

APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍAS

**PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE
ESTACIONAMIENTOS DE CINCO NIVELES PARA LA UNIVERSIDAD SANTO
TOMÁS SEDE AGUAS CLARAS EN VILLAVICENCIO, META**



Por:

**Karol Vanessa García Parrado
Luisa Fernanda Suárez Rojas**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍAS
PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE
ESTACIONAMIENTOS DE CINCO NIVELES PARA LA UNIVERSIDAD SANTO
TOMAS SEDE AGUAS CLARAS EN VILLAVICENCIO, META



Por:

Karol Vanessa Garcia Parrado
Luisa Fernanda Suárez Rojas

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Alexander Solarte Benavides Esp., M. Sc.
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad Ingeniería Civil

Alexander Solarte Benavides
Director Trabajo de Grado

Villavicencio, 28 de enero de 2020

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este proyecto me llevo a estándares que jamás pensé llegar, hoy al igual que ustedes me siento orgullosa y feliz de tener la dicha de presentar este proyecto que sin el apoyo de cada uno no hubiese sido tan grato realizarlo. Ustedes son mi fuente de energía que me impulsa y me motiva a seguir en pie cuando aún para mí es difícil. Por eso este logro va dedicado a Dios, la virgen, a mi madre, mi padre, mi hermana, mi hermano, mi padrastro, mi pareja y mi hija que son lo más importante y esencial en mi vida.

A mi compañera de tesis le agradezco por vivir este sueño juntas, con el mismo compromiso y pasión dando lo mejor de sí misma para cumplir con nuestras metas.

Karol Vanessa García Parrado

Hoy quiero agradecerle a Dios por permitirme culminar esta etapa de manera gratificante, a mi familia por estar siempre presente en el camino y apoyarme en todos mis propósitos planteados, a mis padres por dar lo mejor de ustedes y ser mi mayor motivación, a mi pareja por estar a mi lado y acompañarme durante el camino arduo para llegar aquí, a mi compañera por haber sido una excelente compañera de tesis y amiga, por haberme tenido la paciencia necesaria y la motivación para seguir adelante.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo y a todas las personas que me han ayudado en el camino para llegar acá, a mi hija le quiero dedicar este logro, ya que ha sido parte fundamental de inspiración y motivación.

Luisa Fernanda Suárez Rojas

Por último y no menos importante, queremos agradecer a nuestro director de tesis, por creer, en nuestra capacidad de superar los retos que este proyecto representaba, encaminándonos a vivir este sueño que hoy se materializa.

Luisa - Karol

RESUMEN

Este proyecto contempla el diseño estructural de un edificio de estacionamientos de cinco niveles para la universidad Santo Tomás sede Aguas Claras en Villavicencio departamento del Meta, que como características del sitio pertenece a la zona de amenaza sísmica alta, lo cual se debió contemplar todos los chequeos exigidos por la NSR-10 para la categoría de capacidad especial de disipación de energía (DES) como requisito por pertenecer a la zona de amenaza sísmica antes descrita. El método de análisis que se utilizó fue el de la fuerza horizontal equivalente que permite que se desarrolle para el sistema de Pórtico resistente a momentos debido a que la altura del edificio no supera el máximo permitido de 18 metros. El área útil del predio se determinó cumpliendo con los límites expuestos en los planos de afectaciones que se respaldan por el Plan de Ordenamiento Territorial del 2015 que indica los parámetros exigidos con respecto a la ubicación del predio, como también, los parámetros mínimos y máximos para la implementación de la propuesta. Ya contemplado lo anterior se llevó a cabo un modelo en el software ETABS y SAFE, del edificio el cual permitió observar y analizar el comportamiento de la estructura y de los elementos estructurales, mediante SAFE se obtuvo las reacciones presentes en el suelo con respecto a la carga de la estructura y la capacidad de soporte del suelo, con el fin de diseñar la fundación de soporte para la edificación.

Palabras Clave: *Capacidad especial de disipación de energía (DES), Concreto reforzado, Diseño estructural, Edificio de estacionamientos, Pórtico resistente a momento.*

ABSTRACT

This project contemplates the structural design of a five-level parking building for the Santo Tomás University, Aguas Claras headquarters in Villavicencio department of Meta, which as characteristics of the site belongs to the high seismic threat zone, which should be considered all the checks required by the NSR-10 for the category of special energy dissipation capacity (DES) as a requirement for belonging to the seismic threat zone described above. The method of analysis that was used was that of the equivalent horizontal force that allows it to be developed for the porch system resistant to moments because the height of the building does not exceed the maximum allowed of 18 meters. The useful area of the property was determined by complying with the limits set out in the affectation plans that are supported by the 2015 Land Management Plan that indicates the required parameters with respect to the location of the property, as well as the minimum and maximum parameters for the implementation of the proposal. Already contemplated the above two models were carried out in the ETABS software, the first was that of the building which allowed to observe and analyze the behavior of the structure and of the structural elements, the second was carried out to obtain the reactions present in the soil with respect to the load of the structure and the support capacity of the ground, in order to design the foundation of support for the building.

Key Word: *Reinforced concrete, Special capacity of energy dissipation (DES), Structural design, parking building, Porch resistant to momento.*

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	15
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
3.	JUSTIFICACIÓN	18
4.	OBJETIVOS	20
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	20
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
5.	ALCANCE	21
6.	MARCO DE REFERENCIA	22
6.1.	MARCO TEÓRICO.....	22
6.1.1.	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	22
6.1.2.	Avaluó de cargas	28
6.1.3.	Diseño de la cimentación.....	28
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	28
6.3.	ESTADO DEL ARTE	29
6.4.	MARCO NORMATIVO	30
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO.....	31
7.	METODOLOGÍA.....	33
7.1.	ESTUDIOS PRELIMINARES	33
7.2.	PROCESAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE DATOS.....	34
7.2.1.	Total de estudiantes adscritos a los programas de la universidad Santo Tomás de Villavicencio	34
7.2.2.	Plano de implantación general USTAV- sede Aguas Claras	35
7.2.3.	Plano De Afectaciones.....	35
7.2.4.	Plano Topográfico USTAV Sede Aguas Claras	36
7.3.	CONSULTA Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS BLOQUE B.....	37
7.3.1.	Subsuelo.....	37
7.4.	IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA	38
7.4.1.	Parámetros de diseño sismo resistente	38
7.4.2.	Calculo para periodos de espectro de diseño	38
7.5.	PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ...	40
7.5.1.	Predimensionamiento de las vigas	40
7.5.2.	Determinar requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	42
7.6.	AVALUÓ DE CARGAS.....	43
7.6.1.	Vigas.....	43
7.6.2.	Elementos no estructurales	45
7.6.3.	Carga muerta de la estructura	55
7.6.4.	Fuerza horizontal equivalente.....	55
7.7.	CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE ELEMENTOS FINITOS PARA EL DISEÑO.....	57

7.7.1.	Structure Data.....	57
7.7.2.	Propiedades.....	66
7.7.3.	Asignaciones	68
7.7.4.	Cargas	74
7.7.5.	Enumeración de nodos para la cubierta	80
7.8.	ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA	80
7.8.1.	Verificación de derivas.....	80
7.8.2.	Irregularidades según A.3 NSR-10	82
7.9.	DISEÑO DE VIGA Y COLUMNA.....	87
7.9.1.	Diseño de viga	87
7.9.2.	Columnas.....	91
7.10.	DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	95
7.10.1.	Vigas de cimentación	101
8.	RESULTADOS E IMPACTOS	102
8.1.	INDICADORES	102
9.	IMPACTOS ESPERADOS	103
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	104
11.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	106
11.1.	CONCLUSIONES.....	106
11.2.	TRABAJOS FUTUROS	106
12.	REFERENCIAS.....	107
13.	ANEXOS	109

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1 Valores del coeficiente Fa.....	22
Tabla 6-2 Valores del coeficiente Fv.....	23
Tabla 6-3 Clasificación de los perfiles del suelo.	23
Tabla 6-4 Criterios para clasificar suelos dentro del perfil del suelo tipo C.....	24
Tabla 6-5 Estado del arte.....	29
Tabla 6-6 Marco legal	30
Tabla 7-1 Diagnostico de los estudios preliminares que intervienen en el desarrollo del proyecto.	33
Tabla 7-2 Espectro elástico de aceleración.	38
Tabla 7-3 Rangos de periodo.....	39
Tabla 7-4 Rangos del periodo.....	39
Tabla 7-5 Espectro de aceleraciones.....	40
Tabla 7-6 Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección.....	41
Tabla 7-7 Predimensionamiento de vigas.....	41
Tabla 7-8 Combinaciones de carga.	42
Tabla 7-9 Especificaciones de los materiales	42
Tabla 7-10 Predimensionamiento de las escaleras.	43
Tabla 7-11 Peso propio de las vigas de la cubierta.	44
Tabla 7-12 Peso propio de las vigas de los pisos 2-3-4-5.	44
Tabla 7-13 Carga muerta de la rampa vehicular.....	45
Tabla 7-14 Acero de refuerzo para losa vehicular	46
Tabla 7-15 Acero de refuerzo para la placa nervada	46
Tabla 7-16 Carga muerta de la rampa peatonal	48
Tabla 7-17 Acero de refuerzo para la losa peatonal	48
Tabla 7-18 Predimensionamiento de la losa en una dirección.....	49
Tabla 7-19 Diseño de losa nervada.	50
Tabla 7-20 Cargas uniformemente distribuidas para la placa de entrepiso.	51
Tabla 7-21 Carga muerta placa de entrepiso y cubierta	51
Tabla 7-22 Acero de refuerzo para la losa nervada	52
Tabla 7-23 Predimensionamiento de la losa maciza para la escalera.	53
Tabla 7-24 Carga uniformemente distribuida de la losa maciza para la escalera.	53
Tabla 7-25 Peso del elemento.	54
Tabla 7-26 Acero de refuerzo para la placa maciza escalera.	54
Tabla 7-27 Cargas muertas por piso.....	55
Tabla 7-28 Datos iniciales.....	56
Tabla 7-29 Fuerza Horizontal Equivalente.....	56
Tabla 7-30 Story Data.....	57
Tabla 7-31 Líneas de cuadrícula.....	58
Tabla 7-32 Datos de coordenadas conjuntas	59
Tabla 7-33 Conectividad de línea	60
Tabla 7-34 Bearn connectivity data.....	61

Tabla 7-35 Bearn connectivity data.....	62
Tabla 7-36 Datos de conectividad de piso	63
Tabla 7-37 Floor connectivity Data	64
Tabla 7-38 Fuente de masa.....	66
Tabla 7-39 Secciones de marco	66
Tabla 7-40 Secciones de la placa	67
Tabla 7-41 Tamaños de barra de refuerzo	67
Tabla 7-42 Asignaciones conjuntas	68
Tabla 7-43 Asignaciones conjuntas	69
Tabla 7-44 Asignaciones de marco.....	70
Tabla 7-45 Asignaciones de la placa –Cubierta-.....	73
Tabla 7-46 Asignaciones de la placa –Piso 4-	73
Tabla 7-47 Patrones de carga	74
Tabla 7-48 Cargas uniformemente distribuidas	75
Tabla 7-49 Carga uniformemente distribuida de la losa – Carga muerta -.....	76
Tabla 7-50 Carga uniformemente distribuida de viva cubierta- viva piso 4-.....	77
Tabla 7-51 Casos de carga.....	78
Tabla 7-52 Combinaciones de carga	79
Tabla 7-53 Verificación de derivas.....	80
Tabla 7-54 Desplazamiento mínimo y máximo de la estructura.	82
Tabla 7-55 Momentos viga crítica	87
Tabla 7-56 Datos iniciales.....	87
Tabla 7-57 Refuerzo requerido de la viga crítica	88
Tabla 7-58 Chequeo de la cuantía.....	88
Tabla 7-59 Cortante viga crítica	89
Tabla 7-60 Cortante – Viga.....	90
Tabla 7-61 Puntos de carga por momento x.....	91
Tabla 7-62 Puntos de carga por momento.....	92
Tabla 7-63 Diseño a flexión en columnas	93
Tabla 7-64 Determinación de refuerzo requerido para la sección de la columna tipo.	94
Tabla 7-65 Momento respecto al centroide de la columna	95
Tabla 7-66 Reacciones de los apoyos	97
Tabla 7-67 Diseño de zapatas cuadradas	99
Tabla 7-68 Zapatas cuadradas	100
Tabla 7-69 Beam Properties 02 - Rectangular Beam	101
Tabla 9-1 Impactos esperados.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Distribución en planta de las edificaciones.....	15
Figura 2-1 Áreas de Protección Ambiental presentes en el predio.	16
Figura 6-1 Ubicación del lote- para el edificio de cinco niveles USTAV	32
Figura 8-1 Implantación general de la USTAV- sede Aguas Claras	35
Figura 8-2 Plano De Afectaciones.	36
Figura 8-3 Plano Topográfico USTAV Sede Aguas Claras.....	37
Figura 8-6 Losa nervada – Placa de entre piso, rampa Peatonal y Vehicular.	50
Figura 8-4 Modelo de la cimentación.....	95
Figura 8-5 Zapatas aisladas	96

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 6-1 Espectro de aceleración $>T_c$	24
Ecuación 6-2 Periodo T_c	25
Ecuación 6-3. Espectro de aceleración $<T_c$	25
Ecuación 6-4 Periodo T_L	25
Ecuación 6-5 Para periodos $>T_L$	25
Ecuación 6-6 Para periodo T_0	25
Ecuación 6-7 Para periodo T_0, S_a	25
Ecuación 6-8 Periodo fundamental de la estructura.....	25
Ecuación 6-9 T_a Periodo fundamental aproximado.....	26
Ecuación 6-10 Coeficiente de Disipación de Energía R	26
Ecuación 6-11 Fuerza Sísmica Reducida.....	27
Ecuación 8-1 Periodos cortos.....	38
Ecuación 8-2 Periodos intermedios.....	39
Ecuación 8-3 Periodos largos.....	39
Ecuación 8-4 Volumen de la viga.....	43
Ecuación 8-5 Peso de la viga.....	43
Ecuación 8-18 Distancia de la rampa vehicular.....	45
Ecuación 8-19 A_s requerido para la sección de la viga.....	88
Ecuación 8-20 Cuantía de acero a tensión.....	89
Ecuación 8-21 Cuantía de acero a compresión.....	89
Ecuación 8-22 Cuantía mínima de acero que debe tener la viga.....	89
Ecuación 8-23 Cuantía máxima de acero para la sección de la viga.....	89
Ecuación 8-24 Resistencia acero transversal.....	90
Ecuación 8-25 Resistencia al cortante del concreto.....	90
Ecuación 8-26 Área mínima.....	90
Ecuación 8-27 Separación máxima de los estribos.....	90
Ecuación 8-28 Separación teórica.....	90
Ecuación 8-29 Chequeo cortante de la Viga tipo.....	91
Ecuación 8-6 Requerimiento de refuerzo.....	93
Ecuación 8-7 Cuantía para la sección de la columna.....	93
Ecuación 8-8 punto de máxima carga axial.....	93
Ecuación 8-9 la carga axial ultima.....	93
Ecuación 8-10 profundidad del eje neutro.....	94
Ecuación 8-11 Deformación unitaria del acero a compresión.....	94
Ecuación 8-12 Tensión total en el acero.....	94
Ecuación 8-13 Compresión total del acero.....	94
Ecuación 8-14 compresión total del concreto.....	94
Ecuación 8-15 carga axial.....	94
Ecuación 8-16 último la carga axial ultima.....	94
Ecuación 8-17 Momentos con respecto al centroide de la columna.....	94

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 8-1 Total de estudiantes por semestre en la USTAV.	34
Gráfica 8-4 Enumeración de los nodos para la cubierta – Piso 5-4-3-2 de la estructura.....	80
Gráfica 8-2 Diagrama de Iteración de columnas en x.	91
Gráfica 8-3 Diagrama de iteración de columnas en y.	92

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Santo Tomás sede Aguas Claras de Villavicencio (USTAV), ofrece nuevos programas académicos impartidos en la modalidad presencial y semipresencial, lo cual se ve reflejado en el crecimiento de la población estudiantil y de visitantes, debido a los diferentes eventos que son ofrecidos en el centro de convenciones de la institución.

En la actualidad la USTAV presenta déficit cuantitativo en materia de plazas de parqueo, creando la necesidad de aumentar su capacidad. Con el propósito de brindar la capacidad suficiente para su población creciente. Atendiendo a esta situación en el presente trabajo se propone realizar el análisis y diseño estructural de un edificio de estacionamientos de cinco (5) niveles en concreto reforzado ubicado al interior de la USTAV colindante al edificio del bloque B, como se observa en la Figura 1-1.



Figura 1-1 Distribución en planta de las edificaciones.

Fuente: Planta física [1].

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad Santo Tomás sede Aguas Claras cuenta actualmente con un área construida de 22392.10 m² (metros cuadrados), con 338 parqueaderos, 160 parqueaderos de motos, 20 de bicicletas y 6 parqueaderos para personas con movilidad reducida, 5 para cargue y descargue. De lo anterior se presenta un área propuesta de 253331.26 m² por el plan de implantación como requisito de la licencia de construcción modificatoria debe responder al número de parqueaderos proporcionales a su área construida, lo cual la universidad debe contar con 421 parqueaderos para vehículos livianos, 141 para motocicletas, 211 para bicicletas, 5 para servicio de vehículos de carga, y 8 parqueaderos para personas con movilidad reducida. Dando lugar a la necesidad de implementar 83 parqueaderos para vehículos privados, 191 parqueaderos para bicicletas, 2 parqueaderos para personas con movilidad reducida [2].

En ese contexto, se propone el diseño de un edificio de cinco niveles que responde al número de parqueaderos faltantes que tendrá lugar dentro del área del predio de la universidad. Entre las posibles soluciones a la necesidad, la más apropiada es la construcción de un edificio que se ajusta mejor a los limitantes que presenta la franja plasmada en el Área Neta Urbanizable (véase la Figura 2-1), pues recae en ella las afectaciones presentes en la zona, como lo son: el humedal el charco, la ronda hídrica de los caños Aguas claras y Codabas.



Figura 2-1 Áreas de Protección Ambiental presentes en el predio.
Fuente: Planta física [3].

Dentro del Plan de Ordenamiento Territorial para Villavicencio del 2015 en el artículo 28 determina los retiros de fuentes hídricas RFH, que para este caso los caños Aguas Claras, el charco y las demás fuentes hídricas en suelo urbano debe existir un retiro no inferior a 30 (treinta) metros de ancho paralelo a las líneas de inundación máxima, lo que indica que la zona de área neta urbanizable es reducida y se debe manejar muy bien el espacio [4].

En el estudio de movilidad de alto impacto (EMAI) de mayo de 2018 el cual fue presentado a la secretaría de movilidad de Villavicencio, se concluye que se requieren espacios para estacionamiento discriminados de la siguiente manera: 175 vehículos livianos, 122 motocicletas y 4 bicicletas en un día normal [5].

Actualmente la Universidad Santo Tomás cuenta con dos campus en la ciudad de Villavicencio, el primero se encuentra ubicado en Loma linda carrera 48 N° 19 - 05 sur en la vía hacia Acacias y según la resolución expuesta por el Acta de Concertación del Plan Parcial No. 03/2006 Cormacarena y el municipio de Villavicencio concertaron que *“El área sobre la cual se construyó su sede en esta ciudad, obras que fueron cimentadas sobre el suelo rural en el área reglamentada cinturón verde, no puede ser urbanizado”*, según lo dispuesto en esta acta, tiene como fin que la sede de loma linda sea trasladada con su alumnado y personal administrativo a la sede principal Aguas claras ubicada en la Carrera 22 con Calle 1 en la vía Puerto López, esta situación supondrá un impacto súbito y desde ya se deben tener las previsiones respectivas [6].

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la propuesta de diseño estructural que suple el déficit de estacionamientos y se ajuste a los limitantes del terreno de la universidad Santo Tomas de Villavicencio sede aguas claras?

3. JUSTIFICACIÓN

Según datos suministrados por la oficina de registro y control, la Universidad Santo Tomás de Villavicencio sede Aguas Claras desde el periodo 2013-1 al periodo 2019-1 creció un 75,26% en su población institucional, contando actualmente con 3463 estudiantes. Con lo anterior se identificó el crecimiento exponencial que la universidad ha tenido en la región [7].

La USTAV ofrece diez diferentes programas de pregrado presenciales de los cuales ocho de ellos son ofrecidos en la sede Aguas Claras, los otros dos programas en la sede de Loma Linda. Por lo anterior, se identifica que la sede a la cual asisten en mayor cantidad de estudiantes es la USTAV sede Aguas Claras y aumentará permanentemente cuando la sede de Loma Linda se traslade totalmente con su personal docente y estudiantil como se expone en el acta de concertación del Plan parcial No. 03/2006 [6].

Según lo requerido por del Plan de Ordenamiento Territorial se busca con la implementación del edificio de estacionamientos de cinco niveles suplir el déficit, ofreciendo un servicio para 83 estacionamientos de vehículos livianos, 191 cupos para bicicletas y 2 cupos para personas con movilidad reducida. Véase *anexo 6*.

Teniendo en cuenta el área utilizable del predio se tienen 1060 m² (metros cuadrados) aproximadamente para construir, se hace la cuantificación de los estacionamientos necesarios para cumplir con lo estipulado por el artículo 319 del POT-2015 que menciona el número de estacionamientos requeridos por tipo de uso. Se obtiene que para el área proyectada de la USTAV se debe contar con un área mínima total de 1183.57 m² para los estacionamientos. Véase *anexo 6*, para circulación peatonal se consideran unas dimensiones que corresponden a 1 metro de ancho, para la circulación vehicular de 5 metros de ancho, la rampa vehicular con un supuesto de pendiente de 15° una altura de entre niveles de 2.7 metros con un ancho de 7 metros; un carril por sentido, ancho de 2 metros para las escaleras, para elementos estructurales se diseña inicialmente con dimensiones mínimas de 0.5 metros x 0.5 metros al pertenecer a una zona de amenaza sísmica alta, las dimensiones para el ascensor son de 2 metros x 3 metros, para la rampa peatonal de 1.5 metros de ancho de subida y 1.5 metros de bajada, se obtiene un área aproximada de circulación de 611 m² por nivel. Con respecto a las áreas antes planteadas para áreas de circulación, se tiene un área para estacionamientos con un total de 1186.57 m² dividido en cinco (5) niveles se obtiene que por nivel se requiere 236.714 m² para estacionamientos y para los demás elementos un área de 611 m² por nivel para un total de área por nivel de 847.714 m² lo cual se ajusta al diseño a un edificio de cinco (5) niveles. Se considera un margen de error del 10% del área utilizable obteniendo 932.4854 m² necesarios para construir por nivel. Véase *anexo 6*.

Se propone el diseño de un edificio de estacionamientos de cinco niveles teniendo en cuenta el área y las limitaciones que tiene el lote en donde se encuentra ubicado la USTAV- sede Aguas Claras, debido al suelo de protección ambiental que se establece en el plan de implantación modificadorio en el cuál identifica y delimita las áreas a las que no se puede realizar ningún tipo de construcción como se establece en el artículo 28° del POT al área humedal el charco u Oasis, el área ronda caño Aguas claras como áreas sujetas a régimen de protección ambiental (Véase *Figura 2-1* ¡**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) [4].

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta de diseño estructural para un edificio de estacionamientos que supla déficit de estacionamientos de la universidad Santo Tomas sede Aguas Claras de Villavicencio.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer un diseño arquitectónico que se ajuste a los limitantes del terreno.
- Construir un modelo numérico en elementos finitos a partir de los planos arquitectónicos.
- Realizar el análisis sísmico de la estructura a partir de la NSR-10.
- Diseñar todos los elementos estructurales que componen la súper estructura.
- Diseñar la cimentación que soporte la carga transmitida por la súper estructura.
- Entregar el diseño estructural definitivo de la edificación; cimentación, planos arquitectónicos y estructurales, memorias de cálculo, despiece de viga y columna tipo.

5. ALCANCE

El diseño del edificio de estacionamientos de cinco niveles en concreto reforzado tuvo como finalidad entregar la propuesta de diseño estructural definitivo de la edificación; cimentación, planos arquitectónicos y estructurales, memorias de cálculo, despiece de viga y columna tipo. Considerando los requerimientos que se tienen para la zona de amenaza sísmica alta en la que se encuentra la estructura en estudio y, a su vez se cumpla con el área utilizable y límite impuesto por el plan de implantación modificadorio aprobado por el departamento administrativo de planeación municipal, mediante Resolución del 001 del 7 de enero del año 2010, que establece unas condiciones y compromisos para el desarrollo de la universidad [2].

