



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
SANTA ROSA

CABRERA ORDOÑEZ CRISTHIAN GONZALO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



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 SANTA ROSA

CABRERA ORDOÑEZ CRISTHIAN GONZALO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



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 SANTA ROSA

CABRERA ORDOÑEZ CRISTHIAN GONZALO
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 22 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
22 de febrero de 2022

FINAL-CABRERA

por CRISTHIAN GONZALO CABRERA ORDOÑEZ

Fecha de entrega: 08-feb-2022 02:45p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1757922695

Nombre del archivo: FINAL-TURNITIN_CABRERA.pdf (256.4K)

Total de palabras: 3857

Total de caracteres: 19338

FINAL-CABRERA

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	documents.mx Fuente de Internet	1%
2	Efren Loor-Loor, Willians Palma-Zambrano, Lincoln García-Vinces. "Vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso Santa Marianita – Manta – Ecuador", Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 2021 Publicación	1%
3	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	<1%
6	imakinateatral.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
7	revistas.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1%

8	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
10	www.oncenoticias.hn Fuente de Internet	<1 %
11	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
12	semuabuluperindu.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
13	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
14	geotermiaonline.com Fuente de Internet	<1 %
15	www.todoconstruccion.com Fuente de Internet	<1 %
16	noticiascd.mx Fuente de Internet	<1 %
17	distintaslatitudes.net Fuente de Internet	<1 %
18	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
19	moam.info Fuente de Internet	<1 %

20

repositorio.uwiener.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

aprenderly.com

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, CABRERA ORDOÑEZ CRISTHIAN GONZALO, 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 Santa Rosa, 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, 22 de febrero de 2022



CABRERA ORDOÑEZ CRISTHIAN GONZALO
0706395209

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios, a mis abuelitos José Absalón, Amadita y Roxana, que, aunque ellos ya no se encuentren físicamente conmigo, sé que están orgullosos de mí y también de manera especial a mis padres, todos ellos son pilares fundamentales en este proceso, que en muchas ocasiones parecía que se volvía algo imposible de obtener, pero que al final se cumplió la meta.

También va dedicado a mis hermanos Bryan y Jandry, que de manera especial siempre me apoyaron cuando tuve malos momentos tanto en mi vida personal y universitaria, sin lugar a dudas los mejores hermanos que Dios me pudo dar.

De manera en especial dedico este trabajo a mi Tío Bolívar, que siempre creyó en mí y me daba ánimos a seguir estudiando, personas como él son muy pocas y me siento muy feliz y afortunado de contar con él.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres que siempre estuvieron apoyándome de manera incondicional en este proceso, tanto de manera económica como familiar.

A mi familia en general, que siempre que tenía algún problema o me sentía decepcionado de la Universidad, estuvieron para darme consejos y así poder retomar la confianza en mí.

A mis antiguas mascotas, Docky, Tormenta y Toby, que por cuestiones injustas de la vida no se encuentran conmigo, agradezco por acompañarme en las malas noches, sin lugar a duda fueron parte fundamental de todo este proceso.

A mis amigos de la Universidad, que siempre de una u otra manera estuvieron ayudándome durante todo el proceso universitario, personas que agradezco a Dios y a la vida de poder haber conocido.

RESUMEN

En el presente trabajo, se realiza la evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas de Hormigón Armado. Para lograr esto, primero se debe contar con la información necesaria, tales como el acceso a los planos tanto arquitectónicos como estructurales de la vivienda y el acceso al sitio, para poder verificar que las secciones que se encuentran detalladas en los planos sean las mismas que se encuentren en sitio, esto con el fin de poder tener el diseño con el que se van a realizar la evaluación de cargas y el modelamiento de la estructura en ETABS.

Una vez realizado este procedimiento, se procede a realizar el análisis estructural de la vivienda obtenido en el programa y compararlos con los parámetros que nos indica la normativa NEC-SE-DS y NEC-SE-HM, para poder conocer si esta vivienda cuenta con una seguridad estructural optima.

Palabras Clave: Evaluación, vivienda, sismorresistente

ABSTRACT

In the present work, the earthquake-resistant evaluation of a two-story house of Reinforced Concrete is carried out. To achieve this, you must first have the necessary information, such as access to both the architectural and structural plans of the house and access to the site, in order to verify that the sections that are detailed in the plans are the same as those are on site, this in order to be able to have the design with which the load evaluation and the modeling of the structure in ETABS will be carried out.

Once this procedure has been carried out, the structural analysis of the dwelling obtained in the program is carried out and compared with the parameters indicated by the NEC-SE-DS and NEC-SE-HM regulations, in order to know if this dwelling has optimal structural safety.

Keywords: Evaluation, housing, earthquake resistant

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	13
1. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	15
1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio.....	15
1.1.1 <i>Ubicación del sitio.</i>	15
1.2 Hechos de interés.....	16
1.3 Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	17
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO.....	18
2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia.....	18
2.2 Bases teóricas de la investigación.....	18
2.2.1 <i>Vivienda sismorresistente.</i>	18
2.2.2 <i>NEC-SE-CG.</i>	18
2.2.3 <i>NEC – SE – HM.</i>	18
2.2.4 <i>NEC-SE-DS.</i>	19
2.2.5 <i>Sismo.</i>	19
2.2.6 <i>Vulnerabilidad sísmica.</i>	19
2.2.7 <i>Hormigón armado.</i> 19	
2.2.8 <i>Análisis estructural.</i>	19
2.2.9 <i>Planos arquitectónicos.</i>	20
2.2.10 <i>Planos estructurales.</i>	20
2.2.11 <i>Espectro de respuesta para diseño.</i>	20
2.2.12 <i>Deriva de Piso.</i>	20
2.2.13 <i>Cortante Basal de diseño.</i>	20
2.2.14 <i>Peligrosidad Sísmica.</i>	20

2.2.15	<i>Deficiencia Sísmica</i>	21
3.	PROCESO METODOLÓGICO.....	22
3.1	Diseño o tradición de investigación seleccionada.....	22
3.1.1	<i>Descripción del sistema actual de la vivienda</i>	22
3.2	Proceso de recolección de datos en la investigación.....	23
3.2.1	<i>Dimensiones de los elementos estructurales</i>	23
3.2.2	<i>Carga muerta de la estructura</i>	23
3.2.3	<i>Carga viva</i>	23
3.2.4	<i>Combinaciones de Carga</i>	24
3.3	Sistema de Categorización en el análisis de los datos.....	24
4.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....	25
4.1	Descripción y argumentación teórica de resultados.....	25
4.1.1	<i>Periodo de vibración de la estructura</i>	25
4.1.2	<i>Cortante Basal</i>	25
4.1.3	<i>Torsión</i>	26
4.1.4	<i>Derivas de piso</i>	26
4.1.5	<i>Cimentación</i>	26
4.1.6	<i>Losa</i>	27
4.1.7	<i>Vigas y columnas</i>	27
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
6.	RECOMENDACIONES.....	29
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	30
8.1	Anexo 1. Planos Arquitectónicos.....	31
8.2	Anexo 2. Memoria Fotográfica.....	34
8.3	Anexo 3. Cálculo de Pesos en la estructura.....	36
8.4	Anexo 3. Asignación de cargas a la losa.....	41
8.5	Anexo 4. Cálculo del espectro de diseño.....	43
8.6	Anexo 5. Cálculo del cortante basal.....	46
8.7	Anexo 6. Análisis por Torsión.....	48
8.8	Anexo 7. Derivas de Piso.....	49
8.9	Anexo 8. Cálculo de la cimentación.....	51
8.10	Anexo 9. Diseño de losa.....	52

8.11 Anexo 10. Cálculo de acero en columnas y vigas	54
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DIMENSIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	23
TABLA 2: RESUMEN DE CARGA MUERTA	23
TABLA 3: CARGAS VIVAS	23
TABLA 4: COMBINACIONES DE CARGA	24
TABLA 5: RESUMEN DE PERIODO DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA	25
TABLA 6: RESUMEN DEL CORTANTE BASAL DE LA ESTRUCTURA	25
TABLA 7: RESUMEN DE DERIVAS DE PISO	26
TABLA 8: RESUMEN DE CIMENTACIÓN.....	26
TABLA 9: RESUMEN DE RESULTADOS.....	27

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: UBICACIÓN DE LA VIVIENDA DE 2 PLANTAS DE H.A.....	15
ILUSTRACIÓN 2: COORDONEDAS DE LA VIVIENDA.....	16
ILUSTRACIÓN 3: CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA.....	22
ILUSTRACIÓN 4: MODELADO ESTRUCTURAL	24
ILUSTRACIÓN 5: SECCIÓN DE LOSA	27

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador desde el 2015 rige la NEC, para el diseño y construcción de todas las estructuras sismorresistentes del país, sin embargo, se ha notado que estas normas no están siendo aplicadas de la manera debida, lo cual quedó evidenciado durante el último evento sísmico de gran magnitud ocurrido en el 2016, que tuvo como resultado muchas viviendas o edificios que quedaron destruidos o en malas condiciones debido al incumplimiento de la norma.

Uno de los últimos sismos más devastadores que se han presentado en el Ecuador, fue el suscitado en la provincia de Manabí, con epicentro entre las parroquias de Pedernales y Cojimíes del Cantón Pedernales, con una magnitud de 7.8 Mw, dejando un resultado de 670 personas fallecidas y miles de personas albergadas, debido a que perdieron sus casas, lo cual cuando se realizaron las evaluaciones en algunas estructuras, se podía evidenciar la falta de control que han tenido en el proceso de construcción. [1]

En nuestro País, las leyes en los procesos de construcción deberían ser controlados de una manera más rigurosa, el control que se haga a los mismos debe estar a cargo de personas que cuenten no solo con una amplia experiencia y conocimiento de la materia, sino que además tengan una excelente ética profesional, donde no exista la corrupción y pongan por encima de sus intereses personales la seguridad de las personas, de esa manera se podrá ir controlando y mejorando la calidad de construcción de las obras, no solo de viviendas si no de obras de gran magnitud e importancia, en el terremoto suscitado en Pedernales las edificaciones seguramente fueron diseñadas con el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1997, donde aún no existía una zonificación sísmica, por lo que fueron diseñadas con fuerzas sísmicas menores. En las urbanizaciones privadas es uno de los temas que más discrepancias se tiene, debido a que han existido quejas de los residentes, donde ellos aseguran que sus viviendas presentan fallas en los elementos estructurales y en mampostería al poco tiempo de haberlas adquirido, lo cual nos deja una gran incógnita al saber cómo estos proyectos fueron aprobados. [2]

En el desarrollo de este trabajo, lo que se pretende es evaluar el estado de una vivienda de dos plantas de hormigón armado que se encuentra ubicada en la Ciudad de Santa Rosa, y hacer un análisis mediante el uso de ETABS, para poder conocer si dichos elementos estructurales están cumpliendo con la normativa NEC_SE_HM_ (Estructuras de Hormigón Armado) y en el caso de no cumplir, plantear unas recomendaciones que solventen o resuelvan los defectos encontrados.

1. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio

La vivienda escogida para la evaluación sísmica, se encuentra en la ciudad de Santa Rosa, la cual está diseñada para acoger a una familia pequeña en el que consten 4 a 6 integrantes como máximo, para su mayor confortabilidad.

El análisis que se va a realizar a la vivienda, es para conocer si esta fue diseñada bajo la normativa NEC-SE-HM, y cumple con los parámetros de la NEC-SE-DS, el cumplir con los lineamientos de las normativa nos garantiza tener una seguridad estructural y en el caso de presentarse un evento sísmico, que la vivienda pueda soportar los esfuerzos y no colapsar, dando así tiempo a las personas para que puedan abandonar el sitio y una vez que se haya terminado el evento sísmico, poder hacer un respectivo análisis estructural de la vivienda y saber que elementos están afectados.

