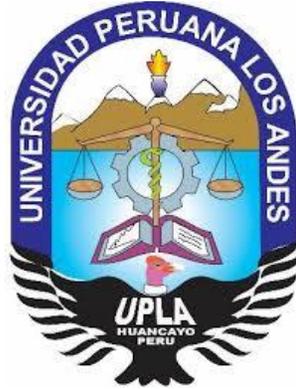


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL:**

**DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON  
SÓTANO UTILIZANDO EL SISTEMA  
AORTICADO EN EL DISTRITO DEL TAMBO  
PROVINCIA DE HUANCAYO**

**PRESENTADO POR:**

**BACHILLER: MUÑOZ URIBE JHONATAN**

**INFORME PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ  
2021**

## **DEDICATORIA**

**A mi hija María Fernanda, por ser fuente de mi inspiración, motor y motivo que gracias a su amor incondicional tengo los objetivos claros a seguir adelante hacia el camino del éxito.**

## **AGRADECIMIENTO**

**A toda mi familia, gracias a su apoyo incondicional, esfuerzo y brindarme siempre lo mejor para así poder alcanzar mis metas.**

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE**

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA  
JURADO**

---

**ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES  
JURADO**

---

**ING. ERNESTO WILLY GARCIA POMA  
JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
SECRETARIO DE DOCENTE**

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLA .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I: .....</b>	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>16</b>
1.1. Planteamiento del problema de investigación.....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos .....	18
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general .....	18
1.3.2. Objetivos específicos .....	18
1.4. Justificación.....	19
1.4.1. Practica o social.....	19
1.4.2. Metodología .....	19
1.5. Delimitación .....	20
1.5.1. Delimitación espacial .....	20
1.5.2. Delimitación temporal.....	20
1.5.3. Delimitación económica.....	20
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1.1. Antecedentes .....	21
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	21

2.1.3. Antecedentes nacionales .....	22
2.2. Marco conceptual .....	24
2.2.1. Definición de los Sistemas Estructurales .....	24
2.2.2. Transmisión de Cargas .....	26
2.2.3. Ventajas y Desventajas .....	27
2.3. Definición de términos .....	28
2.4. Bases legales .....	32
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>33</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>33</b>
3.1. Tipo de estudio .....	33
3.2. Nivel de estudio.....	33
3.3. Diseño de estudio .....	33
3.4. Población y muestra .....	33
3.4.1. Población .....	33
3.4.2. Muestra .....	33
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5.1. Técnicas: .....	34
3.5.2. Instrumento: .....	34
3.5.3. Documentales (mediante el análisis documental).....	34
3.6. Procesamiento de la información:.....	34
3.6.1. Trabajo de campo:.....	34
3.6.2. Trabajo de gabinete:.....	35
3.7. Procesamiento de la información .....	35
3.8. Técnicas y análisis de datos: .....	35
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1. Generalidades del proyecto .....	36
4.1.1. Ubicación del proyecto: .....	36
4.1.2. Proceso metodológico: .....	37
4.1.3. Características del inmueble: .....	37
4.1.4. Normas de diseño:.....	38

4.1.5. Propiedades de los materiales: .....	38
4.1.6. Cargas verticales: .....	38
4.2. Pre - dimensionamiento de elementos estructurales: .....	39
4.2.1. Pre - dimensionamiento de columnas: .....	39
4.2.2. Pre - dimensionamiento de losa aligerada:.....	42
4.2.3. Pre - dimensionamiento de vigas: .....	42
4.2.4. Pre- dimensionamiento de muros estructurales: .....	43
4.2.5. Resumen de elementos estructurales:.....	43
4.3. Análisis modal espectral: .....	44
4.3.1. Parámetros de diseño: .....	44
4.3.2. Estimación de peso:.....	48
4.3.3. Análisis dinámico modal espectral: .....	48
4.4. Modelamiento de la vivienda unifamiliar con sótano:.....	49
4.4.1. Definiendo materiales: .....	49
4.4.2. Definiendo elementos estructurales: .....	50
4.4.3. Definiendo losas:.....	52
4.4.4. Definiendo casos de carga:.....	53
4.4.5. Definiendo las masas: .....	54
4.4.6. Asignando brazo rígido: .....	54
4.4.7. Asignando diafragma rígido: .....	55
4.4.8. Definiendo espectro de respuesta:.....	55
4.4.9. Definiendo carga sísmica: .....	56
4.4.10. Definiendo modos de vibración: .....	58
4.4.11. Comprobación de errores: .....	58
4.5. Resultados del análisis dinámico modal espectral: .....	59
4.5.1. Peso de la edificación:.....	59
4.5.2. Modos y periodo fundamental de vibración: .....	60
4.5.3. Análisis de los desplazamientos laterales: .....	60
4.5.4. Análisis de la cortante basal:.....	62
4.6. Diseño de elementos estructurales: .....	65
4.6.1. Diseño de viga:.....	65

4.6.2. Diseño de losa aligerada: .....	80
4.7. Diseño de cimentación: .....	82
4.7.1. Modelamiento en el programa SAFE:.....	82
4.7.2. Resultados de la cimentación propuesta: .....	87
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>BILIOGRAFIA.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos 1: .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos 2: .....</b>	<b>99</b>
<b>Anexos 3: Planos .....</b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cinturón de Fuego del Pacifico o Anillo de Fuego del Pacifico.....	17
Figura 2 Proceso Constructivo del Sistema Estructural Aporticado. ....	25
Figura 3 Proceso Constructivo del Sistema Estructural de Albañilería Confinada.....	26
Figura 4 Camino de Cargas para el Sistema Estructural Aporticado. ....	26
Figura 5 Camino de Cargas para el Sistema Estructural de Albañilería Confinada.....	27
Figura 6 Ubicación provincial .....	36
Figura 7 Dirección del edificio lavado .....	37
Figura 8 Área tributaria columna central.....	40
Figura 9 Área tributaria columna esquinas.....	41
Figura 10 Factor de zona .....	45
Figura 11 Categoría de las edificaciones .....	46
Figura 12 Clasificación de los perfiles de suelo .....	46
Figura 13 Clasificación de suelos .....	46
Figura 14 Periodos $T_p$ y $T_L$ .....	47
Figura 15 Factor de ampliación sísmica .....	47
Figura 16 Sistemas estructurales .....	48
Figura 17 Espectro Pseudo - Aceleraciones .....	49
Figura 18 Concreto $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	50
Figura 19 Refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .....	50
Figura 20 Columna CC-25x25cm .....	50
Figura 21 Columna CL-25x25cm.....	51
Figura 22 Viga principal VP-25x30cm .....	51
Figura 23 Viga secundaria VS-25x30cm .....	51
Figura 24 Viga chata VCH-25x20cm.....	52
Figura 25 Viga voladizo VB-15x20cm .....	52
Figura 26 Definiendo losa aligerada.....	53
Figura 27 Definiendo escalera.....	53
Figura 28 Definiendo los casos de carga .....	54
Figura 29 Definiendo las masas.....	54

Figura 30 Asignando brazo rígido.....	55
Figura 31 Asignando diafragma rígido.....	55
Figura 32 Asignando el espectro de respuesta.....	56
Figura 33 Carga sísmica para el sentido X - X.....	57
Figura 34 Carga sísmica para el sentido Y – Y .....	57
Figura 35 Definiendo modos de vibración .....	58
Figura 36 Comprobando errores.....	58
Figura 37 Vivienda unifamiliar con sótano en 3D .....	59
Figura 38 Diseño de vigas en el sótano .....	66
Figura 39 Diseño de vigas en el 1° nivel.....	67
Figura 40 Diseño de vigas en el 2° nivel.....	68
Figura 41 Diseño de vigas en el 3° nivel.....	69
Figura 42 Diagramas de interacción para sismo en el eje X – X de columna CC.....	73
Figura 43 Diagramas de interacción para sismo en el eje Y – Y de columna CC.....	73
Figura 44 Diagramas de interacción para sismo en el eje X – X de columna CL.....	76
Figura 45 Diagramas de interacción para sismo en el eje Y – Y de columna CL.....	76
Figura 46 Parámetros de diseño y metrado de cargas de la escalera.....	77
Figura 47 Diseño del primer tramo de la escalera.....	78
Figura 48 Diseño del segundo tramo de la escalera .....	79
Figura 49 Cálculo de momentos en la losa aligerada.....	80
Figura 50 Diseño y distribución de acero en la losa aligerada.....	81
Figura 51 Exportando las cargas del programa ETABS al SAFE.....	82
Figura 52 Módulo de balasto.....	83
Figura 53 Creando Carga de servicio .....	84
Figura 54 Combinaciones de carga .....	85
Figura 55 Cimentación apoyada sobre el suelo .....	86
Figura 56 Puntos restringidos.....	86
Figura 57 Importando carga muerta .....	87
Figura 58 importando carga viva.....	87
Figura 59 Presiones sobre las zapatas Z1 propuesta.....	88
Figura 60 asentamiento de las zapatas Z1 propuesta.....	88

Figura 61 Cuantilla de acero en el eje X – X de las zapatas Z1 propuesta.....	89
Figura 62 Cuantilla de acero en el eje Y – Y de las zapatas Z1 propuesta.....	89
Figura 63 Zapata Z1 con acero de refuerzo.....	90
Figura 64 Cuantilla de acero en el eje X – X de las zapatas Z2 propuesta.....	91
Figura 65 Cuantilla de acero en el eje Y – Y de las zapatas Z2 propuesta.....	91
Figura 66 Zapata Z2 con reforzamiento de acero.....	92
Figura 67 Cuantilla de acero en el eje X – X de las zapatas Z3 propuesta.....	92
Figura 68 Cuantilla de acero en el eje Y – Y de las zapatas Z2 propuesta.....	93
Figura 69 Zapata Z3 con reforzamiento de acero.....	93

**ÍNDICE DE TABLA**

Tabla 1 Hogares en viviendas propias por condición de tenencia de título de Propiedad, .....	16
Tabla 2 Hogares en viviendas particulares, según tipo de vivienda que ocupan.....	16
Tabla 3 Elementos estructurales .....	44
Tabla 4 Peso del edificio .....	59
Tabla 5 Modos y periodo de vibración.....	60
Tabla 6 Desplazamientos laterales en el eje X – X .....	61
Tabla 7 Desplazamientos laterales en el eje Y – Y .....	62
Tabla 8 Parámetros de diseño sísmicos .....	63
Tabla 9 Cortante dinámica en el eje X – X.....	64
Tabla 10 Cortante dinámica en el eje Y – Y.....	64
Tabla 11 Cargas de la columna CC .....	70
Tabla 12 Combinación de cargas de la columna CC.....	71
Tabla 13 Cargas para sismo en el eje X – X para columna CC.....	72
Tabla 14 Cargas para sismo en el eje Y – Y para columna CC.....	72
Tabla 15 Cargas de la columna CL .....	74
Tabla 16 Combinación de cargas de la columna CL .....	74
Tabla 17 Cargas para sismo en el eje X – X para columna CL.....	75
Tabla 18 Cargas para sismo en el eje Y – Y para columna CL.....	75
Tabla 19 Dimensiones de las zapatas propuestas .....	82

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo como problemática principal: ¿Cómo identificar los valores estructurales de una vivienda unifamiliar con sótano; verificando su posible comportamiento ante un movimiento sísmico en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo?, con este se propuso nuestro objetivo principal que fue: Realizar el cálculo estructural de una vivienda unifamiliar con sótano; verificando su posible comportamiento ante un movimiento sísmico. Con respecto a la metodología el tipo de estudio fue el aplicado dado que se hizo uso de la teoría existente en materia de construcción de edificaciones para dar solución a problemas reales como es el caso de tener edificaciones estables y con adecuado valor costo económico, con lo respecto al nivel de estudio fue descriptivo, dado que en primer lugar se describió la realidad problemática ocasionado por factores de riesgo y seguridad con la finalidad de salvaguardar de las personas que harán uso de esta edificación, con fines de recreación y fuente de trabajo y por ultimo con lo concerniente al diseño de este estudio fue no experimental porque no se manipulo deliberadamente las variables, siendo así que los principales parámetros que comprende el proyecto fueron realizados por los responsables de su formulación, siendo la responsabilidad de los ejecutores de este proyecto solamente su ejecución, en lo concerniente a la población estuvo constituida por el edificio del distrito de El Tambo provincia de Huancayo y consecuentemente en el departamento de Junín y el El tipo de muestreo fue el no aleatorio o no probabilístico o dirigido y que para efectos de esta investigación estuvo comprendido por el edificio Lavado ubicado en Jr. Ricardo palma 1211 el tambo Huancayo en el tambo de la ciudad de Huancayo y así poder deducir a edificios similares para generalizar y también porque el proyecto así lo exigía, todo esto nos llegó a la conclusión principal: que la estructura pre – dimensionada garantiza la segura de los usuarios de la vivienda unifamiliar con sótano debido a que los desplazamientos laterales de la estructura son menores a la máxima admisible de 0.007 y tendrá un comportamiento acorde durante un movimiento sísmico.

**Palabras clave:** sistema aporticado, sistema confinado y comportamiento sísmico

## ABSTRACT

The present work of professional sufficiency had as main problem: How to identify the structural values of a single-family house with a basement; verifying its possible behavior before a seismic movement in the El Tambo district of the Huancayo province? With this, our main objective was proposed, which was: Carry out the structural calculation of a single-family house with a basement; verifying its possible behavior before a seismic movement. Regarding the methodology, the type of study was applied, since the existing theory in the field of construction of buildings was used to solve real problems such as having stable buildings and with adequate economic cost value, with which Regarding the level of study, it was descriptive, since in the first place the problematic reality caused by risk and safety factors was described in order to safeguard the people who will use this building, for recreation purposes and a source of work and for The last with regard to the design of this study was non-experimental because the variables were not deliberately manipulated, thus the main parameters included in the project were made by those responsible for its formulation, being the responsibility of the executors of this project only their The execution, with regard to the population, was constituted by the El Tam district building bo province of Huancayo and consequently in the department of Junín and El The type of sampling was non-random or non-probabilistic or directed and that for the purposes of this research was comprised by the Lavado building located in Jr. Ricardo palma 1211 el tambo Huancayo in the dairy farm of the city of Huancayo and thus be able to deduce similar buildings to generalize and also because the project required it, all this reached the main conclusion: that the pre-dimensioned structure guarantees the safety of the users of the single-family home with a basement because the lateral displacements of the structure are less than the maximum admissible of 0.007 and will have a consistent behavior during a seismic movement.

**Keywords:** contributed system, confined system and seismic behavior

## INTRODUCCIÓN

El proyecto comprende el análisis y diseño de un edificio de concreto armado compuesto de 3 niveles y un sótano más azotea, el mismo que estará ubicado en Jr. Ricardo Palma 1211 el tambo Huancayo en un área de sobre un terreno plano de 50,88 m<sup>2</sup>, y el perímetro 28.9 metros de área total inicialmente se realizara un análisis sísmico de la estructura planteada de una vivienda unifamiliar con sótano para posterior se diseñar los elementos estructurales de una vivienda unifamiliar con sótano y por último se diseñara la cimentación adecuada de una vivienda unifamiliar con sótano, para un mejor entendimiento de dividió en los siguientes capítulos que se detallan a continuación:

- **En el Capítulo I:** Planteamiento del problema; donde se plantea el problema general y los problemas específicos, los objetivos tanto el general como los específicos, la justificación práctica y metodológica y, por último, la delimitación espacial y temporal.
- **En el Capítulo II:** Marco teórico; se desarrolla los estudios previos y la literatura necesaria para nuestra investigación mediante los antecedentes como el marco conceptual.
- **En el Capítulo III:** Metodología; se plantea la estructura medular de una investigación con el tipo de estudio, nivel de estudio, diseño de estudio y técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.
- **En el Capítulo IV:** el desarrollo del informe, en este acápite se trata de los resultados la discusión de resultados del presente trabajo de suficiencia profesional y concluirá con las conclusiones, recomendaciones, referencia bibliográfica y anexos del mismo.

**El Autor (a)**

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del problema de investigación

En el departamento de Junín la informalidad de viviendas registro en el año 2013 un 52.40%, el 2014 un 52.20% y el último registro realizado en el 2015 arrojó un 57.80%, tal y como se evidencia en la tabla siguiente. “Uno de los más graves problemas que afecta a nuestro país es el alto índice de construcción informal de viviendas. Ello no solamente genera un crecimiento desordenado de las ciudades, sino también es un peligro para las familias que edifican en terrenos vulnerables” (Aranda, 2015).

Tabla 1  
Hogares en viviendas propias por condición de tenencia de título de Propiedad,

<b>Junín</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Viviendas Con Título de Propiedad	47.60%	47.80%	42.20%
Viviendas Sin Título de Propiedad	52.40%	52.20%	57.80%
Σ Total	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares.

La población en el constante crecimiento que evidencia en los últimos años, se ve con la necesidad de adquirir hogares en viviendas particulares, según el tipo de vivienda que ocupan, tales como: casa independiente, departamento de edificio, vivienda en casa de vecindad (callejón, solar o corralón) y otros que permitan desarrollarse. Según la a continuación, se puede afirmar que la población tiende a optar por tener una casa independiente, esto se evidencia en los altos porcentajes de 86.39, 85.82 y 86.04, para los años 2014, 2015 y 2016 respectivamente.

Tabla 2  
Hogares en viviendas particulares, según tipo de vivienda que ocupan

<b>Tipos de Vivienda</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Casa Independiente	86.39%	85.82%	86.04%
Departamento de Edificio	6.28%	7.22%	7.12%

Vivienda en Casa de Vecindad (Callejón, Solar o Corralón)	4.26%	4.01%	4.27%
Otros	3.06%	2.95%	2.58%
Σ Total	100.00%	100.00%	100.00%

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares.

de acuerdo a datos estadísticos emitidos por el Sistema Sismológico Nacional (SSN), todos los sismos de gran magnitud entre 2.9 y 4.3 en la escala de Richter, se encuentran ubicados dentro del Cinturón de Fuego o Cinturón Circumpacífico, tal como se muestra en la Figura siguiente, donde se muestra nuestra región de Junín, principalmente en el Valle del Mantaro, no está libre de sufrir un movimiento sísmico, teniendo en cuenta que está amenazado por la falla geológica del Huaytapallana y un silencio sísmico de 49 años. Al revisar la historia se evidencia que “Los principales sismos que ocurridos en las zonas aledañas a Huancayo se dieron en el año 1969, en el mes de Julio (Pariahuanca, Magnitud de 5.6) y en el mes de Octubre (Pariahuanca, Magnitud de 6.2) que ocasionaron daños, estos dos sismos ocurrieron por la reactivación de la Falla del Huaytapallana” (Silgado, 1978).



Figura 1 Cinturón de Fuego del Pacífico o Anillo de Fuego del Pacífico.  
Fuente: Equipo Editorial de El Centinela (2017).

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo identificar los valores estructurales de una vivienda unifamiliar con sótano; verificando su posible comportamiento ante un movimiento sísmico en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo identificar si una vivienda unifamiliar con sótano tiene adecuado comportamiento sísmico en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo?
- b) ¿Cómo identificar los posibles elementos estructurales de una vivienda unifamiliar con sótano en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo?
- c) ¿Cómo identificar los posibles efectos que produciría al diseñar una cimentación adecuada de una vivienda unifamiliar con sótano en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Realizar el cálculo estructural de una vivienda unifamiliar con sótano; verificando su posible comportamiento ante un movimiento sísmico.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Realizar el análisis sísmico de la estructura planteada de una vivienda unifamiliar con sótano.
- b) Diseñar los elementos estructurales de una vivienda unifamiliar con sótano
- c) Diseñar la cimentación adecuada de una vivienda unifamiliar con sótano.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Practica o social**

El presente informe técnico para la modalidad de suficiencia profesional se, desarrolla por la necesidad de mejorar y ayudar al crecimiento constructivo dentro del sector inmobiliario del distrito de el Tambo y como consecuencia de la provincia de Huancayo, la misma que mostrara identificar un adecuado proceso y poner en conocimiento un adecuado de diseño para viviendas multifamiliares, mediante la utilización de los sistemas estructurales para este tipo de edificaciones, el que finalmente forma para como un aporte para la contribución de todos los profesionales de la ingeniería civil entre otras carreras similares para logrará enriquecer parte de la formación obtenida en la universidad y retribuir a la sociedad, porque la ciudad de Huancayo se mantiene en un alto grado de silencio sísmico en la región, nos convierte en una ciudad vulnerable a dicha eventualidad

### **1.4.2. Metodología**

Para el desarrollo del proyecto se tendrá en consideración las normas vigentes del reglamento de edificaciones del Perú y las normas vigentes como la E030 y E070, las cuales muestran todos los requerimientos propios y específicos de las construcciones propias de la zona del distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo, la misma que en su aplicación del diseño y cálculo para cada elemento que conforma toda la estructura de concreto armando de la edificación para posteriores investigaciones en el área de la mecánica estructural, que han ido incrementado diversos cuidados para el diseño, con la finalidad que las edificación sean diseñados acorde con los requerimientos mínimos de fuerza lateral de los códigos de diseño. Los recientes sismos han mostrado que los edificios diseñados y construidos de acuerdo a los códigos más recientes proveen una buena respuesta, pero el costo de reparación de daños y el tiempo necesario para implementar estas reparaciones son más grandes que las anticipadas

## 1.5. Delimitación

### 1.5.1. Delimitación espacial

La presente investigación que tiene de título: **“DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON SÓTANO UTILIZANDO EL SISTEMA APORTICADO EN EL DISTRITO DEL TAMBO PROVINCIA DE HUANCAYO”**, se propone la siguiente delimitación de esta de investigación:

- Norte: urbanización la serenazgo de Av. Mariátegui y el jr. Ricardo Palma
- Sur: pasaje colon y Jr. Ricardo Palma
- Este: urbanización Pio pata Jr. Pedro Gálvez
- Oeste: pasaje amancebados y Jr. Ricardo Palma.