Se contempló la infraestructura vial existente, los sistemas de movilidad, suelos de protección y componentes ambientales en la zona. Como lo establece la Corporación para el Desarrollo sostenible del área de Manejo ambiental Cormacarena, mediante resolución N° ps. gj, 1.2.6.11. 2224 de fecha 30 de diciembre de 2011 expediente N° PM- GA, 3.11.011.832. “Declaró suelo de protección un área adicional de 17.289,82 m²” [2]. Sujeto a los lineamientos expuestos en las normas técnicas expedidas por el Ministerio de Educación y Ministerio de Salud respectivamente, el diseño del proyecto garantizara una adecuación física optima, para el beneficio de la comunidad Tomasina bajo los requerimientos que ordena el Plan de Ordenamiento Territorial del 2015 para la ciudad de Villavicencio.

La propuesta de diseño tuvo en sus fases de diseño la complejidad de su geometría, ubicación geográfica, comportamiento de la estructura al simular el modelo con el software ETABS. Se diseñaron los elementos estructurales de secciones capaces de mantener un diseño optimo establecido por la NSR-10 título A, B, C.

6. MARCO DE REFERENCIA

El desarrollo del proyecto tendrá como fin el diseño de un edificio de parqueaderos de cinco niveles en concreto reforzado, bajo los parámetros establecidos por la Norma Sismo Resistente-10 y libros guía como “Análisis y diseño sísmico de edificios, Roberto Rochel Awad”, que permitirá a los autores abarcar todos los elementos y herramientas fundamentales en el diseño. A su vez, se presenta:

- Definición de los conceptos claves en el diseño.
- Localización de la zona de estudio
- Marco normativo

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1. Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente

6.1.1.1. Zona de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño

El proyecto se diseña para la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta que pertenece a una zona de amenaza sísmica alta figura A.3.2.3.1. de la NSR-10, que pertenece a la región número siete (7) que se encuentra en la figura A.2.3.2.- NSR-10. Por lo cual se obtiene que para dicha región presenta un coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva $A_a=0.35$, y un coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva $A_v=0.30$.

6.1.1.1.1. Efectos locales para la clasificación del tipo de perfil del suelo

Se determina el tipo de perfil y coeficientes de sitio que se presenta en la zona de estudio. Cuando ya se clasifica el tipo de perfil se pueden determinar los efectos del sitio prescriben en la zona del espectro en periodos cortos F_a e intermedios F_v .

Una vez se conoce el perfil de suelo y los coeficientes descritos en el numeral 6.1.1.1, presentes en la zona de estudio se procede a identificar los parámetros F_a (véase *Tabla 6-1*) y, F_v a través de la *Tabla 6-2* Valores del coeficiente F_v .

Tabla 6-1 Valores del coeficiente F_a .

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: NSR-10 título A, 2020 [8].

Tabla 6-2 Valores del coeficiente Fv

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_V \leq 0.1$	$A_V = 0.2$	$A_V = 0.3$	$A_V = 0.4$	$A_V \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: NSR-10 título A, 2020 [8].

6.1.1.1.2. Tipo de perfil del suelo presente en la zona de estudio

Para determinar qué perfil de suelo presenta la zona de estudio es fundamental realizar ensayos con muestras de suelo en los 30 metros superiores y una toma de muestras cada 1.50 metros de espesor. Para calcular:

- La velocidad media de la onda de cortante $\bar{v}_s \left[\frac{m}{s} \right]$ que se calcula a través de la ecuación A.2.4-1. NSR-10.
- Número de golpes del ensayo de penetración estándar que se calcula a través de la ecuación A.2.4-2. NSR-10.
- Número de golpes $\bar{N} \left[\frac{\text{golpes}}{\text{pie}} \right]$.
- Cuando se tiene un suelo cohesivo se debe hallar la resistencia media al corte con el fin de conocer la resistencia no drenada $\bar{s}_u [Kpa]$ que se calcula a través de la ecuación A.2.4-4 NSR-10, el Índice de plasticidad [IP] a través de la ASTM D 4318, y el contenido de agua [W] que se determina de la norma NTC 1495 (ASTM D 2166).

Con los parámetros ya especificados anteriormente, se procede a utilizar la clasificación de los perfiles de suelo mencionados en la

Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Clasificación de los perfiles del suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$

Fuente: NSR-10 título A, 2020 [8].

Dependiendo del tipo de perfil del suelo obtenido por el estudio, si este arroja que es un suelo con tipo de perfil C, D o E se deben respetar los criterios mencionados en la Tabla 6-4, que se puede obtener ya sea por el conocimiento de los parámetros \bar{V}_s , \bar{N} , \bar{N}_{CH} o la norma también permite caracterizarlo por los valores de \bar{S}_u . Si se llega a obtener un valor similar entre los parámetros antes mencionados, se debe tomar el del tipo de perfil de suelo más blando.

Tabla 6-4 Criterios para clasificar suelos dentro del perfil del suelo tipo C

Tipo de perfil	\bar{V}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)

Fuente: NSR-10 - título A, 2020 [8].

6.1.1.2. Coeficiente de importancia

La zona de estudio se encuentra al interior de una universidad privada, por lo cual el servicio que presta el edificio será a los usuarios que ingresen a la institución. Esto ubica el proyecto en:

Grupo III: Edificaciones de atención a la comunidad Son todas las edificaciones y sus accesos que deben funcionar después de un temblor que permita atender la emergencia y preservar la salud y seguridad de las personas.

Los valores del coeficiente de importancia dependen del grupo al que pertenezca el proyecto (véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), en este caso para el grupo de uso III el coeficiente de importancia es 1.25.

6.1.1.3. Espectro de aceleraciones

En el espectro de aceleraciones elástico en función de la gravedad se tienen en cuenta los parámetros mencionados en los numerales 6.1.1.1, 6.1.1.1.1, 6.1.1.1.2, 6.1.1.2 que cada uno de ellos se usa dependiendo en el periodo en el que se calcule T_0 , T_c , T_L , respetado el 5% del amortiguamiento crítico en el diseño.

Para periodos $>T_c$ se utiliza la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

$$S_a = \frac{1.2A_V F_V I}{T}$$

Ecuación 6-1 Espectro de aceleración $>T_c$.

Para determinar T_c se utiliza la Ecuación 6-2.

$$T_c = 0.48 \frac{A_V F_V}{A_a F_a}$$

Ecuación 6-2 Periodo T_c .

Para periodos $<T_c$ se utiliza la Ecuación 6-3.

$$S_a = 2.5A_a F_a I$$

Ecuación 6-3. Espectro de aceleración $<T_c$.

Para determinar T_L se utiliza la Ecuación 6-4.

$$T_L = 2.4F_V$$

Ecuación 6-4 Periodo T_L .

Para periodos $>T_L$ se utiliza la

$$S_a = \frac{1.2A_V F_V T_L I}{T^2}$$

Ecuación 6-5 Para periodos $>T_L$.

En análisis dinámico para determinar T_0 Y S_a .

$$T_0 = 0.1 \frac{A_V F_V}{A_a F_a}$$

Ecuación 6-6 Para periodo T_0 .

$$S_a = 2.5A_a F_a I \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right]$$

Ecuación 6-7 Para periodo T_0 , S_a .

6.1.1.4. Método fuerza horizontal equivalente

6.1.1.4.1. Periodo Fundamental De La Estructura

Determinando el sistema de resistencia sísmica de la estructura se determina el periodo de la edificación (véase Ecuación 6-8):

$$T_a = C_t h^\alpha$$

Ecuación 6-8 Periodo fundamental de la estructura.

Los valores de los parámetros C_t y α se determinan de la tabla A.4.2-1 de la NSR título a, lo cual depende del tipo de sistema estructural de resistencia sísmica a la que pertenece el proyecto.

Para determinar los valores de fuerza sísmica horizontal se realiza por medio de la ecuación A.4.3-2 y A.4.3-3 de la NSR -10 título a.

Para edificios ≤ 12 niveles con altura de piso (h_P) < 3 metros.

Para el sistema estructural de resistencia sísmica compuesta por pórticos resistentes a momento de hormigón reforzado se calcula el período de vibración como se indica en (véase Ecuación 6-9).

$$T_a = 0.1 * N$$

Ecuación 6-9 T_a Periodo fundamental aproximado.

NOTA: El resultado debe corresponder al 10% de tolerancia del periodo estimado inicial, y si no cumple se escogerá el último período calculado [8].

6.1.1.5. Reducción del valor de R para estructuras irregulares y con ausencia de redundancia

Para aquellas edificaciones las cuales presentan irregularidades es fundamental que se calcule la reducción del valor R (véase Ecuación 6-10) lo cual se ve afectado por:

- Irregularidad en planta: Se calcula por medio de la que aplica los valores descritos por la norma para la irregularidad en planta (ver figura A.3.1 y tabla A.3-6 en la NSR -10).
- Irregularidad en altura (ver figura A.3-2 y tabla A.3-7 de la NSR -10).
- Irregularidad por ausencia de redundancia para un sistema estructural con capacidad de disipación de energía especial (véase el numeral A.3.3.8 de la NSR-10 título a) [8].

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$$

Ecuación 6-10 Coeficiente de Disipación de Energía R.

6.1.1.6. Sistema de resistencia sísmica

Para determinar el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R_0 , se opta por trabajar el Sistema de Pórtico Resistente a Momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES) para fuerzas horizontales y verticales, que según la tabla A.3.3. de la NSR-10 se obtienen los datos de $R_0 = 7.0$ y $\Omega_0 = 3.0$ que para la zona de amenaza sísmica alta no presenta limitantes.

“El factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, $r\phi$, se le debe asignar un valor de $r\phi = 1.0$ si todos los pisos que resistan más del 35% del corte basal en la dirección bajo estudio el sistema estructural de resistencia sísmica sean regulares en planta y tengan al menos dos vanos compuestos por elementos que sean parte del sistema de resistencia sísmica localizados en la periferia a ambos lados de la planta en las dos direcciones principales” [8].

6.1.1.7. Fuerza Sísmica Reducida

Se realiza con el fin de conocer las fuerzas reducidas de diseño afectadas por el coeficiente de capacidad de disipación de energía (véase Ecuación 6-11).

$$E = \frac{F_s}{R}$$

Ecuación 6-11 Fuerza Sísmica Reducida.

6.1.1.8. Evaluación De La Deriva

La deriva es el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos ubicados en la misma línea vertical [8].

6.1.1.9. Cálculo del desplazamiento horizontal

El método de la fuerza horizontal equivalente como propuesta para el desarrollo del cálculo del diseño sismo resistente para el proyecto contempla los desplazamientos horizontales y torsionales que ocurren en el centro de masa, teniendo en cuenta el periodo que se calcula a través de la Ecuación 6-8 y el limite determinado por la Ecuación 6-9.

Para determinar los desplazamientos horizontales causados por efectos torsionales y P- Delta se deben calcular por medio de las ecuaciones A.6.2-1 y A.6.2-2. De la NSR-10 título A.

6.1.1.10. Evaluación de la deriva máxima

La obtención de la deriva máxima para cualquier piso de la edificación se debe determinar dependiendo del tipo de irregularidad a la que pertenezca o si es regular, lo cual se indica para dos casos:

- Para edificaciones con diafragma flexible la $\delta_{i\text{máx}}$ para el piso **i** se obtiene del resultado de la mayor deriva de las dos direcciones principales en planta del piso **j**, que se calcula con respecto a la diferencia de los desplazamientos horizontales del centro de masa del piso **i** con el diafragma de piso inferior (**i-1**) en la misma dirección teniendo en cuenta los efectos P-Delta.
- En el caso en donde la $\delta_{i\text{máx}}$ (véase ecuación de cálculo A.6.3-1 de la NSR-10 título A) del piso **i** se puede calcular como la diferencia de los desplazamientos horizontales totales máximos (ver ecuación A.6.2-4 de la NSR-10, título A) del piso **i** y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto ubicado en el mismo eje vertical del piso inferior (**i-1**).

6.1.1.11. Separación Entre Estructuras Adyacentes Por Consideraciones Sísmicas

La zona de estudio se encuentra ubicada (véase Figura 6-1) al interior del lote que pertenece a la USTAV la cual ya cuenta con dos edificaciones de 5 y 8 pisos, áreas

comunes y zonas verdes. La estructura de cinco niveles se encuentra adyacente al área tomada para la propuesta de diseño.

6.1.2. Avalúo de cargas

El diseño del edificio de parqueaderos como cualquier otra estructura que debe contemplar todas las combinaciones de carga presentes en un evento crítico que cumpla con el objetivo de resistir los efectos sísmicos y de cargas descritas a continuación.

6.1.1.12. Combinaciones de carga

El diseño contempla las combinaciones de carga por el método de esfuerzos de trabajo que menciona la NSR-10 título b en el numeral B.2.3, fundamentales para determinar el efecto más desfavorable que se pueda presentar ya sea en su cimentación o en algún elemento estructural.

6.1.1.13. Cargas muertas

Se consideran todos los elementos que van a estar presentes de forma permanente en la estructura. Por lo cual se tiene en cuenta el peso propio del elemento, el peso de todos los materiales, las cargas de los elementos no estructurales y el equipo permanente.

6.1.1.14. Cargas vivas

Son las cargas presentes en la estructura a causa de su uso y ocupación libre de las cargas de viento y sismo.

6.1.3. Diseño de la cimentación

Para identificar el tipo de cimentación (*véase título H-13 – NSR-10*) apta para soportar las cargas que transmite la súper estructura es necesario conocer el estudio de suelos de la zona, lo cual identifique el tipo de suelo, sus características y comportamiento a través de ensayos para su análisis. Cuando se tenga identificado el perfil de suelo al que pertenece la zona se procede a determinar los valores de f_a , f_v mencionados en el numeral 6.1.1.1.1.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Amenaza Sísmica: Es el valor que determina si su ubicación geográfica pertenece a amenaza sísmica alta, media o baja.

Acero de refuerzo para el concreto: Es el material que se utiliza en el concreto armado con el fin que las barras de acero absorban toda la energía a tracción.

Concreto: Es el resultado de una mezcla homogénea de componentes, agregados, arena y agua.

Concreto reforzado: Es el concreto al que se le adiciona algún refuerzo en su interior.

Carga Viva: Es la carga a la que se verá sometida la estructura en periodos de uso.

Carga Muerta: Es la carga a la que se verá sometida la estructura siempre, contempla su peso propio, sus elementos no estructurales y demás objetos que estarán sobre ella y a la cual se verá sometida.

Diseño balanceado: Los materiales han sido provistos de tal manera que los esfuerzos obtenidos tanto para el concreto como para el refuerzo son de trabajo [9].

Diseño sobre reforzado: La proporción del esfuerzo es excesiva en la sección, de tal manera que, si se llevara a la falla, esta se iniciaría en el concreto (falla súbita) [9].

Diseño sub – reforzado: La proporción del refuerzo es escasa en la sección, de tal manera que, si se llevara a la falla, esta se iniciaría en el acero (falla lenta) [9].

Diseño óptimo: Es un diseño sub – reforzado en donde la proporción final en los materiales obedece a un estudio de costos [9].

Estructura: Elemento estructural capaz de soportar cargas.

Esfuerzos: Es la fuerza que se ejerce sobre un área determinada.

Fluencia lenta o flujo plástico (Creep): Es cuando el material no vuelve a su estado inicial y ya se deforma.

Fuerzas Sísmicas: Son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo. [9].

Módulo de elasticidad: Corresponde a la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria [9].

Resistencia a la compresión: Es la cantidad de esfuerzo que soporta un elemento al ser aplastado.

Resistencia de los elementos: Es la capacidad que tienen los elementos de soportar cargas sin fallar.

Resistencia a la tracción: Es la capacidad de resistir un elemento a fuerzas a tracción sin deformarse.

Peso: Es la masa afectada por la gravedad.

Retracción de fraguado: Disminución de volumen del concreto por acción del proceso de fraguado y la pérdida de agua o secado [9].

Viga: Es el elemento horizontal que compone el soporte de una estructura.

6.3. ESTADO DEL ARTE

Tabla 6-5 Estado del arte.

N° ANEXO	PROYECTO	DESCRIPCIÓN	AÑO
Anexo 1	Análisis estructural con ETABS, aplicando reglamento colombiano de construcción sismo resistente	Presentan el diseño y análisis de los resultados arrojados de la modelación estructural con el software de elementos finitos ETABS. Que sirve como referencia para la elaboración del diseño propuesto y a su vez conocer el comportamiento de la estructura [10].	2016

Anexo 2	Guía para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente y derivas según título A4-A6 de la NSR-10	En la presente guía se trabajan dos de los procesos de diseño: <ul style="list-style-type: none"> • La fuerza horizontal equivalente • La deriva Presentando Los cálculos y procedimientos de manera detallada [11].	2015
Anexo 3	Informe final diseño estructural portal norte del municipio de Bucaramanga-Santander	Distingue la consultoría que se le realiza al proyecto e identifica todos los cálculos realizados para los elementos que componen la estructura y cumplen con los requerimientos de la norma. También se presenta la evaluación del edificio a través del software de elementos finitos que permite distinguir el comportamiento al momento del sismo [12].	2016
Anexo 4	Proceso de diseño para edificios de concreto reforzado de 1 a 5 pisos, en el municipio de Pereira, basado en la A.C.I 318-02	Se presenta el diseño de un edificio de cuatro niveles en concreto reforzado con los cálculos de los elementos estructurales y las verificaciones de los componentes teniendo en cuenta la ACI 318-02 y la NSR-10 [13].	2014
Anexo 5	Edificio de estacionamiento "San Luis centro"	Este documento presenta un diseño estructural de hormigón armado de un edificio de estacionamientos. Por lo cual sirve como elemento base para elaborar el diseño propuesto teniendo en cuenta todos los componentes que integran el proyecto [14].	2015

Fuente: Elaboración propia, 2020.

6.4. MARCO NORMATIVO

Para el diseño del edificio de cinco niveles en sistema de pórtico resistente a momentos para la sede aguas claras de la Universidad Santo Tomas de Villavicencio se deben tener en cuenta los decretos, leyes, y manuales de diseño obligatorios, que los regula y limita por lo cual se distingue la siguiente normativa:

Tabla 6-6 Marco legal

REGLAMENTO	DESCRIPCIÓN
Ley 388 de 1997	Armoniza, garantiza y promueve la buena ejecución de actuaciones urbanas con respecto a los municipios [15].
Ley 361 de 1997	Establece la integración social de las personas con limitación [16].

Ley 400 de 1997	Establece que para aquellas construcciones sismo resistentes se deben diseñar bajo las normas establecidas y por personal idóneo para diseñarlas y ejecutarlas [17].
Plan de ordenamiento territorial de Villavicencio	El municipio a través del acuerdo N° 287 de 2015 dicta el nuevo plan y otras disposiciones que se deben cumplir [18].
Resolución N 001 de 2010.	Plan de implantación de la universidad Santo Tomás sede Anillo Vial
Resolución número (1390) 27 de Septiembre de 2005	Restauración ambiental de los sitios de disposición final de residuos sólidos [19].
Decreto 1076 de 2015	Se deben manejar de manera óptima los recursos naturales [20].
NTC 4143 (Segunda Actualización de las personas al medio físico. Edificios. actualización)	Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos. Rampas fijas adecuadas y básicas [21].
NTC 4145 (Segunda actualización)	Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos y rurales. Escaleras [22].
NTC 4279	Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Espacios urbanos y rurales. Vías de circulación peatonales horizontales

Fuente: Elaboración propia, 2020.

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

Se encuentra en la carrera 22 No. 1-320 Barrio la primavera en el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás en Villavicencio, Meta.

➤ Ubicación edificio de cinco niveles

El lote base para el diseño del edificio de cinco niveles se encuentra la interior de la universidad Santo Tomás sede aguas claras de Villavicencio



Figura 6-1 Ubicación del lote- para el edificio de cinco niveles USTAV

Fuente: Planta física, 2020 [23].

7. METODOLOGÍA

7.1. ESTUDIOS PRELIMINARES

Fueron aquellos documentos suministrados por el departamento de planta física de la USTAV, que se identificaron para el desarrollo del proyecto.

Tabla 7-1 Diagnostico de los estudios preliminares que intervienen en el desarrollo del proyecto.

ESTUDIOS	DESCRIPCIÓN
Estudio de movilidad de alto impacto (EMAI).	<ul style="list-style-type: none"> • Determina el comportamiento y evaluación del tránsito interno de vehículos, transeúntes, motos y bicicletas para el semestre I del 2018. • También, el número de parqueaderos de visitantes, de motos y de bicicletas requeridas. • Se evalúan las condiciones y proyecciones de las variables antes mencionadas a futuro con la implementación del bloque B [5].
DTS Plan de implantación	La Universidad Santo Tomas de Aquino, presenta a consideración de la Secretaría De Planeación Municipal De Villavicencio, el documento técnico de soporte para la modificación del plan de implantación del Campus Aguas Claras, adoptado mediante resolución 01 del 7 de enero del año 2010 estableció unas condiciones urbanas y unos compromisos para el desarrollo del proyecto de la Universidad [3].
Aprobación de modelo de implantación USTAV	Presenta las condiciones urbanas y compromisos para el desarrollo del proyecto de la universidad, que se deben implementar en cualquier proyecto que tenga relación con la USTAV y deben quedar plasmados en las correspondientes licencias urbanísticas [2].
Plan de ordenamiento territorial 2015	Es el plan que se presenta por el concejo municipal y demás disposiciones que se deben cumplir para las diferentes intervenciones que se realicen en el municipio, de normativas ambientales, sociales y culturales, como también dictan las disposiciones que se deben implementar para obras publicas y/o privadas [4].
Estacionamientos actuales y requeridos	El departamento de Planta Física de la USTAV suministró el número de parqueaderos actuales que suplen la necesidad del edificio bloque a, y los requeridos por norma al implementar el edificio del bloque b [24].

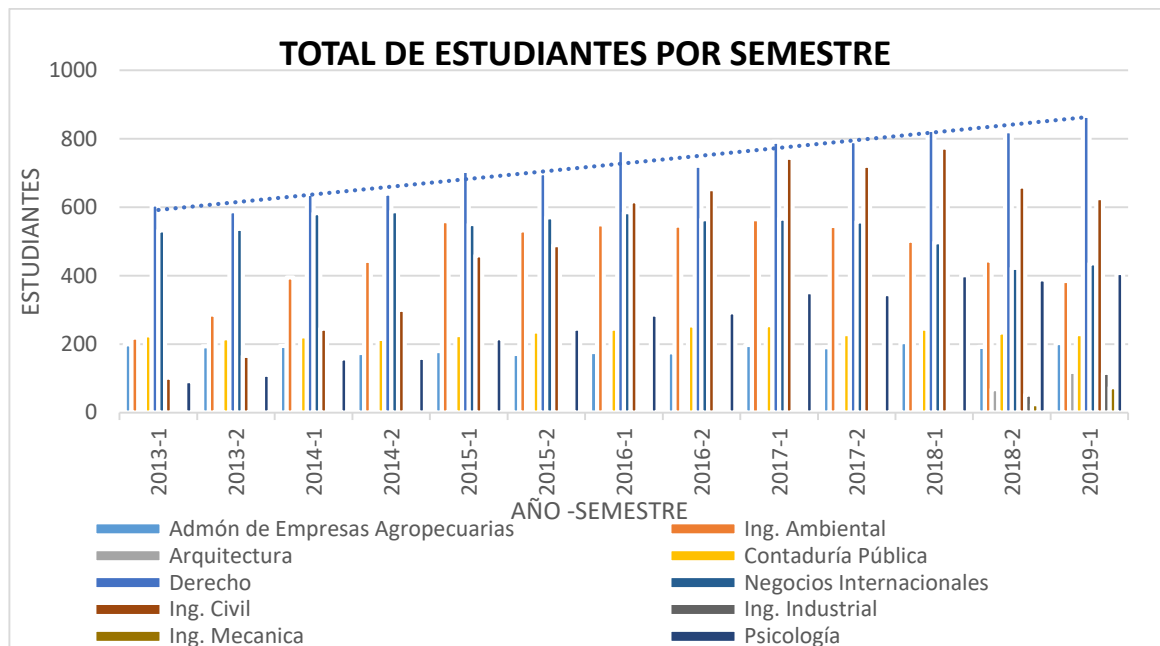
Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.2. PROCESAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE DATOS

Con el diagnóstico del ítem ESTUDIOS PRELIMINARES se procede a realizar el análisis de la información que tiene relación con la población de la zona de estudio.

7.2.1. Total de estudiantes adscritos a los programas de la universidad Santo Tomás de Villavicencio

El departamento de registro y control presenta los datos del total de estudiantes adscritos en los diez diferentes programas que ofrece la USTAV desde el periodo I del año 2013 hasta el 2019-I.



Gráfica 7-1 Total de estudiantes por semestre en la USTAV.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

La Gráfica 7-1 corresponde a los estudiantes adscritos desde el periodo 2013-I hasta el 2019-I. Lo cuál se identifica un crecimiento de un 75% del personal estudiantil adscrito a los programas que ofrece la USTAV.

