



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS
PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD DE
MACHALA

CARRILLO AGUILAR FABIAN HUMBERTO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS
PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD
DE MACHALA

CARRILLO AGUILAR FABIAN HUMBERTO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS DE
HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD DE MACHALA

CARRILLO AGUILAR FABIAN HUMBERTO
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 21 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
21 de septiembre de 2021

FABIAN-TURNITIN1

por FABIAN CARRILLO AGUILAR

Fecha de entrega: 05-ago-2021 12:16p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1627721601

Nombre del archivo: CARRILLO1-TURNITIN.pdf (304.42K)

Total de palabras: 2920

Total de caracteres: 13988

FABIAN-TURNITIN1

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	1%
2	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	web.fonade.gov.co Fuente de Internet	1%
4	tecreview.tec.mx Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Internacional SEK Trabajo del estudiante	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1%
9	www.calculistaestructural.com Fuente de Internet	

<1 %

10

ddd.uab.cat

Fuente de Internet

<1 %

11

dspace.ueb.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

repositorio.utmachala.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

14

www.semanticscholar.org

Fuente de Internet

<1 %

15

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CARRILLO AGUILAR FABIAN HUMBERTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de septiembre de 2021


CARRILLO AGUILAR FABIAN HUMBERTO
0705436186

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres por el apoyo, paciencia y esfuerzo que hicieron para yo llegar a este punto y ser el orgullo de ellos.

La dedico a mi primo que fue como un hermano para mí y sé que ahora desde arriba me fue guiando en el camino correcto.

De manera especial a mi tía, aunque ahora no la tengo a mi lado sé que debe estar orgulloso de mi ya que fue como una segunda madre y fue un apoyo emocional en esos momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios por brindarme salud y fuerza en el trayecto de mi carrera

A mis padres por el apoyo incondicional que me dieron para poder salir adelante

A toda mi familia por darme esos consejos grandes cuando tenía dificultades de la Universidad

A mi mascota por acompañarme esas malas noches.

A mis amigos que me daban ánimos y me apoyaron.

A mi amiga que me apoya y siempre me decía que yo si podía.

A mis amigos de la Universidad, aunque empezamos igual el PRE nos fuimos separando, pero siempre hubo un apoyo mutuo en la Universidad.

Los amigos que ahora me ayudaron con el trabajo de titulación.

Y a los docentes de la Universidad que compartieron conocimientos básicos y sus experiencias.

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluará el diseño estructural de una vivienda de hormigón armado de dos niveles, con la finalidad de comprobar si cumple con la resistencia al sismo de diseño establecido por la norma NEC-SE-DS. La vivienda fue construida en el año 1996 bajo el Código Ecuatoriano de la Construcción y se encuentra en la ciudad de Machala.

Se inicia con la recopilación de los planos que se utilizaron para la construcción de la vivienda, luego se hizo una visita in situ para hacer el levantamiento y verificar que no existan cambios en el proceso constructivo, y además que las secciones cumplan con la norma NEC-SE-HM.

La modelación estructural se realizó con el software ETABS lo cual nos da como resultado que el periodo de la estructura, la demanda/capacidad (D/C) de columna y la deriva de la estructura es mayor a lo que indica la norma NEC-SE-DS. Así también se calcula de manera manual la losa nervada y la zapata, y de esta manera obtener un análisis estructural total de la vivienda que conteste las interrogantes del cumplimiento normativo y la posible necesidad de un reforzamiento estructural.

Palabras Claves: Diseño estructural, resistencia, sismo de diseño, reforzamiento estructural.

ABSTRACT

In this work, the structural design of a two-story reinforced concrete house will be evaluated in order to check if it complies with the seismic design resistance established by the NEC-SE-DS standard. The house was built in 1996 under the Ecuadorian Construction Code and is located in the city of Machala.

We started with the compilation of the plans that were used for the construction of the house, then an on-site visit was made to make the survey and verify that there are no changes in the construction process, and also that the sections comply with the NEC-SE-HM standard.

The structural modeling was performed with ETABS software, which gives us as a result that the period of the structure, the column demand/capacity (D/C) and the drift of the structure is greater than what is indicated in the NEC-SE-DS standard. The ribbed slab and footing are also calculated manually, thus obtaining a total structural analysis of the house to answer the questions of compliance and the possible need for structural reinforcement.

Key words: Structural design, strength, design earthquake, structural reinforcement

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	7
ÍNDICE DE TABLAS	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Ubicación	9
1.2 Objetivo General.....	9
1.3 Objetivos específicos	9
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Sismo	10
2.2 Terremoto	10
2.3 Placas tectónicas.....	10
2.4 Intensidad sísmica.....	10
2.5 Vulnerabilidad sísmica	10
2.6 Vivienda sismorresistente	11
2.7 Hormigón armado.....	11
2.8 Propiedades mecánicas del hormigón armado	11
2.8.1 Resistencia a la comprensión.....	11
2.8.2 Resistencia a la tracción (o tensión)	11
2.9 Cargas	11
2.10 Espectro de respuesta para diseño	12
2.11 Cortante basal de diseño	12
2.12 Norma Ecuatoriana de Construcción	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. DESARROLLO	14
4.1 Descripción del sistema estructural actual de la vivienda	14
4.2 Dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda.....	15
4.3 Determinación de Cargas.....	15
4.3.1 Carga Muerta.....	15

4.3.2	Carga Viva	16
4.4	Combinaciones de carga.....	16
4.5	Espectro de diseño.....	17
4.6	Modelación de la estructura	17
4.7	Periodo de la estructura	17
4.7.1	Método 1	17
4.7.2	Método 2	18
4.8	Cortante basal	18
4.9	Torsión.....	18
4.10	Deriva de la estructura	19
4.10.1	Deriva en el eje X de la estructura	19
4.10.2	Deriva en el eje Y de la estructura	19
4.11	Zapata.....	19
4.12	Losa	20
4.13	Análisis de la Vivienda.	20
5.	CONCLUSIONES.....	21
6.	RECOMENDACIONES	21
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22
8.	ANEXOS.....	24
8.1	ANEXO 1 -- Planos Arquitectónicos.	24
8.2	ANEXO 2 – Medición de la vivienda.	26
8.3	ANEXO 3 – Cálculo de carga muerta.	27
8.4	ANEXO 4 – Espectro de diseño.....	29
8.5	ANEXO 5 - Modelación de la Estructura.....	30
8.5.1	ANEXO 5.1 – Relación D/C de la Estructura	31
8.6	ANEXO 6 - Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales	32
8.7	ANEXO 7 – Tabla de Torsión.....	33
8.8	ANEXO 8 – Graficas de derivas en el eje “X” y en el eje “Y”	34
8.9	ANEXO 9 – Comprobación de Zapata.....	36
8.10	ANEXO 10 – Comprobación de losa nervada.	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de la vivienda	9
Ilustración 2 Casa a evaluar	13
Ilustración 3 Configuración estructural de la vivienda	14
Ilustración 4 Detalle de refuerzo calculado en nervio de losa	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda	15
Tabla 2 Carga Muerta	15
Tabla 3 Carga Viva	16
Tabla 4 Combinaciones de carga	16
Tabla 5 Tabla de Torsión	18
Tabla 6 Análisis de la vivienda	20

1. INTRODUCCIÓN

Un evento sísmico puede suceder debido a una erupción volcánica, hundimientos de cavernas y el movimiento lento de las placas tectónicas ubicadas en el interior de la tierra, pero en ocasiones las placas se mueven con mayor intensidad una con la otra dando como resultado un rebote elástico, lo que ocasiona a tal punto un terremoto, de modo que representa alta peligrosidad para la humanidad por su efecto destructivo masivo.

Ecuador está ubicado en la zona con mayor actividad sísmica de todo el planeta Tierra, llamado "Cinturón de Fuego del Pacífico", específicamente en la microplaca llamada "bloque andino", corresponde a la placa sudamericana. El movimiento de las placas es de 50-60 mm/año aproximadamente, para la placa continental es de 2 y 5 mm/año [1], lo que conlleva un peligro a todas las obras civiles y a la vez ocasiona el aumento de pérdidas humanas y económicas.

El último terremoto que sucedió en Ecuador, fue el 16 de abril del 2016 en Pedernales, con una magnitud de 7.8 grados en la escala de Richter. En donde hubo pérdidas de cientos de vidas humanas y así como daño materiales aproximadamente de \$3,344 millones de dólares de los cuales 662 viviendas de hormigón armado fueron derribadas[2], debido al inadecuado diseño estructural, por medio de estudios realizados posterior al sismo se ha logrado determinar que el colapso de las viviendas ha sido ocasionado porque no cumplían con las especificaciones técnicas y normas de construcción vigentes en el Ecuador[3].

El desarrollo de este trabajo consiste en evaluar la estructura de una vivienda de hormigón armado de dos pisos, ubicada en la ciudad de Machala, donde se verificará las normas y especificaciones técnicas de construcción vigentes en el Ecuador.

1.1 Ubicación

Ilustración 1 Ubicación de la vivienda



Fuente: planos de la vivienda

La vivienda está ubicada en la parroquia Machala de la ciudad de Machala, la dirección correspondiente a la vivienda es cuarta norte y décima oeste.

1.2 Objetivo General

Evaluar el diseño estructural de una vivienda de dos plantas de hormigón armado ubicada en la ciudad de Machala, comparando el diseño estructural con las normas y especificaciones técnicas, garantizando que la vivienda cumpla con la normativa de construcción vigente.

1.3 Objetivos específicos

- Identificar las características físicas del diseño estructural de la vivienda, mediante los planos obtenidos.
- Establecer una comparación entre el diseño estructural de la vivienda existente y lo establecido por la norma NEC SE-HM (Estructuras de hormigón armado).
- Realizar la evaluación y análisis sismorresistente de la vivienda, basándose en las normas y especificaciones técnicas de construcción vigente.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sismo

Es el rompimiento repentino de las rocas en el interior de la Tierra que da como consecuencia a una liberación de energía, lo cual con esa liberación se crean ondas elásticas y eso da como resultado el movimiento del suelo.[4]

2.2 Terremoto

Un terremoto se produce cuando la energía sísmica es liberada y esto ocurre por el contacto de las placas llegando a su máxima capacidad. La placa llega al colapso en el momento que la energía acumulada supera la capacidad resistente, provocando que la placa falle iniciando la liberación de energía[5].

