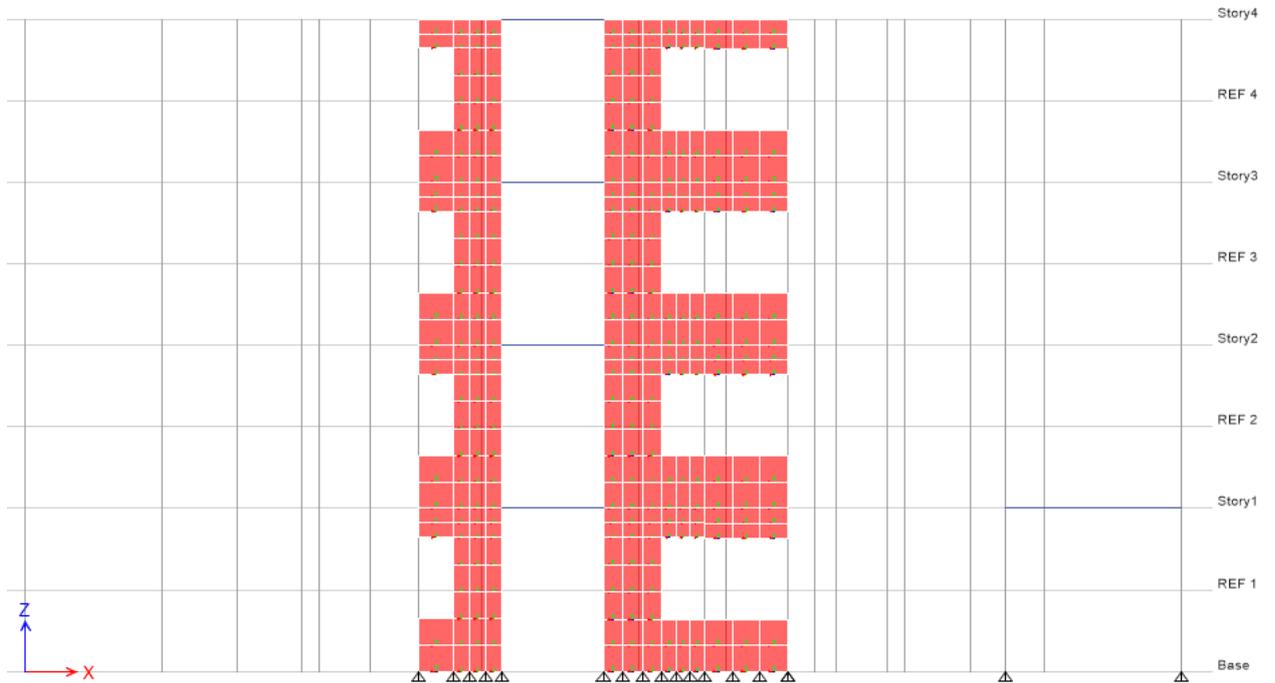


Imagen 2.14 Vista de los Ejes 10 y 14 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

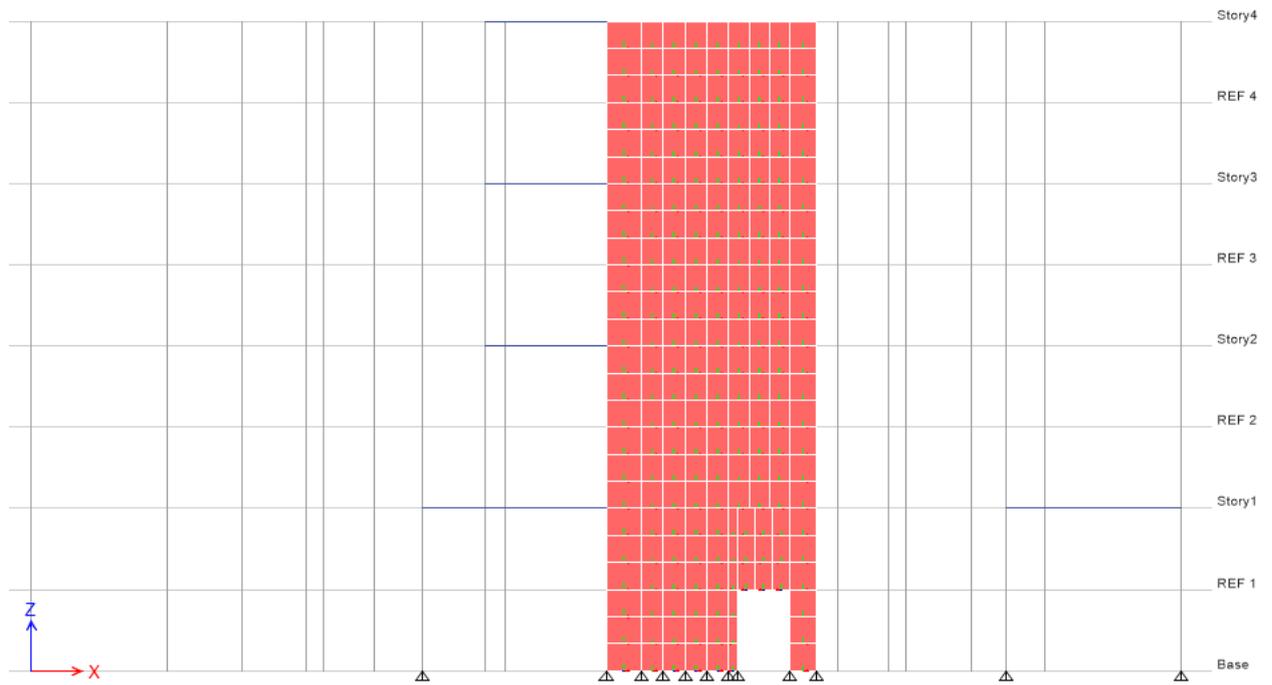


Imagen 2.15 Vista de los Ejes 11 y 13 del Modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