El número de estudiantes que para el año 2019-1 se inscribió a los programas presenciales de la sede aguas claras fueron de 2876 estudiantes siendo el 83% con respecto al total de 3463. Para la sede loma linda de 587 lo cuál se concluye que, debido a la Acción popular 00249-03 para la Sede Loma Linda que menciona el traslado de su personal docente, administrativo y estudiantil la sede aguas claras aumentaría un 16,95% de estudiantes para el año 2020.

7.2.2. Plano de implantación general USTAV- sede Aguas Claras

Representa la distribución de los espacios de, estacionamientos, vías de circulación y señalización con los que cuenta actualmente la USTAV plasmando visualmente el área bruta y el área útil del predio.



Figura 7-1 Implantación general de la USTAV- sede Aguas Claras
Fuente: Planta física USTAV , 2020 [18].

El área permitida para la implementación de la propuesta del edificio con un área de 1085.76 m².

7.2.3. Plano De Afectaciones

Es el plano que permite determinar los limitantes que presenta el terreno con base en los lineamientos que se mencionan en el Plan de Ordenamiento Territorial del 2015 para el departamento del Meta establece que para el predio de la USTAV- sede Aguas Claras se deben cumplir con las rondas de río.



Figura 7-2 Plano De Afectaciones.
Fuente: Planta física USTAV , 2020 [18].

Se determinaron:

1. El área de protección del humedal por un valor de 23535.11 m²
2. El suelo de protección por el retiro de fuente hídrica Caño aguas claras con un área de 7029.23 m².
3. Protección hídrica caño Codavas con un área de 1679.57 m².
4. Afectaciones por concesión vial de los llanos 1679.57 m².

7.2.4. Plano Topográfico USTAV Sede Aguas Claras

Determina las elevaciones del terreno presentes en el predio de la USTAV determinando un área bruta de 62,943.14 m².

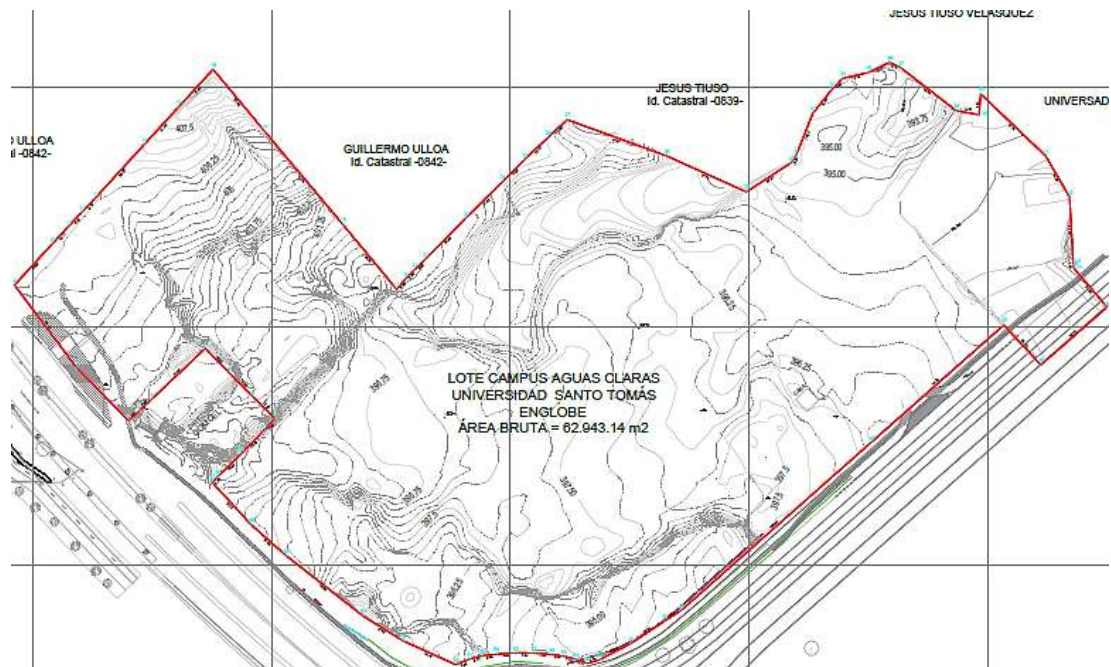


Figura 7-3 Plano Topográfico USTAV Sede Aguas Claras.
Fuente: Planta física USTAV , 2020 [18].

Se termina que la zona en la que se plantea la propuesta del edificio, se puede definir como un área plana al no presentar cambios abruptos de elevación.

7.3. CONSULTA Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS BLOQUE B

El estudio de suelos para el predio de la USTAV sede aguas claras bloque B realizado el 30 de octubre de 2015 por la empresa Alfonso Oribe S y Cia S.A suministra el resultado del estudio.

El estudio se realizó para un proyecto de implementación del bloque b en la USTAV campus Aguas Claras cuya licencia de construcción modificatoria permite la construcción de un edificio de ocho niveles denominado bloque b, que como fin tiene prestar el servicio para laboratorios, aulas y sótano/semi sótano.

7.3.1. Subsuelo

El predio fue utilizado parcialmente como un botadero de basura, por lo cual se presenta en su subsuelo rellenos en arcillas, gravas, escombros y basura alcanzando espesores hasta de 6 metros de profundidad.

En el momento de realizar la investigación del subsuelo se halló agua acumulada en los rellenos y en las arcillas más superficiales.

7.4. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA

7.4.1. Parámetros de diseño sismo resistente

Tabla 7-2 Espectro elástico de aceleración.

ESPECTO ELASTICO DE ACELERACIÓN	
Departamento	Meta
Ciudad	Villavicencio
Tipo de Perfil De Suelo	C
Aa	0,35
Av	0,3
Fa	1,15
Fv	1,5
Grupo De Uso	III
Coefficiente de importancia	1,25
Ct	0,047
h	17,5
α	0,9

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Teniendo en cuenta los valores anteriores y el tipo de suelo encontrado (C), se debe asignar un coeficiente que afecta la aceleración de la zona de periodos cortos debido a los defectos de sitio según la tabla A.2.4-3. Donde es necesario interpolar entre los valores de **Aa**= 0.2 y **Aa**=0.3, encontrando un valor para **Fa** de 1.15 y un coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios según la tabla A.2.4-4 un valor de **Fv** de 1.5. Al ser una edificación de atención a la comunidad se encuentra en grupo de uso III según tabla A.2.5-1 de la NSR-10. Teniendo como coeficiente de importancia. (III) 1.25.

7.4.2 . Cálculo para periodos de espectro de diseño

Se obtienen los periodos cortos, intermedios y largos para realizar el espectro de diseño.

- Para periodos cortos (T_0)

Para este dato se usó la siguiente fórmula, extraída del Título A de la NSR-10, fórmula A.2.6-6.

$$T_0 = 0.1 \frac{0.3 * 1.5}{0.25 * 1.15}$$

Ecuación 7-1 Periodos cortos

Luego de aplicar la fórmula, el valor del periodo intermedio (T_0), de **0.157**.

- Para periodos Intermedios (T_c)

Para este dato se usó la siguiente formula, extraída del Título A de la NSR-10, formula A.2.6-2

$$T_c = 0.48 \frac{0.3 * 1.5}{0.25 * 1.15}$$

Ecuación 7-2 Periodos intermedios

Luego de aplicar la formula, el valor del periodo intermedio (T_c), de **0.751**.

- Para periodos Largos (T_L)

Para este dato se usa la siguiente formula, extraída del Título A de la NSR-10, formula A.2.6-4.

$$T_L = 2.4 * 1.5$$

Ecuación 7-3 Periodos largos

Luego de aplicar la formula, el valor del periodo intermedio (T_L), de **3.6**.

Tabla 7-3 Rangos de periodo

VALORES INICIALES	
Departamento	Meta
Ciudad	Villavicencio
Tipo de Perfil De Suelo	C
Aa	0,35
Av	0,3
Fa	1,15
Fv	1,5
Grupo De Uso	III
Coefficiente de importancia	1,25
Ct	0,047
h	17,5
α	0,9

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.4.2.1. Espectro de aceleraciones

Seguidamente se procede a realizar la tabulación por medio de Excel teniendo en cuenta la fórmula A.2.6-1 del espectro elástico de aceleraciones, (S_a) dada según los límites de los periodos cortos, intermedios o largos. Así:

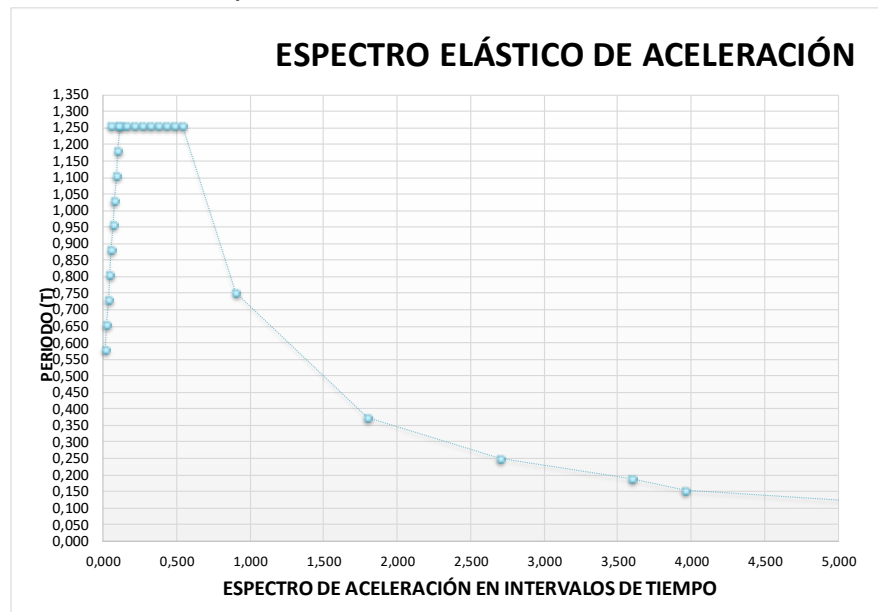
Tabla 7-4 Rangos del periodo

Rangos de Periodos	Resultado
T_o	0,112
T_c	0,537
T_L	3,600
T_a	0,618

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-5 Espectro de aceleraciones

	T(Periodo)	Sa
	0,011	0,579
	0,022	0,654
Ta	0,034	0,730
	0,045	0,805
	0,056	0,880
	0,067	0,956
	0,078	1,031
	0,089	1,107
	0,101	1,182
TO	0,112	1,258
	0,054	1,258
	0,107	1,258
	0,161	1,258
	0,215	1,258
	0,268	1,258
	0,322	1,258
	0,376	1,258
	0,429	1,258
	0,483	1,258
TC	0,537	1,258
	0,900	0,750
	1,800	0,375
	2,700	0,250
TL	3,600	0,188
	3,960	0,155
	7,920	0,039



Fuente: Elaboración propia, 2020.

El espectro de aceleraciones de diseño distingue las posibles fuerzas sísmicas que afectan a la estructura. Por lo cual se debe contemplar dichas fuerzas en el diseño estructural con el fin de mitigar y/o evitar el posible daño o en casos desfavorables colapso. Para el chequeo de la vulnerabilidad e intervención de la estructura se utiliza el espectro de la norma sismo resistente NSR-10 título A.

7.5. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

7.5.1. Predimensionamiento de las vigas

Se tiene en cuenta que la edificación será diseñada como un sistema de pórtico resistente a momento en concreto. Para determinar la altura o espesor mínimo de la viga no pres forzada se utiliza la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 7-6 Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección.

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: NSR-10, título C 2020.

Para el Predimensionamiento de las vigas durante toda la estructura se realizó para vigas en una dirección con un extremo continuo y ambos extremos continuos dependiendo del caso, como se puede observar en la Tabla 7-7 Predimensionamiento de vigas.

Tabla 7-7 Predimensionamiento de vigas.

Vigas - Losa nervada			
Elemento	Largo (m)	L/18.5	L/21
Viga vehicular	6,3977	0,34582162	
Viga vehicular	6,8546	0,37051892	0,32640952
Viga rampa	6,78		0,32285714
Viga rampa	4,82		0,22952381
VH-1-2 Voladizo	1,87		0,08904762
VH-1-2	3,74		0,17809524
VH-2-3	4,73	0,25567568	
VH-3-4	6,05		0,28809524
VH-4-5	7,05		0,33571429
VH-5-6	4,85		0,23095238
VH-6-7	4,58	0,24756757	0,21809524
VH-7-8	4,57		0,21761905
VV-A-B	5,35		0,2547619
VV-B-C	7,08		0,33714286
VV-C-D	6,75		0,32142857
VV-D-E	6,75		0,32142857
VV-E-F	4,8		0,22857143
VV-F-G	1,5		0,07142857
VV-EG	6,3		0,3
VV-GH	4,2		0,2
		0,370518919	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.5.2. Determinar requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente

Para determinar los aspectos mínimos y/o especificaciones que se deben cumplir en el diseño fueron necesarias la aplicación y consulta de la siguiente normativa:

- NSR-10 título A: Se distinguieron los coeficientes a los que pertenece la zona de estudio (véase Tabla 7-3 Rangos de periodo) que dependen también del tipo de suelo y, permite identificar el espectro de diseño como valor esperado de la aceleración del sismo.
- NSR-10 título B: Se realizaron las 21 combinaciones de carga correspondientes al diseño.

Tabla 7-8 Combinaciones de carga.

COMBINACIONES DE CARGA			
COMB (1)	1.4D	COMB (12)	1.2D-0.3Ex-1.0Ey+1.0L
COMB (2)	1.2D+1.6I+0.5Lr	COMB (13)	0.9D
COMB (3)	1.2D+1.6Lr+1.0L	COMB (14)	0.9D+1.0Ex+0.3Ey
COMB (4)	1.2D+1.0L+0.5Lr	COMB (15)	0.9D+1.0Ex-0.3Ey
COMB (5)	1.2D+1.0Ex+0.3Ey+1.0L	COMB (16)	0.9D-1.0Ex+0.3Ey
COMB (6)	1.2D+1.0Ex-0.3Ey+1.0L	COMB (17)	0.9D-1.0Ex-0.3Ey
COMB (7)	1.2D-1.0Ex+0.3Ey+1.0L	COMB (18)	0.9D+0.3Ex+1.0Ey
COMB (8)	1.2D-1.0Ex-0.3Ey+1.0L	COMB (19)	0.9D+0.3Ex-1.0Ey
COMB (9)	1.2D+0.3Ex+1.0Ey+1.0L	COMB (20)	0.9D-0.3Ex+1.0Ey
COMB (10)	1.2D+0.3Ex-1.0Ey+1.0L	COMB (21)	0.9D-0.3Ex-1.0Ey
COMB (11)	1.2D-0.3Ex+1.0Ey+1.0L	COMB (22)	$\sum_{1}^{21} \text{COMB} * 1$

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- NSR-10 título C: Se presentaron las especificaciones del concreto reforzado con el que se diseña la estructura, para un $f'c=28$ Mpa para vigas con un $Fy=420$ Mpa y para columnas $f'c=35$ Mpa (veáse Tabla 7-9 Especificaciones de los materiales).

Tabla 7-9 Especificaciones de los materiales

Concreto	Psi	Kg/cm ²	Mpa	KN/m ²	Módulo de Elasticidad
Vigas	4000	280	28	28011	24875,03783
Columnas	5000	350	35	35014	27811,13776
Acero			420		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- NTC 4145: Accesibilidad de las personas al medio físico en los edificios dictando las dimensiones que deben cumplir las escaleras para que sean funcionales dentro del estacionamiento, determinando que el ancho mínimo

para la escalera de uso público es de 1.20 metros, una contra huella mayor o igual a 0.18 metros, la huella del resultado de la ecuación que tiene en cuenta la contra huella y la huella por lo que se obtiene un valor de 0.32 metros. También, menciona 18 escalones como el número máximo para que exista un descanso como se menciona en la Tabla 7-10 Predimensionamiento de las escaleras.

Tabla 7-10 Predimensionamiento de las escaleras.

PREDIMENSIONAMIENTO ESCALERAS		
Luz entre apoyos	2,03	(m)
Factor de espesor	24	
Espesor (t)	0,08	(m)
Huella	0,35	(m)
Contrahuella	0,18	(m)
Tan α	0,513	
α	0,47	
Cos α	0,890	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- NTC 4201: Accesibilidad de las personas al medio físico en los edificios con respecto a los equipamientos, bordillos, pasamanos y agarraderas. Que especifica el diámetro máximo de 500 milímetros, la altura de instalación no menor a 900 mm y otro a 700 mm de altura con respecto al piso.

7.6. AVALUÓ DE CARGAS

El avaluó de cargas es necesario para identificar la carga muerta presente en la estructura, por lo cual se compone de los siguientes datos:

7.6.1. Vigas

Para determinar el peso de la viga se realizó el cálculo del volumen (véase Ecuación 7-4 Volumen de la viga) que al ser multiplicado por el peso específico del concreto γ (KN/m³) se obtiene el peso de la viga (véase la Ecuación 7-5 Peso de la viga).

$$Volumen = Largo * Ancho * Alto [m]$$

Ecuación 7-4 Volumen de la viga

$$W_{piso} = Volumen [m^3] * \gamma \left[\frac{KN}{m^3} \right] = [KN]$$

Ecuación 7-5 Peso de la viga

La cantidad de vigas en la cubierta aumentan debido a que allí se maneja una losa que cubre toda la estructura y el cálculo de su peso se puede observar en la Tabla 7-11 Peso propio de las vigas de la cubierta.

Tabla 7-11 Peso propio de las vigas de la cubierta.

ELEMENTO	CANTIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	VOLUMEN (m3)	Y (KN/m3)	W (KN)
CUBIERTA							
VH-1-2	7	3,74	0,45	0,5	0,8415	24	20,196
VH-2-3	7	4,73	0,45	0,5	1,06425	24	25,542
VH-3-4	7	6,05	0,45	0,5	1,36125	24	32,67
VH-4-5	7	7,05	0,45	0,5	1,58625	24	38,07
VH-5-6	4	4,85	0,45	0,5	1,09125	24	26,19
VH-6-7	4	4,58	0,45	0,5	1,0305	24	24,732
VH-7-8	4	4,57	0,45	0,5	1,02825	24	24,678
VV-A-B	7	5,35	0,45	0,5	1,20375	24	28,89
VV-B-C	8	7,08	0,45	0,5	1,593	24	38,232
VV-C-D	8	6,75	0,45	0,5	1,51875	24	36,45
VV-D-E	5	6,75	0,45	0,5	1,51875	24	36,45
VV-E-F	2	4,8	0,45	0,5	1,08	25	27
VV-F-G	2	1,5	0,45	0,5	0,3375	26	8,775
VV-EG	3	6,3	0,45	0,5	1,4175	24	34,02
VV-GH	5	4,2	0,45	0,5	0,945	24	22,68
TOTAL	80						
TOTAL PESO							424,575

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las vigas que soportan las rampas vehiculares y peatonales se tienen en cuenta para el piso 2-3-4 debido a que hasta allí llegan, las demás se tienen en cuenta en todos los pisos como se puede observar en la Tabla 7-12 Peso propio de las vigas de los pisos 2-3-4-5.

Tabla 7-12 Peso propio de las vigas de los pisos 2-3-4-5.

PISOS 2-3-4-5							
Viga vehicular	2	6,3977	0,45	0,5	1,4394825	24	34,54758
Viga vehicular	4	6,8546	0,45	0,5	6,16914	24	148,05936
Viga rampa	8	6,78	0,45	0,5	12,204	24	292,896
Viga rampa	4	4,82	0,45	0,5	4,338	24	104,112
VH-1-2 Voladizo	5	1,87	0,45	0,5	2,10375	24	50,49
VH-1-2	6	3,74	0,45	0,5	5,049	24	121,176
VH-2-3	7	4,73	0,45	0,5	7,44975	24	178,794
VH-3-4	7	6,05	0,45	0,5	9,52875	24	228,69
VH-4-5	5	7,05	0,45	0,5	7,93125	24	190,35
VH-5-6	4	4,85	0,45	0,5	4,365	24	104,76
VH-6-7	4	4,58	0,45	0,5	4,122	24	98,928
VH-7-8	4	4,57	0,45	0,5	4,113	24	98,712
VV-A-B	7	5,35	0,45	0,5	8,42625	24	202,23

VV-B-C	8	7,08	0,45	0,5	12,744	24	305,856
VV-C-D	8	6,75	0,45	0,5	12,15	24	291,6
VV-D-E	5	6,75	0,45	0,5	7,59375	24	182,25
VV-E-F	2	4,8	0,45	0,5	2,16	24	51,84
VV-F-G	4	1,5	0,45	0,5	1,35	24	32,4
VV-EG	3	6,3	0,45	0,5	4,2525	24	102,06
VV-GH	5	4,2	0,45	0,5	4,725	24	113,4
TOTAL	102						
TOTAL PESO							2933,15094

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.6.2. Elementos no estructurales

7.6.2.1. Rampa vehicular:

Para el cálculo de la rampa vehicular fue necesario determinar:

- La inclinación permitida por el POT-2015 es de 20%, se adopta una inclinación de 18.57%.
- La altura de entre piso se adopta una altura de entre piso de 3.50 metros para todos los pisos.

$$D = \frac{\text{altura entre piso} * 100 [\%]}{\text{inclinación de la rampa} [\%]}$$

Ecuación 7-6 Distancia de la rampa vehicular.

$$D = \frac{3.5 [m] * 100 [\%]}{18.57 [\%]} = 18.84 [m]$$

La rampa vehicular cuenta con una estructura compuesta por cuatro columnas cortas y seis vigas que lo soportan, una losa nervada en una dirección de 0.50 metros con viguetas de 0.10 metros de ancho con riostras perpendiculares a la circulación de los vehículos que deben ir a una distancia de 3 metros, a la cual se le asigna una carga viva uniformemente distribuida de 2.5 (KN/m²) (Como lo establece la NSR-10 título B en su tabla B.4.2.1-1. y una carga muerta uniformemente de 2.1 (KN/m²) (véase Tabla 7-20 Cargas uniformemente distribuidas para la placa de entrepiso.).

Tabla 7-13 Carga muerta de la rampa vehicular.

Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)	Peso Específico (KN/m ³)	W(KN)
Rampa Vehicular	18,57	6,6	0,5	24,512	24	257,380

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El peso de la rampa vehicular se calcula con la distancia, el ancho por el alto por el peso específico del concreto arroja el valor de $W=261.122$ KN como resultado del peso de la rampa vehicular (véase Tabla 7-13 Carga muerta de la rampa vehicular.).

7.6.2.1.1. Acero de refuerzo para losa vehicular

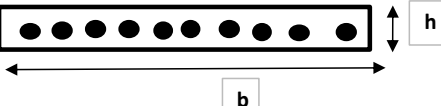
Tabla 7-14 Acero de refuerzo para losa vehicular

DISEÑO VIGUETA					DISEÑO VIGUETA	
Datos geométricos	b(m)	h(m)	Rec (m)	d(m)	Datos geométricos	b(m)
	0,1	0,5	0,03	0,47		1
Características de los materiales	F'c (kn/m ²)	Fy(kn/m ²)	Es(kg/cm ²)		h(m)	d(m)
	28000	420000	200000000		0,05	0,025
Datos Adicionales	Ecu	Ey	Φ	β		
	0,003	0,0021	0,9	0,85		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el diseño del acero para la losa nervada se obtuvo un refuerzo de dos barras #4 y para la viga se obtuvo 10 barras #3, véase Tabla 7-15 Acero de refuerzo para la placa nervada.

Tabla 7-15 Acero de refuerzo para la placa nervada

Plaqueta		Vigueta	
			
Momento (+) (KN/m)	7,5	Momento (-) (KN/m)	4,5
As(mm ²) requerido	42,55544889	As(mm ²) requerido	605,6561271
#Numero de barras	2	#Numero de barras	10
#Barra	#4	#Barra	#3
Area de la Barra (mm ²)	129	Area de la Barra (mm ²)	71
As(mm ²) colocado	258	As(mm ²) colocado	710
Diametro(mm)	12,7	Diametro(mm)	9,5
d (m)	0,4573	d (m)	0,0155
CHEQUEO DE CUANTIAS		CHEQUEO DE CUANTIAS	
p	0,00564	p	0,04581
pMin	0,00333	pMin	0,00333
pMax	0,04827	pMax	0,04827
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia, 2020.

