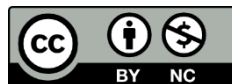


**PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO
SUBTERRANEO DEL CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA
CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META**



Por:
Edwin Alejandro Baquero León
Juan Carlos Díaz Toro



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

**PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO
SUBTERRANEO DEL CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA
CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META**



Por:
Edwin Alejandro Baquero León
Juan Carlos Díaz Toro

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

Aprobado por:
Ing. Emiro Andrés Lozano Pérez, Esp.
Director

Ing. Alexander Solarte Benavides, Esp. Me.
Codirector

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

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

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

Padre 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. Juan Manuel Herrera, Me
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. JUAN MANUEL HERRERA, ME
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. Esp. Emiro Andrés Iozano Pérez

Ing. Hugo Alfredo Silva Ribon

Villavicencio, 2020

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos dar gracias a Dios, puesto que fue él quien nos guio en el camino y nos dio fortaleza espiritual para continuar por este camino hacia el éxito.

Así mismo deseamos agradecer a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, principalmente nuestro más sincero agradecimiento a nuestro Director y Codirector, el Ing. Emiro Andrés Lozano y el Ing. Ing. Alexander Solarte Benavides, quienes con su experiencia y conocimiento sirvieron de guía y fueron precisos para el desarrollo de este proyecto.

Deseamos agradecer a nuestros padres, que quienes con sus consejos, amor, apoyo y comprensión fueron nuestra inspiración y sirvieron de constante motivación para no desfallecer hasta lograr nuestro objetivo, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor desinteresado.

RESUMEN

Con este proyecto, se buscó determinar el estado actual de la estructura, del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III. Para ello, se siguió una metodología, con la cual se realizaron actividades que permitieron identificar las patologías presentes en la estructura y también determinar la vulnerabilidad sísmica de la misma. Inicialmente fue necesario realizar una inspección visual y un registro fotográfico de la estructura, esto con el fin de identificar cada una de las patologías allí presentes, seguido se llevó a cabo una serie de ensayos de laboratorio, tales como, esclerometría, regata y extracción de núcleos de concreto, esto para poder establecer las propiedades de los materiales que componen los elementos estructurales. Una vez se analizaron los resultados de laboratorio, se pudo identificar cuáles puntos son los más afectados de la estructura. Así mismo se facilitó determinar cuáles son las fuentes que generan las patologías que aquejan a la estructura, para así, dar unas recomendaciones que permitan su corrección.

Se empleó el software ETABS y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, para realizar un modelo, el cual demostró un comportamiento aproximado de la estructura, con el cual se puede determinar el índice de flexibilidad, índice de sobreesfuerzo, los cuales permitieron analizar la vulnerabilidad sísmica de la estructura, esto para poder demostrar si la estructura con su estado actual es capaz de resistir un evento sísmico.

Este proyecto, también permitió establecer cuáles son los elementos estructurales más vulnerables, con lo cual se logró proponer algún tipo de reforzamiento que permita que estos soporten un evento sísmico. Así mismo, fue posible determinar si la estructura cumple con los requisitos mínimos que exige la NSR-10 y esta pueda ser considerada una estructura sismo-resistente.

Palabras Clave: *Patología, Integridad estructural, Vulnerabilidad sísmica, sismo, resistencia estructural, propiedades estructurales.*

ABSTRACT

With this project, it was sought to determine the current state of the structure, of the underground parking lot of the Quintas de Morelia III complex. For them, a methodology was followed, with which activities were carried out that allowed identifying the pathologies present in the structure and also determining its seismic vulnerability. Initially, it was necessary to carry out a visual inspection and a photographic record of the structure, in order to identify each of the pathologies present there, followed by a series of laboratory tests, such as sclerometry, regatta and extraction of concrete cores, this in order to establish the properties of the materials that make up the structural elements. Once the laboratory results were analyzed, it was possible to identify which are the most affected points of the structure. Likewise, it was facilitated to determine which are the sources that generate the pathologies that afflict the structure, in order to give some recommendations that allow their correction.

The ETABS software and the results obtained from the laboratory tests were used to make a model, which showed an approximate behavior of the structure, with which the flexibility index, overexertion index can be determined, which allowed to analyze the seismic vulnerability of the structure, this to be able to demonstrate if the structure with its current state is capable of withstanding a seismic event.

This project also made it possible to establish which are the most vulnerable structural elements, with which it was possible to propose some type of reinforcement that allows them to withstand a seismic event. Likewise, it was possible to determine if the structure meets the minimum requirements required by NSR-10 and it can be considered an earthquake-resistant structure.

