



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**COSTOS DE CIMENTACIONES SISMO RESISTENTES PARA VIVIENDAS DE
INTERÉS SOCIAL SOBRE SUELOS ARCILLOSOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieras Civiles

AUTORAS: Giovanna Micaela Matavay Espinosa
Nahomy Kamely Angulo Quiñonez

TUTOR: Marlon Manolo Arévalo Navarrete

Quito - Ecuador
2024

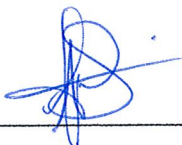
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Nahomy Kamely Angulo Quiñonez con documento de identificación N° 0850891128 y Giovanna Micaela Matavay Espinosa con documento de identificación N° 1753742012; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

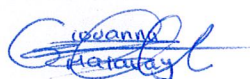
Quito, 28 de febrero del 2024

Atentamente,



Nahomy Kamely Angulo Quiñonez

0850891128



Giovanna Micaela Matavay Espinosa

1753742012

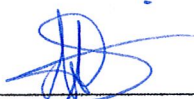
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Nahomy Kamely Angulo Quiñonez con documento de identificación N° 0850891128 y Giovanna Micaela Matavay Espinosa con documento de identificación N° 1753742012; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Proyecto Técnico: “Costos de cimentaciones sismo resistentes para viviendas de interés social sobre suelos arcillosos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

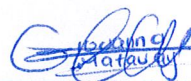
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de febrero del 2024

Atentamente,



Nahomy Kamely Angulo Quiñonez
0850891128



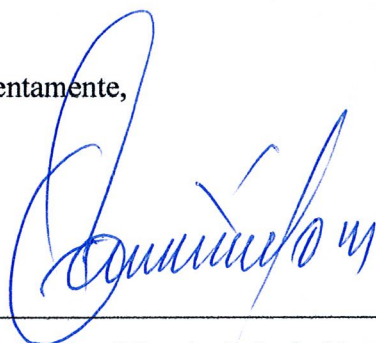
Giovanna Micaela Matavay Espinosa
1753742012

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlon Manolo Arévalo Navarrete con documento de identificación N° 1706746029, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: COSTOS DE CIMENTACIONES SISMO RESISTENTES PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL SOBRE SUELOS ARCILLOSOS, realizado por Nahomy Kamely Angulo Quiñonez con documento de identificación N° 0850891128 y por Giovanna Micaela Matavay Espinosa con documento de identificación N° 1753742012, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 28 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Marlon Manolo Arévalo Navarrete, MSc.

1706746029

DEDICATORIA

Este proyecto técnico va dedicado a mi familia, quienes han sido fuente principal en este reto que me impuse hace más de 4 años y en el proceso han sido ellos quienes me han ayudado a vencer miedos y a creer en las capacidades que tengo.

A mi madre quien ha vivido conmigo los días felices y me ha abrazado en los días tristes, acompañada siempre de Dios y de la virgen María.

A los niños del Proyecto Salesiano, que sueñan en un futuro digno y en sus ojos se refleja la ilusión del mañana, que abriga la esperanza y abraza el alma.

Y de manera muy especial a mi padre que, aunque no me acompañe físicamente ha estado siempre presente en mi corazón.

Nahomy Kamely Angulo Quiñonez

DEDICATORIA

Este proyecto técnico va dedicado a mis padres Giovanni Matavay e Isabel Espinosa que han sido mi principal fuente de apoyo y que a pesar de mis fracasos a lo largo de la carrera no dejaron de alentarme a seguir y en mis triunfos se emocionaron más que yo, además de ser el motor de mi vida y la inspiración para superarme día a día.

A mi hermana Marjorie Bustos que me motivó a cursar una ingeniería y me ha brindado sus conocimientos, apoyo y ayuda siempre que lo he necesitado, con su preparación y forma de ser ha creado el mejor ejemplo a seguir.

A mi novio David Loor, por ser paciente, creer en mí y estar en los momentos más difíciles de mi carrera, ayudándome académica y emocionalmente, trasnochándose conmigo ayudándome a cumplir mis objetivos y celebrando los frutos de los triunfos conseguidos.

Giovanna Micaela Matavay Espinosa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Congregación Salesiana que desde los 8 años han creído en mí y me han apoyado en todo este proceso de aprendizaje, inculcándome siempre el camino correcto tomando la mano de Dios y de Don Bosco.

A la Universidad Politécnica Salesiana en conjunto con la Residencia Universitaria “DON BOSCO” quienes me abrieron las puertas del saber, para aprender y conocer que en las batallas no gana el que llega primero sino el que persevera y a pesar de las dificultades se mantiene firme en la lucha.

A mi madre que desde pequeña me enseñó el valor de la humildad y la sencillez, los cuales me han llevado a donde estoy, demostrando siempre que un buen corazón brillará sin importar la oscuridad.

Nahomy Kamely Angulo Quiñonez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que de una manera u otra han estado presentes en este proceso brindándome su apoyo para continuar, incentivándome a ser mejor y a continuar a pesar de que el camino sea fácil.

A la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes que me brindaron sus conocimientos y más allá de ello valores personales que los aplicaré a lo largo de mi vida, fueron quienes han forjado mi carácter y cada uno me ha enseñado algo diferente dejando así una huella en mí.

A mis padres por confiar en mí y hacer su mayor esfuerzo día a día para que pudiera culminar la carrera, enseñándome a no rendirme y que mientras ellos estén no me faltará nada.

A mis amigos que permanecieron hasta el final de este trayecto y me brindaron su ayuda tanto a nivel académico como personal, los cuales me ayudaron a sobrellevar los momentos difíciles con palabras de aliento y momentos de risa, siendo imprescindibles para que este triunfo se pudiera llevar a cabo, sin ellos el proceso universitario no hubiera sido igual.

Giovanna Micaela Matavay Espinosa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Problema.....	3
1.4. Delimitación	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Cimentación.....	5
2.2. Cimentaciones Superficiales	6
2.3. Cimentaciones profundas	7
2.4. Tipos de cimentaciones	7
2.4.1. Zapatas aisladas.....	7
2.4.2. Zapatas corridas.....	8
2.4.2.1. Zapatas corridas rígidas.....	9
2.4.2.2. Zapatas corridas flexibles.....	9

2.4.3.	Losa de cimentación	10
2.5.	Profundidad de desplante	11
2.6.	Capacidad admisible del suelo	12
2.7.	Método rígido	12
2.8.	Método flexible	12
CAPÍTULO III.....		14
METODOLOGÍA DE CÁLCULO		14
3.1.	Tipo de investigación	14
3.1.2.	Investigación experimental.....	14
3.2.	Técnica de recopilación de datos.....	14
3.3.	Proceso técnico de Ingeniería Civil.....	15
3.3.1.	Recolección de información.....	15
3.3.2.	Método rígido.....	16
1.1.1.	Diseño de cimentación	16
3.3.3.	Método elástico	17
CAPÍTULO IV		18
ANÁLISIS ESTRUCTURAL		18
4.1.	Modelación estructural con el programa ETABS	18
4.1.1.	Especificaciones del proyecto	18
4.1.2.	Configuración estructural.....	18

4.1.3.	Propiedades de los materiales.....	19
4.1.3.1.	Hormigón armado.....	19
4.1.3.2.	Acero de refuerzo	21
4.1.4.	Combinaciones de carga.....	22
4.1.4.1.	Combinaciones para diseño por última resistencia	22
4.1.5.	Cargas aplicadas a la estructura.....	23
4.1.5.1.	Carga viva.....	23
4.1.5.2.	Carga muerta	24
4.1.6.	Aspectos para el diseño estructural	24
4.1.6.1.	Factor de zona Z.....	24
4.1.6.2.	Factores de sitio.....	24
4.1.6.3.	Espectro de respuesta	25
4.1.6.4.	Periodo de vibración.....	26
4.1.6.5.	Aceleración espectral	27
4.1.6.6.	Período límite de vibración	27
4.1.6.7.	Categoría de la estructura y nivel de importancia	28
4.1.6.8.	Factor de reducción de resistencia.....	28
4.1.6.9.	Derivas de piso	28
4.1.6.10.	Configuración estructural.....	29
4.1.6.11.	Cortante basal de diseño.....	29

4.1.6.12.	Espectro de respuesta	30
4.2.	Generación de modelos de análisis	31
4.3.	Colocación de cargas en el programa de cálculo	32
4.4.	Peso de la estructura	33
4.5.	Sismo estático.....	34
4.5.1.	Cargas sísmicas	34
4.5.2.	Derivas de piso	35
4.6.	Sismo dinámico	37
4.6.1.	Cargas sísmicas	37
4.6.2.	Derivas de piso	39
4.7.	Modo de vibración y participación modal.....	41
CAPÍTULO V		43
CIMENTACIONES		43
5.1.	Materiales empleados	43
5.1.1.	Hormigón armado.....	43
5.1.2.	Acero para varillas.....	44
5.2.	Combinaciones de carga.....	44
5.3.	Análisis de cimentaciones	47
5.3.1.	Losa de cimentación.....	47
5.3.1.1.	Armadura.....	49

5.3.1.2.	Esfuerzos transmitidos al suelo	51
5.3.1.3.	Verificación de punzonamiento	54
5.3.2.	Vigas de cimentación.....	55
5.3.2.1.	Armadura.....	57
5.3.3.	Losa con vigas embebidas de cimentación.....	57
5.3.3.1.	Armadura.....	60
5.3.3.2.	Esfuerzos transmitidos al suelo	62
CAPÍTULO VI.....		66
ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....		66
6.1.	Cuantía y costos.....	66
6.1.1.	Losa de cimentación.....	66
6.1.2.	Vigas de cimentación.....	70
6.1.3.	Losa con vigas embebidas de cimentación.....	75
6.2.	Comparación de resultados	78
6.3.	Cronograma de actividades	82
6.3.1.	Losa de cimentación.....	82
6.3.2.	Viga de cimentación.....	82
6.3.3.	Losa con vigas de cimentación.....	83
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES.....		86

GLOSARIO	87
REFERENCIAS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencia entre cimentaciones superficiales y profundas.....	6
Tabla 2. Elementos estructurales de una vivienda.....	19
Tabla 3. Propiedades mecánicas del hormigón.....	19
Tabla 4. Propiedades mecánicas del acero.....	21
Tabla 5. Período de vibración.....	26
Tabla 6. Aceleración espectral.....	27
Tabla 7. Período límite de vibración.....	27
Tabla 8. Cortante basal de diseño.....	30
Tabla 9. Derivas de piso en el sentido X del sismo estático.....	35
Tabla 10. Derivas de piso en el sentido Y del sismo estático.....	36
Tabla 11. Derivas de piso en el sentido X del sismo dinámico.....	39
Tabla 12. Derivas de piso en el sentido Y del sismo dinámico.....	40
Tabla 13. Costos del rubro replanteo y nivelación.....	66
Tabla 14. Costos del rubro limpieza y desbroce.....	67
Tabla 15. Costo del rubro hormigón en replantillo.....	67
Tabla 16. Costo del rubro hormigón en cimentación.....	68
Tabla 17. Costo del rubro acero de refuerzo.....	68
Tabla 18. Costo del rubro encofrado.....	69
Tabla 19. Costo del rubro alisado y masillado de pisos.....	69

Tabla 20. Costos del rubro replanteo y nivelación.....	70
Tabla 21. Costos del rubro limpieza y desbroce	70
Tabla 22. Costo del rubro hormigón en replantillo.....	71
Tabla 23. Costo del rubro hormigón en cimentación.....	71
Tabla 24. Costo del rubro acero de refuerzo.....	72
Tabla 25. Costo del rubro encofrado.....	72
Tabla 26. Costo del rubro alisado y masillado de pisos.....	73
Tabla 27. Costo del rubro relleno compactado con suelo natural.....	73
Tabla 28. Costo del rubro contrapiso H.S F'C=180kg/cm ² E=6cm.....	74
Tabla 29. Costos del rubro replanteo y nivelación.....	75
Tabla 30. Costos del rubro limpieza y desbroce	75
Tabla 31. Costo del rubro hormigón en replantillo.....	76
Tabla 32. Costo del rubro hormigón en cimentación.....	76
Tabla 33. Costo del rubro acero de refuerzo.....	77
Tabla 34. Costo del rubro encofrado.....	77
Tabla 35. Costo del rubro alisado y masillado de pisos.....	78
Tabla 36. Comparación de volúmenes para 216 m ² de construcción.....	79
Tabla 37. Comparación de presupuestos para un bloque de 6 viviendas.....	80
Tabla 38. Comparación de presupuestos para un bloque de 6 viviendas.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zapatas aisladas.....	8
Figura 2. Zapatas corridas.....	9
Figura 3. Losa de cimentación.....	10
Figura 4. Tipos comunes de losas de cimentación.....	11
Figura 5. Propiedades mecánicas del hormigón	20
Figura 6. Propiedades mecánicas del acero	22
Figura 7. Combinaciones básicas de carga	23
Figura 8. Espectro de respuesta	30
Figura 9. Vista 3D del modelo estructural para una vivienda	31
Figura 10. Vista 3D del modelo estructural para un bloque de 6 viviendas	31
Figura 12. Carga viva en el bloque de 6 viviendas.....	32
Figura 11. Carga muerta adicional en el bloque de 6 casas	33
Figura 12. Peso de los elementos estructurales en 6 viviendas	33
Figura 13. Sismo estático en X.....	34
Figura 14. Sismo estático en Y	34
Figura 15. Derivas elásticas sismo estático	36
Figura 16. Derivas elásticas sismo estático	37
Figura 17. Sismo dinámico en X	38
Figura 18. Sismo dinámico en Y	38

Figura 19. Sismo dinámico en X	40
Figura 20. Sismo dinámico en Y	41
Figura 21. Participación modal de los factores en el bloque de 6 viviendas	42
Figura 22. Propiedades del hormigón	43
Figura 23. Propiedades del acero	44
Figura 24. Combinaciones de carga aplicadas en la estructura	44
Figura 25. Combinación de carga SERVICIO	45
Figura 26. Combinación de carga 1	45
Figura 27. Combinación de carga 3	46
Figura 28. Combinación de carga 5	46
Figura 29. Combinación de carga 6-2	47
Figura 30. Vista en planta	47
Figura 31. Vista en 3D	48
Figura 32. Peralte de la losa	48
Figura 33. Propiedades del suelo	49
Figura 34. Armadura de acero en el sentido X	50
Figura 35. Armadura de acero en el sentido Y	50
Figura 36. Esfuerzos transmitidos por la combinación SERVICIO	51
Figura 37. Esfuerzos transmitidos por la combinación 1	52
Figura 38. Esfuerzos transmitidos por la combinación 3	52

Figura 39. Esfuerzos transmitidos por la combinación 5.....	53
Figura 40. Esfuerzos transmitidos por la combinación 6-2	54
Figura 41. Cortante bidireccional	54
Figura 42. Vista en planta	55
Figura 43. Vista en 3D.....	55
Figura 44. Dimensiones de la viga.....	56
Figura 45. Propiedades del suelo	56
Figura 46. Armadura de acero	57
Figura 47. Peralte de la losa con vigas embebidas	58
Figura 48. Propiedades del suelo	58
Figura 49. Dimensiones de la viga.....	59
Figura 50. Vista en planta	59
Figura 51. Armadura de acero en el sentido X	60
Figura 52. Armadura de acero en el sentido Y	61
Figura 53. Esfuerzos transmitidos por la combinación SERVICIO	62
Figura 54. Esfuerzos transmitidos por la combinación 1.....	62
Figura 55. Esfuerzos transmitidos por la combinación 3.....	63
Figura 56. Esfuerzos transmitidos por la combinación 5.....	64
Figura 57. Esfuerzos transmitidos por la combinación 6-2	64
Figura 58. Cronograma de actividades para una losa de cimentación.....	82

Figura 59. Cronograma de actividades para una viga de cimentación 82

Figura 60. Cronograma de actividades para una losa con vigas de cimentación..... 83

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene por objeto estimar los costos asociados a cimentaciones sísmo resistentes para viviendas de interés social, obtenidos mediante el análisis de los elementos estructurales transmisores de carga y de las características geotécnicas del sitio de implantación, para lo cual se realizará un análisis de los precios generados tanto por una losa de cimentación, vigas de cimentación y losa con vigas de cimentación, para lo cual es fundamental realizar el análisis de los precios unitarios de cada uno de los rubros que conforman el proceso de construcción para luego escoger la cimentación más económica y funcional.

Al trabajar en un tipo de suelo blando, es decir, un suelo con esfuerzos admisibles bajos es fundamental el análisis de la carga transmitida de la cimentación al suelo ya que esta definirá los asentamientos y las posibles fallas de la estructura. El esfuerzo admisible del suelo es de 1,5 kg/cm², debido a esto es importante obtener diseños óptimos de los elementos estructurales antes mencionados, siendo muy apropiado seleccionar el modelo que genere una distribución de cargas uniforme en la estructura, para de esta manera disminuir el grado de deformación que se puede originar en el suelo aludiendo así al control de los asentamientos debido a hundimientos excesivos; se evalúa el desempeño, por determinados métodos, que determinarán las deformaciones que sufre el estrato con las cargas aplicadas.

El análisis se realizó en el programa de cálculo ETABS, el cual nos proporcionó las alternativas de carga generadas por la estructura y el programa SAFE, en el cual se diseñó la losa de cimentación. Con estos resultados, a través de hojas electrónicas, se determinaron los costos que dicha estructura generaría, teniendo a su vez una propuesta económica conveniente.

Palabras clave: Costos, precios unitarios, cimentación, esfuerzo admisible, cargas.

ABSTRACT

The purpose of this titling project is to estimate the costs associated with earthquake-resistant foundations for social housing, obtained through the analysis of the load-transmitting structural elements and the geotechnical characteristics of the implantation site, for which an analysis of the prices generated by both a foundation slab and a foundation slab will be carried out. foundation beams and slab with foundation beams, for which it is essential to carry out the analysis of the unit prices of each of the items that make up the construction process to then choose the most economical and functional foundation.