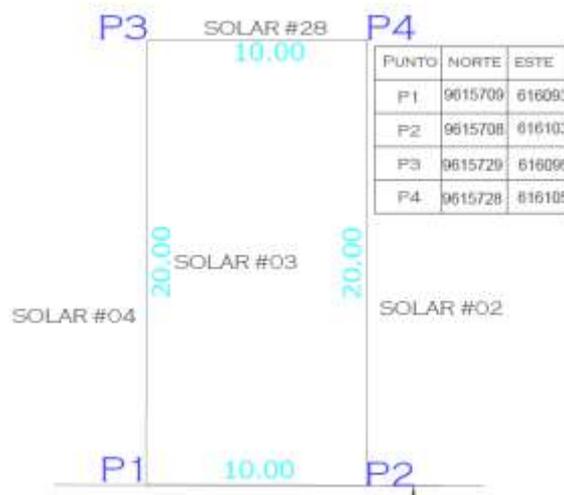
1.1.1 *Ubicación del sitio.* La vivienda se encuentra ubicada en la ciudad de Santa Rosa, Lotización Tierra Santa Mz 41 Solar 3.

Ilustración 1: Ubicación de la vivienda de 2 Plantas de H.A



Fuente: Elaborado por el autor

Ilustración 2: Coordenadas de la vivienda.



Fuente: Elaborado por el autor

1.2 Hechos de interés

El Ecuador es un país con una alta actividad sísmica, debido a que se encuentra ubicado en el cinturón del fuego del pacífico, se han registrado varios sismos y terremotos los cuales los más fuertes han sido en 1980 con una magnitud de 8,8 en la escala de Richter y el terremoto más reciente con epicentro en pedernales de 7,8 en escala de Richter, lo cual dejó una gran cantidad de fallecidos y ciudades destruidas estructuralmente. [1]

Uno de los hechos históricos a nivel mundial se presentó en Japón en el año 2011, un sismo de magnitud 9,0 en escala de Richter, el cual provocó un tsunami, el número de personas fallecidas en este acontecimiento fue de aproximadamente 15000, lo cual dejó una parte del país estructuralmente destruida. [3]

Mediante un Análisis estadístico de edificaciones que se encuentran vulnerables ante la presentación de un evento sísmico, se pudo verificar que, en el sitio de la Isla Isabela, la cual se encuentra ubicada en Galápagos, de un total de 50 edificaciones típicas se obtiene que un 34% de ellas tiene vulnerabilidad muy elevada y un 28% es elevada. [4]

Uno de los terremotos más fuertes que se han presentado en el Ecuador, fue el que azotó las costas de Ecuador y Colombia el 31 de enero de 1906, con una magnitud de 8,8 Mw, su epicentro fue localizado a 18 kilómetros al noroeste de la ciudad de Esmeraldas, debido al terremoto, se presentó un tsunami el cual llegó a generar olas de 5 metros de altura, debido a la poca población e información que no se tenía en ese

momento no existen muchos datos del acontecimiento, pero se estima que el tsunami llego con más fuerza a zonas no pobladas. [5]

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el diseño estructural de una vivienda de dos plantas de hormigón armado, ubicada en la ciudad de Santa Rosa, mediante el uso de ETABS, para poder conocer si la vivienda cumple con los lineamientos de la normativa de construcción vigente.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el relevamiento de la información obtenida en los planos, mediante la verificación en sitio, para conocer si la estructura diseñada es la misma que se encuentra construida.
- Realizar el análisis estructural de la vivienda en ETABS.
- Verificar si la vivienda cumple con las normativas NEC-SE-DS y NEC-SE-HM.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO

2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia

El estudio se basa en comparar los parámetros de la Normativa NEC-SE-HM con el diseño de la vivienda y poder determinar si cumplen o no con dichos parámetros, esta normativa nos ayuda a garantizar una seguridad estructural en nuestra vivienda, para realizar este procedimiento, es necesario tener los planos arquitectónicos y estructurales de la vivienda y comprobar en sitio si la vivienda diseñada tiene las mismas dimensiones de la construida, ya que a veces suelen darse cambios durante en el proceso de construcción.

2.2 Bases teóricas de la investigación

2.2.1 *Vivienda sismorresistente.* Se denominan así a las estructuras que se encuentran sustentada en una metodología de diseño; en nuestro medio el desarrollo de este modelo de viviendas se encuentra amparado en normativas como la NEC-SE-HM y la NEC-SE-DS.

2.2.2 *NEC-SE-CG.* Es una normativa, la cual trata sobre los tipos de cargas en una estructura, tales como las permanentes y las variables y de sus combinaciones.
[6]

2.2.3 *NEC – SE – HM.* Es una normativa aplicada en el proceso de diseño y construcción de una Estructura de H.A, para que esta pueda garantizar una seguridad estructural, el cumplimiento de esta norma debe ser de carácter obligatorio, tomando en cuenta siempre la seguridad de la vida de las personas.
[7]

- 2.2.4 *NEC-SE-DS*. Disposiciones sismorresistentes, las cuales proponen criterios de diseño a fin de que se minimicen los daños en una estructura, considerando su sismo de retorno. [8]
- 2.2.5 *Sismo*. Es la designación que se le ha otorgado al efecto de ondas sísmicas producido por la liberación de energía al generarse el movimiento de placas tectónicas; este efecto puede ser percibido a largas distancias y en consecuencia afectando a las diversas edificaciones aledañas al epicentro. [9]
- 2.2.6 *Vulnerabilidad sísmica*. Se denomina así, al grado de pérdidas esperadas el cual sufre una estructura durante el tiempo en el que permanecen expuestas en un evento sísmico, debido a que en el país existe una desigualdad en la distribución de recursos, por lo que se considera que los niveles de vulnerabilidad, están relacionados con los factores sociales y económicos. [10]
- 2.2.7 *Hormigón armado*. Se define así a la combinación de dos materiales, tales como el hormigón y el acero corrugado; esto se debe a sus propiedades de compresión y tracción que presentan, de esta manera se desarrolla una mayor resistencia en los elementos que conforman una estructura, se debe de tomar en cuenta la influencia que tienen las propiedades de los agregados ya que estos tienen un impacto a la resistencia de compresión del hormigón del -13.7% a 28.4%. [11]
- 2.2.8 *Análisis estructural*. Es un proceso primordial que se le realiza a una estructura con la finalidad de poder determinar el comportamiento que presenta, cuando una estructura que se encuentra existente no cumple los requerimientos de resistencia, es primordial implementar técnicas de reforzamiento, con la finalidad de incrementar su estado de servicialidad. [12]

- 2.2.9 *Planos arquitectónicos.* Es la documentación que adjunta la información detallada de un proyecto urbanístico u obra civil. Dentro del mismo podemos encontrar: dimensionamientos, especificaciones técnicas, implantaciones, sistemas de aislamiento sísmico, entre otras.
- 2.2.10 *Planos estructurales.* Es donde se encuentra detallado toda la información de los elementos estructurales, desde su dimensionamiento, su armado, ubicaciones, etc., con el fin de poder dar una mayor representación constructiva a la persona que este a cargo de la ejecución de la obra.
- 2.2.11 *Espectro de respuesta para diseño.* Según [8], “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”.
- 2.2.12 *Deriva de Piso.* Según [8], “Es un desplazamiento lateral relativo de un piso, causado por una fuerza vertical con respecto al piso consecutivo, el cual es medido en dos puntos, ubicados en la misma línea vertical de la estructura”.
- 2.2.13 *Cortante Basal de diseño.* Según [8] “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”.
- 2.2.14 *Peligrosidad Sísmica.* Se denomina así a la probabilidad de que el valor que mide el movimiento del suelo, sea superado por un periodo de exposición (tiempo), la variación de un parámetro en una normativa afecta en ciertos parámetros a las estructuras, en el caso la ciudad Palma Soriano, presenta una modificación en edificaciones de suelos rígidos. [13]

2.2.15 *Deficiencia Sísmica.* Se produce principalmente, cuando el peso de la estructura es relativamente alto, a la baja capacidad de desplazamiento y al comportamiento frágil del material de lo que los muros se componen. En la presencia de terremotos severos, los modos típicos de falla son: agrietamientos graves, desintegración de muro, separación de muros en las esquinas y desprendimientos de los techos respecto de los muros. [14]

3. PROCESO METODOLÓGICO

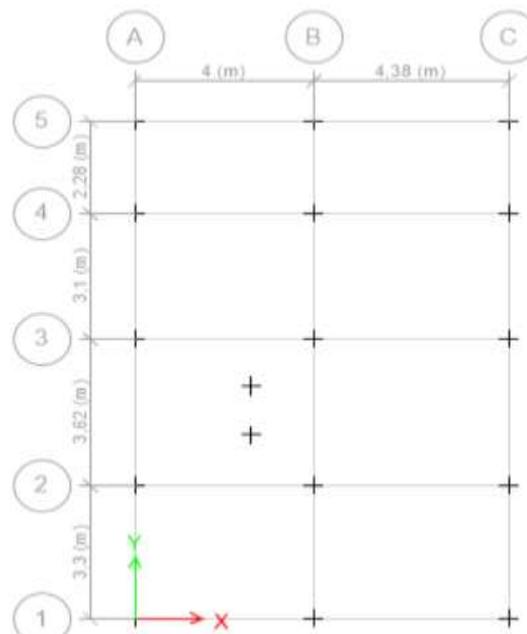
3.1 Diseño o tradición de investigación seleccionada

3.1.1 *Descripción del sistema actual de la vivienda.* Una vez que se obtienen los planos tanto arquitectónicos como estructurales, el cual son necesarios e indispensables como parte del proceso de recolección de datos, debemos verificar las secciones de los elementos estructurales y no estructurales que se encuentren en el sitio, para poder conocer si estos no han tenido variación, con el fin de modelar la estructura, con las dimensiones en sitio. Una vez que se ha realizado la inspección en sitio se comprobó que las secciones propuestas en los planos son exactamente las mismas que fueron construidas en sitio

Para obtener los resultados estructurales de la vivienda utilizaremos ETABS 19.0, el cual es un programa que nos ayudara con el análisis de la vivienda, para esto debemos realizar un modelado previo que se emplea o construye en el programa, el cual está configurado con las medidas de la vivienda.

A continuación, se presentará la configuración estructural modelada en el programa.

Ilustración 3: Configuración estructural de la vivienda



Fuente: Elaborado por el autor.

3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación

3.2.1 *Dimensiones de los elementos estructurales.* Las dimensiones obtenidas de los planos estructurales corresponden a las dimensiones de los elementos construidos en sitio.

Tabla 1: Dimensión de elementos estructurales

ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
Descripción	Base (m)	Altura (m)
Columna Planta Alta	0,30	0,30
Columna Planta Baja	0,25	0,25
Viga Planta Alta	0,30	0,30
Viga Planta Baja	0,30	0,25
Losa	Aliviada con e = 20 cm	

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.2 *Carga muerta de la estructura.* A continuación, se presenta un resumen de la carga muerta de la estructura, la cual fue calculada (Ver Anexo 3) solo considerando la mampostería.

Tabla 2: Resumen de Carga Muerta

CARGA MUERTA DE LA ESTRUCTURA	
Descripción	Peso enKn/m2
Planta Alta	4,78
Planta Baja	3,95
Terraza	1,04

Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3 *Carga viva.* Estas se encuentran dadas por la NEC-SE-CG, la vivienda cuenta con todas las descripciones que están en la Tabla 3.

Tabla 3: Cargas Vivas

CARGAS VIVAS	
Descripción	Peso enKn/m2
Balcones	4,8
Vivienda	2
Cubierta	0,7
Escalera	2

Fuente: NEC-SE-CG

3.2.4 *Combinaciones de Carga.* Son aquellas que consideramos para el análisis de la estructura, donde consideramos carga muerta, carga viva y carga sísmica.