2.3 Placas tectónicas

Las placas tectónicas son fragmentos de un gran rompecabezas que da como forma a la litosfera y está formada a partir de la solidificación del manto y la corteza [4].

2.4 Intensidad sísmica

Es producido por el movimiento del suelo y es concedida a partir de los daños causados en las edificaciones y en personas. Para los países latinoamericanos como son: Chile, Perú, Ecuador y Colombia la intensidad sísmica es la única medida de campo para un sismo o un terremoto [6].

2.5 Vulnerabilidad sísmica

Es el grado de daño esperado para un elemento (edificaciones, infraestructura, población) que se exponga a una amenaza (sismos, inundaciones). La vulnerabilidad sísmica se expresa con una escala que va de 0 (no daño) hasta 1 (pérdida total) [7].

2.6 Vivienda sismorresistente

Es una prevención a los daños que realizan los desastres naturales, según los reportes del servicio sismológico ningún país está excluido de un evento sísmico, es por eso que los ingenieros deben garantizar la construcción de viviendas con seguridad sísmica, disminución de vulnerabilidad, pérdidas humanas y pérdidas económicas[8].

Se lo construye con el objetivo de garantizar que no colapse ante un terremoto de diseño, correspondiente a un periodo de 475 años” [9].

2.7 Hormigón armado

El hormigón armado está formado correctamente a partir de los siguientes elementos que son: cementos, grava, arena y agua, esta mezcla debe cumplir con las normas y especificaciones mínimas para que cumpla con su vida útil, también se utiliza el acero para que la estructura pueda soportar el esfuerzo a tracción y con esto debe cumplir con los requisitos correctamente para lo cual fue diseñada [10].

2.8 Propiedades mecánicas del hormigón armado

2.8.1 Resistencia a la comprensión

En la norma NEC- SR-HM, señala que para un valor mínimo de un hormigón normal es de $f'_c = 21 \text{ MPA}$ y para un valor máximo de un hormigón liviano es de $f'_c = 35 \text{ MPA}$ [12].

2.8.2 Resistencia a la tracción (o tensión)

La resistencia es considerablemente baja por lo que en el cálculo estructural su valor se lo asume nulo, el valor de la capacidad a la tensión es aproximadamente el 9% de la capacidad a la comprensión en concreto de peso y resistencia normal [11].

2.9 Cargas

Se diseña la estructura a partir de 3 tipos de cargas que son: cargas permanentes (carga muerta o materiales), cargas variables (carga viva) y cargas accidentales (sismo o viento). Esto favorece a que todos los elementos de la estructura resistan los esfuerzos causados por las cargas y cumpla de la vida útil esperada.

2.10 Espectro de respuesta para diseño

Como indica la norma NEC-SE-DS “es una respuesta basada en las siguientes condiciones que son: geológicas, tectónicas y sismológicas. También se basa en el tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura. Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, se utiliza para representar los efectos de un sismo de diseño” [13].

2.11 Cortante basal de diseño

Como indica la norma NEC-SE-DS “Es una fuerza total por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño, siguiendo las especificaciones de la presente norma vigente” [13].

2.12 Norma Ecuatoriana de Construcción

La norma aplicada para este trabajo será la de Estructuras de Hormigón Armado (NEC-SE-HM) y la otra norma será la de Peligro Sísmico (NEC-SE-DS) que son las que se evaluará el diseño estructural y sismo de diseño de la vivienda.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador tiende a estar expuesto a una alta actividad sísmica, tal como el terremoto de Pedernales que ocurrió el 16 de abril del 2016, el mismo que dejó pérdidas de cientos de vidas humanas, así como destrucción de viviendas y edificios.

A consecuencia de lo ocurrido se plantea evaluar el diseño estructural de una vivienda de dos plantas de hormigón armado, construida en el año 1996 bajo el código de práctica ecuatoriano, que está ubicada en las calles cuarta norte y décima oeste de la ciudad de Machala. Se realizará el estudio para verificar si la vivienda resiste a un sismo de diseño correspondiente a lo que indica la norma NEC-SE-DS “una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años (periodo de retorno de 475 años)” [13]. Además, se pretende evaluar si la vivienda cumple con las normas y especificaciones técnicas vigentes y de esta manera proponer las recomendaciones pertinentes de posibles reforzamientos, en el caso de ser necesarios.

Ilustración 2 Casa a evaluar



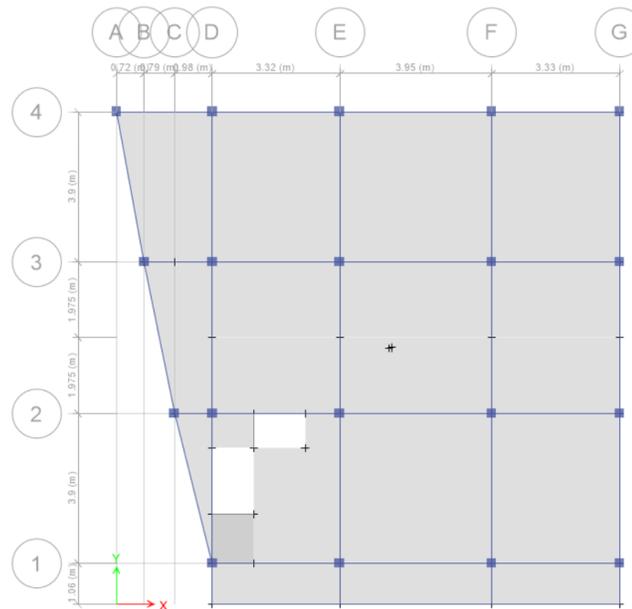
Fuente: Elaborado por el autor

4. DESARROLLO

4.1 Descripción del sistema estructural actual de la vivienda

La vivienda seleccionada para este proyecto tiene un sistema estructural que se compone de vigas, columnas, losa nervada alivianada de entrepiso y tiene un volado en la parte frontal de la vivienda. Tiene 4 ejes en el sentido en X y 7 ejes en el sentido en Y.

Ilustración 3 Configuración estructural de la vivienda



Fuente: Elaborado por el autor.

Durante el desarrollo de este trabajo se visitó la casa objeto de estudio, comparando los planos arquitectónicos con los existente en sitio, verificándose que no se realizaron cambios de diseño durante la etapa constructiva. (ANEXO 2 se puede ver la observación y medición de la vivienda).

4.2 Dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda

Tabla 1 Dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda

ELEMENTO	NIVEL	Secciones	Requisito NEC-SE-HM
Columnas	Planta Baja	25 x 25 cm	30 x 30 cm
	Planta Alta	20 x 20 cm	
Vigas	Entre piso	25 x 20 cm	b=25cm o b= 0.3h
	Techo	15 x 25 cm	
Losa alivianada	Entre piso	20 cm	Varia por estructura
Fuente: Elaborado por el autor			

4.3 Determinación de Cargas

4.3.1 Carga Muerta

Son cargas que actúan constantemente en la estructura, en la siguiente tabla se presenta el peso de cada carga muerta que actúa en la estructura y para más detalle ver ANEXO 3.

Tabla 2 Carga Muerta

RESUMEN DE CARGA MUERTA		
Nombre	Cantidad	Unidad
Mortero para bloque	49908.22	Kg
bloque aliviano de 20.5x40x7 cm	18910.00	Kg
Recubrimiento	14466.15	Kg
Ceramica	2751.64	Kg
Mortero para ceramica	3556.78	Kg
ContraPiso	8393.58	Kg
Tumbado	1265.84	Kg
Perfiles Estructurales corre G de "80x40x15x2mm"	314.85	Kg
ETERNIT	1691.91	Kg
Puerta	275.20	Kg
Ventana	273.61	Kg

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.2 Carga Viva

En la NEC – SE – CG se determina la carga viva a las personas, equipos, muebles y todo objeto que presenta una carga variable en la estructura, a continuación, se dirá los valores seleccionados.

Tabla 3 Carga Viva

RESUMEN DE CARGA VIVA		
Nombre	Cantidad	Unidad
Balcones	4.8	KN/m2
Vivienda	2	KN/m2
Cubierta	0.7	KN/m2
Escalera	2	KN/m2

Fuente: NEC- SE- CG

4.4 Combinaciones de carga

En la NEC – SE – CG nos plantea las combinaciones de carga la cual vamos aplicar en este proyecto.

Tabla 4 Combinaciones de carga

Tipo	
combinación 1	$U = 1.4 D$
combinación 2	$U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5(S \text{ ó } R)$
combinación 3	$U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5(S \text{ ó } R) + (L \text{ ó } W)$
combinación 4	$U = 1.2 D + 1.0 W + 0.5(L \text{ ó } S \text{ ó } R)$
combinación 5	$U = 1.2 D + 1.0 E + L + 0.25 S$
combinación 6	$U = 0.9 D + 1.0 W$
combinación 7	$U = 0.9 D + 1.0 E$

Fuente: NEC- SE- CG

En donde la D es la carga muerta, E es la carga de sismo, L es carga viva, R es carga de lluvia, S es carga de granizo y W es carga de viento

4.5 Espectro de diseño

Según la NEC-SE-DS debemos determinar la ubicación de la vivienda, la misma que se encuentra en la provincia de El Oro, cantón Machala y Parroquia Machala, cuya información es la siguiente:

- Tipo de suelo E
- La zona sísmica V
- Z es de 0.4.

Con estos valores principales nos ayudará a determinar nuestro espectro de diseño que se observará más detalladamente en el ANEXO 4.

4.6 Modelación de la estructura

Calculado los datos de la vivienda se prosigue a la respectiva modelación, lo cual nos ayudará a determinar si los elementos de la estructura resisten a un sismo de diseño. En el ANEXO 5 se verá la estructura de la vivienda modelada.

Para saber la demanda/capacidad (D/C) de la estructura se podrá visualizar en el ANEXO 5.1, en donde el color gris representa que trabaja al 0% su capacidad, el celeste trabaja del 0% al 50%, el verde trabaja del 50% al 70%, el amarillo trabaja del 70% al 90%, el violeta trabaja del 90% al 100% y el rojo representa que está trabajando más del 100% de su capacidad.