When working in a type of soft soil, i.e. a soil with low allowable stresses, it is essential to analyze the load transmitted from the foundation to the soil, as this will define the settlements and possible failures of the structure. The admissible stress of the soil is 1.5 kg/cm^2 , because of this it is important to obtain optimal designs of the aforementioned structural elements, being very appropriate to select the model that generates a uniform distribution of loads in the structure, in order to reduce the degree of deformation that can originate in the soil, thus alluding to the control of settlements due to excessive subsidence; The performance is evaluated by certain methods, which will determine the deformations suffered by the stratum with the applied loads.

The analysis was carried out in the ETABS calculation program, which provided us with the load alternatives generated by the structure, and the SAFE program, in which the foundation slab was designed. With these results, through electronic sheets, the costs that such a structure would generate were determined, having in turn a convenient economic proposal.

Keywords: Costs, unit prices, foundations, allowable stress, loads.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

Ecuador cuenta con una importante actividad sísmica y también volcánica por ser uno de los países que componen el “Cinturón de Fuego del Pacífico”; el cinturón de fuego agrupa sus placas tectónicas bajo el Océano Pacífico, al concentrarse en una zona de subducción alberga altas tensiones liberadas en forma de sismos razón por la cual, gran parte de estos movimientos telúricos se originan bajo el mar, dicho esto, las costas ecuatorianas conforman la lista de los sitios más afectados por estos eventos los cuales dejan a su paso fatales consecuencias que han quedado registradas a lo largo de los años, algunas de las cuales se han convertido en irreparables.

En este contexto, la configuración de las estructuras existentes y futuras de la región juega un papel importante, pues será la que genere estrategias que hagan frente a esta problemática o por el contrario que la prolongue. De hecho, la relación que se establece entre la seguridad de los habitantes y la generación de estructuras sismorresistentes es un tema de relieve que no se limita solo a un gobierno sino al interés del público en general.

Por lo antes dicho, se propone un proyecto de cimentaciones para viviendas, desarrollado en un suelo blando, esto debido a sus componentes arcillosos. El suelo posee una capacidad portante de 1,5 kg/cm², en el cual la elección de una adecuada cimentación garantizará el desarrollo de alternativas útiles, seguras y sobre todo asequibles contribuyendo así a la calidad de vida, esto se verá reflejado en la durabilidad o el colapso de la estructura. Se procura contar con opciones puntuales de cimentación, entre ellas: losas de cimentación, que son un mecanismo integral que garantiza la estabilidad y durabilidad de la estructura, puesto que se adapta de forma

tangible a los suelos de baja resistencia a la compresión, además de vigas de cimentación y losa con vigas de cimentación; las cimentaciones escogidas se evaluarán por el método rígido obtenido por hojas de cálculo y el método flexible determinado con el programa SAFE previamente exportando el diseño obtenido del programa ETABS para el posterior análisis y diseño de la cimentación.

En este sentido, se obtendrán los costos de la implementación de esta estructura como alternativa de solución a una problemática latente en el sector, mediante el análisis de precios unitarios, descartando de esta manera los modelos que no se adapten a las necesidades especificadas.

1.2. Antecedentes

Según los estudios publicados por el MIDUVI en la Agenda de Reducción de Riesgos del cantón Esmeraldas(Cortez, n.d.), a lo largo de los años se ha evidenciado un número elevado de fallas producidas por fenómenos sísmicos en estructuras, entre los factores que podemos inferir como causales de esta situación encontramos los siguientes: tipos de suelos y construcciones informales.

En lo que respecta a tipos de suelo, encontramos que el correspondiente a la provincia de Esmeraldas, específicamente en el centro de la ciudad de Esmeraldas, es una mezcla de limos y arcillas de alta compresibilidad, según los resultados que arrojaron los sondeos o perforaciones previas de penetración estándar SPT de acuerdo con la norma ASTM D-1586, determinando también su esfuerzo admisible de 1,5 kg/cm², definiendo así su perfil sísmico como tipo D (Sánchez Duchicela, 2017); al situarnos en una zona de superficie arcillosa y alto índice de

humedad, los suelos tienden a expandirse, volviéndose inestables y propensos a grandes fallas en situaciones sísmicas, obligando así al uso de losas de cimentación para las construcciones.

Otro de los factores en la problemática ya descrita es la informalidad en las construcciones de las viviendas, en donde la falta de análisis de suelo y la elección del modelo incorrecto de cimentación funcional en este tipo de sectores incide en el número de derrocamientos estructurales.

1.3. Problema

Los estudios sísmicos elaborados por el “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Esmeraldas 2015-2025”(GAD Esmeraldas, 2015) señalan que en el cantón Atacames se observan varios tipos de suelos arcillosos que en situaciones sísmicas pueden incidir en la resistencia estructural de las viviendas del sitio. Por lo que, en el presente trabajo se analizarán los procesos para un adecuado diseño de las estructuras encargadas de transmitir hacia el suelo las cargas que soportan, es decir, las cimentaciones; además de hacer especial énfasis en que el sitio de desarrollo del proyecto es una zona donde la mayor parte de su población es de bajos recursos económicos razón por la cual el análisis de precios unitarios es un factor muy importante para definir los costos que se destinarán a cada cimentación, tomando en que las alternativas al momento de diseñar y construir deben garantizar la obtención de inmuebles asequibles pero de alta resistencia sísmica.

1.4. Delimitación

Las cimentaciones están destinadas a viviendas de interés social ubicadas en la provincia de Esmeraldas al norte de la región litoral del Ecuador, a 351 km del Quito, la capital del país.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar los costos de cimentaciones sismo resistentes, con base en un diseño establecido generado con la ayuda de simulaciones, dirigido al tipo del suelo de la ciudad de Esmeraldas.

1.5.2. Objetivos Específicos

Revisar los planos arquitectónicos de la vivienda de interés social para conocer con detalle la distribución de sus áreas y elementos con la finalidad de estimar las cargas que la cimentación debería resistir.

Diseñar cimentaciones mediante el uso de un software especializado para conocer las propiedades y características y de esta manera escoger el diseño que cumpla con los requerimientos.

Determinar las dimensiones adecuadas de las cimentaciones mediante cálculos y análisis de las estructuras para garantizar la economía en el diseño escogido.

Establecer los costos generados por cada cimentación para realizar un análisis comparativo de los presupuestos y posteriormente seleccionar el prototipo que se adapte a las características planteadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Cimentación

Elemento estructural que tiene como principal función transmitir las cargas de las edificaciones al suelo, además de otorgar integridad a la estructura que soporta. Se debe verificar que los esfuerzos que produce la cimentación no sobrepasen a los esfuerzos que permite el suelo.

Según Yepes:

Las cimentaciones se diseñan para no alcanzar los estados límites últimos o de servicio. Los primeros llevan a la situación de ruina (estabilidad global, hundimiento, deslizamiento, vuelco o rotura del elemento estructural), mientras que los segundos limitan su capacidad funcional, estética, etc. (Yepes Piqueras, 2020)

Las cimentaciones se clasifican bajo un criterio establecido en la normativa NEC 15 geotecnia y cimentaciones(MIDUVI, 2014b):

$$\frac{D_f}{B} \leq 4 = \text{cimentación superficial}$$

$$\frac{D_f}{B} > 4 = \text{cimentación profunda}$$

Siendo:

Df: profundidad de desplante;

B: ancho de la cimentación. (p. 43)

Tabla 1.

Diferencia entre cimentaciones superficiales y profundas

Características	Cimentaciones superficiales	Cimentaciones profundas
Definición	Los cimientos que se colocan cerca de la superficie de la tierra o transfieren las cargas a poca profundidad se llaman cimentaciones superficiales	Los cimientos que se colocan a mayor profundidad o transfieren las cargas a estratos profundos se denominan cimentaciones profundas
Profundidad de los cimientos	Entre 1,5 a 3,0m en promedio	Es mayor que la base superficial
Costos	Es más económica	Es más costosa
Factibilidad	Son más fáciles de construir	Su dificultad es mayor
Ventajas	Los materiales de construcción están disponibles, se necesita menos mano de obra, el procedimiento de construcción es simple a un costo accesible, etc.	La cimentación se puede proporcionar a mayor profundidad, proporciona soporte lateral y resiste la elevación, eficaz cuando la cimentación a poca profundidad no es posible, puede transportar una carga enorme, etc.
Desventajas	Posibilidad de un asentamiento, generalmente aplicable para estructura ligera, débil contra cargas lateral, etc.	Más costoso, necesita trabajos calificados, procedimientos de construcción complejos, puede llevar mucho tiempo y algunos tipos de cimientos profundos no son muy flexibles, etc.
Tipos	Zapatas, losas de cimentación, losas con vigas, zapatas combinadas, vigas de cimentación, etc.	Pilotes, pilares, losas flotantes, caissons.

Nota. Esta tabla muestra las características específicas para diferenciar cimentaciones. Fuente: (Alva, 2023)

2.2. Cimentaciones Superficiales

El tipo de cimentación a usar se escogerá de acuerdo con las necesidades y tipo de suelo en el que se va a trabajar. Las cimentaciones superficiales son elementos estructurales usados en

edificaciones previstas para ser construidas a poca profundidad, dicho en otras palabras, cuando la profundidad respecto al ancho de la cimentación es pequeña. Según Braja Das (1983), para comportarse satisfactoriamente, las cimentaciones superficiales deben tener las dos características principales:

- a) La cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que la soporta.
- b) La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir, un asentamiento excesivo. (p.133)

2.3. Cimentaciones profundas

Cimentaciones encargadas de transmitir las cargas a estratos de suelo más profundos, según (Das, 2011) “las cimentaciones profundas, se utilizan cuando las capas superiores de los suelos tienen poca capacidad de soporte de carga y cuando el uso de cimentaciones superficiales ocasionará un daño estructural considerable o problemas de inestabilidad” (p.1-2).

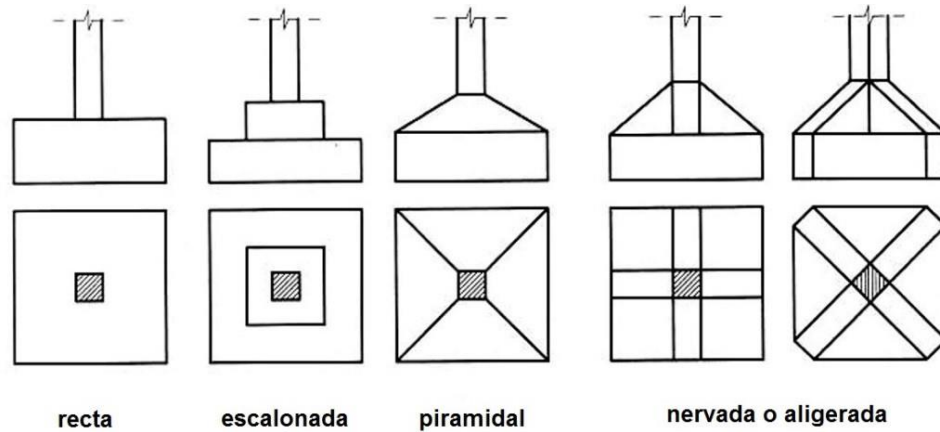
2.4. Tipos de cimentaciones

2.4.1. Zapatas aisladas

Estructuras de concreto armado, usadas para transmitir cargas puntuales al suelo, su uso depende completamente de un estudio previo en el que se verifique que la estructura no presentará asentamientos variables, pues “las zapatas aisladas no son adecuadas para soportar cargas generalizadas” (*Zapatas Aisladas*, n.d.).

Figura 1.

Zapatas aisladas



Nota. La figura muestra un ejemplo del armado de una zapata aislada en diferentes posiciones.

Fuente:(Yepes Piqueras, 2020).

Según (Villalaz, 2004) :

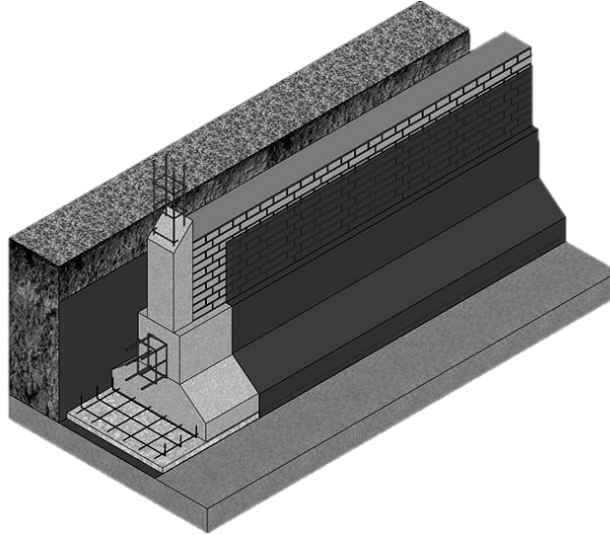
Usar zapatas aisladas en suelos de baja comprensibilidad (C_c menor a 0.20) y donde los asentamientos diferenciales entre columnas puedan ser controlados, empleando el método de asentamientos iguales; incluyendo juntas en la estructural, o cuando se tenga una estructura con cierta flexibilidad en su comportamiento. (p.270)

2.4.2. Zapatas corridas

Las dimensiones de este elemento estructural por lo general son el doble del ancho de un muro de carga portante o puede ser mayor, todo dependerá del tipo de suelo en el que se ubique. Son usadas principalmente cuando se trata de fundir estructuras de contención (*Tipos de Cimentación y Descripciones - Eadic, n.d.*). Este tipo de cimentación no es recomendable utilizar cuando el suelo en el que se va a construir es muy blando.

Figura 2.

Zapatas corridas



Nota. La figura muestra un ejemplo del armado de una zapata corrida. Fuente: XCONS (2023).

2.4.2.1. Zapatas corridas rígidas

Comúnmente se las usa para cimientos de muros, la rigidez característica de la estructura inhibe la deformación que pueda llegar a sufrir, lo cual facilitan los cálculos que hacen referencia a los asentamientos. Según Crespo (2004): “Cuando se encuentren suelos con comprensibilidad media (C_c entre 0.2 y 0.4, para mantener los asentamientos dentro de ciertos límites, conviene emplear zapatas continuas rigidizadas con vigas de cimentación.” (p.270)

2.4.2.2. Zapatas corridas flexibles

A diferencia de las zapatas corridas rígidas, estas estructuras soportan edificaciones sostenidas por pilares en terrenos de baja capacidad, donde además no es posible implementar zapatas aisladas. Estas cimentaciones se encuentran sometidas a esfuerzos de tracción y compresión.

2.4.3. Losa de cimentación

Estructuras usadas principalmente en suelos de baja capacidad de soporte pero que deben resistir cargas significativas, dichas estructuras disminuyen los asentamientos variables en suelos no homogéneos.

Figura 3.

Losa de cimentación



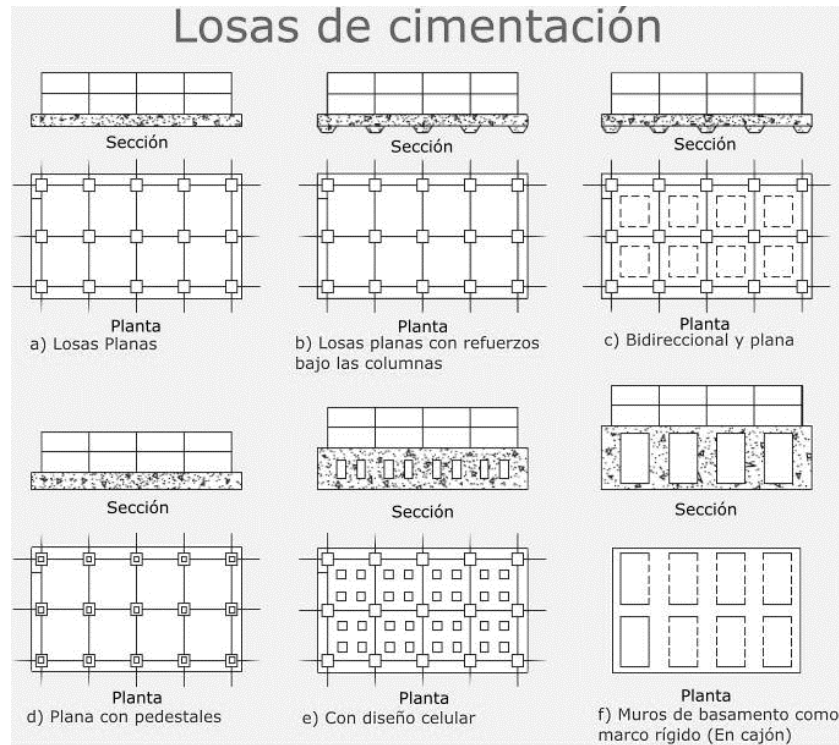
Nota. La figura muestra un ejemplo de losa de cimentación tridimensional. Fuente: Jiménez (2020)

En la actualidad se utilizan varios tipos de losas de cimentación, sin embargo, es apropiado contar con una categorización la cual fue propuesta por Braja Das (2011):

- a) De placa plana. La losa es de espesor uniforme;
- b) De placa plana con mayor espesor bajo las columnas;
- c) De vigas y losa. Las vigas corren en ambas direcciones y las columnas se ubican en la intersección de las vigas;
- d) De placas planas con pedestales;
- e) Losa con muros de sótano como parte de la placa. Las paredes actúan como refuerzo de la losa. (p.294)

Figura 4.

Tipos comunes de losas de cimentación



Nota. Se presentan los tipos de losas de cimentación más comunes usados en la actualidad.

Fuente: Braja Das (2012).

2.5. Profundidad de desplante

El estrato en que se ubicará la cimentación es importante por lo cual este deberá ser estable para que no se presenten fallas o problemas de asentamientos, a esto se conoce como la profundidad de desplante. La profundidad de desplante es el valor que resulta de la diferencia entre los niveles en los que se ubican la base de la cimentación y el piso terminado.