Tabla 4: Combinaciones de Carga

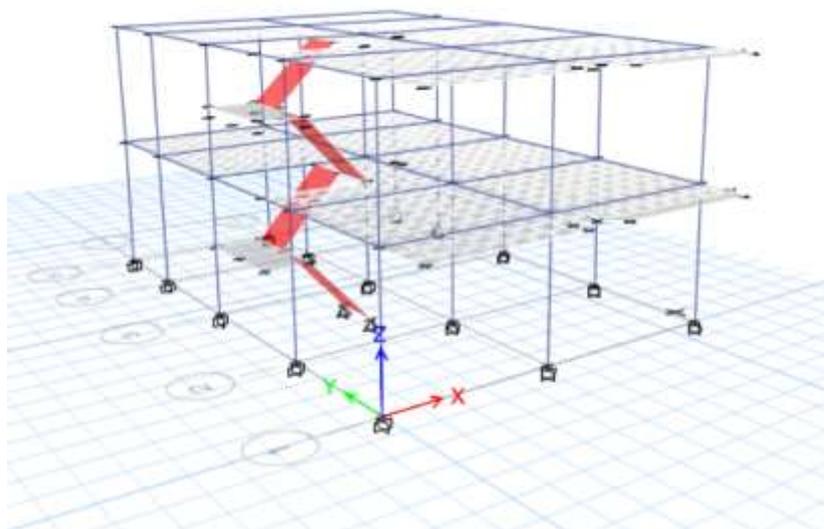
COMBINACIONES DE CARGA		
Combinacion 1	$U = 1.4 D$	Nomenclatura
Combinacion 2	$U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (S \text{ ó } R)$	D = Carga Muerta
Combinacion 3	$U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (S \text{ ó } R) + (L \text{ ó } W)$	L = Carga Viva
Combinacion 4	$U = 1.2 D + 1.0 W + 0.5 (I \text{ ó } S \text{ ó } R)$	E= Carga Sismo
Combinacion 5	$U = 1.2 D + 1.9 E + L + 0.25 S$	R = Carga de Lluvia
Combinacion 6	$U = 0.9 D + 1.0 W$	S = Carga de Granizo
Combinacion 7	$U = 0.9 D + 1.0 E$	W = Carga de Viento

Fuente: NEC-SE-CG

3.3 Sistema de Categorización en el análisis de los datos

Una vez realizada la recopilación de datos, tanto de la estructura como de los que se encuentran en la norma, se procede a realizar la introducción de estos datos en el software, para posteriormente obtener los resultados y dar las respectivas conclusiones y recomendaciones, a continuación, se adjunta imagen del modelado en Etabs.

Ilustración 4: Modelado Estructural



Fuente: Elaborado por el autor

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1 Descripción y argumentación teórica de resultados

4.1.1 *Periodo de vibración de la estructura.* Existen dos métodos para determinar el periodo de la estructura, mediante el uso de la NEC-SE-DS, obtenemos el periodo utilizando una fórmula y el otro método es calculándola en el programa Etabs..

A continuación, se presenta un resumen de resultados.

Tabla 5: Resumen de periodo de vibración de la estructura

PERIODO DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA	
Método 1	0,288
Método 2	0,296
Comprobación Según NEC-SE-DS	
$T_{M-2} \leq 1,30 T$	
$0,296 \leq 0,3744$	
SI CUMPLE	

Fuente: Elaborado por el autor

Una vez que se realizó el cálculo por ambos métodos, la NEC-SE-DS, nos indica que la estructura cumple con el periodo cuando el periodo por el método 2 es menor o igual al 1.3% del método 1 (Ver Anexo 4), por lo que para nuestro caso podemos decir que si cumple con este parámetro.

4.1.2 *Cortante Basal.* Según la NEC-SE-DS en su sección 6.2.2.b, nos indica, que para que este parámetro se encuentre correcto, el valor calculado en Etabs, debe ser al menos el 80% del valor calculado mediante la fórmula, a continuación, se adjunta un resumen del cortante Basal.

Tabla 6: Resumen del cortante basal de la estructura

CALCULO DEL CORTANTE BASAL		
Calculado	51,176	Ton
ETABS	46,15	Ton
Comprobacion	40,94	Ton

Fuente: Elaborado por el autor

Según los resultados obtenidos (Ver Anexo 5) y realizando la comprobación, el cortante basal de la estructura es el 90,18% del calculado, por lo que si cumple con la norma.

4.1.3 *Torsión.* La norma nos indica en su sección 5.2.3, que si el radio es mayor a 1.2 existe torsión, basándonos en la tabla obtenida en Etabs (Ver Anexo 6), podemos concluir que la vivienda se encuentra afectada por esfuerzos de torsión, que se puede deber a los volados que existen en la vivienda.

4.1.4 *Derivas de piso.* A continuación, se presenta una tabla resumida de las derivas de piso.

Tabla 7: Resumen de derivas de piso

DERIVAS DE PISO		
Descripcion	Etabs	Deriva real (%)
Deriva en "x"	0,002036	0,46
Deriva en "y"	0,001771	0,4

Fuente: Elaborado por el autor

Según la NEC-SE-DS, en su sección 5.1, nos indica que para que la deriva de piso en estructuras de hormigón armado se encuentre dentro del rango permitido, esta no debe ser mayor al 2% tanto en "x" como en "y", por lo que interpretando la tabla 7, podemos decir que la estructura si cumple con las derivas de piso ya que tanto en "x", como en "y" no sobrepasa el 2% (Ver Anexo 7).

4.1.5 *Cimentación .* La cimentación propuesta en los planos corresponde en zapatas aisladas, se realizar el diseño de la zapata central, que es la que mayor carga soporta.

En los planos la zapata propuesta tiene una sección de 1,40 m x 1,40 lo cual realizando el análisis (Ver Anexo 8) nos da como resultado que esta no cumple con el acero requerido, ya que el colocado en sitio es menor al calculado.

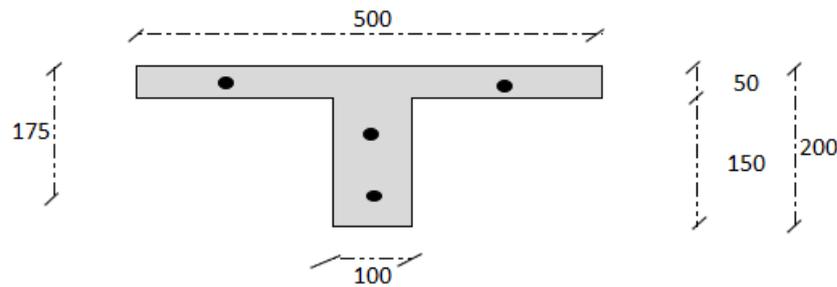
Tabla 8: Resumen de cimentación

DISEÑO POR FLEXIÓN			
W	Carga distribuida	184,24 kN/m	
M	Momento	27,8663 kN-m	
R	Factor de resistencia	0,2093833 N/mm ²	
ρ	Cuantía calculada	0,00050151	
As	Sección de acero requerida	1516,67 mm ²	
DISTRIBUCION DE ACEROS EN SITIO			
Varillas	#	Ø	As en obra
	9	12	1017,8784 mm ²

Fuente: Elaborado por el autor

4.1.6 *Losa*. La losa que se encuentra en los planos es una losa nervada en dos direcciones, la cual tiene un espesor de 20 cm, en el análisis que se le realizó, se pudo verificar que trabaja como una viga rectangular, en el anexo 9 se encuentra detallado el proceso, la cual tiene la siguiente distribución.

Ilustración 5: Sección de Losa



Fuente: Elaborado por el autor.

4.1.7 *Vigas y columnas*. Como podemos observar en la tabla 9, tenemos el resumen de el cálculo de acero para las vigas y columnas, las cuales fueron realizados mediante el uso de una hoja electrónica (Ver Anexo 10), con el que podemos observar que la columna de planta no cumple con las secciones de la Norma NEC-SE-HM y tampoco con el acero calculado.

Tabla 9: Resumen de resultados

ELEMENTO	ACERO CALCULADO (mm ²)	ACERO USADO (mm ²)	CUMPLE	DIMENSIÓN (m)	NEC-SE-HM (m)	CUMPLE
Viga P.B	1006,79	1077,57	OK	b = 0,30 ; h = 0,30	b = 0,30 ; b = 0,25 h	OK
Viga P.A	579,99	923,63	OK	b = 0,30 ; h = 0,25	b = 0,30 ; b = 0,25 h	OK
Columna P.B	1260	1231,5	NO	b = 0,30 ; h = 0,30	b = 0,30 ; h = 0,30	OK
Columna P.A	687,5	678,59	NO	b = 0,25 ; h = 0,25	b = 0,30 ; h = 0,30	NO

Fuente: Elaborado por el autor

5. CONCLUSIONES

Una vez que se pudo obtener los planos arquitectónicos y estructurales de la vivienda, se realizó la visita en sitio para poder confirmar que las secciones de los elementos estructurales y no estructurales (paredes, recubrimiento, etc.), no han tenido modificación alguna en cuanto a las secciones propuestas en los planos.

Con los cálculos realizados de los pesos de la estructura, se realizó el modelamiento en el software, de manera que esta pueda analizar los datos ingresados de forma correcta, donde obtuvimos los momentos finales, cargas axiales, etc, los cuales son necesarios para poder diseñar los elementos estructurales.

En el caso de la normativa NEC-SE-HM, para realizar el análisis de las vigas y columnas, se tomaron en cuenta las que tienen mayor área tributaria, lo cual nos dio como resultado que estas vigas cumplen con la sección y acero propuesto en los planos, en el caso de las columnas tanto planta baja como planta alta, no cumple con las secciones y tampoco con el acero calculado, ya que este es mayor al que se encuentra en los planos. La cimentación tampoco cumple con el acero calculado, debido a que el que se encuentra en los planos es menor. En cuanto a la normativa NEC-SE-DS, cumple con todos los parámetros a excepción de la torsión.

6. RECOMENDACIONES

Antes de comenzar a realizar los cálculos carga muerta de la estructura, se debe ir al sitio y poder tomar las medidas que se encuentran construidas, ya que en muchos casos las secciones de algunos elementos estructurales suelen variar por diversos factores, lo cual al modificar las secciones de elementos estructurales presentara una variación en el análisis estructural.

En el análisis por torsión se pudo observar que este fenómeno está afectando a la estructura, lo cual puede ser porque el diseño de la casa cuenta con 2 volados en cada planta, se puede realizar un reforzamiento con muros estructurales o aumento de secciones de columnas.

En la zapata se obtuvo que el dimensionamiento de la zapata cumple con la normativa NEC.SE.HM, pero no cumple con el acero requerido, por lo que se debe realizar un reforzamiento, aumentando el espesor de la zapata y acero.

En el caso de las columnas de planta alta y planta baja, se recomienda reforzarla mediante un encamisado de refuerzo.