4.7 Periodo de la estructura

Se establece por los dos métodos estipulados en la normativa NEC –SE – DS, para luego comparar con el periodo obtenido en el edificio modelado con el software ETABS.

4.7.1 Método 1

Se determina de la siguiente expresión:

$$T = Ct * (h_n)^\alpha$$

Esto depende de la altura máxima de la vivienda que es de 6.2 m (h_n), y como nuestra estructura es de hormigón armado sin muros estructurales el Ct es igual a 0.055 y α es igual a 0.9 dando como resultado final lo siguiente:

$$T = 0.284 \text{ segundos}$$

4.7.2 Método 2

Puede determinarse por la expresión que detalla la normativa o simplificarse en que el valor de periodo de vibración modelado no debe ser mayor que al 30% del que se calculó por el método 1.

$$T_{M-2} = 0.452 \text{ segundos (ETABS)}$$

$$T_{M-2} \leq 1,30 * T$$

$$T_{M-2} \leq 1,30(0.284)$$

$$T_{M-2} \leq 0.3692 \text{ Segundos} \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

4.8 Cortante basal

El cortante basal total de la estructura se la determina con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} W$$

Donde la respuesta será: $V = 20.90 \text{ Tonelada}$

En el ANEXO 6 se verá la distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales

4.9 Torsión

El fenómeno de torsión que ocurre en los tres primeros modales de la estructura son lo siguiente:

Tabla 5 Tabla de Torsión

Modales	Rz
1	0.1329
2	0.0476
3	0.7585
Fuente: Elaborado por el autor	

Para mayor detalle ver el ANEXO 7

4.10 Deriva de la estructura

La deriva de la estructura se obtuvo del software ETABS y en el ANEXO 8 se verá la gráfica de la deriva en el eje X y en el eje Y.

4.10.1 Deriva en el eje X de la estructura

Si se ingresa un espectro inelástico la deriva es elástica, es decir la norma pide deriva inelástica lo cual para hacer esa transformación se aplicará la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}\Delta_e &= 0.015956 \\ \Delta_i &= 0.75 * R * \Delta_e \\ \Delta_i &= 0.75 * 3 * 0.015956 \\ \Delta_i &= \mathbf{3.59\%}\end{aligned}$$

La deriva inelástica en el eje X es de 3.59% lo cual es incorrecto ya que no cumple con lo que dice la norma (debe ser menor al 2%)

4.10.2 Deriva en el eje Y de la estructura

Si se ingresa un espectro inelástico la deriva es elástica, es decir la norma pide deriva inelástica lo cual para hacer esa transformación se aplicará la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}\Delta_e &= 0.015537 \\ \Delta_i &= 0.75 * R * \Delta_e \\ \Delta_i &= 0.75 * 3 * 0.015537 \\ \Delta_i &= \mathbf{3.49\%}\end{aligned}$$

La deriva inelástica en el eje Y es de 3.49 % lo cual es incorrecto ya que no cumple con lo que dice la norma (debe ser menor al 2%)

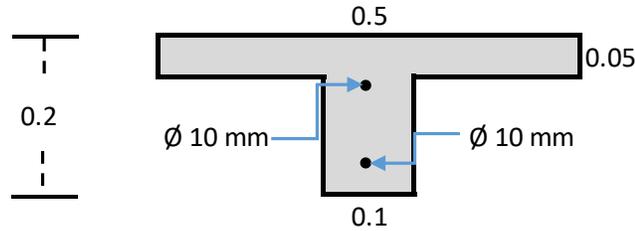
4.11 Zapata

Con el programa ETABS se obtuvo el valor de la mayor carga axial que está ubicada en el eje F-3, con este valor se hará la comprobación, el mismo que no cumple por punzonamiento, en el ANEXO 9 estará detallado el cálculo.

4.12 Losa

El tipo de losa construido en la vivienda es de una losa nervada armada en dos direcciones y tiene un espesor de 20 cm. Para la comprobación de acero de refuerzo que tiene la losa nervada se toma una parte de la sección y se lo calcula como una viga en T, en el ANEXO 10 estará detallado el cálculo.

Ilustración 4 Detalle de refuerzo calculado en nervio de losa



Fuente: Elaborado por el autor

4.13 Análisis de la Vivienda.

Tabla 6 Análisis de la vivienda

Elemento	Tipo de geometría	Dimensiones (cm)	Acero Usado	F'c	Requerimiento de acuerdo a la NEC	Conclusion de analisis de la vivienda	
						ETABS	MANUAL
Columna PB	Cuadrada	25x25	6.78 cm ²	210 Kg/cm ²	(30x30)cm	No cumple	
Columna PA	Cuadrada	20x20	6.78 cm ²		(30x30)cm	No cumple	
Viga de Losa	Rectangular	25x20	(-) 2.261cm ²		b = 25cm b= 0.3h	No cumple	
			(+) 2.261 cm ²				
Viga de Cubierta		15x25	(-) 1.57 cm ²				
			(+) 1.57 cm ²				
Zapata	Cuadrada	150x150x25	11.309 cm ²		(100x100x15)cm		Falla por punzonamiento
Losa (nervio)	Tipo T	10x20x50	(-) 1.13 cm ²		(-) 0.5633 cm ²	Cumple	
			(+) 1.13 cm ²	(+) 0.5633 cm ²			

Fuente: Elaborado por el autor

5. CONCLUSIONES

Se hizo una visita a la vivienda objeto del estudio, verificándose en el sitio que la construcción se realizó de acuerdo a lo establecido en los planos.

Se comparó el diseño de la estructura de la vivienda tomando en cuenta que las columnas de planta baja y planta alta tienen una sección de (25x25) cm y (20x20) cm respectivamente, así también vigas de losa de (25x20)cm y de cubierta tienen una sección de (15x25)cm. Tomando en consideración lo que se estipula en la norma NEC-SE-HM, una columna debe tener una sección mínima de (30x30)cm y una viga debe tener un $b=25\text{cm}$ o $b=0.3h$, dando como resultado que las secciones no cumplen con la norma.

Se realizó la evaluación de la estructura, mediante lo estipulado por la norma NEC-SE-DS. A través del programa ETABS se obtuvo como resultado que la demanda/capacidad (D/C) de la columna es mayor al 100%, un periodo de diseño de 0.452 segundos, este valor no debe ser mayor al 30% del método 1 (0.3692 segundos) como indica la norma y una deriva en el eje x de 3.59% y en el eje Y de 3,49% que supera el 2% estipulado en la norma.

6. RECOMENDACIONES

La estructura modelada en el programa ETABS nos indica la demanda/capacidad (D/C) de la columna mayor al 100% y una deriva mayor al 2%, para controlar estos esfuerzos se sugiere incrementar las secciones de las columnas mediante un encamisado de refuerzo garantizando una buena adherencia a la columna, así como también es recomendable colocar muros estructurales en los vértices y sentido contrario para lograr una mayor rigidez en la estructura, evitando aumento de secciones.

Para controlar la falla por punzonamiento en la zapata aislada se debe incrementar el espesor de la zapata en el hormigón como también en el acero, garantizando una buena adherencia del hormigón se empleará aditivos para un desempeño óptimo y de igual manera la unión del nuevo acero se recomienda usar suelda 7018 por su alta resistencia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

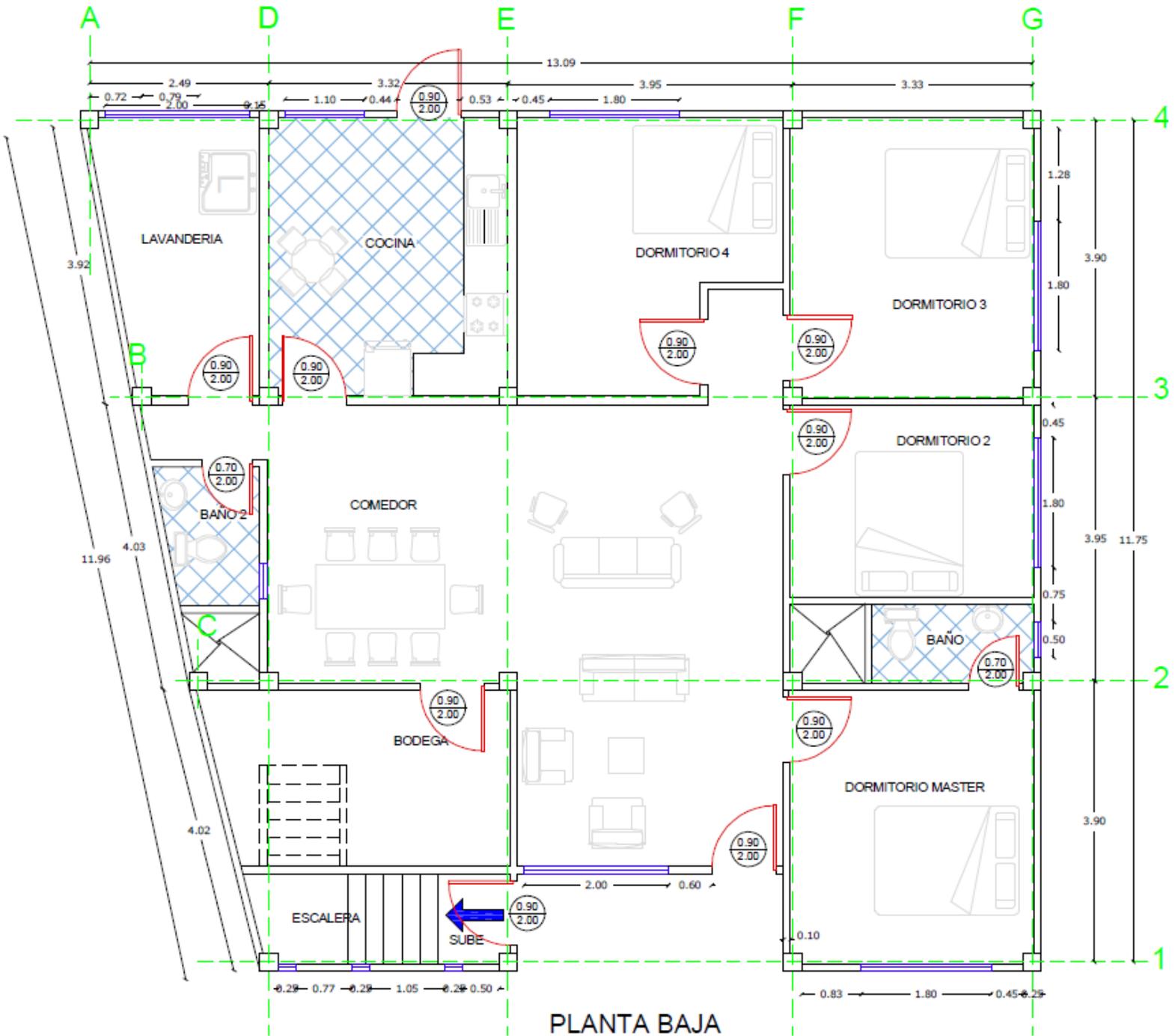
- [1] P. D. Quinde Martínez and E. Reinoso Angulo, “Estudio De Peligro Sísmico De Ecuador Y Propuesta De Espectros De Diseño Para La Ciudad De Cuenca,” *Rev. Ing. Sísmica*, vol. 26, no. 94, pp. 1–26, 2016.
- [2] R. Sánchez, M. Guerrero, Á. Vayas, and J. C. Villa, “Desastres naturales – terremotos y seguros en Ecuador,” *Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda,”* vol. 48, p. 17, 2017.
- [3] R. Aguiar and Y. Mieles, “Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016,” *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, vol. 21, p. 26, 2016.
- [4] H. González Huizar, “La Olimpiada XXIV de Ciencias de la Tierra : Los Grandes Terremotos en México,” *Div. Ciencias la Tierra, CICESE, Ensenada, Baja California, México*, vol. 39, no. 1, p. 21, 2019.
- [5] M. Moncayo Theurer, J. Vargas Jiménez, G. Moncayo Velasco, and I. Barzola Zambrano, “Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador,” *Revistas Académicas UTP*, vol. 8, p. 17, 2017.
- [6] R. Rodrigo , Astroza Maximiliano , Astroza Sergio, “INTENSIDADES SÍSMICAS,” *Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, p. 23, 2012.
- [7] H. Alfonso, Gonzalez Laritza, “Caracterización sismológica de la provincia de Matanzas.,” *Rev. Arquít. e Ing.*, vol. 7, p. 75, 2013.
- [8] L. Alonso, “DISEÑO ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA EN PALMA SORIANO,” *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba*, pp. 1–17, 2019.
- [9] J. C. Vielma, “Evaluación de estructura metálica proyectada conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción mediante análisis no lineal,” *Rev. Cienc.*, vol. 16, pp. 37–53, 2014.
- [10] Á. F. Nistal Cordero, M. J. Retana Maqueda, and T. Ruiz Abrio, “El Hormigón: Historia, Antecedentes En Obras Y Factores Indicativos De Su Resistencia,” *Rev.*