### 1.5.2. Delimitación temporal

La presente investigación de título: **“DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON SÓTANO UTILIZANDO EL SISTEMA APORTICADO EN EL DISTRITO DEL TAMBO PROVINCIA DE HUANCAYO”**, se propuso el desarrollo desde enero, del 2020 hasta mayo del 2021.

### 1.5.3. Delimitación económica

La presente investigación titulada: **“DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON SÓTANO UTILIZANDO EL SISTEMA APORTICADO EN EL DISTRITO DEL TAMBO PROVINCIA DE HUANCAYO”**, La investigación se realizó con los gastos propios del investigador, que asiendo a s/. 7830.00 soles.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1. Antecedentes**

#### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

- Viera & Campaña (2015). Desarrollo la tesis titulada “Análisis Comparativo de los Sistemas Estructurales: Aporticado y Muros Portantes, Edificio de 10 Pisos en Quito”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Central de Ecuador. Cuyo objetivo de la investigación fue: Comparar parámetros estructurales globales en dos alternativas constructivas, una aporticada y la otra estructura de la misma área con muros portantes, aplicadas para un edificio de diez pisos en la ciudad de Quito. Llegando a las siguientes conclusiones: 1) El edificio con muros portantes presenta los mayores valores de cortante basal estático y dinámico, esto se debe a que este edificio tiene el mayor peso de las estructuras que se están comparando, esto quiere decir que el sismo le afectara más al edificio más pesado, 2) El edificio aporticado presenta derivas máximas mayores que el edificio con muros lo que lo hace menos rígido y a la vez más susceptible de daños. Estas derivas máximas suceden en el piso siete mientras que las derivas máximas del edificio con muros suceden en el piso diez, 3) El edificio con muros portantes nos da una limitación en la distribución de espacios, ya que una vez construido los muros portantes que a la vez son paredes divisorias no las podemos mover, podríamos hacer perforaciones, pero este hace que la rigidez varié en ese lugar.
  
- Cango (2010). Desarrollo la tesis titulada “Análisis Sismorresistente y Comparación de Costos en la Construcción de Edificaciones de Baja Altura con Mampostería de Relleno y Confinada”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica Particular de Loja. Cuyo objetivo de la investigación fue: Realizar el análisis del aporte de la mampostería a la rigidez en edificios de cuatro y cinco pisos. Llegando a las siguientes conclusiones: 1) Al observar el comportamiento de las estructuras de mampostería con respecto a las de concreto se puede observar que la presencia de la mampostería en la estructura tiene fundamental participación en lo que se refiere a la distribución tanto de las fuerzas

laterales como del peso de la estructura, es por esto que deben tener una cimentación continua a lo largo del muro de mampostería, 2) El daño que tendrán los muros de mampostería está gobernado por las derivas laterales a las que están sometidas las estructuras ante un sismo, 3) De esta forma nos podemos dar cuenta que esta tipología estructural tiene ventajas de tipo económico en construcción de viviendas, y es aplicable en edificios de hasta seis piso, la aplicación de este método de construcción para edificios de mayor altura enfrenta incertidumbres en lo que corresponde a la rigidez, resistencia y capacidad de deformación.

### 2.1.3. Antecedentes nacionales

- Hernández (2012). Desarrollo la tesis titulada “Diseño estructural de un edificio de vivienda de albañilería confinada”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Cuyo objetivo de la investigación fue: el análisis y diseño estructural de un edificio de 5 pisos con tanque elevado destinado al uso de viviendas, ubicado en Lima. Llegando a las siguientes conclusiones: 1) La distribución de muros de albañilería en la estructura tuvo que ajustarse a la geometría en planta para no generar efectos de torsión ante la posibilidad de un sismo. La simetría es fundamental para la eficiencia del edificio en cuanto a costo y comportamiento sísmico, 2) En el análisis sísmico se empleó el coeficiente de reducción sísmico  $R = 6$  como base del análisis. Es importante recalcar que dicho factor se comprobó posteriormente comparando la resistencia sísmica absorbida por las placas estructurales versus el cortante total en la base, cuyo valor requerido por la norma asciende al 80%, 3) La cultura de construcción informal que nos rodea actualmente, tiende a levantar alféizares y tabiques de albañilería sin elementos de arriostre (columnetas y vigas soleras). Al realizar el cálculo de diseño por carga sísmica perpendicular al plano en esta tesis, se comprueba la importancia del arriostramiento como fuente vital de la resistencia de estos elementos.
- Macetas (2014). Desarrollo la tesis titulada “Comparación Técnico Económica Entre el Sistema Estructural Dual de Concreto Armado y Albañilería Confinada en

un Edificio Multifamiliar de 5 Pisos”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Continental de Ciencias e Ingeniería. El objetivo de la investigación fue: Analizar cuál de los sistemas estructurales planteados tiene mejor comportamiento estructural en el diseño de un edificio multifamiliar de 5 niveles en Lima. Llegando a las siguientes conclusiones: 1) En el Comportamiento Estructural: a) La estructura de albañilería confinada tiene desplazamientos laterales moderados y no genera irregularidad torsional, para llegar a ello se requiere una adecuada configuración estructural, b) En la estructura de albañilería confinada los muros largos se llevaron la mayor cantidad de esfuerzos, lo que generó problemas de torsión en los análisis previos al definitivo y cimentaciones sujetas a momentos flectores muy elevados, lo cual origina dar mayores dimensiones. 2) Funcionalidad Arquitectónica: a) La estructura de albañilería confinada tiene demasiadas limitaciones en el momento de realizar remodelaciones que impliquen quitar y colocar muros. En la estructura de albañilería confinada la configuración obliga en la mayoría de los casos a poner muros portantes donde están los muros divisorios. b) Con el fin de que las vigas soleras desarrollen su longitud de anclaje, las columnas de confinamiento del edificio de albañilería deben sobresalir generando las llamadas mochetas que arquitectónicamente no es bien visto ni deseable. 3) Comparación Económica: a) La propuesta de albañilería confinada es más económica que la de concreto armado aun cuando en el caso del edificio analizado la configuración exige una mayor parte de los muros de aparejo de cabeza; si los muros tuvieran disposición simétrica y longitudes más o menos parecidas las edificaciones de albañilería pueden ser todavía más económicas.

- Shaquihuanga (2014). Desarrollo la tesis titulada “Evaluación del Estado Actual de dos Muros de Albañilería Confinada en las Viviendas del sector Fila Alta - Jaén”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca. Cuyo objetivo de la investigación fue: evaluar el estado actual de los muros de albañilería confinada en las viviendas del sector de Fila Alta a través de las deficiencias técnicas y patologías presentes en dichas

unidades de estudio. Llegando a las siguientes conclusiones: 1) Las deficiencias técnicas obtenidas en el estudio es que el 100% de muros estudiados están conformados por unidades de albañilería del tipo king - kong artesanal. El 88% de muros de albañilería confinada del sector Fila Alta tienen espesores de juntas (vertical y horizontal) mayores a 1,5 cm. El 81% de muros se encuentran aplomados, mientras que el 19% se encuentran desplomados, 2) Las patologías presentes en los muros de albañilería del sector de Fila Alta fueron por grietas de nivel moderado en un 1,39%, grietas del nivel fuerte en un 11,11 %, mientras que un 2,78% presentan grietas del tipo severo. El 23,61% de muros de albañilería del sector Fila Alta tienen presencia de eflorescencia del tipo moderado y a su vez el 13,89% presentan eflorescencia de nivel severo. El 37,5% de muros de albañilería presentan problemas de humedad.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Definición de los Sistemas Estructurales**

#### **A. Sistema Estructural Aporticado**

“Por lo menos el 80% del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de la NTE E. 060 - Concreto Armado. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez” (Vásquez, 2016).

#### **B. Sistema Estructural de Albañilería Confinada**

“Sistemas en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base” (Vásquez, 2016).

#### **C. Proceso Constructivo**

Los procesos constructivos, se encuentran relacionados con la disposición de materiales, detalles constructivos y tiempos de ejecución, todo esto con la finalidad de poder alcanzar lo proyectado.

#### D. Sistema Estructural Aporticado

En la figura a continuación, se puede apreciar el proceso constructivo para el sistema estructural aporticado, el cual se resume en tres etapas, la primera etapa consta de construir las zapatas, quienes serán el soporte de la segunda etapa conformada por columnas y por último la tercera estará comprendida en el vaciado en conjunto de vigas (peraltadas y chatas) y losas por efectos de monolitismo.

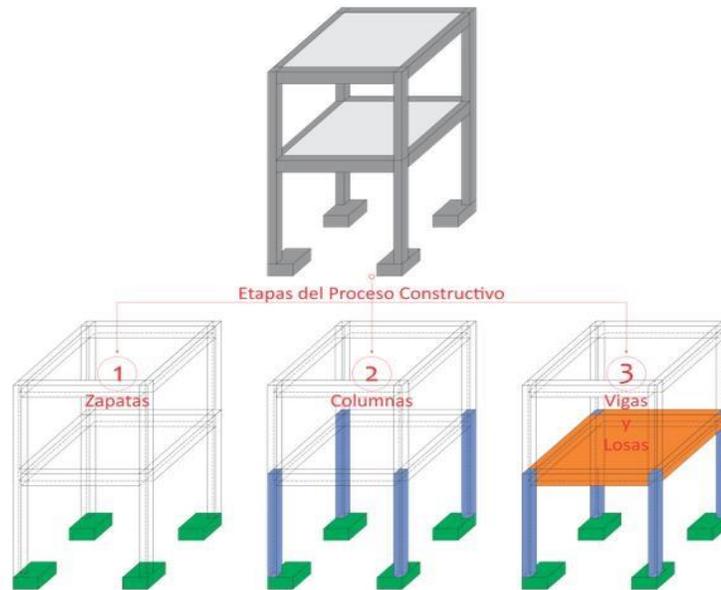


Figura 2 Proceso Constructivo del Sistema Estructural Aporticado.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### E. Sistema Estructural de Albañilería Confinada

En la Figura siguiente, se puede apreciar el proceso constructivo para el sistema estructural de albañilería confinada, el cual se resume en tres etapas, la primera etapa consta de construir los cimientos corridos, quienes serán el soporte de la segunda etapa conformada por muros endentados y columnas de confinamiento, por último, la tercera estará comprendida en el vaciado en conjunto de vigas (soleras, dinteles y chatas) y losas por efectos de monolitismo.

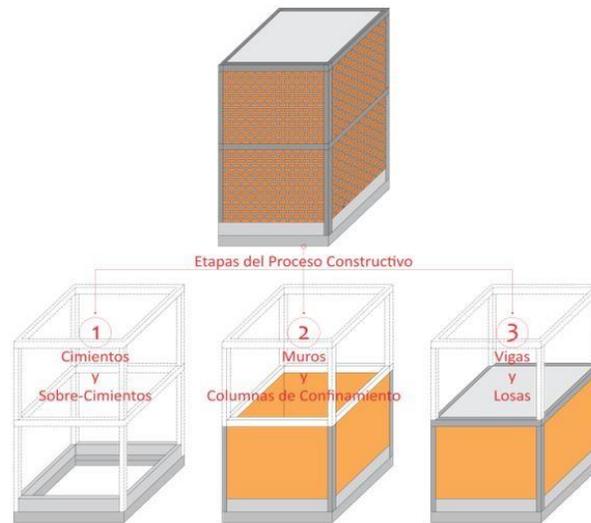


Figura 3 Proceso Constructivo del Sistema Estructural de Albañilería Confinada.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 2.2.2. Transmisión de Cargas

### A. Sistema Estructural Aporticado

Las fuerzas o cargas que soportan las estructuras se van repartiendo por los diferentes elementos de la estructura, pero las cargas siempre van a ir a parar al mismo sitio, a los cimientos o zapatas, tal como se muestra en la Figura siguiente.

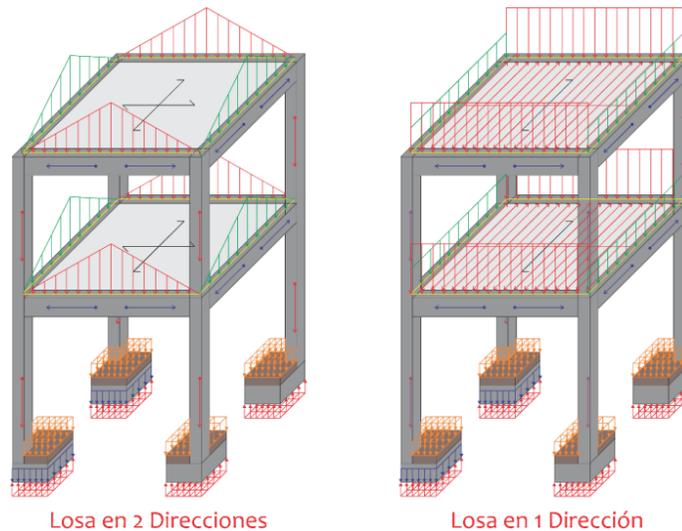


Figura 4 Camino de Cargas para el Sistema Estructural Aporticado.  
Fuente: Elaboración Propia.

## B. Sistema Estructural de Albañilería Confinada

El proceso de transmisión de cargas, es igual a lo expuesto en el enunciado del Ítem 2.2.2 (a), teniendo en consideración que son los muros quienes tienen la responsabilidad de resistir cargas de gravedad (ver Figura 16) y laterales, ya que las columnas solo cumplen función de confinamiento.

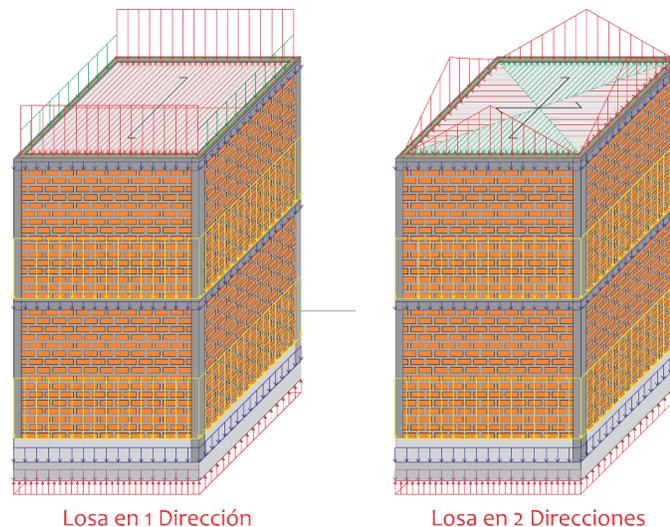


Figura 5 Camino de Cargas para el Sistema Estructural de Albañilería Confinada.

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.3. Ventajas y Desventajas

#### A. Sistema Estructural Aporticado

##### Ventajas

Se pueden obtener amplios espacios internos dentro de la edificación, lo que permite modificar los ambientes de utilización constantemente, son estructuras muy livianas, por lo que la masa es muy reducida, convirtiéndolo en un sistema muy flexible, el que atrae a su vez muy poca carga sísmica, son estructuras diseñadas para que puedan tener una gran ductilidad, el que junto a su hiperestaticidad permite disipar gran cantidad de energía sísmica.

##### Desventajas

Los elementos estructurales carecen de alta rigidez ante cargas laterales, puesto que las secciones de área de corte en las columnas son muy reducidas en ambas direcciones de análisis, debido a su gran flexibilidad, se manejan grandes derivas a

diferencias de otros sistemas estructurales, este comportamiento afecta a los elementos no estructurales, tales como: tabiques, parapetos y alféizares. Presenta mayores derivas, por lo que produce fisuras en los muros de albañilería confinada, siendo este el material predominante en los elementos no estructurales.

## **B. Sistema Estructural de Albañilería Confinada**

### **Ventajas**

Al encontrarse compuesto por ladrillos de arcilla, que fueron cocidos a altas temperaturas, lo vuelve incombustible ante la acción de fuego, a diferencia de otros sistemas estructurales, es el más empleado en la construcción de viviendas familiares y/o multifamiliares en nuestro país. Se caracteriza por tener una alta rigidez lateral, por lo que podemos construir edificaciones de hasta de 5 niveles, asegurando la integridad del habitante, ante un eventual sismo, Según estudios anteriores, cuando se aplica el adecuado diseño sismorresistente, es una alternativa muy económica a diferencia de otros sistemas estructurales.

### **Desventajas**

Los muros deben tener continuidad desde el nivel primer nivel, para que pueda tener un mayor desenvolvimiento sísmico, lo que se ve reflejado en la reducción de espacios libres, La gran amenaza sísmica que genera el autoconstrucción, por ser un sistema estructural muy empleado, el que viene acompañado de desconocimiento de un correcto diseño y proceso constructivo, el que viene acompañado de ser un sistema estructural bien empleado, lleva muchas veces a la autoconstrucción que puede volverse en una amenaza para las familias que la habitan.

### **2.3. Definición de términos**

- **Acero de refuerzo:** Anteriormente se mencionó algunas características del concreto entre ellas su limitada resistencia a la tracción. En el caso del concreto armado, el acero es el encargado de salvar dicha limitación, tiene una resistencia a la compresión del orden de 10 veces más que el concreto y a tracción la relación es de 100 veces

más. El costo del acero es mucho mayor que el concreto, por lo tanto, la combinación de ambos es un balance adecuado para fabricar elementos resistentes y económicos.

- **Análisis por Falla a Tensión:** Este tipo de falla se da si el acero alcanza la resistencia máxima.
- **Análisis por Falla a Compresión:** Este tipo de falla se presenta si el contenido de acero es grande, el concreto puede alcanzar su capacidad máxima antes de que ceda el acero. Para una falla a compresión,  $f_s < f_y$ , ya que el acero permanece dentro del rango elástico. Se puede determinar el esfuerzo del acero en términos de la profundidad del eje neutro.
- **Análisis por Falla Balanceada:** En la falla balanceada, para una cuantía específica de acero, éste alcanza la resistencia de cedencia  $f_y$  y simultáneamente el concreto alcanza la deformación a compresión de la fibra extrema de 0.003.
- **Comportamiento de la Losa Aligerada:** Una losa aligerada está formada por viguetas de 10 cm de ancho, espaciadas 40 cm entre ejes y tiene una losa superior de 5 cm. En el Perú los aligerados usuales son de espesores: 17 cm, 20 cm, 25 cm, y 30 cm.
- **Cargas axiales:** Fuerza a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicado al centroide de la sección transversal del mismo produciendo esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.
- **Carga:** Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos.
- **Carga muerta:** Consiste en el peso de los materiales, dispositivos de servicio equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.
- **Cangrejeras:** Una cangrejera es una zona con vacío o bolsas de aire, con pérdida o separación de finos por causa de la segregación del concreto durante el vaciado.
- **Carga viva:** Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación.

- **Columna:** Es un elemento estructural con una relación entre altura y menos dimensión lateral mayor que tres, usado principalmente para resistir carga axial de compresión. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).
- **Concreto:** Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).
- **Diseño de Secciones Simplemente Reforzadas:** Para asegurar que los elementos tengan características deseables de advertencia visible, al igual que ductilidad razonable en la falla, se recomienda que el área del acero a tensión en los elementos simplemente reforzados no exceda el 75% del área para una falla balanceada.
- **Espaciamiento Máximo de Varillas (por control de grietas):** El espaciamiento máximo de varillas para momento negativo en la parte superior de la losa será limitado por la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- **Losa:** Elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. Usado también como diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).
- **Refuerzo Mínimo y Máximo:** En momentos negativos el acero se distribuirá en las zonas de esfuerzo máximo y parte en zonas de ancho efectivo del ala. Se considerará el total de la losa superior como efectiva y generalmente se recomienda que la armadura para momentos negativos se distribuya totalmente en la losa superior.
- **Refuerzo por Contracción y Temperatura:** En las estructuras de extensión considerable, como las losas, están sometidas a esfuerzos altos generados por la contracción por fragua y los cambios de temperatura, los que tienden a ocasionar agrietamiento pronunciados. Para evitar este fenómeno se requiere de una cierta cantidad de refuerzo, denominado comúnmente refuerzo de temperatura.
- **Resistencia de diseño:** Resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia que corresponda.