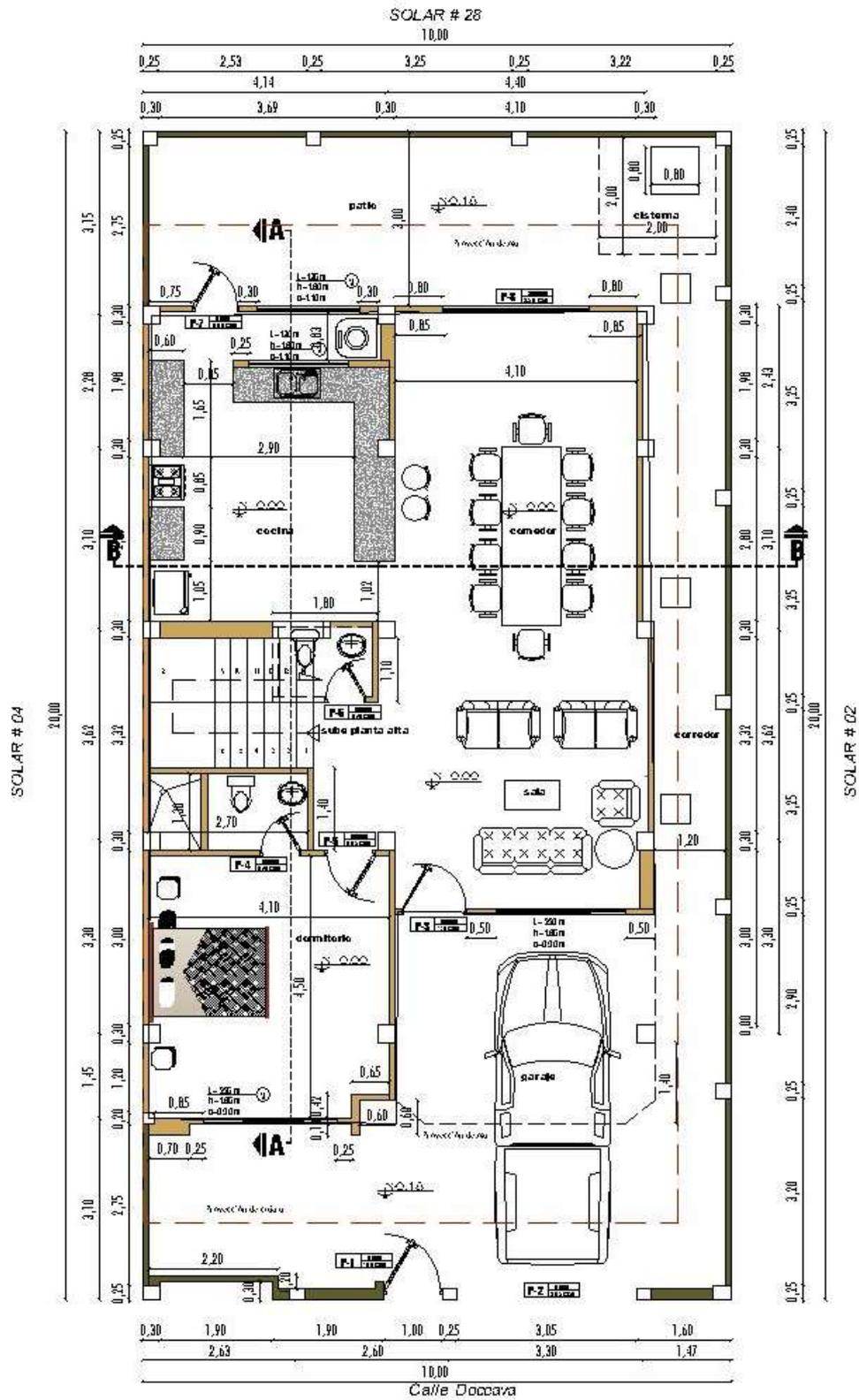
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] E. Bravo , «El sismo del 16 de abril en Manabí visto desde la ecología política del desastre,» *Revista de Ciencias Sociales y Humanas Universitas*, vol. 10, nº 26, pp. 237-254, 2017.
- [2] R. Aguilar Falconi , «Peligrosidad sísmica de la costa norte de Ecuador y el,» *Revista Geofísica*, vol. 9, nº 1, pp. 19-24, 2017.
- [3] R. I. Ayala Omaña , Delgadillo Santander Alexander y C. Ferrer Oropeza , «Amenaza Sísmica en Latinoamérica,» *Revista Geográfica Venezolana* , vol. 58, nº 2, pp. 258-262, 2017.
- [4] A. Vizconde Campos y R. Delgado Suárez , «Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones existentes en la Isla Isabela, Galápagos,» *Revista Ciencia e Investigación*, vol. 3, nº 1, pp. 108-122, 2018.
- [5] T. Moncayo , C. Mora , G. Velasco, M. Montenegro y J. Cordova , «Terremotos mayores a 6.5 en escala de richter ocurridos en Ecuador,» *Revista Académica Ingeniería* , vol. 21, nº 2, pp. 55-64, 2017.
- [6] Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI), Norma Ecuatoriana de la Construcción Cargas (no sísmicas), Quito, 2015.
- [7] Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI), Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de Hormigón Armado, Quito, 2015.
- [8] Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI), Norma Ecuatoriana de la Construcción, Diseño sismoresistente, Quito, 2015.
- [9] V. H. Espíndola Castro y X. Pérez Campos, «¿Qué son los sismos, dónde ocurren y cómo se miden?,» *Ciencia*, vol. 69, nº 3, pp. 8-15, 2017.
- [10] E. Loor Loor , W. Palma Zambrano y L. García Vinces, «Vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso - Santa Marianita - Manta - Ecuador,» *Ingeniar*, vol. 4, nº 7, pp. 2-16, 2021.
- [11] J. Santamaría , B. Adame y C. Bermeo , «Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen,» *Novasenergía*, vol. 4, nº 1, pp. 91-101, 2021.
- [12] L. J. García Vinces, J. Palacios Rodríguez , A. Escobar Molina y L. Zambrano Cevallos , «Análisis Estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí,» *Riemat*, vol. 6, nº 1, pp. 13-25, 2021.
- [13] F. A. Lora Alonso y E. R. Álvarez Deulofeu, «DISEÑO ESTRUCTURAL SISMORESISTENTE DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA EN PALMA SORIANO,» *Centro de información y gestión tecnológica Santiago de Cuba* , vol. 1, nº 4, pp. 68-83, 2018.
- [14] J. Chacón , B. Suquillo , D. Sosa y C. Celi , «Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con irregularidad en Planta,» *Scielo* , vol. 47, nº 1, pp. 43-56, 2021.

8. ANEXOS

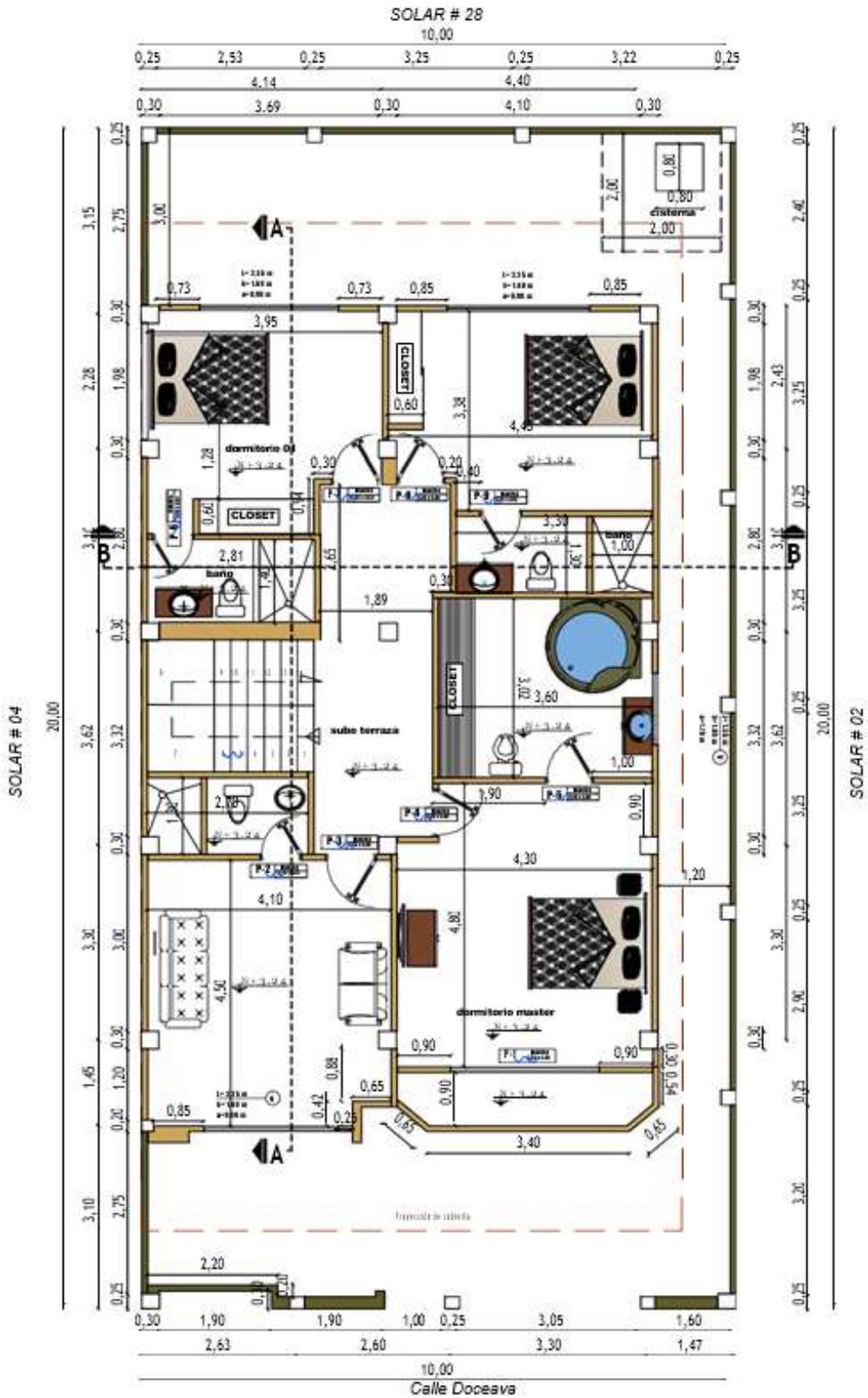
8.1 Anexo 1. Planos Arquitectónicos

Planta Baja



Fuente: Elaborado por el autor

Planta Alta



Fuente: Elaborado por el autor

8.2 Anexo 2. Memoria Fotográfica



Ilustración 6: Medición de altura de contrahuella



Ilustración 7: Medición de ancho de escalera



Ilustración 9: Medición de huella



Ilustración 8: Medición de altura de mesón



Ilustración 11: Medición de paredes



Ilustración 10: Medición de secciones de columna



Ilustración 12: Medición de espesor de losa

8.3 Anexo 3. Cálculo de Pesos en la estructura

PLANTA BAJA

PAREDES					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg/m3)
3,03	67,34	204,04	178,46	16,06	13919,2

ENLUCIDO EXTERIOR					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg/m3)
3,03	41,03	124,32	206,48	2,06	4202,4

ENLUCIDO INTERIOR					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg/m3)
3,03	26,31	79,72	156,24	1,56	3182,4

TOTAL PAREDES (Kg)					21.304
--------------------	--	--	--	--	--------

Fuente: Elaborado por el autor

ESCALERA PLANTA BAJA		
Área	Volumen	Peso en Kg
2,28	2,55	6120

LAVAMANO (BAÑOS)		
ÁREA	Volumen	Peso en Kg
1,4	0,14	336

Fuente: Elaborado por el autor

PUERTAS PLANTA BAJA				
Área (m2)	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Peso (Kg)
14,55	145500	509250	183330	183,33

Fuente: Elaborado por el autor

VENTANA PLANTA BAJA			
Área (m2)	Volumen	Peso en Kn	Peso en Kg
11,03	0,05515	1,3236	134,97

Fuente: Elaborado por el autor

COCINA		
Área (m2)	Volumen	Peso en Kg
8,84	0,442	1060,8

Fuente: Elaborado por el autor

ENTRE PISO		
Área (m2)	Volumen	Peso en Kg
92,41	3,6964	8871,36

Fuente: Elaborado por el autor

CERAMICA	
Área (m2)	Peso en Kg
102,31	1332,08

Fuente: Elaborado por el autor

TUMBADO	
ÁREA PISO	Peso en Kg
102,31	1227,72

Fuente: Elaborado por el autor

Peso Total en Kg = 40570,26

Peso Total en KN = 397,86

Peso total en $Kn/m^2 = 4,78$

PLANTA ALTA

PAREDES					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg/m3)
2,8	92,28	258,38	221,75	19,96	17299,33

ENLUCIDO EXTERIOR					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg/m3)
2,8	45,6	127,68	214,7	2,15	4386