Cienc. , Tecnol. y Medio Ambient., vol. X, pp. 1–16, 2012.

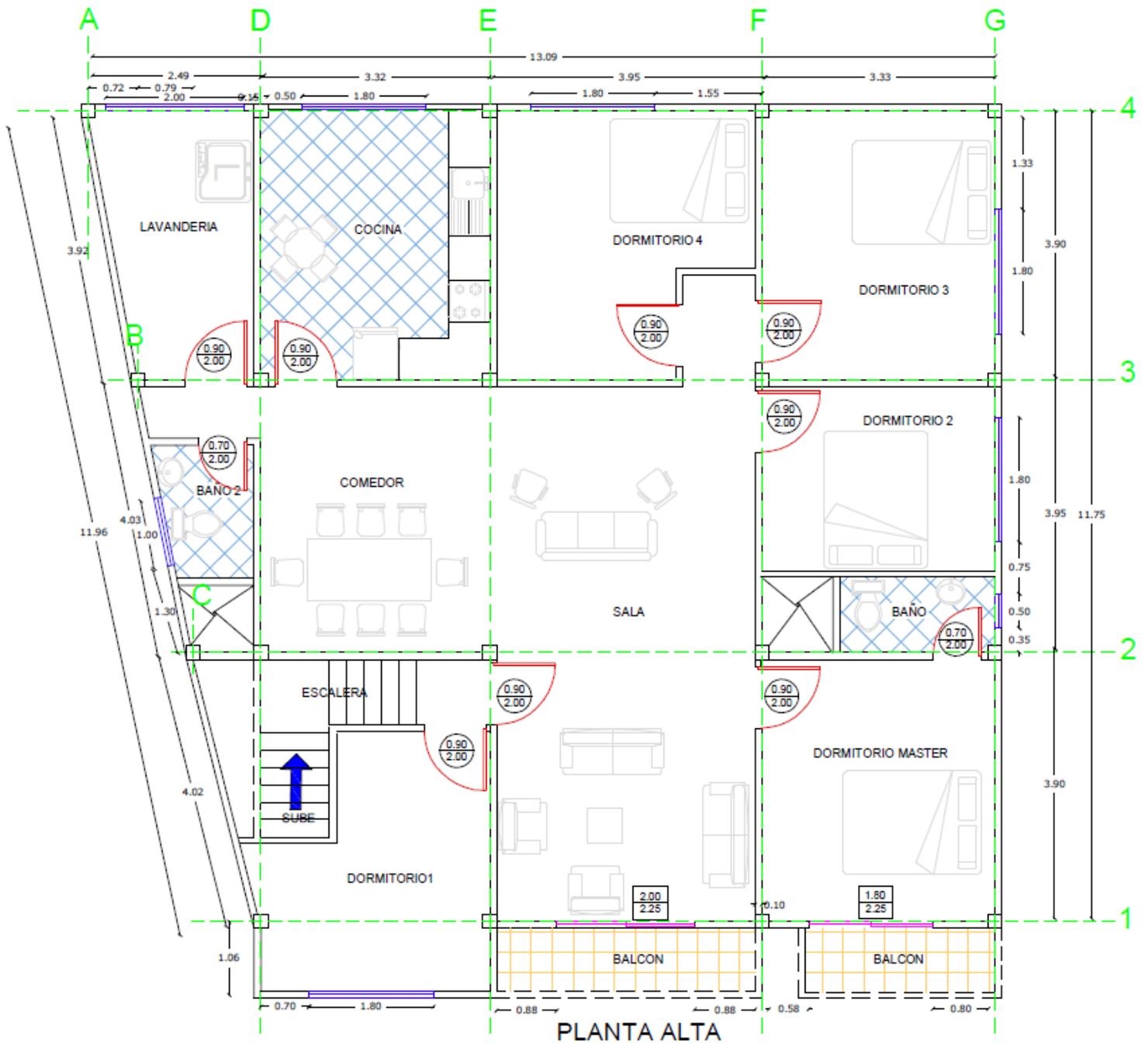
- [11] H. Aguirre and M. Gallegos, “Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga– Ecuador,” *Rev. Politécnica*, vol. 42, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [12] Norma Ecuatoriana de la Construcción, *Estructuras de Hormigón Armado*. 2014.
- [13] Norma Ecuatoriana de la Construcción, *PELIGRO SISMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*. QUITO, 2014.

8. ANEXOS

8.1 ANEXO 1 -- Planos Arquitectónicos.



Fuente: Elaborado por el autor



Fuente: Elaborado por el autor

8.2 ANEXO 2 – Medición de la vivienda.



imagen 1 Observación de la vista frontal



imagen 2 Medición de la columna



imagen 3 Observación de la sala de la vivienda



imagen 4 Observación de la cocina de la vivienda

8.3 ANEXO 3 – Cálculo de carga muerta.

PLANTA ALTA								
Pared Externa								
Nombre	Longitud	alto	Area Total (m2)	Observaciones				Area T. (m2)
				#	nombre	base	altura	
Pared 1	7.05	2.7	19.04	1	ventana	2	2.25	4.5
				1	ventana	1.8	2.25	4.05
Pared A	11.15	2.7	30.11	1	ventana	0.5	0.6	0.3
				2	ventana	1.8	1.2	4.32
Pared 4	11.58	2.7	31.27	1	ventana	1.8	1.2	2.16
				1	ventana	1.8	1.2	2.16
				1	ventana	2	1.2	2.4
Pared diagonal izquierda	11.7	2.7	31.59	1	ventana	1	0.4	0.4
Pared dormitorio 1	7.78	2.7	21.01	1	ventana	1.8	1.2	2.16
Pared de balcon	0.85	3.05	2.593					
	6.5	0.23	1.495					
pared de techo A	5.945	0.75	2.229					
	5.755	0.75	2.158					
pared de techo diagonal	6.093	0.75	2.285					
	5.88	0.75	2.205					
Sumatoria de area total			145.985				Sumatoria de area total	22.45
AREA TOTAL POR PARED (m2)			123.535					

PLANTA ALTA								
Pared Interna								
Nombre	Longitud	alto	Area Total (m2)	Observaciones				Area T. (m2)
				#	nombre	base	altura	
Pared B	11.15	2.7	30.11	3	puerta	0.9	2	5.4
Pared C	7.4	2.7	19.98	1	puerta	0.9	2	1.8
Pared D	6.7	2.7	18.09					
Pared 2	7.18	2.7	19.39	1	puerta	0.7	2	1.4
Pared 3	10.67	2.7	28.81	2	puerta	0.9	2	3.6
Pared de puerta de dormitorio 4	2.67	2.7	7.21	1	puerta	0.9	2	1.8
Pared de baño 2	1.52	2.7	4.1	1	puerta	0.7	2	1.4
Pared de ducha	2.21	0.25	0.55					
Sumatoria de area total			128.24				Sumatoria de area total	15.4
AREA TOTAL POR PARED (m2)			112.84					

AREA TOTAL DE PLANTA ALTA = 236.375 m2

PLANTA ALTA		
Espesor del bloque	7	cm
Ancho del bloque	20.5	cm
Largo del bloque	40	cm
Abloque	0.082	m2
Peso del bloque	6.40	kg
Numero de bloques en m2	12.5	unidades
Numero de bloques en PA	2954.688	
PESO DE BLOQUES EN PA	18910	Kg
Peso del mortero	2040	Kg/m3
Volumen del mortero en m2	0.1035	m3
Volumen total de mortero en PA	24.4648	m3
PESO DEL MORTERO EN PA	49908.218	Kg