2.6. Capacidad admisible del suelo

Es la carga que el suelo permite antes de fallar, manteniendo la estructura en perfecto estado, pero, no depende únicamente del suelo sino también de la cimentación. Según Crespo (2004), son tres tipos clásicos de falla bajo las cimentaciones:

- a) Falla por corte general. Se presenta en arenas densas, arcillas rígidas;
- b) Falla por punzonamiento;
- c) Falla por corte local. Se presenta en arenas medias y flojas en arcillas suaves. (p.290)

2.7. Método rígido

Es un método de cálculo empleado en la solución de cimentaciones infinitamente rígidas, siendo mucho más viable y generando respuestas muy cercanas a la realidad, cuando la variación de los valores de las cargas aplicadas a la cimentación difiere significativamente. Según Braja Das (2015) “La presión en el suelo está distribuida en una línea recta y el centroide de la presión en el suelo coincide con la línea de acción de las cargas resultantes de las columnas” (p.308).

2.8. Método flexible

Es un método de cálculo que supone al suelo como un conjunto de resortes elásticos infinitos, según Braja Das (2015) “A esta suposición en ocasiones se le refiere como cimentación Winkler. A la constante elástica de estos resortes supuestos se le refiere como coeficiente de reacción de la subrasante, k .” (p.308). Además, debido a esto se mantiene la hipótesis que las presiones de suelo serían proporcionales a las deformaciones.

2.9. Análisis de Precios Unitarios

Es una herramienta útil para determinar el presupuesto que comprende la construcción de cualquier tipo de estructura, mediante el desglose y evaluación de los costos de cada rubro, los cuales son necesarios para la finalización de dicha construcción de forma correcta, evitando tener contratiempos que retrasen la entrega del proyecto, además de tomar decisiones acertadas sobre la asignación de recursos. Los costos que se analizan son de dos tipos, los costos directos que incluyen: equipos, mano de obra, materiales y transporte en el caso de ser necesario y los costos indirectos que incluyen los gastos externos e internos de la obra, gastos administrativos, utilidades, etc.

2.10. Presupuesto

Estimación del dinero que se invertirá en la generación de un determinado proyecto, el cual abarca los costos directos e indirectos, según Burbano (2011):

Presupuesto es una expresión cuantitativa formal de los objetivos que se propone alcanzar la empresa en un período, en desarrollo de las estrategias adaptadas, que permite organizar los recursos y procesos necesarios para lograrlos y evaluar su ejecución. (p.10)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

3.1. Tipo de investigación

3.1.2. Investigación experimental

En este tipo de investigación, el objetivo de estudio, así como el tratamiento de datos obedece netamente a las decisiones que tome el encargado de materializar el proyecto, debido a que será quien manipule las variables de estudio, controlando su aumento o disminución para de esta manera observar los efectos que produce su comportamiento.

En este contexto, existen dos métodos de análisis, método rígido y método flexible, a los que se someterá la estructura, mismos que ocasionaran diferentes efectos, debido a los aspectos que cada uno considera, cabe recalcar la importancia de notar las reacciones que estos procedimientos ocasionan en el comportamiento de dicha estructura, ya que su análisis será una base fundamental para posteriormente tomar decisiones respecto a la adecuada conducta estructural.

3.2. Técnica de recopilación de datos

La recopilación de información se llevará a cabo mediante el uso conjunto de planos arquitectónicos, hojas de cálculo en las que previamente se deducirán las cargas aplicadas en la estructura para la introducción de datos en un software especializado en el procesamiento de elementos finitos, el mismo nos proporcionará los resultados numéricos obtenidos del tratamiento de los modelos introducidos los cuales nos facilitarán la modelación técnica de la cimentación propuesta en la vivienda de una planta.

Asimismo, las diferentes fuentes de bibliográficas serán un método de recopilación que nos permitirán indagar en los distintos procedimientos de diseño estructural dirigidos de forma directa a los tipos de cimentación, entre estas las de gran interés para llevar a cabo la estimación de los costos que genera la cimentación, es la revista de la Cámara de la Industria de la Construcción.

3.3. Proceso técnico de Ingeniería Civil

Se fundamenta en realizar el análisis de precios unitarios empleados en el desarrollo de una cimentación sismo resistente dirigida a una vivienda de interés social, analizando previamente el comportamiento del suelo, que posee un coeficiente de resistencia relativamente bajo, y de la estructura que ejerce una carga sobre él, que será sometida a procesos rígidos y elásticos; a través de la interacción de estos.

3.3.1. Recolección de información

La información obtenida provendrá de estudios de suelos antes realizados, de los cuales se extraerá el coeficiente de balasto y la capacidad portante del suelo, además de lo cual, se recopilará la información acerca de la resistencia a la compresión del hormigón y el esfuerzo de fluencia en el acero, así como también parámetros como la carga viva por aplicar que dependerá del uso específico de la estructura y la carga muerta derivadas del peso propio de los elementos y se ajustarán según las especificaciones de la normativa para cargas NEC-SE-CG (no sísmicas) (MIDUVI, 2014a). Estos datos serán fundamentales para determinar ciertas características esenciales en el diseño de la cimentación.

El programa ETABS se encargará de proporcionar las sollicitaciones en base al efecto sísmico que se produce en el suelo acorde a la ubicación donde se propone implantar la estructura

seguidamente se exportarán los datos al programa SAFE, donde se modelará la cimentación y se procederá con el análisis.

La estimación de los costos se realizará en base al análisis de volúmenes y peso de los elementos, obteniendo los datos de interés de la revista de la Cámara de la Construcción Ecuatoriana.

3.3.2. Método rígido

En este enfoque convencional, la losa de cimentación opera con mayor precisión, ya que se comporta como una entidad única en términos de deformación, acercándose más a la realidad cuando los valores de las cargas aplicadas permanecen constantes. Según Braja Das (1983):

La losa se supone que es infinitamente rígida. Además, la presión en el suelo está distribuida en una línea recta y el centroide de la presión en el suelo coincide con la línea de acción de las cargas resultantes de las columnas. (p.32)

Dicho esto, se establece un prediseño de la cimentación, asegurándonos que cumpla con las especificaciones establecidas en la normativa vigente.

1.1.1. Diseño de cimentación

El diseño la de cimentación implica realizar una serie de pasos previos a la obtención del modelo definitivo. Es importante establecer un prediseño con el cual podamos iniciar los cálculos, el proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a) Identificar el valor del área estructural y la altura de entrepiso. Definir la carga total producida por las columnas, vigas, cubiertas y elementos adicionales, en el caso de existir.

- b) Conocer la presión que la estructura ejerce sobre el suelo comprobando que esta no exceda la presión admisible.
- c) Dividir la cimentación en franjas para determinar los diagramas de momento y cortante y conocer tanto el momento máximo como el cortante máximo, valores con los que se diseñará el elemento estructural; mediante el uso de fórmulas que proporciona el ACI 318-14 se define el peralte efectivo de la losa.
- d) Finalmente se calcula el acero para refuerzo positivo y negativo en las direcciones x y y; también se evalúan aspectos para que la cimentación cumpla con las especificaciones establecidas en la norma.

3.3.3. Método elástico

Braja Das (1983) afirmó lo siguiente:

En el método de diseño flexible aproximado, el suelo se supone que es equivalente a un número infinito de resortes elásticos. A esta suposición en ocasiones se le refiere como cimentación Winkler. A la constante elástica de estos resortes supuestos se le refiere como coeficiente de reacción de la subrasante, k . (p.308)

Por esta razón, se llevará a cabo la modelación y el diseño en el programa SAFE utilizando el coeficiente k .

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1. Modelación estructural con el programa ETABS

4.1.1. Especificaciones del proyecto

Al ser un proyecto para viviendas de interés social, fue necesario obtener información acerca de la configuración estructural y los criterios de diseño de viviendas de este tipo. En el presente caso se muestra una vivienda de interés social con ciertas modificaciones en su estructura inicial, consta de un piso, losa inaccesible, cubierta a dos aguas, altura de entrepiso de 3m y un área total de construcción de 36m². Los cambios que se realizaron fueron relacionados a la mampostería, cimentación, cubierta, vigas y columnas con la finalidad de obtener una vivienda adecuada para cada tipo de cimentación. Para llevar a cabo el proyecto se usaron los planos arquitectónicos realizados por el MIDUVI para el programa de vivienda “MANUELA ESPEJO” del año 2015, de los cuales se tiene el anexo como aval de la aprobación por la institución a cargo, del uso de estos planos para fines educativos.

4.1.2. Configuración estructural

La estructura está compuesta principalmente por pórticos especiales de hormigón armado, vigas peraltadas y columnas del mismo material.

Tabla 2.

Elementos estructurales de una vivienda

Elemento	Cantidad	Sección
Columna tipo 1	3	30x30 H: 3.00m
Columnas tipo 2	6	30x30 H: 2.57m
Vigas A	3	25x25 L: 6.00m
Vigas B	6	25x25 L: 3.05m

Nota: Se presentan los elementos estructurales constituidos de hormigón armado. Elaborado por:
Las autoras.

4.1.3. Propiedades de los materiales

4.1.3.1. Hormigón armado

En el diseño se usará hormigón armado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², con las siguientes características:

Tabla 3.

Propiedades mecánicas del hormigón

Propiedad	Simbología	Valor	Unidad
Resistencia a la compresión	f ^c	210	kg/cm ²
Peso específico	γ	2400	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	21881978889	kg/m ²
Coefficiente de poisson	M	0.15	-
Masa	M	244.732	kg*s ² /m ³
Coefficiente de dilatación térmica	T	0.0000099	1/C
Módulo de corte	G	951390386.38	kg/m ²

Nota: Se detallan las propiedades mecánicas del hormigón con su respectivo valor. Elaborado por:
Las autoras.

El módulo de elasticidad del hormigón se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula obtenida del código ACI 318-14:

$$E = 15100 * \sqrt{f'c}$$

Figura 5.

Propiedades mecánicas del hormigón

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

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	210 kg/cm2	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	[Pink]	
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
	Weight per Unit Volume	2400	kgf/m ³
	Mass per Unit Volume	244.732	kgf-s ² /m ⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	2188197889	kgf/m ²
	Poisson's Ratio, U	0.15	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
	Shear Modulus, G	951390386.38	kgf/m ²
Design Property Data	Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...	
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data...		
	Material Damping Properties...		
	Time Dependent Properties...		
Modulus of Rupture for Cracked Deflections	Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)	<input checked="" type="radio"/>	
	User Specified	<input type="radio"/>	

Nota: Propiedades específicas del hormigón usado en la estructura. Fuente: Elaborado por las autoras a través de ETABS (2020).

4.1.3.2. Acero de refuerzo

En el diseño se usarán varillas corrugadas de diámetros comerciales con una resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm².

Tabla 4.

Propiedades mecánicas del acero

Propiedad	Simbología	Valor	Unidad
Tensión a la fluencia	Fy	4200	kg/cm ²
Peso específico	γ	7800	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	21000000000	kg/m ²
Masa	M	795.379	kg*s ² /m ³
Coefficiente de dilatación térmica	T	0.0000117	1/C

Nota: Se detallan las propiedades mecánicas del acero con su respectivo valor. Elaborado por: Las autoras.

Figura 6.

Propiedades mecánicas del acero

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/m³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Nota: Propiedades específicas del acero empleado en la estructura. Fuente: Elaborado por las autoras a través de ETABS (2020).

4.1.4. Combinaciones de carga

4.1.4.1. Combinaciones para diseño por última resistencia

Se presentan las combinaciones básicas de cargas consideradas en el programa de modelación:

Figura 7.

Combinaciones básicas de carga

<u>Combinación 1</u>
1.4 D
<u>Combinación 2</u>
1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L_r ; S ; R]
<u>Combinación 3*</u>
1.2 D + 1.6 max[L_r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]
<u>Combinación 4*</u>
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r ; S ; R]
<u>Combinación 5*</u>
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
<u>Combinación 6</u>
0.9 D + 1.0 W
<u>Combinación 7</u>
0.9 D + 1.0 E

**Para las combinaciones 3, 4 y 5: L=0.5 kN/m² si L0<=4.8 kN/m² (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas).*

Nota: Combinaciones de carga básicas utilizadas en la modelación de la estructura. Fuente: NEC (2015).

4.1.5. Cargas aplicadas a la estructura

4.1.5.1. Carga viva

Se designará según la ocupación de la estructura, en el presente caso es una vivienda por lo cual según la normativa de cargas no sísmicas, se especifica que la carga viva que le corresponde es de 200 kg/cm² (MIDUVI, 2014b).

4.1.5.2. Carga muerta

Para determinar el valor de la carga muerta se consideran los pesos de: mampostería de acuerdo con su distribución en la estructura con un total de 220 kg/m², enlucido horizontal de 2cm de espesor, para el piso se procurará dejar un acabado liso para evitar colocar cerámica u otro material considerando también motivos estéticos.

4.1.6. Aspectos para el diseño estructural

4.1.6.1. Factor de zona Z

La vivienda está ubicada en la provincia de Esmeraldas cantón Esmeraldas, conocida por ser una zona de alta actividad sísmica por lo que la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c) nos indica en la sección 10, tabla 16:

$$Z = 0.5$$

Debido a este factor se describe como una zona sísmica tipo VI con la caracterización de peligro sísmico como muy alta. De acuerdo con Dueñas Jennifer (2017), en los ensayos de suelo realizados en la provincia de Esmeraldas se tiene un perfil de suelo tipo D.

Según la ubicación también se puede definir el factor usado en el espectro de diseño elástico, el cual tiene un valor según la NEC-SE-DS(MIDUVI, 2014c):

$$r = 1.5: \text{Para tipo de suelo D o E.}$$

4.1.6.2. Factores de sitio

Conociendo que el proyecto se ubica en una zona sísmica tipo VI con un factor de aceleración sísmica de 0.5, se definen los factores de sitio:

$$Fa = 1.12$$

$$Fd = 1.11$$

$$Fs = 1.40$$

Siendo:

Fa, coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

Fd, desplazamientos para diseño en roca

Fs, comportamiento no lineal de los suelos

Además, podemos conocer los valores de aceleración espectral, los cuales varían dependiendo de la zona de ubicación del proyecto, según la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c) para el presente caso se tiene:

$$\eta = 2.48: \textit{Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos}$$

4.1.6.3. Espectro de respuesta

La NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c) propone las siguientes expresiones para determinar el espectro de respuesta normalizado:

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

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

$$S_a = \eta * Z * F_a: \textit{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

Siendo:

Ct, coeficiente que depende de la edificación

H_n , altura de la estructura

α , coeficiente

n , razón entre la aceleración espectral

T_c , período límite de vibración

4.1.6.4. Período de vibración

El período de vibración según la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c) permitirá determinar las fuerzas sísmicas que se aplicarán sobre la estructura y se puede estimar de forma aproximada con la expresión antes descrita:

Tabla 5.

Período de vibración

Símbolo	Cantidad	Unidad
C_t	0.055	-
h_n	3.00	m
α	9	-
T	0.0003972	s

Nota: Cálculo del período de vibración obtenido mediante los valores de la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c) según el caso en el que se encuentre la estructura. Fuente: Elaborado por las autoras.

4.1.6.5. Aceleración espectral

Es el espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g , depende del período de vibración calculado para la estructura. Se determina con la expresión antes descrita, obteniendo así:

Tabla 6.

Aceleración espectral

Símbolo	Cantidad	Unidad
η	2.48	-
Z	0.4	-
F_a	1.12	-
S_a	1.111	-

Nota: Se describen los valores de la aceleración espectral obtenidos mediante la expresión. Fuente:

Elaborado por las autoras

4.1.6.6. Período límite de vibración

Se define por la expresión antes descrita propuesta por la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c):

Tabla 7.

Período límite de vibración

Símbolo	Cantidad	Unidad
F_a	1.12	-
F_s	1.40	-
F_d	1.11	-
T_c	0.0793	s

Nota: Se presentan los valores obtenidos mediante la expresión para determinar el período límite de vibración de la estructura. Fuente: Elaborado por las autoras.

Por lo tanto:

$$s \leq 0.0003971 \text{ s} \leq 0.0763 \text{ s}$$

4.1.6.7. Categoría de la estructura y nivel de importancia

La estructura deberá estar clasificada según lo que indica la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c), esto se realiza de acuerdo con el uso que se le dará a dicha estructura asignándole así un coeficiente I con la finalidad de incrementar la demanda sísmica, con el objetivo de que las estructuras se lleven a cabo con dimensiones que garanticen la seguridad y que según su ocupación frente a un sismo no sufran daños irreparables. El proyecto se ubica en la categoría de *otras estructuras* correspondiéndole así un coeficiente I de 1.0 según la tabla 6 de la NEC-SE-DS(MIDUVI, 2014c).

4.1.6.8. Factor de reducción de resistencia

El factor de reducción de resistencia, R, permite reducir las fuerzas sísmicas de diseño, el cual depende del tipo de suelo, tipo de estructura, período de vibración, etc. Según la normativa este factor tiene varias clasificaciones según el sistema estructural empleado, por lo tanto, para pórticos especiales de hormigón armado con elementos de dimensiones menores a las especificadas en la NEC-SE-HM, se tiene:

$$R = 3$$

4.1.6.9. Derivas de piso

Las derivas de piso son ocasionadas por las fuerzas laterales que actúan en la estructura.

$$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E < 2\%$$

Siendo:

R , factor de reducción de resistencia

ΔE , desplazamiento causado por la aplicación de fuerzas laterales

4.1.6.10. Configuración estructural

Se describe como regular en planta cuando la estructura no presenta condiciones que puedan afectar su rendimiento e inducirla a la falla. La estructura al tener una cubierta dispuesta a dos aguas adquiere una irregularidad en elevación, y por el contrario, al tener ejes paralelos y dimensiones tales que forma un rectángulo adquiere una regularidad en planta teniendo así un coeficiente de 0,9 y 1 respectivamente para cálculos futuros.