Key Words: Pathology, Structural integrity, Seismic vulnerability, earthquake, structural resistance, structural properties.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	13
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
3.	JUSTIFICACIÓN.....	15
4.	OBJETIVOS.....	16
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5.	ALCANCE.....	17
6.	MARCO DE REFERENCIA	18
6.1.	MARCO TEÓRICO	18
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	22
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	25
6.3.1	ESTUDIO PATOLOGICO EDIFICIO DE OFICINAS CORPORACION MINUTO DE DIOS CALLE 81A No. 73A-22 BOGOTA	28
6.3.2	Metodología para estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural para edificaciones con carácter patrimonial, Caso de estudio: Edificio 21 Complejo Hospitalario San Juan de Dios	28
6.3.3	Diagnóstico y evaluación de vulnerabilidad sísmica para construcción patrimonial en la ciudad de Villavicencio, caso de estudio: edificio nacional (DIAN) 28	
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	29
7.	METODOLOGÍA.....	30
7.1.	DESCRIPCION DE ETAPAS.....	30
7.1.1.	INVESTIGACION PRELIMINAR.....	30
7.2.	POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
7.3.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA	34
7.4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA	35
7.5.	SOLICITUD DE PERMISOS Y AUTORIZACIONES.....	36
7.6.	INSPECCIÓN VISUAL.....	36
7.7.	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL.....	37
7.8.	PATOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	40
7.8.1	Metodología	40
7.8.2	Propiedades y características de los materiales de construcción	41
7.9.	HISTORIA CLÍNICA DE LA EDIFICACIÓN	42
7.10.	PRUEBAS DE LABORATORIO.....	48
7.10.1	Esclerómetro.....	48
7.11.	DETECCIÓN DE ACERO DE REFUERZO – REGATAS	53
7.12.	EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS.....	56
8.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....	61
8.1.	ESCLEROMETRO.....	61
8.2.	NÚCLEOS DE CONCRETOS:.....	62

8.3.	LOCALIZACIÓN DE PATOLOGÍA Y DAÑOS ESTRUCTURALES.....	63
8.4.	MODELADO EN ETABS.....	65
8.4.1	VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	65
8.4.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	66
8.4.3	Evaluación sobre la resistencia de los materiales de la estructura	68
8.4.4	Secciones de los elementos.....	68
	Sistema de placa entrepiso	72
	Cargas típicas	73
8.4.5	Parámetros sísmicos.....	74
8.5.	ANÁLISIS ESTÁTICO.....	75
	Combinaciones de carga.....	77
8.6.	CÁLCULO DE LA DERIVA	78
8.7.	ETIOLOGÍA	79
9.	EVALUACIÓN.....	81
9.1.1	ÍNDICES DE SOBRESFUERZO DE COLUMNAS PARA CORTANTE Y FLEXO COMPRESIÓN (POR EL MÉTODO DE CURVAS DE INTERACCIÓN)...	81
	Columna C78 y C26 del primer piso.....	83
9.1.2	Índices de sobreesfuerzo de columnas para flexo compresión (por el método de acero de refuerzo)	85
9.2.	REVISIÓN PARA VIGAS Y VIGUETAS.....	87
9.3.	INDICES DE SOBRESFUERZO GENERAL E INDICES DE FLEXIBILIDAD GENERAL.....	89
9.3.1	Índice de sobreesfuerzo general e índice de vulnerabilidad general.....	89
9.3.2	Índice de flexibilidad general e índice de vulnerabilidad.....	98
9.4.	SECUENCIA DE FALLA.....	111
10.	INFORME DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.....	120
10.1.	RECOMENDACIONES GENERALES.....	120
10.2.	RECOMENDACIONES PARA LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA.....	121
10.2.1	Solución de la problemática de las columnas ante cargas verticales.	122
10.2.2	Acción del sismo	122
10.2.3	Encamisado metálico de columna	123
10.2.4	Refuerzo vigas:	123
10.3.	MEDIDAS INMEDIATAS PARA LAS PATOLOGIAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA	125
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	127
12.	RESULTADOS E IMPACTOS	128
8.1	RESULTADOS ESPERADOS.....	128
12.1.	IMPACTOS	128
13.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	129
13.1.	CONCLUSIONES	129
13.2.	TRABAJOS FUTUROS	130
14.	BIBLIOGRAFIA.....	131