RECUBRIMIENTO		
Esesor del bloque	0.07	m
Esesor de la pared	0.1	m
Esesor del recubrimiento	0.03	m
Peso del mortero	2040	Kg/m3
Area total de pared	236.375	m2
Peso total del recubrimiento	14466.15	Kg

CONTRAPISO		
Peso del mortero	2040	Kg/m3
Volumen del contrapiso	4.1145	m3
Peso del Contrapiso Total	8393.58	Kg

CERAMICA		
Area total del piso	137.15	m2
Area de ceramica	0.16	m2
Peso de Ceramica	2.6167	Kg
Numeros de ceramica	857.19	Unidades
Peso Total de ceramica en PA	2243	Kg
Peso del mortero	2040	Kg/m3
Volumen del contrapiso	1.3715	m3
Peso Total de mortero en PA	2797.9	Kg

TUMBADO		
Peso del Gybsum	8.81	Kg/m2
Area total del gybsum	136.84	m2
Peso Total del tumbado	1205.560	Kg
Peso Total del tumbado + 5% de accesorios	1265.838	Kg

ETERNIT		
Peso del eternit	26	Kg
Area del eternit	2.208	m2
Area del tejado	136.84	m2
Unidades de eternit	62.0	unidades
Peso total del eternit	1611.3	Kg
Peso total del eternit + 5%	1691.9	Kg

VENTANA		
Peso Unitario del vidrio	26	KN/m3
Are del vidrio Total	25.8	m2
Volumen del vidrio total	0.1032	m3
peso total del vidrio	2.6832	KN
peso total del vidrio	273.6102	Kg

PUERTA		
Peso Unitario de la puerta	0.4	gr/cm3
Are de la puerta Total	17.2	m2
Volumen de la puerta total	0.688	m3
peso total de la puerta	275200	gr
peso total de la puerta	275.2	Kg

Fuente: Elaborado por el autor

8.4 ANEXO 4 – Espectro de diseño.

COEFICIENTES DEL PERFIL DEL SUELO	
Fa=	1
Fd=	1.6
Fs=	1.9
η =	1.8
r=	1.5

DATOS DE LA ESTRUCTURA	
Niveles	hn (m)
2	3.2
1	3
Altura Total	6.2

ANÁLISIS ELÁSTICO

Periodo de Vibración de la estructura	
ct=	0.055
α =	0.9
$T=Ct \cdot h_n^\alpha$	
T=	0.284

Periodo límite de Vibración de la estructura	
To=	$0.10 \cdot F_s \cdot (F_d/F_a)$
To=	0.304

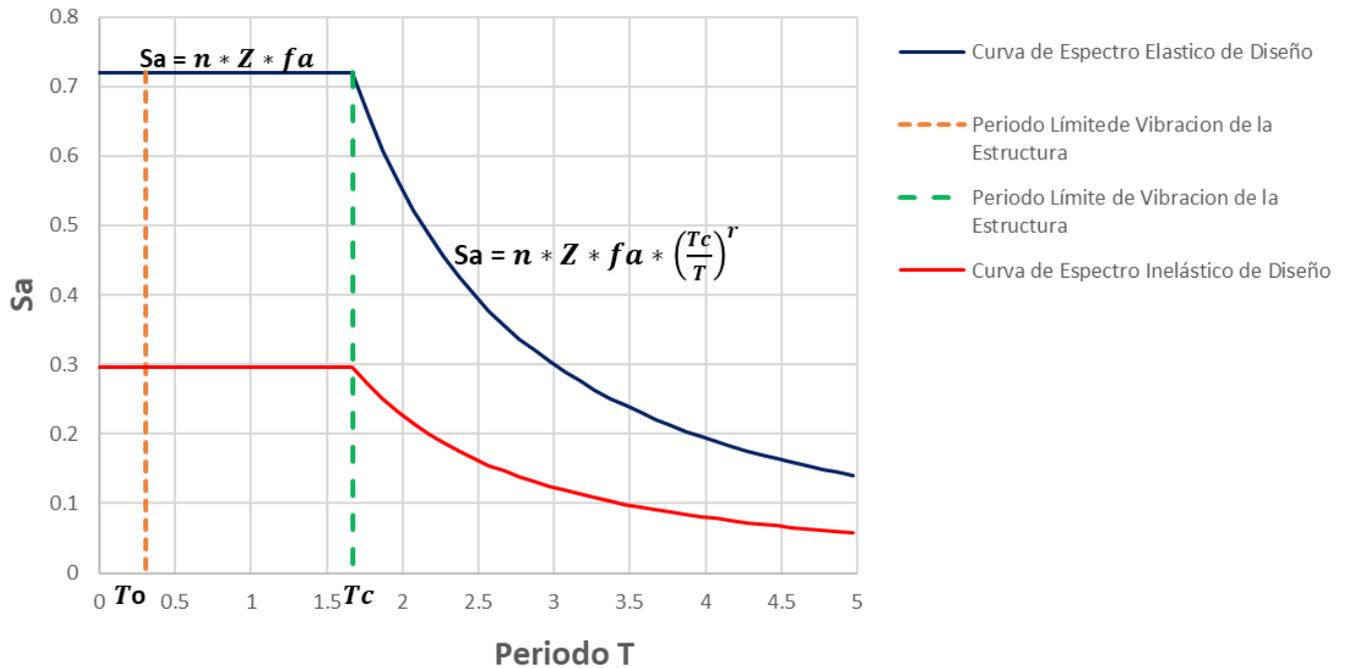
Periodo límite de Vibración de la estructura	
Tc=	$0.55 \cdot F_s \cdot (F_d/F_a)$
Tc=	1.672

Aceleraciones	
$S_a = Z \cdot f_a (1 + n - 1 \cdot \frac{T}{T_o})$	
Sa=	0.699
$0 \leq T \leq T_c$	
$S_a = n \cdot Z \cdot f_a$	
Sa=	0.72
$T > T_c$	
$S_a = n \cdot Z \cdot f_a \cdot (\frac{T_c}{T})^r$	
Sa	10.285

ANÁLISIS INELÁSTICO

Coeeficientes de Configuración estructural			
I	R	Φ_p	Φ_ε
1	3	0.9	0.9

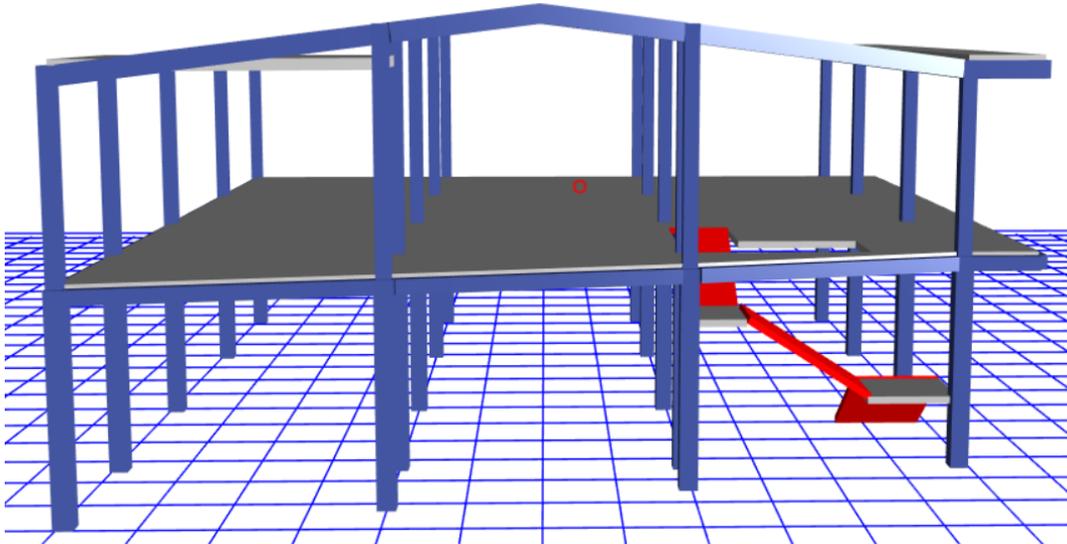
ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES



Fuente: Elaborado por el autor

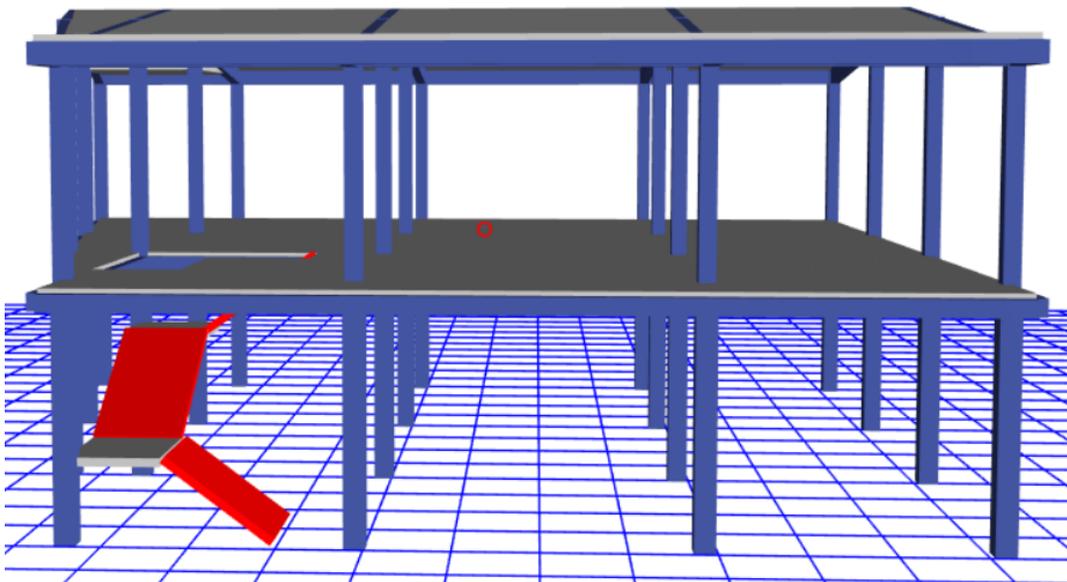
8.5 ANEXO 5 - Modelación de la Estructura.