4.1.6.11. Cortante basal de diseño

El cortante basal de diseño se obtendrá mediante la fórmula indicada en la normativa NEC-SE-DC

$$V = \frac{I * Sa}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

Siendo:

I , coeficiente de importancia

S_a , aceleración espectral

R , factor de reducción de resistencia

ϕ_P , regularidad en planta

ϕ_E , regularidad en la base

W, carga sísmica

Tabla 8.

Cortante basal de diseño

Símbolo	Cantidad	Unidad
I	1	-
Sa	1.11	-
R	3	-
\emptyset_P	1	-
\emptyset_E	0,9	-
W	220,32	ton
V	90,57	ton

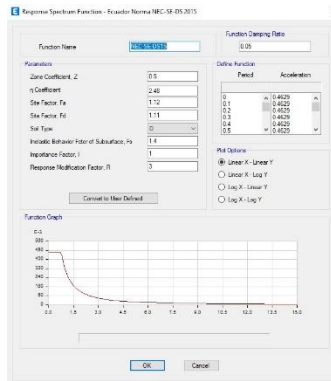
Nota: Se presentan los valores necesarios para deducir el valor del cortante basal de diseño, para la carga reactiva W según menciona la NEC-SE-DS es el 100% de carga muerta (MIDUVI, 2014c).

Fuente: Elaborado por las autoras.

4.1.6.12. Espectro de respuesta

Figura 8.

Espectro de respuesta



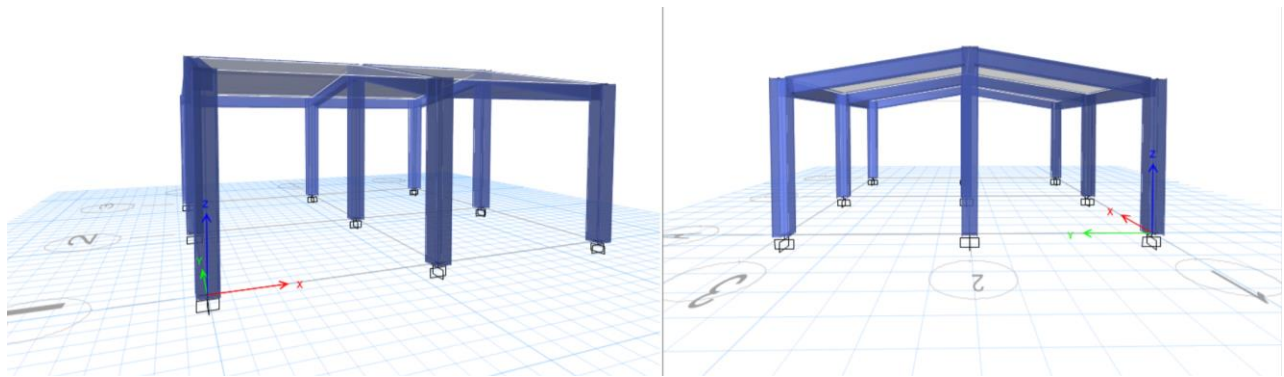
Nota: Espectro de respuesta de la estructura obtenido mediante los datos de factores de sitio.
Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

4.2. Generación de modelos de análisis

El diseño y análisis de la estructura se llevó a cabo en el programa ETABS, dicho programa está especializado en el cálculo estructural de elementos finitos lo que permite el correcto diseño de diferentes elementos de hormigón.

Figura 9.

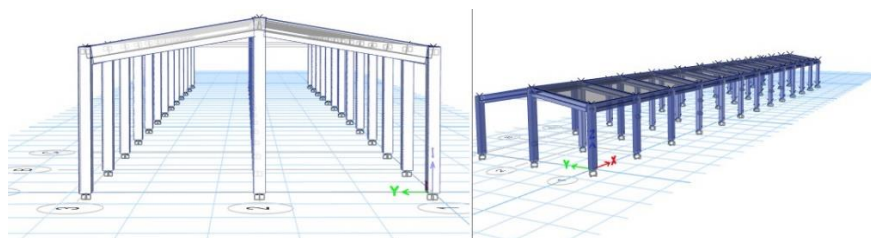
Vista 3D del modelo estructural para una vivienda



Nota: Vista del modelo tridimensional, detalle de los elementos estructurales pertenecientes a una vivienda. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 10.

Vista 3D del modelo estructural para un bloque de 6 viviendas



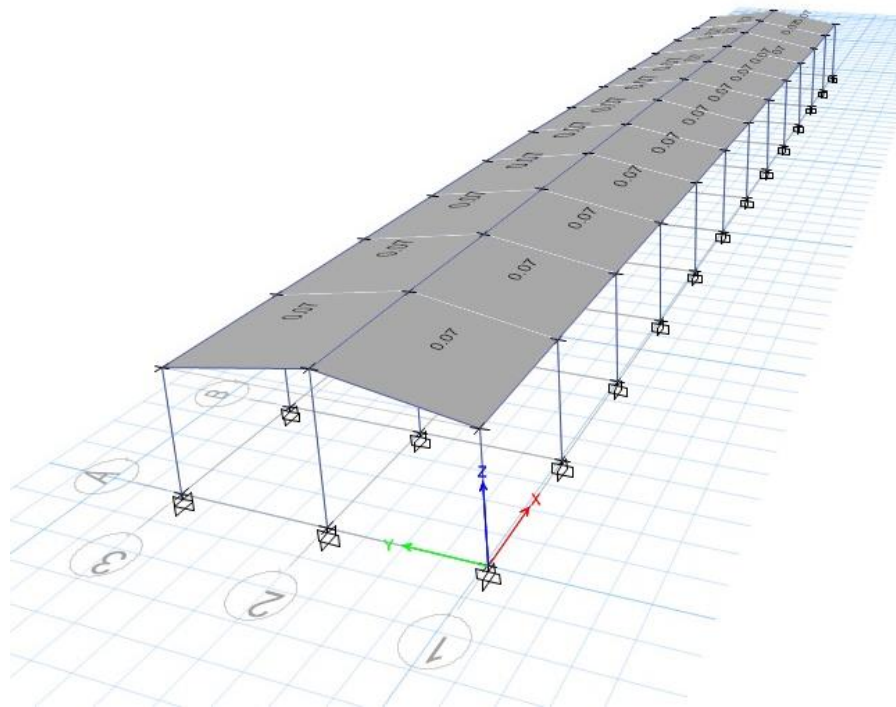
Nota: Vista del modelo tridimensional, detalle de los elementos estructurales pertenecientes a 6 viviendas. Fuente: Elaborado por las autoras a través de ETABS (2020).

4.3. Colocación de cargas en el programa de cálculo

Se aprecian las cargas colocadas en el programa las cuales actuarán en la estructura, es decir, carga viva y el peso propio de los elementos.

Figura 12.

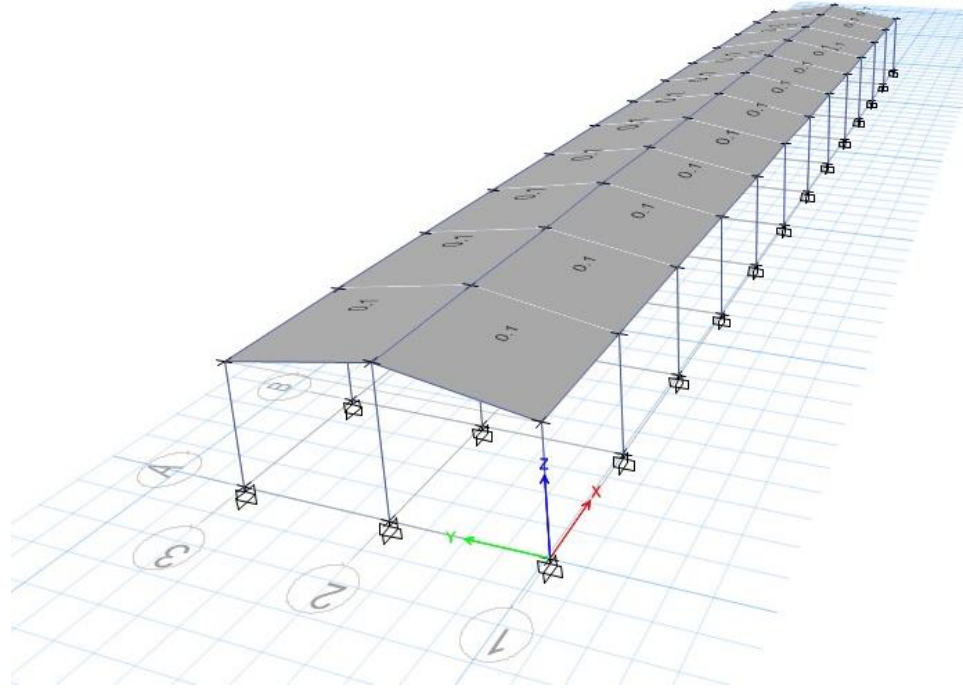
Carga viva en el bloque de 6 viviendas



Nota: Se muestra la disposición del bloque de 6 casas afectado por la carga viva en cada una de ellas, la NE-SE-CG (MIDUVI, 2014a) establece que la carga designada a cubiertas no accesibles es 0,7 kN/m². Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 11.

Carga muerta adicional en el bloque de 6 casas



Nota: Carga muerta de los elementos estructurales en vista tridimensional la cual se determinó a través de cálculos. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

4.4. Peso de la estructura

Figura 12.

Peso de los elementos estructurales en 6 viviendas

The screenshot shows a software window titled "Material List by Section Property". The window has a menu bar with "File", "Edit", "Format-Filter-Sort", "Select", and "Options". Below the menu bar, there are settings for "Units: As Noted", "Hidden Columns: No", and "Sort: None". A dropdown menu shows "Material List by Section Property". Below the settings, there is a table with the following data:

	Section	Object Type	Number Pieces	Length m	Weight tonf	Number Studs
▶	C 0.25x0.25	Column	39	104	22.464	
	V 0.20 X 0.25	Beam	62	187.0759	25.33378	0
	LOSA MACIZA	Floor			47.29956	

Nota: Detalle del peso de los elementos estructurales en el bloque de 6 viviendas. Elaborado por:
Las autoras a través de ETABS (2020).

4.5. Sismo estático

4.5.1. Cargas sísmicas

Figura 13.

Sismo estático en X

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box. It is divided into several sections:

- Direction and Eccentricity:** Contains checkboxes for 'X Dir', 'Y Dir', 'X Dir + Eccentricity' (checked), 'Y Dir + Eccentricity', 'X Dir - Eccentricity', and 'Y Dir - Eccentricity'. Below these is a text input for 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' set to 0.05 and an 'Overwrite Eccentricities' button with an 'Overwrite...' sub-button.
- Factors:** Contains two text input fields: 'Base Shear Coefficient, C' with the value 0.4629 and 'Building Height Exp., K' with the value 1.
- Story Range:** Contains two dropdown menus: 'Top Story' set to 'PISO 1' and 'Bottom Story' set to 'Base'.

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

Nota: Se detalla el cortante basal y patrón de carga del sismo estático en dirección X de la estructura. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 14.

Sismo estático en Y

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box, similar to Figure 13 but with 'Y Dir + Eccentricity' checked in the 'Direction and Eccentricity' section. All other settings, including the Base Shear Coefficient (0.4629), Building Height Exp. (1), Story Range (Top Story: PISO 1, Bottom Story: Base), and Ecc. Ratio (0.05), are identical to Figure 13.

Nota: Se detalla el cortante basal y patrón de carga del sismo estático en dirección Y de la estructura. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

4.5.2. Derivas de piso

Se analizan las derivas de piso tanto en sentido X como en el sentido Y para sismo estático

Tabla 9.

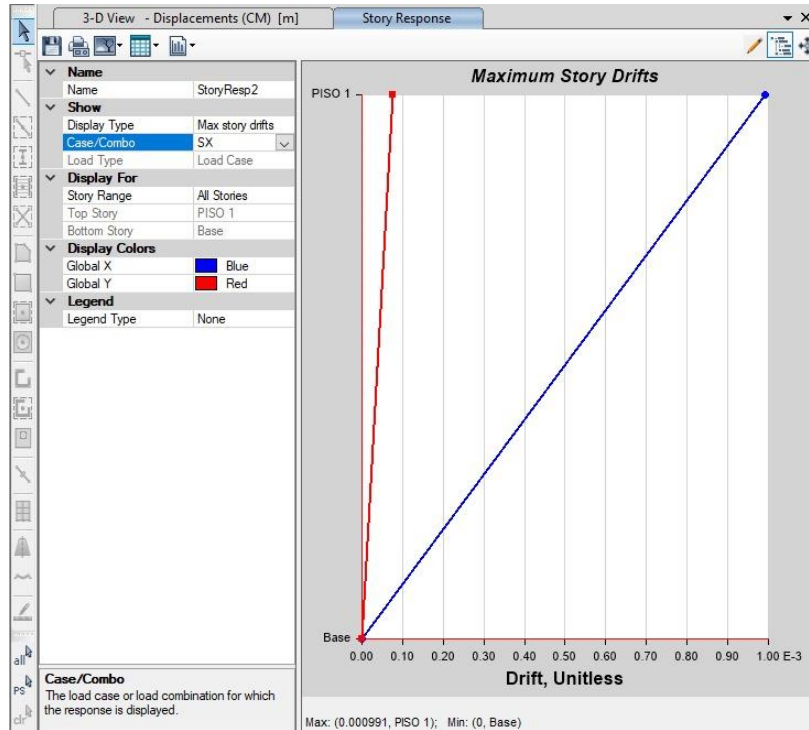
Derivas de piso en el sentido X del sismo estático

Datos	Cantidad	Unidad
R	3	-
Factor	0,75	-
ΔE	0.000991	
Δi	0,22	%

Nota: Derivas inelásticas de piso en sentido X para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de Excel

Figura 15.

Derivas elásticas sismo estático



Nota: Derivas elásticas de piso en sentido X para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Tabla 10.

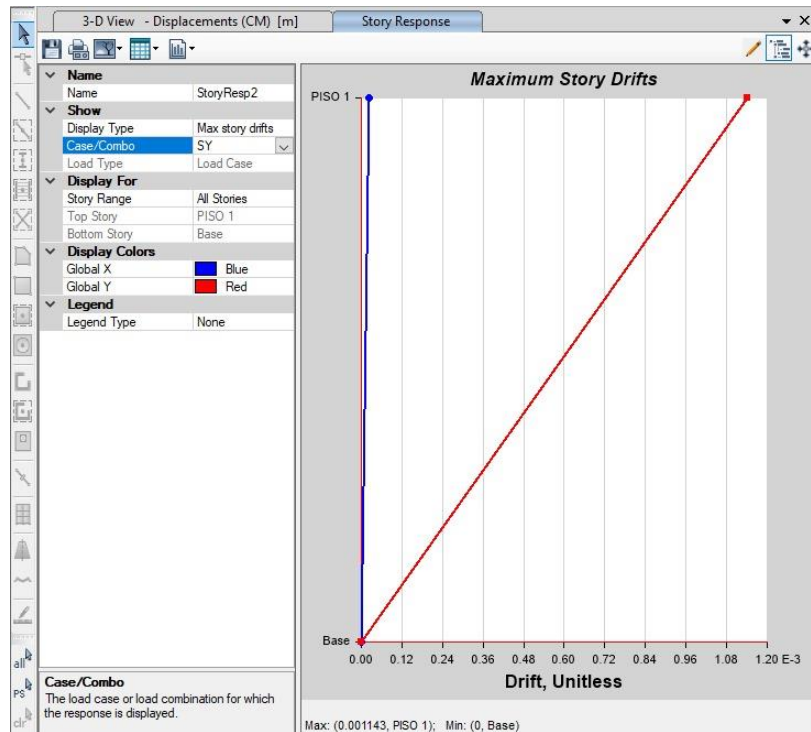
Derivas de piso en el sentido Y del sismo estático

Datos	Cantidad	Unidad
R	3	-
Factor	0,75	-
ΔE	0.001143	
Δi	0,26	%

Nota: Derivas inelásticas de piso en sentido Y para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de Excel

Figura 16.

Derivas elásticas sismo estático



Nota: Derivas elásticas de piso en sentido en sentido Y para un bloque de 6 viviendas.

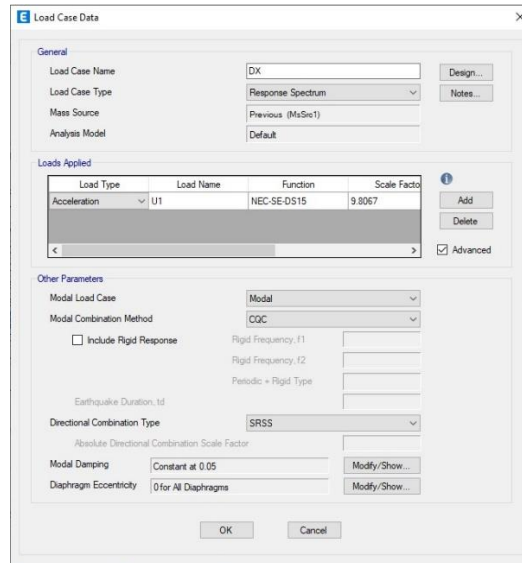
Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

4.6. Sismo dinámico

4.6.1. Cargas sísmicas

Figura 17.

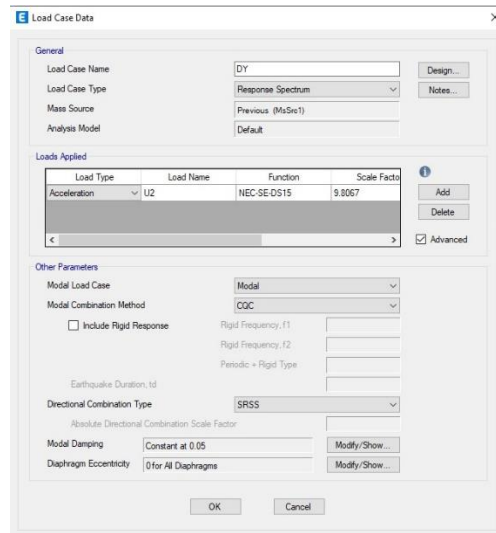
Sismo dinámico en X



Nota: Carga dinámica en X obtenida en base al espectro de respuesta. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 18.