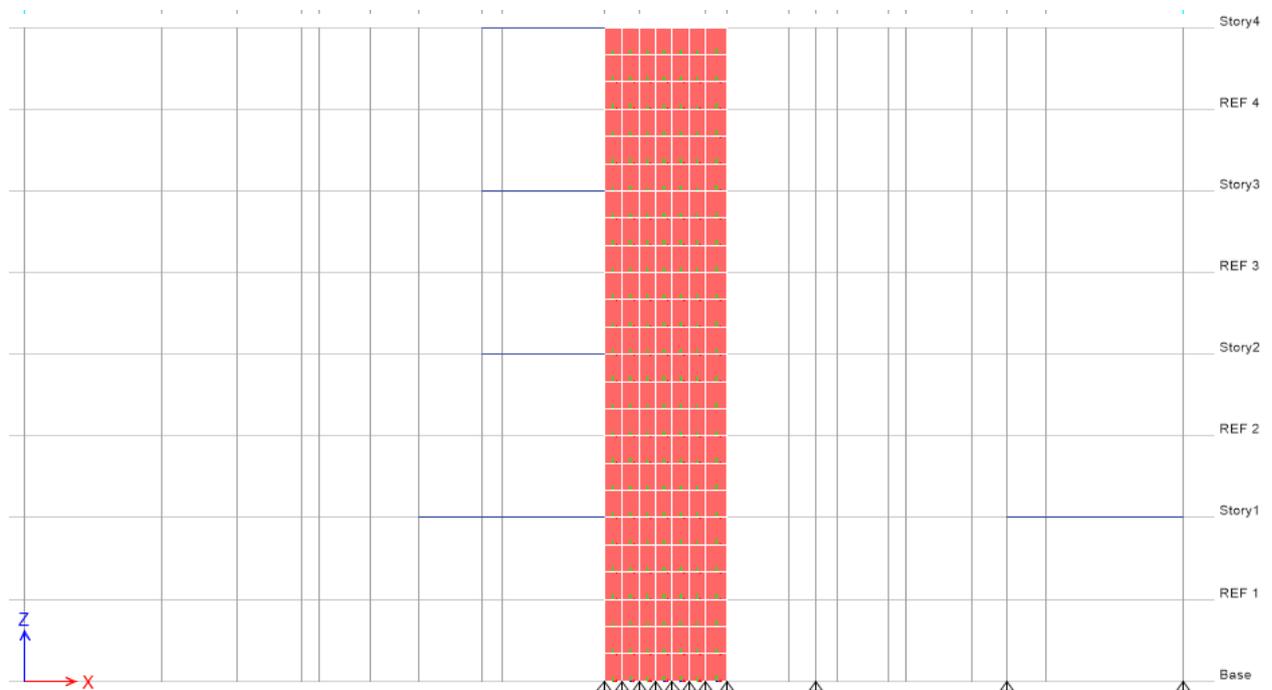


Imagen 2.16 Vista del Eje 12 del modelo en ETABS 2016

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Se definió dos espesores de muros distintos para los entre pisos, siendo así la planta baja y el primer piso tienen muros formados por 3D Panel de espesor 15 con recubrimiento de mortero incluido, mientras que la segunda planta y la tercera tienen un espesor de 12 cm. Esto influye en la disminución de peso en la estructura y, por ende, menores esfuerzos, reacciones y momentos últimos para diseño.

- ❖ 3D Panel de 10 cm de Espesor, con 2 mallas de acero galvanizado unidas mediante conectores.
- ❖ 3D Panel de 6 cm de Espesor, con 2 mallas de acero galvanizado unidas mediante conectores.
- ❖ Diámetro de acero de las mallas: 2.1 mm.
- ❖ Tamaño de malla: 5 cm x 5 cm.
- ❖ Resistencia a fluencia de las mallas de acero: 6000 kg/cm².
- ❖ Conectores entre mallas: 200 conectores/m².
- ❖ Recubrimiento de paneles: 3.0 cm de cada lado para panel de 9 cm de espesor.
2.5 cm de cada lado para panel de 7 cm de espesor.
- ❖ Ancho de Paneles: 1.2 m.
- ❖ Alto de Paneles: 2.4 m.
- ❖ Peso paneles: 110 kg/m.
- ❖ Resistencia a la compresión del mortero: 140 kg/cm².
- ❖ Resistencia a la compresión Hormigón losa: 210 kg/cm².
- ❖ Resistencia a la compresión Hormigón contrapiso: 210 kg/cm².

2.3.3 Cuantía de Muros Estructurales

La edificación para analizar presenta simetría en su configuración y distribución de muros estructurales en ambos sentidos, por ende, su cuantía está normada debidamente por las ecuaciones 2.7 y 2.8 a continuación.

$$A_p = 0.01 * A * N \quad (2.7)$$

$$L_p = A_p / e \quad (2.8)$$

$$A = 390 \text{ m}^2$$

A_p : Área de los muros en planta [m^2]

A : Área de la edificación en Planta [m^2]

N : Número de Plantas de la edificación

L_p : Longitud de Muros [m]

e : Espesor de Muros [m]

$$A_p = 15.60 \text{ m}^2$$

$$L_p = 288 \text{ m}$$

Según la normativa existente que recomienda que la relación entre las áreas de muros y el área de la edificación en planta debe aproximarse a 1%. En esta estructura, la relación se cumple satisfactoriamente. Posteriormente se procede a hallar el índice de densidad de muros, determinado por la ecuación 2.9 a continuación:

$$d [\%] = A_p / A \quad (2.9)$$

Tabla 2.9 Dimensiones de los Muros de Vista en Planta

Longitud de Muros		Área de Muros		d %
Sentido X =	150 m	Espesor	Área	
Sentido Y =	140 m			
Longitud Total =	290 m	0.15 m	43.5 m^2	11.15

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Existe una comprobación que debe de realizarse al hacer uso de este método, esta es la de Longitud mínima de Muros por dirección, representada por la ecuación 2.10.

$$L_i \geq 0.17 * A_p \quad (2.10)$$

Tabla 2.10 Verificación de Longitud Mínima de muros por dirección.

Longitud de Muros		L_i	$L_m > L_i$
Sentido X =	150 m	66.3 m	OK
Sentido Y =	140 m	66.3 m	OK

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

2.3.4 Dimensionamiento de la Losa

Para una losa maciza, su altura mínima no puede ser menor a 9.00 cm por estar sobre apoyos de gran peralte. Por lo tanto, se procedió a dimensionar la losa nervada en una dirección, sustituyendo los nervios de hormigón por vigas T invertida de acero entre apoyos y un recubrimiento de hormigón en la parte superior con malla de acero como refuerzo, como se ve en la Imagen 2.18.

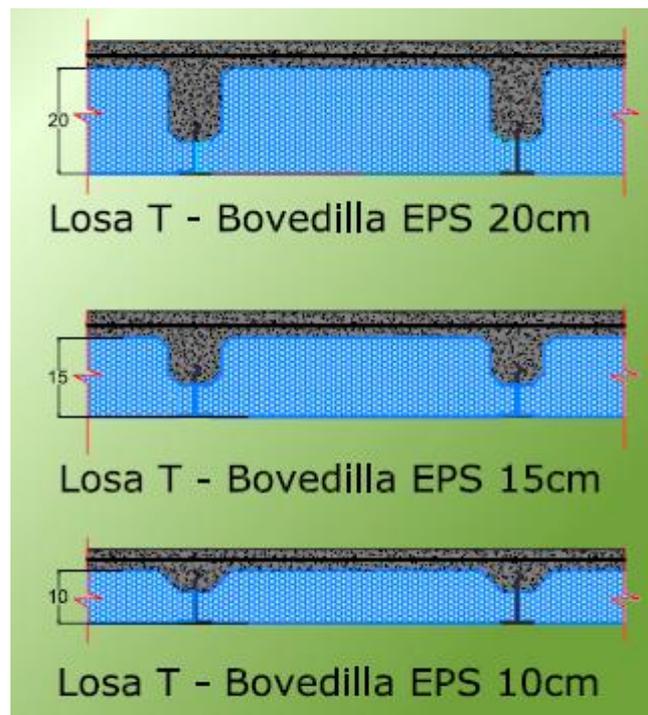


Imagen 2.17 Sección transversal de la viga T invertida en las losas del sistema EPS

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

De acuerdo a los catálogos de los elementos para losa de la empresa que los fabrica, se escogió la sección mencionada a continuación con las respectivas propiedades mecánicas:

- ❖ Bovedilla EPS 3000 X 600 X 150 mm
- ❖ Resistencia a la fluencia del perfil metálico: 3500 kg/cm².
- ❖ Malla Electrosoldada Armex 15 cm x 15 cm.
- ❖ Recubrimiento de 5 cm de Hormigón, cuyo f'_c : 210 kg/cm².
- ❖ Módulo de elasticidad del hormigón (E): 1.73 x 10⁵ kg/cm²

$$E = 12000 * \sqrt{f'_c} \quad (2.11)$$

2.3.5 Cargas muertas y vivas del sistema EPS

Dado a su distinta configuración estructural, para este sistema se procedió a asignar diferentes cargas muertas, las mismas que podemos encontrar en la NEC 2015 en su capítulo 4 referente a cargas. Por otro lado, se conservarán las cargas vivas asignadas para el análisis anterior, ya que la ocupación final de los entresijos seguirá siendo la misma.