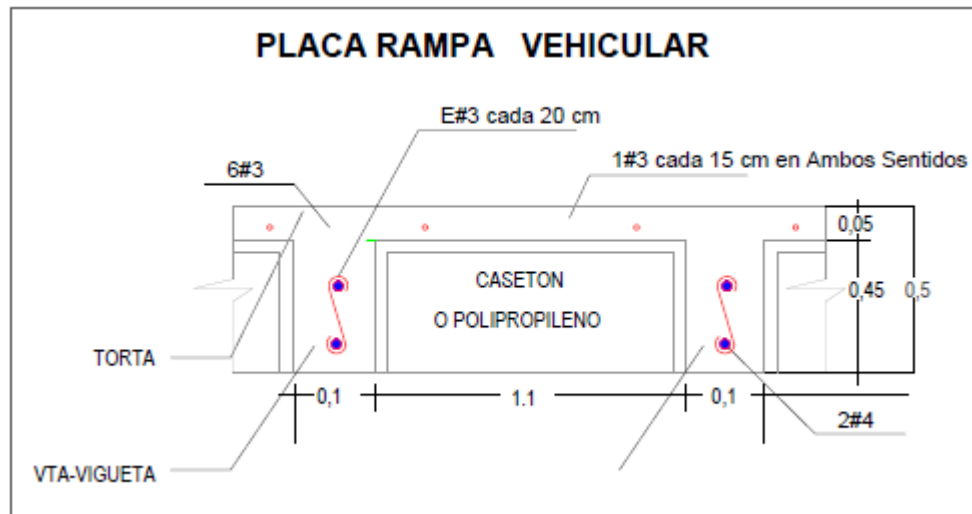


Ilustración 7-1 Sección transversal de la placa de la rampa vehicular.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.6.2.2. Rampa peatonal

Para el cálculo de la rampa peatonal fue necesario determinar:

- La inclinación permitida por el POT-2015 es de 10%, se adopta una inclinación de 10%.
- La altura de entre piso se adopta una altura de entre piso de 3.50 metros para todos los pisos.
- Se implementa un descanso que permita al usuario tener continuidad en su circulación en condiciones especiales a una distancia de 17.5 metros cuya dimensión es de 1.50.

$$D = \frac{3.5 [m] * 100 [\%]}{10 [\%]} = 35 [m] = \frac{35}{2} = 17.5 [m]$$

La rampa peatonal cuenta con una estructura compuesta por ocho columnas cortas, doce vigas que lo soportan, y cuatro vigas en voladizo, una losa nervada en una dirección de 0.50 metros con viguetas de 0.10 metros de ancho a la cual se le asigna una carga viva uniformemente distribuida de 5 (KN/m²) (Como lo establece la NSR-10 título B en su tabla B.4.2.1-1.) y una carga muerta uniforme distribuida de 2.1 (KN/m²) (véase Tabla 7-20 Cargas uniformemente distribuidas para la placa de entrepiso.).

Tabla 7-16 Carga muerta de la rampa peatonal

Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)	Peso Específico (KN/m ³)	W(KN)
Rampa Peatonal	17,5	3,29	0,5	10,438	24	120,908

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El peso de la rampa peatonal se calcula con la distancia, el ancho por el alto por el peso específico del concreto arroja el valor de $W=261.122$ KN como resultado del peso de la rampa vehicular.

7.6.2.2.1. Acero de refuerzo para losa peatonal

Tabla 7-17 Acero de refuerzo para la losa peatonal

Losa rampa peatonal	
Datos geometricos	b(m)
	1
h(m)	d(m)
0,1	0,075
Rec (m)	
0,025	
Momento (-) (KN/m)	62,128125
As(mm ²) requerido	371,25
#Numero de barras	6
#Barra	#3
Area de la Barra (mm ²)	71
As(mm ²) colocado	426
Diametro(mm)	9,5
d (m)	0,0655
CHEQUEO DE CUANTIAS	
b	0,00650
bMin	0,00333
bMax	0,04827
Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el diseño del acero para la losa nervada se obtuvo un refuerzo de 6#3, véase Tabla 7-17 Acero de refuerzo para la losa peatonal.

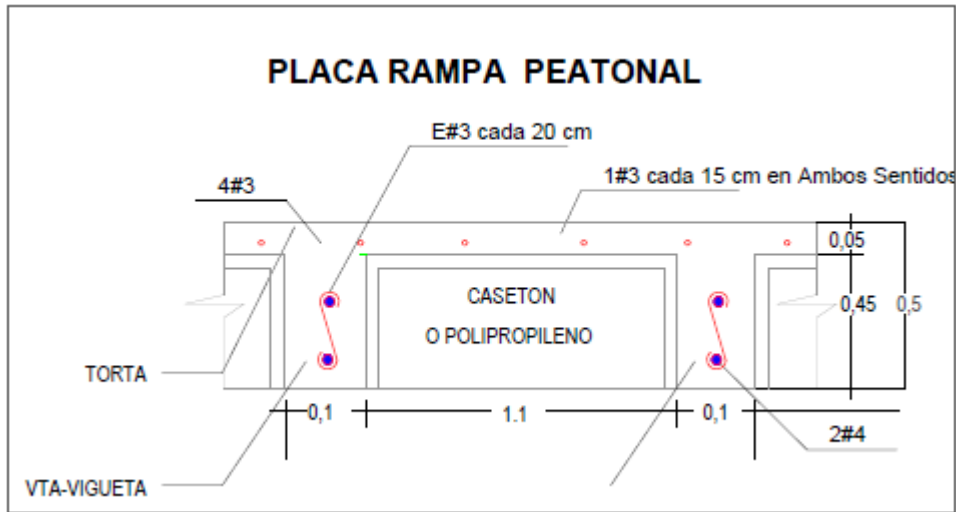


Ilustración 7-2 Acero de refuerzo para losa peatonal

7.6.2.3. Losa nervada

Para cumplir con la altura mínima para la losa nervada en una dirección (véase Tabla 7-6 Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una)

Tabla 7-18 Predimensionamiento de la losa en una dirección

LARGO (m)	L/18.5	L/21
6,3977	0,34582162	
6,8546	0,37051892	0,32640952
6,78		0,32285714
4,82		0,22952381
1,87		0,08904762
3,74		0,17809524
4,73	0,25567568	
6,05		0,28809524
7,05		0,33571429
4,85		0,23095238
4,58	0,24756757	0,21809524
4,57		0,21761905
5,35		0,2547619
7,08		0,33714286
6,75		0,32142857
6,75		0,32142857
4,8		0,22857143
1,5		0,07142857
6,3		0,3
4,2		0,2
ALTURA MINIMA (m)	0,370518919	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 7-18 Predimensionamiento de la losa en una dirección se pueden observar las longitudes por tramo que tiene una losa.

Tabla 7-19 Diseño de losa nervada.

LOSA NERVADA			
	Calculada	Adoptada	
h(m)	0,37	0,5	
Longitud máxima entre ejes	4,82		
b(m) Adoptado	0,1		
b(m) \geq	0,08	0,1	Cumple
h/b \leq	5	5	Cumple
S máx (m)	1,25		1
S máx (m) \geq	1,2		
Riostras			
S(m)	3		
S máx (m)	4		Cumple
Las riostras se adoptan a la mitad de las luces, cuando la luz supera los 4 metros			

Fuente: Elaboración propia, 2020.

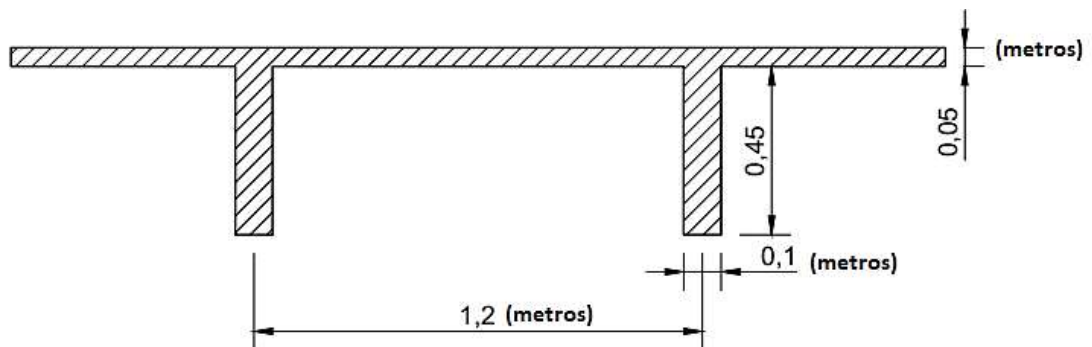


Figura 7-4 Losa nervada – Placa de entre piso, rampa Peatonal y Vehicular.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La altura mínima de la losa nervada se obtuvo de 0.37 metros y se adopta una altura de 0.50 metros con el fin que haya relación en altura con la dimensión de las vigas. Las riostras se adoptan a la mitad de las luces, cuando la luz supera los 4 metros de longitud. Las bases de las viguetas deben ser mayores o iguales a 0.08 metros por lo cual se adopta una distancia de 0.10 metros, la separación máxima entre viguetas es de 1.20 metros y como la calculada nos arroja mayor a 1.25 metros, tomamos la máxima de 1.20 metros.

Tabla 7-20 Cargas uniformemente distribuidas para la placa de entrepiso.

PLACA ENTREPISO					
	Base (m)	h (m)	Peso Específico (KN/m³)	Carga Muerta (KN/m²)	Carga Viva (KN/m²)
Altura de la placa de entrepiso		0,5			2,5
Separación Viguetas	1,2				
Viguetas		0,45	24	0,9	
Plaqueta	1	0,05	24	1,2	
Peso placa de entre piso (W)				2,1	
Cubierta					0,5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las cargas uniformemente distribuidas para la placa de entre piso, rampa peatonal y rampa vehicular tienen en cuenta la altura en metros por el peso específico en (KN/m²) que como resultado arroja la carga muerta de 2.1 (KN/m²) y una carga viva de 2.5 (KN/m²) como se puede observar en la Tabla 7-20 Cargas uniformemente distribuidas para la placa de entrepiso.

Tabla 7-21 Carga muerta placa de entrepiso y cubierta

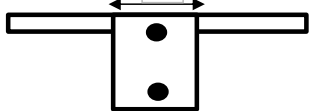
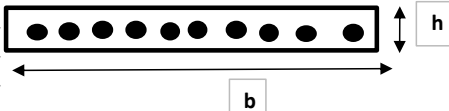
Elemento	Peso Específico (KN/m³)	W(KN)
Placa Entrepiso cubierta	24	2280,096
Placa Entrepiso	24	1840,881

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para determinar el peso permanente de la placa de entrepiso por piso se tomó el área total de la estructura y se restó el área de la rampa vehicular, peatonal y de escaleras lo cual arrojó un valor de 2280.096 KN como se puede observar en la Tabla 7-21 Carga muerta placa de entrepiso y cubierta.

7.6.2.3.1. Acero de refuerzo para losa nervada

Tabla 7-22 Acero de refuerzo para la losa nervada

Plaqueta		Vigueta	
			
Momento (+) (KN/m)	7,5	Momento (-) (KN/m)	4,5
As(mm ²) requerido	42,55544889	As(mm ²) requerido	605,6561271
#Numero de barras	2	#Numero de barras	10
#Barra	#4	#Barra	#3
Area de la Barra (mm ²)	129	Area de la Barra (mm ²)	71
As(mm ²) colocado	258	As(mm ²) colocado	710
Diametro(mm)	12,7	Diametro(mm)	9,5
d (m)	0,4573	d (m)	0,0155
CHEQUEO DE CUANTIAS		CHEQUEO DE CUANTIAS	
p	0,00564	p	0,04581
pMin	0,00333	pMin	0,00333
pMax	0,04827	pMax	0,04827
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el diseño del acero para la losa nervada se obtuvo un refuerzo de 6#3, véase Tabla 7-22 Acero de refuerzo para la losa nervada.

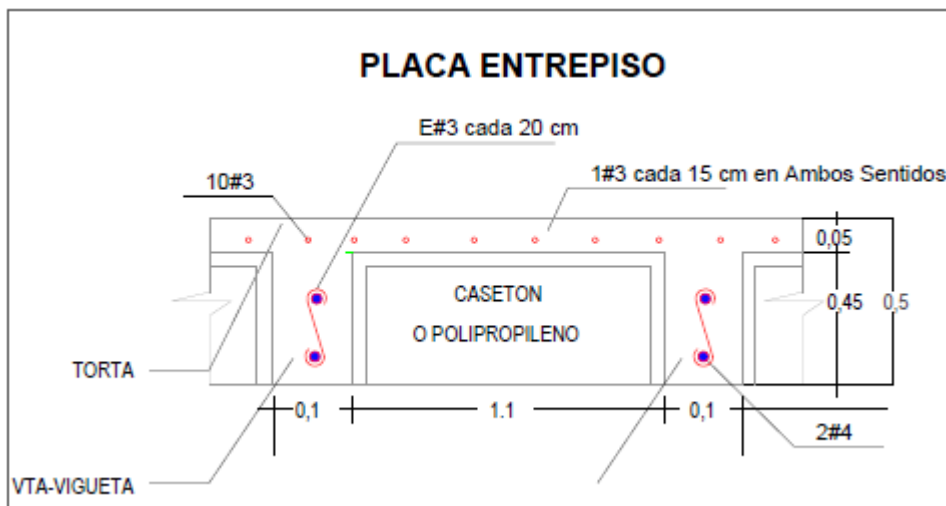


Ilustración 7-3 Sección de acero de refuerzo para la losa de entrepiso.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.6.2.4. Placa maciza

Para la escalera se realiza una placa maciza que tiene en cuenta las distancias del tramo inclinada y la de la del descanso como se puede observar en la Tabla 7-23 Predimensionamiento de la losa maciza para la escalera. Se adopta una altura de 0.20 metros.

Tabla 7-23 Predimensionamiento de la losa maciza para la escalera.

LOSA MACIZA ESCALERA	
LUZ (m)	L/28 (m)
3,17	0,113
4,25	0,151
Altura mín	0,15

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para obtener la carga uniformemente distribuida (ver Tabla 7-24 Carga uniformemente distribuida de la losa maciza para la escalera.) se realiza el cálculo para 1 metro con una altura de 0.20 metros, un peso específico para el concreto de 24 (KN/m²), se obtiene una carga muerta de 10.2 (KN/m²) y una carga viva de 5 (KN/m²) (Como lo establece la NSR-10 título B en su tabla B.4.2.1-1.

Tabla 7-24 Carga uniformemente distribuida de la losa maciza para la escalera.

LOSA MACIZA- ESCALERA					
Elemento	largo(m)	Alto(m)	Peso Específico (KN/m³)	Carga Muerta (KN/m²)	Carga Viva (KN/m²)
Escaleras	1	0,2	24	10,2	5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para determinar la carga muerta permanente de la escalera en la estructura se tuvo en cuenta el elemento del tramo inclinado y la placa maciza, que se determinó multiplicando la carga uniformemente distribuida de 10.2 (KN/m²) por el área del tramo inclinado con el descanso de 15.22 m² se obtiene una carga de w=155.270 (KN) como se muestra en la Tabla 7-25 Peso del elemento.

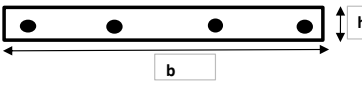
Tabla 7-25 Peso del elemento.

Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Volumen (m ³)	Peso Específico (KN/m ³)	W (KN)	Área (m ²)
Tramo inclinado escaleras	3,17	4,25			24		15,2225
Descanso	1,75	4,25	0,2	1,488	24		
Placa maciza escalera distribuido	4,92	4,25	0,2	4,182	24	155,270	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.6.2.4.1. Acero de refuerzo para placa maciza escalera.

Tabla 7-26 Acero de refuerzo para la placa maciza escalera.

Losa escalera	
Datos geometricos	b(m)
	1
h(m)	d(m)
0,2	0,175
Rec (m)	
0,025	
	
Momento (-) (KN/m)	4,371125
As(mm ²) requerido	66,30062274
#Numero de barras	5
#Barra	#4
Area de la Barra (mm ²)	129
As(mm ²) colocado	645
Diametro(mm)	12,7
d (m)	0,1623
CHEQUEO DE CUANTIAS	
b	0,00397
bMin	0,00333
bMax	0,04827
Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el diseño del acero para la losa nervada se obtuvo un refuerzo de 5#4, véase Tabla 7-26 Acero de refuerzo para la placa maciza escalera.

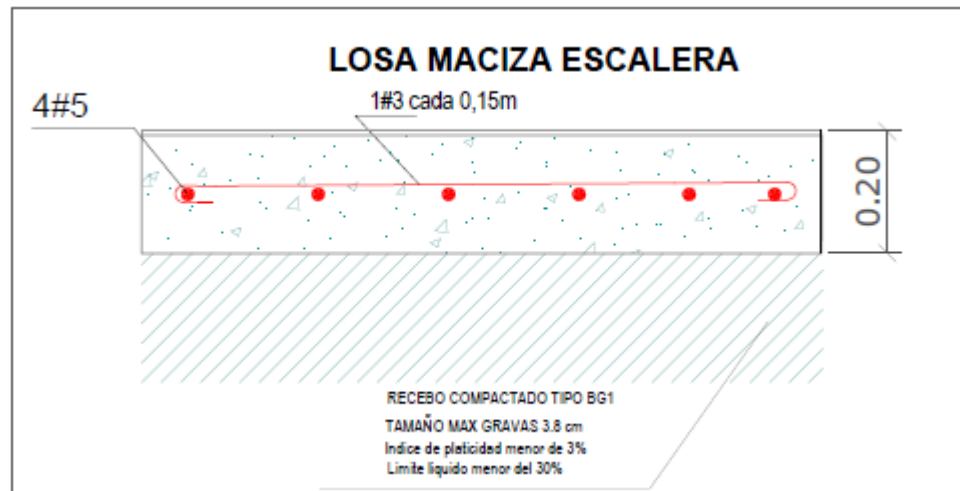


Ilustración 7-4 Sección de acero de refuerzo para la losa maciza de la escalera
Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.6.3. Carga muerta de la estructura

Los elementos que soporta la estructura de forma permanente cuentan con una carga muerta por piso, como se presenta en la Tabla 7-27 Cargas muertas por piso, para un total de $w=31656.83$ KN presentes en toda la estructura.

Tabla 7-27 Cargas muertas por piso

CARGAS MUERTAS	
PISO	W(KN)
Cubierta	4146,111
Piso 5	6877,680
Piso 4	6877,680
Piso 3	6877,680
Piso 2	6877,680
TOTAL	31656,83184

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.6.4. Fuerza horizontal equivalente

Se presenta el análisis por fuerza horizontal equivalente para la edificación debido a que cumple con el ítem A.3.4.2.1. de la NSR-10 título A que menciona:

d) Edificaciones irregulares que no tengan más de 6 niveles ni más de 18 metros de altura medidos a partir de la base.

Tabla 7-28 Datos iniciales

Departamento	Meta
Ciudad	Villavicencio
Tipo de Perfil De Suelo	C
Aa	0,35
Av	0,3
Fa	1,15
Fv	1,5
Grupo De Uso	III
Coefficiente de importancia	1,25
Ct	0,047
α	0,900
Ta	0,618
Sa	1,258
Vs	0,000
K	1,059
Peso Total Edificio (M)	0,00
Cu	1,21
Cu*Ta	0,747510801

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-29 Fuerza Horizontal Equivalente.

Piso	Wi (KN)	H (m)	HAcum . (m)	H ^k	Wi*hi ^k	Cvx	Fx (KN)	Vx (KN)	Ex (KN)
Cub.	4146,11	3,50	17,50	20,71	85877,60	0,23	9467,08	9467,08	1690,5
5	6877,68	3,50	14,00	16,35	112477,0	0,31	12399,3	21866,4	2214,1
4	6877,68	3,50	10,50	12,05	82940,72	0,23	9143,32	31009,7	1632,7
3	6877,68	3,50	7,00	7,850	53989,18	0,14	5951,72	36961,5	1062,8
2	6877,68	3,50	3,50	3,768	25914,89	0,07	2856,83	39818,3	510,15
TOTAL	31656,8				361199,5		39818,3		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El total que arroja la fuerza horizontal equivalente es de 39818.3 KN.

7.7. CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE ELEMENTOS FINITOS PARA EL DISEÑO

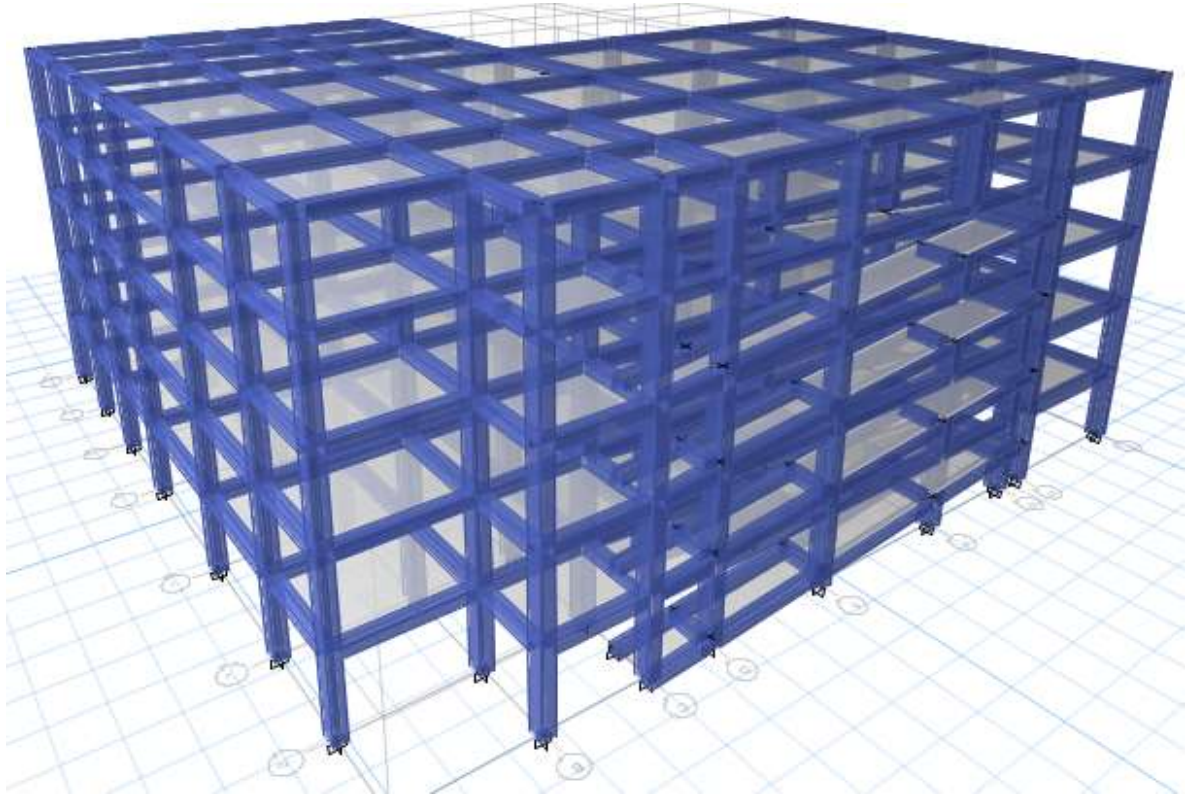


Ilustración 7-5 Modelo en 3D de ETABS. 2020.