Sismo dinámico en Y



Nota: Carga dinámica en X obtenida en base al espectro de respuesta. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

4.6.2. Derivas de piso

Se analizan las derivas de piso tanto en sentido X como en el sentido Y para sismo estático tomando en cuenta cada factor que interviene en este cálculo

Tabla 11.

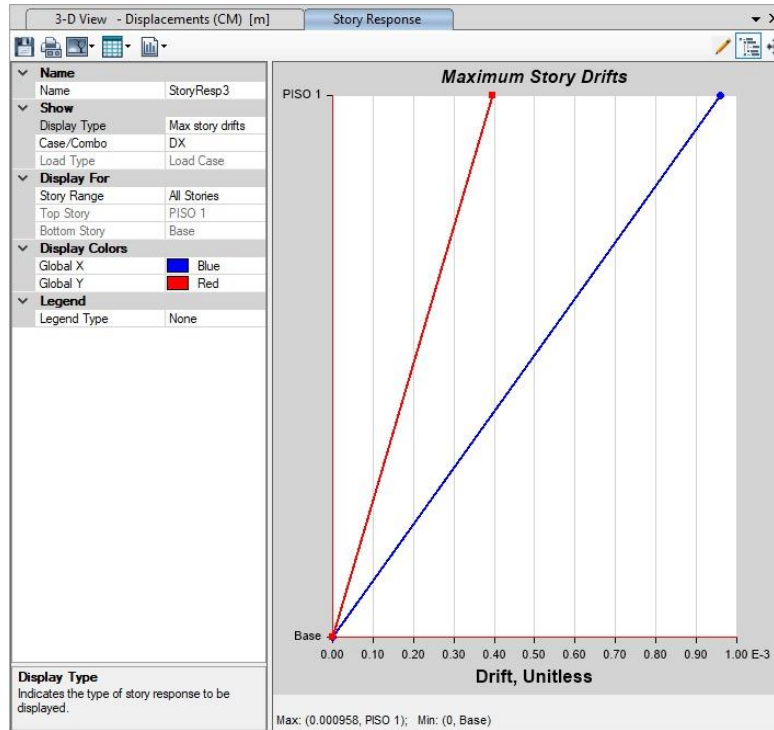
Derivas de piso en el sentido X del sismo dinámico

Datos	Cantidad	Unidad
R	3	-
Factor	0,75	-
ΔE	0.000958	
Δi	0,002155	%

Nota: Derivas inelásticas de piso en sentido X para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de Excel

Figura 19.

Sismo dinámico en X



Nota: Derivas elásticas de piso en sentido X para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Tabla 12.

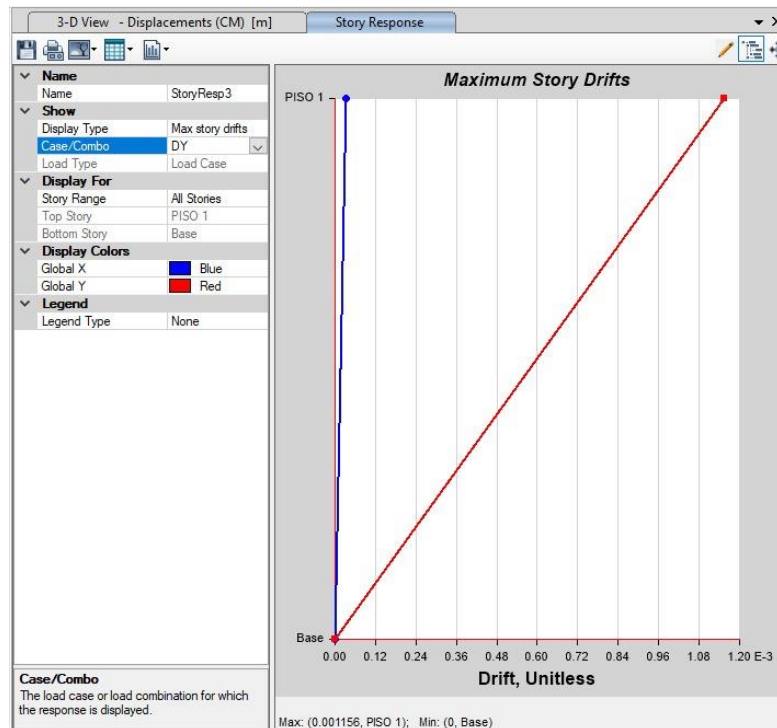
Derivas de piso en el sentido Y del sismo dinámico

Datos	Cantidad	Unidad
R	3	-
Factor	0,75	-
ΔE	0.001156	
Δi	0,002601	%

Nota: Derivas inelásticas de piso en sentido Y para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de Excel

Figura 20.

Sismo dinámico en Y



Nota: Derivas elásticas de piso en sentido Y para un bloque de 6 viviendas. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

4.7. Modo de vibración y participación modal

Al analizar los modos de vibración de la estructura, la norma indica que se deben analizar 3 modos de vibración por cada piso de la vivienda, la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2014c) señala que se consideran en el análisis:

- a) Todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura, mediante los varios períodos de vibración
- b) Todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas.

Figura 21.

Participación modal de los factores en el bloque de 6 viviendas

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.156	9.188E-06	0.9984	0	9.188E-06	0.9984	0	0.9984	9.188E-06	2.189E-05	0.9984	9.188E-06	2.189E-05
Modal	2	0.15	0.3099	5.912E-06	0	0.3099	0.9984	0	5.912E-06	0.3099	0.6913	0.9984	0.3099	0.6913
Modal	3	0.144	0.69	3.13E-05	0	0.9999	0.9984	0	3.13E-05	0.69	0.3085	0.9984	0.9999	0.9998
Modal	4	0.085	4.343E-05	0.0016	0	0.9999	1	0	0.0016	4.343E-05	0	1	0.9999	0.9998
Modal	5	0.044	2.091E-05	0	0	1	1	0	0	2.091E-05	0.0002	1	1	1

Nota: Participación de masas de acuerdo con cada período de vibración. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

CAPÍTULO V

CIMENTACIONES

5.1. Materiales empleados

Las cimentaciones se diseñaron en base a materiales como lo son hormigón de una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², el cual se prevé será realizado en obra; además de acero de refuerzo con resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm².

5.1.1. Hormigón armado

Figura 22.

Propiedades del hormigón

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	fc 210 kg/cm ²	
	Material Type	Concrete	
	Material Display Color		
	Material Notes		
Material Weight	Weight per Unit Volume	2,4028E-03	kgf/cm ³
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	218819,79	kgf/cm ²
	Poisson's Ratio, U	0,2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	9,9E-06	1/C
	Shear Modulus, G	91174,91	kgf/cm ²
Other Properties for Concrete Materials	Specified Concrete Compressive Strength, f _c	210	kgf/cm ²
	Lightweight Concrete	<input type="checkbox"/>	
Modulus of Rupture for Cracked Deflections	Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)	<input checked="" type="radio"/>	
	User Specified	<input type="radio"/>	

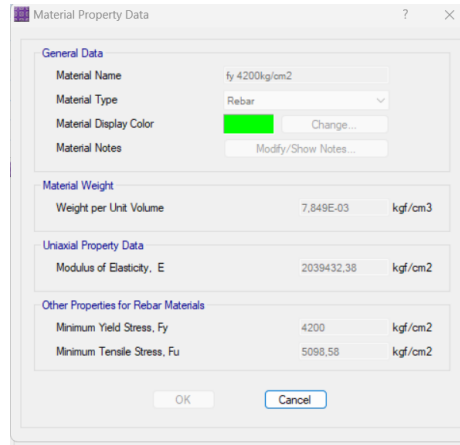
Nota: Propiedades específicas del hormigón empleadas en las cimentaciones de las viviendas.

Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

5.1.2. Acero para varillas

Figura 23.

Propiedades del acero



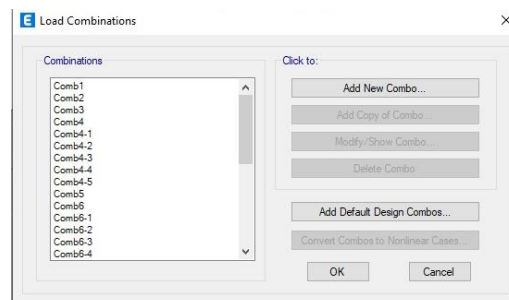
Nota: Propiedades específicas del acero empleadas en las cimentaciones de las viviendas.

Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

5.2. Combinaciones de carga

Figura 24.

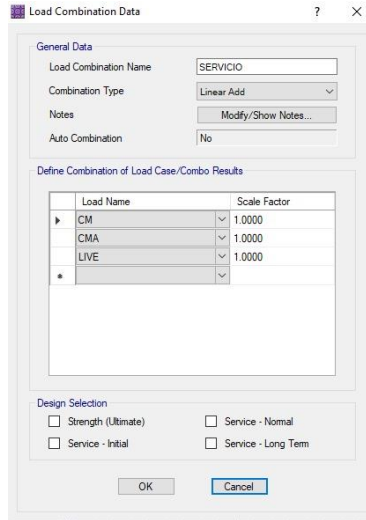
Combinaciones de carga aplicadas en la estructura



Nota: Combinaciones básicas de carga para las estructuras. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 25.

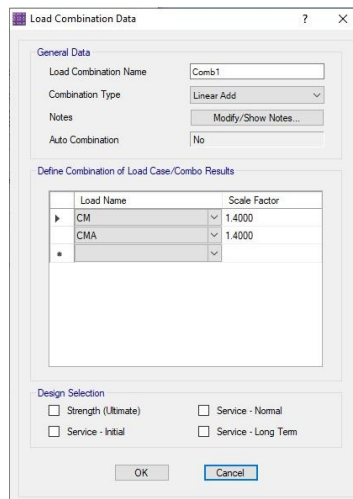
Combinación de carga SERVICIO



Nota: Combinación de 1,0 de carga muerta; 1,0 de carga adicional y 1,0 de carga viva. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 26.

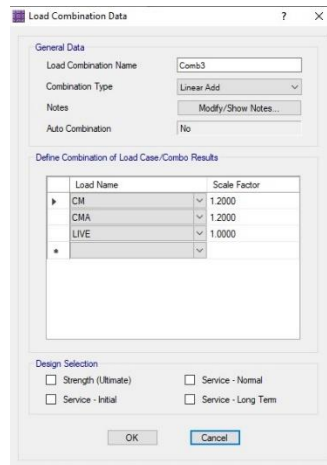
Combinación de carga 1



Nota: Combinación de 1,4 de la carga muerta y 1,4 de la carga muerta adicional. Elaborado por:
Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 27.

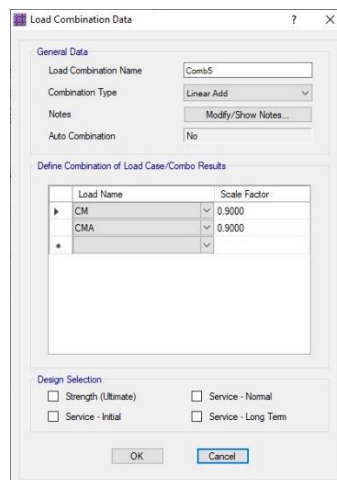
Combinación de carga 3



Nota: Combinación de 1,2 de carga muerta; 1, 2 de carga viva y 1,2 de carga muerta adicional.
Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 28.

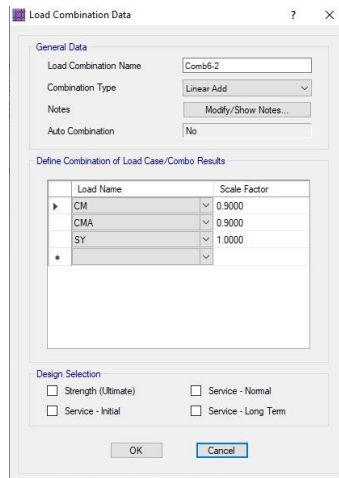
Combinación de carga 5



Nota: Combinación de 0,9 de carga muerta; 0,9 de carga muerta adicional. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

Figura 29.

Combinación de carga 6-2



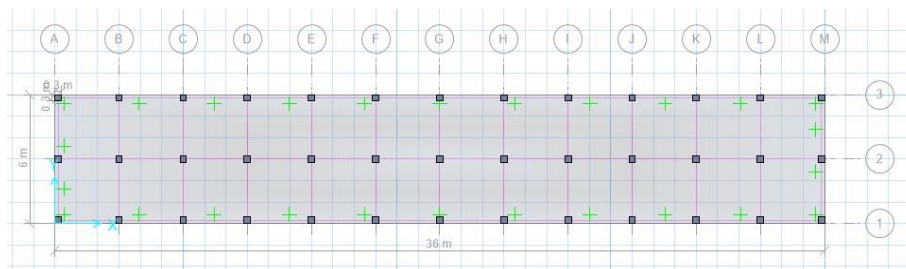
Nota: Combinación de 0,9 de carga muerta; 0,9 de carga muerta adicional y 1,0 del sismo estático en sentido Y. Elaborado por: Las autoras a través de ETABS (2020).

5.3. Análisis de cimentaciones

5.3.1. Losa de cimentación

Figura 30.

Vista en planta

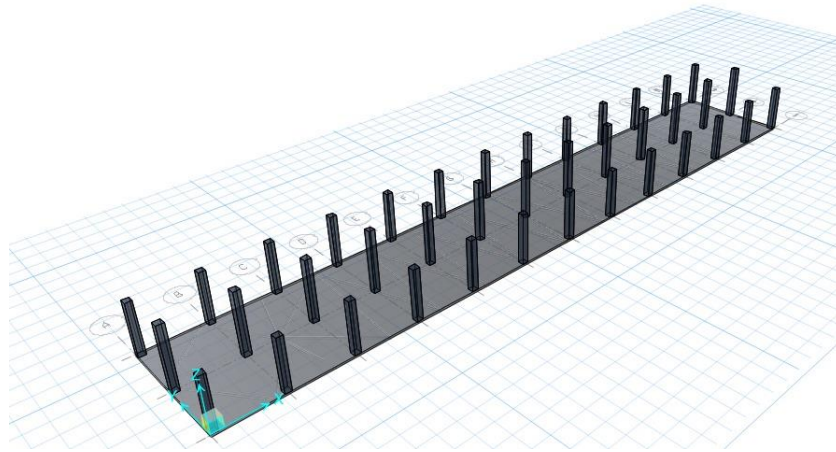


Nota: Vista en planta de la losa de cimentación, así como sus medidas para un total de 6 casas.

Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 31.

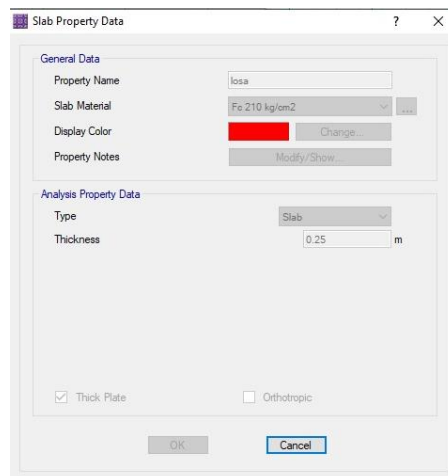
Vista en 3D



Nota: Vista tridimensional de la losa de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 32.

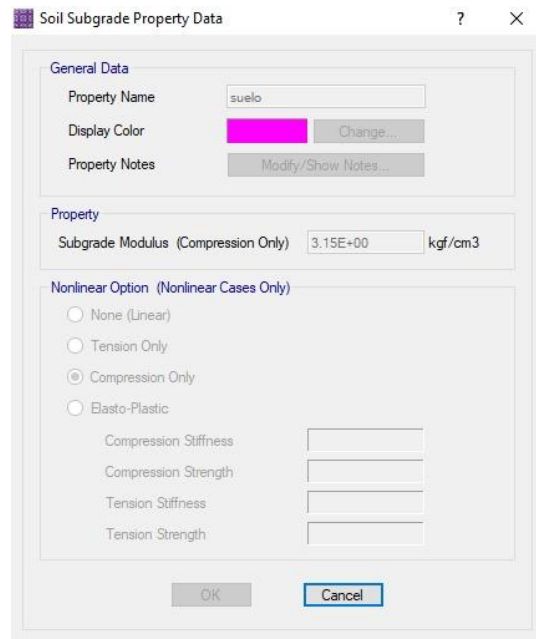
Peralte de la losa



Nota: Peralte de la losa $t=10\text{cm}$ y detalle de la propiedad empleada en este elemento. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 33.

Propiedades del suelo



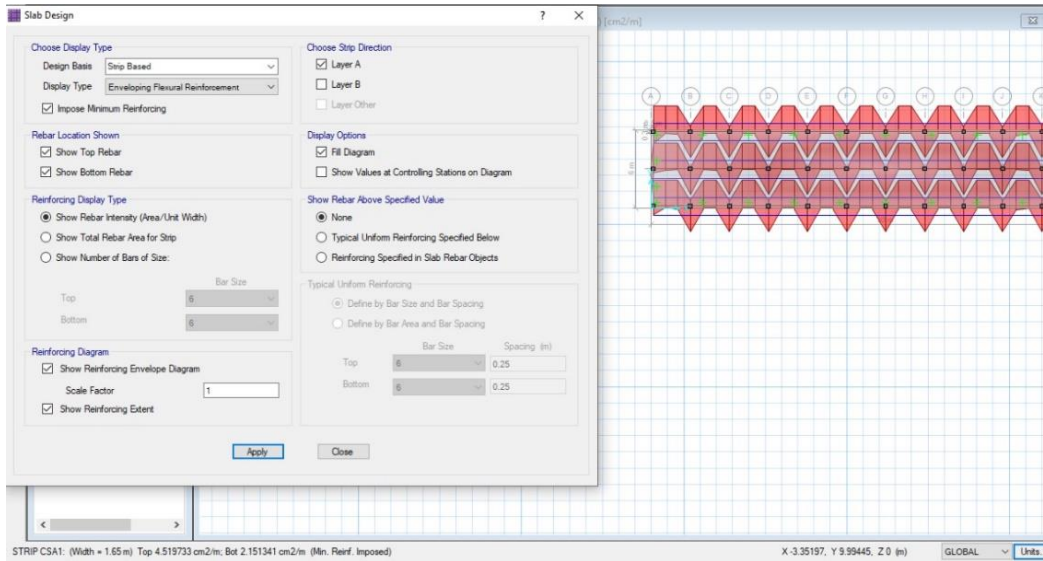
Nota: Propiedades del suelo de la cimentación. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.1.1. Armadura

Se muestra la configuración teórica de la armadura inferior y superior del acero en el sentido X y sentido Y de la cimentación.