Tabla 2.11 Cargas Muertas de los entresijos 1, 2 y 3 del método EPS

Descripción de los niveles 1,2 y 3	Carga (kg/m ²)
Losa Aligerada (h = 20 cm)	50,0
Paredes	95
Recubrimiento paredes	45
Instalaciones y otros	60
TOTAL	250

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Tabla 2.12 Cargas Muertas de los entresijos 4 del método EPS

Descripción de la terraza	Carga (kg/m ²)
Losa Aligerada (h = 20 cm)	50,0
Cubierta	50
Instalaciones y otros	60
TOTAL	160

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

2.3.6 Análisis sísmico del sistema EPS

Para hallar el cortante basal de este sistema, se siguió el mismo procedimiento que el método anterior, a diferencia de que, difieren algunos valores por ciertas consideraciones específicas, como lo son:

- ❖ $R = 3$ Coeficiente de reducción de respuesta estructural, ya que la estructura no proporciona una debida ductilidad para soportar las deformaciones inelásticas, como se lo especifica en la sección 6.3.4 de la NEC 2015 en su capítulo de Peligro Sísmico.

- ❖ $C_t = 0.06$ Coeficiente que depende del tipo de estructura para el periodo de vibración T de la misma, debido a que es una edificación sin arriostramiento, como lo explica detalladamente en la sección 6.3.3 de la NEC 2015 en su capítulo de Peligro Sísmico.
- ❖ $C_s = 0.66$ Coeficiente sísmico.

2.3.7 Distribución de áreas tributarias

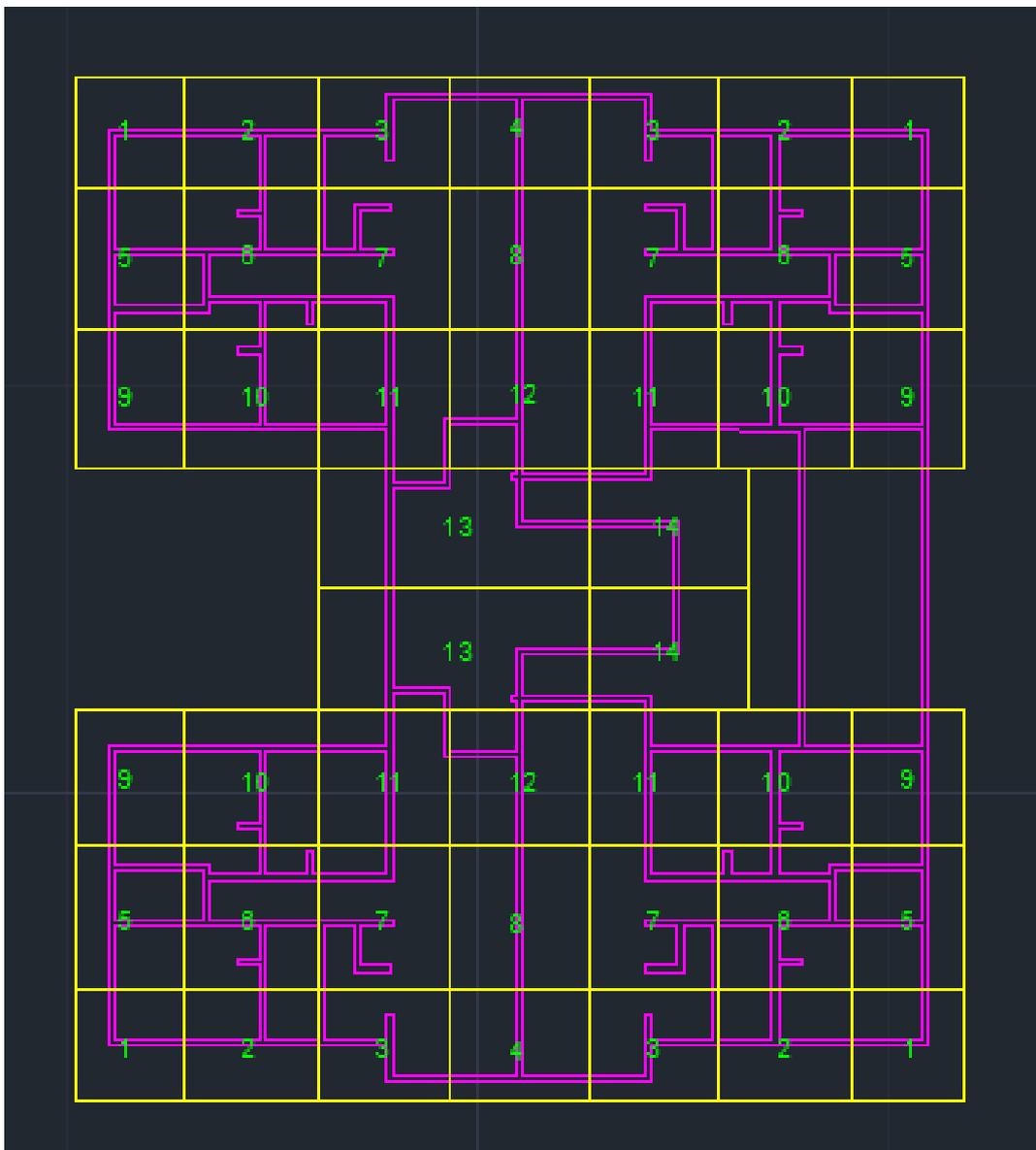


Imagen 2.18 Distribución de áreas tributarias para sistema EPS

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Asm= 4,34 Acm= 1544,85	Asm= 7,28 Acm= 2598,97	Asm= 7,38 Acm= 2633,38	Asm= 7,52 Acm= 2317,05	Asm= 7,38 Acm= 2633,38	Asm= 7,28 Acm= 2598,97	Asm= 4,34 Acm= 1544,85
Asm= 9,62 Acm= 3427,50	Asm= 16,68 Acm= 5954,92	Asm= 6,19 Acm= 2203,80	Asm= 4,94 Acm= 1755,00	Asm= 6,19 Acm= 2203,80	Asm= 16,68 Acm= 5954,92	Asm= 9,62 Acm= 3427,50
Asm= 5,84 Acm= 2080	Asm= 8,68 Acm= 3090,75	Asm= 7,87 Acm= 2804,50	Asm= 7,73 Acm= 2762,00	Asm= 7,87 Acm= 2804,50	Asm= 8,68 Acm= 3090,75	Asm= 5,84 Acm= 2080
		Asm= 56,63 Acm= 4583,05		Asm= 7,91 Acm= 2818,75		
		Asm= 56,63 Acm= 4583,05		Asm= 7,91 Acm= 2818,75		
Asm= 5,84 Acm= 2080	Asm= 8,68 Acm= 3090,75	Asm= 7,87 Acm= 2804,50	Asm= 7,73 Acm= 2762,00	Asm= 7,87 Acm= 2804,50	Asm= 8,68 Acm= 3090,75	Asm= 5,84 Acm= 2080
Asm= 9,62 Acm= 3427,50	Asm= 16,68 Acm= 5954,92	Asm= 6,19 Acm= 2203,80	Asm= 4,94 Acm= 1755,00	Asm= 6,19 Acm= 2203,80	Asm= 16,68 Acm= 5954,92	Asm= 9,62 Acm= 3427,50
Asm= 4,34 Acm= 1544,85	Asm= 7,28 Acm= 2598,97	Asm= 7,38 Acm= 2633,38	Asm= 7,52 Acm= 2317,05	Asm= 7,38 Acm= 2633,38	Asm= 7,28 Acm= 2598,97	Asm= 4,34 Acm= 1544,85

Tabla 2.13 Asignación del área de mortero y acero de refuerzo en cm²

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

En la Tabla 2.13 se logra visualizar las asignaciones respectivas de acero de refuerzo transversal por área tributaria del sistema de los muros portantes, donde Asm representa el área en planta del acero de refuerzo para cada área tributaria y Acm representa el área de mortero en la misma.

2.3.8 Diseño de Cimentación

En esta etapa se seleccionó el tipo de cimentación a utilizar entre la estructura de muros con sistema EPS y el suelo.