imagen 5 Vista Frontal



Fuente: Elaborado por el autor

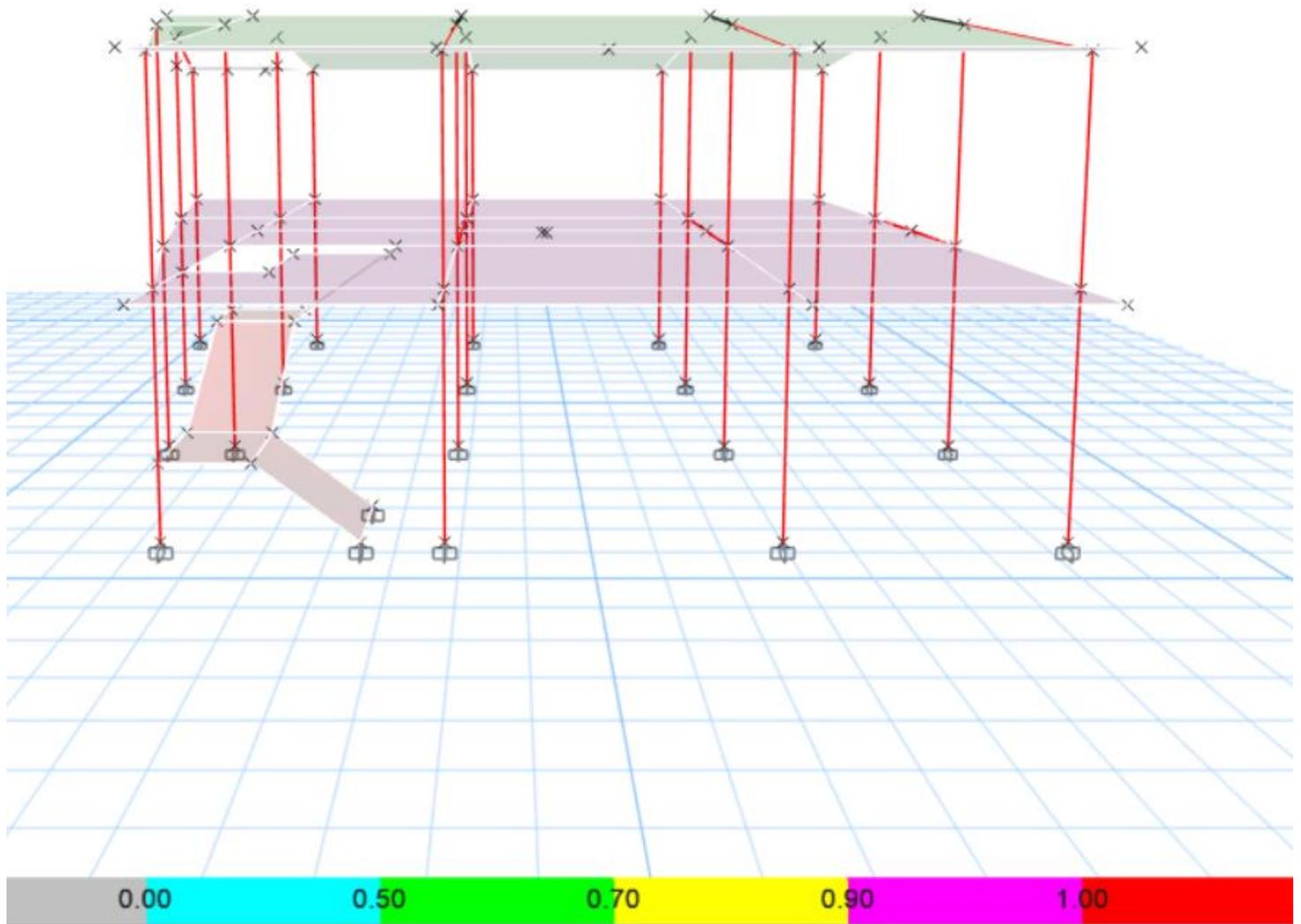
imagen 6 Vista lateral



Fuente: Elaborado por el autor

8.5.1 ANEXO 5.1 – Relación D/C de la Estructura

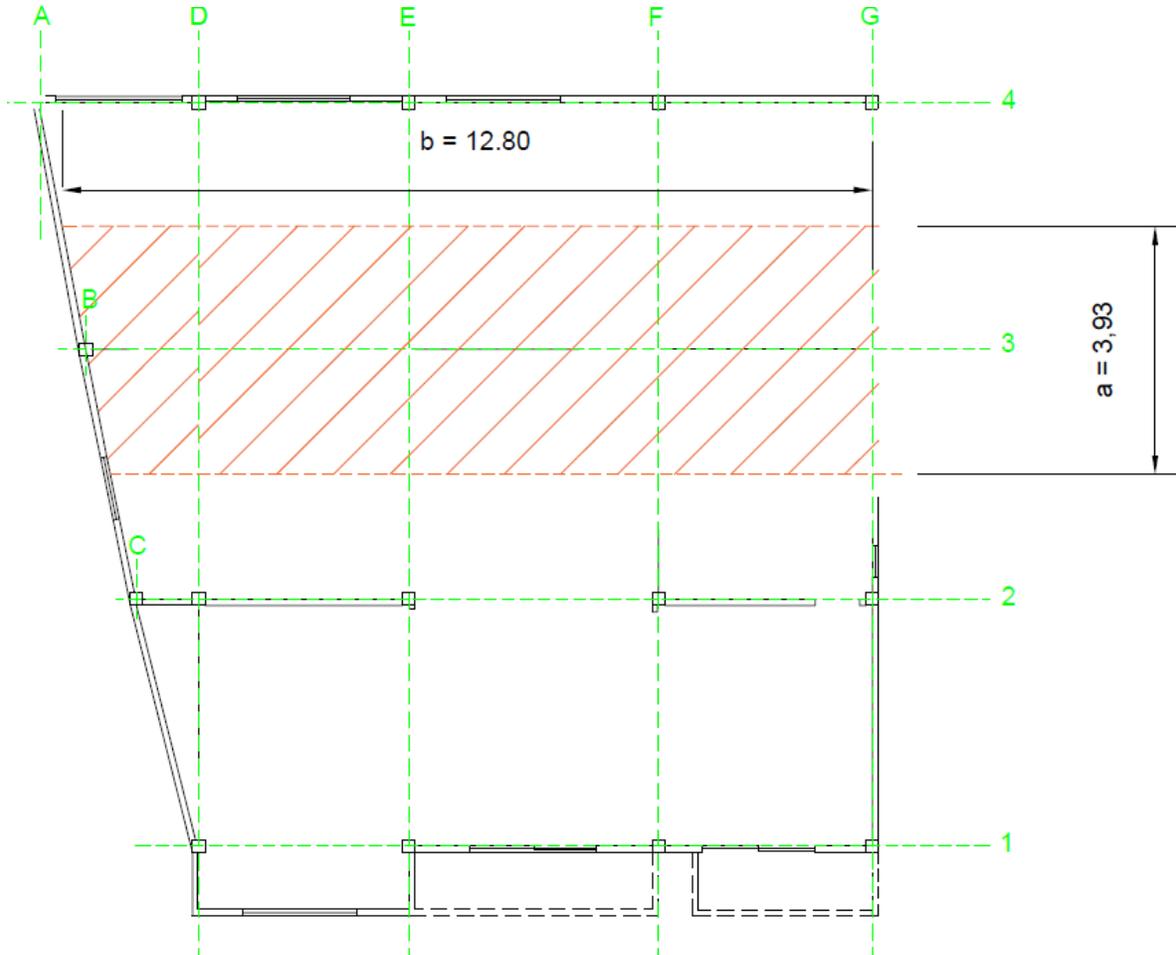
imagen 7 D/C de la Estructura



Fuente: Elaborado por el autor

8.6 ANEXO 6 - Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales

imagen 8 Vista en planta



Fuente: Elaborado por el autor

# Piso	$w_x = W * a * b$	$h_x = Alt.Edif$	$w_x * h_x^k$	$F_x = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} V$	$V = \sum_{i=1}^n F_i$
	w_x (Tn)	h_x (m)		Fx	V
2	19.5	6.2	121.1	9.24	9.24
1	51.0	3	153.0	11.67	20.90
	$\Sigma = 70.5$		$\Sigma = 274.2$		