- **Resistencia del Concreto al Esfuerzo Cortante:** El esfuerzo cortante es una sollicitación que se presenta individualmente en casos muy excepcionales. En el laboratorio, se han obtenido resistencia que varían de  $0.2f'c$  a  $0.85f'c$ ; este rango tan amplio es explicable dada la dificultad que se tiene para aislar esta sollicitación de otras en los ensayos utilizados para su determinación.
- **Resistencia del Concreto a la Compresión:** Este parámetro es obtenido a través del ensayo de un cilindro estándar de 6" (15cm) de diámetro y de 12" (30 cm) de altura. La resistencia a la compresión ( $f'c$ ) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días.
- **Resistencia del Concreto a la Tracción:** La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a un 15% de esta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las 20 dificultades que se presentan sobre todo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga.
- **Muro estructural:** Este elemento estructural, generalmente es vertical, es empleado para encerrar o separar ambientes, resistir cargas axiales de gravedad y resistir cargas perpendiculares a su plano proveniente de empujes laterales de suelos o líquidos. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).
- **Módulo de Elasticidad:** El módulo de elasticidad de un material es función del ángulo de la línea esfuerzo-deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elastoplástico y por ello los esfuerzos no son directamente proporcionales a la deformación.
- **Magnitud:** La magnitud de un sismo es un número que busca caracterizar el tamaño de un sismo y la energía sísmica liberada. Se mide en una escala logarítmica, de tal forma que una cantidad de magnitud corresponde al incremento de la raíz cuadrada de 1000, o bien, de aproximadamente 32 veces su energía liberada.
- **Segregación:** La segregación es una técnica de separación mecánica en el que una mezcla de sólidos, con diferentes características materiales, se separa en fracciones con iguales características.

- **Vigas:** Elemento estructural que trabaja fundamentalmente a flexión y cortante. Según (Reglamento Nacional de Edificaciones – E.060, Concreto Armado).

#### 2.4. Bases legales

El Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006), considerando específicamente las siguientes normas:

- Norma E. 030 – Diseño sismorresistente.
- Norma E.0.50 - Suelos y cimentaciones.
- Norma E.060 - Concreto armado.
- Norma E.070 - Albañilería confinada.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de estudio**

El tipo de estudio fue el aplicado dado que se hizo uso de la teoría existente en materia de construcción de edificaciones para dar solución a problemas reales como es el caso de tener edificaciones estables y con adecuado valor costo económico

#### **3.2. Nivel de estudio**

El nivel de estudio fue descriptivo, dado que en primer lugar se describió la realidad problemática ocasionado por factores de riesgo y seguridad con la finalidad de salvaguardar de las personas que harán uso de esta edificación, con fines de recreación y fuente de trabajo.

#### **3.3. Diseño de estudio**

El diseño de este estudio fue no experimental porque no se manipulo deliberadamente las variables, siendo así que los principales parámetros que comprende el proyecto fueron realizados por los responsables de su formulación, siendo la responsabilidad de los ejecutores de este proyecto solamente su ejecución.

#### **3.4. Población y muestra**

##### **3.4.1. Población**

Para **Hernández Sampieri, (2014)**, “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (pág. 65). La población estuvo constituida por el edificio del distrito de El Tambo provincia de Huancayo y consecuentemente en el departamento de Junín.

##### **3.4.2. Muestra**

El tipo de muestreo fue el no aleatorio o no probabilístico o dirigido y que para efectos de esta investigación estuvo comprendido por el edificio Lavado ubicado en Jr. Ricardo palma 1211 el tambo Huancayo en el tambo de la ciudad de Huancayo y así poder deducir a edificios similares para generalizar y también porque el proyecto así lo exigía.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas:**

##### **A. Análisis documental**

Fue una de las principales técnicas consideradas en la presente investigación, debido a que mediante ella se estableció los métodos de cálculo de las losas que se requerían comparar; la misma que tener información para poder planificar el trabajo en campo.

##### **B. La observación:**

Esta técnica fue utilizada mediante la ejecución del trabajo en campo, en el que mediante la cual se pudo determinar ciertas características en el terreno y la construcción de las losas.

#### **3.5.2. Instrumento:**

Para determinar las dimensiones se utilizaron unidades de medidas tradicionales, así como un software especializado para realizar la simulación correspondiente de cada losa a diseñar y ver su relación con la estructura en general.

#### **3.5.3. Documentales (mediante el análisis documental)**

Según (Carrasco, 2006, p.89) señala las técnicas para la recolección de información son mediante el análisis documental, donde todo objeto o elemento material que contiene información procesada sobre hechos, sucesos o acontecimientos naturales o sociales que se han dado en el pasado y que poseen referencias valiosas (datos, cifras, fichas, índices, indicadores, etc.) para un trabajo de investigación.

### **3.6. Procesamiento de la información:**

#### **3.6.1. Trabajo de campo:**

Para la ejecución de la investigación se realizó visitas a campo con la finalidad de obtener información referente a los parámetros que el método exige, basada en una ficha de campo y posterior se realizó la recolección de muestras, mediante calicatas, para poder estimar parámetros importantes del suelo como la resistencia y su composición

### **3.6.2. Trabajo de gabinete:**

Se utilizará para el procesamiento de los datos obtenidos en campo a través de software especializados, para una mejor comprensión y tabulación de los valores obtenidos.

### **3.7. Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información se realizó desde un enfoque del tipo cuantitativo, por lo que para la organización de los datos recolectados se utilizaron matrices de tabulación, junto a esquemas gráficos que facilitaron la interpretación de datos.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos:**

Para el análisis de datos se ha considerado un enfoque cuantitativo, por lo que se hizo uso de la estadística descriptiva para determinar promedios y características importantes de las muestras estudiadas, por lo que se obtuvo gráficas con las que se interpretó y analizó los resultados obtenidos en campo. Entre las técnicas estadísticas aplicada en la presente investigación fueron las distribuciones de frecuencia, porcentajes, promedios, desviación estándar y gráficos de barras.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1. Generalidades del proyecto

#### 4.1.1. Ubicación del proyecto:

El Edificio Lavado se encuentra ubicado en:

<b>Departamento</b>	:	Junín
<b>Provincia</b>	:	Huancayo
<b>Distrito</b>	:	El Tambo
<b>Lugar</b>	:	Jr. Ricardo Palma 1211

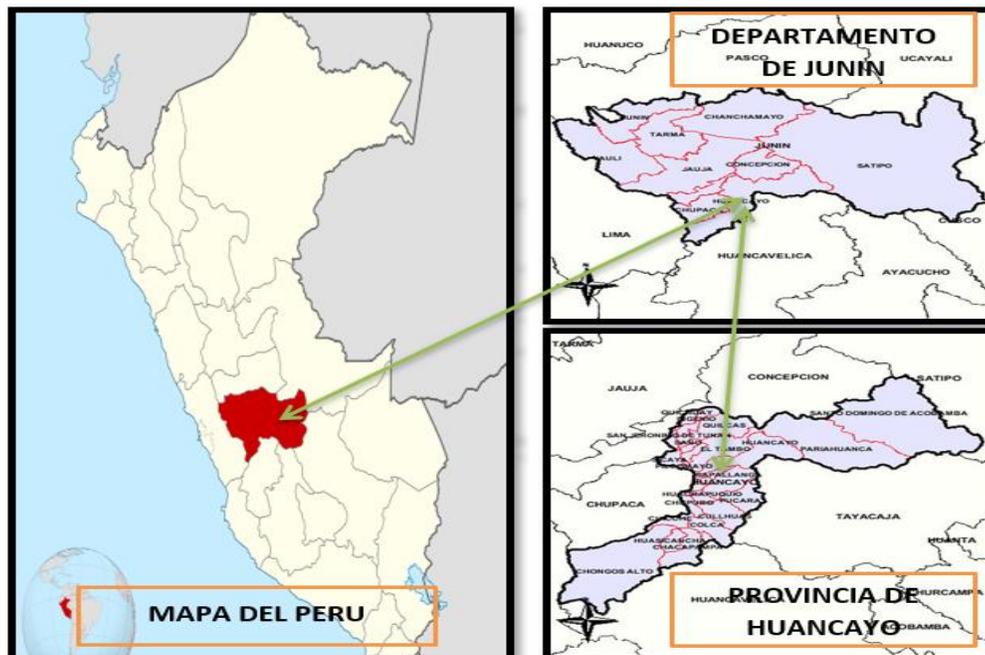


Figura 6 Ubicación provincial  
Fuente: Imágenes google.



Figura 7 Dirección del edificio lavado

**Fuente:** Google maps.

#### 4.1.2. Proceso metodológico:

El tipo de sistema estructural que se aplicará será el de pórticos en ambas direcciones debido a que brinda mejores beneficios a los inmuebles que cuentan con sótanos. En primer lugar, se realizará un pre - dimensionamiento de los elementos estructurales (losa aligerada, columnas, vigas y muros estructurales), posteriormente se realizará un análisis sísmico aplicando el software ETABS y el Reglamento Nacional de Edificaciones para determinar si la estructura tendrá un comportamiento acorde durante un evento sísmico, por último, se diseñará los elementos estructurales y la cimentación del inmueble aplicando el software SAFE.

#### 4.1.3. Características del inmueble:

El inmueble corresponde a una vivienda unifamiliar de 6.00m de ancho por 8.50m de largo, cuenta con un sótano en el cual se puede observar un servicio higiénico doble y una sala de reunión familiar ideal para eventos sociales de bajos aforos, en el 1°, 2° y 3°

nivel se puede observar las características típicas de una vivienda como una sala, cocina, comedor, dormitorio principal, dormitorio doble, servicios higiénicos completos y cuartos de estudio. Cada nivel cuenta con una altura de 2.70m, la cual hace una altura total de 10.80m contados a partir del sótano. Los planos de arquitectura vienen adjuntos a este informe.

#### 4.1.4. Normas de diseño:

Se ha considerado como código básico para el diseño de las estructuras, el Reglamento Nacional de Edificaciones con las siguientes normas técnicas:

- Norma Técnica de Edificaciones E.020 “Cargas”
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.30” Diseño Sismorresistente”
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.50” Suelos y Cimentaciones”
- Norma Técnica de Edificaciones E.060 “Concreto Armado”

#### 4.1.5. Propiedades de los materiales:

##### A. Concreto:

- Resistencia a la compresión ( $F'c$ ): 210 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad (E): 217370.65 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso específico ( $\gamma_c$ ): 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de poisson: 0.20

##### B. Acero de refuerzo:

- Límite de fluencia ( $F_y$ ): 4200 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad (E): 2100000 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso específico ( $\gamma_c$ ): 78450 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de poisson: 0.30

#### 4.1.6. Cargas verticales:

##### A. Carga muerta en pisos típicos:

- Losa aligerada: 300 kg/m<sup>2</sup>
- Acabados: 100 kg/m<sup>2</sup>
- Tabiquería: 100 kg/m<sup>2</sup>
- Escalera: 680.8 kg/m<sup>2</sup>

**B. Carga viva en pisos típicos:**

- Viviendas: 200 kg/m<sup>2</sup>
- Corredores y escaleras: 200 kg/m<sup>2</sup>

**C. Carga muerta en azotea:**

- Losa aligerada: 300 kg/m<sup>2</sup>
- Acabados: 50 kg/m<sup>2</sup>
- Escalera: 680.8 kg/m<sup>2</sup>
- Parapeto: 202.5 kg/m

**D. Carga vivía en azotea:**

- Vivienda: 100 kg/m<sup>2</sup>
- Corredores y escaleras: 200 kg/m<sup>2</sup>

**4.2. Pre - dimensionamiento de elementos estructurales:****4.2.1. Pre - dimensionamiento de columnas:**

Para el Pre - dimensionamiento de las columnas se optó por utilizar el método de las áreas tributarias en cual se describe a continuación:

**A. Parámetros de diseño:**

En nuestro caso contamos con los siguientes datos:

- $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Sobrecarga =  $200 \text{ kg/m}^2$ , según norma E.020
- Número de plantas = 4 plantas.

**B. Metrado de cargas:**

Se optó por aplicar las siguientes cargas:

- Aligerado =  $300 \text{ kg/m}^2$
- Columna =  $60 \text{ kg/m}^2$
- Viga =  $100 \text{ kg/m}^2$
- Acabados =  $100 \text{ kg/m}^2$
- Tabiquería =  $100 \text{ kg/m}^2$

**C. Pre - dimensionamiento de columnas:****a. Columnas centrales:**

Para el dimensionamiento de las columnas centrales tomamos la columna que abarca una mayor área tributaria, en nuestro caso este es igual a 8.90m<sup>2</sup> la cual podemos observar en la siguiente figura:

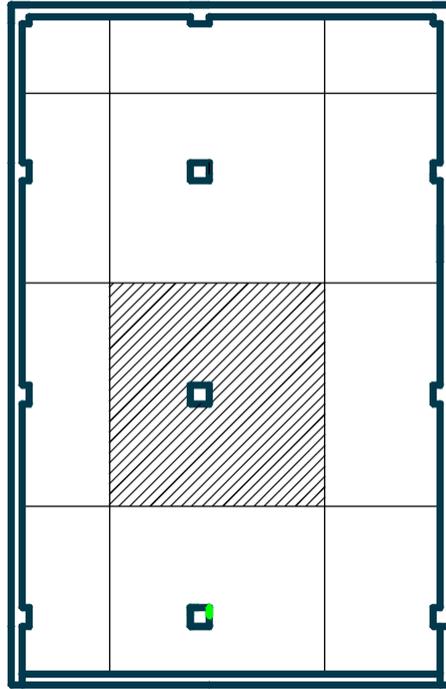


Figura 8 Área tributaria columna central

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego calculamos la carga de servicio aplicando la siguiente ecuación:

$$C_s = A_t * (C_m + C_v) * n \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

C<sub>s</sub>: Carga de servicio (Tn/m<sup>2</sup>).

A<sub>t</sub>: Área tributaria (m<sup>2</sup>).

C<sub>m</sub>: Carga muerta (Tn/m<sup>2</sup>).

C<sub>v</sub>: Carga viva (Tn/m<sup>2</sup>).

N: Número de pisos.

Aplicando la ecuación n° 01 obtenemos una carga de servicio igual a 51648kg.

Por último, aplicamos la siguiente fórmula para obtener el área de la columna:

$$A_c = \frac{C_s}{0.45 * f_{rc}} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

Ac: Área de la columna (cm<sup>2</sup>).

F'c: Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>).

Aplicando la ecuación n° 02 obtenemos un área de columna igual a 380.49cm<sup>2</sup>, al sacarla la raíz cuadrada del dato anterior obtenemos una columna cuadrada de 19.5x19.50cm. Como podemos observar, las dimensiones de la columna obtenida son menores a lo recomendado por la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, las columnas centrales serán de 25x25cm.

**b. Columnas esquineras:**

El área tributaria de mayor carga en las columnas esquineras es igual a 5.25m<sup>2</sup>.

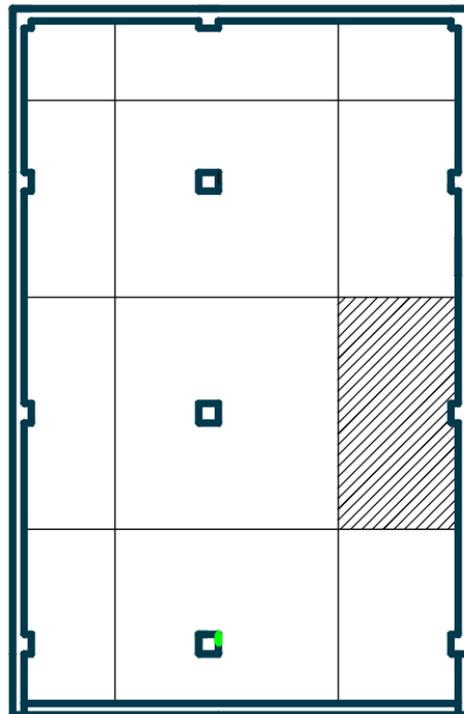


Figura 9 Área tributaria columna esquineras

**Fuente:** Elaboración propia.

Aplicando la ecuación n° 01 obtenemos una carga de servicio igual a 21210kg. Por últimos hacemos uso de la siguiente ecuación para obtener el área de las columnas esquineras:

$$Ac = \frac{Cs}{0.35 * f'c} \dots\dots\dots (3)$$

Aplicando la ecuación n° 03 obtenemos un área igual a 288.57cm<sup>2</sup>, por lo tanto, al sacar la raíz cuadrada del dato anterior obtenemos una columna cuadrada de 17x17cm. Como podemos observar, las dimensiones de la columna obtenida son menores a lo recomendado por la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, las columnas esquineras serán de 25x25cm.

#### 4.2.2. Pre - dimensionamiento de losa aligerada:

Para pre - dimensionar la losa aligerada necesitamos conocer la luz libre de la viga de mayor dimensión, que en nuestro caso es igual a 3.05m y la carga viva que es igual a 200kg/m<sup>2</sup>. Por último, aplicamos la siguiente ecuación:

$$H. losa = \frac{luz libre}{25} \dots\dots\dots (4)$$

Aplicando la ecuación n° 04 obtenemos una altura de losa igual a 0.12m, este resultado es menor a la altura recomendada, por lo tanto, utilizamos una altura de losa igual a 0.20m.

#### 4.2.3. Pre - dimensionamiento de vigas:

##### A. Vigas principales:

Como primer dato tenemos una luz libre de 3.05m.

Para obtener la altura de la viga aplicamos la siguiente ecuación:

$$h = \frac{luz libre}{10 y 12} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

h: Altura de la columna (m).

Aplicando la ecuación n° 05 obtenemos dos alturas iguales a 0.305m y 0.254m, seguidamente sacamos el promedio de estos datos y redondeando obtenemos una altura igual a 0.30m.

La base es la mitad de la altura que sería igual a 0.15m, la norma E.0.60 nos indica que la base mínima en una viga debe ser igual a 0.25m por lo tanto utilizaremos este dato como base final.

#### **B. Vigas secundarias:**

La luz libre de la viga secundaria es igual a 3.00m.

Aplicando la ecuación n° 05 obtenemos dos alturas iguales a 0.30 y 0.25 seguidamente sacamos el promedio de estos datos y redondeando obtenemos una altura igual a 0.30m.

La base de las vigas secundarias será igual a 0.25m

#### **4.2.4. Pre- dimensionamiento de muros estructurales:**

Es difícil poder fijar un dimensionamiento para las placas puesto que como su principal función es absorber las fuerzas de sismo, mientras más abundantes o importantes sean, tomaran un mayor porcentaje del cortante sísmico total, aliviando más a los pórticos. Esto significa que podría prescindirse de las placas si se desea que los pórticos tomen el 100% del cortante sísmico.

Para edificios de pocos pisos se recomienda placas de 15cm de espesor y de 20, 25, 30cm de espesor conforme van aumentando el número de pisos o disminuyendo su densidad. Debido a lo anteriormente mencionado y considerando que nuestro edificio es de 4 pisos se tomara como espesor de placa 15cm.

#### **4.2.5. Resumen de elementos estructurales:**

Los elementos estructurales pre - dimensionados se pueden observar de forma resumida en la siguiente tabla:

Tabla 3  
Elementos estructurales

DESCRIPCION	DIMENSIONES
Columna CC	25x25cm
Columna CL	25x25cm
Viga principal VP	25x30cm
Viga secundaria VS	25x30cm
Viga chata VCH	25x20cm
Viga voladizo VB	15x20cm
Losa aligerada	20cm
Muro estructural	15cm

**Fuente:** Elaboración propia.

Los planos estructurales vienen adjuntos a este informe.

#### 4.3. Análisis modal espectral:

El método utilizado para el Análisis y especificado en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones es el Análisis por Combinación Modal, para la cual se determina las posibles respuestas que pueda tener la estructura a partir de sus deformadas (modos) y sus respectivas frecuencias.

La vivienda unifamiliar con sótano no presenta irregularidad estructural en altura ni irregularidad estructural en planta según los planos, por lo tanto, será analizado como estructura regular mediante un análisis sísmico dinámico modal espectral.

##### 4.3.1. Parámetros de diseño:

La norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones exige que se cumpla con los parámetros de diseño como son el factor de zona (Z), factor de uso (U), factor de ampliación sísmica (C), factor de ampliación de suelo (S), periodo largo (TL), periodo de plataforma (Tp) y el coeficiente de reducción sísmica (R), a continuación, determinamos cada uno de estos parámetros descritos:

### A. Factor de zona (Z):

La ubicación del proyecto corresponde a la zona 3 del territorio nacional según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, el factor de zona (Z) es igual a 0.35.

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 10 Factor de zona  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

### B. Factor de uso (U):

El inmueble corresponde a una vivienda unifamiliar y según la norma E.030 corresponde a la categoría C, por lo tanto, el factor de uso (U) será igual a 1.00.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, <b>estaciones ferroviarias, sistemas masivos de transporte</b> , locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.  Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales <b>de buses</b> de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Figura 11 Categoría de las edificaciones  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

### C. Factor de ampliación de suelo (S):

El estudio de mecánica de suelos determino que la capacidad portante del terreno el cual es igual a 1.35 Kg/cm<sup>2</sup> o 135Kpa.

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$S_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Figura 12 Clasificación de los perfiles de suelo  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

El perfil de suelo se clasifica como S1 el cual corresponde a un suelo rígido.

Para determinar el factor de suelo S aplicamos la siguiente figura:

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 13 Clasificación de suelos  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

Ya que nos encontramos en la zona 3 y tenemos un tipo de suelo S1, nuestro factor de suelo es igual a 1.00.