Se optó por zapatas continuas, ya que la mayor carga ejercida sobre la base de los muros en la combinación más crítica fue analizada como caso general de muros y se trabajará a todos los muros con esa misma capacidad de resistencia en la cimentación. Se procedió a diseñar la estructura de cimentación como lo indica en el libro de Diseño de Estructuras de Concreto. (Nilson, Winter, Urquhart, & Charles, 1999)

- ❖ Esfuerzo admisible del suelo: 15 T/m²
- ❖ Zapatas Corridas
- ❖ Altura de zapatas: 40 cm
- ❖ Ancho de zapatas: 125 cm
- ❖ Profundidad de Desplante de zapata: 60 cm
- ❖ $A_s =$ 13.55 cm²
- ❖ 9 varillas de Φ 10 mm arriba y abajo

CAPÍTULO 3

3. Resultados y Análisis

A continuación, se presenta una serie de datos y valores para representar las diferencias más palpables que existen entre el sistema aporticado y el sistema de muros alivianados.

3.1 Cortante Basal y Distribución Vertical de Fuerzas

Tabla 3.1 Cortante Basal y Distribución Vertical de Fuerzas para el sistema Aporticado.

NIVEL	ALTURA(m)	Wx (ton)	Dirección X				Dirección Y			
			$w_x * h_x^{kx}$	Cvx	Fx (ton)	Vx (ton)	$w_x * h_x^{ky}$	Cvy	Fy (ton)	Vy (ton)
4	2.8	226.98	822.12	0,14	38.92	32.98	0,14	38.92	32.98	0,14
3	2.8	371.28	1344.77	0,23	63.67	102.59	0,23	63.67	102.59	0,23
2	2.8	371.28	1344.77	0,23	63.67	166.26	0,23	63.67	166.26	0,23
1	4.35	371.28	2332.45	0,40	110.43	276.7	2332.45	0,40	110.43	276.7
			5844.12				5844.12			

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Tabla 3.2 Cortante Basal y Distribución Vertical de Fuerzas para el sistema EPS.

NIVEL	ALTURA(m)	Wx (ton)	Dirección X				Dirección Y			
			$w_x * h_x^{kx}$	Cvx	Fx (ton)	Vx (ton)	$w_x * h_x^{ky}$	Cvy	Fy (ton)	Vy (ton)
4	2.8	93.29	356,76	0,24	48.40	48.40	356,76	0,24	48.40	48.40
3	2.8	93.29	356,76	0,24	48.4	96.8	356,76	0,24	48.4	96.8
2	2.8	93.29	356,76	0,24	48.4	145.20	356,76	0,24	48.4	145.20
1	3	93.29	390,31	0,26	52.95	198.16	390.31	0,26	52.95	198.16
			1460.59				1460.59			

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Como se aprecia en las Tablas 3.1 y 3.2 el cambio entre los cortantes basales y las distribuciones verticales de fuerzas en los sistemas aperturado y el sistema que cuenta con muros EPS. Dando como resultado obtenido que el sistema EPS, responderá a un mayor cortante basal y mayores fuerzas sísmica, pero a su vez, reduce desplazamientos para derivas en la gran mayoría de las combinaciones debido a su configuración estructural y gran soporte que proporciona cada muro para la estructura.

3.2 Derivas por piso

En el análisis respectivo del modelo aperturado refleja que el sistema tiene un 1.8% de deflexión lateral por piso en su combinación más crítica para el mismo, como se muestra en la Tabla 3.3, mientras que en la Tabla 3.4 se muestran los resultados de las derivas obtenidas empleando el método de los muros de poliestireno expandido.

Tabla 3.3 Derivas por piso del sistema aperturado en su pórtico I

Piso	d_{xe} [m] (ETABS2016)	d_{xi}	Θ_x	d_{ye} [m] (ETABS2016)	d_{yi}	Θ_y
4	0,0273	0,1638	1,03%	0,0279	0,1674	0,90%
3	0,0225	0,135	1,15%	0,0237	0,1422	0,99%
2	0,01713	0,10278	1,84%	0,0191	0,1146	1,35%
1	0,00856	0,05136	1,19%	0,0128	0,0768	1,79%

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Tabla 3.4 Derivas por piso del sistema de muros EPS en su eje V

Piso	d_{xe} [m]	d_{xi}	Θ_x	d_{ye} [m]	d_{yi}	Θ_y
4	0,002179	0,013074	0,10%	0,001667	0,010002	0,08%
3	0,001728	0,010368	0,13%	0,001308	0,007848	0,10%
2	0,001136	0,006816	0,14%	0,000862	0,005172	0,10%
1	0,000496	0,002976	0,10%	0,000382	0,002292	0,08%

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

El pórtico I se encuentra en la misma posición que el eje V, perteneciente al otro sistema estructural; las mayores derivas en ambos sistemas están sobre las mismas posiciones, y difieren en un gran porcentaje en lo que respecta a derivas, ya que, el método con muros se llegar a visualizar desplazamientos en su piso más alto de hasta 2 mm, mientras que en el método aporticado se notan desplazamientos de hasta 28 mm. Se observan por supuesto, que existen desplazamientos menores en la dirección Y. Usando los muros EPS, por cómo está distribuida la configuración estructural en planta, se llegan a denotar desplazamientos hasta un 24% menores en su dirección Y.

3.3 Reacciones y Momentos

En la Tabla 3.5, se muestran los valores pertinentes a las Fuerzas de reacción en la base y los momentos último en la base, los cuales sirvieron para el cálculo respectivo de cimentación para el método aporticado.

Tabla 3.5 Mayores Valores de Fuerzas de Reacción y Momento del sistema aporticado

Punto	Fuerza Z [Ton]	Momento [Ton*m]
1	51,7846	0,25409
145	51,7846	0,25409
153	53,9387	0,25409
159	62,3012	0,25409
146	68,9691	0,25409
154	70,2388	0,25409
155	70,6337	0,25409
129	70,8233	0,25409
16	71,9954	0,25409
140	72,6272	0,25409
143	72,6514	0,25409
156	73,167	0,25409
152	74,148	0,25409
157	74,5135	0,25409
144	74,588	0,25409
158	76,9746	0,25409
148	103,7667	0,25409
147	105,0422	0,25409
150	105,6863	0,25409
149	106,0779	0,25409
151	109,1832	0,25409

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Los valores mostrados a continuación en la Tabla 3.6, se refieren a las mayores fuerzas actuantes en la base de los muros de sistema de poliestireno expandido y también los momentos resultantes en la base.

Tabla 3.6 Mayores Valores de Fuerzas de Reacción del sistema de muros

Punto	Fuerza Z [Ton]
114	18,558
94	15,793
71	15,529
2246	13,488
12	13,230
292	13,034
95	12,785
532	12,691
511	12,147
447	11,745
538	11,559
112	11,197
128	11,000
2242	10,961
585	10,627
4581	10,548
480	9,702
76	9,284
107	8,593
2796	8,561
3049	8,326

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Se divisan diferencias de hasta 90 toneladas en lo que respecta a fuerzas de reacción entre ambos métodos; esto debido a la diferencia al repartir sus fuerzas sobre el suelo ya que al no descargar su peso solamente sobre columnas, sino que cuenta con muros largos perimetrales e interiores, los mismos que van a cumplir la función de descargar las fuerzas en la cimentación.