El software que se utilizó para modelar la estructura fue ETABS-2016 lo cual arrojó los siguientes datos:

7.7.1. Structure Data

7.7.1.1. Story data

Tabla 7-30 Story Data

Datos de la historia					
Nombre	Altura	Elevación	Datos de la historia	Similar a	Empalme
	mm	mm			
Cubierta	3500	17500	No	Story2	No
Story5	3500	14000	No	Story2	No
Story4	3500	10500	No	Story2	No
Story3	3500	7000	No	Story2	No
Story2	3500	3500	Yes	None	No
Story1	0	0	No	None	No

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.1.2. Líneas de cuadrícula

Tabla 7-31 Líneas de cuadrícula

Líneas de cuadrícula					
Sistema de red	Dirección de cuadrícula	ID de cuadrícula	Visible	Ubicación	Ordenada
					m
14G1	X	1	Yes	End	0
14G1	X	2	Yes	End	3,62
14G1	X	3	Yes	End	8,32
14G1	X	4	Yes	End	14,37
14G1	X	5	Yes	End	21,45
14G1	X	6	Yes	End	26,27
14G1	X	7	Yes	End	30,85
14G1	X	8	Yes	End	35,45
14G1	Y	I	Yes	Start	0
14G1	Y	H	Yes	Start	6,75
14G1	Y	G	Yes	Start	8,25
14G1	Y	F	Yes	Start	13,05
14G1	Y	E	Yes	Start	19,78
14G1	Y	D	Yes	Start	25,5
14G1	Y	C	Yes	Start	28,33
14G1	Y	B	Yes	Start	32,65
14G1	Y	A	Yes	Start	38

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.1.3. Coordenas de puntos

Tabla 7-32 Datos de coordenas conjuntas

TABLE: Joint Coordinates Data			
Label	X	Y	ΔZ Below
	mm	mm	mm
1	3620	38000	0
2	35450	38000	0
3	0	32650	0
5	0	28330	0
6	35450	28330	0
7	3620	25500	0
8	35450	25500	0
9	3620	19780	0
10	14370	19780	0
11	21450	19780	0
12	35450	19780	0
13	3620	13050	0
14	14370	13050	0
17	0	6750	0
18	21450	6750	0
20	21450	0	0
21	0	0	0
23	8320	38000	0
24	14370	38000	0
25	21450	38000	0
26	26270	38000	0
27	30850	38000	0
28	3620	32650	0
30	8320	32650	0
31	14370	32650	0
32	21450	32650	0
33	26270	32650	0
34	30850	32650	0
35	35450	32650	0
36	3620	28330	0
37	8320	28330	0
38	14370	28330	0
39	21450	28330	0
40	26270	28330	0
41	30850	28330	0
42	8320	25500	0
43	14370	25500	0
44	21450	25500	0
45	26270	25500	0
46	30850	25500	0
47	8320	13050	0

TABLE: Joint Coordinates Data			
Label	X	Y	ΔZ Below
48	3620	6750	0
49	8320	6750	0
50	14370	6750	0
51	3620	0	0
52	8320	0	0
53	14370	0	0
54	0	25500	0
55	0	19780	0
56	0	13050	0
57	8320	19780	0
58	21450	13050	0
59	26270	19780	0
60	30850	19780	0
64	14370	19800	0
65	21600	19800	0
66	21600	25500	0
4	14370	13050	2324
15	14370	19780	1067,7
16	21450	19780	1067,7
19	21450	13050	2324
29	0	8250	1750
67	3620	8250	1750
68	0	6750	1750
69	3620	6750	1750
70	1810	8250	1750
75	1810	28330	0
22	0	25500	3253,4
71	0	19780	2754,9
72	0	13050	2168,3
73	3620	25500	246,6
74	3620	19780	745,1
81	3620	13050	1331,7
78	1810	13050	1331,7
79	1810	25500	3253,4
80	1810	19780	2754,9
87	1810	13050	2168,3
88	1810	19780	745,1
89	1810	25500	246,6
84	3620	8250	0
76	0	8250	0
77	1810	32650	0
90	0	13180	0

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.1.4. Conectividad de línea

Tabla 7-33 Conectividad de línea

TABLE: Column Connectivity Data				TABLE: Column Connectivity Data			
Column	I-End Point	J-End Point	I-End Story	Column	I-End Point	J-End Point	I-End Story
C1	3	3	Below	C51	45	45	Below
C2	5	5	Below	C52	59	59	Below
C3	54	54	Below	C53	27	27	Below
C5	56	56	Below	C54	34	34	Below
C6	17	17	Below	C56	46	46	Below
C7	21	21	Below	C57	60	60	Below
C8	1	1	Below	C58	12	12	Below
C9	28	28	Below	C59	8	8	Below
C10	36	36	Below	C61	35	35	Below
C11	7	7	Below	C62	2	2	Below
C15	9	9	Below	C12	14	4	Below
C19	13	13	Below	C13	4	14	Same
C20	48	48	Below	C14	10	15	Below
C21	51	51	Below	C16	15	10	Same
C22	52	52	Below	C17	11	16	Below
C25	23	23	Below	C18	16	11	Same
C26	30	30	Below	C23	58	19	Below
C28	42	42	Below	C24	19	58	Same
C29	57	57	Below	C63	54	22	Below
C30	47	47	Below	C64	22	54	Same
C31	49	49	Below	C67	56	72	Below
C32	53	53	Below	C68	72	56	Same
C33	50	50	Below	C69	17	68	Below
C34	14	14	Below	C70	68	17	Same
C35	10	10	Below	C71	7	73	Below
C36	43	43	Below	C72	73	7	Same
C38	31	31	Below	C73	9	74	Below
C39	24	24	Below	C74	74	9	Same
C40	25	25	Below	C75	13	81	Below
C41	32	32	Below	C76	81	13	Same
C43	44	44	Below	C77	48	69	Below
C44	11	11	Below	C78	69	48	Same
C45	58	58	Below	C82	55	55	Below
C46	18	18	Below	C4	76	76	Below
C47	20	20	Below	C65	84	84	Below
C48	26	26	Below	C27	6	6	Below
C49	33	33	Below	C37	37	37	Below

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-34 Bearn connectivity data

Datos de conectividad - Viga				Datos de conectividad - Viga			
Viga	I-Punto final	J-Punto final	Tipo de curva	Viga	I-Punto final	J-Punto final	Tipo de curva
B14	1	23	None	B48	52	53	None
B15	23	24	None	B49	50	18	None
B16	24	25	None	B50	53	20	None
B17	25	26	None	B51	5	3	None
B18	26	27	None	B52	54	5	None
B19	27	2	None	B53	55	54	None
B20	3	28	None	B54	56	55	None
B22	28	30	None	B56	21	17	None
B23	30	31	None	B57	28	1	None
B24	31	32	None	B58	36	28	None
B25	32	33	None	B59	7	36	None
B26	33	34	None	B60	9	7	None
B27	34	35	None	B61	13	9	None
B28	5	36	None	B63	51	48	None
B29	36	37	None	B64	30	23	None
B30	37	38	None	B65	37	30	None
B31	38	39	None	B66	42	37	None
B32	39	40	None	B67	57	42	None
B33	40	41	None	B68	47	57	None
B34	41	6	None	B69	49	47	None
B35	7	42	None	B70	52	49	None
B36	42	43	None	B71	31	24	None
B37	43	44	None	B72	38	31	None
B38	44	45	None	B73	43	38	None
B39	45	46	None	B74	10	43	None
B40	46	8	None	B75	14	10	None
B41	13	47	None	B76	50	14	None
B42	47	14	None	B77	53	50	None
B43	17	48	None	B78	32	25	None
B44	48	49	None	B79	39	32	None
B45	49	50	None	B80	44	39	None
B46	21	51	None	B81	11	44	None
B47	51	52	None	B82	58	11	None

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-35 Bearn connectivity data

Datos de conectividad - Viga				Datos de conectividad - Viga			
Viga	I-Punto final	J-Punto final	Tipo de curva	Viga	I-Punto final	J-Punto final	Tipo de curva
B83	18	58	None	B109	78	81	None
B84	20	18	None	B115	75	79	None
B85	33	26	None	B116	79	80	None
B86	40	33	None	B117	80	87	None
B87	45	40	None	B118	87	70	None
B88	59	45	None	B119	72	87	None
B89	34	27	None	B120	71	80	None
B90	41	34	None	B122	70	78	None
B91	46	41	None	B123	78	88	None
B92	60	46	None	B124	88	89	None
B93	35	2	None	B125	89	75	None
B94	6	35	None	B126	89	73	None
B95	8	6	None	B127	88	74	None
B96	12	8	None	B104	17	76	None
B1	10	11	None	B108	76	56	None
B2	14	58	None	B128	48	84	None
B3	56	13	None	B129	84	13	None
B4	55	9	None	B130	9	57	None
B7	54	7	None	B131	57	10	None
B10	50	4	None	B132	11	59	None
B11	4	15	None	B133	59	60	None
B12	15	43	None	B134	60	12	None
B13	18	19	None	B5	5	75	None
B21	19	16	None	B102	75	36	None
B97	16	44	None	B103	3	77	None
B9	67	81	None	B106	77	28	None
B105	81	74	None	B8	68	29	None
B107	74	73	None	B55	69	67	None
B110	73	36	None	B99	22	79	None
B111	5	22	None	B135	90	55	None
B112	22	71	None	B6	68	69	None
B113	71	72	None	B62	29	67	None
B114	72	29	None				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.1.5. Área de connectivity

Tabla 7-36 Datos de conectividad de piso

Datos de conectividad de piso					
Piso	N° Bordes	N° de Borde	Punto 1	Punto 2	Tipo de curva
F1	4	1	30	31	None
		2	31	24	None
		3	24	23	None
		4	23	30	None
F6	4	1	31	32	None
		2	32	25	None
		3	25	24	None
		4	24	31	None
F7	4	1	32	33	None
		2	33	26	None
		3	26	25	None
		4	25	32	None
F8	4	1	33	34	None
		2	34	27	None
		3	27	26	None
		4	26	33	None
F9	4	1	34	35	None
		2	35	2	None
		3	2	27	None
		4	27	34	None
F11	4	1	5	36	None
		2	36	28	None
		3	28	3	None
		4	3	5	None
F13	4	1	36	37	None
		2	37	30	None
		3	30	28	None
		4	28	36	None
F14	4	1	37	38	None
		2	38	31	None
		3	31	30	None
		4	30	37	None
F15	4	1	38	39	None
		2	39	32	None

Datos de conectividad de piso					
Piso	N° Bordes	N° de Borde	Punto 1	Punto 2	Tipo de curva
		4	38	43	None
F23	4	1	44	45	None
		2	45	40	None
		3	40	39	None
		4	39	44	None
F24	4	1	45	46	None
		2	46	41	None
		3	41	40	None
		4	40	45	None
F25	4	1	46	8	None
		2	8	6	None
		3	6	41	None
		4	41	46	None
F26	4	1	9	57	None
		2	57	42	None
		3	42	7	None
		4	7	9	None
F27	4	1	57	10	None
		2	10	43	None
		3	43	42	None
		4	42	57	None
F29	4	1	11	59	None
		2	59	45	None
		3	45	44	None
		4	44	11	None
F30	4	1	59	60	None
		2	60	46	None
		3	46	45	None
		4	45	59	None
F31	4	1	60	12	None
		2	12	8	None
		3	8	46	None
		4	46	60	None
F34	4	1	13	47	None

		3	32	31	None			2	47	57	None
		4	31	38	None			3	57	9	None
F16	4	1	39	40	None			4	9	13	None
		2	40	33	None	F35	4	1	47	14	None
		3	33	32	None			2	14	10	None
		4	32	39	None			3	10	57	None
F17	4	1	40	41	None			4	57	47	None
		2	41	34	None	F36	4	1	48	49	None
		3	34	33	None			2	49	47	None
		4	33	40	None			3	47	13	None
F18	4	1	41	6	None			4	13	48	None
		2	6	35	None	F37	4	1	49	50	None
		3	35	34	None			2	50	14	None
		4	34	41	None			3	14	47	None
F20	4	1	7	42	None			4	47	49	None
		2	42	37	None	F38	4	1	21	51	None
		3	37	36	None			2	51	48	None
		4	36	7	None			3	48	17	None
F21	4	1	42	43	None			4	17	21	None
		2	43	38	None	F39	4	1	51	52	None
		3	38	37	None			2	52	49	None
		4	37	42	None			3	49	48	None
F22	4	1	43	44	None			4	48	51	None
		2	44	39	None	F40	4	1	52	53	None
		3	39	38	None			2	53	50	None

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-37 Floor connectivity Data

Datos de conectividad de piso						Datos de conectividad de piso					
Piso	N° Bordes	N° de Borde	Punto 1	Punto 2	Tipo de curva	Piso	N° Bordes	N° de Borde	Punto 1	Punto 2	Tipo de curva
		3	50	49	None			2	43	50	None
		4	49	52	None			3	50	18	None
F41	4	1	53	20	None			4	18	44	None
		2	20	18	None	F42	4	1	50	18	None
		3	18	50	None			2	18	44	None
		4	50	53	None			3	44	43	None
F2	4	1	28	30	None			4	43	50	None
		2	30	23	None	F44	4	1	70	67	None

		3	23	1	None			2	67	36	None
		4	1	28	None			3	36	75	None
F3	4	1	54	7	None			4	75	70	None
		2	7	36	None	F47	4	1	75	5	None
		3	36	5	None			2	5	29	None
		4	5	54	None			3	29	70	None
F4	4	1	55	9	None			4	70	75	None
		2	9	7	None	F55	4	1	68	69	None
		3	7	54	None			2	69	67	None
		4	54	55	None			3	67	29	None
F10	4	1	17	48	None			4	29	68	None
		2	48	13	None	F56	4	1	29	70	None
		3	13	56	None			2	70	75	None
		4	56	17	None			3	75	5	None
F12	4	1	50	18	None			4	5	29	None
		2	18	58	None	F57	4	1	36	75	None
		3	58	14	None			2	75	70	None
		4	14	50	None			3	70	67	None
F19	4	1	14	58	None			4	67	36	None
		2	58	11	None	F45	4	1	67	69	None
		3	11	10	None			2	69	68	None
		4	10	14	None			3	68	29	None
F28	4	1	64	65	None			4	29	67	None
		2	65	66	None	F43	4	1	55	56	None
		3	66	43	None			2	56	13	None
		4	43	64	None			3	13	9	None
F33	4	1	44	43	None			4	9	55	None

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.1.6. Masa

Tabla 7-38 Fuente de masa

Fuente de masa									
Nombre	Incluir Elem	Incluir masa agregada	Incluir cargas	Incluir lateral	Incluir Vertical	historias	Predeterminado	Patrón de carga	Multiplicador
MsSrc1	No	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Muerta	1

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.2. Propiedades

7.7.2.1. Materiales

Propiedades del material					
Nombre	Tipo	E	v	Unidad de peso	Fortalezas de diseño
		MPa		kN/m ³	
A416Gr270	Tendon	196500,6	0	76,9729	Fy=1689.91 MPa, Fu=1861.58 MPa
A992Fy50	Steel	199947,98	0,3	76,9729	Fy=344.74 MPa Fu=448.16 MPa
Acero de refuerzo	Rebar	200000000	0,3	76,9729	Fy=420 MPa Fu=550 MPa
concreto 21	Concrete	21538,11	0,2	24	Fc=21 MPa
Concreto de 28	Concrete	24875,04	0,2	24	Fc=28 MPa
Concreto de 35	Concrete	27811,14	0,2	24	Fc=35 MPa

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.2.2. Secciones de marco

Tabla 7-39 Secciones de marco

Secciones de marco		
Nombre	Material	Forma
COLSEC 65X50	Concreto de 35	SD Section
Columna65*50	Concreto de 35	Concrete Rectangular
Viga45*50	Concreto de 28	Concrete Rectangular

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.2.3. Secciones de la placa

Tabla 7-40 Secciones de la placa

Secciones de la placa						
Nombre	Tipo diseño	Tipo de elemento	Material	Espesor total	Material cubierta	Profundidad cubierta
				mm		mm
Deck1	Deck	Membrane	Concreto de 28	162,5	A992Fy50	75
LEsc	Slab	Membrane	Concreto de 28	0,01		
Placa40	Slab	Membrane	Concreto de 28	0,01		
RampaPea	Slab	Shell-Thin	Concreto de 28	0,01		
RampaPeades	Slab	Membrane	Concreto de 28	0,01		
RampaVeh	Slab	Shell-Thin	Concreto de 28	0,01		
Slab1	Slab	Shell-Thin	Concreto de 28	200		
Wall1	Wall	Shell-Thin	Concreto de 28	250		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.2.4. Tamaños de refuerzo

Tabla 7-41 Tamaños de barra de refuerzo

Tamaños de barra de refuerzo					
Nombre	Diámetro	Área	Nombre	Diámetro	Área
	mm	mm ²		mm	mm ²
6	6	28	#2	6,4	32
8	8	50	#3	9,5	71
10	10	79	#4	12,7	129
12	12	113	#5	15,9	200
14	14	154	#6	19,1	284
16	16	201	#7	22,2	387
18	18	255	#8	25,4	510
20	20	314	#9	28,7	645
22	22	380	#10	32,3	819
25	25	491	#11	35,8	1006
26	26	531	#14	43	1452
28	28	616	#18	57,3	2581
32	32	804			
36	36	1018			
40	40	1257			
50	50	1964			

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.3. Asignaciones

7.7.3.1. Asignaciones conjuntas

Tabla 7-42 Asignaciones conjuntas

Asignaciones conjuntas				Asignaciones conjuntas			
Historia	Etiqueta	Nombre único	Diafragma	Historia	Etiqueta	Nombre único	Diafragma
cubierta	1	123	Cubierta	cubierta	37	212	Cubierta
cubierta	2	152	Cubierta	cubierta	38	217	Cubierta
cubierta	3	158	Cubierta	cubierta	39	222	Cubierta
cubierta	5	203	Cubierta	cubierta	40	227	Cubierta
cubierta	6	237	Cubierta	cubierta	41	232	Cubierta
cubierta	7	243	Cubierta	cubierta	42	244	Cubierta
cubierta	8	272	Cubierta	cubierta	43	252	Cubierta
cubierta	9	278	Cubierta	cubierta	44	257	Cubierta
cubierta	10	279	Cubierta	cubierta	45	262	Cubierta
cubierta	11	288	Cubierta	cubierta	46	267	Cubierta
cubierta	12	289	Cubierta	cubierta	47	299	Cubierta
cubierta	13	298	Cubierta	cubierta	48	314	Cubierta
cubierta	14	307	Cubierta	cubierta	49	322	Cubierta
cubierta	17	313	Cubierta	cubierta	50	327	Cubierta
cubierta	18	352	Cubierta	cubierta	51	334	Cubierta
cubierta	20	357	Cubierta	cubierta	52	342	Cubierta
cubierta	21	333	Cubierta	cubierta	53	347	Cubierta
cubierta	23	124	Cubierta	cubierta	54	362	Cubierta
cubierta	24	132	Cubierta	cubierta	55	367	Cubierta
cubierta	25	137	Cubierta	cubierta	56	372	Cubierta
cubierta	26	142	Cubierta	cubierta	57	377	Cubierta
cubierta	27	147	Cubierta	cubierta	58	382	Cubierta
cubierta	28	159	Cubierta	cubierta	59	387	Cubierta
cubierta	30	172	Cubierta	cubierta	60	392	Cubierta
cubierta	31	177	Cubierta	cubierta	64	11	From Area
cubierta	32	182	Cubierta	cubierta	65	12	From Area
cubierta	33	187	Cubierta	cubierta	66	13	From Area
cubierta	34	192	Cubierta	cubierta	84	476	From Area
cubierta	35	197	Cubierta	cubierta	76	462	From Area
cubierta	36	204	Cubierta				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-43 Asignaciones conjuntas

Asignaciones conjuntas				Asignaciones conjuntas			
Historia	Etiqueta	Nombre único	Diafragma	Historia	Etiqueta	Nombre único	Diafragma
Story4	1	127	Piso4	Story4	46	269	Piso4
Story4	2	154	Piso4	Story4	47	303	Piso4
Story4	3	162	Piso4	Story4	48	318	Piso4
Story4	5	207	Piso4	Story4	49	324	Piso4
Story4	6	239	Piso4	Story4	50	329	Piso4
Story4	7	247	Piso4	Story4	51	338	Piso4
Story4	8	274	Piso4	Story4	52	344	Piso4
Story4	9	282	Piso4	Story4	53	349	Piso4
Story4	10	283	Piso4	Story4	54	364	Piso4
Story4	11	292	Piso4	Story4	55	369	Piso4
Story4	12	293	Piso4	Story4	56	374	Piso4
Story4	13	302	Piso4	Story4	57	379	Piso4
Story4	14	309	Piso4	Story4	58	384	Piso4
Story4	17	317	Piso4	Story4	59	389	Piso4
Story4	18	354	Piso4	Story4	60	394	Piso4
Story4	20	359	Piso4	Story4	4	14	From Area
Story4	21	337	Piso4	Story4	15	18	From Area
Story4	23	128	Piso4	Story4	16	22	From Area
Story4	24	134	Piso4	Story4	19	30	From Area
Story4	25	139	Piso4	Story4	29	50	From Area
Story4	26	144	Piso4	Story4	67	51	From Area
Story4	27	149	Piso4	Story4	68	48	From Area
Story4	28	163	Piso4	Story4	69	49	From Area
Story4	30	174	Piso4	Story4	70	47	From Area
Story4	31	179	Piso4	Story4	75	46	From Area
Story4	32	184	Piso4	Story4	22	53	From Area
Story4	33	189	Piso4	Story4	71	57	From Area
Story4	34	194	Piso4	Story4	72	62	From Area
Story4	35	199	Piso4	Story4	73	72	From Area
Story4	36	208	Piso4	Story4	74	76	From Area
Story4	37	214	Piso4	Story4	81	79	From Area
Story4	38	219	Piso4	Story4	78	95	From Area
Story4	39	224	Piso4	Story4	79	98	From Area
Story4	40	229	Piso4	Story4	80	97	From Area
Story4	41	234	Piso4	Story4	87	96	From Area
Story4	42	248	Piso4	Story4	88	100	From Area
Story4	43	254	Piso4	Story4	89	99	From Area
Story4	44	259	Piso4	Story4	84	111	From Area
Story4	45	264	Piso4	Story4	76	463	From Area

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.3.2. Asignaciones de marco

Tabla 7-44 Asignaciones de marco

Asignaciones de marco							
Historia	Etiqueta	Nombre único	Tipo de diseño	Longitud	Análisis sección	Sección de diseño	N° Mín de estacione s
				mm			
cubierta	C1	1	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C2	841	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C3	51	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C5	521	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C6	546	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C7	571	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C8	596	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C9	621	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C10	862	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C11	716	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C15	776	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C19	780	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C20	785	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C21	790	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C22	845	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C25	805	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C26	810	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C28	825	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C29	830	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C30	835	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C31	840	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C32	850	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C33	855	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C34	860	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C35	865	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C36	870	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C38	880	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C39	885	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C40	890	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C41	895	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C43	905	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C44	910	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C45	915	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C46	925	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C47	930	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3

cubierta	C48	935	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C49	940	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C51	950	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C52	955	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C53	960	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C54	965	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C56	975	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C57	980	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C58	985	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C59	990	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C61	1000	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C62	1005	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C82	139	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C4	207	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C65	553	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C27	767	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
cubierta	C37	762	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C1	3	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C2	846	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C7	573	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C8	598	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C9	623	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C10	863	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C21	792	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C22	847	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C25	807	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C26	812	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C28	827	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C29	832	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C30	837	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C31	842	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C32	852	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C33	857	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C36	872	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C38	882	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C39	887	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C40	892	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C41	897	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C43	907	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C46	927	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C47	932	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3

Story4	C48	937	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C49	942	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C51	952	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C52	957	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C53	962	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C54	967	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C56	977	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C57	982	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C58	987	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C59	992	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C61	1002	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C62	1007	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C12	24	Column	1176	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C13	25	Column	2324	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C14	37	Column	2432,3	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C16	38	Column	1067,7	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C17	45	Column	2432,3	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C18	46	Column	1067,7	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C23	58	Column	1176	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C24	59	Column	2324	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C63	539	Column	246,6	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C64	540	Column	3253,4	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C67	560	Column	1331,7	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C68	561	Column	2168,3	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C69	582	Column	1750	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C70	583	Column	1750	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C71	590	Column	3253,4	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C72	591	Column	246,6	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C73	603	Column	2754,9	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C74	604	Column	745,1	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C75	609	Column	2168,3	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C76	610	Column	1331,7	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C77	617	Column	1750	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C78	618	Column	1750	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C82	496	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C4	535	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C65	555	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C27	769	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3
Story4	C37	764	Column	3500	Columna65*50	Columna65*50	3

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.3.3. Asignaciones de la placa

Tabla 7-45 Asignaciones de la placa –Cubierta-

Asignaciones de la placa –Cubierta				Asignaciones de la placa –Cubierta			
Historia	Etiqueta	Nombre	Sección	Historia	Etiqueta	Nombre	Sección
cubierta	F1	43	Placa40	cubierta	F27	177	Placa40
cubierta	F6	49	Placa40	cubierta	F29	190	Placa40
cubierta	F7	55	Placa40	cubierta	F30	196	Placa40
cubierta	F8	61	Placa40	cubierta	F31	202	Placa40
cubierta	F9	67	Placa40	cubierta	F34	220	Placa40
cubierta	F11	79	Placa40	cubierta	F35	226	Placa40
cubierta	F13	91	Placa40	cubierta	F36	232	Placa40
cubierta	F14	99	Placa40	cubierta	F37	238	Placa40
cubierta	F15	105	Placa40	cubierta	F38	244	Placa40
cubierta	F16	111	Placa40	cubierta	F39	250	Placa40
cubierta	F17	117	Placa40	cubierta	F40	256	Placa40
cubierta	F18	123	Placa40	cubierta	F41	262	Placa40
cubierta	F20	135	Placa40	cubierta	F2	2	Placa40
cubierta	F21	141	Placa40	cubierta	F3	4	Placa40
cubierta	F22	147	Placa40	cubierta	F4	5	Placa40
cubierta	F23	153	Placa40	cubierta	F10	7	Placa40
cubierta	F24	159	Placa40	cubierta	F12	8	Placa40
cubierta	F25	165	Placa40	cubierta	F19	9	Placa40
cubierta	F26	171	Placa40	cubierta	F28	10	Placa40
				cubierta	F43	15	Placa40

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-46 Asignaciones de la placa –Piso 4-