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sección de columnas	35
Tabla 2. Ensayos de laboratorio.....	41
Tabla 3. Patologías en la edificación.....	42
Tabla 4. Elementos sometidos a prueba de golpe de esclerómetro.....	48
Tabla 5. Valores obtenidos en el ensayo de esclerómetro.....	50
Tabla 6. Valores en MPa de los datos de esclerómetro.....	52
Tabla 7. Tipo de elementos con su diámetro, espaciamiento y recubrimiento; ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 8. Resistencia por ensayo de carga axial de los cilindros	58
Tabla 9. Columnas valor mayor y menor.....	61
Tabla 10. Viguetas valor mayor y menor.....	61
Tabla 11. Vigas valor mayor y menor.....	62
Tabla 12. Placa valor mayor y menor.....	62
Tabla 13. Resultado de laboratorio para resistencia a compresión f'_c de los elementos.....	68
Tabla 14. Configuración de columnas	71
Tabla 15. Secciones vigas principales	72
Tabla 16. Sección de Viguetas.....	72
Tabla 17. Placas entrepiso.....	72
Tabla 18. Asignación de cargas vivas y muertas.....	73
Tabla 19. Parámetros sísmicos	74
Tabla 20. Coeficiente C_t y α	75
Tabla 21. Datos para el cálculo del periodo natural	75
Tabla 22. Análisis en sentido X, Y.....	77
Tabla 23. Fuerzas horizontales equivalentes	77
Tabla 24. Capacidad de disipación de energía.....	77
Tabla 25. Combinaciones de carga para revisión de derivas.....	78
Tabla 26. Combinaciones de carga para revisión de columnas	78
Tabla 27. Derivas por piso.....	78
Tabla 28. Índice de sobreesfuerzo y vulnerabilidad general	90
Tabla 29. Chequeo de columnas.....	90
Tabla 30. Índice de flexibilidad general.....	98
Tabla 31. Índices horizontales de columnas.....	99
Tabla 32. Índices de flexibilidad de Vigas	102
Tabla 33. Secuencia de falla parte 1	112
Tabla 34. Secuencia de falla parte2	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo secuencial de los procesos que sigue la patología de concreto	25
Figura 2. Estructura interna de la tierra	27
Figura 3. Vista lateral izquierda	31
Figura 4. Vista en planta de la estructura de la edificación	36
Figura 5. Formato de inspección	37
Figura 6. Vista	38
Figura 7. Vista posterior	38
Figura 8. Vista lateral derecha	39
Figura 9. Vista lateral izquierda	39
Figura 10. Curva de conversión de numero de golpe a MPa	51
Figura 11 Toma de datos en columna del primer del parqueadero a -2.9m.	53
Figura 12. Deteccion acero de refuerzo	53
Figura 13. Regata C5	53
Figura 14. Detección acero de refuerzo	54
Figura 16. Regata C7	54
Figura 15. Regata C7	54
Figura 17. Columna 0.30*0.40m.	55
Figura 18. Armados de elementos estructurales C7	55
Figura 19 columna B3 en el primer nivel del parqueadero -2.9m, de la cual se realizó la extracción de núcleo.	59
Figura 20 viga B3-4, viga empleada para realizar la extracción de núcleo.	59
Figura 21 Ubicación extracción de núcleo Eje 9 piso 3.	59
Figura 22 Ubicación extracción de núcleo Eje 9 piso 4.	59
Figura 23. Extracción de núcleo	60
Figura 24. Extracción de núcleo	60
Figura 25. Extracción de núcleo	60
Figura 26. Extracción de núcleo	60
Figura 27. Planta primer nivel -2.9m	63
Figura 28. Planta segundo nivel -5.8m	65
Figura 29. Planta piso 1 y 2	67
Figura 30. Columna 1 y 2	68
Figura 31. Columna 3	69
Figura 32. Columna 4	69
Figura 33. Columna 5	69
Figura 34. Columna 6	70
Figura 35. Columna 7	70
Figura 36. Columna 8	70
Figura 37. Columna 9	71
Figura 38. Viga	72
Figura 39. Valores mínimos de cargas muertas.	73
Figura 40. Carga uniforme garaje	74
Figura 41. Espectro de diseño NSR10.	75
Figura 42. Sistema estructural	76
Figura 43. Sistema estructural	76

Figura 44. Patología nivel 2.9.....	80
Figura 45. Patología nivel -5.8.....	80
Figura 46. Ubicación de las columnas evaluadas en el análisis de índices de sobre esfuerzos.....	82
Figura 47. Sobreesfuerzo columna C78.....	83
Figura 48. Sobreesfuerzo columna C26.....	83
Figura 49. esfuerzo columna C78.....	84
Figura 50. esfuerzo columna C26.....	84
Figura 51. Combinación Sobreesfuerzo columna C78.....	85
Figura 52. Combinación Sobreesfuerzo columna C26.....	85
Figura 53. Sobreesfuerzo columna cargas verticales.....	86
Figura 54. Combinación Sobreesfuerzo cargas verticales sin mayoral.....	87
Figura 55. Combinación Sobreesfuerzo columna diseño.....	87
Figura 56. Esquema de vigas planta del segundo piso.....	88
Figura 57. Esquema de vigas planta del segundo piso.....	89
Figura 58. Planta estructural vigas y viguetas.....	101
Figura 59. Inicio de secuencia de falla viga B9.....	118
Figura 60. Progresión de la secuencia de falla.....	119
Figura 61. Progresión de la secuencia de falla.....	122
Figura 62. Columnas afectadas por la secuencia de falla y sobreesfuerzo nivel -5,8m.....	123
Figura 63. Ejemplo encamisado metálico en columnas.....	123
Figura 64. Ejemplo de refuerzo con vigas metálicas.....	124
Figura 65. Vigas que necesitan reforzamiento nivel -2.9m.....	125
Figura 64. Vigas que necesitan reforzamiento nivel -5.8m.....	125

1. INTRODUCCIÓN

Cuando un ingeniero civil diseña y construye cualquier estructura, debe tener siempre presente que esta debe ser funcional, segura al momento de la construcción y una vez finalizada esta etapa, debe tener estética y económica viable.

Es de vital importancia que el proceso de diseño y de construcción de una estructura esté ligado al concepto de perpetuación de la estructura sin importar a que este sometida (lluvia, sol, sismos, ataques biológicos, procesos de deterioro o el paso del tiempo). Todas estas acciones que afectan a una estructura generan patologías que pueden llegar a reducir la vida útil de la estructura.

Un ejemplo son las patologías que se han presentado en el parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III ubicado en la ciudad de Villavicencio. Los usuarios han manifestado la inseguridad que genera este tipo de anomalías estructurales que generan incertidumbre del comportamiento estructural.

Según la Norma Sismo Resistente Villavicencio – Meta se encuentra en zona de amenaza sísmica alta, por ello es preciso realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica que permita determinar si la estructura del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III puede resistir ante las sollicitaciones que se presentan en el momento de un sismo y garantizar la rigidez y seguridad a sus ocupantes.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El conjunto Quintas de Morelia III se encuentra ubicado en la Cr 4 Este #15-14 en la ciudad de Villavicencio - Meta, este cuenta con dos torres de 15 pisos con 4 apartamentos cada piso, así como 20 casas multifamiliares, la estructura lleva 5 años habitada, pero a pesar de esto se evidencia deterioro en algunos de sus elementos estructurales principalmente en las vigas, columnas y placas que componen el parqueadero subterráneo. Por ello es importante realizar un estudio de patología para determinar si estos elementos se han visto afectados en sus propiedades estructurales.