3.4 Cantidades de acero de vista en planta

Tabla 3.7 Comparación de acero y concreto entre los 2 sistemas

SECCION	EPS		SECCION	PCRM		RELACION	
	Asm (cm2)	Acm (cm2)		Asp (cm2)	Acp (cm2)	Asp / Asm	Acp / Acm
1	4.34	1544.85	A	18.22	1200.00	4.20	0.78
2	7.28	2598.97	A	18.22	1200.00	2.50	0.46
3	7.38	2633.38	A	18.22	1200.00	2.47	0.46
4	7.52	2317.05	A	18.22	1200.00	2.42	0.52
5	9.62	3427.50	A	18.22	1200.00	1.89	0.35
6	16.68	5954.92	A	18.22	1200.00	1.09	0.20
7	6.19	2203.80	A	18.22	1200.00	2.94	0.54
8	4.94	1755.00	A	18.22	1200.00	3.69	0.68
9	5.84	2080.00	A	18.22	1200.00	3.12	0.58
10	8.68	3090.75	A	18.22	1200.00	2.10	0.39
11	7.87	2804.50	A	18.22	1200.00	2.32	0.43
12	7.73	2762.00	A	18.22	1200.00	2.36	0.43
13	56.63	4583.05	B	16.09	1200.00	0.28	0.26
14	7.91	2818.75	B	16.09	1200.00	2.03	0.43

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

En la Tabla 3.7 se observan las cantidades de acero que existen en ambos métodos constructivos en sus distintas áreas tributarias, que se asignaron como se muestra en las Tablas 2.8 y 2.13.