Figura 34.

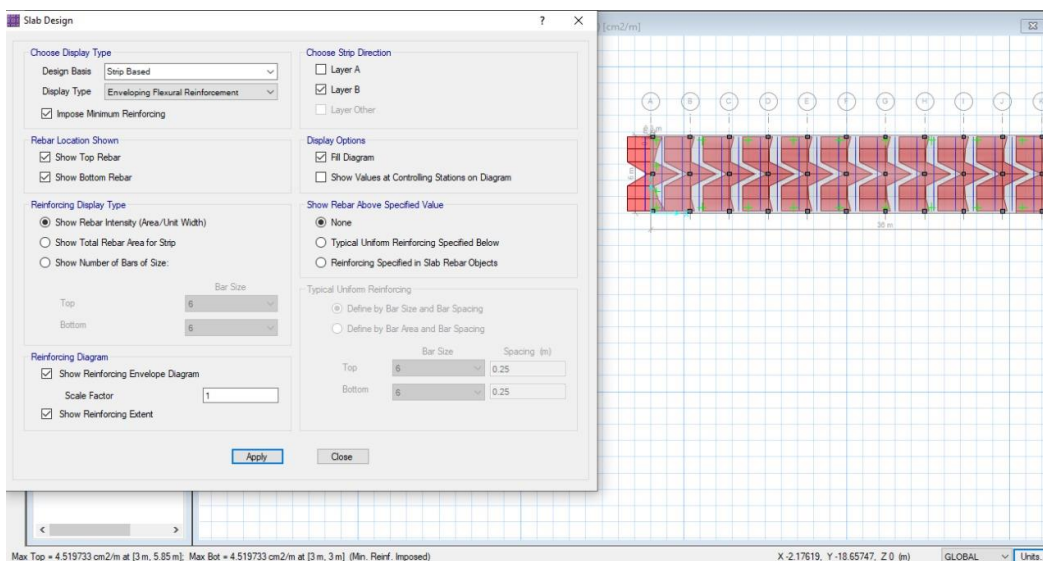
Armadura de acero en el sentido X



Nota: Armadura superior 4.52 cm²/m e inferior 2,15 cm²/m de acero en la losa de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 35.

Armadura de acero en el sentido Y

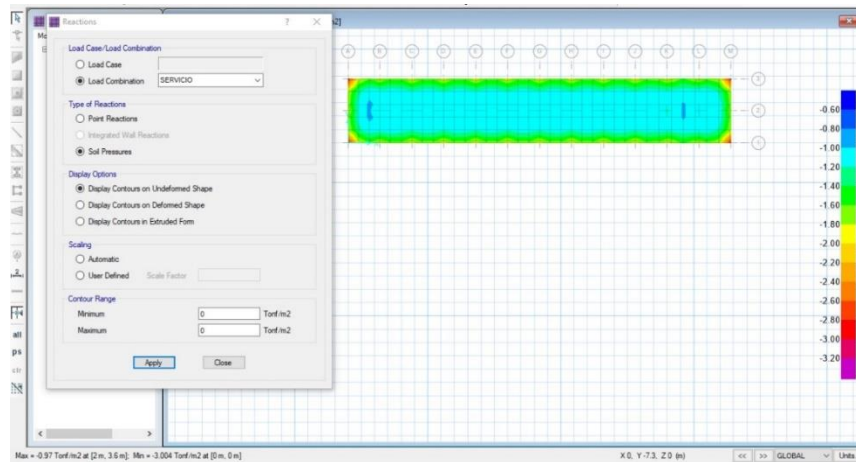


Nota: Armadura superior 4.51 cm²/m e inferior 4.51 cm²/m de acero en la losa de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.1.2. Esfuerzos transmitidos al suelo

Figura 36.

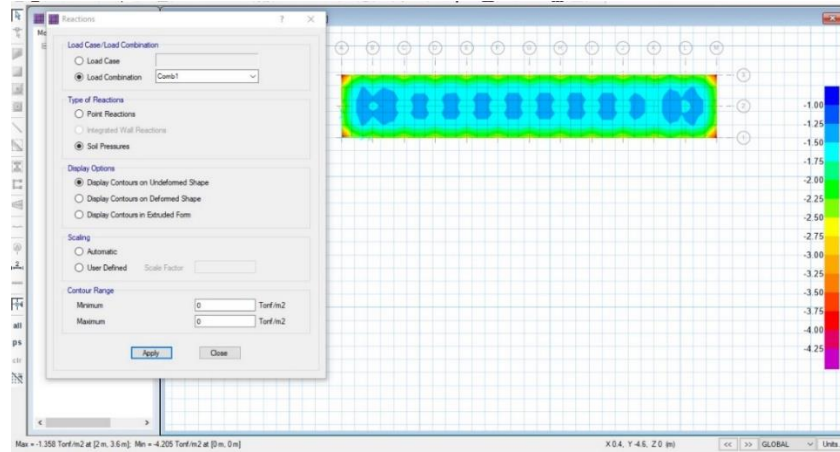
Esfuerzos transmitidos por la combinación SERVICIO



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga SERVICIO, obteniendo un esfuerzo máximo de 3.04 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 37.

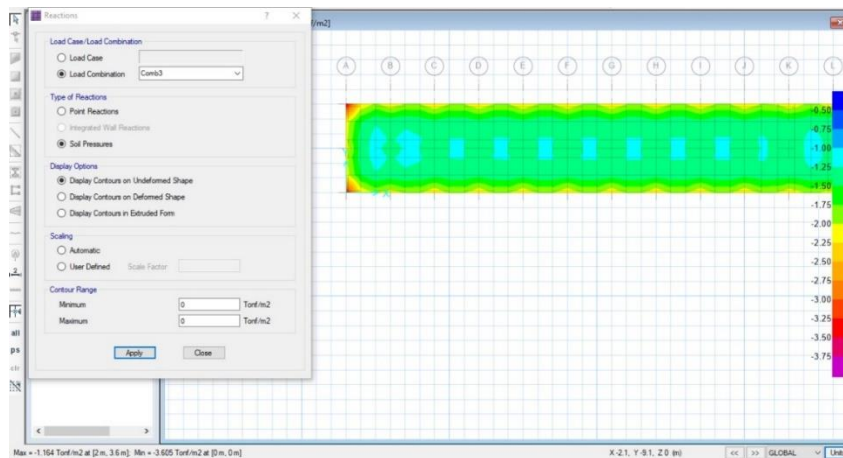
Esfuerzos transmitidos por la combinación 1



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 1 obteniendo un esfuerzo máximo de 4.20 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 38.

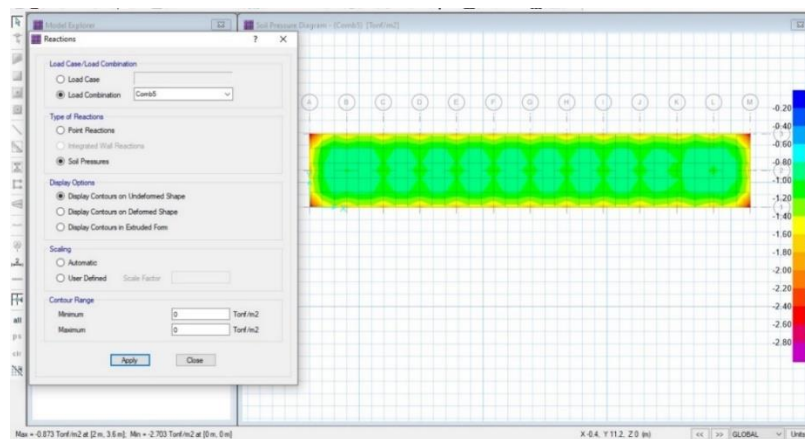
Esfuerzos transmitidos por la combinación 3



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 2 obteniendo un esfuerzo máximo de 3.60 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 39.

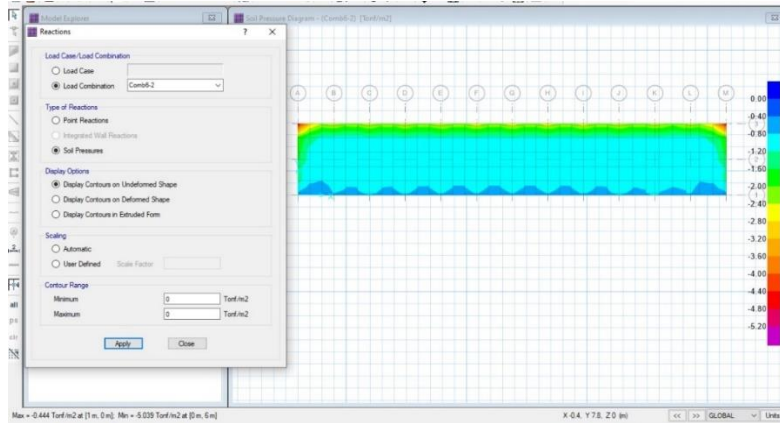
Esfuerzos transmitidos por la combinación 5



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 5 obteniendo un esfuerzo máximo de 2.70 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 40.

Esfuerzos transmitidos por la combinación 6-2

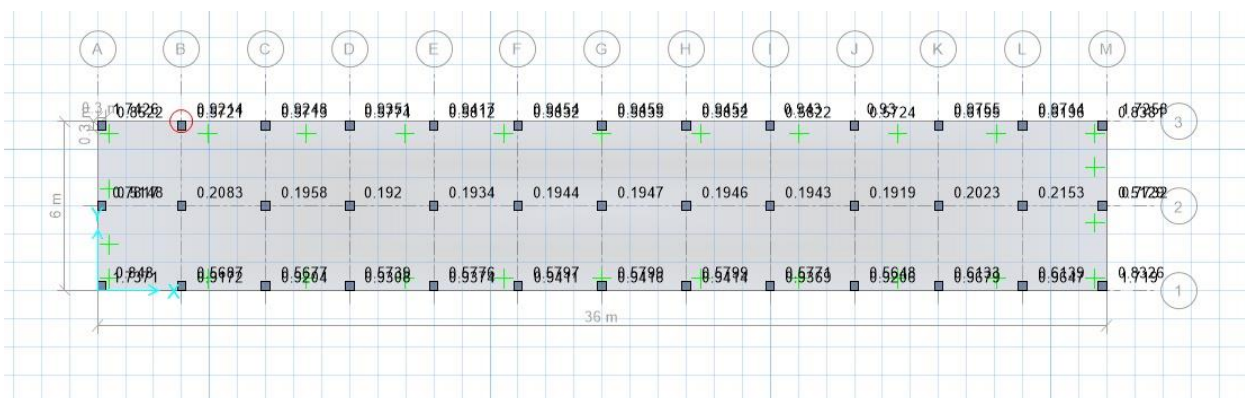


Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 6-2 obteniendo un esfuerzo máximo de 5.03 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.1.3. Verificación de punzonamiento

Figura 41.

Cortante bidireccional

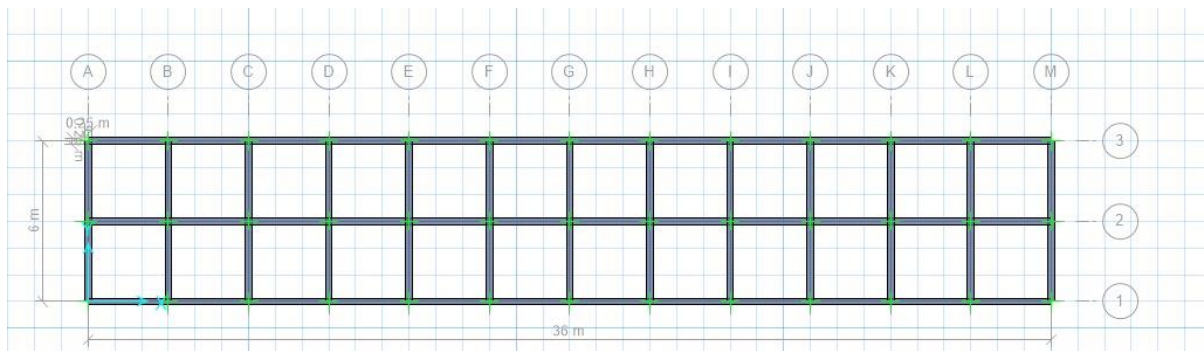


Nota: Verificación del cortante bidireccional de la cimentación. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.2. Vigas de cimentación

Figura 42.

Vista en planta

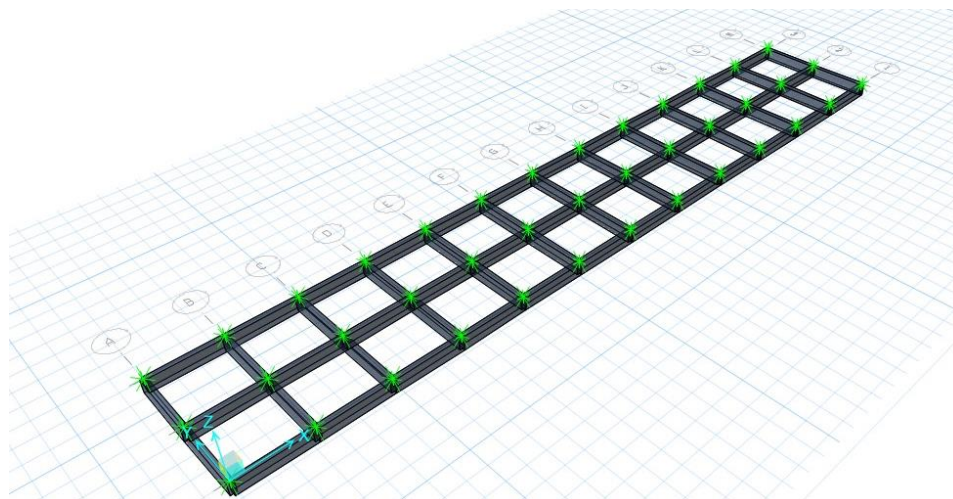


Nota: Vista en planta de la losa de cimentación, así como sus medidas para un total de 6 casas.

Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 43.

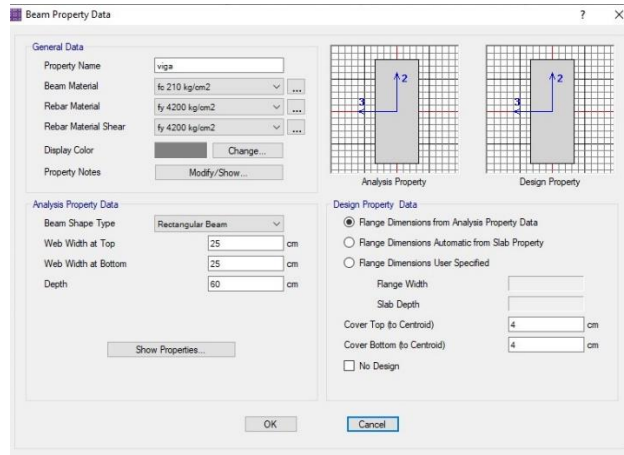
Vista en 3D



Nota: Vista tridimensional de la losa de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 44.

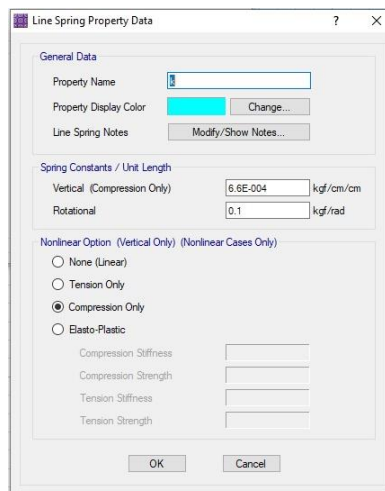
Dimensiones de la viga



Nota: Se presenta la geometría de la viga de cimentación, así como su recubrimiento. Elaborado por las autoras a través de SAFE (2016)

Figura 45.

Propiedades del suelo

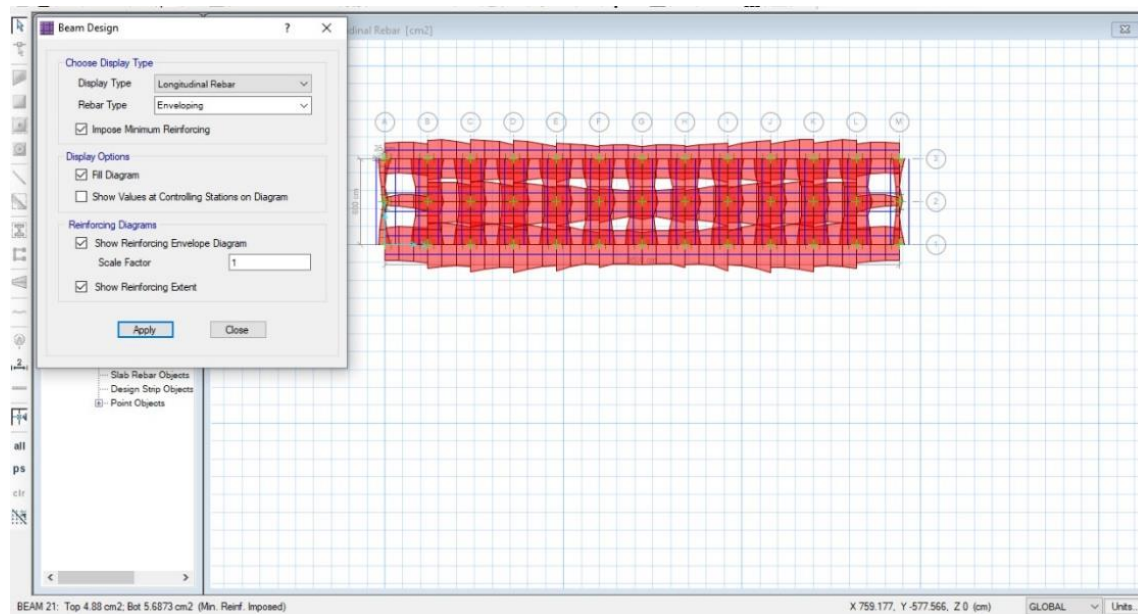


Nota: Constante de resorte que representa el suelo para las vigas de cimentación. Elaborado por:
Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.2.1. Armadura

Figura 46.