ENLUCIDO INTERIOR					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg/m3)
2,8	46,68	130,7	228,8	2,29	4671,6

TOTAL (Kg)					26356,93
-------------------	--	--	--	--	-----------------

Fuente: Elaborado por el autor

ESCALERA PLANTA BAJA		
Área	Volumen	Peso en Kg
2,18	2,44	5856

Fuente: Elaborado por el autor

PUERTAS PLANTA ALTA				
Área (m2)	Área (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Peso (Kg)
16,3	145500	509250	183330	183,33

Fuente: Elaborado por el autor

VENTANA PLANTA ALTA			
Área (m2)	Volumen	Peso en Kn	Peso en Kg
20,33	0,10165	2,4396	248,77

Fuente: Elaborado por el autor

LAVAMANO		
Área	Volumen	Peso
5,6	0,28	672

Fuente: Elaborado por el autor

CERAMICA	
Área (m2)	Peso en Kg
110,84	1443,1368

Fuente: Elaborado por el autor

TUMBADO	
ÁREA PISO	PESO EN Kg
110,84	1330,08

Fuente: Elaborado por el autor

Peso Total en Kg = 36090,25

Peso Total en KN = 353,92

Peso total en $Kn/m^2 = 3,95$

TERRAZA

PERFIL METALICO TIPO C		
TERRAZA		
Peso en Kg/m	L(m)	Total
25,02	2,11	52,7922
25,02	2,11	52,7922
25,02	2,11	52,7922
25,02	2,33	58,2966
25,02	2,33	58,2966
25,02	2,33	58,2966
25,02	2,6	65,052
25,02	2,6	65,052
25,02	2,6	65,052
25,02	2,83	70,8066
25,02	2,83	70,8066
25,02	2,83	70,8066
25,02	3	75,06
25,02	3	75,06
25,02	3	75,06
TOTAL (Kg)		966,02

CORREAS		
EJE X		
Peso en Kg/m	L(m)	Total
8,35	8,7	72,65
8,35	8,7	72,65
8,35	8,7	72,65
8,35	8,7	72,65
8,35	8,7	72,65
TOTAL (Kg)		363,25

CORREAS		
EJE Y		
Peso en Kg/m	L(m)	Total
3,06	14	42,84
3,06	14	42,84
3,06	14	42,84
TOTAL (Kg)		128,52

Fuente: Elaborado por el autor

PAREDES EXTERIORES					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg)
1	43,2	43,2	43,2	2,59	2244,75

PAREDES INTERIORES					
ALTURA	LONGITUD	ÁREA	ÁREA REAL	VOLUMEN	PESO (Kg)
2,05	3,57	7,32	5,72	0,34	294,68

Fuente: Elaborado por el autor

PUERTAS					
Descripcion	Área (m2)	Área (cm2)	Volumen(cm3)	Total (gr)	Total (kg)
P1	1,6	16000	56000	20160	20,16

Fuente: Elaborado por el autor

LAVAMANO		
ÁREA	Volumen	Peso en Kg
1,4	0,14	336

Fuente: Elaborado por el autor

CERAMICA		
ÁREA PISO	Peso Ceramica	Peso en Kg
108,57	13,02	1413,5814

Fuente: Elaborado por el autor

ETERNIT		
ÁREA PISO	PESO DE TEJA EN (Kg/m2)	Peso en Kg
155,44	11,4	1772,016

Fuente: Elaborado por el autor

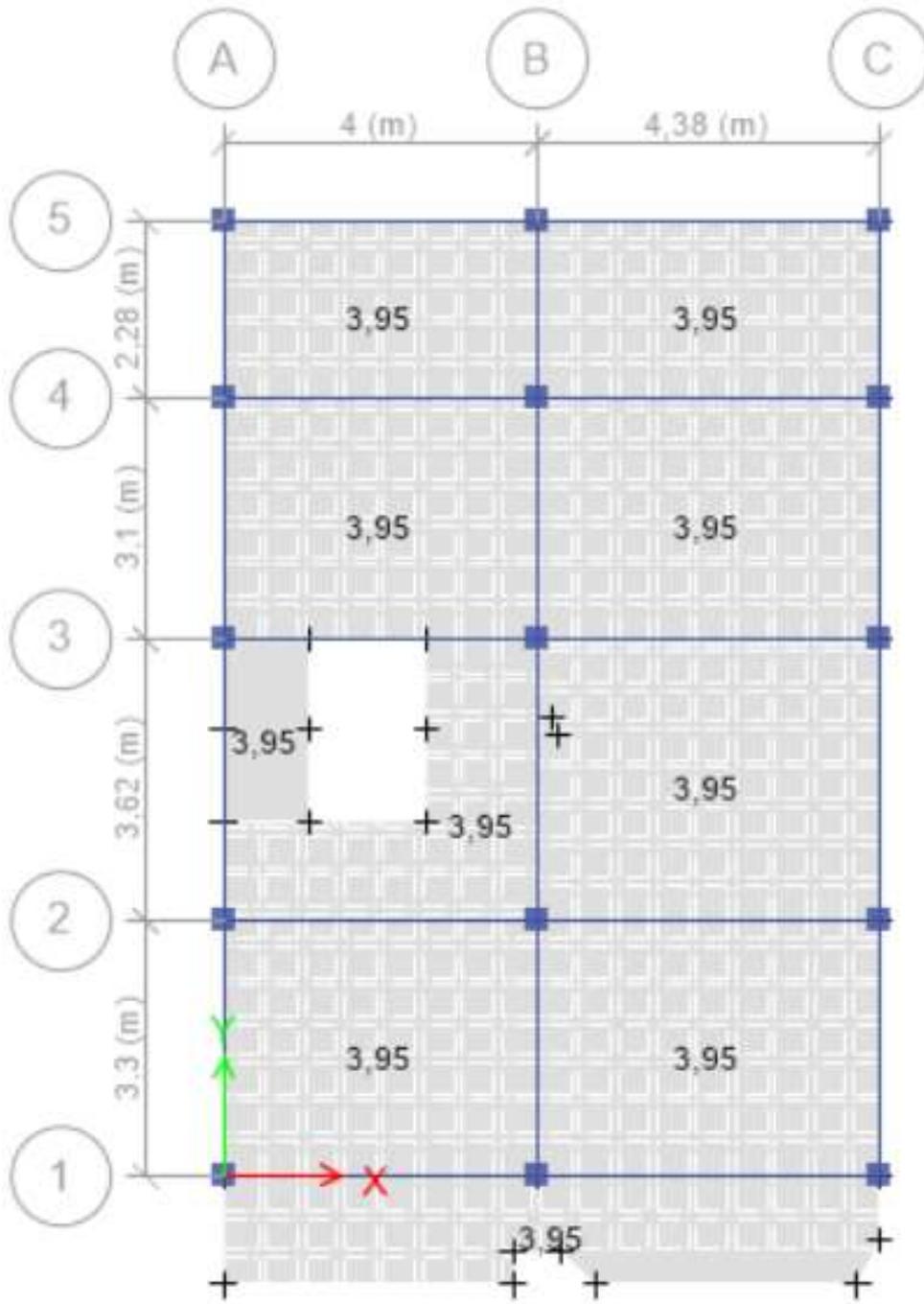
Peso Total en Kg = 9538,18

Peso Total en KN = 93,54

Peso total en $Kn/m^2 = 1,04$

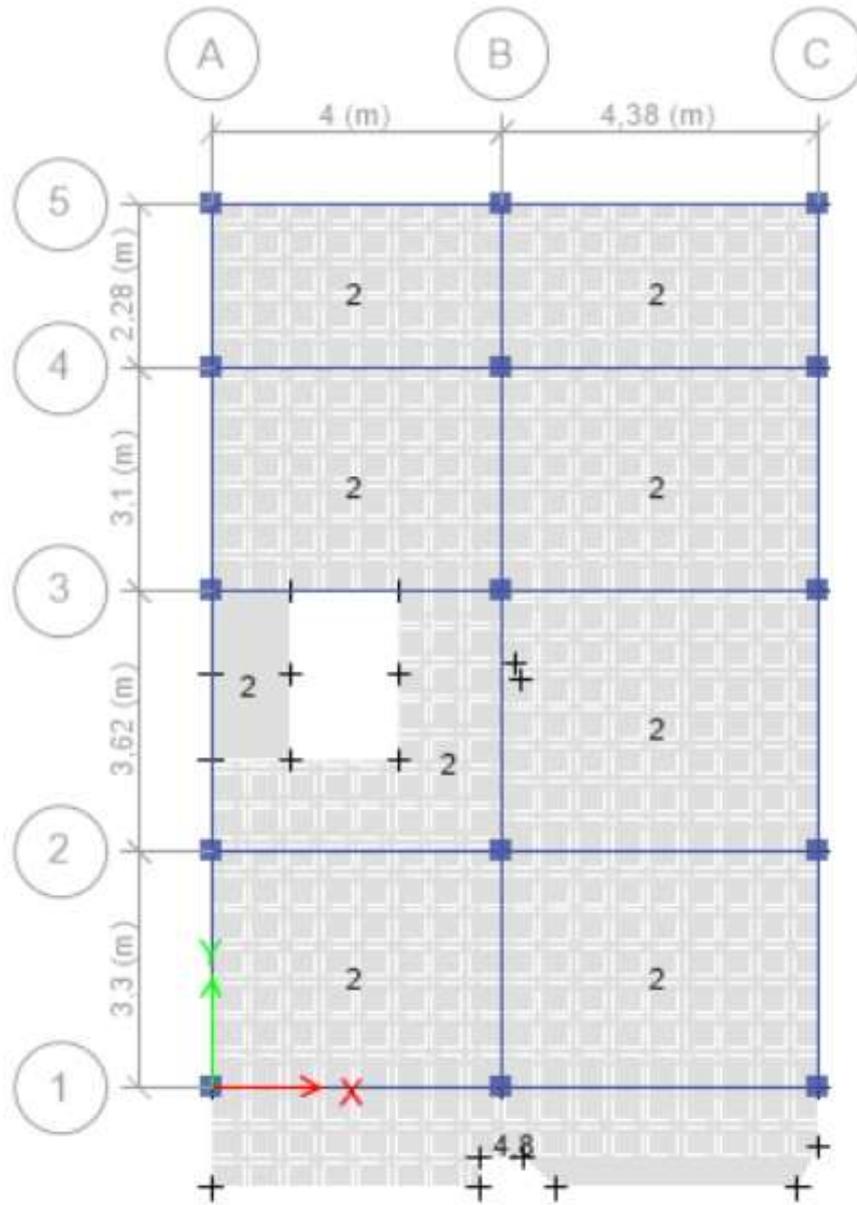
8.4 Anexo 3. Asignación de cargas a la losa

Ilustración 13: Asignación de cargas muerta a la losa de planta alta



Fuente: Elaborado por el autor

Ilustración 14. Asignación de carga viva en la losa de planta alta



Fuente: Elaborado por el autor

8.5 Anexo 4. Cálculo del espectro de diseño

El tipo de Suelo ingresado es tipo "E", basándonos estudios que se han realizado en la ciudad de Santa Rosa tales como mejoramiento y pavimentación de calles principales en esa ciudad.