Actualmente esta estructura se encuentra en tal estado de deterioro, que a simple vista se identifican problemas tales como filtración de aguas lluvias, humedad, fisuras, grietas, deformación en elementos estructurales y exposición de acero de refuerzo.

En el siguiente trabajo se plantea realizar un estudio de patología y vulnerabilidad sísmica en la estructura comprendida por parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia 3, esto con el fin de establecer cuál es el estado actual de la estructura y poder determinar cuáles son las causas que originan los daños en esta. Se pretende plasmar en un informe una propuesta de recomendaciones para poder rehabilitar la estructura o evitar que esta se siga deteriorando.

Inicialmente este estudio y análisis tendrá una etapa en la cual se realizará una inspección visual, seguido de una investigación más profunda, donde se realizarán diversas tareas, así mismo, seguido de esto se tomarán muestras del concreto en vigas y columnas para determinar su resistencia, también mediante modelamiento en el Software ETABS se realizará un análisis dimensional y más profundo del comportamiento que tendrá la estructura en caso de algún sismo.

Es imperativo iniciar pronto la realización de este estudio, esto debido a que el estado actual de la estructura la puede hacer más vulnerable ante las fuerzas impuestas en un evento sísmico y esto puede derivar en problemas mayores tales como pérdidas de vidas humanas y materiales.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es vulnerable la estructura del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III ante un evento sísmico, serán sus elementos estructurales susceptibles a sufrir fallas?

Inicialmente es necesario conocer datos acerca de la estructura, como por ejemplo el año en que se construyó, el sistema constructivo, así mismo es primordial tener conocimiento sobre cómo están constituidos cada uno de los elementos que hacen parte de esta, el parqueadero subterráneo, se encuentra construido en concreto armado y se puede evidenciar que dichos elementos en concreto actualmente se encuentran afectados por la humedad y otras patologías.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se basa en el hecho que en el parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III, se evidencian diferentes tipos de patologías, tales como erosión, agrietamiento, eflorescencias, escamado, filtración, entre otros; esto está generando un deterioro en los elementos de dicha estructura, estas patologías, puede afectar el funcionamiento de cada elemento allí presentes. Es importante conocer e identificar que está generando dichas patologías en los componentes estructurales. Es necesario determinar cuáles serán las medidas de mitigación, prevención y recuperación, que deben llevarse a cabo en dicha estructura, puesto que esto remediará que se sigan presentando dichas afecciones en el parqueadero subterráneo y así evitar poner en riesgo la vida de quienes hacen uso de este.

La realización de esta investigación, permitirá determinar si la estructura en su estado actual no representa un riesgo para quienes residen en esta y si esta es capaz de soportar las sollicitaciones que genera un sismo, debido a que esta estructura es residencial, es decir que debe garantizar que sea óptima y segura.

El análisis patológico que se le realizará a la estructura tendrá el fin de determinar si los elementos estructurales que componen la edificación no presentan alteraciones que comprometan su funcionalidad, por otro lado, es de vital importancia llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad sísmica para poder determinar si la estructura corre algún riesgo ante un eventual sismo.

Este trabajo se realizará por la motivación de prestar un servicio a la comunidad que allí reside, puesto que esta estructura cuenta con un gran valor económico y sentimental para los propietarios, con esto se desea proponer una posible solución ante la problemática ya antes descrita.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de patología y análisis de vulnerabilidad sísmica para el parqueadero subterráneo de conjunto Quintas de Morelia III – Villavicencio – Meta.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las patologías de la estructura, mediante una inspección visual y un correspondiente registro fotográfico.
- Determinar las propiedades mecánicas de los elementos que conforman el sistema de resistencia sísmica a partir de ensayos destructivos y no destructivos.
- Construir un modelo numérico en elementos finitos que represente una aproximación al comportamiento real de la estructura y así realizar una predicción del comportamiento que tendrá la estructura antes las fuerzas impuestas por una acción de sismo.
- Determinar la vulnerabilidad de la estructura mediante la evaluación del modelo numérico en elementos finitos, sometido ante las sollicitaciones sísmicas que exige la Norma Sismo Resistente de Colombia (NSR-10).
- Proponer posibles soluciones que permitan rehabilitar los elementos de la estructura, que se encuentran afectados por las patologías allí presentes y que no cumplen con los requisitos exigidos por la NSR-10.

5. ALCANCE

Con el presente trabajo se pretende determinar el estado actual de la estructura (parqueadero subterráneo), y los elementos que lo componen, esto por medio de un estudio de patología, así mismo se desean determinar la capacidad que tiene dicha estructura para soportar la acción de un evento sísmico mediante un análisis de vulnerabilidad sísmica.

Inicialmente es necesario realizar una visita e inspección visual a la estructura, en dicha visita, se realizará un registro fotográfico de las lesiones y daños presentes en la estructura del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III.