### D. Periodo largo (TL) y periodo de plataforma (Tp):

Los determinamos aplicando la siguiente figura:

Tabla N° 4 PERÍODOS "T <sub>p</sub> " Y "T <sub>L</sub> "				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 14 Periodos T<sub>p</sub> y T<sub>L</sub>  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

El periodo de plataforma y periodo largo será igual a 0.40 y 2.50 respectivamente.

#### E. Factor de ampliación sísmica (C):

Para determinar este parámetro, aplicamos las ecuaciones descritas en la siguiente figura:

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

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

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

Figura 15 Factor de ampliación sísmica  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

Este factor será determinado más adelante debido a que es necesario conocer el periodo fundamental de vibración (T).

#### F. Coeficiente básico de reducción sísmica (R):

El sistema estructural a analizar consta de pórticos en ambas direcciones y según la siguiente figura nuestro coeficiente básico de reducción sísmica será igual a 8.00.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_o$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Figura 16 Sistemas estructurales  
Fuente: Norma E.030 del RNE.

#### G. Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas:

La estructura no cuenta con irregularidades por lo tanto el factor de reducción sísmica seguirá siendo igual a 8.00.

#### 4.3.2. Estimación de peso:

Según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones para edificaciones de categoría C se tomará el 100% de la carga muerta más el 25% de la viva.

#### 4.3.3. Análisis dinámico modal espectral:

Se aplicará este método debido a que la estructura se encuentra ubicado en la zona 3 del territorio nacional.

##### A. Espectro Pseudo – Aceleraciones:

El espectro de respuesta se determina aplicando los parámetros de diseño descrito anteriormente y la ecuación n° 06.

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g \dots \dots \dots (6)$$

**Donde:**

Sa: Aceleración espectral

G: Aceleración de la gravedad.

El espectro de respuesta fue elaborado en una hoja de cálculo Excel tanteando el periodo fundamental de vibración (T) desde 0.020s hasta 10.00s, el cual viene adjunto a este informe.

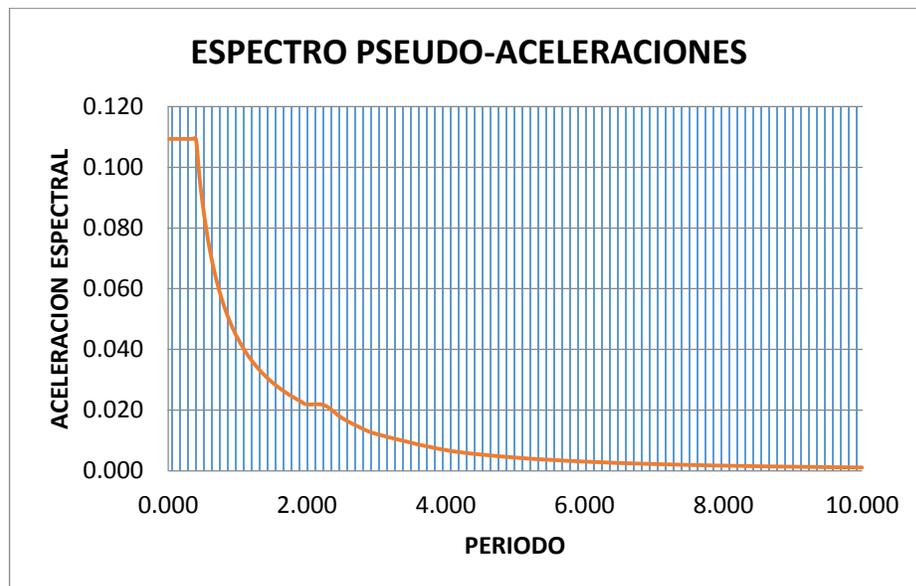


Figura 17 Espectro Pseudo - Aceleraciones

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.4. Modelamiento de la vivienda unifamiliar con sótano:

##### 4.4.1. Definiendo materiales:

Aplicamos las propiedades de los materiales que se mencionó anteriormente para el concreto y el refuerzo de acero.

Material Property Data

<b>Material Name</b>	CONCRETO	<b>Display Color</b>	
<b>Type of Material</b>	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic	<b>Type of Design</b>	Design: Concrete
<b>Analysis Property Data</b>		<b>Design Property Data (ACI 318-08/IBC 2009)</b>	
Mass per unit Volume	0.2446	Specified Conc. Comp Strength, $f_c$	2100
Weight per unit Volume	2.4	Bending Reinf. Yield Stress, $f_y$	42000
Modulus of Elasticity	2173706.51	Shear Reinf. Yield Stress, $f_{ys}$	42000
Poisson's Ratio	0.15	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06	Shear Strength Reduc. Factor	
Shear Modulus	945089.79		
OK		Cancel	

Figura 18 Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
Fuente: Elaboración propia.

Material Property Data

<b>Material Name</b>	REFUERZO	<b>Display Color</b>	
<b>Type of Material</b>	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic	<b>Type of Design</b>	Design: Steel
<b>Analysis Property Data</b>		<b>Design Property Data</b>	
Mass per unit Volume	0.7957	Minimum Yield Stress, $F_y$	42000
Weight per unit Volume	7.845	Minimum Tensile Strength, $F_u$	42000
Modulus of Elasticity	21000000	Cost per Unit Weight	42000
Poisson's Ratio	0.3		
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05		
Shear Modulus	8076923.1		
OK		Cancel	

Figura 19 Refuerzo  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2. Definiendo elementos estructurales:

Aplicaremos los elementos estructurales pre – dimensionados anteriormente:

Rectangular Section

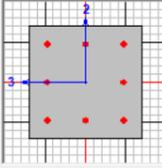
<b>Section Name</b>	CC-25X25	<b>Material</b>	CONCRETO
<b>Properties</b>	<b>Property Modifiers</b>	<b>Concrete</b>	
Section Properties...	Set Modifiers...	Reinforcement...	
<b>Dimensions</b>		<b>Display Color</b>	
Depth (t3)	0.25		
Width (t2)	0.25		
OK		Cancel	

Figura 20 Columna CC-25x25cm  
Fuente: Elaboración propia.

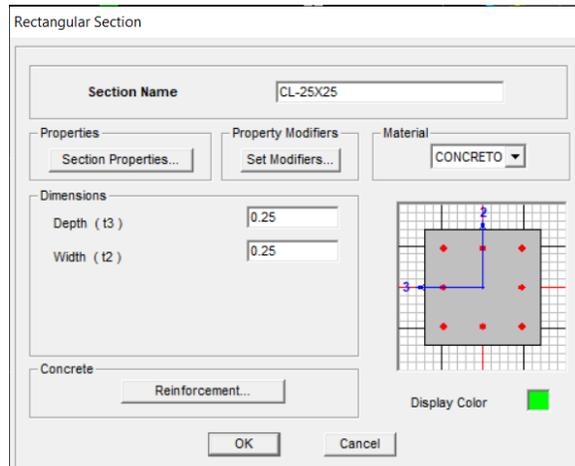


Figura 21 Columna CL-25x25cm  
Fuente: Elaboración propia.

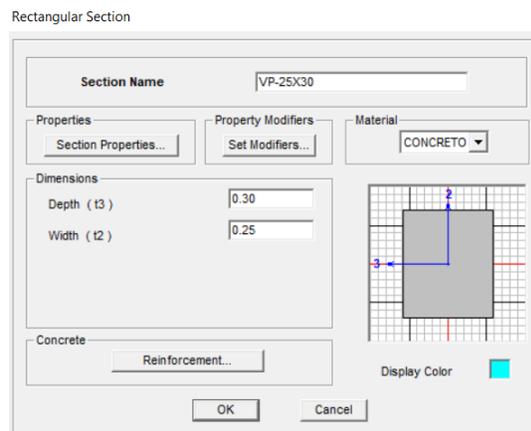


Figura 22 Viga principal VP-25x30cm  
Fuente: Elaboración propia.

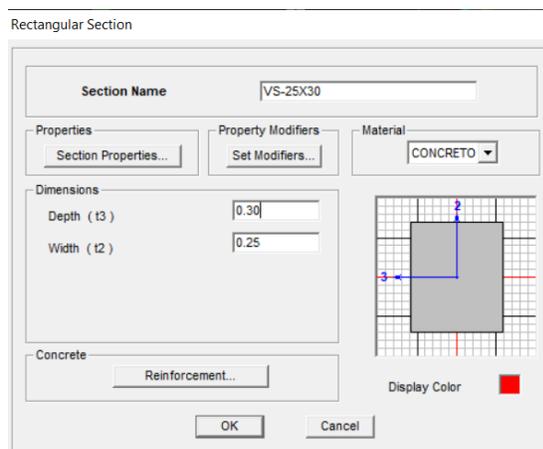


Figura 23 Viga secundaria VS-25x30cm  
Fuente: Elaboración propia.

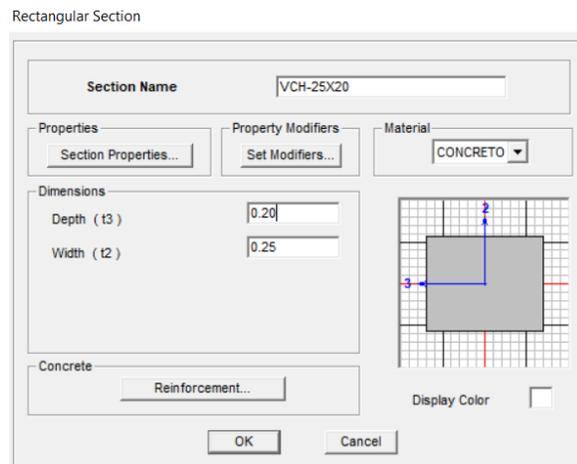


Figura 24 Viga chata VCH-25x20cm  
Fuente: Elaboración propia.

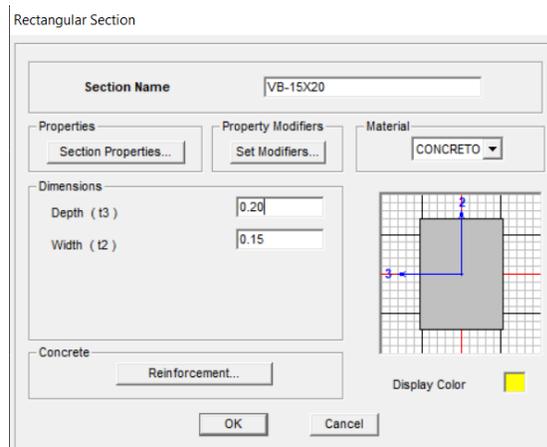


Figura 25 Viga voladizo VB-15x20cm  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3. Definiendo losas:

La losa aligerada y la losa de escalera será definida con un espesor de 0.001 debido a que posteriormente se les aplicará sus respectivas cargas:

Wall/Slab Section

**Section Name** ALIGERADO

**Material** CONCRETO

**Thickness**

Membrane 1.000E-03

Bending 1.000E-03

**Type**

Shell  Membrane  Plate

Thick Plate

**Load Distribution**

Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color ■

OK Cancel

Figura 26 Definiendo losa aligerada  
Fuente: Elaboración propia.

Wall/Slab Section

**Section Name** ESCALERA

**Material** CONCRETO

**Thickness**

Membrane 1.000E-03

Bending 1.000E-03

**Type**

Shell  Membrane  Plate

Thick Plate

**Load Distribution**

Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color ■

OK Cancel

Figura 27 Definiendo escalera  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.4. Definiendo casos de carga:

- **Carga MUERTA:** Cargas de los elementos estructurales.
- **Carga CM:** Cargas de los elementos no estructurales.

- **Carga VIVA:** Cargas vivas en los pisos típicos.
- **Carga VIVA TECHO:** Cargas vivas en los techos.

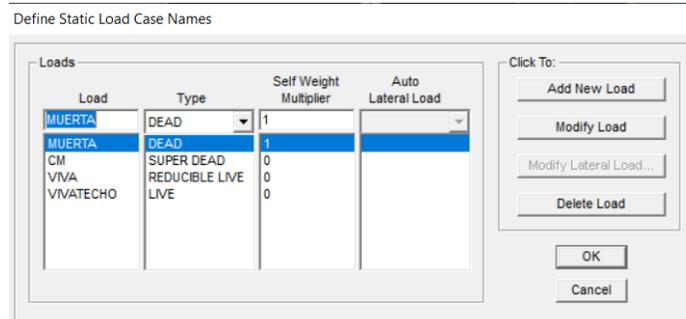


Figura 28 Definiendo los casos de carga  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.5. Definiendo las masas:

Según la norma E.030, para edificaciones de la categoría C se tomará el 25% de la carga viva y el 100% de la carga muerta.

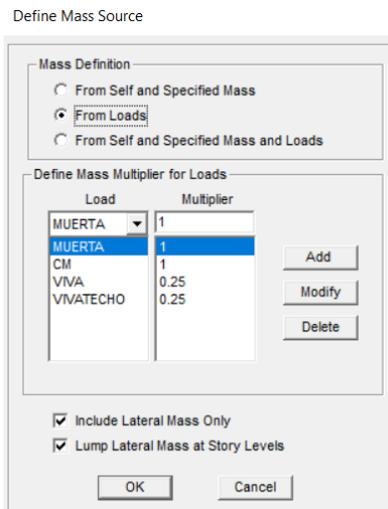


Figura 29 Definiendo las masas  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.6. Asignando brazo rígido:

El brazo rígido fue asignado a toda la estructura con un factor de 1 debido a que nos encontramos en la zona 3 del territorio nacional.

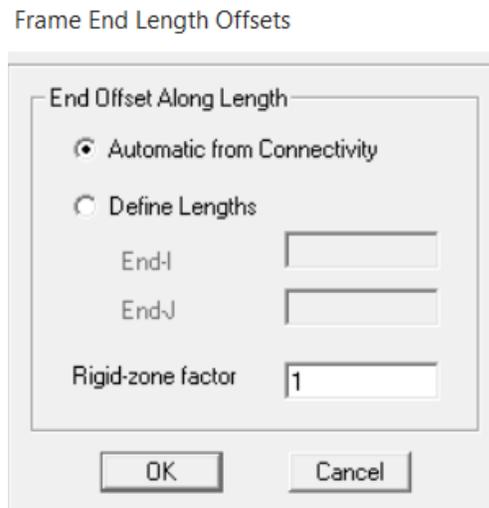


Figura 30 Asignando brazo rígido  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.7. Asignando diafragma rígido:

Se designó un diafragma rígido a cada piso con la finalidad de que trabajen como un solo bloque.

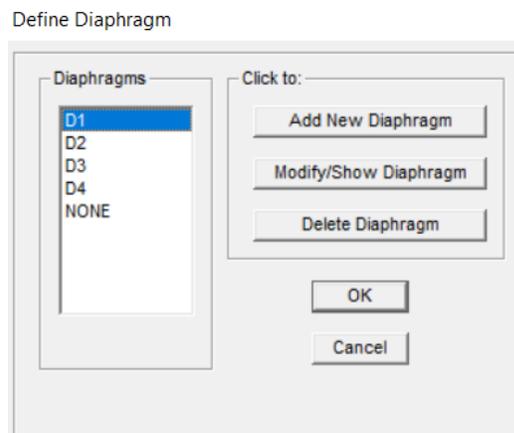


Figura 31 Asignando diafragma rígido  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.8. Definiendo espectro de respuesta:

El espectro de respuesta fue importado directamente al software ETABS.

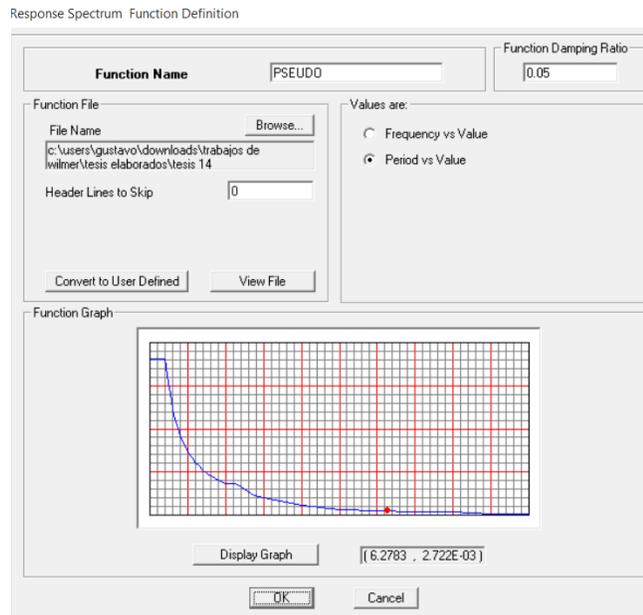


Figura 32 Asignando el espectro de respuesta  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.9. Definiendo carga sísmica:

Se bautizó con el nombre de SISXX a la carga sísmica en el sentido X – X y con SISYY a la carga sísmica en el sentido Y – Y. según la norma E.030 el amortiguamiento debe ser 0.05, la excentricidad mínima corresponde a 0.05 y para la dirección vertical se toma el 2/3 del espectro utilizado para las direcciones horizontales. En la escala de factor se asignó el 9.81m/s<sup>2</sup> que corresponde a la carga de la gravedad debido a que el espectro de respuesta no fue elaborado teniendo en cuenta este dato.

Response Spectrum Case Data

**Spectrum Case Name** SISXX

Structural and Function Damping  
Damping 0.05

Modal Combination  
 CQC  SRSS  ABS  GMC  
 f1  f2

Directional Combination  
 SRSS  ABS Orthogonal SF

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1	ESPECTRC	9.81
U2		
UZ	ESPECTRC	6.54
Excitation angle		0.

Eccentricity  
 Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05  
 Override Diaph. Eccen.

Figura 33 Carga sísmica para el sentido X - X  
Fuente: Elaboración propia.

Response Spectrum Case Data

**Spectrum Case Name** SISYY

Structural and Function Damping  
Damping 0.05

Modal Combination  
 CQC  SRSS  ABS  GMC  
 f1  f2

Directional Combination  
 SRSS  ABS Orthogonal SF

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1		
U2	ESPECTRC	9.81
UZ	ESPECTRC	6.54
Excitation angle		0.

Eccentricity  
 Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05  
 Override Diaph. Eccen.

Figura 34 Carga sísmica para el sentido Y - Y

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.10. Definiendo modos de vibración:

Según la norma E.030, se debe considerar 3 modos por cada nivel, por lo tanto, utilizaremos 9 modos debido a que nuestra estructura es de 3 niveles. No se considera al sótano como 1 nivel debido a que no sufre desplazamientos.

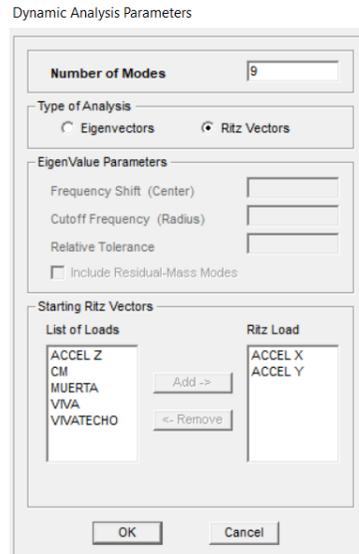


Figura 35 Definiendo modos de vibración  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.11. Comprobación de errores:

El software etabs nos indica si existe algún error en el modelamiento.

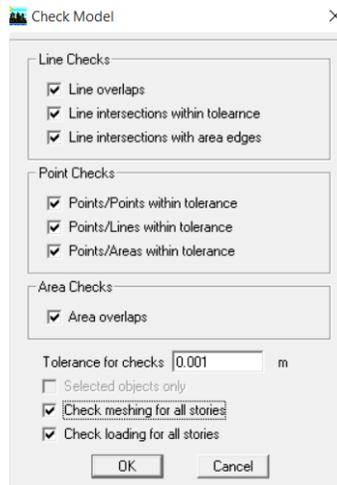


Figura 36 Comprobando errores  
Fuente: Elaboración propia.

El software ETABS nos indicó que no existía ningún error en el modelamiento de la vivienda unifamiliar con sótano, por lo tanto, se procedió a correr el programa para obtener los resultados.

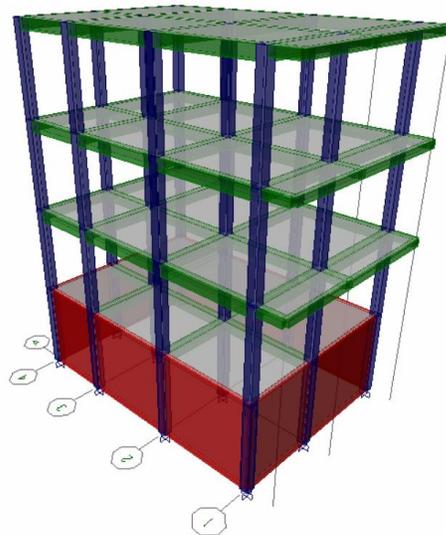


Figura 37 Vivienda unifamiliar con sótano en 3D  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5. Resultados del análisis dinámico modal espectral:

##### 4.5.1. Peso de la edificación:

El peso del edificio se determina multiplicando las masas de cada nivel por la aceleración de la gravedad, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4  
Peso del edificio

N° DE PLANTA	DIAFRAGMA	MASA EN "X"	MASA EN "Y"
1° NIVEL	D4	4.41	4.41
2° NIVEL	D3	4.41	4.41
3° NIVEL	D2	3.92	3.92
SOTANO	D1	4.98	4.98
<b>PESO DEL EDIFICIO (Tn)</b>		<b>173.77</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, el peso del edificio incluyendo el sótano es de 173.77 Tn, este resultado será utilizado para determinar la cortante estática de la estructura.