Asignaciones de la placa –Cubierta				Asignaciones de la placa –Cubierta				Ángulo del eje
Historia	Etiqueta	Nombre	Sección	Historia	Etiqueta	Nombre	Sección	
Story4	F6	51	Placa40	Story4	F27	179	Placa40	
Story4	F7	57	Placa40	Story4	F29	192	Placa40	
Story4	F8	63	Placa40	Story4	F30	198	Placa40	
Story4	F9	69	Placa40	Story4	F31	204	Placa40	
Story4	F11	81	Placa40	Story4	F34	222	Placa40	
Story4	F13	93	Placa40	Story4	F35	228	Placa40	
Story4	F14	101	Placa40	Story4	F36	234	Placa40	

Story4	F15	107	Placa40	Story4	F37	240	Placa40	
Story4	F16	113	Placa40	Story4	F38	246	Placa40	
Story4	F17	119	Placa40	Story4	F39	252	Placa40	
Story4	F18	125	Placa40	Story4	F40	258	Placa40	
Story4	F20	137	Placa40	Story4	F41	264	Placa40	
Story4	F21	143	Placa40	Story4	F2	24	LEsc	
Story4	F22	149	Placa40	Story4	F42	11	RampaVeh	90
Story4	F23	155	Placa40	Story4	F44	22	RampaPea	
Story4	F24	161	Placa40	Story4	F47	23	RampaPea	
Story4	F25	167	Placa40	Story4	F45	127	RampaPea des	
Story4	F26	173	Placa40					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.4. Cargas

7.7.4.1. Patrones de carga

Tabla 7-47 Patrones de carga

Patrones de carga			
Nombre	Tipo	Mult. Peso propio	Carga automática
Muerta	Dead	1	
Viva	Live	0	
Viva cubierta	Roof Live	0	
Derivas X	Seismic (Drift)	0	User Loads
Derivas Y	Seismic (Drift)	0	User Loads
SismoX	Seismic	0	User Loads
SismoY	Seismic	0	User Loads

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.4.2. Cargas de línea

Tabla 7-48 Cargas uniformemente distribuidas

TABLE: Frame Loads - Distributed												
Story	Label	Unique Name	Design Type	Load Pattern	Load Type	Direction	Relative Distance Start	Relative Distance End	Absolute Distance Start	Absolute Distance End	Force at Start	Force at End
									mm	mm	kN/m	KN/m
Story5	B14	2	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story5	B22	35	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story4	B14	69	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story4	B22	109	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story3	B14	4	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story3	B22	29	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story2	B14	66	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story2	B22	106	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story2	B112	660	Beam	Muerta	Force	Gravity	0	1	0	5741,7	10,4	10,4
Story4	B14	69	Beam	Viva	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story4	B22	109	Beam	Viva	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story3	B14	4	Beam	Viva	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story3	B22	29	Beam	Viva	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story2	B14	66	Beam	Viva	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625
Story2	B22	106	Beam	Viva	Force	Gravity	0	1	0	4700	10,625	10,625

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.4.3. Cargas de área

Tabla 7-49 Carga uniformemente distribuida de la losa – Carga muerta -

TABLE: Shell Loads - Uniform						TABLE: Shell Loads - Uniform					
Story	Label	Unique Name	Load Pattern	Direction	Load	Story	Label	Unique Name	Load Pattern	Direction	Load
					kN/m ²						kN/m ²
cubierta	F1	43	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F1	45	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F6	49	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F6	51	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F7	55	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F7	57	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F8	61	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F8	63	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F9	67	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F9	69	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F11	79	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F11	81	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F13	91	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F13	93	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F14	99	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F14	101	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F15	105	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F15	107	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F16	111	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F16	113	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F17	117	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F17	119	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F18	123	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F18	125	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F20	135	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F20	137	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F21	141	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F21	143	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F22	147	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F22	149	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F23	153	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F23	155	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F24	159	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F24	161	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F25	165	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F25	167	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F26	171	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F26	173	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F27	177	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F27	179	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F29	190	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F29	192	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F30	196	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F30	198	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F31	202	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F31	204	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F34	220	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F34	222	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F35	226	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F35	228	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F36	232	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F36	234	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F37	238	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F37	240	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F38	244	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F38	246	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F39	250	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F39	252	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F40	256	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F40	258	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F41	262	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F41	264	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F2	2	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F2	24	Muerta	Gravity	0
cubierta	F3	4	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F42	11	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F4	5	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F44	22	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F10	7	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F47	23	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F12	8	Muerta	Gravity	2,1						
cubierta	F19	9	Muerta	Gravity	2,1	Story4	F45	127	Muerta	Gravity	2,1
cubierta	F28	10	Muerta	Gravity	2,1						
cubierta	F43	15	Muerta	Gravity	2,1						

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-50 Carga uniformemente distribuida de viva cubierta- viva piso 4-

TABLE: Shell Loads - Uniform						TABLE: Shell Loads - Uniform					
Story	Label	Unique Name	Load Pattern	Direction	Load	Story	Label	Unique Name	Load Pattern	Direction	Load
cubierta	F6	49	Viva cubierta	Gravity	0,5	cubierta	F28	10	vc	Gravity	0,5
cubierta	F7	55	Viva cubierta	Gravity	0,5	cubierta	F43	15	vc	Gravity	0,5
cubierta	F8	61	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F1	45	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F9	67	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F6	51	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F11	79	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F7	57	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F13	91	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F8	63	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F14	99	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F9	69	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F15	105	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F11	81	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F16	111	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F13	93	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F17	117	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F14	101	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F18	123	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F15	107	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F20	135	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F16	113	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F21	141	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F17	119	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F22	147	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F18	125	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F23	153	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F20	137	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F24	159	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F21	143	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F25	165	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F22	149	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F26	171	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F23	155	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F27	177	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F24	161	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F29	190	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F25	167	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F30	196	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F26	173	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F31	202	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F27	179	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F34	220	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F29	192	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F35	226	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F30	198	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F36	232	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F31	204	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F37	238	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F34	222	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F38	244	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F35	228	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F39	250	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F36	234	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F40	256	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F37	240	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F41	262	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F38	246	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F2	2	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F39	252	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F3	4	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F40	258	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F4	5	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F41	264	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F10	7	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F2	24	Viva	Gravity	2,1
cubierta	F12	8	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F42	11	Viva	Gravity	2,5
cubierta	F19	9	Viva cubierta	Gravity	0,5	Story4	F44	22	Viva	Gravity	5
						Story4	F47	23	Viva	Gravity	5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.4.4. Casos de carga

Tabla 7-51 Casos de carga

TABLE: Load Cases - Summary	
Name	Type
D	Linear Static
L	Linear Static
Lr	Linear Static
Sx	Linear Static
Sy	Linear Static
Ex	Linear Static
Ey	Linear Static

Fuente: Elaboración propia, 2020.

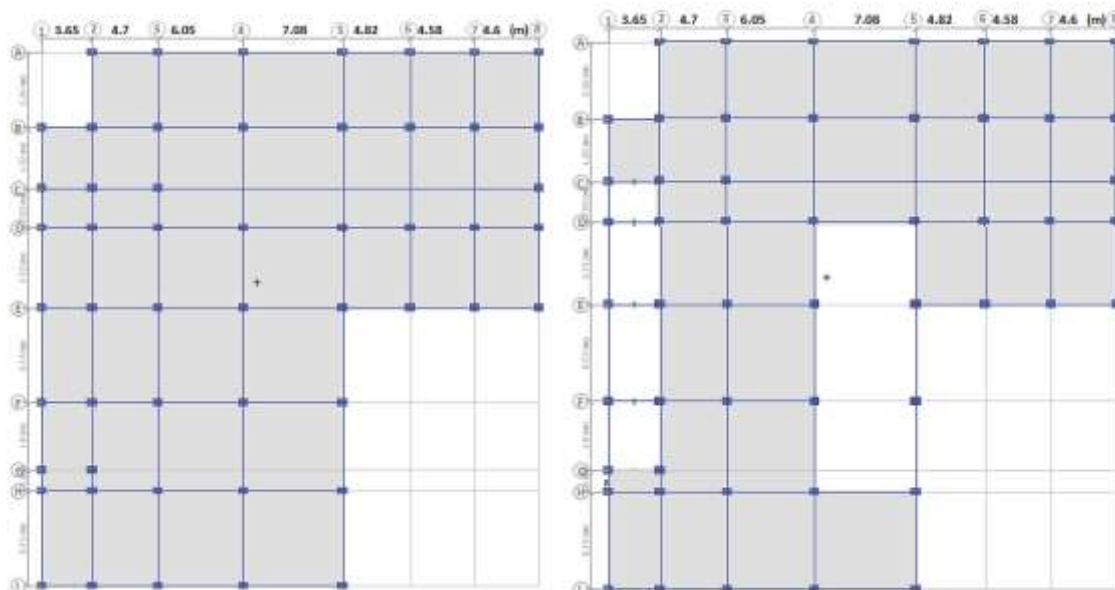
7.7.4.5. Combinaciones de carga

Tabla 7-52 Combinaciones de carga

TABLE: Load Combinations					TABLE: Load Combinations				
Name	Load Case/Combo	Scale Factor	Type	Auto	Name	Load Case/Combo	Scale Factor	Type	Auto
Comb1	D	1,4	Linear Add	No	Comb14	Ex	1		
Comb2	D	1,2	Linear Add	No	Comb14	Ey	0,3		
Comb2	L	1,6			Comb15	D	0,9	Linear	No
Comb2	Lr	0,5			Comb15	Ex	1		
Comb3	D	1,2	Linear Add	No	Comb15	Ey	-0,3		
Comb3	L	1			Comb16	D	0,9	Linear	No
Comb3	Lr	1,6			Comb16	Ex	-1		
Comb4	D	1,2	Linear Add	No	Comb16	Ey	0,3		
Comb4	L	1			Comb17	D	0,9	Linear	No
Comb4	Lr	0,5			Comb17	Ex	-1		
Comb5	D	1,2	Linear Add	No	Comb17	Ey	-0,3		
Comb5	L	1			Comb18	D	0,9	Linear	No
Comb5	Ey	0,3			Comb18	Ex	0,3		
Comb5	Ex	1			Comb18	Ey	1		
Comb6	D	1,2	Linear Add	No	Comb19	D	0,9	Linear	No
Comb6	L	1			Comb19	Ex	0,3		
Comb6	Ey	-0,3			Comb19	Ey	-1		
Comb6	Ex	1			Comb20	D	0,9	Linear	No
Comb7	D	1,2	Linear Add	No	Comb20	Ex	-0,3		
Comb7	L	1			Comb20	Ey	1		
Comb7	Ey	0,3			Comb21	D	0,9	Linear	No
Comb7	Ex	-1			Comb21	Ex	-0,3		
Comb8	D	1,2	Linear Add	No	Comb21	Ey	-1		
Comb8	L	1			Comb22	Comb1	1	Envelope	No
Comb8	Ey	-0,3			Comb22	Comb2	1		
Comb8	Ex	-1			Comb22	Comb3	1		
Comb9	D	1,2	Linear Add	No	Comb22	Comb4	1		
Comb9	L	1			Comb22	Comb5	1		
Comb9	Ey	1			Comb22	Comb6	1		
Comb9	Ex	0,3			Comb22	Comb7	1		
Comb10	D	1,2	Linear Add	No	Comb22	Comb8	1		
Comb10	L	1			Comb22	Comb9	1		
Comb10	Ey	-1			Comb22	Comb10	1		
Comb10	Ex	0,3			Comb22	Comb11	1		
Comb11	D	1,2	Linear Add	No	Comb22	Comb12	1		
Comb11	L	1			Comb22	Comb13	1		
Comb11	Ey	1			Comb22	Comb14	1		
Comb11	Ex	-0,3			Comb22	Comb15	1		
Comb12	D	1,2	Linear Add	No	Comb22	Comb16	1		
Comb12	L	1			Comb22	Comb17	1		
Comb12	Ey	-1			Comb22	Comb18	1		
Comb12	Ex	-0,3			Comb22	Comb19	1		
Comb13	D	0,9	Linear Add	No	Comb22	Comb20	1		
Comb14	D	0,9	Linear Add	No	Comb22	Comb21	1		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.7.5. Enumeración de nodos para la cubierta



Gráfica 7-2 Enumeración de los nodos para la cubierta – Piso 5-4-3-2 de la estructura

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.8. ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA

7.8.1. Verificación de derivas

Tabla 7-53 Verificación de derivas

VERIFICACIÓN DE DERIVAS						
SISMO X						
EJE 8A						
Piso	u1 (mm)	u2 (mm)	Dmáx (mm)	Hpiso (mm)	%	¿Cumple?
Cubierta	22,063	-2,460	2,344	3500	0,066980283	Si
5	19,730	-2,230	4,142	3500	0,118353673	Si
4	15,610	-1,800	5,632	3500	0,160915747	Si
3	10,010	-1,200	6,119	3500	0,174829363	Si
2	3,930	-0,510	3,963	3500	0,113227241	Si
Cimiento	0,000	0,000				
EJE 1H						
Piso	u1 (mm)	u2 (mm)	Dmáx (mm)	Hpiso (mm)	%	¿Cumple?
Cubierta	18,170	1,330	1,964	3500	0,05612304	Si
5	16,210	1,200	3,458	3500	0,09879023	Si
4	12,760	0,970	4,661	3500	0,13317136	Si
3	8,110	0,650	5,023	3500	0,14351192	Si

2	3,100	0,290	3,114	3500	0,08895814	Si
Cimiento	0,000	0,000				
EJE 1B						
Piso	u1 (mm)	u2 (mm)	Dmáx (mm)	Hpiso (mm)	%	¿Cumple?
Cubierta	21,490	1,330	2,274	3500	0,06496341	Si
5	19,220	1,200	4,037	3500	0,11533022	Si
4	15,190	0,970	5,469	3500	0,15626769	Si
3	9,730	0,650	5,941	3500	0,16974049	Si
2	3,800	0,290	3,811	3500	0,10888713	Si
Cimiento	0,000	0,000				
SISMO Y						
EJE8A						
Piso	u1 (mm)	u2 (mm)	Dmáx (mm)	Hpiso (mm)	%	¿Cumple?
Cubierta	-4,130	18,610	2,430	3500	0,06943327	Si
5	-3,690	16,220	3,471	3500	0,09917414	Si
4	-2,900	12,840	4,533	3500	0,12952219	Si
3	-1,850	8,430	5,092	3500	0,14547347	Si
2	-0,700	3,470	3,540	3500	0,10114003	Si
Cimiento	0,000	0,000				
EJE 1H						
Piso	u1 (mm)	u2 (mm)	Dmáx (mm)	Hpiso (mm)	%	¿Cumple?
Cubierta	4,970	9,720	1,538	3500	0,04394059	Si
5	4,430	8,280	1,930	3500	0,05514285	Si
4	3,480	6,600	2,488	3500	0,07109924	Si
3	2,210	4,460	2,856	3500	0,08158831	Si
2	0,830	1,960	2,128	3500	0,06081420	Si
Cimiento	0,000	0,000				
EJE 1B						
Piso	u1 (mm)	u2 (mm)	Dmáx (mm)	Hpiso (mm)	%	¿Cumple?
Cubierta	-2,790	9,720	1,471	3500	0,04202623	Si
5	-2,490	8,280	1,762	3500	0,05033195	Si
4	-1,960	6,600	2,255	3500	0,06442017	Si
3	-1,250	4,460	2,616	3500	0,07473982	Si
2	-0,480	1,960	2,018	3500	0,05765484	Si
Cimiento	0,000	0,000				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.8.2. Irregularidades según A.3 NSR-10

7.8.2.1. Revisión de irregularidad en planta

7.8.2.1.1. Irregularidad torsional

Esta irregularidad se presenta cuando la edificación cuenta con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.2 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia.

Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$	Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$

Ilustración 7-6 irregularidad torsional – extrema

Fuente: Figura A.3-1 NSR-10 título A, 2020 [8].

Tabla 7-54 Desplazamiento mínimo y máximo de la estructura.

DESPLAZAMIENTO MINIMO Y MÁXIMO						
Cubierta	u1 (mm)	u2 (mm)	u1max (mm)	u1min(mm)	u2max (mm)	u2min(mm)
EJE 8A	22,063	18,610	22,063	18,170	18,610	9,720
EJE 1H	18,170	9,720	Irregularidad torsional X			No
EJE 1B	21,490	9,720	Irregularidad torsional extrema X			No
			Irregularidad torsional Y			Si
			Irregularidad torsional extrema Y			No
Piso5	u1 (mm)	u2 (mm)	u1max (mm)	u1min(mm)	u2max (mm)	u2min(mm)
EJE 8A	19,730	16,220	19,730	16,210	16,220	8,280
EJE 1H	16,210	8,280	Irregularidad torsional X			No
EJE 1B	19,220	8,280	Irregularidad torsional extrema X			No
			Irregularidad torsional Y			Si
			Irregularidad torsional extrema Y			No
Piso 4	u1 (mm)	u2 (mm)	u1max (mm)	u1min(mm)	u2max (mm)	u2min(mm)

EJE 8A	15,610	12,840	15,610	12,760	12,840	6,600
EJE 1H	12,760	6,600	Irregularidad torsional X			No
EJE 1B	15,190	6,600	Irregularidad torsional extrema X			No
			Irregularidad torsional Y			Si
			Irregularidad torsional extrema Y			No
Piso 3	u1 (mm)	u2 (mm)	u1max (mm)	u1min(mm)	u2max (mm)	u2min(mm)
EJE 8A	10,010	8,430	10,010	8,110	8,430	4,460
EJE 1H	8,110	4,460	Irregularidad torsional X			No
EJE 1B	9,730	4,460	Irregularidad torsional extrema X			No
			Irregularidad torsional Y			Si
			Irregularidad torsional extrema Y			No
Piso 2	u1 (mm)	u2 (mm)	u1max (mm)	u1min(mm)	u2max (mm)	u2min(mm)
EJE 8A	3,930	3,470	3,930	3,100	3,470	1,960
EJE 1H	3,100	1,960	Irregularidad torsional X			No
EJE 1B	3,800	1,960	Irregularidad torsional extrema X			No
			Irregularidad torsional Y			Si
			Irregularidad torsional extrema Y			No

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.8.2.1.2. Retrocesos en las esquinas

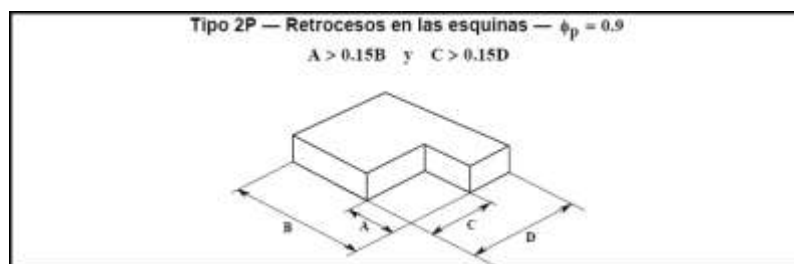


Ilustración 7-7 Retrocesos en las esquinas.
Fuente: Figura A.3-1 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura cuenta con retrocesos en las esquinas.

7.8.2.1.3. Irregularidad del diafragma

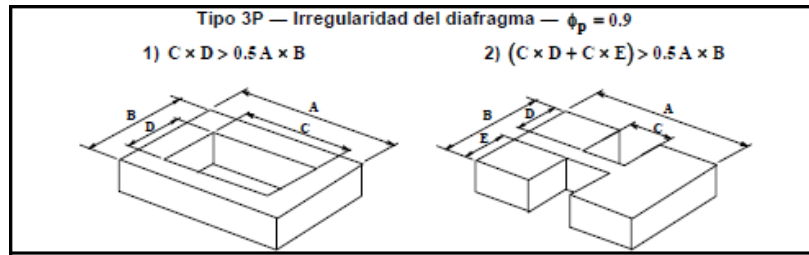


Ilustración 7-8 Irregularidad en las esquinas.
Fuente: Figura A.3-1 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura no presenta discontinuidades considerables en su rigidez.

7.8.2.1.4. Desplazamiento de los planos de acción

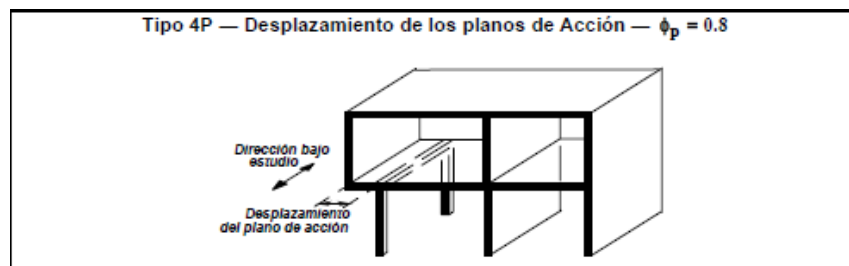


Ilustración 7-9 Desplazamiento de los planos de acción.
Fuente: Figura A.3-1 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura no presenta desplazamientos en los planos de acción.

7.8.2.1.5. Sistemas no paralelos

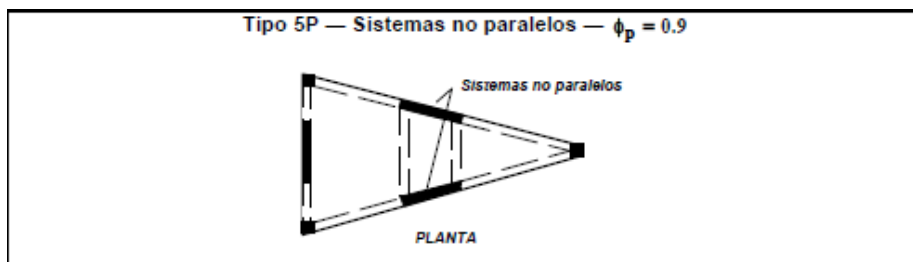


Ilustración 7-10 Sistemas no paralelos.
Fuente: Figura A.3-1 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura no cuenta con sistemas no paralelos.

7.8.2.1.6. Coeficiente de reducción

El coeficiente de reducción por condición de irregularidad en planta corresponde a: $\phi_a=0.8$.

7.8.2.2. Irregularidades en altura

7.8.2.2.1. Piso flexible

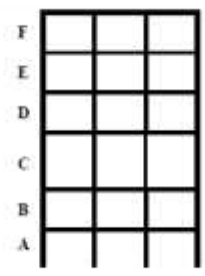
<p>Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ $0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$ $0.70 (K_D+K_E+K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D+K_E+K_F) / 3$</p>	
<p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Rigidez } K_C < 0.60 \text{ Rigidez } K_D$ $\text{Rigidez } K_C < 0.70 (K_D+K_E+K_F) / 3$</p>	

Ilustración 7-11 Piso flexible.

Fuente: Figura A.3-2 NSR-10 título A, 2020 [8].

La rigidez ante las fuerzas horizontales por piso, tiene una distribución uniforme. No presenta irregularidad por rigidez.

7.8.2.2.2. Distribución de masa

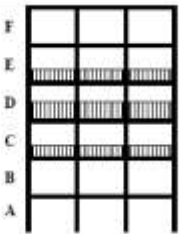
<p>Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ $m_D > 1.50 m_C$</p>	

Ilustración 7-12 Distribución de masa.

Fuente: Figura A.3-2 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura no es irregular por distribución de masas.

7.8.2.2.3. Desplazamiento dentro del plano de acción.

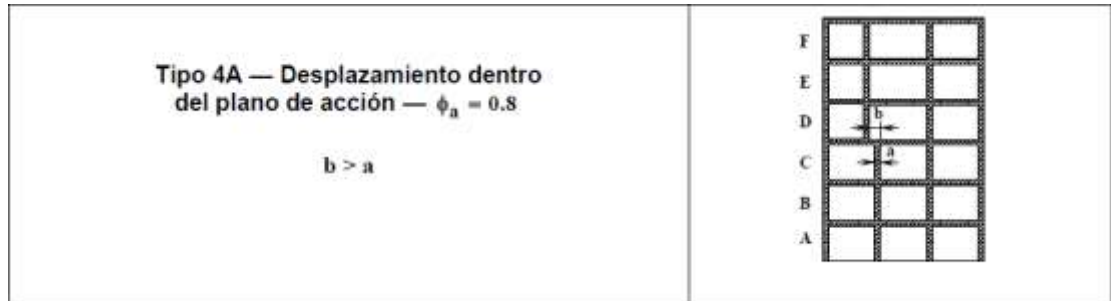


Ilustración 7-13 Desplazamiento dentro del plano de acción.
Fuente: Figura A.3-2 NSR-10 título A, 2020 [8].