Se realizarán ensayos de laboratorio invasivos y no invasivos, tales como (esclerómetro y extracción de núcleos), para poder establecer la resistencia actual de los componentes (concreto y acero de refuerzo) de los elementos estructurales (vigas, columnas y placa superior) que conforman la estructura del parqueadero subterráneo.

Se llevarán a cabo 4 extracciones de núcleos, dos (2) en de las extracciones se realizarán en dos (2) diferentes vigas y las otras dos (2) se tomarán en dos (2) diferentes columnas, así mismo, a cada una de las dos vigas y de las dos columnas objeto de estudio, la realización de estos ensayos, permitirá obtener datos acerca de la resistencia del concreto y los refuerzos estructurales.

Para realizar el análisis del comportamiento real de la estructura, se efectuó la modelación de la estructura en el software ETABS, en la cual se ingresarán todos los resultados obtenidos mediante los ensayos de laboratorio y el levantamiento estructural que se realizara.

Por último, se realizará un informe donde se detallen cuáles son las causas que están generando la afectación. a la estructura, también se propondrá una posible solución para realizar la rehabilitación y mejora de la estructura.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

Durabilidad del concreto

Toda estructura en concreto está expuesta a ataques físicos y químicos de agentes externos, por lo que la durabilidad varía de acuerdo a que tan críticos son los factores y de las propiedades de los componentes.

El diseño de cualquier estructura se tiene en cuenta las condiciones ambientales y la vida útil de la misma.

Un factor que afecta al concreto es el contenido de humedad, debido a que el incremento de humedad tiene como fin la reducción de la resistencia, para concretos saturados genera reducción de penetración y difusión de oxígeno, y para concretos secos y húmedos genera corrosión de manera susceptible.

De igual manera se ha demostrado que la temperatura influye en la corrosión del acero de refuerzo, debido a que afecta la solubilidad del oxígeno y sustancias como cloruros que participan en el proceso de corrosión. De igual manera los cambios de temperatura en el aire pueden generar condensación y así cambiar su contenido de humedad.

Vulnerabilidad estructural

Es la habilidad con la cual puede afectar los elementos estructurales de una edificación durante un evento sísmico. Los elementos sismo resistentes, son aquellos responsables de recibir, resistir y transmitir todas las fuerzas a la cimentación de la estructura, estas fuerzas son de espécimen temporal, permanente, de empuje, ambientales o de sismo.

Vulnerabilidad sísmica

Es la acción de propensión a recibir y sufrir daño frente a un evento de sismicidad y está relacionada con sus propiedades físicas y estructurales de diseño

Vulnerabilidad funcional

La vulnerabilidad funcional en las estructuras, no evidencia rupturas por resistencia en elementos estructurales en el sismo, sino que lleva a fallas por servicio, lo que genera después del sismo probabilidades que la edificación no quede en condiciones estables para desempeñar de manera exitosa con las demandas de aspectos básicos para su uso.

Vulnerabilidad no estructural

Es la susceptibilidad de los elementos de la edificación a romperse por resistencia durante un evento sísmico, es decir, las sollicitaciones del ambiente resulten mayores que los esfuerzos máximos que pueden resistir los elementos.

Factores geológicos

- Fallos superficiales
- Magnitud de sismo
- Mecanismo de la falla
- Vulnerabilidad de sismicidad de la zona
- Características geológicas de la zona
- Asentamientos del terreno
- Licuefacción del terreno
- Inestabilidad de taludes
- Avalanchas

Factores estructurales

- Tipo de material
- Tipología estructural
- Deficiencia en el análisis estructural
- Ductilidad
- Torsión
- Rigidez
- Deficiencia de la estimación de las cargas
- Geometría irregular
- Edad de la edificación

Factores arquitectónicos

- Geometría irregular.
- Pocas columnas y grandes luces
- Asimetría
- Exceso de espacios abiertos
- Ubicación asimétrica de escaleras y ascensores
- Sistema de escape insuficiente

Factores constructivos

- Encofrado deficiente
- Mala calidad de los materiales utilizados en la construcción
- Mano de obra defectuosa
- Protección deficiente contra el fuego
- Soldadura defectuosa

- Defectos de vaciado y del curado del concreto
- Refuerzo inadecuado
- Falta de recubrimiento
- Conexiones metálicas defectuosas

Esfuerzos y deformaciones

Los esfuerzos y deformaciones están ligados entre sí, debido a que, en el momento de someter algún material a esfuerzos, este sufrirá algunas deformaciones. Por lo que es muy importante determinar los cambios que generan las deformaciones a partir de la aplicación de esfuerzos.

Patología

Es el estudio sistemático del comportamiento irregular de alguna estructura y sus elementos, cuando presente algún tipo de falla o daño, causado por factores internos o externos que no garanticen su seguridad.

Lesiones físicas

Son lesiones causadas por aspectos físicos, es decir, factores ambientales que están en contacto con los elementos estructurales.

Humedad

Por lo general la humedad no representa un problema en los elementos estructurales siempre y cuando esté controlado y bajo los estándares normales, la humedad se puede dar de diferentes maneras, inicialmente se puede contemplar una humedad de obra que es generada durante la construcción de los elementos, hay una humedad capilar que es producto del agua que logra infiltrarse a la edificación desde el exterior, la humedad de condensación es aquella producida por la condensación desde el interior hasta el exterior dejando humedad en los elementos y también se encuentra la humedad accidental que es aquella causada por ruptura de tuberías o conductos de agua.