#### 4.5.2. Modos y periodo fundamental de vibración:

Cada nivel se diseñó con 3 modos de vibración como lo recomienda la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones haciendo un total de 9 modos de vibración. El sótano no se incluye como nivel debido a que no sufre desplazamiento.

Tabla 5  
Modos y periodo de vibración

CASO	MODO	PERIODO (seg)	UX	UY	RZ
MODAL	1	0.46	73.46	0.29	16.22
MODAL	2	0.44	0.68	87.36	0.25
MODAL	3	0.40	13.84	0.70	71.86
MODAL	4	0.15	8.09	0.05	1.88
MODAL	5	0.14	0.10	9.56	0.02
MODAL	6	0.13	1.69	0.07	7.71
MODAL	7	0.09	1.69	0.02	0.44
MODAL	8	0.09	0.04	1.94	0.00
MODAL	9	0.08	0.41	0.01	1.62

**Fuente:** Elaboración propia.

El periodo fundamental de vibración para el eje X – X es igual a 0.46s, para el eje Y – Y es igual a 0.44s y para el eje Z – Z es igual la 0.40s, con estos datos se puede determinar el factor de ampliación sísmica.

#### 4.5.3. Análisis de los desplazamientos laterales:

El desplazamiento lateral máximo para estructuras de concreto armado es igual a 0.007 según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, caso contrario la estructura sería clasificado como flexible y corre el riesgo de colapsar durante un evento sísmico.

El software ETABS nos determina el desplazamiento normal, el cual debe ser transformado al desplazamiento elástico aplicando la siguiente ecuación:

$$De = Ux * 0.75 * R \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

De: Desplazamiento elástico (cm).

Ux: Desplazamiento normal (cm).

R: Coeficiente de reducción de fuerza sísmica.

Luego calculamos el desplazamiento lateral aplicando la siguiente ecuación:

$$Di = \frac{De1 - De2}{H} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

Di: Desplazamiento lateral.

De1: Desplazamiento elástico del piso a calcular.

De2: Desplazamiento elástico del piso anterior

H: Altura de piso.

#### A. En el sentido X – X:

En la siguiente tabla se muestran los desplazamientos laterales para para el sentido X – X:

Tabla 6  
Desplazamientos laterales en el eje X – X

N° DE PLANTA	UX (CM)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS LATERALES
3° NIVEL	0.570	3.42	270	0.003
2° NIVEL	0.440	2.64	270	0.005
1° NIVEL	0.210	1.26	270	0.005
SOTANO	0.000	0.00	270	0.000

**Fuente:** Elaboración propia.

Como podemos observar, los desplazamientos laterales de todos los niveles son menores a 0.007, por lo tanto, el eje X – X es rígido y tendrá un comportamiento acorde durante un evento sísmico.

**B. En el sentido Y – Y:**

En la siguiente tabla se muestran los desplazamientos laterales para para el eje Y – Y:

Tabla 7  
Desplazamientos laterales en el eje Y – Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS LATERALES
3° NIVEL	0.592	3.55	270	0.003
2° NIVEL	0.457	2.74	270	0.005
1° NIVEL	0.224	1.35	270	0.005
SOTANO	0	0.00	270	0.000

**Fuente:** Elaboración propia.

Como podemos observar, los desplazamientos laterales de todos los niveles son menores a 0.007, por lo tanto, el eje Y – Y es rígido y tendrá un comportamiento acorde durante un evento sísmico.

**4.5.4. Análisis de la cortante basal:**

Para estructuras regulares, el 80% de la cortante basal estática debe ser menor al 100% de la cortante basal dinámica en ambos ejes, caso contrario las cargas estarán desequilibradas.

**A. Cálculo de la cortante basal estática:**

Para determinar la cortante estática, debemos calcular el factor de ampliación sísmica aplicando los criterios de la **figura mencionado en el ítem 4.2.3E.**, para esto haremos uso de los periodos fundamentales de vibración y los periodos de plataforma. Para el eje X – X es igual a 2.15 y para el eje Y – Y es igual a 2.29.

La cortante basal estática se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$VS = \frac{Z*U*C*S}{R} * P \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

Vs: Cortante estático.

Z: Factor de zona.

U: Factor de uso.

C: Factor de ampliación sísmica.

S: Factor de suelo.

R: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

P: Peso del edificio.

Tabla 8  
Parámetros de diseño sísmicos

DESCRIPCION	FACTOR
Factor de zona "Z":	0.35
Factor de uso "U":	1.00
Factor de suelo "S":	1.00
Periodo de zona "TL"	2.50
Periodo de plataforma "TP"	0.40
Factor de amplificación "Cx":	2.15
Factor de amplificación "Cy":	2.29
Coeficiente de reducción	8.00
Factor de irregularidad "Ia":	1.00
Factor de irregularidad "Ip":	1.00
Coeficiente de reducción "Rx":	8.00
Coeficiente de reducción "Ry":	8.00
Peso del edificio (Tn)	124.89

**Fuente:** Elaboración propia.

Nota: En el peso del edificio no se considera el peso del sótano debido a que no sufre deformación.

Reemplazando datos en la ecuación n° 9 calculamos la cortante estática para los ejes X – X e Y – Y los cuales son iguales a 11.76 Tn y 12.53 Tn respectivamente.

### B. Cálculo de la cortante basal dinámica:

El software ETABS nos determina la cortante dinámica automáticamente para ambos ejes, los cuales se pueden observar en las siguientes tablas:

Tabla 9  
Cortante dinámica en el eje X – X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	CORTANTE EN "X"
3° NIVEL	DINXX	BOTTOM	4.34
2° NIVEL	DINXX	BOTTOM	7.79
1° NIVEL	DINXX	BOTTOM	9.6
SOTANO	DINXX	BOTTOM	0

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 10  
Cortante dinámica en el eje Y – Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	CORTANTE EN "X"
3° NIVEL	DINYY	BOTTOM	5.01
2° NIVEL	DINYY	BOTTOM	9.01
1° NIVEL	DINYY	BOTTOM	11.13
SOTANO	DINYY	BOTTOM	0

**Fuente:** Elaboración propia.

En las tablas anteriores se puede observar que la cortante dinámica para el eje X – X es igual a 9.60 Tn y para el eje Y – Y es igual a 11.13 Tn.

### C. Factor de escala:

Como se mencionó anteriormente, el 80% de la cortante estática debe ser menor al 100% de la cortante dinámica, posteriormente se calcula el factor de escala sísmica aplicando la siguiente ecuación:

$$Fe = \frac{0.80 * Ve}{Vd} \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

Fe: Factor de escala

Ve: Cortante estática (Tn)

Vd: Cortante dinámica (Tn)

Reemplazando datos en la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala en el eje X – X igual a 0.9803 y en el eje Y – Y igual a 0.9010. El factor de escala nos indica el porcentaje de ampliación de las cargas sísmicas que debemos realizar, el cual a su vez aumenta el presupuesto de la obra debido a la cantidad de acero que llevaran los elementos estructurales.

## 4.6. Diseño de elementos estructurales:

El diseño para los elementos de concreto armado se efectuó empleando criterios de diseño a la rotura según las indicaciones de la E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 4.6.1. Diseño de viga:

El software ETABS nos brinda el diseño de las vigas tomando en cuenta la combinación de carga más crítica, en las siguientes figuras podemos observar la cantidad de acero requerida.

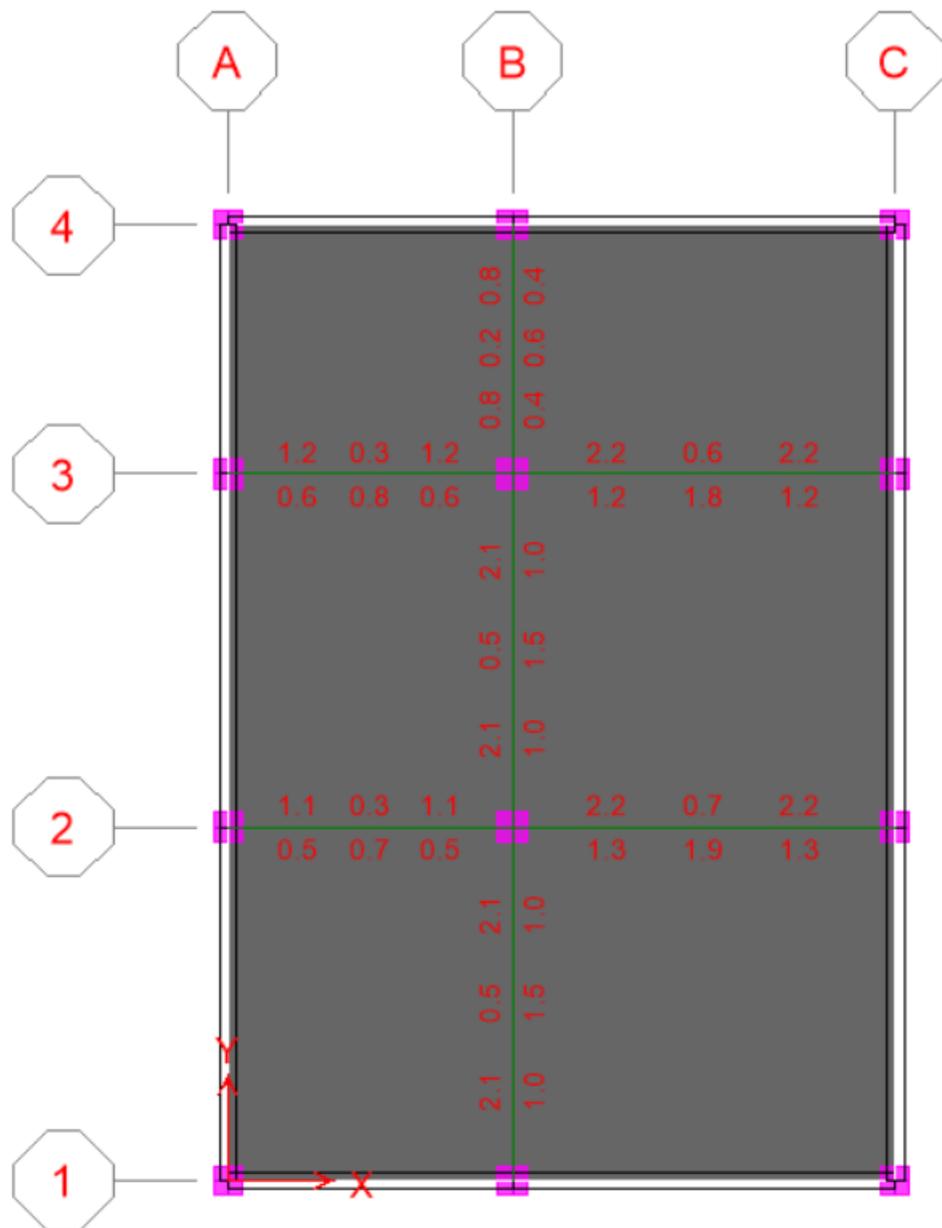


Figura 38 Diseño de vigas en el sótano  
Fuente: Elaboración propia.

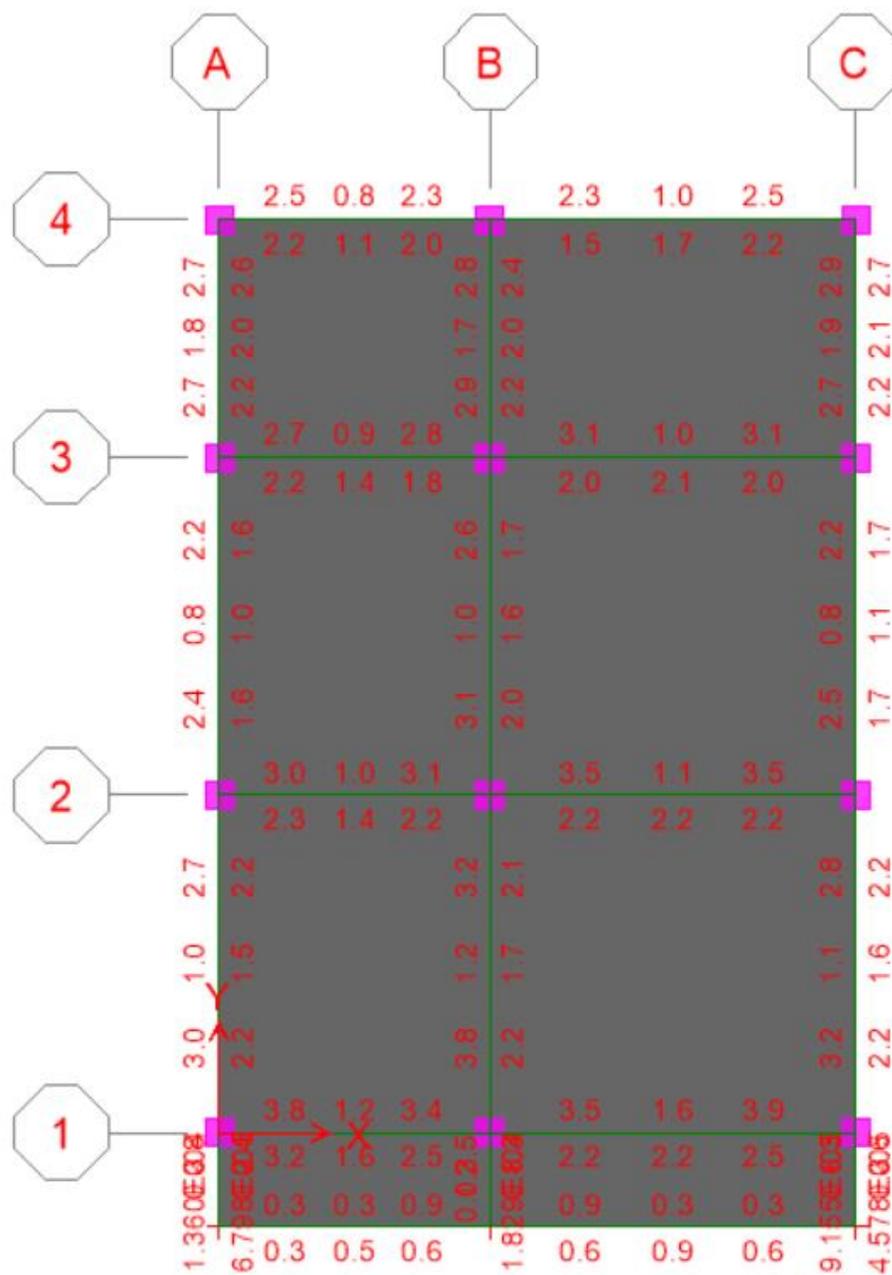


Figura 39 Diseño de vigas en el 1° nivel  
Fuente: Elaboración propia.

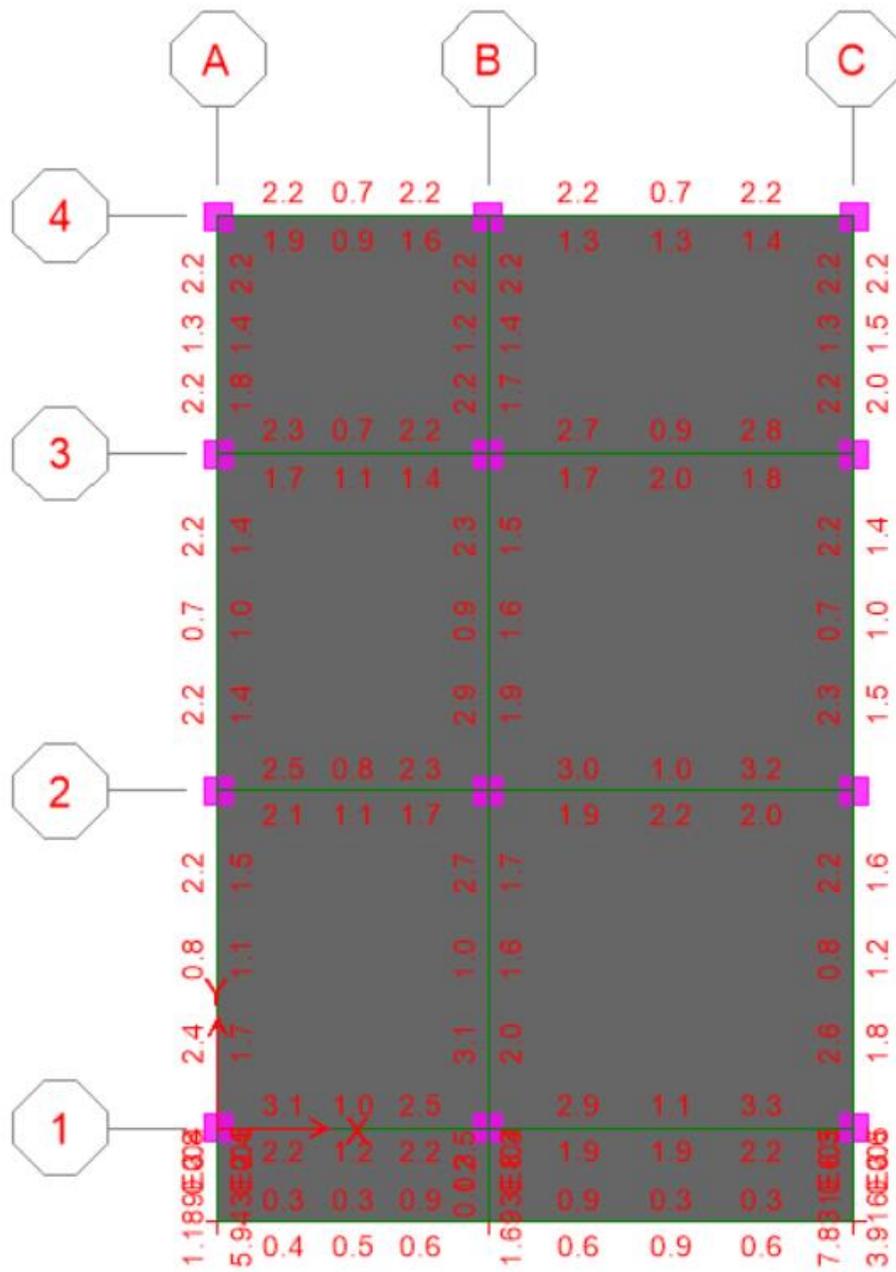


Figura 40 Diseño de vigas en el 2° nivel  
Fuente: Elaboración propia.

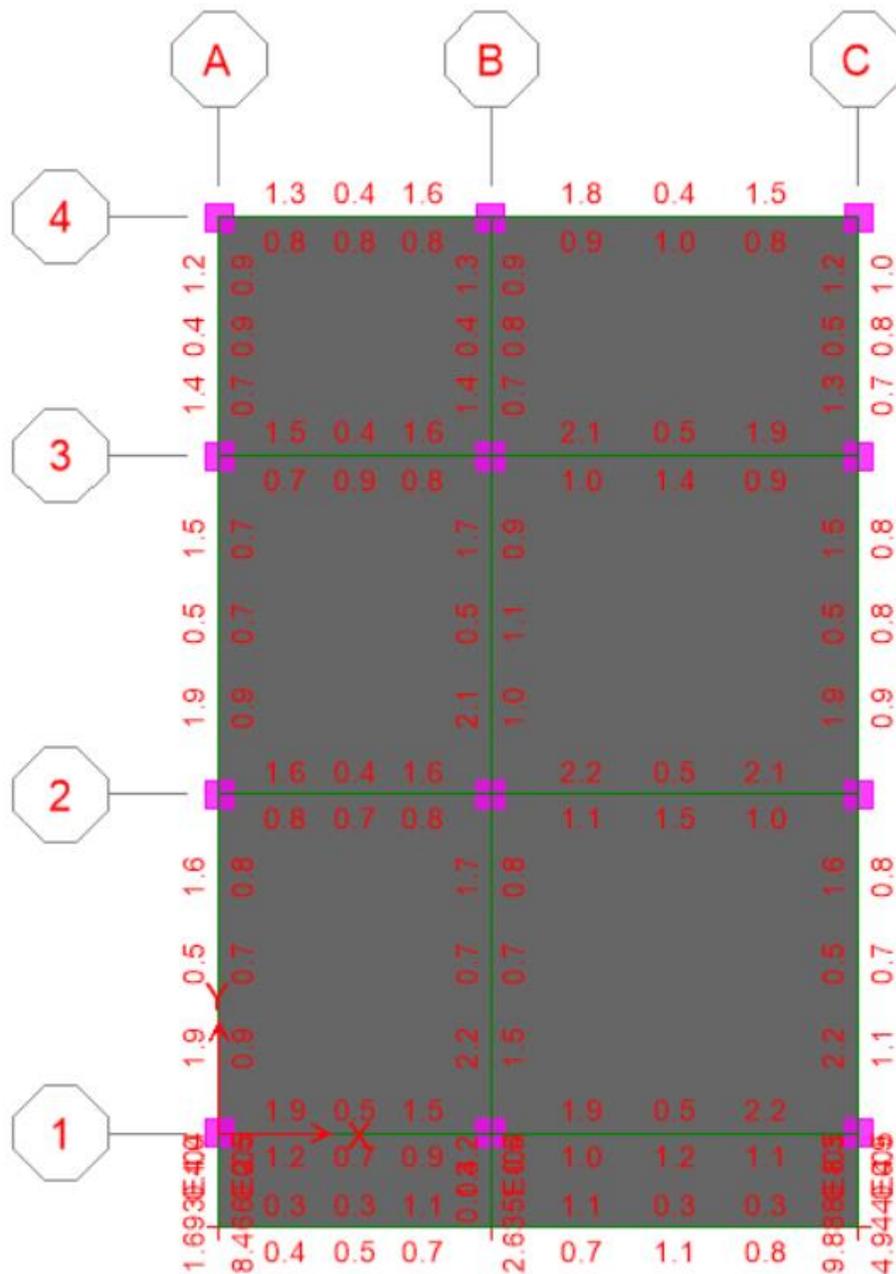


Figura 41 Diseño de vigas en el 3º nivel  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1. Diseño de columnas:

Para el caso de flexo-compresión se construyó el diagrama de interacción  $\Phi P_n$  vs.  $\Phi M_n$  correspondiente a la sección y el refuerzo indicados en el proyecto. La

verificación se efectuó considerando la ubicación de los pares (Pu, Mu) respecto al diagrama de interacción.