Armadura de acero

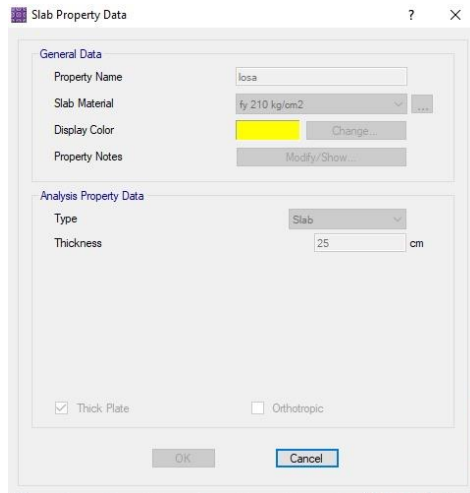


Nota: Armadura superior 4.88 cm² e inferior 5.68 cm² de acero en la viga de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.3. Losa con vigas embebidas de cimentación

Figura 47.

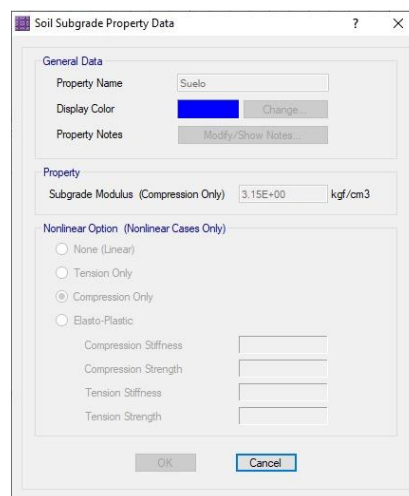
Peralte de la losa con vigas embebidas



Nota: Peralte de la losa $t=10\text{cm}$ y detalle de la propiedad empleada en este elemento. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 48.

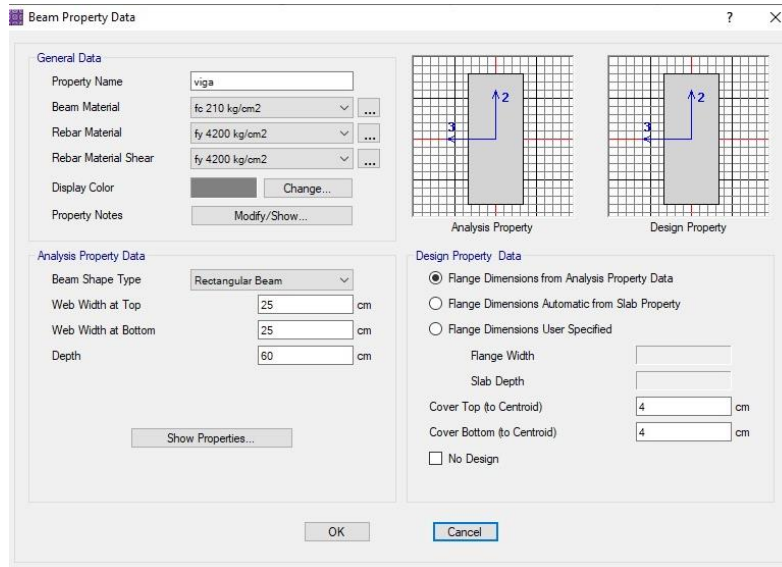
Propiedades del suelo



Nota: Propiedades del suelo de la cimentación. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 49.

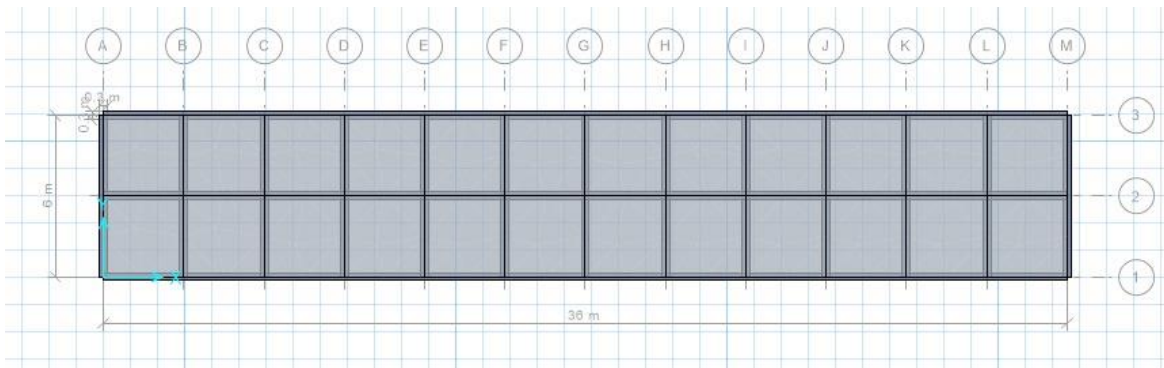
Dimensiones de la viga



Nota: Se detalla las propiedades y dimensiones que presenta la viga embebida. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 50.

Vista en planta

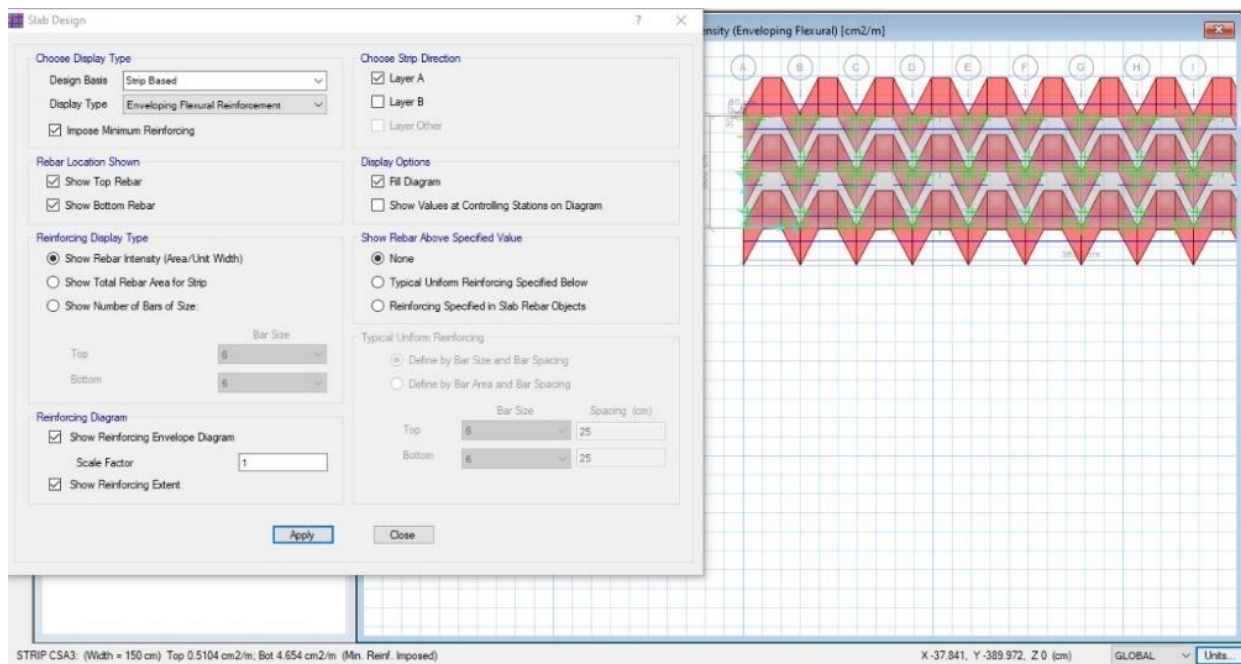


Nota: Vista en planta de la losa de cimentación, así como sus medidas para un total de 6 casas.
Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.3.1. Armadura

Figura 51.

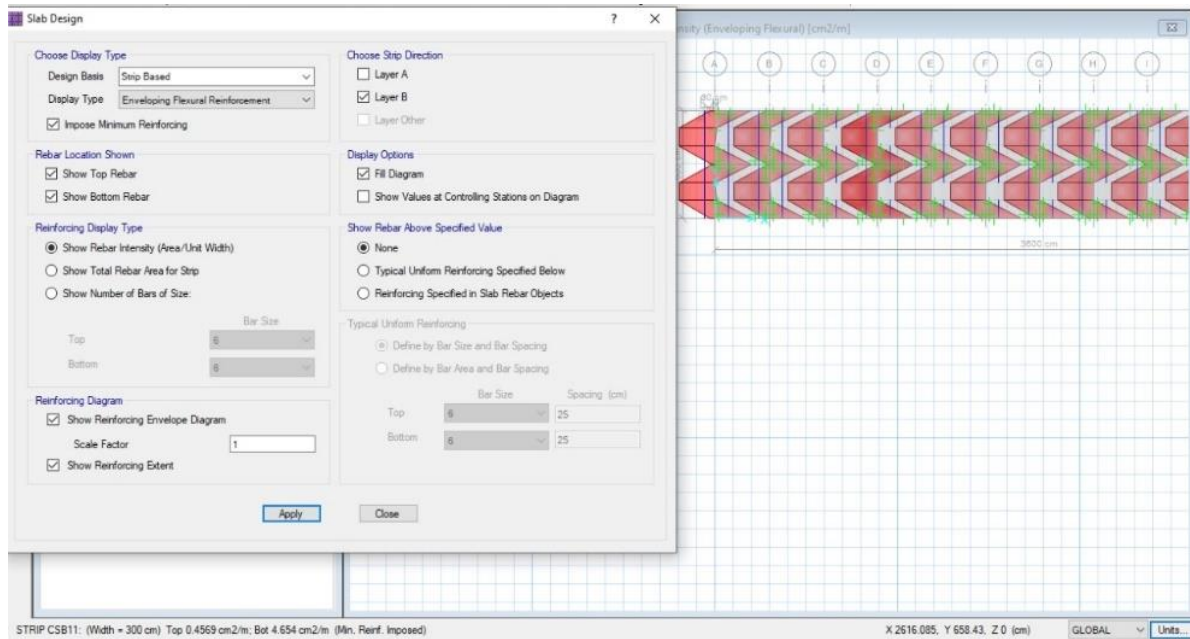
Armadura de acero en el sentido X



Nota: Armadura superior 0.51 cm²/m e inferior 4.65 cm²/m de acero en la losa de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 52.

Armadura de acero en el sentido Y

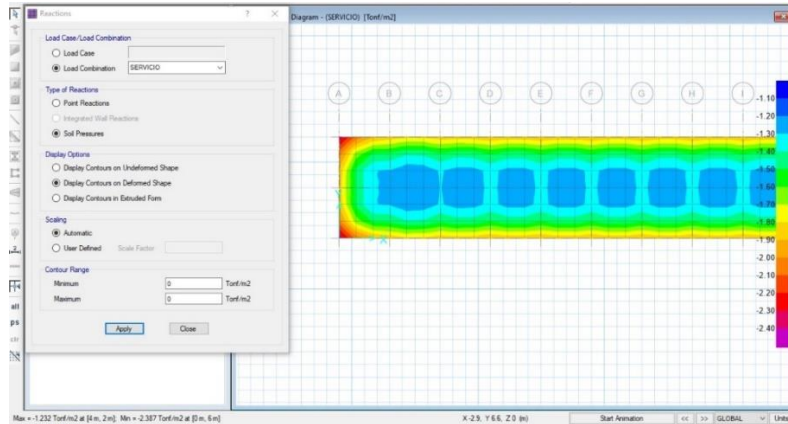


Nota: Armadura superior 0.45 cm²/m e inferior 4.65 cm²/m de acero en la losa de cimentación para un total de 6 casas. Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

5.3.3.2. Esfuerzos transmitidos al suelo

Figura 53.

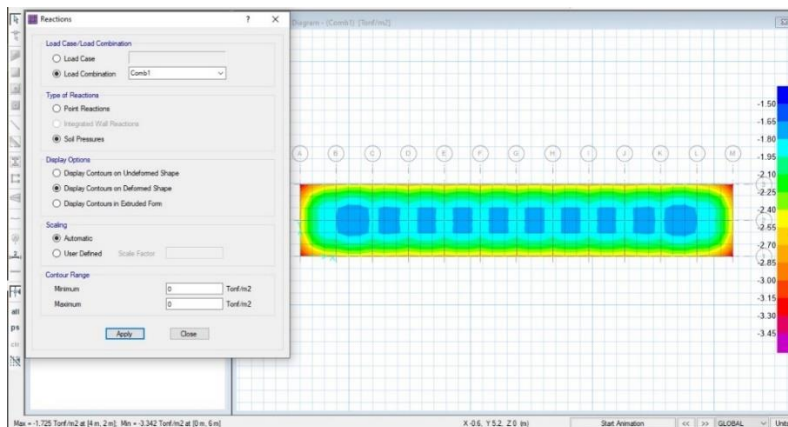
Esfuerzos transmitidos por la combinación SERVICIO



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga SERVICIO obteniendo un esfuerzo máximo de 2.38 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 54.

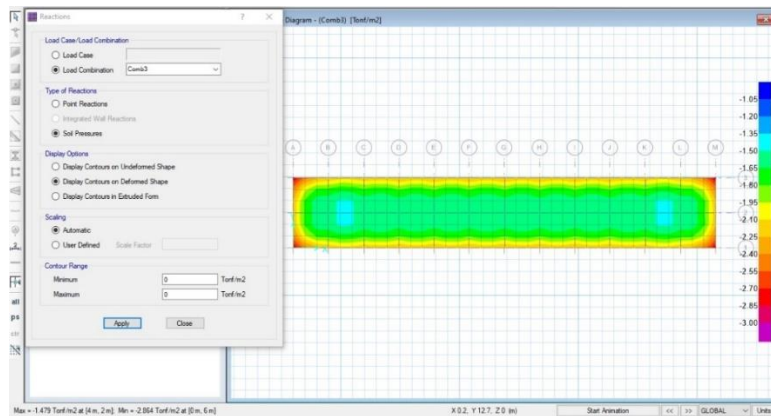
Esfuerzos transmitidos por la combinación 1



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 1 obteniendo un esfuerzo máximo de 3.34 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 55.

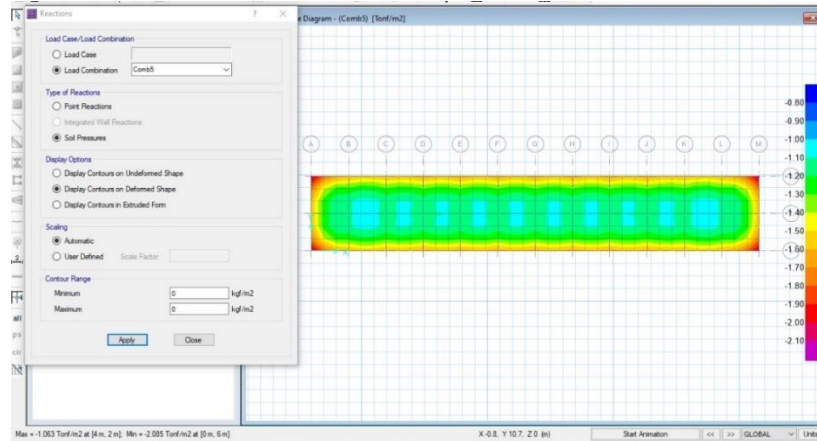
Esfuerzos transmitidos por la combinación 3



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 3 obteniendo un esfuerzo máximo de 2.86 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 56.

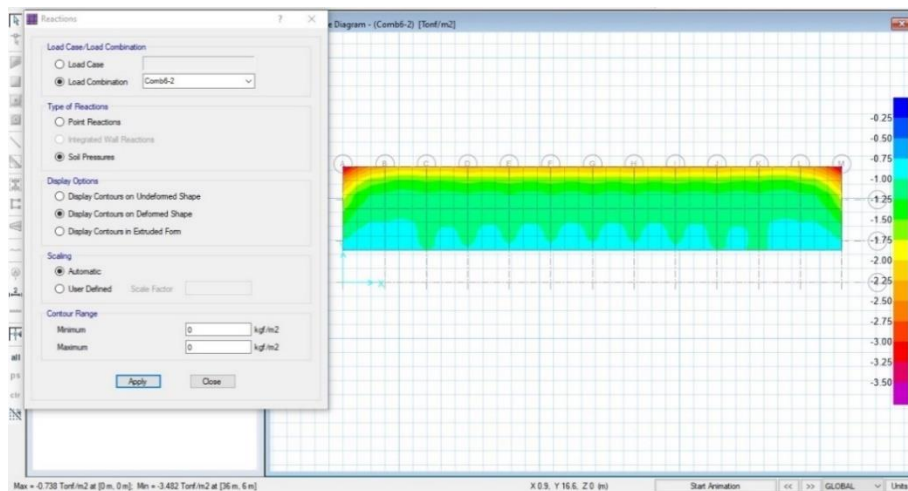
Esfuerzos transmitidos por la combinación 5



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 5 obteniendo un esfuerzo máximo de 2.08 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

Figura 57.