7.8.2.2.4. Irregularidad geométrica

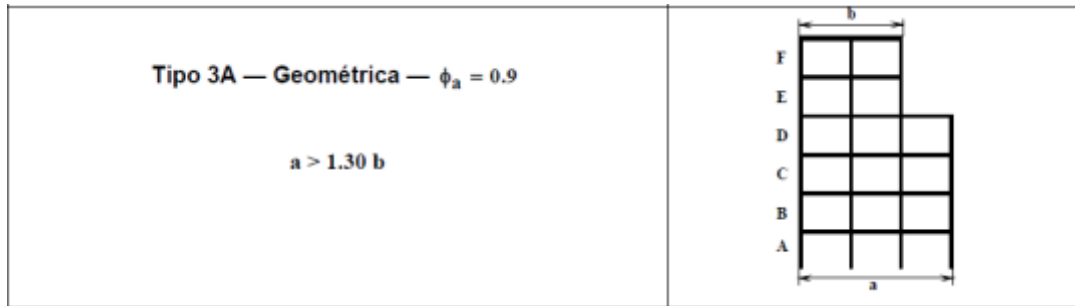


Ilustración 7-14 Geométrica.
Fuente: Figura A.3-2 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura SI tiene irregularidad geométrica.

7.8.2.2.5. Piso débil

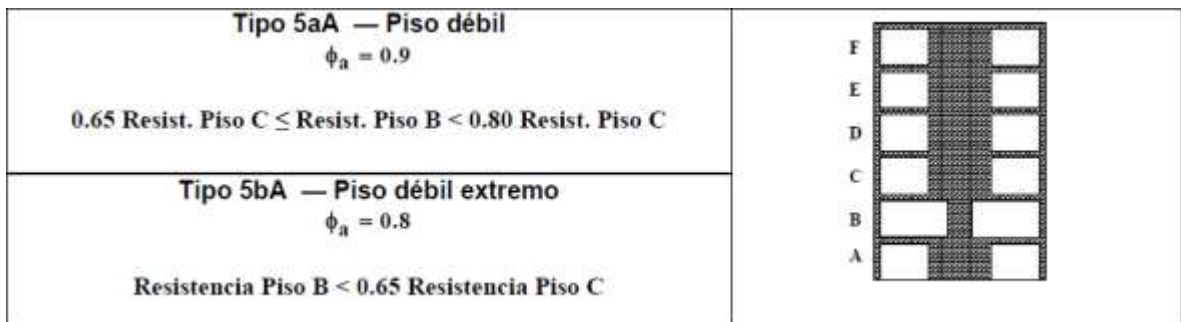


Ilustración 7-15 Piso débil
Fuente: Figura A.3-2 NSR-10 título A, 2020 [8].

La estructura no cuenta con cambios de rigidez entre pisos.

7.8.2.2.6. Coeficiente de reducción por irregularidad en altura

el coeficiente de reducción por condición de irregularidad en altura corresponde a: $\Phi_a=1$.

7.8.2.2.7. Coeficiente de disipación de energía afectado por las irregularidades

El coeficiente de disipación de energía corresponde al valor de: $R=5.6$

7.8.2.2.8. Revisión de ausencia de redundancia.

El coeficiente por ausencia de redundancia es igual a $\Phi_r=1$.


7.9. DISEÑO DE VIGA Y COLUMNA

7.9.1. Diseño de viga

La **combinación** que se tuvo en cuenta para realizar el diseño de la viga, fue la combinación 22 que contempla todas las combinaciones de carga denominada envolvente.

Eje 5 en sentido Y: En la Tabla 7-55 Momentos viga se observa la distribución de las vigas que hacen parte de la viga 5Y, determinando para cada apoyo el momento positivo y negativo.

Tabla 7-55 Momentos viga crítica

EJE 5Y						
	5.35	7.08	6.75	6.75	6.3	4.2
Momento (+) (KN/m)	58.3	83.28	41.84	54.09	57.29	104.63
Momento (-) (KN/m)	-162.56	-101.77	-121.09	-92.4	-90.6	-144.5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7.9.1.1. Diseño a flexión:

Se estudiaron los momentos últimos positivos y negativos en cada luz para la viga 5Y del piso numero 5 viga, calculando el área de acero requerida para reforzar dichos momentos a tensión y compresión respectivamente.

Tabla 7-56 Datos iniciales

Datos geometricos	b(m)	h(m)	Rec (m)	d(m)
	0.45	0.5	0.05	0.45
Características de los materiales	Φ_{Vc}	F'c (kn/m²)	Fy(kn/m²)	Es(kg/cm²)
	151.800	28000	420000	200000000
Datos Adicionales	Φ	0.9	Ecu	0.003
	β	0.85	Ey	0.0021

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con la geometría, características de los materiales y los momentos arrojados por el software de elementos finitos ETABS, se procede hallar el área de acero necesaria para el refuerzo longitudinal a tensión tomando el momento (+), a compresión momento (-), Utilizando la siguiente ecuación.

$$As(mm^2) = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} - \sqrt{\frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} - \frac{1.70 * f'c * b * Mu}{\phi * fy^2}}$$

Ecuación 7-7 As requerido para la sección de la viga
Tabla 7-57 Refuerzo requerido de la viga crítica

As(mm2) requerido	348.02	500.51	248.67	322.52	341.90	632.54
#Numero de barras	4	4	4	4	4	4
#Barra	#5	#5	#5	#5	#5	#5
Area de la Barra (mm2)	199	199	199	199	199	199
As(mm2) colocado	796	796	796	796	796	796
Diametro	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
As'(mm2) requerido	918.88	583.46	691.07	530.93	520.81	820.19
#Numero de barras	4	4	4	4	4	4
#Barra	#6	#5	#5	#5	#5	#6
Area de la barra (mm2)	284	199	199	199	199	284
As'(mm2) colocado	1136	796	796	796	796	1136
Diametro (mm)	19.1	15.9	15.9	15.9	15.9	19.1
d	0.4341	0.4341	0.4341	0.4341	0.4341	0.4341
d'	0.4309	0.4341	0.4341	0.4341	0.4341	0.4309

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se obtiene el área de acero necesaria para soportar dichos momentos y es chequeado la mínima y máxima sollicitación de acero que debe soportar la sección.

7.9.1.2. Chequeo de la cuantía para viga tipo

Tabla 7-58 Chequeo de la cuantía.

CHEQUEO DE CUANTIA						
(b-b)	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041
(b-b')	0.0059	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0059
(b-b') Min	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
(b-b') Max	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483
Cumple Compresion	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Cumple Tension	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- La ecuación utilizada para calcular la cuantía de acero a tensión:

$$(\rho - \rho) = \frac{As}{b * d}$$

Ecuación 7-8 Cuantía de acero a tensión.

- La ecuación utilizada para calcular la cuantía de acero a compresión es

$$(\rho - \rho)' = \frac{As}{b * d}$$

Ecuación 7-9 Cuantía de acero a compresión.

- La ecuación utilizada para calcular la cuantía mínima de acero que debe tener la viga:

$$(\rho - \rho)Min = \frac{1.4}{fy}$$

Ecuación 7-10 Cuantía mínima de acero que debe tener la viga.

- La ecuación utilizada para calcular la cuantía máxima de acero:

$$(\rho - \rho)Max = \frac{0.85 * f'c * \beta1 * \frac{\epsilon_{uc}}{\epsilon'_{s}} * \frac{d'}{d}}$$

Ecuación 7-11 Cuantía máxima de acero para la sección de la viga.

7.9.1.3. Diseño a cortante

Tabla 7-59 Cortante viga crítica

EJE 5Y							
	5.35	7.08	6.75	6.75	6.3	4.2	
Cortante Vu (KN)	120.34	147.5	77.22	41.9	42.6	109.14	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La viga es diseñada para que resista un cortante último V_u , a una distancia d de la cara del apoyo, teniendo en cuenta la resistencia del concreto. Es hallada la resistencia del acero en cada apoyo obteniendo como resultado del análisis de las vigas del piso 5 piso tanto en X como en Y; la resistencia del acero arroja un resultado negativo, es decir que no requiere acero transversalmente, por lo cual es adoptada un área de acero mínima que debe tener la sección, y por ende una separación adoptada, la cual es evaluada entre la separación teórica, separación máxima y es escogida la menor entre estas 2, De igual forma es comprobada la resistencia del acero respecto a las sollicitación de la sección y material utilizado.

$$\phi V_s(KN) = V_u - \phi V_c$$

Ecuación 7-12 Resistencia acero transversal.

$$\phi V_c(KN) = \phi * 0.17 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

Ecuación 7-13 Resistencia al cortante del concreto.

$$A_{min}(mm^2) = 0.062 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_w * s}{f_{yt}} \geq 0.35 * \frac{s}{f_{yt}}$$

Ecuación 7-14 Área mínima.

$$s_{m\acute{a}x} = \frac{A_v * f_{yt}}{0.062 * \sqrt{f'_c} * b_w} \leq \frac{A_v * f_{yt}}{0.35 * b_w}$$

Ecuación 7-15 Separación máxima de los estribos.

$$s_{te\acute{o}rica} = \frac{\phi * A_v * f_y * d}{\phi V_s}$$

Ecuación 7-16 Separación teórica

7.9.1.4. Chequeo por cortante para la viga crítica

Tabla 7-60 Cortante – Viga.

CORTANTE						
	Requiere	Requiere	Requiere	No Requiere	No Requiere	Requiere
$\phi V_s(KN)$	-31,460	-4,300	-74,580	-109,900	-109,200	-42,660
S teorica(m)	0,640	4,681	0,270	0,379	0,379	0,472
Separacion Maxima (m)	0,37866 6667	0,37866 6667	0,37866 6667	0,37866 6667	0,37866 6667	0,37866 6667
Separacion Maxima (m)	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO
Separacion Adopataada (mm)	378,667	378,667	269,891	378,667	378,667	378,667
CUMPLE	VERDA DERO	VERDA DERO	VERDA DERO	VERDA DERO	VERDA DERO	VERDA DERO

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se adopta una separación máxima para la ubicación de los flejes #3 a una distancia de $2h=2*0.50m=1$ metro, se divide en $d/4$, siendo $d=0.50-0.0=0.45/4=0.11$ m adoptando 0.10m con el fin de cumplir con la separación máxima permitida y

chequeada para un edificio DES, y en el centro con una separación de $d/2=0.225\text{m}$ el cual se adopta 0.10m .

Chequeo:

$$\phi V_s \leq \phi * 0.66 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

Ecuación 7-17 Chequeo cortante de la Viga tipo.

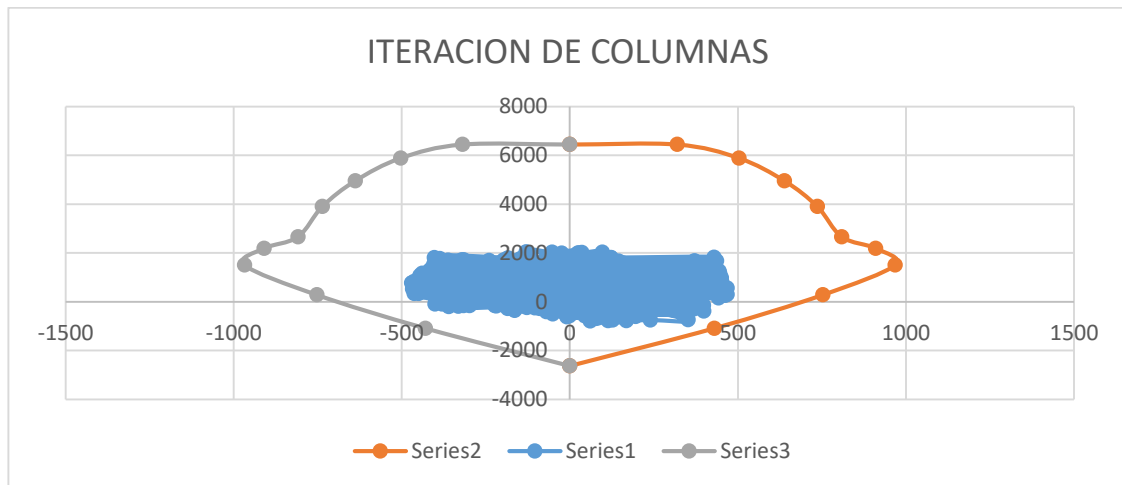
7.9.2. Columnas

7.9.2.1. Diagrama de Iteración de columnas

Tabla 7-61 Puntos de carga por momento x

	P (KN)	M2 (KN.m)	M3 (KN.m)	M3 (KN.m)
1	6441,711	0	0	0
2	6441,711	0	319,5175	-319,5175
3	5886,241	0	502,8355	-502,8355
4	4949,543	0	638,8374	-638,8374
5	3902,245	0	736,3482	-736,3482
6	2656,045	0	809,1986	-809,1986
7	2185,855	0	910,0211	-910,0211
8	1503,644	0	967,7216	-967,7216
9	277,9765	0	752,6626	-752,6626
10	-1089,26	0	430,141	-430,141
11	-2633,8	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Gráfica 7-3 Diagrama de Iteración de columnas en x.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

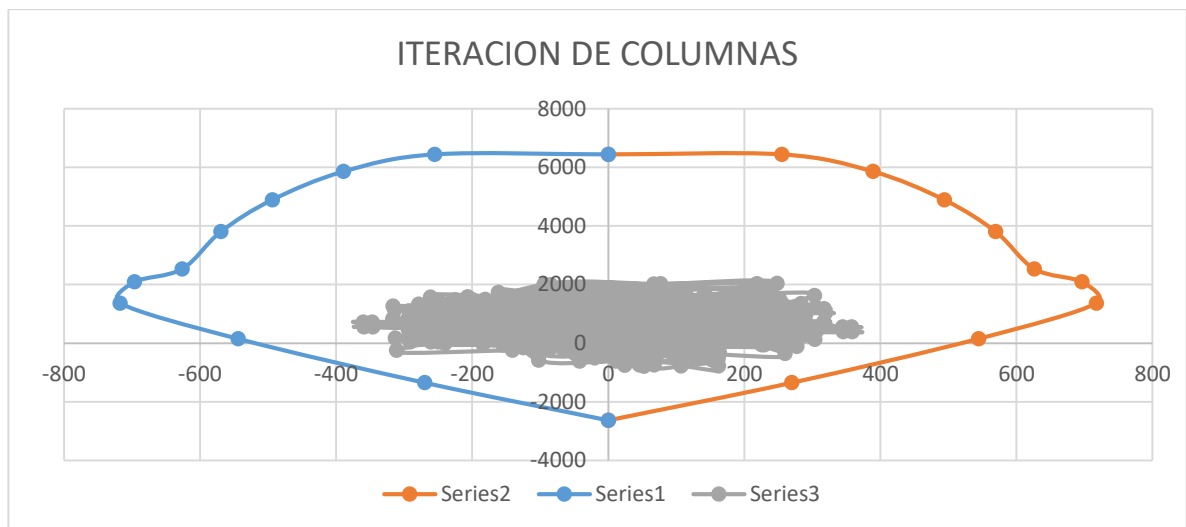
Se grafican los puntos de carga y momento para las columnas de sección 0.55×0.65 m es adoptado un acero para las caras de la columna de $4\#7$ y para las esquinas

4#7 son utilizados estribos #3, debido a que satisfacen el requerimiento del $0.1 \times \text{Area}$ bruta de la sección, con $f'c=35\text{Mpa}$ tanto como para el eje x como para el eje y, según el análisis de las fuerzas en todas las columnas presentes en la estructura cumple con las solicitaciones debido a que se encuentra dentro de la grafica

Tabla 7-62 Puntos de carga por momento

	P	M2	M3	M2
1	6441,711	0	0	0
2	6441,711	255,1313	0	-255,1313
3	5857,043	389,1786	0	-389,1786
4	4890,899	493,8445	0	-493,8445
5	3803,049	569,4626	0	-569,4626
6	2530,715	626,3936	0	-626,3936
7	2088,76	696,3999	0	-696,3999
8	1365,364	717,5856	0	-717,5856
9	149,6617	544,2332	0	-544,2332
10	-1350,38	269,8041	0	-269,8041
11	-2633,8	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Gráfica 7-4 Diagrama de iteración de columnas en y.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Según lo dispuesto por la NSR-10 CR.10.8 las columnas como elementos estructurales a compresión, deben cumplir ciertos requerimientos entre otros que el área de acero tanto longitudinal como transversal sea el 1% del A_g

(65cm*55cm), y limita con el 4% de la misma; los valores superiores al 3% incrementan el costo, por lo cual no son comúnmente viables.

Para el diseño de las columnas se inicia realizando un diagrama de interacción, arrojando valores de momento y fuerza axial para la columna donde la fibra de máxima compresión tiene una deformación unitaria $E_c = 0.003$ (ACI-318).

7.9.2.2. Diseño a flexión en columnas

El diagrama es calculado para momentos alrededor del eje de mayor inercia, que en este caso son iguales. Los materiales y características de la sección son los siguientes:

Tabla 7-63 Diseño a flexión en columnas

DISEÑO A FLEXION EN COLUMNAS				
Datos geometricos	b(m)	h(m)	Rec (m)	d(m)
	0.55	0.6	0.05	0.55
Caracteristicas de los materiales	ΦV_c	F'_c (kn/m ²)	F_y (kn/m ²)	E_s (kg/cm ²)
	222.640	35000	420000	200000000

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tomando la cuantía del 1% el área de acero, punto de máxima carga axial (P_o), la profundidad del eje neutro(C), la deformación unitaria del acero a compresión ($E's$), la tensión total en el acero (T_s), la compresión total del acero (C_s), la compresión total del concreto(C_c), carga axial (P_b) y por último la carga axial ultima (P_u).

$$A_{sc}(mm) = 1\% * b * h$$

Ecuación 7-18 Requerimiento de refuerzo.

$$\rho = \frac{A_{st}}{b * h}$$

Ecuación 7-19 Cuantía para la sección de la columna

$$E_y = \frac{F_y}{E_s}$$

$$P_o = 0.85 * f'_c * (A_g - A_s) + A_s * f_y$$

Ecuación 7-20 punto de máxima carga axial

$$P_u \text{ ultimo} = 0.85 * 0.65 * P_o$$

Ecuación 7-21 la carga axial ultima.

$$C = \frac{0.003 + d}{E_y + 0.003}$$

Ecuación 7-22 profundidad del eje neutro

7.9.2.3. Chequeo a flexión columna tipo

$$E's = 0.003 - \frac{c - d}{c} > E_y$$

Ecuación 7-23 Deformación unitaria del acero a compresión

Cumple ya que $0.0024 > 0.0021$; el acero de la zona a compresión ha fluido y su esfuerzo es cercano a f_y , con estos valores se obtienen fuerzas resistentes de la sección

$$T_s = A_s * F_y$$

Ecuación 7-24 Tensión total en el acero

$$C_s = A's * F_y$$

Ecuación 7-25 Compresión total del acero

$$C_c = 0.85 * \beta_1 * c * b * f'c$$

Ecuación 7-26 compresión total del concreto

$$P_b = C_c + C_s - T_s$$

Ecuación 7-27 carga axial

$$P_u = 0.85 * 0.65 * P_b$$

Ecuación 7-28 último la carga axial ultima.

Tabla 7-64 Determinación de refuerzo requerido para la sección de la columna tipo.

Asc(mm2)	4225.0
Ast(6#7)	4644.0
Ast'(6#7)	4644.0
b	14072.7
Po (KN)	10348.5
Po_{ultimo}(KN)_{ultimo}	7036.9
C(mm)	352.9
E's	0.0
Ts(KN)	1950.5
Cs(KN)	1950.5
Cc(KN)	4908.7
Pb(KN)	4908.7
Pu(KN)	2712.1

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los momentos son calculados respecto al centroide de la columna son:

$$M_b = (T_s + C_s) * \left(\frac{d}{2}\right) + \left(C_c \left(\frac{d}{2} - \left(\beta_1 * \frac{c}{2}\right)\right)\right)$$

Ecuación 7-29 Momentos con respecto al centroide de la columna

$$P_{ot} = -A_{st} * f_y$$

$$Pu = 0.8 * 0.65 * Po$$

Tabla 7-65 Momento respecto al centroide de la columna

Mb(KN-m)	2422.52
Pot(KN)	-1950.48
Pu(KN)	5381.20

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Siendo Pot el punto de máxima tensión.

7.10. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

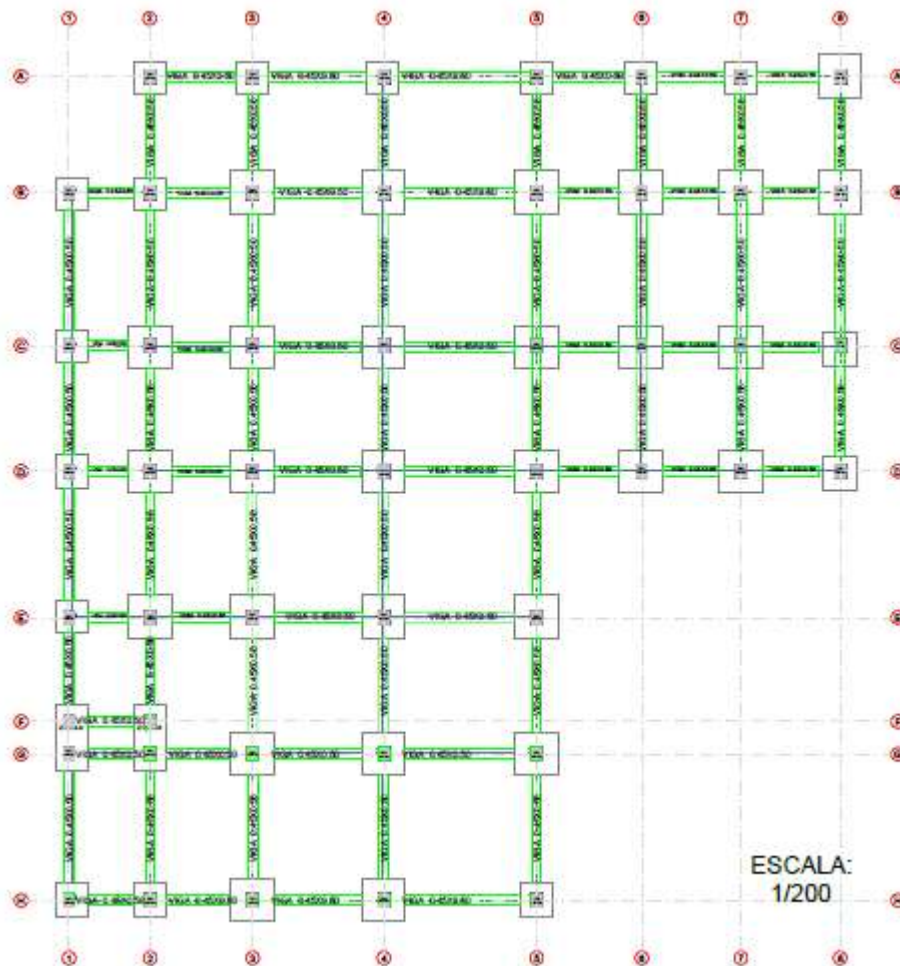


Figura 7-5 Modelo de la cimentación.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La **combinación** que se tuvo en cuenta para realizar el diseño de la cimentación, fue la combinación 1 que contempla el 1.4 de la carga muerta total en el edificio.

Se diseñan dos tipos de zapatas aisladas cuadradas, en donde la carga que soportan será de manera concéntrica.