3.5 Esfuerzos Axiales horizontales y cortantes

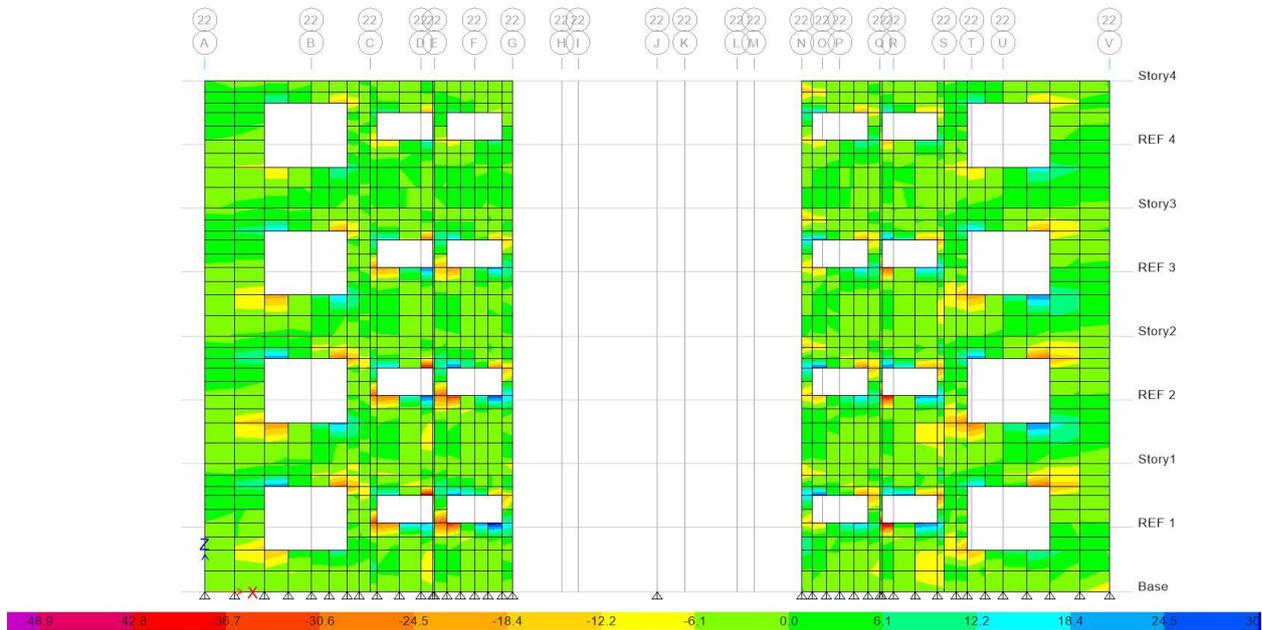


Imagen 3.1 Muros con mayores esfuerzos horizontales en el sistema EPS en kg/cm²

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

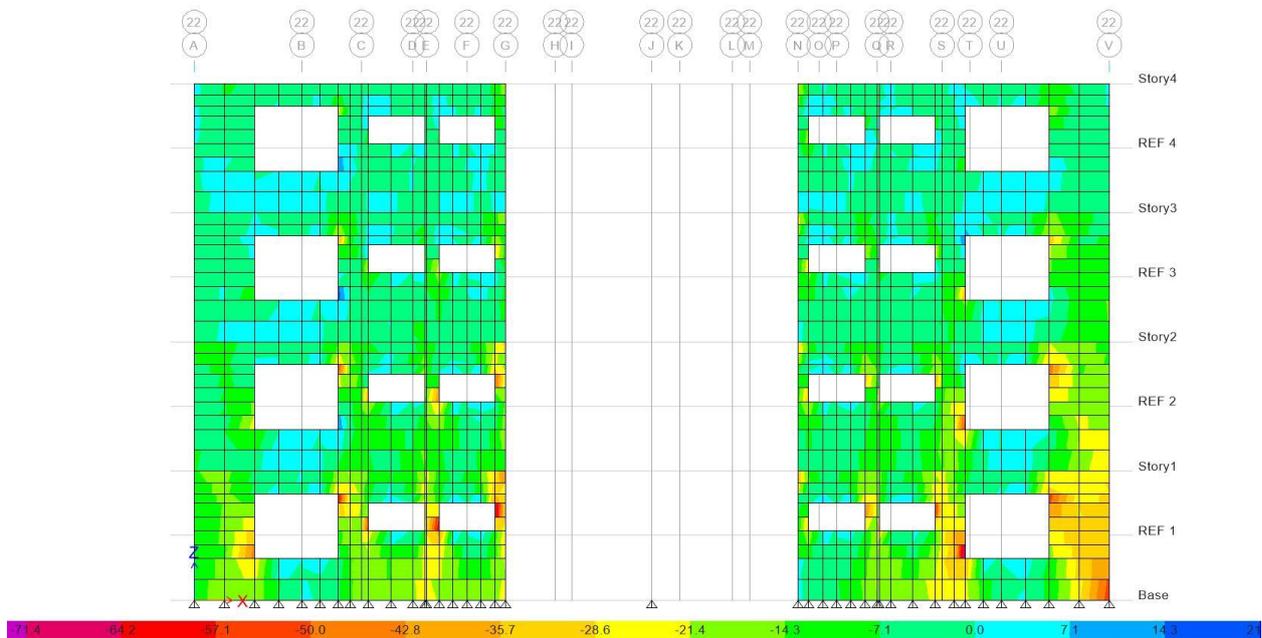


Imagen 3.2 Muros con mayores esfuerzos verticales en el sistema EPS en kg/cm²

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

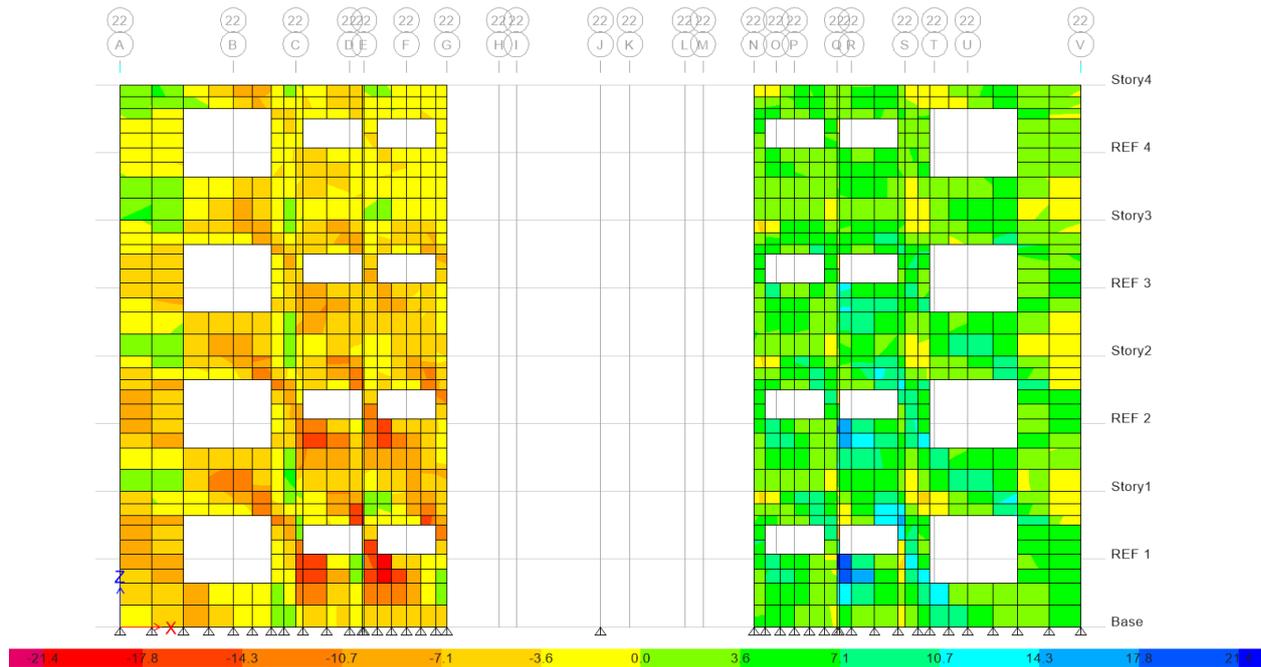


Imagen 3.3 Muros con mayores esfuerzos cortantes en el sistema EPS en kg/cm²

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Se observaron como esfuerzos mayores los mostrados en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Valores de Esfuerzos Axiales y cortantes utilizando muros EPS

Wall	Esfuerzo Axial [Ton/m ²]	Wall	Esfuerzo Cortante [Ton/m ²]
W772	675,08	W3430	222,16
W5031	643,60	W2560	179,55
W3727	568,24	W1987	178,48
W3062	512,82	W1863	196,10
W2351	450,67	WW1151	100,38
W3730	411,30	W244	231,44
W4532	435,37	W243	217,49
W2076	497,94	W2941	218,52
W3419	419,42	W1809	251,88
W3898	463,72	W4469	163,88
W3899	398,69	W4338	187,28
W3870	570,43	W534	210,40
W3870	570,43	W537	165,24
W2183	446,74	W2298	206,12
W3727	527,09	W2294	181,34
W3061	524,16	W2095	193,54

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Estos valores observados de esfuerzos obedecen a los de compresión y corte respectivamente en algunas de sus secciones de muros más críticas, se notó que el mayor esfuerzo axial no sobrepasó los 675 ton/m², equivaliendo esto a 68 kg/cm² aproximadamente. Por otro lado, presenta esfuerzos cortantes de hasta 260 ton/m², equivaliendo esto alrededor de 25 kg/cm², lo cual no sobrepasa el 17% de su resistencia diseño.

3.6 Costos

Habiendo planteado la solución dada se hizo una comparación en lo que a precios refiere entre distintas etapas del proyecto. Se las planteó en grupos grandes para mayor facilidad de comprensión en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Rubros de ambos métodos constructivos

ITEM	RUBRO	PRECIO [\$]	
		APORTICADO	MUROS EPS
1	TRABAJOS PRELIMINARES	2032.11	2032.11
2	CIMENTACIÓN	53657.7	57603.99
3	ESTRUCTURA	272341.21	131379.98
4	CUBIERTA	68818.80	72,590.84
	TOTAL	396,849.82	263,606.92

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Luego de haber realizado la comparación entre los dos métodos, se observó que el sistema estructural con muros va a resultar mucho más rentable tanto económicamente como tecnológicamente factible, según las distintas ventajas que este ofrece en su etapa de mano de obra.

Se nota que hay un aumento de precio en la cimentación, debido a que para el método de muros se procedieron a usar zapatas continuas a lo largo de cada muro, y estas zapatas, debido a su gran sección transversal ocasionó un aumento considerable de volumen tanto de hormigón como acero y demás. Se logró equiparar algo de presupuestos entre los sistemas, pero el significativo valor y peso de la parte de la estructura en el sistema aperticado, lo convierte en una edificación mucho más costosa con respecto a la otra.

Empleando este método se ahorró gran cantidad de dinero en la parte referente a estructura, ya que al no contar con elementos rígidos como lo son vigas y columnas en la cantidad con la que se contaba en un principio con el método convencional, los rubros de hormigón y acero descienden enormemente por el uso de otros materiales como lo son los paneles EPS de sección alivianada, influyendo así en nuestro resultado final de presupuesto.

3.7 Ensayo de Compresión del muro EPS

Se realizaron pruebas de resistencia a compresión a cubos de mortero con la norma UNE 92.110 y también utilizando la norma NCh 801EOf 71, referente a ensayos de compresión, se les realizó el ensayo a secciones de bloques de paneles EPS con las siguientes características:

- ❖ Dimensiones: Alto: 20 cm
 Largo: 40 cm
 Anchos: 15 cm
- ❖ Recubrimiento con mortero: Paneles 9 cm de Poliestireno: 3 cm de cada lado
- ❖ Dosificación Mortero: Cemento : Arena = 1 : 2
 Cemento : Agua = 1 : 0.5



Imagen 3.4 Cubo de ensayo de mortero

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

En la Imagen 3.4 se muestran dos cubos de muestra ya ensayados a compresión con aristas de 50 mm, denotándose como falla el mortero y obteniendo unos resultados a compresión a los 7 días de 153.77 kg/cm^2 , no siendo su resistencia final de diseño, ya que esta la alcanzaría a los 28 días; el resultado obtenido al momento del ensayo es representa aproximadamente un 75% de su resistencia final de diseño.

Mientras tanto en la Imagen 3.5 se muestra los bloques de paneles que fueron ensayados a compresión bajo la norma respectiva.



Imagen 3.5 Bloque EPS recubierto con mortero

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

Se obtuvieron resultados a compresión del bloque EPS de 198 kg/cm² a los 7 días, representando un aproximado del 75% de su resistencia final, la cual sería de 265 kg/cm² a sus 28 días. Obteniendo finalmente una rotura del bloque como se muestra en la Imagen 3.6.



Imagen 3.6 Rotura a compresión de bloque EPS.

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

3.8 Método Constructivo

Existe otra diferencia muy marcada entre estos dos sistemas en lo que se refiere al método constructivo, esto se debe a que, en el sistema con muros, no se necesitaron vigas y columnas, como se lo acostumbra a hacer normalmente, ofreciendo esto un ahorro significativo en días por la fundición y el tiempo que se requiere para la misma.

Se ahorran hasta la mitad del tiempo entre un método y otro en su etapa constructiva, ocasionando una menor afectación a los alrededores de la zona de construcción y a los moradores del sector, ya que respetando la Guía de Buenas Prácticas Ambientales que se encuentra en Anexos se asegura un ambiente propicio y un menor impacto en la zona, tanto directo como indirecto.

El proceso de construcción de este método consiste en la debida colocación de los paneles, con sus uniones pertinentes entre los mismos y los refuerzos en sus puntos críticos como lo son ventanas y puertas como se muestra en la Imagen 3.1, ya que en esos lugares actuarán los mayores esfuerzos horizontales.