#### A. Columnas centrales:

La norma E.060 recomienda un área mínima de acero igual al 1% de la sección transversal de la columna eso quiere decir que para las columnas de 25x25 el acero mínimo es 6.25cm<sup>2</sup>, el cual será distribuido en 6 varillas de ½”.

Tabla 11  
Cargas de la columna CC

N° DE PLANTA	LOAD CASE/COMBO	P	M2	M3
1° NIVEL	CARGA MUERTA	41.83	-0.33	0.25
1° NIVEL	CARGA VIVA	10.58	-0.13	0.09
1° NIVEL	DINXX	6.18	0.64	5.36
1° NIVEL	DINY Y	3.39	5.55	0.18

**Fuente:** Elaboración propia.

Con las cargas mostradas en la tabla anterior se procede a realizar la combinación de cargas según la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones:

Tabla 12  
Combinación de cargas de la columna CC

COMBINACIONES	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	76.55	-0.68	0.51
<b>SISMO EN X - X</b>	1.25(CM+CV)+SISXX	71.69	0.06	5.79
	1.25(CM+CV)-SISXX	59.33	-1.21	-4.93
	0.9CM+SISXX	43.83	0.34	5.58
	0.9CM-SISXX	31.47	-0.93	-5.13
<b>SISMO EN Y - Y</b>	1.25(CM+CV)+SISYY	68.90	4.98	0.62
	1.25(CM+CV)-SISYY	62.12	-6.12	0.25
	0.9CM+SISYY	41.04	5.25	0.41
	0.9CM-SISYY	34.26	-5.85	0.04

**Fuente:** Elaboración propia.

Ahora calculamos las cargas para el sismo negativo de ambos ejes, para esto se utiliza los datos de la tabla anterior con el signo cambiado, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 13

Cargas para sismo en el eje X – X para columna CC

<b>COMBINACIONES</b>	<b>COMBOS</b>	<b>P</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	1.4CM+1.7CV	76.55	-0.68	0.51
<b>SISMO POSITIVO</b>	1.25(CM+CV)+SISXX	71.69	0.06	5.79
	1.25(CM+CV)-SISXX	59.33	-1.21	-4.93
	0.9CM+SISXX	43.83	0.34	5.58
	0.9CM-SISXX	31.47	-0.93	-5.13
<b>SISMO NEGATIVO</b>	1.25(CM+CV)+SISXX	71.69	-0.06	-5.79
	1.25(CM+CV)-SISXX	59.33	1.21	4.93
	0.9CM+SISXX	43.83	-0.34	-5.58
	0.9CM-SISXX	31.47	0.93	5.13

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 14

Cargas para sismo en el eje Y – Y para columna CC

<b>COMBINACIONES</b>	<b>COMBOS</b>	<b>P</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	1.4CM+1.7CV	76.55	-0.68	0.51
<b>SISMO POSITIVO</b>	1.25(CM+CV)+SISYY	68.90	4.98	0.62
	1.25(CM+CV)-SISYY	62.12	-6.12	0.25
	0.9CM+SISYY	41.04	5.25	0.41
	0.9CM-SISYY	34.26	-5.85	0.04
<b>SISMO NEGATIVO</b>	1.25(CM+CV)+SISYY	68.90	-4.98	-0.62
	1.25(CM+CV)-SISYY	62.12	6.12	-0.25
	0.9CM+SISYY	41.04	-5.25	-0.41
	0.9CM-SISYY	34.26	5.85	-0.04

**Fuente:** Elaboración propia.

Por último, se diseña el diagrama de interacción en el programa ETABS para la columna CC con el área de acero planteado, el resultado se muestra a continuación:

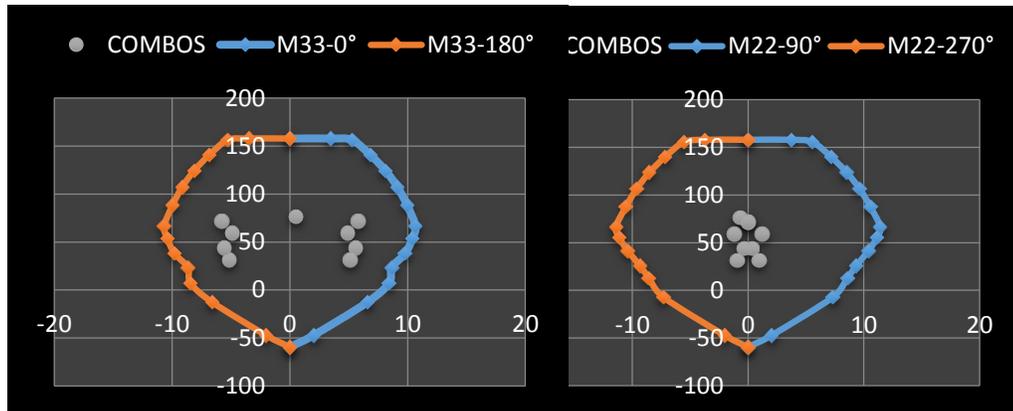


Figura 42 Diagramas de interacción para sismo en el eje X – X de columna CC  
**Fuente:** Elaboración propia.

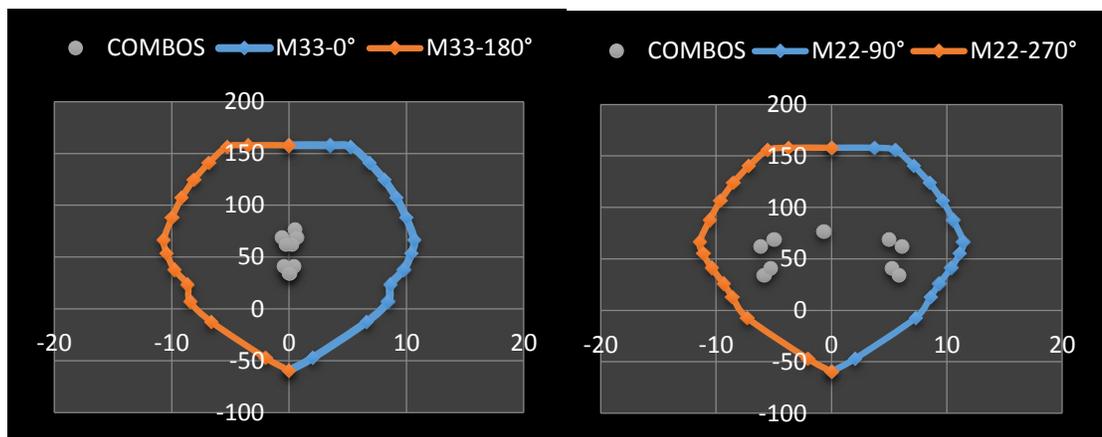


Figura 43 Diagramas de interacción para sismo en el eje Y – Y de columna CC  
**Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede observar en las figuras anteriores, todas las cargas se encuentran dentro del diagrama de interacción, por lo tanto, el diseño planteado es el correcto.

### B. Columnas laterales:

Las columnas laterales cuentan con las mismas dimensiones que las columnas centrales, por lo tanto, se aplicara la misma distribución de acero de 6 varillas de 1/2".

Tabla 15  
Cargas de la columna CL

N° DE PLANTA	LOAD CASE/COMBO	P	M2	M3
1° NIVEL	CARGA MUERTA	-26.76	-0.27	-0.48
1° NIVEL	CARGA VIVA	-6.21	-0.09	-0.16
1° NIVEL	DINXX	7.47	2.62	4.16
1° NIVEL	DINY Y	3.38	6.02	0.17

**Fuente:** Elaboración propia

Con las cargas mostradas en la tabla anterior se procede a realizar la combinación de cargas según la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones:

Tabla 16  
Combinación de cargas de la columna CL

COMBINACIONES	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	48.02	-0.53	-0.95
<b>SISMO EN X - X</b>	1.25(CM+CV)+SISXX	48.68	2.17	3.35
	1.25(CM+CV)-SISXX	33.74	-3.07	-4.96
	0.9CM+SISXX	31.55	2.38	3.72
	0.9CM-SISXX	16.61	-2.86	-4.59
<b>SISMO EN Y - Y</b>	1.25(CM+CV)+SISYY	44.59	5.57	-0.63
	1.25(CM+CV)-SISYY	37.83	-6.47	-0.97
	0.9CM+SISYY	27.46	5.78	-0.26
	0.9CM-SISYY	20.70	-6.26	-0.60

**Fuente:** Elaboración propia

Ahora calculamos las cargas para el sismo negativo de ambos ejes, para esto se utiliza los datos de la tabla anterior con el signo cambiado, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 17

Cargas para sismo en el eje X – X para columna CL

COMBINACIONES	COMBOS	P	M2	M3
		1.4CM+1.7CV	48.02	-0.53
SISMO POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	48.68	2.17	3.35
	1.25(CM+CV)-SISXX	33.74	-3.07	-4.96
	0.9CM+SISXX	31.55	2.38	3.72
	0.9CM-SISXX	16.61	-2.86	-4.59
SISMO NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	48.68	-2.17	-3.35
	1.25(CM+CV)-SISXX	33.74	3.07	4.96
	0.9CM+SISXX	31.55	-2.38	-3.72
	0.9CM-SISXX	16.61	2.86	4.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Cargas para sismo en el eje Y – Y para columna CL

COMBINACIONES	COMBOS	P	M2	M3
		1.4CM+1.7CV	48.02	-0.53
SISMO POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	44.59	5.57	-0.63
	1.25(CM+CV)-SISYY	37.83	-6.47	-0.97
	0.9CM+SISYY	27.46	5.78	-0.26
	0.9CM-SISYY	20.70	-6.26	-0.60
SISMO NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	44.59	-5.57	0.63
	1.25(CM+CV)-SISYY	37.83	6.47	0.97
	0.9CM+SISYY	27.46	-5.78	0.26
	0.9CM-SISYY	20.70	6.26	0.60

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se diseña el diagrama de interacción en el programa ETABS para la columna CL con el área de acero planteado, el resultado se muestra a continuación:

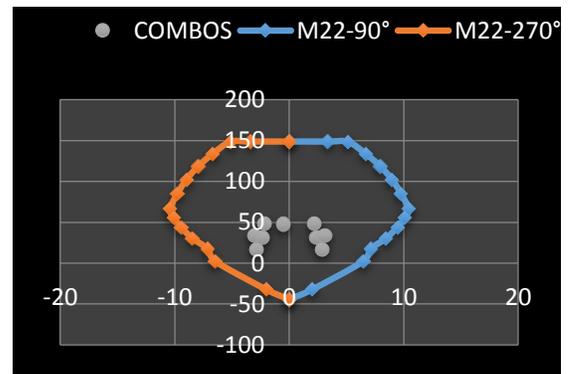
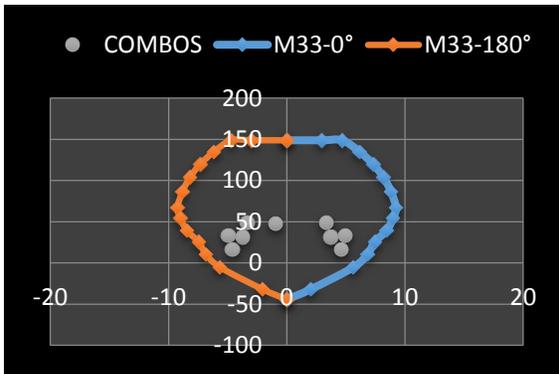


Figura 44 Diagramas de interacción para sismo en el eje X – X de columna CL  
**Fuente:** Elaboración propia.

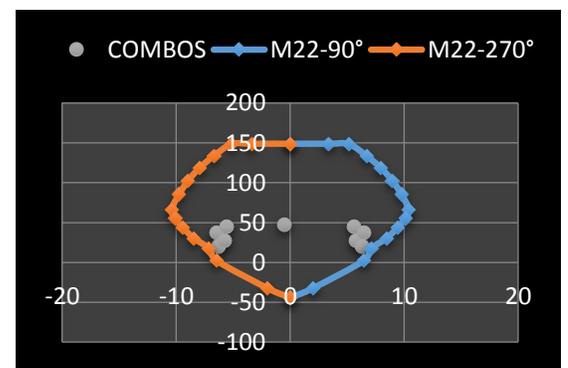
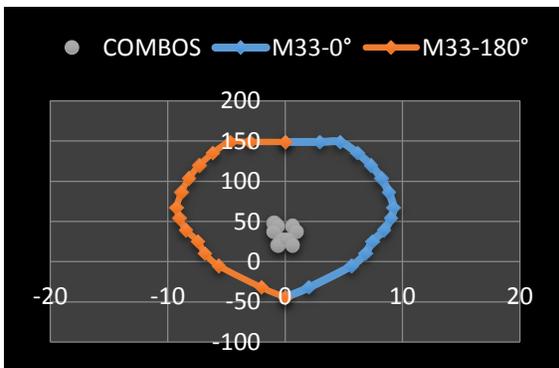


Figura 45 Diagramas de interacción para sismo en el eje Y – Y de columna CL  
**Fuente:** Elaboración propia.

Como podemos observar, las cargas se encuentran dentro de los diagramas de interacción, por lo tanto, el refuerzo planteado es el correcto.

#### 4.1.2. Diseño de escalera:

Se diseñó las escaleras teniendo en cuenta las dimensiones establecidas en los planos y aplicando las cargas propuestas en la norma E.020.

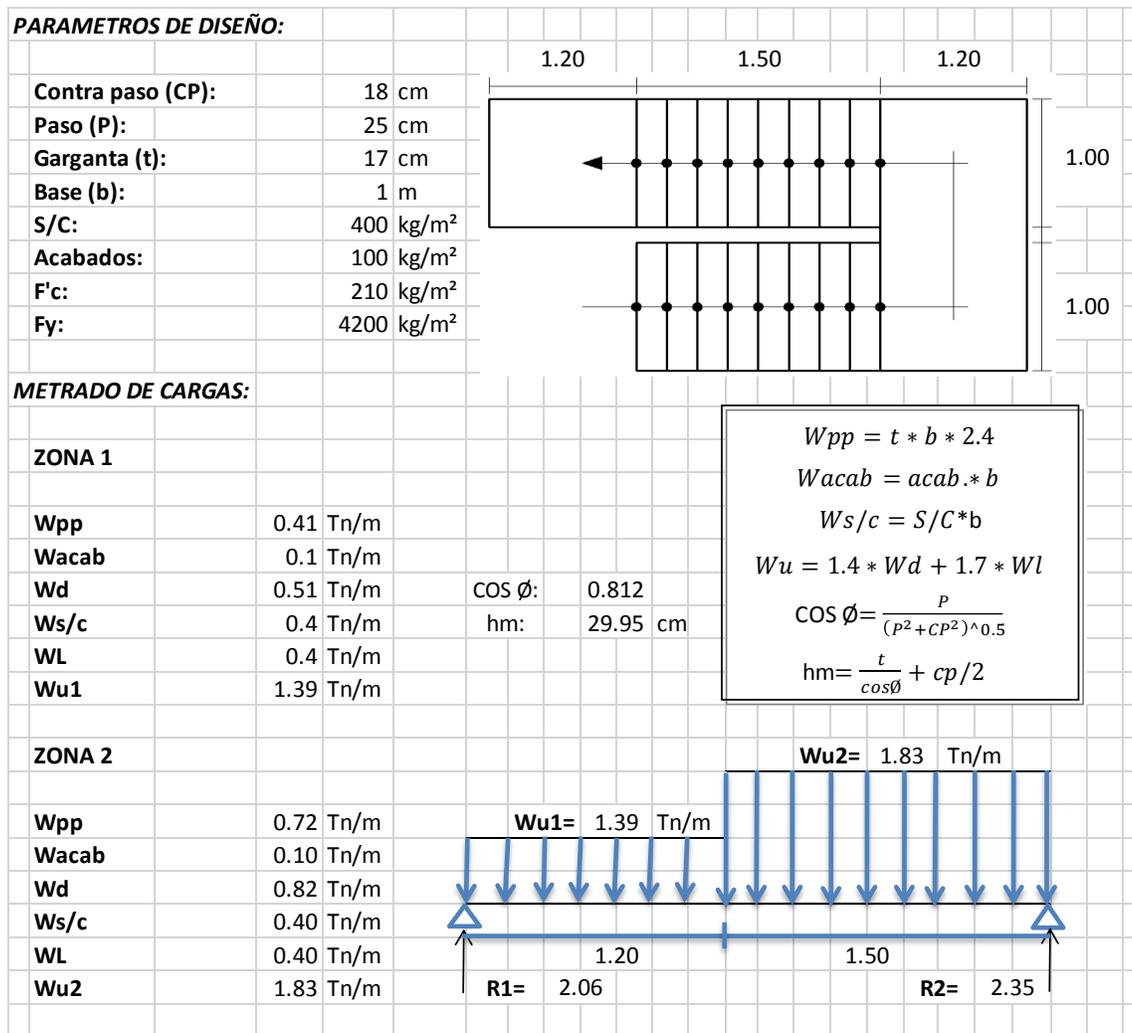
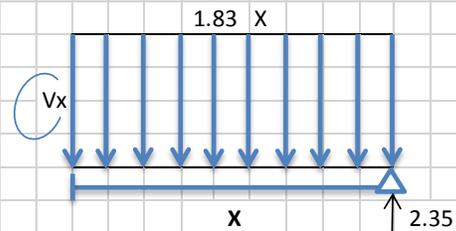
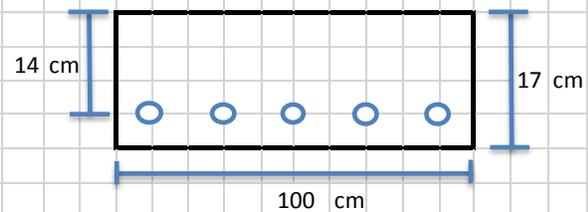


Figura 46 Parámetros de diseño y metrado de cargas de la escalera

Fuente: Elaboración propia.