Esfuerzos transmitidos por la combinación 6-2



Nota: Presiones ocasionadas por los esfuerzos transmitidos al suelo por la combinación de carga 6-2 obteniendo un esfuerzo máximo de 3.48 ton/m² verificando que no exceda el esfuerzo admisible de 20.733 ton/m² (inicialmente 15.59 ton/m² mayorado en 1.33% ya que se consideran los efectos sísmicos). Elaborado por: Las autoras a través de SAFE (2016).

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

6.1. Cuantía y costos

Los costos referenciales que se presentan a continuación se obtuvieron de la Revista de la Cámara de la Construcción del año 2023, período octubre-noviembre; así como también del Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales del año 2022 proporcionado de igual manera por la Cámara de la construcción de Quito.

6.1.1. Losa de cimentación

Tabla 13.

Costos del rubro replanteo y nivelación

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,15
Mano de obra	1,40
Materiales	0,12
Costo directo	1,67
Valor propuesto	2,00

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro replanteo y nivelación para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 14.

Costos del rubro limpieza y desbroce

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,07
Mano de obra	1,44
Costo directo	1,51
Valor propuesto	1,82

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro limpieza y desbroce para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 15.

Costo del rubro hormigón en replantillo

Detalle	Costo (USD)
Equipo	6,20
Mano de obra	32,96
Materiales	60,71
Costo directo	99,86
Valor propuesto	119,83

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro hormigón simple $f'c=140$ kg/cm² para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 16.

Costo del rubro hormigón en cimentación

Detalle	Costo (USD)
Equipo	17,20
Mano de obra	38,16
Materiales	70,88
Costo directo	126,24
Valor propuesto	151,49

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro hormigón en cimentación $f'c=210$ kg/cm² para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 17.

Costo del rubro acero de refuerzo

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,14
Mano de obra	0,47
Materiales	1,34
Costo directo	1,95
Valor propuesto	2,35

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en

administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 18.

Costo del rubro encofrado

Detalle	Costo (USD)
Equipo	2,56
Mano de obra	6,33
Materiales	12,97
Costo directo	21,85
Valor propuesto	26,22

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro encofrado para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 19.

Costo del rubro alisado y masillado de pisos

Detalle	Costo (USD)
Equipo	1,74
Mano de obra	3,01
Materiales	0,91
Costo directo	5,66
Valor propuesto	6,79

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro alisado y masillado de pisos para la losa de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

6.1.2. Vigas de cimentación

Tabla 20.

Costos del rubro replanteo y nivelación

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,15
Mano de obra	1,40
Materiales	0,12
Costo directo	1,67
Valor propuesto	2,00

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro replanteo y nivelación para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 21.

Costos del rubro limpieza y desbroce

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,07
Mano de obra	1,44
Costo directo	1,51
Valor propuesto	1,62

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro limpieza y desbroce para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 22.

Costo del rubro hormigón en replantillo

Detalle	Costo (USD)
Equipo	6,20
Mano de obra	32,96
Materiales	60,71
Costo directo	99,86
Valor propuesto	119,63

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro hormigón simple $f'c=140$ kg/cm² para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 23.

Costo del rubro hormigón en cimentación

Detalle	Costo (USD)
Equipo	17,41
Mano de obra	42,38
Materiales	70,88
Costo directo	130,68
Valor propuesto	156,81

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro hormigón en cimentación $f'c=210$ kg/cm² para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 24.

Costo del rubro acero de refuerzo

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,14
Mano de obra	0,47
Materiales	1,34
Costo directo	1,95
Valor propuesto	2,35

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 25.

Costo del rubro encofrado

Detalle	Costo (USD)
Equipo	2,87
Mano de obra	6,33
Materiales	9,31
Costo directo	18,51
Valor propuesto	22,21

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro encofrado para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 26.

Costo del rubro alisado y masillado de pisos

Detalle	Costo (USD)
Equipo	1,74
Mano de obra	3,01
Materiales	0,91
Costo directo	5,66
Valor propuesto	6,79

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro alisado y masillado de pisos para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 27.

Costo del rubro relleno compactado con suelo natural

Detalle	Costo (USD)
Equipo	2,75
Mano de obra	5,06
Materiales	0,02
Costo directo	7,84
Valor propuesto	9,40

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro relleno y compactación con suelo natural para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 28.

Costo del rubro contrapiso H.S F'C=180kg/cm² E=6cm

Detalle	Costo (USD)
Equipo	2,24
Mano de obra	8,30
Materiales	0,72
Costo directo	11,26
Valor propuesto	13,51

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro contrapiso H.S F'C=180kg/cm² E=6cm para las vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

6.1.3. Losa con vigas embebidas de cimentación

Tabla 29.

Costos del rubro replanteo y nivelación

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,15
Mano de obra	1,40
Materiales	0,12
Costo directo	1,67
Valor propuesto	2,00

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro replanteo y nivelación para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 30.

Costos del rubro limpieza y desbroce

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,07
Mano de obra	1,44
Costo directo	1,51
Valor propuesto	1,82

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro limpieza y desbroce para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en

administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 31.

Costo del rubro hormigón en replantillo

Detalle	Costo (USD)
Equipo	6,20
Mano de obra	32,96
Materiales	60,71
Costo directo	99,86
Valor propuesto	119,83

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro hormigón simple $f'c=140$ kg/cm² para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 32.

Costo del rubro hormigón en cimentación

Detalle	Costo (USD)
Equipo	17,20
Mano de obra	38,16
Materiales	70,88
Costo directo	126,24
Valor propuesto	151,49

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro hormigón en cimentación $f'c=210$ kg/cm² para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 33.

Costo del rubro acero de refuerzo

Detalle	Costo (USD)
Equipo	0,14
Mano de obra	0,47
Materiales	1,34
Costo directo	1,95
Valor propuesto	2,35

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 34.

Costo del rubro encofrado

Detalle	Costo (USD)
Equipo	2,56
Mano de obra	6,33
Materiales	12,97
Costo directo	21,85
Valor propuesto	26,22

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro encofrado para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 35.

Costo del rubro alisado y masillado de pisos

Detalle	Costo (USD)
Equipo	1,74
Mano de obra	3,01
Materiales	0,91
Costo directo	5,66
Valor propuesto	6,79

Nota: Costos extraídos de la elaboración de los APUS para el rubro alisado y masillado de pisos para la losa con vigas de cimentación incrementa al costo directo un 20% destinado a: 7% en administración, 5% en imprevistos y 8% en utilidades. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

6.2. Comparación de resultados

Se presentan los valores presupuestados para cada uno de los modelos de cimentación con el fin de comparar los valores totales, para poder realizar una posterior comparación y en base a ello escoger el modelo más conveniente.

Tabla 36.*Comparación de volúmenes para 216 m² de construcción*

Rubro	Losa de cimentación	Viga de cimentación	Losa con viga de cimentación
Replanteo y nivelación (m ²)	216,00	46,50	262,50
Limpieza y desbroce (m ²)	216,00	216,00	216,00
Hormigón en replantillo f'c=140 kg/m ² (m ³)	15,12	3,08	15,12
Hormigón en cimentación f'c=210 kg/cm ² (m ³)	54,00	11,02	54,00
Acero de refuerzo (kg)	3.693,57	1.414,15	4.448,91
Encofrado (m ²)	26,88	103,68	26,88
Alisado y masillado de piso (m ²)	216,00	216,00	216,00
Relleno compactado con suelo natural (m ³)	-	150	-
Contrapiso H.S F'C=180kg/cm ² E=6cm (m ²)	-	216	-

Nota: Comparación de volúmenes de cada una de las cimentaciones. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 37.

Comparación de presupuestos para un bloque de 6 viviendas

Rubro	Losa de cimentación	Viga de cimentación	Losa con viga de cimentación
Replanteo y nivelación (USD)	432,53	93,11	525,64
Limpieza y desbroce (m2)	392,35	392,35	392,35
Hormigón en replantillo f'c=140 kg/m2 (USD)	1.811,87	369,08	1.811,87
Hormigón en cimentación f'c=210 kg/cm2 (USD)	8.180,65	1.738,10	8.180,65
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (USD)	8.665,07	3.317,58	10.437,08
Encofrado (USD)	704,82	2.302,80	704,82
Alisado y masillado de piso (USD)	1.467,10	1.467,10	1.467,10
Relleno compactado con suelo natural (USD)	-	1.410,61	-
Contrapiso H.S F'C=180kg/cm2 E=6cm (USD)	-	2.918,90	-
Total (USD)	21.654,38	13.999,62	23.519,52

Notas: Comparación de presupuestos empleados en cada tipo de cimentación para un total de 216 m2 de construcción, es decir 216 m2. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

Tabla 38.*Comparación de presupuestos para un bloque de 6 viviendas*

Rubro	Losa de cimentación	Viga de cimentación	Losa con viga de cimentación
Replanteo y nivelación (USD)	2,11	0,43	2,43
Limpieza y desbroce (USD)	1,82	1,82	1,82
Hormigón en replantillo f'c=140 kg/m2 (USD)	8,39	1,71	8,39
Hormigón en cimentación f'c=210 kg/cm2 (USD)	37,87	8,00	37,87
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (USD)	40,11	15,36	43,32
Encofrado (USD)	3,26	10,66	3,26
Alisado y masillado de piso (USD)	6,79	6,79	6,79
Relleno compactado con suelo natural (USD)	-	6,53	-
Contrapiso H.S F'C=180kg/cm2 E=6cm (USD)	-	13,51	-
Total (USD)	100,35	64,81	108,89

Notas: Comparación de presupuestos empleados en cada tipo de cimentación por m2 de construcción. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

6.3. Cronograma de actividades

6.3.1. Losa de cimentación

Figura 58.

Cronograma de actividades para una losa de cimentación

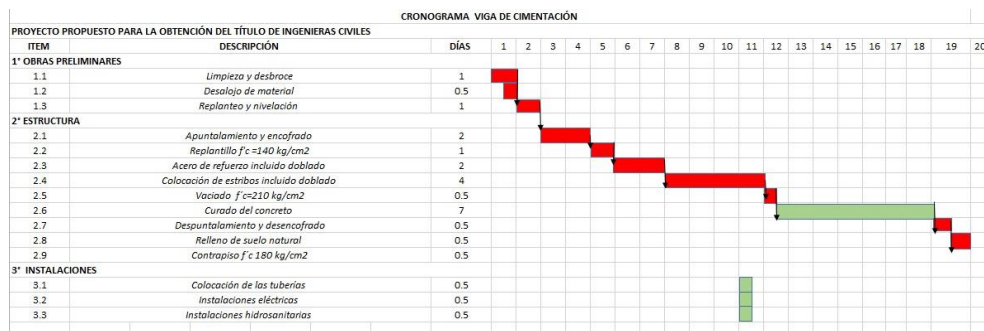


Nota: Se presenta el cronograma con los días de duración de las actividades necesarias para ejecutar una losa de cimentación. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

6.3.2. Viga de cimentación

Figura 59.

Cronograma de actividades para una viga de cimentación



Nota: Se presenta el cronograma con los días de duración de las actividades necesarias para ejecutar una viga de cimentación. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

6.3.3. Losa con vigas de cimentación

Figura 60.

Cronograma de actividades para una losa con vigas de cimentación



Nota: Se presenta el cronograma con los días de duración de las actividades necesarias para ejecutar una losa con vigas de cimentación. Elaborado por: Las autoras a través de Excel.

CONCLUSIONES

Para conocer las presiones que genera el suelo de acuerdo con la cimentación que se seleccionará se analizó cada una de ellas en base a las cargas de servicio incluyendo el efecto que produce el sismo pues son las mayores sollicitaciones que se observan.

Las vigas al ser una estructura liviana presentan un desplazamiento considerable a diferencia de los otros modelos propuestos, es una estructura con alto riesgo deslizante pue; la losa tiene una distribución de cargas homogéneas y un asentamiento de 0.08mm y al ser uniformemente distribuida sus desplazamientos son mínimos.

A partir del análisis realizado se determinó que la losa de cimentación generaba menores esfuerzos en el suelo debido a su reducido peso, pues debemos considerar la baja capacidad admisible que presenta el suelo de la provincia de Esmeraldas donde ubicó el proyecto, por lo cual está propenso a fallar y hacer que la estructura de igual manera sufra daños.

Se procuró tener una configuración estructural óptima, pero que se desempeñe de manera correcta, lo cual se pudo verificar mediante el programa ETABS debido a que este programa se especializa en el análisis de edificios, previo a exportar el modelo final al programa SAFE el cual es especializado en cimentaciones, en base a la configuración se definiría la carga que soporta la cimentación.

Con los modelos finales y con el uso de la Revista de Cámara de la Construcción se estableció el análisis de precios unitarios de cada uno de los rubros que abarca la implementación de las cimentaciones, para las cuales el número de rubros fue el mismo; con el Manual de Análisis de Precios Unitarios Referenciales se determinaron las actividades necesarias para cada rubro, así como también el número y tipo de personal que interviene.

El presupuesto final de las vigas de cimentación para un bloque de 6 casas resultó ser el más económico siendo este \$ 13.999,62 USD, en comparación a losa de cimentación \$ 21.654,38 USD y la losa con vigas de cimentación \$ 23.519,52 USD, esto se debe a la complejidad y el detalle en lo que respecta a la ejecución de las vigas. De igual manera la establecer la comparación por m² de construcción las vigas tienen un total de \$ 64,81 USD a pesar de que en su construcción se involucra contrapiso ya que su configuración estructural lo ameritaba, la losa de cimentación tiene un total de \$100,35 USD por m² de construcción y la losa con vigas embebidas un total de \$ 108,89 USD por m² de construcción siendo este el modelo con un costo más elevado.

De acuerdo con el cronograma de actividades se establecieron un total de 19 días para llevar a cabo la ejecución de vigas de cimentación ya que como se mencionó las vigas al ser una estructura con más detalle influye directamente en el tiempo de implementación, al tener una cimentación compuesta por una losa con vigas embebidas se obtienen un total de 22 días de ejecución ya que incrementa el grado de detalle, lo contrario sucede cuando se trata de una losa de cimentación para la cual se destinan 15 días y medio; siendo la losa de cimentación la opción si se trata de menor tiempo de ejecución.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el análisis estructural que se realizó a las cimentaciones en las cuales se puede observar la importancia del conocimiento de normas y criterios constructivos se recomienda:

El uso y aplicación de programas que nos ayuden a optimizar el diseño propuesto.

Es oportuno colocar en conocimiento a las autoridades del sector en el cual se hizo el análisis de suelo sobre el proyecto que se realizó con fines profesionales para que ellos puedan dar uso oportuno a los resultados obtenidos en esta investigación.

Considerando la importancia de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, es recomendable la aplicación óptima para proyectos técnicos y con fines académicos

Examinar la diferencia de costos y cómo influye en la economía el uso de los diferentes tipos de cimentaciones que se encuentran hábil para el suelo a analizar.

Además, para elaborar presupuestos es recomendable usar los precios otorgados por proformas obtenidas de los sitios de donde se obtendrá la materia prima, ya que la Revista de la Cámara de la Construcción solo presenta costos referenciales que en su mayoría suelen ser muy elevados.

GLOSARIO

Cimentación, elemento estructural que transmite y distribuye las cargas hacia el suelo proporcionando así la resistencia y estabilidad a la vivienda.

Viga, elemento estructural ubicado de forma horizontal que soporta diferentes tipos de cargas y los distribuye a elementos verticales como columna o muros, en el caso de cimentación los esfuerzos son transmitidos al suelo.

Losa, elemento estructural horizontal que cumple funciones como cubrir y proporcionar soporte a los techos o pisos, en el caso de trabajar como cimentación, se clasifica acorde a la necesidad de cada estructura.

Costos, son los valores asociados a la producción de un determinado producto, a partir del cual se generará un presupuesto, se puede incluir elementos como materiales, mano de obra, maquinaria, transporte, etc.

Sismo, movimiento de la tierra causado por la liberación de energía, se asocia principalmente con el choque de las placas tectónicas. Según su magnitud puede causar un grado de destrucción.

REFERENCIAS

- Alva, J. (2023). *Cimentaciones Superficiales*. Cimentaciones Superficiales.
<https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/cimentaciones-superficiales/>
- Cortez, I. J. (n.d.). © *Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Alcaldesa de Esmeraldas*
Ing . Lucía Sosa Robinzón Coordinador UGR-CC MSc . Betto Estupiñán Toro Elaborado
por : MSc . Betto Estupiñán Toro Ing . Gipsy Santos Palma Ing . Antonella Oleas Ing .
Gabriela Vargas .
- Das, B. M. (2011). *Fundamentos ingeniería cimentaciones*. Cengage Learning.
- GAD Esmeraldas. (2015). *PDOT GAD Provincial de Esmeraldas Septiembre (2015-2025)*. 248.
<https://www.prefecturadeesmeraldas.gob.ec/web/assets/2017--pdot-gadpe-septiembre.pdf>
- MIDUVI. (2014a). *CARGAS (NO SÍSMICAS)*.
- MIDUVI. (2014b). *GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*.
- MIDUVI. (2014c). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*.
- Sánchez Duchicela, D. (2017). Análisis Estructural Sismo Resistente de Hormigón Armado entre Sistema Tradicionales de Cimentación y Aisladores Sísmicos en la Provincia de Esmeraldas-Tonsupa para el Conjunto Habitacional Antalya. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito], 1–100. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Tipos de cimentación y descripciones - Eadic*. (n.d.). Retrieved November 3, 2023, from <https://eadic.com/blog/entrada/tipos-de-cimentacion-descripciones/>
- Villalaz, C. (2004). Mecanica de suelos y cimentaciones. In *Mecanica de suelos y cimentaciones*

(p. 652). <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>

Yepes Piqueras, V. (2020). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. *Colección Manual de Referencia*, 2, 480. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/11/criterios-basicos-de-eleccion-del-tipo-de-cimentacion/>

Zapatas Aisladas. (n.d.). Retrieved January 19, 2024, from <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/soluciones/cimentaciones-superficiales/zapatas-aisladas/>