Tabla 10: Tipo de Suelo y Características

Datos de Ingreso		Suelo tipo E	
Factor z	0,4	fa	1
Zona Sismica	V	fd	1,6
Tipo de Suelo	E	fs	1,9
ct	0,073	n	1,8
ā	0,75	r	1,5

Fuente: NEC-SE-DS

Datos de la vivienda	
h (piso 1)	3,23
h (piso2)	3
H total	6,23

Fuente: Elaborado por el autor

Análisis Elástico

Periodo de Vibración de la estructura

PERIODO DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA

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

$$T = 0,288$$

PERIODO LIMITE DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA

$$T_o = 0,10 * fs * \left(\frac{fd}{fa}\right)$$

$$T = 0,304$$

$$T_c = 0,55 * fs * \left(\frac{fd}{fa}\right)$$

$$T_c = 1,672$$

Fuente: Elaborado por el autor

Periodo de Vibración obtenido en Etabs

MODAL PARTICIPATING RATIOS														
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,296	0,3968	0,2509	0	0,3968	0,2509	0	0,0559	0,0687	0,2558	0,0559	0,0687	0,2558
Modal	2	0,26	0,5056	0,1616	0	0,9023	0,4125	0	0,0329	0,0924	0,2287	0,0888	0,1611	0,4846
Modal	3	0,226	0,0017	0,4644	0	0,904	0,8769	0	0,1056	0,0009	0,4025	0,1944	0,1619	0,8871
Modal	4	0,122	0,0311	0,04	0	0,9351	0,9169	0	0,2964	0,2768	0,0296	0,4908	0,4387	0,9167
Modal	5	0,104	0,0591	0,0123	0	0,9942	0,9292	0	0,0785	0,5148	0,0252	0,5693	0,9535	0,9419
Modal	6	0,093	0,0009	0,0601	0	0,9951	0,9894	0	0,3892	0,0159	0,0534	0,9585	0,9694	0,9953
Modal	7	0,024	0,0003	0,002	0	0,9954	0,9914	0	0,0087	0,0018	0,0009	0,9672	0,9712	0,9962
Modal	8	0,021	0,0023	0,0005	0	0,9977	0,9919	0	0,0007	0,011	0,0002	0,9679	0,9822	0,9964
Modal	9	0,018	0	0,0066	0	0,9977	0,9985	0	0,0262	0,0002	0,0033	0,9941	0,9824	0,9997
Modal	10	0,015	0,0018	0	0	0,9995	0,9985	0	0,0016	0,0138	1,16E-05	0,9957	0,9962	0,9997
Modal	11	0,011	0,0005	0,0015	0	0,9999	1	0	0,0043	0,0037	0,0003	1	0,9999	1
Modal	12	0,011	0,0001	6,99E-06	0	1	1	0	1,37E-05	0,0001	5,24E-06	1	1	1

Fuente: Elaborado por el autor

Aceleraciones

ACELERACIONES

$$S_a = Z * f_a (1 + n - 1 * \frac{T}{T_0})$$

$$S_a = 0,741$$

$$0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = n * Z * f_a$$

$$S_a = 0,72$$

$$T > T_c$$

$$S_a = n * Z * f_a * \frac{T_c^r}{T}$$

$$S_a = 10,072$$

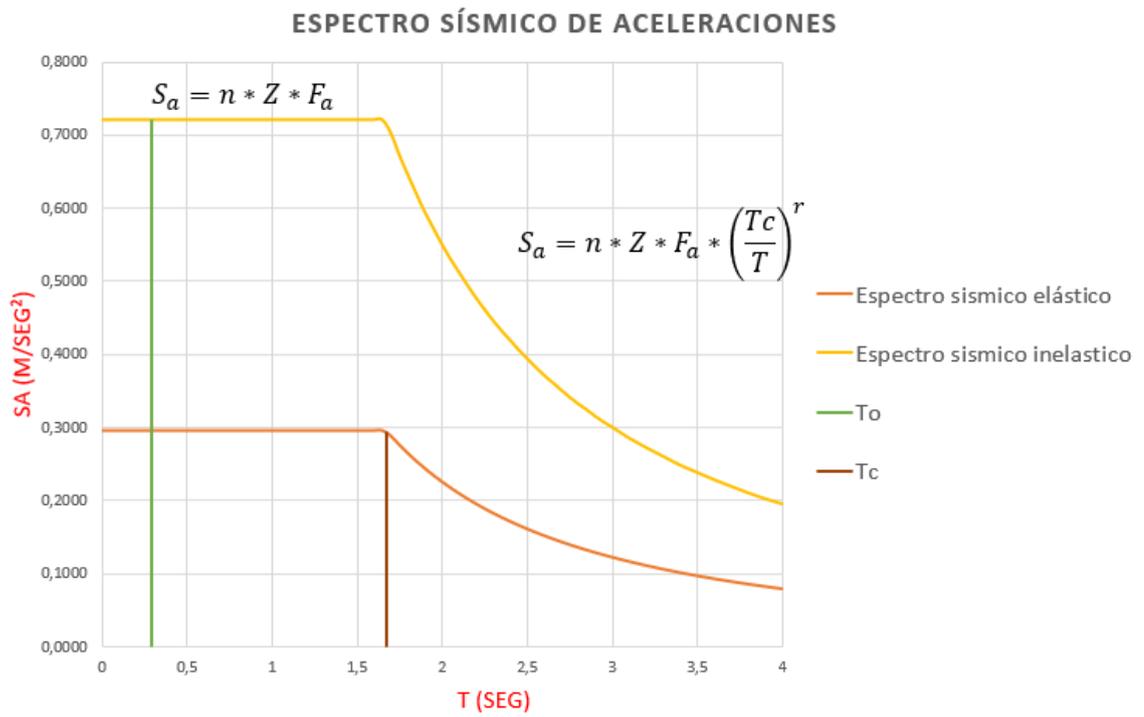
Fuente: Elaborado por el autor

Análisis Inelástico

Coeficientes de configuración estructural			
I	R	Øp	Ø€
1	3	0.9	0.9

Fuente: NEC-SE-DS

Ilustración 15: Diagrama de aceleraciones



Fuente: Elaborado por el autor

8.6 Anexo 5. Cálculo del cortante basal

Factores para determinar Espectro de Diseño Sísmico, Período Fundamental y Cortante Basal		
Factor de zona sísmica	Z	0,40
Relación de amplificación espectral	n	1,80
Coeficiente de ampliación o desamplificación dinámica	Fa	1,00
	Fd	1,60
	Fs	1,90
Coeficiente relacionado con la aceleración espectral	r	1,50
Coeficiente relacionado con el periodo de vibración	k	1,00
Periodo límite de vibración	To	0,30
Periodo límite de vibración	Tc	1,67
Periodo límite de vibración, Espectro de repuesta	TL	4,00
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa	0,72
Coeficiente de configuración en planta	ϕ_p	0,90
Coeficiente de configuración en elevación	ϕ_e	0,90
Factor de importancia	I	1,00
Factor de reducción de repuesta estructural	R	3,00
Carga Sísmica Relativa	W	172,72
Periodo de Vibración	T	0,29