Qu(Ton/m²)	40	f'c(Mpa)	21
u(cm)	2.94	Fy	420
K(Ton/m³)	1360.54	rec(m)	0.08
K(KN/m³)	1360.54	u(cm)	2.94

Figura 7-6 Zapatas aisladas
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Zapata cuadrada 2x2 m

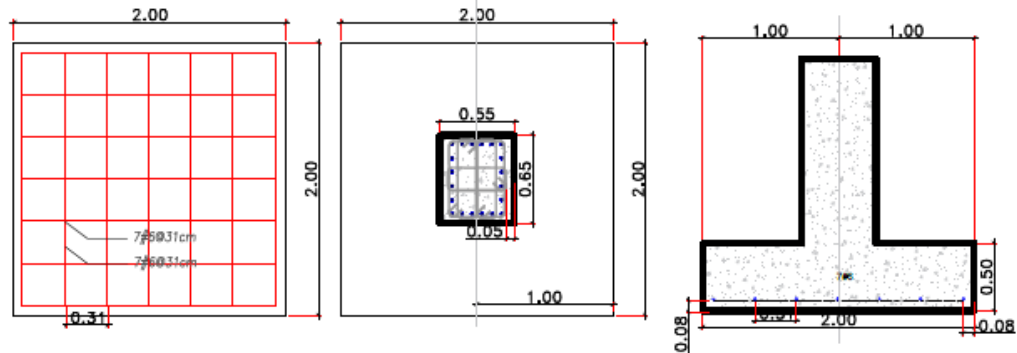


Ilustración 7-16 Zapata cuadrada 2x2
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Zapata Cuadrada 1.5x1.5 m

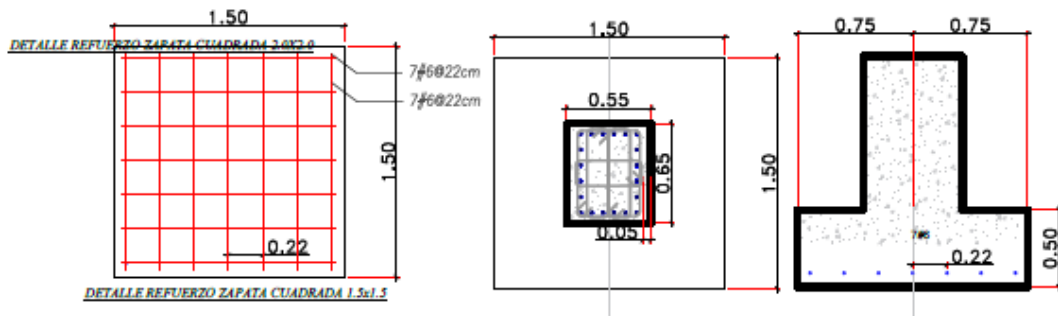


Ilustración 7-17 Zapata cuadrada 1.5X1.5 metros
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Zapata Combinada 1.5x3.0 m

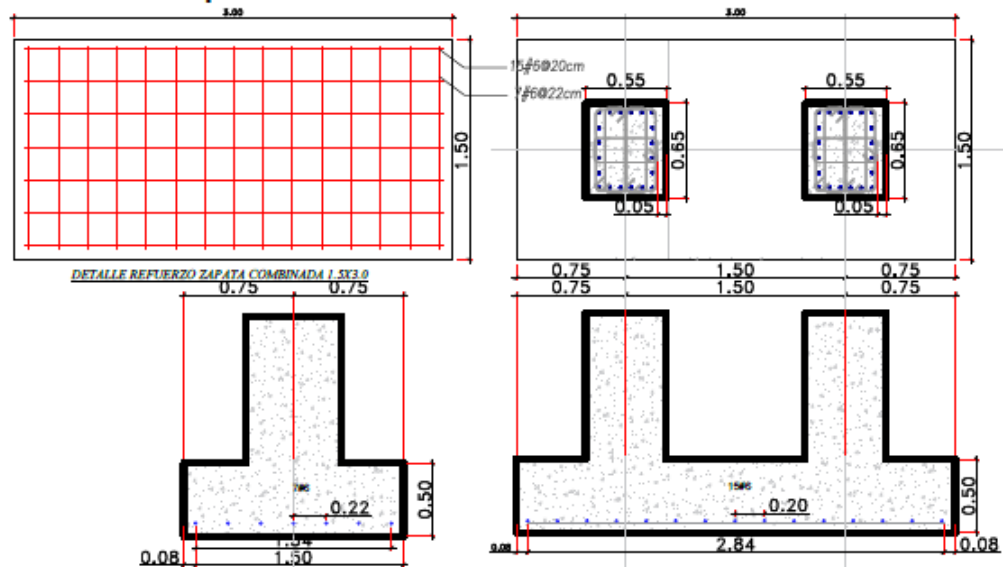


Ilustración 7-18 Zapata combinada 1.5X 3 metros
Fuente: Elaboración propia, 2020.

De acuerdo con el estudio de suelos descritos en Consulta y análisis del Estudio de suelos bloque B se obtuvo un $Q_u=40$ Ton/m² como capacidad portante del suelo presente en la zona y un asentamiento máximo $u=2.94$ (cm).

Se modeló en ETABS el primer piso en donde se determinaron las cargas permanentes como respuesta de la capacidad portante del suelo, por lo cual se obtuvo:

Tabla 7-66 Reacciones de los apoyos

Story	Joint Label	Unique Name	Load Case/Combo	FZ	FZ	Zapatas Cuadradas	
				kN	Ton	Area m ²	b (m)
Story1	1	28	Comb1	564,9223	56,49223	1,4123058	1,1884047
Story1	2	168	Comb1	491,1434	49,11434	1,2278585	1,1080878
Story1	3	421	Comb1	456,8763	45,68763	1,1421908	1,0687332
Story1	5	418	Comb1	725,1416	72,51416	1,812854	1,3464227
Story1	6	169	Comb1	610,3102	61,03102	1,5257755	1,2352229
Story1	7	466	Comb1	933,3334	93,33334	2,3333335	1,5275253
Story1	8	472	Comb1	600,6464	60,06464	1,501616	1,2254044
Story1	9	6	Comb1	1190,592	119,0592	2,97648	1,7252478
Story1	10	475	Comb1	1350,0468	135,00468	3,375117	1,8371492
Story1	11	478	Comb1	1115,2861	111,52861	2,7882153	1,669795
Story1	12	481	Comb1	499,9697	49,99697	1,2499243	1,1180001
Story1	13	519	Comb1	1108,9079	110,89079	2,7722698	1,6650134
Story1	14	521	Comb1	1398,5091	139,85091	3,4962728	1,8698323

Story1	17	527	Comb1	620,8629	62,08629	1,5521573	1,245856
Story1	18	531	Comb1	1011,5436	101,15436	2,528859	1,5902387
Story1	20	530	Comb1	642,0088	64,20088	1,605022	1,2668946
Story1	21	525	Comb1	499,3662	49,93662	1,2484155	1,1173252
Story1	23	115	Comb1	765,9723	76,59723	1,9149308	1,3838102
Story1	24	114	Comb1	796,9212	79,69212	1,992303	1,4114896
Story1	25	117	Comb1	750,9755	75,09755	1,8774388	1,3701966
Story1	26	119	Comb1	658,5911	65,85911	1,6464778	1,2831515
Story1	27	166	Comb1	641,8072	64,18072	1,604518	1,2666957
Story1	28	420	Comb1	785,9432	78,59432	1,964858	1,4017339
Story1	30	112	Comb1	1006,2169	100,62169	2,5155423	1,5860461
Story1	31	113	Comb1	1319,4999	131,94999	3,2987498	1,8162461
Story1	32	116	Comb1	1261,759	126,1759	3,1543975	1,7760624
Story1	33	118	Comb1	1091,8524	109,18524	2,729631	1,6521595
Story1	34	120	Comb1	1017,3945	101,73945	2,5434863	1,5948311
Story1	35	167	Comb1	646,0485	64,60485	1,6151213	1,2708742
Story1	36	419	Comb1	884,9428	88,49428	2,212357	1,4873994
Story1	37	110	Comb1	856,1675	85,61675	2,1404188	1,463017
Story1	42	467	Comb1	888,301	88,8301	2,2207525	1,4902189
Story1	43	468	Comb1	1478,4214	147,84214	3,6960535	1,9225123
Story1	44	469	Comb1	1406,7334	140,67334	3,5168335	1,8753222
Story1	45	470	Comb1	1176,1117	117,61117	2,9402793	1,7147242
Story1	46	471	Comb1	1069,5933	106,95933	2,6739833	1,6352319
Story1	47	520	Comb1	1147,2811	114,72811	2,8682028	1,6935769
Story1	48	522	Comb1	811,9019	81,19019	2,0297548	1,4246946
Story1	49	523	Comb1	1133,5318	113,35318	2,8338295	1,6833982
Story1	50	524	Comb1	1394,022	139,4022	3,485055	1,8668302
Story1	51	526	Comb1	670,5749	67,05749	1,6764373	1,294773
Story1	52	528	Comb1	785,4915	78,54915	1,9637288	1,4013311
Story1	53	529	Comb1	886,3227	88,63227	2,2158068	1,4885586
Story1	54	25	Comb1	746,4635	74,64635	1,8661588	1,3660742
Story1	55	107	Comb1	1011,9192	101,19192	2,529798	1,5905339
Story1	56	27	Comb1	823,579	82,3579	2,0589475	1,4349033
Story1	57	474	Comb1	1116,9222	111,69222	2,7923055	1,6710193
Story1	58	60	Comb1	1022,9631	102,29631	2,5574078	1,5991897
Story1	59	479	Comb1	687,5465	68,75465	1,7188663	1,3110554
Story1	60	480	Comb1	653,7372	65,37372	1,634343	1,2784143
Story1	75	70	Comb1	41,7261	4,17261	0,1043153	0,3229787
Story1	84	109	Comb1	878,3423	87,83423	2,1958558	1,481842

Story1	76	26	Comb1	741,4022	74,14022	1,8535055	1,3614351
--------	----	----	-------	----------	----------	-----------	-----------

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-67 Diseño de zapatas cuadradas

Zapatas Cuadradas					
Zapata	FZ(Ton)	Área m2	b (m)	h(m)	b (m) adoptada
1	56,49223	1,41230575	1,18840471	0,5	1,5
3	45,68763	1,14219075	1,06873325	0,5	1,5
5	72,51416	1,812854	1,34642267	0,5	1,5
6	61,03102	1,5257755	1,23522285	0,5	1,5
8	60,06464	1,501616	1,22540442	0,5	1,5
12	49,99697	1,24992425	1,11800011	0,5	1,5
20	64,20088	1,605022	1,26689463	0,5	1,5
21	49,93662	1,2484155	1,11732515	0,5	1,5
23	76,59723	1,91493075	1,38381023	0,5	1,5
24	79,69212	1,992303	1,41148964	0,5	1,5
25	75,09755	1,87743875	1,37019661	0,5	1,5
26	65,85911	1,64647775	1,28315149	0,5	1,5
27	64,18072	1,604518	1,2666957	0,5	1,5
28	78,59432	1,964858	1,40173393	0,5	1,5
36	88,49428	2,212357	1,48739941	0,5	1,5
37	85,61675	2,14041875	1,463017	0,5	1,5
48	81,19019	2,02975475	1,42469462	0,5	1,5
51	67,05749	1,67643725	1,29477305	0,5	1,5
54	74,64635	1,86615875	1,36607421	0,5	1,5
56	82,3579	2,0589475	1,43490331	0,5	1,5
84	74,14022	1,8535055	1,36143509	0,5	1,5
76	74,14022	1,8535055	1,36143509	0,5	1,5
30	100,62169	2,51554225	1,58604611	0,5	2
31	131,94999	3,29874975	1,81624606	0,5	2
32	126,1759	3,1543975	1,77606236	0,5	2
33	109,18524	2,729631	1,6521595	0,5	2
34	101,73945	2,54348625	1,5948311	0,5	2

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 7-68 Zapatas cuadradas

Zapatas Cuadradas					
Zapata	FZ(Ton)	Area m2	b (m)	h(m)	b (m) adoptada
35	64,60485	1,61512125	1,27087421	0,5	1,5
38	85,61675	2,14041875	1,463017	0,5	1,5
39	85,61675	2,14041875	1,463017	0,5	1,5
40	85,61675	2,14041875	1,463017	0,5	1,5
41	85,61675	2,14041875	1,463017	0,5	1,5
7	93,33334	2,3333335	1,52752529	0,5	2
42	88,8301	2,2207525	1,49021894	0,5	1,5
43	147,84214	3,6960535	1,92251229	0,5	2
44	140,67334	3,5168335	1,87532224	0,5	2
45	117,61117	2,94027925	1,71472425	0,5	2
46	106,95933	2,67398325	1,63523186	0,5	2
55	101,19192	2,529798	1,59053387	0,5	2
9	119,0592	2,97648	1,72524781	0,5	2
57	111,69222	2,7923055	1,6710193	0,5	2
10	135,00468	3,375117	1,83714915	0,5	2
11	111,52861	2,78821525	1,66979497	0,5	2
59	68,75465	1,71886625	1,3110554	0,5	1,5
60	65,37372	1,634343	1,27841425	0,5	1,5
13	110,89079	2,77226975	1,66501344	0,5	2
47	114,72811	2,86820275	1,69357691	0,5	2
14	139,85091	3,49627275	1,86983228	0,5	2
58	102,29631	2,55740775	1,59918972	0,5	2
49	113,35318	2,8338295	1,6833982	0,5	2
50	139,4022	3,485055	1,8668302	0,5	2
18	101,15436	2,528859	1,59023866	0,5	2
52	78,54915	1,96372875	1,40133106	0,5	1,5
53	88,63227	2,21580675	1,48855861	0,5	1,5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Mediante la

Tabla 7-68 Zapatas cuadradas, se determinó el área de la sección requerida para soportar la carga presente.

7.10.1. Vigas de cimentación

Tabla 7-69 Beam Properties 02 - Rectangular Beam

Table 6: Beam Properties 02 - Rectangular Beam				
Beam	MatProp	Depth	WidthTop	WidthBot
		mm	mm	mm
BEAM1	CSAC30	600.000	300.000	300.000
Viga45*50	MAT1	450.000	500.000	500.000

Fuente: Elaboración propia, 2020.

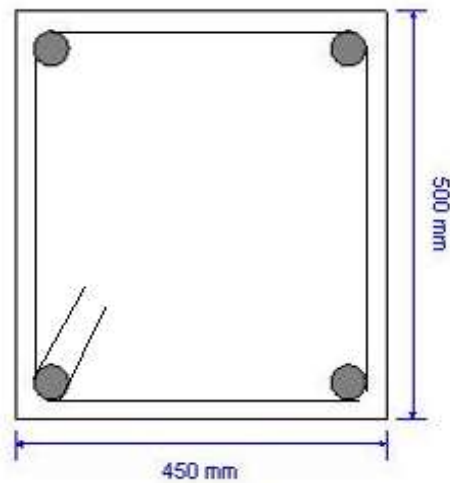


Propiedades geométricas

Combinación = Envolvente
N° de Viga = B24
Sección = Viga0.45X0.50 m.
Longitud = 7.08 m
Ancho = 450mm.
Alto = 500 mm.

Propiedades de los materiales

Comp. De hormigón Fuerza = 28 N/mm²
Modulo del Concreto = 24875.04 N/mm²



8. RESULTADOS E IMPACTOS

7.5. INDICADORES

- **Deriva:** Se hace el chequeo mediante el software de ETABS de los desplazamientos en X y Y de la estructura, verificando el cumplimiento del mismo siendo menor al 1% de la altura total y 1% de la altura entre piso.
- **Verificación columna fuerte- viga débil:** El criterio para esta verificación fue por medio del software ETABS el cual analizo todas las secciones de la estructura, teniendo como resultado la totalidad de los momentos ejercidos en (vigas y columnas), verificando que la suma de los momentos nominales de las columnas en un nudo fuese mayor de 6/5 veces la suma de los momentos nominales de las vigas para proveer de mayor resistencia a flexión en las columnas que en las vigas que conforman el nudo.
- **Torsión accidental:** Fue verificada que la diferencia entre el centro de masa y centro de rigidez de la estructura tuviese un 5% de excentricidad de la dimensión de la edificación en ese piso, medida en la dirección perpendicular a la dirección en estudio.
- **Cuantía:** Es chequeada el área de acero que debe llevar los elementos estructurales dando cumplimiento con la sollicitación mínima requerido y máxima.
- **Acero de refuerzo transversal:** Es realizado un chequeo en el diseño a cortante, donde se observa que la cantidad de acero mínima es dispuesta en cada elemento y cumple con lo solicitado por norma.

8. IMPACTOS ESPERADOS

Tabla 8-1 Impactos esperados

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Positivo	La implementación del proyecto permite a la comunidad tomasina contar con una propuesta viable, que como fin tiene mejorar la infraestructura de la USTAV que presta el servicio de parqueadero y, así permitir que todos los usuarios que ingresen a las instalaciones tengan la misma oportunidad de parqueo.	Largo
Económico	Positivo	La propuesta de diseño del edificio de parqueaderos permitiría a la USTAV aumentar los ingresos por el pago y el uso diario de los parqueaderos.	Largo
Científico	Neutro	El desarrollo del diseño permite profundizar e investigar en todas las normas técnicas correspondientes a la temática y, sus valores mínimos permitidos por las metodologías presentes en la Norma técnica Sismo Resistente en sus títulos A, B y H. Sin presentar alteraciones, ni aportes innovadores en su entrega definitiva.	Largo
Académico	Neutro	Los autores realizan el ejercicio de investigar y afianzar las temáticas adquiridas en el pregrado para aplicarlas en el desarrollo de la propuesta, sin proponer ni alterar la metodología existente.	Largo
Ambiental	Neutro	El diseño del edificio de parqueaderos se realiza en la zona permitida por el plan de implantación y de afectaciones, sin alterar el ecosistema, ni los cauces de los ríos.	Largo

Fuente: Elaboración propia, 2019

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- El diseño del edificio de parqueaderos tuvo como principal limitante las afectaciones presentes en la zona, por lo cual el área utilizable se redujo hasta lograr una geometría que permitiese cumplir con las dimensiones estipuladas en el POT [4].
- El sistema de pórticos resistente a momentos que se trabajó en la propuesta cuenta con secciones de vigas de 0.45x0.50 metros con $f'c=28$ Mpa con un refuerzo en su sección de 4 barras #5 en la sección a flexión y a compresión de igual forma y, una sección de columna de 0.55x0.65 metros con $f'c=35$ Mpa con un refuerzo de 6 barras #7 por el ancho y el largo y dos en la mitad por efectos constructivos del mismo diámetro (Véase anexo 12. Memoria de Calculo Edificio de Estacionamientos).
- La estructura no cuenta con irregularidades en altura debido a que su altura permanece constante en todos los niveles, la misma rigidez, y las mismas secciones de los elementos estructurales.
- La rampa peatonal requirió en su diseño, la implementación de vigas en voladizo que soportaran el peso propio de la losa, y el peso del descanso.
- Se logró observar mediante el software ETABS que el periodo natural de la estructura es menor que $b/10$, debido a que la sección de la viga es de 0.45 metros y el periodo natural de 0.04.
- El diseño a flexión y cortante fue analizado de luz a luz para cada viga, tanto en x como en y, en busca de obtener el diseño más óptimo y económico (Véase anexo 7. Memoria de Calculo Edificio de Estacionamientos).
- El área de la rampa vehicular se tuvo que considerar con los parámetros mínimos de cumplimiento por norma, con el fin de tomar el provecho máximo para implementar más plazas de parqueo (véase el anexo 1-2-3-4-5. Plano arquitectónico).
- Para realizar el confinamiento de los elementos estructurales se propone trabajar con estribos #3 mínimos que deben ir ubicados para vigas a 0.10 cm hasta $1h$, es decir 1.0 metros del apoyo y, $d/4$ en el medio, es decir se propone un espaciamiento central de 0.20 cm.
- Para el diseño de la cimentación se realizó un modelo a través del software ETABS que permitiese distinguir el comportamiento del suelo con respecto al peso propio con el que cuenta la estructura, el cual fue exportado y diseñado a el software SAFE (véase anexo 8. Cimentación) y, se propone realizar una fundación de zapatas aisladas con carga concéntrica para dos tipos una de 1.5x1.5 metros y el otro tipo de 2x2 metros.
- Se realizó el chequeo para determinar si la cimentación propuesta supera el 50% del área del predio, y cumple al ser menor el área que requiere la cimentación superficial.
- Fue fundamental la asignación de un diafragma en cada nivel, debido a que permite que la estructura se comporte como un mismo elemento que se ve afectado por las fuerzas del sismo en X y Y al tiempo, generando

desplazamientos que deben cumplir con lo establecido en la NSR-10 título A, que indica que los desplazamientos de un punto con respecto al otro (por lo general se verifican en las esquinas o puntos más críticos) debe ser menor al 1% de la altura total de la edificación, por lo cual este proyecto cumple como se observa Tabla 7-53 Verificación de derivas.

- El sistema manejado para la plaza entre piso fue optada una losa nervada con altura igual a la de la viga para efectos constructivos, de igual forma para las rampas Tabla 7-19 Diseño de losa nervada.
- El sistema utilizado para la escalera fue el de una placa maciza.

10. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.6. CONCLUSIONES

- El ejercicio de modelar la estructura en un software de elementos finitos, puso como reto afianzar las teorías acerca de las cargas uniformes, las cargas distribuidas que hacen parte de las cargas presentes permanentemente en la estructura y las cargas vivas que dependen del tipo de uso que tendrá.
- Con el diseño y distribución de estacionamientos se logró cumplir con el número de estacionamientos requeridos por norma según el área proyecta de la USTAV campus aguas claras.
- El sistema de pórtico resistente a momentos al manejar una estructura de relación viga, columna se deben considerar distancias no mayores a 7 metros para mantener secciones considerables en los elementos estructurales con el fin de que cumpla las solicitaciones presentes en la edificación.
- La rampa peatonal y vehicular requirió en su sistema de soporte, adicionar columnas de secciones cortas con el fin de disminuir la torsión que ocasionaba la carga al momento del sismo.

7.7. TRABAJOS FUTUROS

El desarrollo del proyecto estructural como se ha mencionado, fue un reto para los autores al comprender la teoría aplicada del comportamiento de una edificación, con limitaciones de la zona chequeos y verificaciones obligatorias para garantizar el óptimo diseño posible. Lo que llevo a tener más autonomía con respecto a las decisiones basadas en el fundamento de lo teórico para solucionar algún problema que se presente con su modelamiento y/o diseño estructural [12].

11. REFERENCIAS

- [1] Universidad Santo Tomás, “Plano de afectaciones,” Villavicencio, Meta, 2018.
- [2] D. de ordenamiento territorial Secretaria de planeación municipal, “Aprobación modelo de implantación,” Villavicencio, Meta, 2018.
- [3] Universidad Santo Tomás, “DTS Plan de implantación,” Villavicencio, Meta, 2018.
- [4] C. municipal de Villavicencio, “Plan de ordenamiento territorial,” 29 de diciembre de 2015, Villavicencio, 2015.
- [5] I.D.Rodríguez, “Estudio de movilidad de alto impacto EMAI,” Villavicencio, Meta, 2018.
- [6] T. administrativo del Meta, “Protección del área forestal protectora,” Villavicencio, Meta, 2015.
- [7] USTAV, “Registro y control,” p. 1, 2019.
- [8] A. colombiana de ingeniería Sismica, *Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente*, 2nd ed., vol. Título A. Bogotá, Colombia, 1997.
- [9] C. Garcia Arbelaez, *Estructuras de concreto I*, Septima ed. 2015.
- [10] D. L. A. Rodriguez, “Análisis estructural con etabs, aplicando reglamento colombiano de construcción sismo resistente (nsr-10),” 2016.
- [11] Y. D. R. A. Cristancho, “Guía para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente y derivas según título A4-A6 nsr-10,” Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [12] A. Vega, “Servicios de consultoría, para la optimización y ajuste funcional de los diseños 2014 elaborados para la ejecución de las obras de la estación cabecera portal norte de metrolínea s.a.,” Bucaramanga, Santander, 2014.
- [13] C. H. A. Alejandro Alzate Buitrago, “Proceso de diseño para edificios de concreto reforzado de 1 a 5 pisos, en el municipio de Pereira,” Universidad libre, 2014.
- [14] B. Ignacio and C. Alexis, “Edificio de estacionamientos ‘San Luis Centro,’” Universidad Tecnologia Nacional, 2016.
- [15] S. del Senado, “Ley 388 de 1997,” *ley03881997*, 2019. [Online]. Available: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0388_1997.html.
- [16] Anonimo, “Ley 361 de 1997,” vol. 54, no. 42, p. 654, 1997.
- [17] El Congreso de Colombia, “Ley 400 de 1997 (Agosto 19),” *Alcaldía Mayor Bogotá D.C.*, vol. 1997, no. 43, 1997.
- [18] D. administrativo de planeación Municipal, “Plan de implantación,” Villavicencio, Meta, 2010.
- [19] V. y D. T. Ministerio de Ambiente, “Resolución 1390 de 205,” no. 1390, 200AD.
- [20] Departamento Administrativo de la Función Pública, “Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible,” 2015. [Online]. Available: http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=78153. [Accessed: 18-Aug-2019].
- [21] N. técnica Colombiana, “Ntc 4143,” 1, 2009. [Online]. Available: <http://www.mincit.gov.co/ministerio/ministerio-en-breve/docs/4143.aspx>.

[Accessed: 18-Aug-2019].

[22] N. técnica Colombiana, "NTC 4145," 1, 2012.

[23] Universidad Santo Tomás, "Implantación general," Villavicencio, Meta, 2019.

[24] Anónimo, "Estacionamientos actuales y requeridos," Villavicencio, Meta, 2019.

12. ANEXOS

- ANEXO 1-planos arquitectónicos -1 PISO.
- ANEXO 2-planos arquitectónicos -2 PISO.
- ANEXO 3-planos arquitectónicos 3 PISO.
- ANEXO 4-planos arquitectónicos -4 PISO.
- ANEXO 5-planos arquitectónicos -5 PISO.
- ANEXO 6- Plano arquitectónico – Cubierta.
- ANEXO 7 -Plano arquitectónico – Cortes.
- ANEXO 8 -Plano estructural - Despiece cimentación.
- ANEXO 9 -Plano Estructural - Despiece Columnas.
- ANEXO 10 -Plano Estructural -Despiece vigas Cubierta y losa Cubierta.
- ANEXO 11 -Plano Estructural -Despiece vigas y losas entre piso.
- ANEXO 12- Memoria de cálculo.
- ANEXO 13 -Estudio de suelo Usta 2015.
- ANEXO 14-Reporte - Modelación en SAFE-Diseño de Cimentación.
- ANEXO 15- Modelo del software ETABS y SAFE.