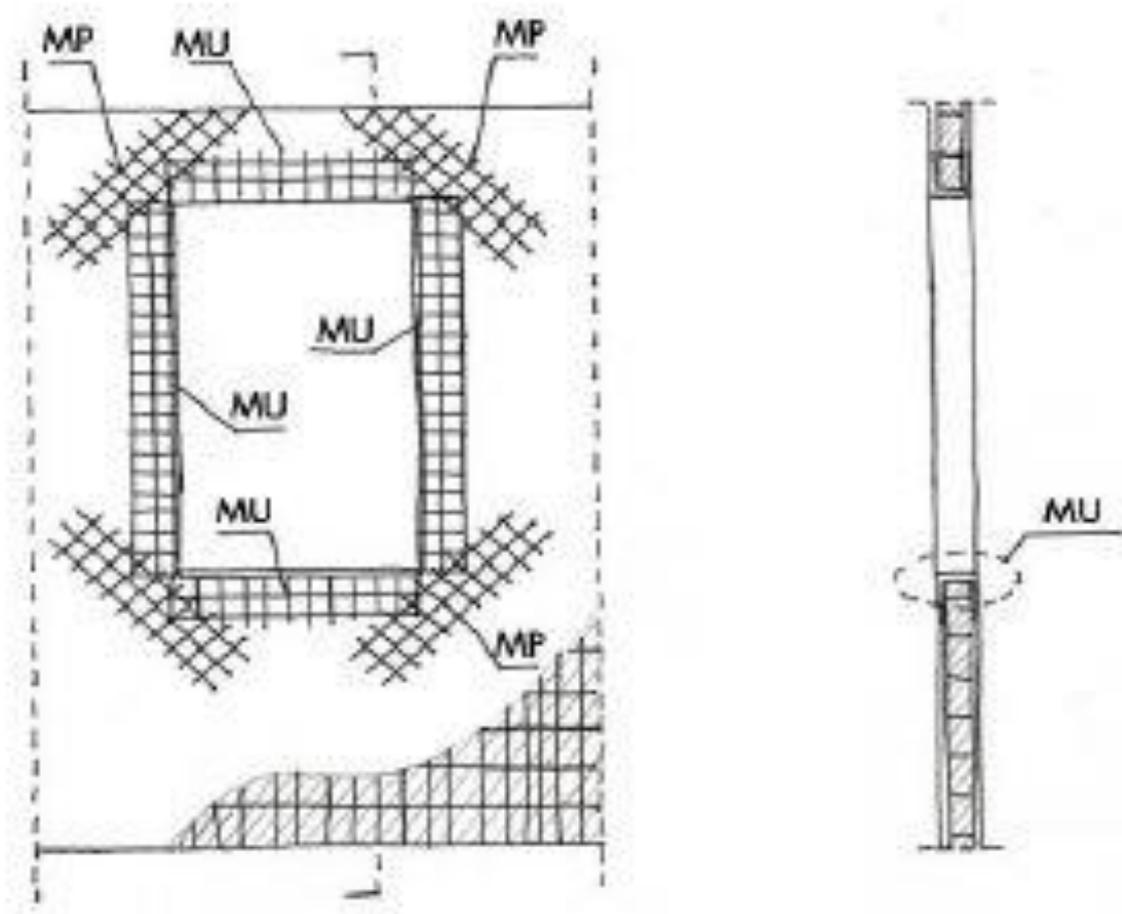


Imagen 3.7 Tipo de detallamiento de refuerzo de ventanas y puertas.

Fuente: (Conforme & Zambrano, 2019)

En la Imagen 3.7 se evidencian el detallamiento de los refuerzos para paneles, donde:

- MU es una malla de refuerzo en forma de U para ventanas y puertas.
- MP es el refuerzo longitudinal que se pone entre paneles o en las esquinas de puertas y ventanas.
- ML es el refuerzo en forma de "L" colocado entre muros perpendiculares por medio de alambres de amarre.

También se procura proteger en la base de los muros colocando pequeñas varillas metálicas a fin de acoplar la estructura a la cimentación con acero de espera, amarrados cada 30 cm alternando sobre ambas caras de los muros de base.

En la Imagen 3.8 se muestra más a detalle la unión entre paneles perpendiculares en una vista en planta, con sus refuerzos a detalle.

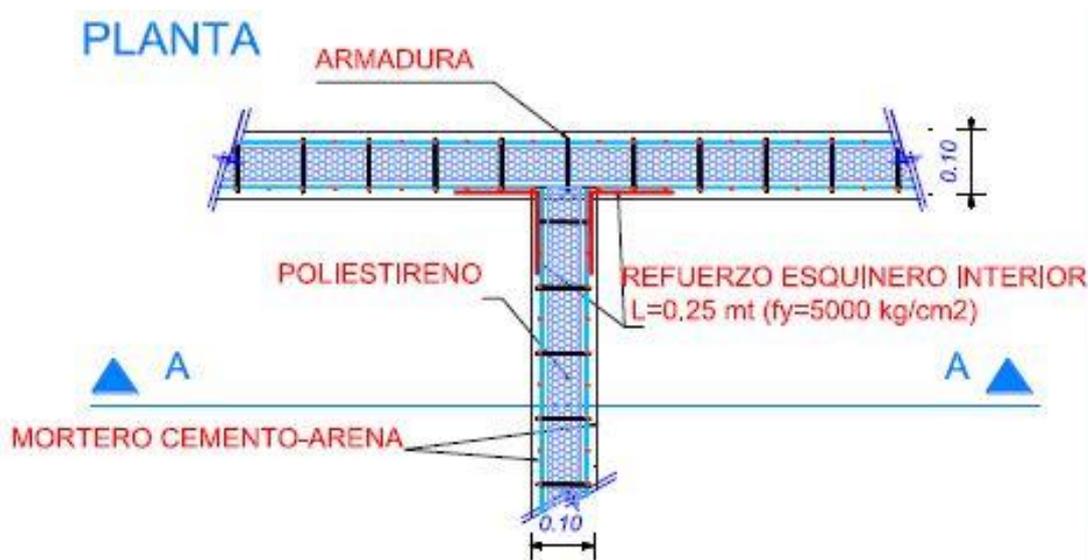


Imagen 3.8 Detallamiento de unión de paneles de muros en vista en planta.

Fuente: (AISLAPOL, 2016)

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

En cuanto respecta a las derivas entre pisos el sistema aporticado refleja aproximadamente un 92% menos que lo que presentaba originalmente en el modelo aporticado, contribuyendo esto a una mayor estabilidad y una mejora en la serviciabilidad de la estructura durante su funcionamiento.

Se comprobó que el edificio usando el método de muros EPS cumple satisfactoriamente con la normativa nacional en cuanto refiere a derivas, siendo todas menores que el 2% entre cada piso, valor que es muy elevado con respecto a la mayor deriva que es 0.14% y que garantiza un óptimo comportamiento sísmico de la estructura.

Se llegó a la conclusión de que el edificio de cuatro plantas a ser construido utilizando muros con sistema de poliestireno expandido es más rentable desde el punto de vista económico, por un ahorro de casi 35 % en la parte de presupuesto, siendo de gran importancia, ya que gracias a esto se pudo lograr uno de los principales objetivos que era la optimización en la parte estructural.

En cuanto respecta a fuerzas de reacción del suelo se observaron reducciones de hasta 60 % en las bases, esto debido a la distinta distribución de cargas característico del sistema estructural empleado. La reducción de cargas permitió realizar zapatas de menor ancho pero extensas longitudinalmente a lo largo de los muros, siendo estas la interacción entre el suelo y la estructura. Se comprobó que la sección asignada, tanto de hormigón como la de acero y su distribución, cumplan con lo establecido por la norma y habiendo tomado en cuenta los respectivos factores de seguridad.

Los esfuerzos axiales que se mostraron como resultado fueron los mayores en distintos puntos críticos de la estructura, y no sobrepasan ni el 50 % de la resistencia para la cual

se diseñó el mortero a utilizar en los paneles EPS, esto nos asegurará que la estructura y sus elementos estructurales no fallarán por compresión en ninguna zona de la edificación y estarán dentro de un rango de esfuerzos permitidos para su mejor mantenimiento en el tiempo.

Lo que refiere a esfuerzos cortantes, como se observó en la tabla de resultados no sobrepasan ni la tercera parte del esfuerzo a compresión, por lo tanto, con el 18 % que alcanza como máximo del esfuerzo a compresión se asegura de que cumplirá la resistencia mínima para esfuerzos de corte.