Erosión

La erosión se encuentra cuando hay presencia de agua que propicia el fenómeno, es decir, el desprendimiento del material pétreo de la estructura.

Suciedad

Se refiere al depósito de partículas en la superficie de las fachadas, el depósito se puede dar por efectos de gravedad o por lluvias que hacen que las partículas penetren en los poros superficiales de dichos materiales.

Lesiones mecánicas

Se pueden considerarse lesiones físicas debido a que son causadas por acciones físicas, el motivo para darle una clasificación diferente es su importancia, una lesión mecánica es aquella que causa un desplazamiento en los elementos.

Deformaciones

Las deformaciones se presentan en elementos estructurales y de igual manera en mampostería, el tiempo de aparición de una deformación puede ser instantáneo o con el transcurso del tiempo.

Las principales lesiones que causan deformaciones se pueden clasificar en 4, la flexión es la deformación que afecta elementos horizontales que se cargan excesivamente de forma vertical, afecta a vigas de la estructura, los pandeos son otro tipo de lesión similar a la flexión a diferencia que la deformación se presente en eje vertical lo cual este tipo de lesiones se aprecian en las columnas, otro tipo de deformación son los desplomes que se dan cuando los elementos verticales tienen empujes horizontales en la parte superior, y por último los alabeos que se refiere a la rotación de elementos causado por esfuerzos horizontales.

Desprendimientos

Hace referencia a la separación entre el material de acabado y elementos de soporte, este tipo de lesión es consecuencia de otro tipo de lesiones como presencia de fisuras y humedad.

Lesiones químicas

Son causados por presencia de sustancias químicas que causan descomposición en los materiales de los elementos, los agentes químicos que normalmente originan lesiones son las sales, ácidos y álcalis.

Eflorescencias

Es causado por la presencia de humedad y causa una expulsión de sales propias de los materiales a causa de evaporación, este tipo de lesión genera una marca específica, similar a una flor, se puede presentar sobre el material propio o en materiales cercanos al que le ocurre este fenómeno, también puede que haga cristalización debajo de la superficie del material.

Oxidaciones y corrosiones

Son transformaciones moleculares del material que afecta elementos metálicos como el hierro y el acero. La oxidación es el proceso químico donde el metal se

transforma en oxido debido a la acción del oxígeno, la oxidación se presenta con facilidad debido a que es más estable químicamente.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Patología estructural: Se define como la ciencia que se encarga al estudio sistemático y ordenado de daños y fallas que se presentan en las estructuras en general [5].

Lesiones: Son las manifestaciones de un proceso constructivo, también se define como síntoma del proceso patológico final [5].

Tipos de lesiones: Existen tres tipos de lesiones físicas, mecánicas y químicas los cuales son importantes de conocer porque es uno de los pasos iniciales en el estudio patológico [5].

1. **Físicas:** Estas lesiones son ocasionadas por fenómenos físicos como corrientes de vientos, penetración de aguas, entre otros [5].
 - Humedad: Presencia de agua en materiales o elementos constructivos [5].
 - a. Capilar: Agua procedente del terreno que asciende por los elementos [5].
 - b. De obra: Agua utilizada en los procesos constructivos no evaporada [5].
 - c. Filtración: Procede de exterior a través de fachadas o cubiertas [5].
 - d. Condensación: Ingreso al exterior del vapor de agua a elementos desde interiores de ambientes con mayor presión [5].
 - e. Accidental: Roturas de conducciones, tuberías y cañerías [5].
 - Erosión: Pérdida o transformación total o parcial de un material [5].
 - a. Erosiones mecánicas: Pérdida de material superficial por esfuerzo como golpes o rozaduras, partícula que transporta el viento [5].
 - b. Suciedad: Depósito y acumulación de partículas y sustancias contenidas en la atmósfera, se da tanto en la superficie exterior de la fachada como en la interior de los poros de los materiales [5].
2. **Mecánicas:** En este tipo de lesión prevalece el factor mecánico que ocasiona movimientos, desgaste, abertura o separación de materiales [5].
 - Deformación: Variación en la forma del material por esfuerzos mecánicos, derivan a otra lesión [5].
 - a. Flechas: Flexión de elementos horizontales ya sea por excesos de cargas verticales u otros unidos por empotramiento [5].

- b. Pandeos: Se da por esfuerzo de compresión, sobrepasa capacidad de deformación del elemento vertical [5].
 - c. Desplomes: Son los empujes horizontales sobre cabeza de elementos verticales.
 - d. Alabeos: Rotación generalmente por esfuerzos horizontales [5].
 - Grietas: Aberturas longitudinales que afectan a elementos estructurales [5].
 - a. Por exceso de carga: Por cargas a las que no están diseñadas [5].
 - b. Por dilatación y contracción higrotérmica: Cuando no se prevén juntas de dilatación afecta más a cerramientos o fachada [5].
 - Fisuras: Aberturas longitudinales que afectan a la superficie o acabados de un elemento constructivo o fase inicial antes de ser grieta [5].
 - a. Reflejo del soporte: Por discontinuidad constructiva, por junta, adherencia [5].
 - b. Inherente al acabado: Movimientos de dilatación-contracción (enlucidos) o retracción (mortero) [5]
 - Desprendimiento: Separación de un material de acabado al soporte aplicado, falta de adherencia y es secundaria a otras lesiones [5].
3. **Química:** Intervención de un proceso químico, su origen suele ser presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad [5].
- Oxidaciones y corrosiones: Transformaciones moleculares que generan pérdida de material en metales [5].
 - a. Oxidación: El metal al entrar en contacto con el oxígeno se transforma en óxido [5].
 - b. Corrosión: Pérdida progresiva de partículas es más agresivo [5].
 - Organismos: Organismos vivos que segregan sustancias que alteran la estructura química y física del material [5].
 - a. Animales: Se alimentan del material y ocasionan pérdidas [5].
 - b. Plantas: Por medio de la acción de sus raíces en el material ocasiona ataques químicos como moho, hongos y resultan materiales porosos [5].