Fuente: Elaborado por el autor

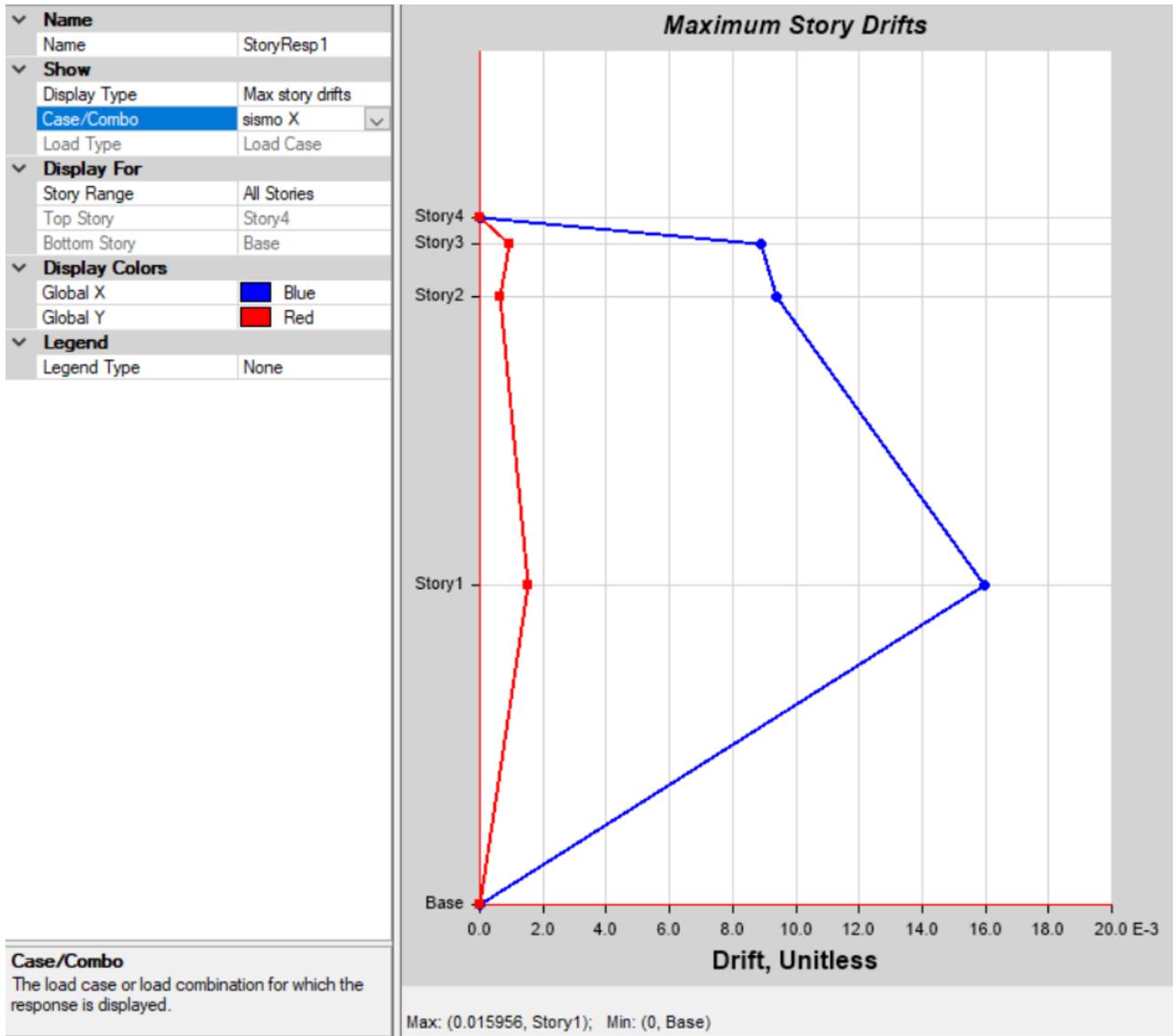
8.7 ANEXO 7 – Tabla de Torsión.

											TORSIÓN			
CASE	MODE	PERIOD SEC	UX	UY	UZ	SUMUX	SUMUY	SUMUZ	RX	RY	RZ	SUMRX	SUMRY	SUMRZ
Modal	1	0.452	0.7507	0.0656	0	0.7507	0.0656	0	0.0021	0.0851	0.1329	0.0021	0.0851	0.1329
Modal	2	0.434	0.1203	0.7974	0	0.871	0.8631	0	0.0566	0.0117	0.0476	0.0588	0.0968	0.1805
Modal	3	0.381	0.0779	0.0964	0	0.949	0.9595	0	0.0336	0.0037	0.7585	0.0923	0.1005	0.9391
Modal	4	0.231	0.0473	0.0001	0	0.9963	0.9596	0	0.0065	0.8278	0.004	0.0989	0.9283	0.9431
Modal	5	0.199	0.0002	0.0375	0	0.9964	0.9971	0	0.8747	0.0086	0.0012	0.9736	0.9369	0.9443
Modal	6	0.182	0.0024	0.0011	0	0.9988	0.9982	0	0.0028	0.0406	0.0535	0.9764	0.9775	0.9978
Modal	7	0.152	1.00E-04	1.00E-04	0	0.9989	0.9983	0	4.10E-03	0.005	0.0001	0.9805	0.9825	0.9979
Modal	8	0.136	0.0002	0	0	0.9991	0.9983	0	2.97E-05	0.0073	0.0002	0.9805	0.9898	0.9981
Modal	9	0.114	0.0001	7.98E-07	0	0.9992	0.9983	0	4.69E-06	0.0013	0.0001	0.9805	0.991	0.9982
Modal	10	0.096	1.17E-06	0	0	0.9992	0.9983	0	0	5.51E-06	1.22E-06	0.9805	0.9911	0.9982
Modal	11	0.088	8.76E-07	0	0	0.9992	0.9983	0	5.87E-07	9.50E-06	0	0.9805	0.9911	0.9982
Modal	12	0.077	3.80E-06	5.56E-07	0	0.9992	0.9983	0	2.26E-06	0.0001	8.17E-06	0.9805	0.9912	0.9982
						MASA								

Fuente: Elaborado por el autor

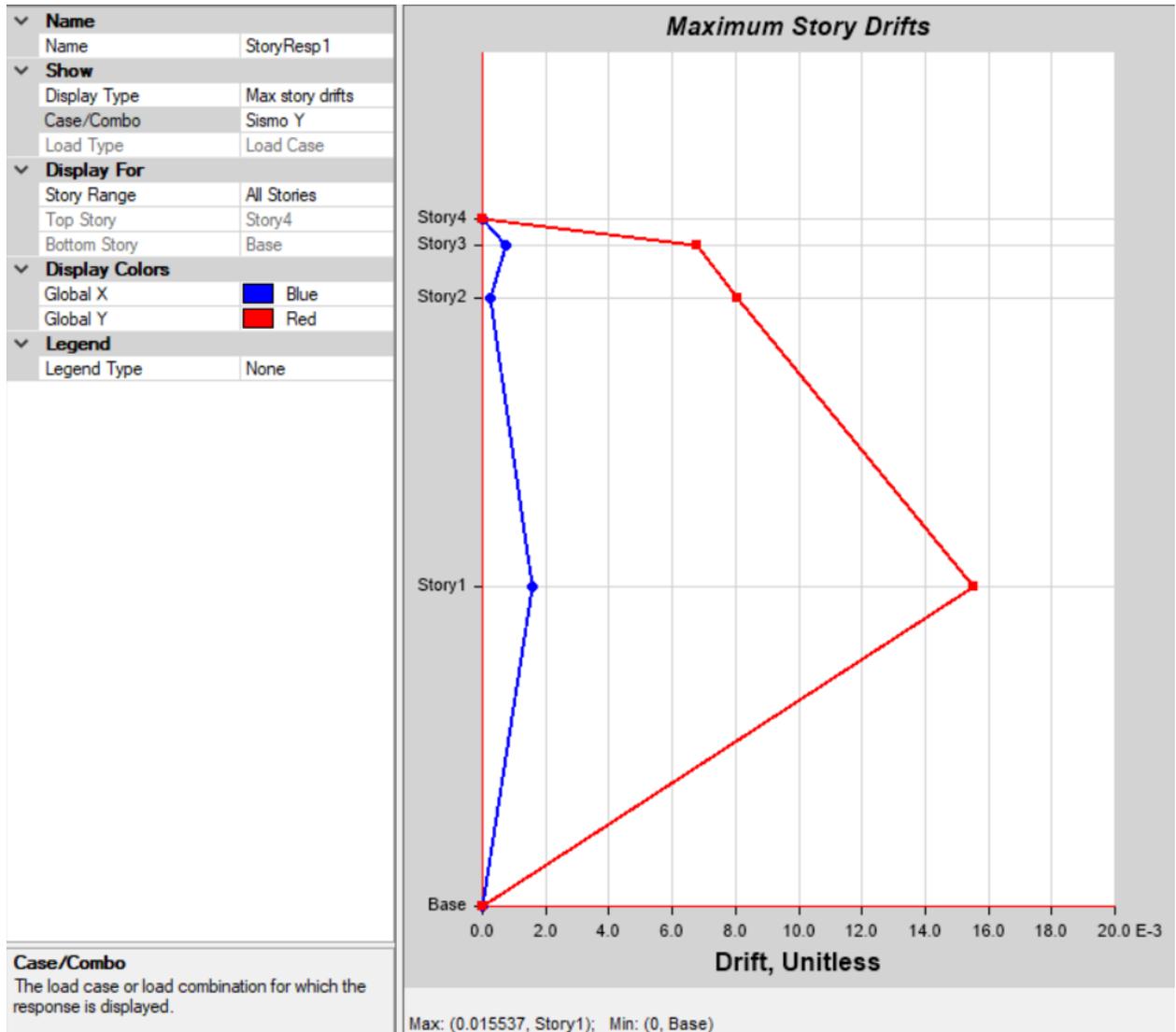
8.8 ANEXO 8 – Graficas de derivas en el eje “X” y en el eje “Y”