Los ensayos que se realizaron de pruebas a compresión a los modelos a escala demostraron a temprana edad, sin haber alcanzado la resistencia última del mortero, que serán capaces de soportar los esfuerzos de compresión generados por la estructura en las distintas combinaciones para las cuales fueron modeladas y diseñadas.

Considerando todas las variables pertinentes al diseño estructural, se concluye que el edificio cumple con normativas nacionales y código de diseño internacionales para su realización, asegurando así la serviciabilidad de la estructura por capacidad de carga en todo momento.

La construcción con muros EPS es considerada de gran aislamiento térmico y así como también de aislamiento acústico. En la zona donde se ubicará el proyecto, proporcionará de mayor conservación de temperaturas internas y que no eleven con su exterior. Funciona de una manera que permite a los habitantes de las viviendas en cuestión ahorrar gran cantidad de dinero hasta en la energía eléctrica a futuro, manteniendo temperaturas frescas y agradables en el interior.

Con respecto al medio ambiente, debido al sinnúmero de beneficios que muestra este sistema, ya que cuenta con elementos estructurales 100 % reciclables como lo son los paneles, elementos altamente versátiles y eco-amigables.

El tipo de material utilizado en este método constructivo, Aislaform presenta características en su composición, que le confieren propiedades de resistencia al paso del ruido, propiedades de aislamiento térmico y es considerado un material auto extinguido, lo que permite un eficiente comportamiento al entrar en contacto con el fuego, ya que impide que se propague y se extienda.

4.2 Recomendaciones

Hay que tener mucho cuidado al colocar los paneles, teniendo en cuenta los espacios que deben quedar libres para instalaciones eléctricas como las sanitarias, respetando los espacios asignados y las gradientes asignadas en los planos respectivos,

Respetar la distancia de la colocación de chicotes entre los muros de base y la cimentación de la estructura, distribuyéndolos cada 30 cm en zigzag, sobre ambas caras de los paneles, amarrándolos tanto a la cimentación como a los muros que irán colocados en la base de la estructura.

Se recomienda que se sigan a cabalidad la Guía de Buenas Prácticas Ambientales que se encuentra en Anexos, ya que esta asegura una mejor práctica de la gestión ambiental, reduciendo o eliminando la producción de residuos y contribuye con un aporte al reciclaje. Por otro lado, cumple con un enfoque de concientización y capacitación sobre la afectación al ambiente a través de las distintas acciones a realizar.

Debe tenerse especial cuidado al momento de realizar la fundición in situ, se recomienda la utilización de Enlurmax Estructural, siendo este mortero proyectado y ya probado con anterioridad en proyectos pasados. Aunque en caso de contar con mortero proyectado, utilizar arena huaico, cemento GU y agua con la dosificación expuesta en la parte del ensayo a compresión

Se deben realizar las fundiciones de ambas caras el mismo día, ya que sino esto influiría en deflexiones del muro fuera de lo ordinario y disminuiría su capacidad de resistencia a la compresión como al cortante. A fin de evitar este problema, se debe asegurar no dejar ningún muro recubierto a medias.

BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

- AISLAPOL. (2016). 3D Panel. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Obtenido de www.aislapol.com
- ANAPE. (2019). WWW.ANAPE.ES. Obtenido de <http://www.anape.es/index.php?accion=producto&subaccion=proceso-de-fabricacion>
- Antamba, T., & Cuaical, J. (2018). *Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación de 6 y 16 pisos implementando losas con paneles de tecnología M2 frente a losas con placa cooperante*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14260>
- Armada del Ecuador. (Junio de 2015). *Memoria Arquitectónica de la Implantación de Vivienda Fiscal en la Base Naval de Jaramijó*.
- Campaña Guarderas, J. (2015). *Análisis comparativo de los sistemas estructurales: Aporticado y muros portantes, edificio de 10 pisos en Quito*. Trabajo de graduación previo la obtención del título de ingeniería civil, Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5415>
- Chunga, K. (20 de marzo de 2014). *ResearchGate.net*. doi:10.13140/RG.2.2.29399.98728
- Comité ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para el Diseño Estructural*.
- Conforme, D., & Zambrano, D. (2019). *Modelamiento de la Estructura*. Guayaquil.
- Cordova, S., & Andrade, R. (Marzo de 2014). *SISTEMA HORMI2: UNA SOLUCIÓN INNOVADORA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN EL ECUADOR*. Obtenido de <http://repositorio.uees.edu.ec/123456789/846>
- Delgado, J., & Bermudez, L. (2018). Mejoras para el proceso de construcción de viviendas de interés social fabricadas bajo el sistema de paneles de poliestireno expandido empleando herramientas de manufactura esbelta. *Tekhné*, 20(3), 78 - 109.

- Gomez, R., & Cosinga, A. (2017). *Análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus ladrillo de arcilla*. Obtenido de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/3719>
- Google Earth. (2018). Ubicación Geográfica de los servidores de Google.
- Google Earth;. (2018). *Google Earth*.
- Instituto Geofísico. (10 de marzo de 2017). El Instituto Geofísico reporta un sismo de 3.1 grados en Jaramijo, Manabi. *El Comercio*.
- Lituma, M., & Zhunio, B. (Octubre de 2015). *INFLUENCIA DE LAS PERLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) EN EL PESO Y EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN*.
- Maps, G. (04 de Enero de 2019). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Subcomando+De+Guardacostas+Centro/@-0.9383921,-80.5840292,778m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902be8fc73f04e6d:0x77ee5a53c27edbea!8m2!3d-0.9372967!4d-80.5934504>
- Martinez, N., Ros , J., & Perez, J. (2012). *Construcción con paneles estructurales de poliestireno expandido*. Tesis, Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela de Arquitectura e ingeniería de Edificación, Cartagena.
- Mendez, K. (2014). *ANÁLISIS ENERGÉTICO EN EL CLIMA TROPICAL- HÚMEDO DE SANTO DOMINGO Y APLICADO A LA VIVIENDA SOCIAL (CASO SISTEMA EMMEDUE)*. Universidad Tecnica de Cataluña, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA, Barcelona.
- MIDUVI. (2014 - 2019). *Plan Indicativo de desarrollo Humano*. Quito: MIDUVI. Obtenido de https://optefau.files.wordpress.com/2018/09/pidu-manta_tarqui-jaramijo-montecristi.pdf
- Morales, L., Manosalvas, K., & Tarapues, J. (2018). Comparación de respuestas estructurales entre los sistemas de muros confinados(m2) y aporticado, implementando interacción suelo-estructura. *Congreso Internacional de Tecnologías para el Desarrollo*. Machala.
- Msc. Merchan, J. (26 de octubre de 2014). *MAE Manabi*. Obtenido de <https://maemanabi.files.wordpress.com/2017/06/estudio-autoservicio-henry.pdf>
- NEC. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción.

- Nilson, A., Winter, G., Urquhart, L., & Charles, O. (1999). *Diseño de estructuras de concreto* (12ava Edición ed.). Ciudad de México, México: Emma Ariza H. doi:0-07-046586-X
- Orduña, A., & Ayala, G. (2001). *Análisis no lineal de muros de mampostería confinada sujetos a cargas laterales*. D. F. México: U M.
- Rodriguez, T. (1 de abril de 2010). Fallas cruzan Manabi. *El Diario*. Recuperado el 5 de enero de 2019, de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/147951-fallas-cruzan-manabi/>
- Terán, P., & Maldonado, N. (2014). *ANALISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE PORTICOS Y SISTEMA DE PAREDES PORTANTES DE HORMIGON PARA UN EDIFICIO DE VIVIENDA DE 6 PISOS*. Tesis, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Facultad de ingeniería Civil y Ambiental, Quito. Obtenido de <https://docplayer.es/68752544-Escuela-politecnica-nacional.html>

ANEXOS

ANEXO A