**REACCIONES Y MOMENTO MAXIMO:****R2:** 2.35 Tn**R1:** 2.06 Tn**X:** 1.29 m**Mmax:** 1.51 Tn.m **$\alpha$ :** 0.80**Mu:** 1.21 Tn.m

**Nota:** El momento maximo se produce cuando la cortante  $V_x$  es igual a cero.

**PRIMER TRAMO****DISEÑO DE LA ESCALERA:****Mu:** 1.21 Tn.m **$f'_c$ :** 210 kg/cm<sup>2</sup> **$f_y$ :** 4200 kg/cm<sup>2</sup>**h:** 17 cm**d:** 14 cm**b:** 100 cm**W:** 0.0333**p:** 0.0017**Acero longitudinal:****As:** 2.33 cm<sup>2</sup>**N° varillas:** 3.00**S:** 45.37 cm

<b>USAR:</b>	3	$\emptyset$	3/8"	@	45.00	cm
--------------	---	-------------	------	---	-------	----

**Acero Transversal:****As:** 1.17 cm<sup>2</sup>**S:** 60.94 cm

<b>USAR:</b>	varillas	$\emptyset$	3/8"	@	20.00	cm
--------------	----------	-------------	------	---	-------	----

Figura 47 Diseño del primer tramo de la escalera

**Fuente:** Elaboración propia.

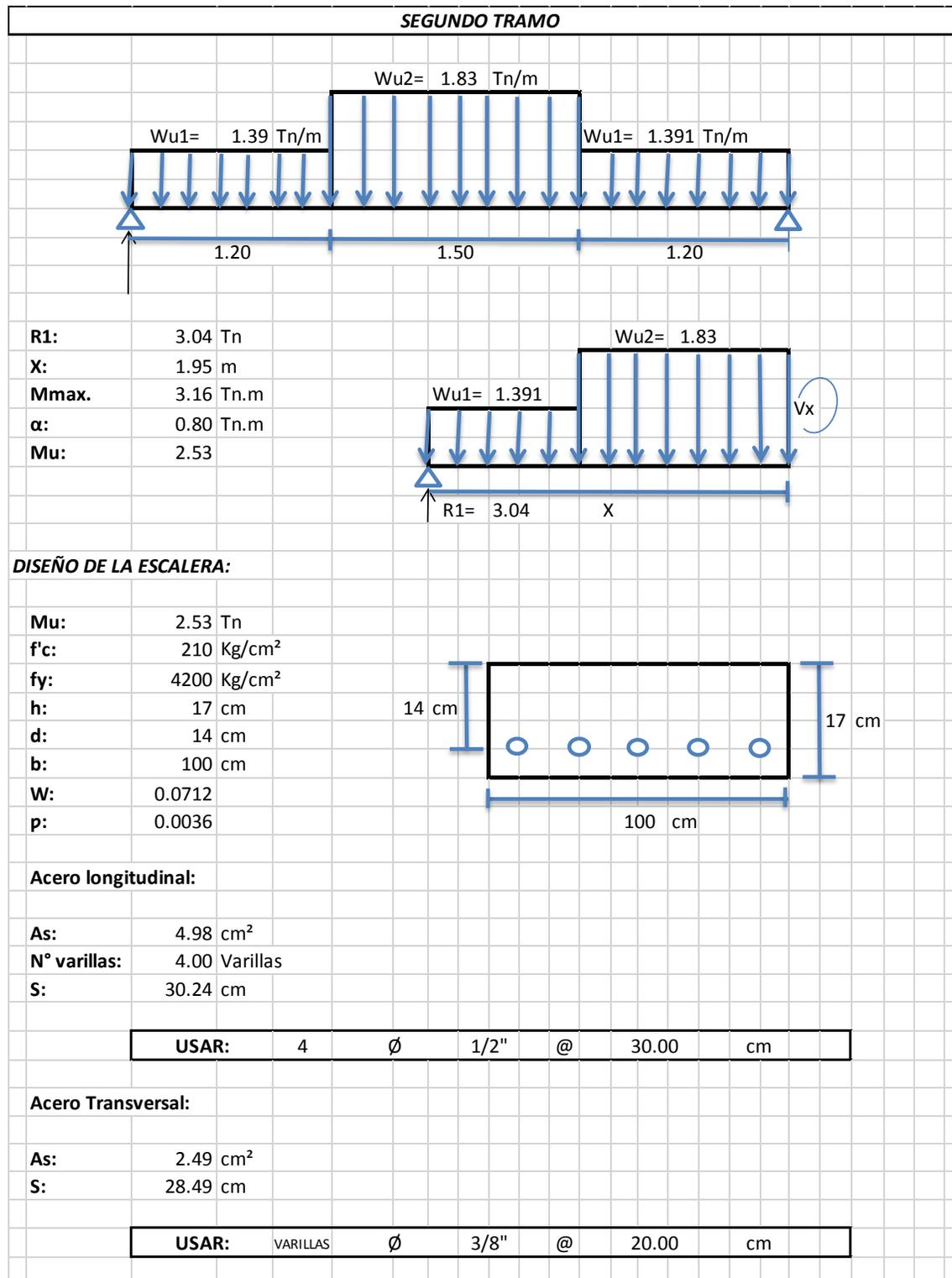


Figura 48 Diseño del segundo tramo de la escalera

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.2. Diseño de losa aligerada:

Se diseñó la losa aligerada en una dirección teniendo en cuenta una altura de 0.20m y se hizo uso del programa ETABS, para el cálculo de los momentos.

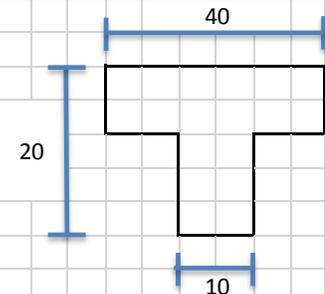
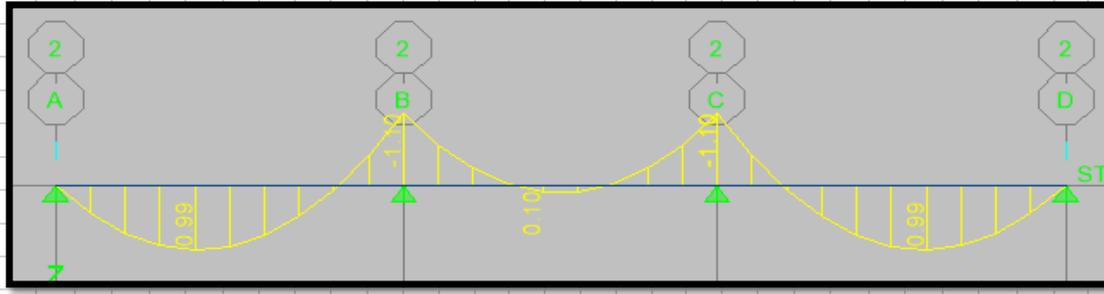
PARAMETROS DE DISEÑO:					
F'c:	210	Kg/cm <sup>2</sup>	ANCHO VIGUETA:	0.40	m
FY:	4200	Kg/cm <sup>2</sup>	ALTEZA DE LOSA:	0.20	m
			PERALTE:	17.00	cm
			Bw:	10.00	cm
METRADO DE CARGAS:					
CARGA MUERTA O PERMANENTE:					
PESO PROPIO DE LOSA ALIGERADA:	300	Kg/cm <sup>2</sup>			
PESO DE PISO ACABOS:	100	Kg/cm <sup>2</sup>			
PESO DE TABIQUERIA:	150	Kg/cm <sup>2</sup>			
	<b>550</b>				
CARGA VIVA O VARIABLE:					
PESO DE CARGA VIVA:	<b>250</b>	Kg/cm <sup>2</sup>			
COMBINACION DE CARGAS:					
WUL= 1.4CM+1.7CV	1195	Kg/cm <sup>2</sup>			
CARGA ULTIMA POR VIGUETA:					
CARGA ULTIMA:	<b>478</b>	Kg/m			
$W = 0.85 - \frac{\sqrt{0.7225 - 1.7 * Mu}}{\phi * f'c * b * d^2}$ $\rho = W * \frac{f'c}{fy}$ $AS = \rho * b * d$					
					
CALCULO DE MOMENTO POR TRAMO (UTILIZANDO EL PROGRAMA ETABS):					
					

Figura 49 Cálculo de momentos en la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia.

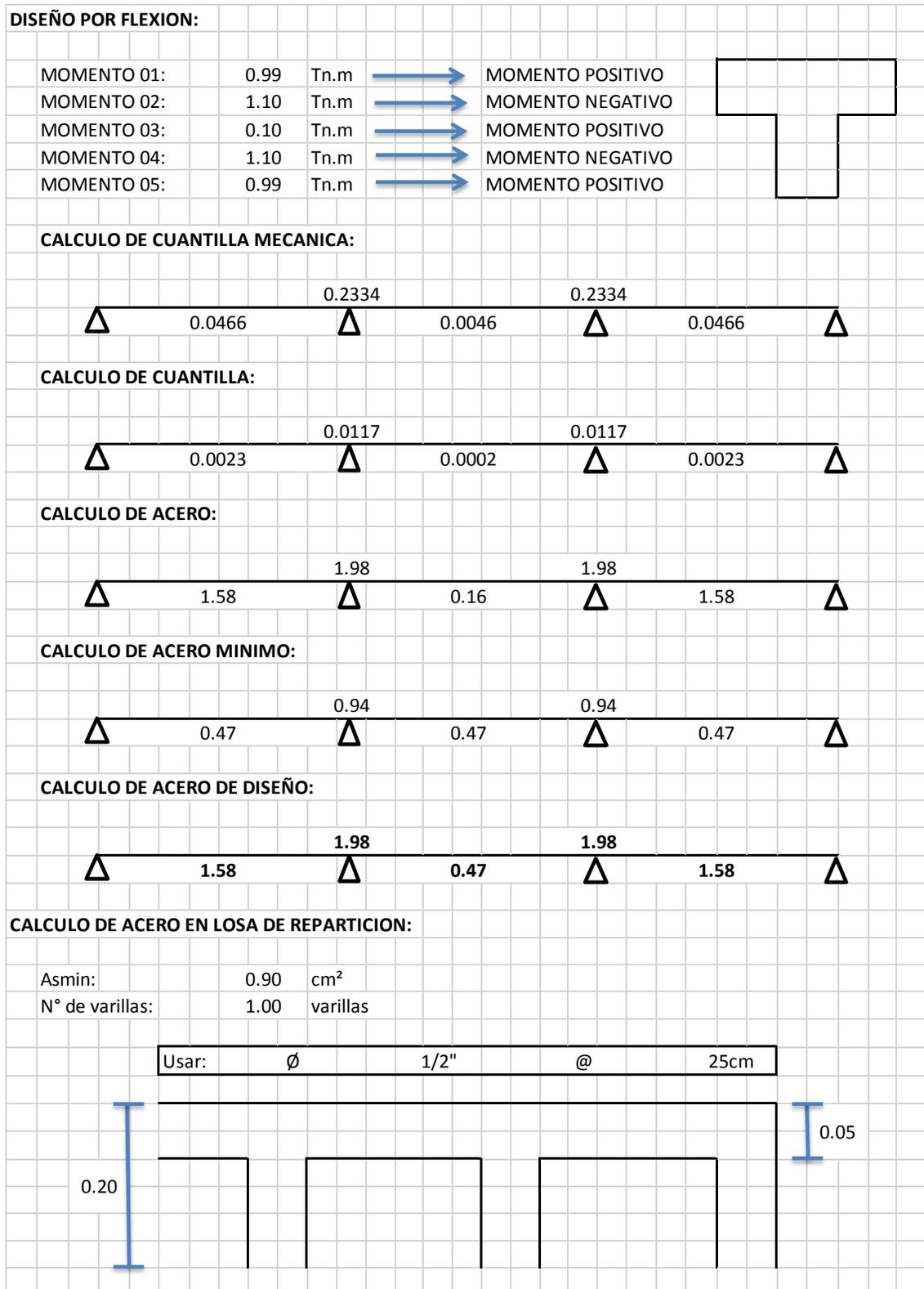


Figura 50 Diseño y distribución de acero en la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7. Diseño de cimentación:

Para fines de modelamiento se aplicó los softwares ETABS y SAFE. Se propone la siguiente cimentación:

Tabla 19  
Dimensiones de las zapatas propuestas

TIPO DE ZAPATA	DIMENSIONES DE LA ZAPATA (m)	ALTURA DE LA ZAPATA (m)
Z1	1.40x1.40	0.50
Z2	1.20x1.20	0.50
Z3	1.00x1.00	0.50

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.7.1. Modelamiento en el programa SAFE:

##### A. Exportar cargas:

Exportaremos la carga CM, MUERTA, VIVA, VIVAUP, DINXX y DINYY del programa ETABS al programa SAFE.

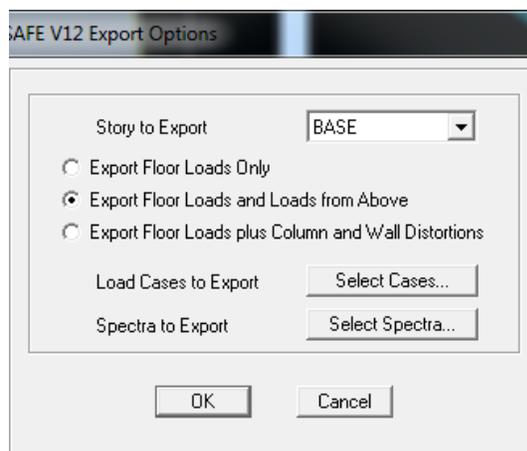


Figura 51 Exportando las cargas del programa ETABS al SAFE  
Fuente: Elaboración propia.

**B. Definir suelo:**

La capacidad portante del terreno es  $1.35\text{kg/cm}^2$  según el estudio de mecánica de suelo a una profundidad de desplante igual a 1.50m. Esta capacidad portante nos determina un módulo de balasto igual a  $2.83\text{kg/cm}^3$ , este dato es el que importamos en el programa SAFE.

The image shows a dialog box titled "Soil Subgrade Property Data". It contains the following fields and options:

- General Data:**
  - Property Name: SUELO
  - Display Color: Cyan (with a "Change..." button)
  - Property Notes: (with a "Modify/Show Notes..." button)
- Property:**
  - Subgrade Modulus (Compression Only): 2.83E-03 Tonf/cm3
- Nonlinear Option (Nonlinear Cases Only):**
  - None (Linear)
  - Tension Only
  - Compression Only
  - Elasto-Plastic
  - Compression Stiffness: [ ]
  - Compression Strength: [ ]
  - Tension Stiffness: [ ]
  - Tension Strength: [ ]

Buttons: OK, Cancel

Figura 52 Módulo de balasto  
Fuente: Elaboración propia.

**C. Definir carga de servicio:**

Será igual a la suma de las cargas MUERTA, CM, VIVA y la VIVAUP.

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: SERVICIO

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
MUERTA	1.0000
CM	1.0000
VIVA	1.0000
VIVAUP	1.0000
*	

Design Selection

Strength (Ultimate)  Service - Normal

Service - Initial  Service - Long Term

OK Cancel

Figura 53 Creando Carga de servicio  
Fuente: Elaboración propia.

#### D. Definir combinación de cargas:

Según la norma E.060 las combinaciones de cargas son las siguientes:

- U1:  $1.4CM + 1.7CV$
- U2:  $1.25CM + 1.25CV \pm 1SX$
- U3:  $1.25CM + 1.25CV \pm 1SY$
- U4:  $0.90CM \pm 1SX$
- U5:  $0.90CM \pm 1SY$

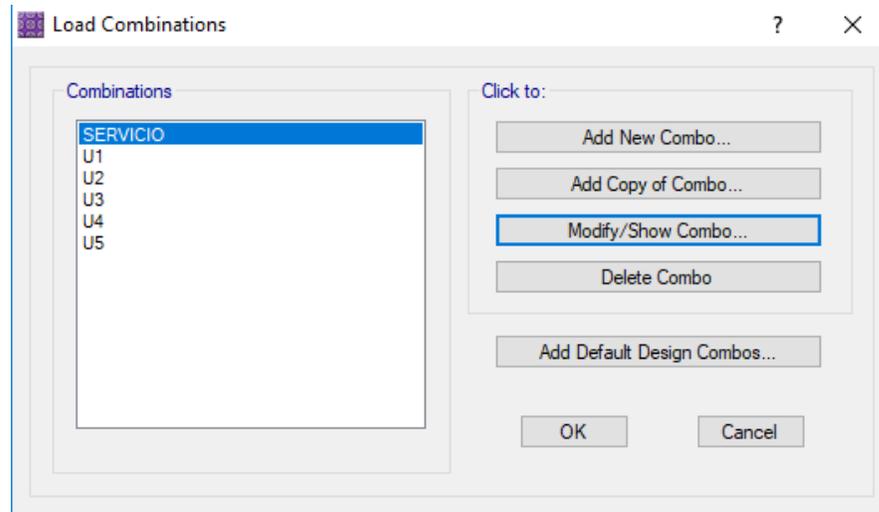
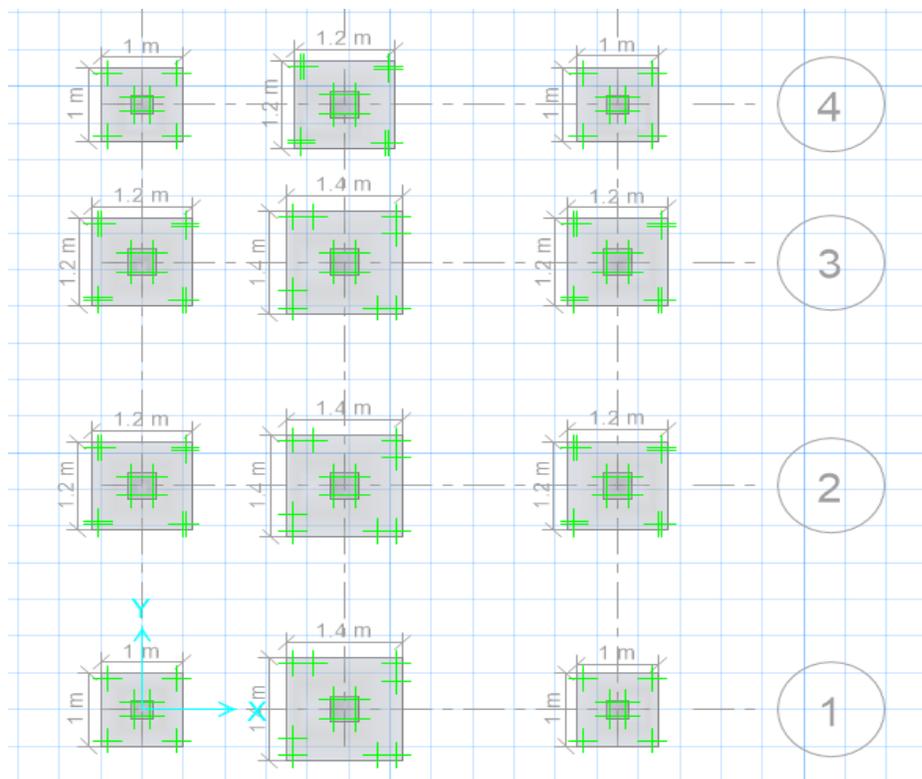


Figura 54 Combinaciones de carga  
Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo los pasos anteriores, se procede a modular la cimentación planteada en cada punto de carga, en la siguiente figura podemos observar las zapatas con sus dimensiones respectivas:



Zapatas en el software SAFE

**Fuente:** Elaboración propia.

### E. Apoyar sobre el suelo:

La cimentación debe ser apoyada sobre el suelo que creamos anteriormente.

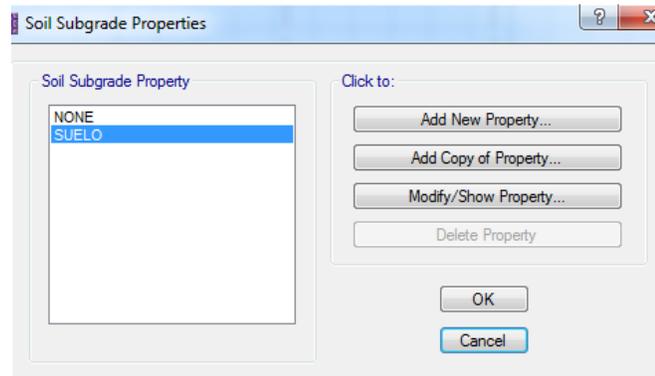


Figura 55 Cimentación apoyada sobre el suelo

**Fuente:** Elaboración propia.

### F. Puntos restringidos:

Restringiremos la traslación en X, Y, la rotación en Z.



Figura 56 Puntos restringidos

**Fuente:** Elaboración propia.

### G. Asignando sobrecarga:

El peso específico del terreno es  $1.50\text{Tn/m}^3$  según el estudio de mecánica de suelos, este valor será multiplicado por la altura de relleno que es de  $1.00\text{m}$  dando como resultado una carga muerta de  $1.50\text{Tn/m}^2$ . Para una vivienda la carga viva en la cimentación es de  $0.20\text{Tn/m}^2$ .

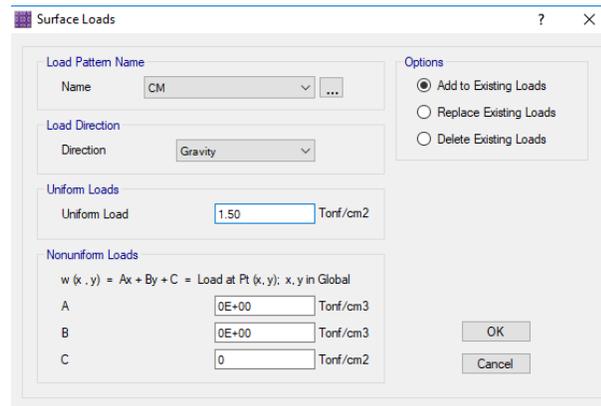


Figura 57 Importando carga muerta  
Fuente: Elaboración propia.

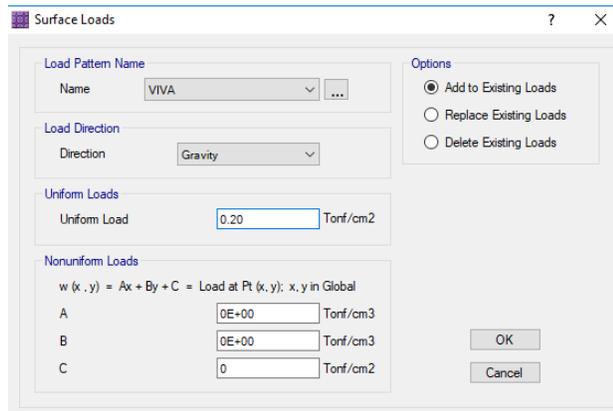


Figura 58 importando carga viva  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.2. Resultados de la cimentación propuesta:

##### A. Presiones sobre las zapatas:

Como podemos observar en la siguiente figura la mayor presión en las zapatas es de 14.45Tn/m<sup>2</sup> la cual es menor a la presión máxima permisible de 16.20Tn/m<sup>2</sup> por lo tanto las dimensiones planteadas son las correctas.