Inspección: Es la base para el diagnóstico de los síntomas que presentan y aun no existe reglamentación. Existen tres tipos de inspección que son [5]:

Inspección preliminar: Es la que se realiza inicialmente en las inspecciones con la observación del estado de la estructura, toma de fotos de la estructura [5].

Inspección detallada: Donde se identifican los tipos de lesiones y fallas que se presentan en la estructura, en sus elementos y materiales [5].

Inspección especial: Parte de la inspección detallada y se encarga de intervención inmediata si se puede realizar una rehabilitación a la estructura estudiada y si no tiene solución se debe tomar medidas inmediatas de evacuación [5].

Inspección rutinaria o de mantenimiento: Esta inspección se desarrolla en periodos ya sea semestral o anual para corregir algunas lesiones que se presenten día a día en la estructura [5].

Resistencia última del concreto: Es un método que se ha convertido en el principal método de diseño de estructuras de concreto reforzado, una de las ventajas de dicho método es que cuenta con un factor de seguridad aplicado al diseño, este factor tiene dos componentes, el primero basado en la carga de la estructura es decir a la carga viva (LL) y la carga muerta (DL) y el otro está basado en los materiales y fabricación de los mismos este componente permite reducir la resistencia calculada mediante la aplicación de un factor de subcapacidad o reducción de resistencia [6]

Tipos de falla en el concreto reforzado: Una falla en el concreto reforzado se puede presentar por varios motivos como la geometría de la sección, la cantidad de acero que tiene la estructura y la resistencia de los materiales [7]

- **Falla en tensión:** Cuando sucede esta falla se define que la viga está sobreforzada y la falla sucede a compresión [7].
- **Falla en compresión:** Sucede cuando el acero alcanza la fluencia y el concreto falla antes de que pase eso en el acero [7].
- **Falla balanceada:** El concreto falla al mismo tiempo que el acero alcanza la fluencia [7].

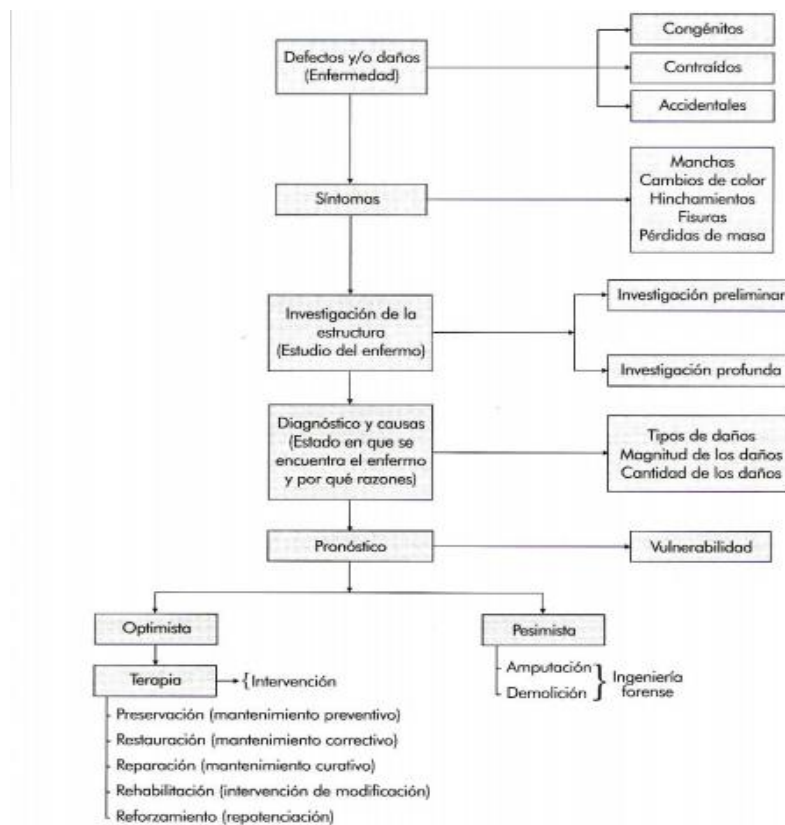
Capacidad de disipación de energía: Es la capacidad que tiene el sistema estructural para trabajar dentro de un rango inelástico sin perder su resistencia, cuando se habla de resistencia sísmica de la estructura se habla del coeficiente de capacidad de disipación de energía básico R_0 [7].

Ductilidad: Es la capacidad de un material de resistir deformaciones que lleven al material más allá del límite elástico sin fallar, en donde las deformaciones son proporcionales al esfuerzo [7].