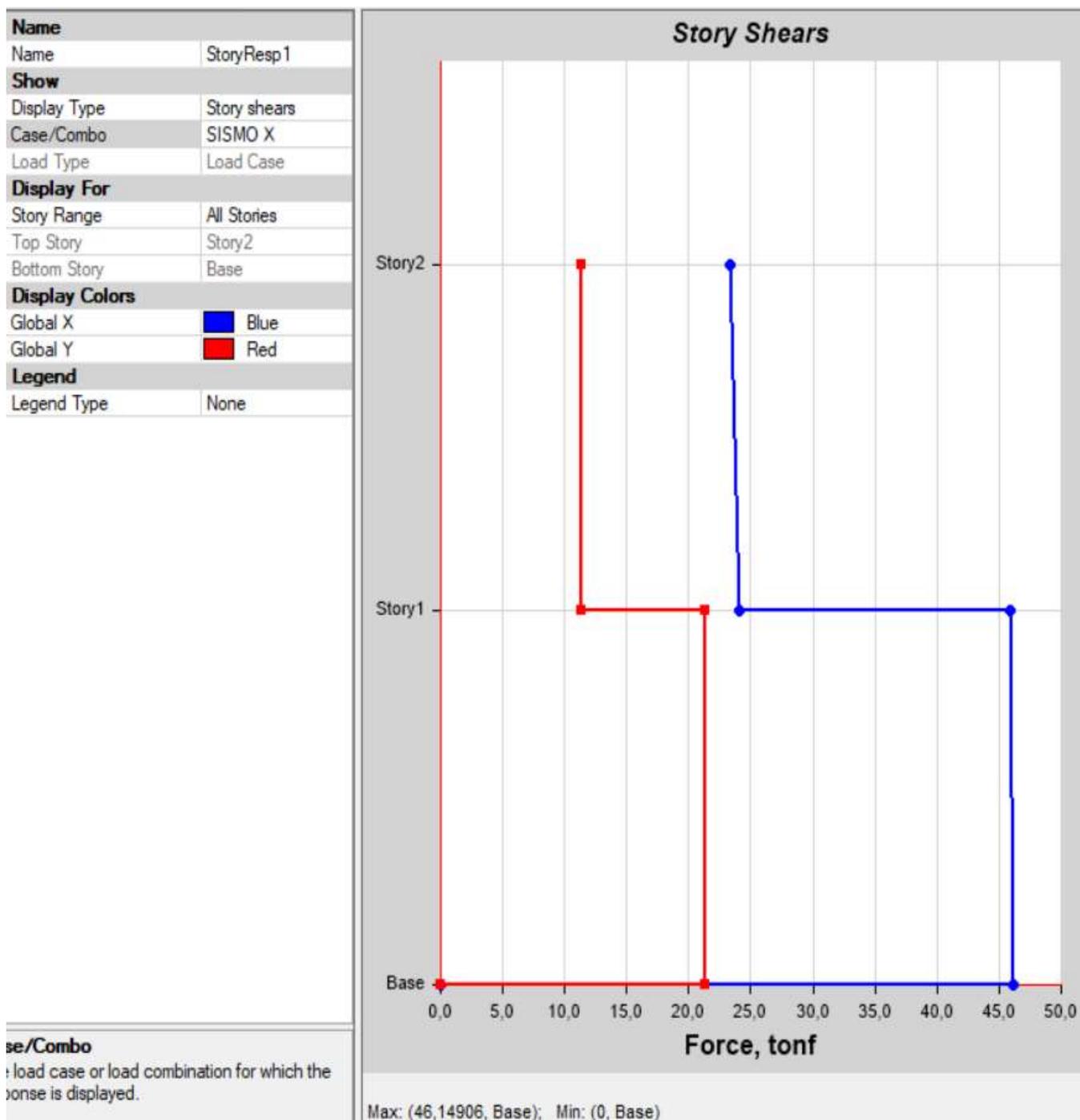
Fuente: NEC-SE-DS

Formula según la NEC-SE-DS, para calcular el cortante Basal

$$V = \frac{I \cdot Sa(Ta)}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

$$V = 51,176$$

Ilustración 16: Cortante basal obtenido desde ETABS



Fuente: Elaborado por el autor

8.7 Anexo 6. Análisis por Torsión

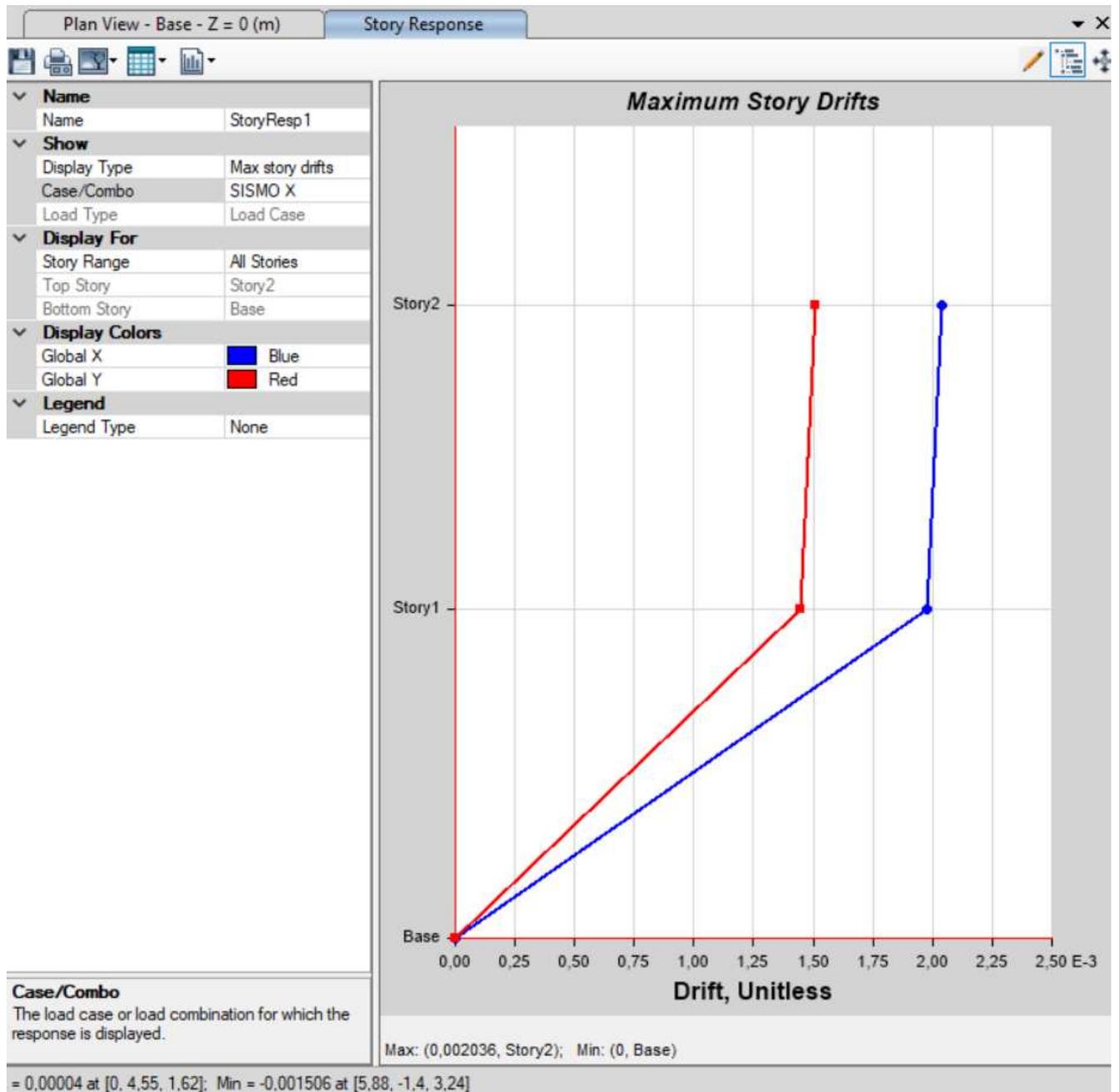
Tabla 11: Story max over avg displacements

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Max Drift m	Avg Drift m	Ratio
Story2	Carga Muerta	LinStatic			X	1,30E-05	1,20E-05	1,021
Story2	Carga Muerta	LinStatic			Y	2,10E-05	2,00E-05	1,008
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001385	0,001265	1,095
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	1	Y	0,00024	0,000166	1,443
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	2	X	0,000436	0,000123	3,54
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	2	Y	0,001364	0,001173	1,163
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	3	X	0,001344	0,001239	1,084
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	3	Y	0,0002	0,000136	1,468
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	4	X	0,000589	0,000139	4,248
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	4	Y	0,001466	0,001191	1,231
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	5	X	0,001635	0,00129	1,267
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	5	Y	0,000407	0,000196	2,078
Story2	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	6	Y	0,001262	0,001155	1,093
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001385	0,001265	1,095
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	1	Y	0,00024	0,000166	1,443
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	2	X	0,000436	0,000123	3,54
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	2	Y	0,001364	0,001173	1,163
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	3	X	0,001344	0,001239	1,084
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	3	Y	0,0002	0,000136	1,468
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	4	X	0,000589	0,000139	4,248
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	4	Y	0,001466	0,001191	1,231
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	5	X	0,001635	0,00129	1,267
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	5	Y	0,000407	0,000196	2,078
Story2	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	6	Y	0,001262	0,001155	1,093
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001621	0,001447	1,12
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	2	X	0,000458	0,000131	3,496
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	2	Y	0,001401	0,001178	1,189
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	3	X	0,001481	0,001445	1,025
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	4	X	0,000587	0,000132	4,441
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	4	Y	0,00151	0,0012	1,258
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	5	X	0,001831	0,001449	1,264
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	5	Y	0,000425	0,000165	2,578
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	6	X	0,00033	0,00013	2,535
Story1	Sismo X1	LinStatic	Step By Step	6	Y	0,001292	0,001156	1,118
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	1	X	0,001621	0,001447	1,12
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	2	X	0,000458	0,000131	3,496
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	2	Y	0,001401	0,001178	1,189
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	3	X	0,001481	0,001445	1,025
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	4	X	0,000587	0,000132	4,441
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	4	Y	0,00151	0,0012	1,258
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	5	X	0,001831	0,001449	1,264
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	5	Y	0,000425	0,000165	2,578
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	6	X	0,00033	0,00013	2,535
Story1	Sismo Y1	LinStatic	Step By Step	6	Y	0,001292	0,001156	1,118

Fuente: Elaborado por el autor

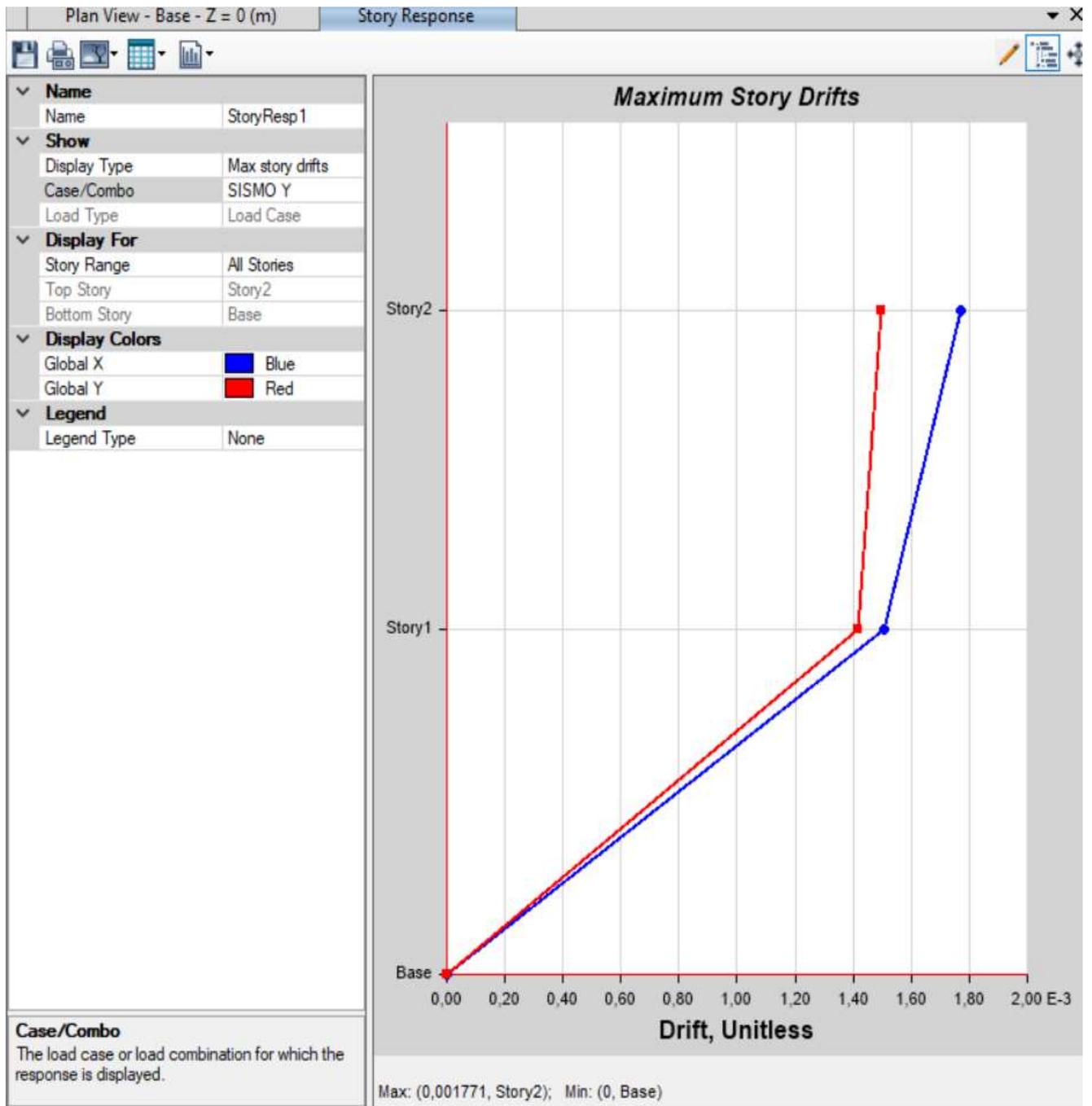
8.8 Anexo 7. Derivas de Piso

Ilustración 17: Deriva de piso en "x"



Fuente: Elaborado por el autor.

Ilustración 18: Deriva de piso en "y"



Fuente: Elaborado por el autor

8.9 Anexo 8. Cálculo de la cimentación

DATOS DE ENTRADA			
f_c	Resistencia a la compresión	21	Mpa
f_y	fluencia del acero	420	Mpa
α		0,760	N/A
β		0,450	N/A
ρ_b	Cuantía balanceada	0,0224	N/A
ρ_{max}	Cuantía máxima	0,0163	N/A
R	Factor de resistencia a la flexión	5,535	N/mm ²
ρ_{min1}	Cuantía mínima 1	0,00333	N/A
ρ_{min2}	Cuantía mínima 2	0,00273	N/A
Col	Ancho de columna	300	mm
	altura de la columna	300	mm
$\gamma_h col.$	Hormigón armado de columna	24	kN/m ³
$\gamma_h zap.$	Hormigón armado de zapata	24	kN/m ³
r	Recubrimiento de zapata	50	mm
D_f	Profundidad	1,75	m
q_a	Capacidad admisible	120	kN/m ²
W_h/t	Peso prom. Hormigón/terreno	18	kN/m ³
LD	Carga muerta	163,75	kN
LL	Carga viva	58,74	kN

Fuente: Elaborado por el autor

CALCULO DE DIMENSIONES PARA ZAPATA CENTRAL		
h	altura asumida de zapata	400,00 mm
q_e	Capacidad efectiva	100,80 kN/m ²
A_r	Area requerida	2,21 m ²
b, h	base y longitud de zapata	1,4 m
q_u	Carga ultima mayorada	131,6 kN/m ²
VERIFICACION POR CORTANTE A UNA DISTANCIA (d)		
ϕ	Diámetro de varilla asumido	25 mm
d	peralte efectivo	325,00 mm
b_o	Perímetro crítico	2500,00 mm
A_c	Area crítica	0,39 m ²
V_{up}	Cortante por punzonamiento	239,07 kN
Cortantes V_c		
β	Relacion de columna	1 N/A
α_s	Factor de zapata 1	40 interior
α_s	Factor de zapata 2	30 borde
α_s	Factor de zapata 3	20 esquina
V_{c1}	Cortante que absorbe hormigón	1228,7 kN
V_{c2}	Cortante que absorbe hormigón	1898904,8 kN
V_{c3}	Cortante que absorbe hormigón	2225,07 kN
VERIFICACIÓN DE ESFUERZO CORTANTE		
ϕ	Factor de seguridad	0,75
V_c	\geq	V_u/ϕ
1228,7		318,76
Absorbe el esfuerzo cortante		

Fuente: Elaborado por el autor

CORTANTE COMO VIGA EN 2 DIRECCIONES			
Ac	Area crítica	0,320 m ²	
Vu	Cortante	42,11 kN	
VERIFICACIÓN DE ESFUERZO CORTANTE			
ϕ	Factor de seguridad	0,75	
Vc	\geq	Vu/ ϕ	Absorbe el esfuerzo cortante
354,46		56,15	
DISEÑO POR FLEXIÓN			
W	Carga distribuida	184,24 kN/m	
M	Momento	27,8663 kN-m	
R	Factor de resistencia	0,2093833 N/mm ²	
ρ	Cuantía calculada	0,00050151	
As	Sección de acero requerida	1516,67 mm ²	