imagen 9 Deriva en el eje X



Fuente: Elaborado por el autor

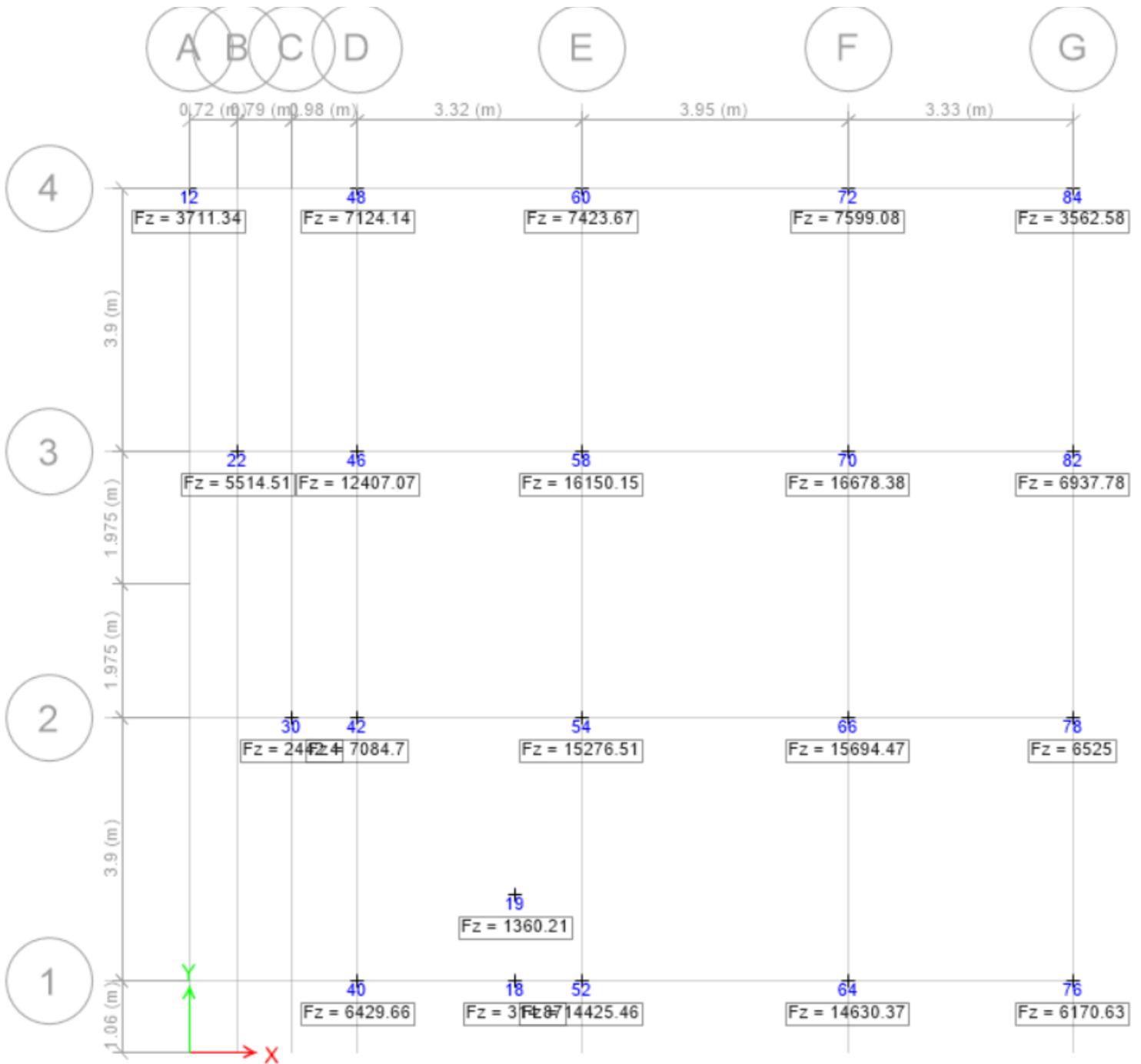
imagen 10 Deriva en el eje Y



Fuente: Elaborado por el autor

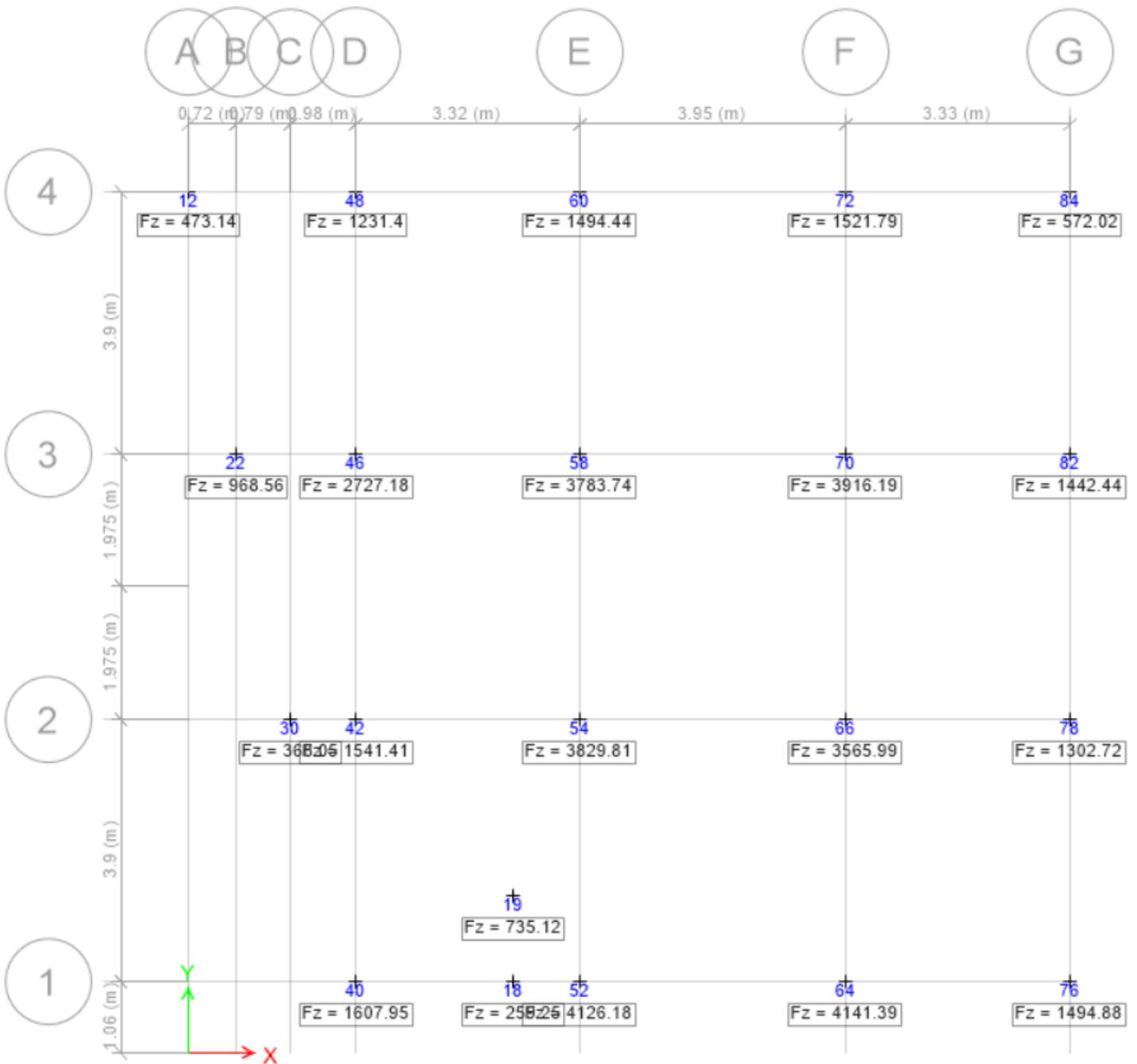
8.9 ANEXO 9 – Comprobación de Zapata

imagen 11 Reacciones de carga muerta en la base



Fuente: Elaborado por el autor

imagen 12 Reacciones de carga viva en la base



Fuente: Elaborado por el autor

Columna		
a'	250	mm
b'	250	mm
Datos		
A' inicial	1.5	m
B' inicial	1.5	m
Df	1.25	m
qa	170	kN/m ²
f'c = F'z	21	MPa
fy	420	MPa
ys	15.4	kN/m ³
yc	24	kN/m ³
∅	12	mm
Recubrimiento	75	mm

Fuerzas		
PD	265.082	kN
PL	67.065	kN
Altura de zapata		
h	250	mm

Resistencia efectiva		
qe	148.6	kN/m ²
Area de zapata		
A	2.24	m ²
A'	1.5	m
B'	1.5	m
Area Real	2.25	m ²
Carga ultima		
qu	189.07	kN/m ²
d	163	mm
Perimetro critico		
bo	1.65	m
Area critica		
Ao	0.17	m ²

PUNZONAMIENTO	
$V_u = (A_{real} - A_o)q_u$	393.27 KN
a) $V_c = 0,17 \left[1 + \frac{2}{\beta} \right] \sqrt{f'c} b_o d$	407.21 KN
b) $V_c = 0,085 \left[\frac{\alpha_s}{b_o} d + 2 \right] \sqrt{f'c} b_o d$	629.33 KN
c) $V_c = 0,33 \sqrt{f'c} b_o d$	609.07 KN
$\phi V_c = 305.41 KN$	
$\phi V_c > V_u \rightarrow$ NO CUMPLE	

AREA DE CORTE	
$A_{Corte} =$	0.69 m ²
$Vu_c =$	130.46 KN
$\phi V_c =$	142.85 KN
$\phi V_c > Vu_c \rightarrow$ CUMPLE	

Cargas en secciones		
W =	283.61	kN/m
Momentos en zapata		
M =	56.28	kN.m

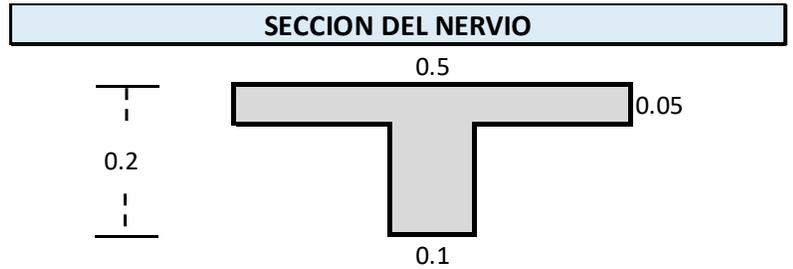
CALCULOS DE ACERO						
MU (KNm)	b(mm)	d(mm)	R (N/mm ²)	p calculado	p utilizado	As calculado (mm ²)
56.28	1500	163	1.569	0.00392	0.00392	958.44

ACERO USADO		
Cantidad	ϕ	AS
10	12	1130.973

Fuente: Elaborado por el autor

8.10 ANEXO 10 – Comprobación de losa nervada.

Datos		
WD =	6.18	Kn/m ²
WL =	2	Kn/m ²
bw =	0.1	m
d =	0.18	m
F'c =	21	MPa
Fy =	420	MPa



CALCULO DE MOMENTOS

Wmayorado=	10.616	KN/m ²
Por tratarse de una losa armada en dos direcciones soportara Wmayorado/2		
W=	5.308	KN/m ²
Carga actuante sobre nervio =	3.783728	KN/m

En el extremo		
L =	3.7	m
Mu =	4.32	KN-m
Mn =	4.8	KN-m

En el centro		
L =	3.7	m
Mu =	2.16	KN-m
Mn =	2.4	KN-m

CALCULAMOS EL ACERO PARA EXTREMO SUPERIOR

R =	1.481	N mm
P max =	-0.00368719	
As=	66.3693861	mm ²

Cantidad	∅	Acero Usar
1	10	78.540

USAR 1∅ 10 mm

CALCULAMOS EL ACERO PARA CENTRO INFERIOR

R =	0.741	KN mm
P max =	0.00180277	
P usar=	0.00333	
As=	59.94	mm ²

Cantidad	∅	Acero Usar
1	10	78.540

USAR 1∅ 10 mm

VERIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VIGA

a=	15.616	mm
SE COMPORTA COMO VIGA RECTANGULAR		

Fuente: Elaborado por el autor