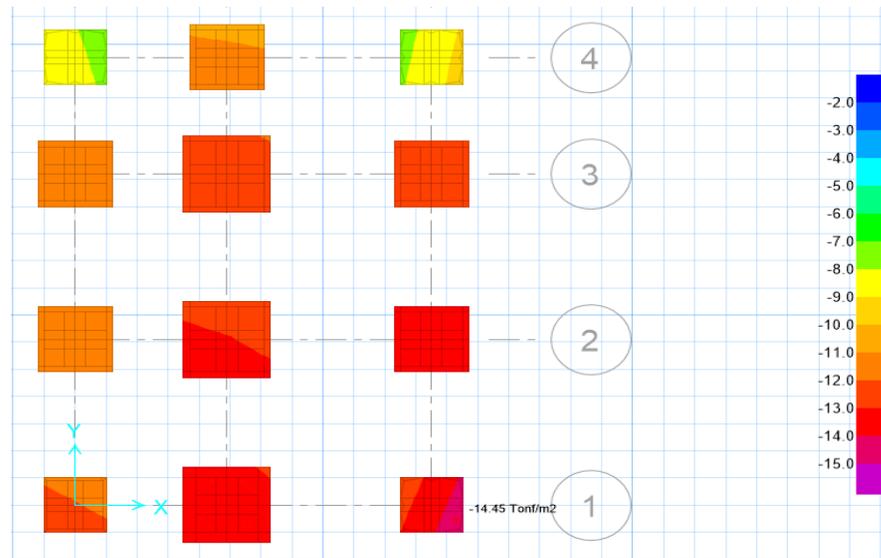


Figura 59 Presiones sobre las zapatas Z1 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

### B. Asentamiento de las zapatas:

En la imagen se muestra un asentamiento máximo de 0.51cm el cual es inferior al asentamiento máximo de 2.54cm (1pulg.), por lo tanto, las zapatas tienen las dimensiones necesarias.

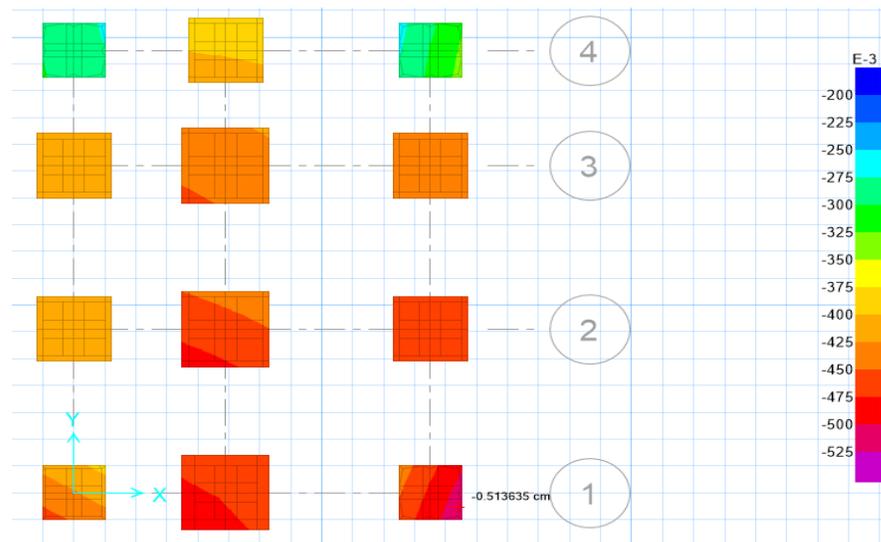


Figura 60 asentamiento de las zapatas Z1 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

### C. Diseño de las zapatas:

#### a. Diseño de la Z1:

Las dimensiones de la zapata Z1 reforzada es de 1.40x1.40m los cuales tienen una cuantilla de diseño igual a 0.0931cm<sup>2</sup>/cm en ambos ejes.

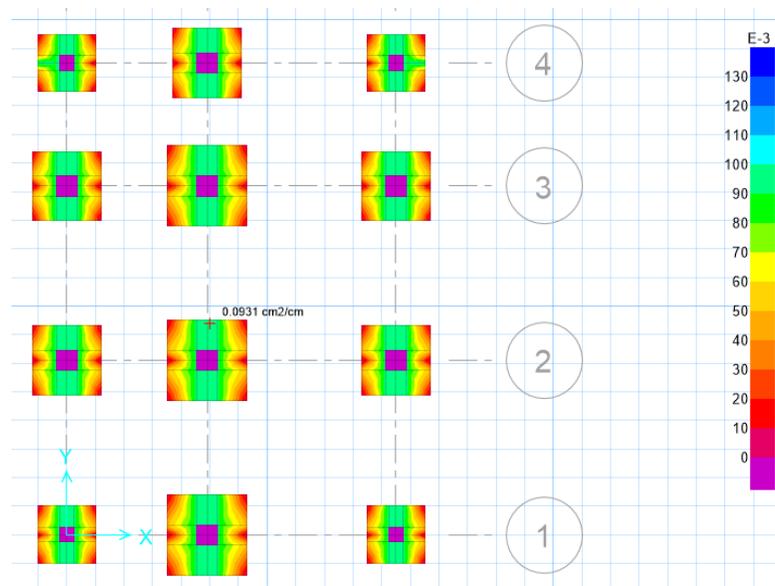


Figura 61 Cuantilla de acero en el eje X – X de las zapatas Z1 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

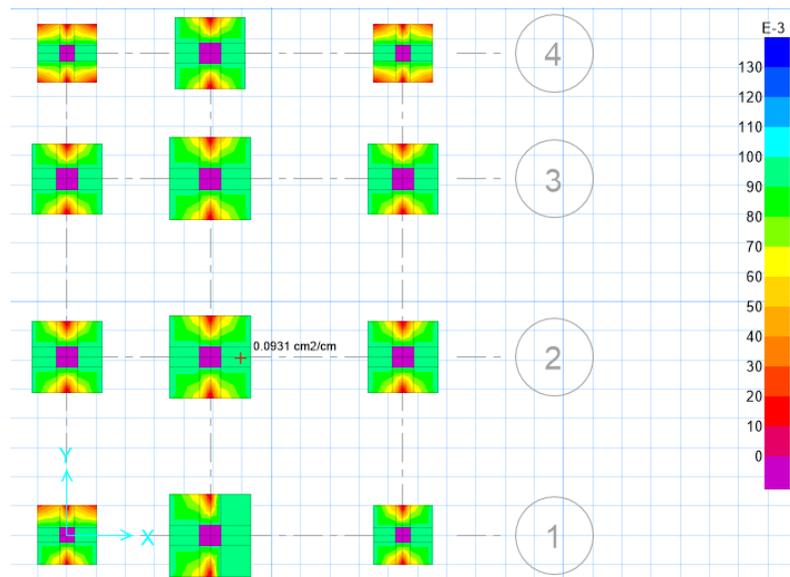


Figura 62 Cuantilla de acero en el eje Y – Y de las zapatas Z1 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el área de acero aplicaremos la siguiente ecuación:

$$As = \rho * L \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

As: Área de acero (cm<sup>2</sup>).

$\rho$ : Cuantilla de diseño.

L: Longitud de zapata (cm).

Aplicando la ecuación n° 11, calculamos el área de acero para ambos ejes:

$$Asx = 0.0931 \times 140 = 13.03 \text{ cm}^2$$

$$Asy = 0.0931 \times 140 = 13.03 \text{ cm}^2$$

Ahora calculamos las varillas de acero con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{As}{Av} \dots \dots \dots (12)$$

Dónde:

n: Numero de varillas.

Av: Área de la varilla (cm<sup>2</sup>).

Utilizaremos varillas de 1/2" las cuales tienen un área igual a 1.27cm<sup>2</sup> y aplicando la ecuación n° 12 obtenemos un número de varillas igual a 10.30 la cual será redondeada a 11 varillas.

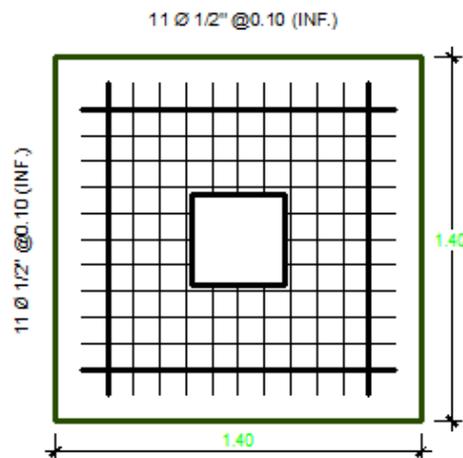


Figura 63 Zapata Z1 con acero de refuerzo

**Fuente:** Elaboración propia.

### b. Diseño de la Z2:

Las dimensiones de la zapata Z2 reforzada es de 1.20x1.20m los cuales tienen una cuantilla de diseño igual a  $0.0931 \text{ cm}^2/\text{cm}$  en ambos ejes.

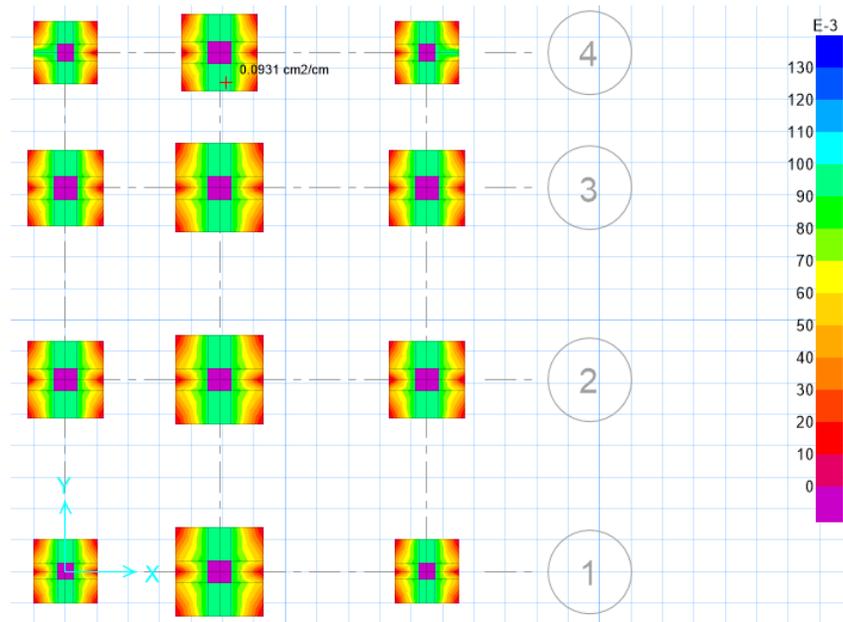


Figura 64 Cuantilla de acero en el eje X – X de las zapatas Z2 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

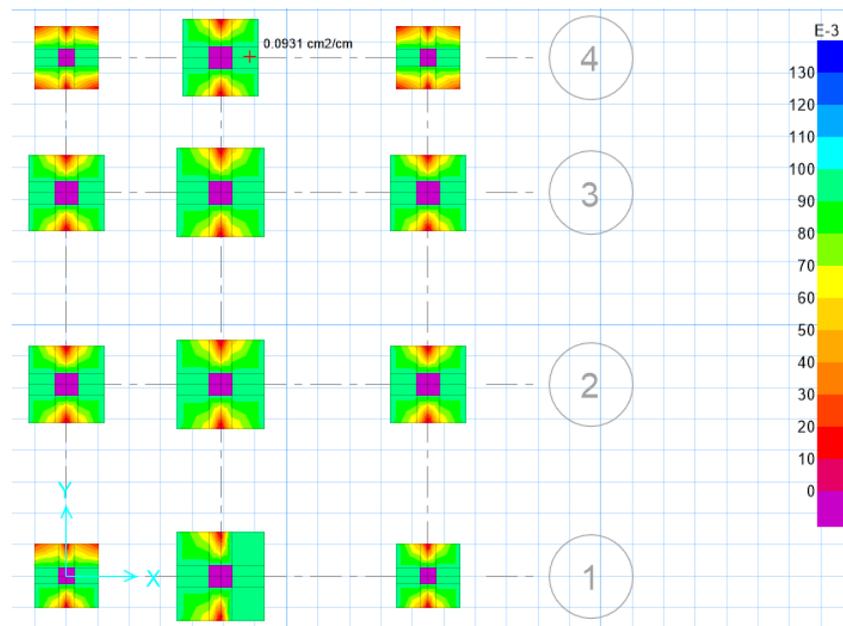


Figura 65 Cuantilla de acero en el eje Y – Y de las zapatas Z2 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la ecuación n° 11 calculamos el área de acero:

$$A_{sx} = 0.0931 \times 120 = 11.17 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} = 0.0931 \times 120 = 11.17 \text{ cm}^2$$

Aplicando la ecuación n° 12 calculamos el número de varillas de acero, utilizando varillas de 1/2" obtenemos 8.79 varillas las cuales redondearemos a 9 varillas.

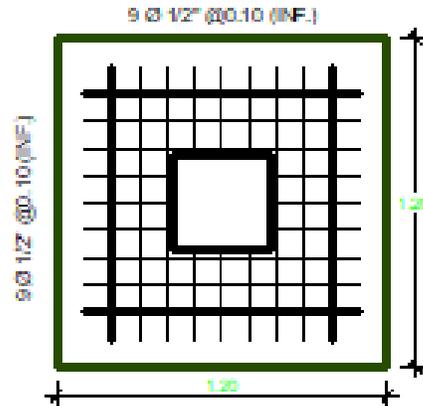


Figura 66 Zapata Z2 con reforzamiento de acero

Fuente: Elaboración propia.

### c. Diseño de la Z3:

Las dimensiones de la zapata Z3 reforzada es de 1.00x1.00m los cuales tienen una cuantilla de diseño igual a 0.0931 cm<sup>2</sup>/cm en ambos ejes.

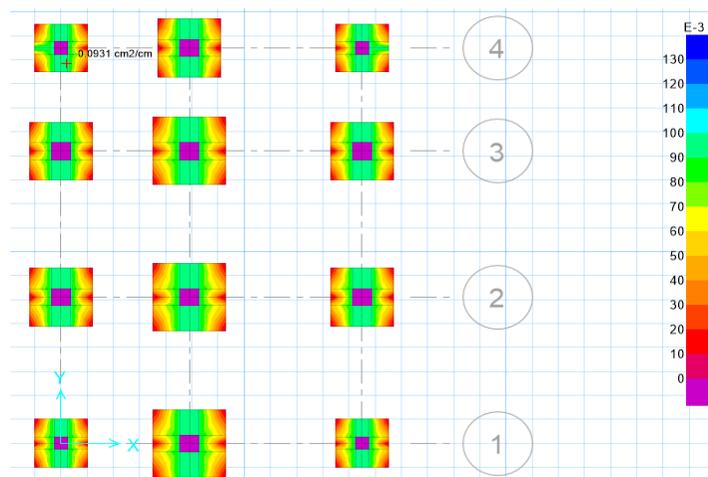


Figura 67 Cuantilla de acero en el eje X – X de las zapatas Z3 propuesta

Fuente: Elaboración propia.

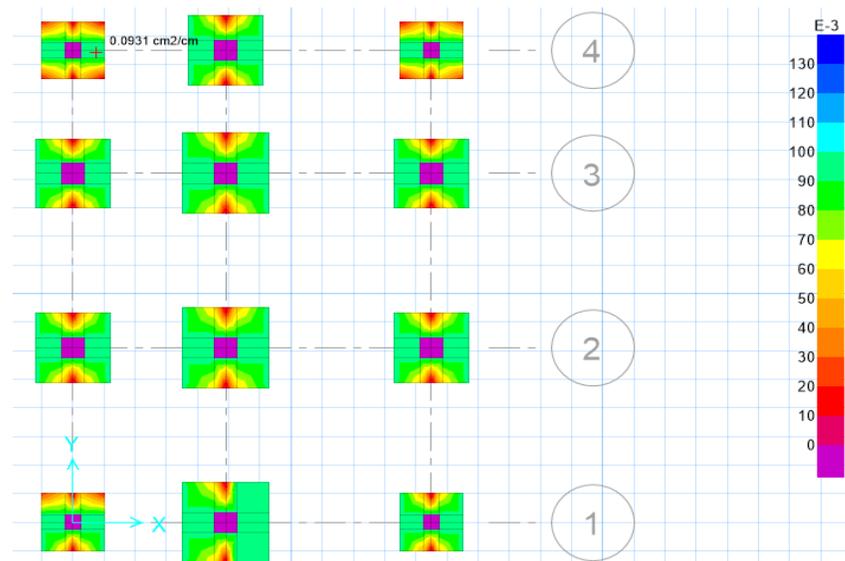


Figura 68 Cuantilla de acero en el eje Y – Y de las zapatas Z2 propuesta  
Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la ecuación n° 2 calculamos el área de acero:

$$A_{sx} = 0.0931 \times 100 = 9.31 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} = 0.0931 \times 100 = 9.31 \text{ cm}^2$$

Aplicando la ecuación n° 3 calculas el número de varillas de acero, utilizando varillas de 1/2" obtenemos 7.33 varillas las cuales redondearemos a 7 varillas.

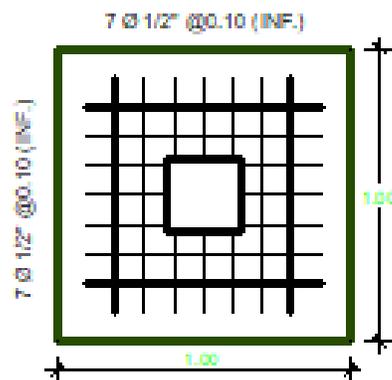


Figura 69 Zapata Z3 con reforzamiento de acero  
Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

- La estructura pre – dimensionada garantiza la segura de los usuarios de la vivienda unifamiliar con sótano debido a que los desplazamientos laterales de la estructura son menores a la máxima admisible de 0.007 y tendrá un comportamiento acorde durante un movimiento sísmico.
- La estructuración propuesta es regular y no presenta discontinuidad en planta y elevación, por lo que su comportamiento ante las diferentes solicitaciones de carga es adecuado.
- Se diseñó los elementos estructurales de la vivienda unifamiliar con sótano teniendo en consideración la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones los cuales llegan a ser económicos debido al diseño de cuantías mínimas.
- Los efectos de corte por torsión sobre los distintos elementos estructurales que conforman al edificio (columnas, placas y vigas), no se incrementaran; por lo que no generara aumento a los desplazamientos laterales, ni graves daños a la estructura.

## RECOMENDACIONES

- Las vigas y columnas serán dibujadas de acuerdo al cálculo estructural y a la arquitectura planteada, para lo cual se hará entrega del ejecutable \*.EDB del software ETABS.
- En el dibujo de los planos se tendrá en consideración las longitudes de desarrollo de los refuerzos, así como los traslapes debidos de acuerdo a la normatividad correspondiente y vigente.
- Es uso obligatorio todos y cada una de las normas de estructuras del reglamento nacional de edificaciones para cualquier verificación o comprobación.
- Se recomienda en la práctica y ejecución de la estructura, el cuidado técnico riguroso, calificado y permanente durante todo el desarrollo de la obra, lo que además facilitará la ejecución de los procedimientos constructivos que emplee el Contratista a cargo de la ejecución.

## BILIOGRAFIA

- Aguiar R., Revelo M., Tapia W. Análisis de Conexiones Viga-Columna de acuerdo al código ACI 318SR-05. Quito, Ecuador.
- Alarcón J. y Franco G. (2010). El terremoto de magnitud 8,8 de Maule (Chile), Evaluación sismológica y observaciones del estudio de campo. Chile
- Alcocer, S. (1995). Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado: Muros Estructurales. México D.F.
- American Concrete Institute. (2011). Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-11).
- Cámara de la Construcción de Quito. (2014). Revista Construcción. Quito, Ecuador.
- Capa, V. (2014). Edificios vulnerables en zonas sísmicas. Loja, Ecuador
- Correa, M., Machado, L. (2012). Análisis comparativo económico – estructural entre sistemas constructivos tradicionales y un sistema constructivo alternativo liviano. Tesis de Grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001). Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos de diseño generales. Quito: INEN
- Instituto del Cemento del Hormigón de Chile (2013). Metodología de Diseño Sísmico de Muros en Edificios.
- Jaramillo, D. (2009). Análisis comparativo entre sistema aporticado y sistema de paredes portantes de hormigón. Tesis de Grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

- Music, J. (2014). Diseño de Muros de Hormigón Armado según la normativa vigente en Chile. Antofagasta, Chile.
- Nilson A. (1997). Diseño de Estructuras de Concreto. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.
- Panuigua, A. (1981). Diagramas de interacción para porcentajes altos de acero en columnas a flexo compresión. Tesis de Licenciatura Puebla.
- Paulay, T. and Priestley, N. (1991). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. pp. 368-369.
- Placencia, P. (1999). Curso Diseño. Sismorresistente de edificios con vigas banda. Quito, Ecuador.
- Placencia, P. (2011). Apuntes de hormigón armado III. Quito, Ecuador.
- Placencia, P. (2013). Apuntes de proyectos estructurales y configuración estructural. Quito, Ecuador.
- Pontificia Universidad Católica de Chile, Ingeniería Civil UC, Departamento de Estructuras y Geotécnica. La Ingeniería Sismorresistente. Chile
- Rivas, J. (2006). Análisis de relación de aspectos de muros. Tesis de Grado. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

**ANEXOS**

**Anexos 1:**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO Y CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

**Anexos 2:**

**ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO**

**Anexos 3:**

PLANOS