Fuente: Elaborado por el autor

Acero usado en sitio

DISTRIBUCION DE ACEROS			
Varillas	#	ϕ	As en obra
	9	12	1017,8784 mm ²
Separación entre varillas			16 cm

8.10 Anexo 9. Diseño de losa

DATOS DE ENTRADA			
f_c	Resistencia a la compresión	21	Mpa
f_y	fluencia del acero	420	Mpa
L	Longitud de eje a eje	4,4	m
α		0,760	N/A
β		0,450	N/A
ρ_b	Cuantía balanceada	0,0224	N/A
ρ_{max}	Cuantía máxima	0,0163	N/A
R	Factor de resistencia a la flexión	5,535	N/mm ²
ρ_{min1}	Cuantía mínima 1	0,00333	N/A
ρ_{min2}	Cuantía mínima 2	0,00273	N/A
b	ancho de vigas	0,3	m

DATOS DE VIGA T			
r	recubrimiento	20	mm
ϕ_{asumi}	diametro	10	mm
d	peralte efect.	175	mm

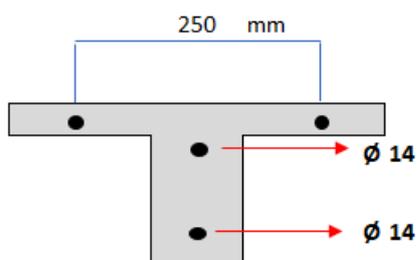
Fuente: Elaborado por el autor

CALCULOS			
U	Carga mayorada	6,372	kN/m ²
b	ancho de viga	500,000	mm
d	peralte efectivo	175,000	mm
L_{nv}	Longitud de nervio	4,100	m
M	Momento	2,232	kN-m
M_n	Momento nominal	2,479	kN-m
R	factor de resistencia	0,162	N/mm ²
ρ_{cal}	cuantía calculada	0,00039	
As	Sección de acero de verif.	33,890	mm ²
VERIFICACION DE FORMA DE VIGA			
a	eje de compresión	1,59	mm
ACTUA COMO VIGA RECTANGULAR			

DISEÑO POR FLEXION			
As	Sección de acero requerida	291,67	mm ²
	n° de varillas	∅	Sección de acero real
	2	14	307,88 mm ²
ACERO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA			
ρ _{ret}	ret.	0,0018	
As	acero	180	mm ²
	n° de varillas	∅	Sección de acero real
	2	12	226,2 mm ²
	Separación	250	mm

Fuente: Elaborado por el autor

Ilustración 19: Distribución de acero en losa



Fuente: Elaborado por el autor

8.11 Anexo 10. Cálculo de acero en columnas y vigas

Columnas de Planta Baja

Datos de Columna

COLUMNA	DATOS	
Ac	Area contributoria	14,53 m ²
U	Carga mayorada	8,73 kN/m ²
Pu	Carga de diseño	114,25 kN
h	Altura de la columna	3,23 m

Fuente: Elaborado por el autor

DATOS DE ENTRADA			
f_c	Resistencia a la compresión	21	Mpa
f_y	fluencia del acero	420	Mpa
COLUMNAS		Prediseño	
b	ancho de la columna	0,3	m
h	altura de la columna	0,3	m
\emptyset	factor de seguridad	0,65	
α		0,85	
Mu	Momento en la columna	81,1	kN-m
Pu	Carga en el nodo	114,25	kn
e	excentricidad	0,7098	m
PuT	Reacción en toneladas	11,43	ton
Agc	Sección calculada	115,85	cm ²
Agr	Sección real	900	cm ²
r	recubrimiento	25	mm
$\emptyset_{asum.}$	diámetro de varilla	14	mm
$\emptyset_{est.}$	diámetro de estribo	10	mm
γ_h		216	mm
γ_h/h	indicador de diagrama	0,72	

Fuente: Elaborado por el autor

DATOS DE ENTRADA PARA DIAGRAMAS DEL ACI				
$f'c$	Resistencia a la compresión	21	4,000	ksi
f_y	fluencia del acero	420	60,000	ksi
e	excentricidad		27,947	in
Pu	Reacción en el nodo	114,25	11,425	ton
b	ancho de la columna	30	11,811	in
h	altura de la columna	30	11,811	in
Ag	Sección real		139,500	in ²
Pn	Carga nominal		38,740	klb
Kn			0,069	
Rn			0,164	
ρ	cuantía calculada		0,014	N/A
As	Sección de acero requerido		1260,000	mm²

Fuente: Elaborado por el autor

COMPROBACIÓN ACERO PARA COLUMNA DE P.A			
Descripción	Área		Resultado
Acero calculado	1260 mm ²		Acero en sitio > Acero calculado
Acero en sitio	8Ø14	1231,51	

Columnas de Planta Alta

Datos de la Columna

COLUMNA	DATOS	
Ac	Area contributiva	14,53 m ²
U	Carga mayorada	4,656 kN/m ²
Pu	Carga de diseño	65,46 kN
h	Altura de la columna	3 m

Fuente: Elaborado por el autor

DATOS DE ENTRADA			
$f'c$	Resistencia a la compresión	21	Mpa
f_y	fluencia del acero	420	Mpa
COLUMNAS		Prediseño	
b	ancho de la columna	0,25	m
h	altura de la columna	0,25	m
\emptyset	factor de seguridad	0,65	
α		0,85	
M_u	Momento en la columna	40,02	kN-m
P_u	Carga en el nodo	65,46	kn
e	excentricidad	0,6114	m
P_{ur}	Reacción en toneladas	6,55	ton
A_{gc}	Sección calculada	66,38	cm ²
A_{gr}	Sección real	625	cm ²
r	recubrimiento	25	mm
$\emptyset_{asum.}$	diámetro de varilla	14	mm
$\emptyset_{est.}$	diámetro de estribo	10	mm
γ_h		166	mm
γ_h/h	indicador de diagrama	0,664	

Fuente: Elaborado por el autor

DATOS DE ENTRADA PARA DIAGRAMAS DEL ACI				
$f'c$	Resistencia a la compresión	21	4,000	ksi
f_y	fluencia del acero	420	60,000	ksi
e	excentricidad		24,069	in
P_u	Reacción en el nodo	65,46	6,546	ton
b	ancho de la columna	30	9,843	in
h	altura de la columna	30	9,843	in
A_g	Sección real		96,875	in ²
P_n	Carga nominal		22,196	klb
K_n			0,057	
R_n			0,140	
ρ	cuantía calculada		0,011	N/A
A_s	Sección de acero requerido		687,500	mm²

Fuente: Elaborado por el autor

COMPROBACIÓN ACERO PARA COLUMNA DE P.A			
Descripción	Área		Resultado
Acero calculado	687,500 mm ²		Acero en sitio < Acero calculado
Acero en sitio	6 \emptyset 12	678,59	

Fuente: Elaborado por el autor

Vigas de Planta Baja

DATOS DE ENTRADA			
$f'c$	Resistencia a la compresión	21	Mpa
f_y	fluencia del acero	420	Mpa
VIGA Tipo I		Prediseño	
b	ancho de la viga	0,3	m
h	altura de la viga	0,3	m
L	Longitud de eje a eje	2,28	m

Fuente: Elaborado por el autor

PROCEDIMIENTO-DISEÑO POR FLEXIÓN			
M_{emp-1}	Momento de empotramiento 1	43,06	kN-m
$M_{emp.2}$	Momento de empotramiento 2	60,79	kN-m
M_{centro}	Momento al centro	8,54	kN-m
$Mn_{emp.}$	Momento nominal en los extremos	67,54	kN-m
Mn_{centro}	Momento nominal en el centro	9,49	kN-m
d	peralte efectivo asumido	240	mm
α		0,760	N/A
β		0,450	N/A
ρb	Cuantía balanceada	0,0224	N/A
ρ_{max}	Cuantía máxima	0,0163	N/A
ρ_{min1}	Cuantía mínima 1	0,00333	N/A
ρ_{min2}	Cuantía mínima 2	0,00273	N/A
R_{max}	Factor de resistencia a la flexión	5,535	N/mm ²
R_{emp}	Factor de resistencia a la flexión	3,909	N/mm ²
$\rho_{calculada_ext}$	Cuantía calculada al extremos	0,01065	N/A
R_{centro}	Factor de resistencia a la flexión	0,54913	N/A
$\rho_{calculada_cent}$	Cuantía calculada al centro	0,00133	N/A
d	peralte efectivo calculado	201,69	mm
h_{est}	Altura estimada final	261,69	mm
$h-cons$	Altura constructiva	270,00	mm
$As_{extremos}$	Sección de acero requerida	766,79	mm ²
As_{min}	Acero mínimo por norma	240,00	mm ²
As_{real}	Acero longitudinal	526,79	mm ²
As_{centro}	Sección de acero requerida	240,00	mm ²
As_{min}	Acero mínimo por norma	240,00	mm ²
As_{real}	Acero longitudinal	0,00	mm ²

Fuente: Elaborado por el autor

COMPROBACIÓN ACERO PARA VIGA DE P.B			
Descripción	Área		Resultado
Acero calculado	1006,79 mm ²		Acero en sitio >Acero calculado
Acero en sitio	7Ø14	1077,57	

Fuente: Elaborado por el autor

Vigas de Planta Alta

DATOS DE ENTRADA			
$f'c$	Resistencia a la compresión	21	Mpa
f_y	fluencia del acero	420	Mpa
VIGA Tipo I		Prediseño	
b	ancho de la viga	0,3	m
h	altura de la viga	0,25	m
L	Longitud de eje a eje	4	m

Fuente: Elaborado por el autor

PROCEDIMIENTO-DISEÑO POR FLEXION			
M_{emp-1}	Momento de empotramiento 1	14,56	kN-m
$M_{emp.2}$	Momento de empotramiento 2	25,74	kN-m
M_{centro}	Momento al centro	4,85	kN-m
$Mn_{emp.}$	Momento nominal en los extremos	28,60	kN-m
Mn_{centro}	Momento nominal en el centro	5,39	kN-m
d	peralte efectivo asumido	190	mm
α		0,760	N/A
β		0,450	N/A
ρb	Cuantía balanceada	0,0224	N/A
ρ_{max}	Cuantía máxima	0,0163	N/A
ρ_{min1}	Cuantía mínima 1	0,00333	N/A
ρ_{min2}	Cuantía mínima 2	0,00273	N/A
R_{max}	Factor de resistencia a la flexión	5,535	N/mm ²
R_{emp}	Factor de resistencia a la flexión	2,641	N/mm ²
$\rho_{calculada_ext}$	Cuantía calculada al extremos	0,00684	N/A
R_{centro}	Factor de resistencia a la flexión	0,49759	N/A
$\rho_{calculada_cent}$	Cuantía calculada al centro	0,00120	N/A
d	peralte efectivo calaculado	131,24	mm
h_{est}	Altura estimada final	191,24	mm
h_{cons}	Altura constructiva	200,00	mm
$As_{extremos}$	Sección de acero requerida	389,99	mm ²
As_{min}	Acero mínimo por norma	190,00	mm ²
As_{real}	Acero longitudinal	199,99	mm ²
As_{centro}	Sección de acero requerida	190,00	mm ²
As_{min}	Acero mínimo por norma	190,00	mm ²
As_{real}	Acero longitudinal	0,00	mm ²

Fuente: Elaborado por el autor

COMPROBACIÓN ACERO PARA VIGA DE P.A			
Descripción	Área		Resultado
Acero calculado	579,99 mm ²		Acero en sitio >Acero calculado
Acero en sitio	6Ø14	923,63 mm ²	

Fuente: Elaborado por el autor