6.3. ESTADO DEL ARTE

La patología del concreto tiene gran importancia en la ingeniería civil, debido a que esta permite, elaborar un diagnóstico de cómo se encuentra la estructura, inducida bajo condiciones de servicio futuras. [8] A partir del diagnóstico y del pronóstico se realiza una evaluación donde finalmente se determinara si es necesario realizar una intervención de la misma logrando así cumplir con las tres etapas de la patología que son el Diagnóstico, La evaluación y la Intervención.

Figura 1. Modelo secuencial de los procesos que sigue la patología de concreto



Fuente: Durabilidad y Patología del concreto, “ASOCRETO”. DIEGO SANCHEZ DE GUZMAN. Bogotá, 2003 Pág. 82

Los daños presentes en una estructura pueden deberse a un mal mantenimiento de la misma o dependiendo del uso que se le dé a esta, este puede derivar en enfermedades (patologías) que afecten al parqueadero subterráneo. La importancia de identificar dichas enfermedades, radica en que, gracias a esto, se pueden mitigar los daños que allí se encuentran, dichos daños pueden ser, fisuras, grietas, humedad, cambio de color, asentamiento, erosión, desalineaciones y desmoronamiento en algunos elementos estructurales.

La parte más arriesgada e imprescindible es aplicar la cura sin un conocimiento previo de las lesiones que se produjeron esto puede ser imprudente ya que si no se tiene un conocimiento previo puede ser peligroso, las posibles consecuencias de los orígenes de las lesiones en una estructura pueden estar directamente relacionadas con el proyecto, según el Ing. Manuel Fernández Cánovas, el origen de las lesiones se distribuye en 42% mala planeación del proyecto, 22% una mala ejecución del proyecto, 15% es causado por los materiales, 10% explotación y por último un 5% debido a causas varias. [9]

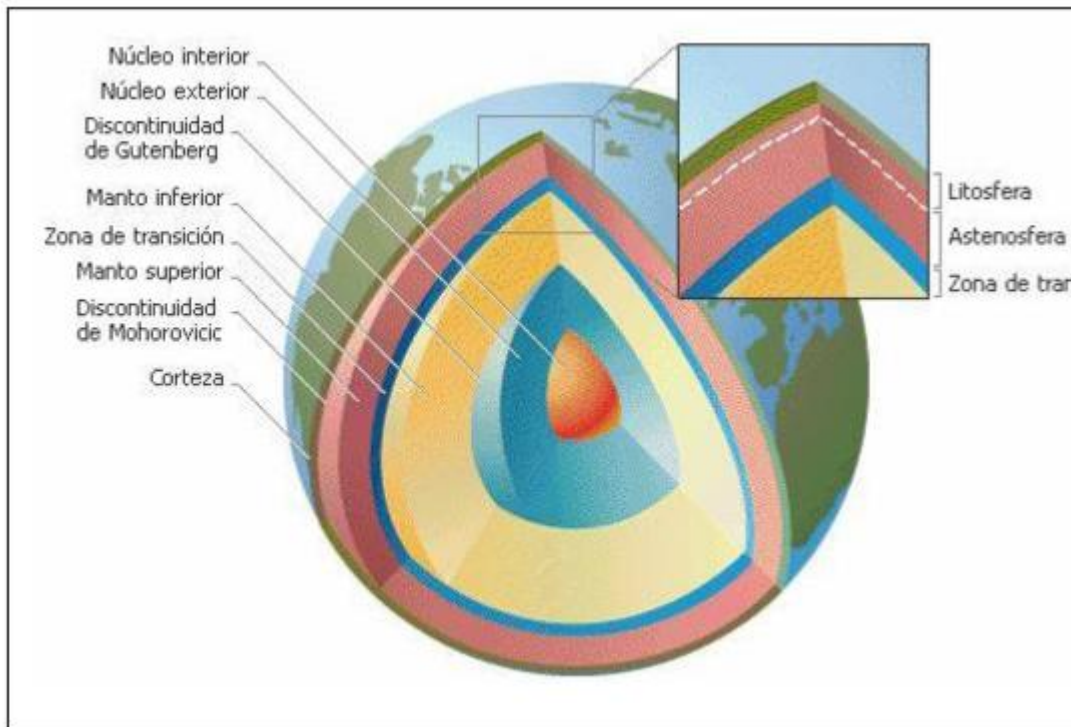
La existencia de lesiones en una estructura puede proceder por muchas causas que se clasifican en, mecánicas, químicas y físicas. Dependiendo de la gravedad de las lesiones se toma una determinación frente al diagnóstico, frente a un resultado optimista se puede corregir o darle una solución al tipo de lesión, como reforzamiento de vigas y columnas, el caso menos favorable es cuando los resultados solo se mitigan al demoler la estructura para preservar y salvaguardar las vidas humanas. [10]

La patología en el concreto es una disciplina cuya función es hacer un diagnóstico a través de procesos sistemáticos y ordenados para conocer el comportamiento actual y futuro de la estructura. Gracias a este estudio se puede conocer la durabilidad que tendrá la estructura y si esta requiere algún tipo de refuerzo.

La vulnerabilidad sísmica se define como el grado de daño que puede sufrir una estructura debido a las fuerzas impuestas en un evento sísmico, determinado esto, una estructura se puede calificar como más vulnerable o menos vulnerable ante un sismo. se debe resaltar que la vulnerabilidad sísmica de una estructura, depende las características de la misma, por ejemplo, una estructura puede ser vulnerable ante un evento sísmico, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar que represente una amenaza sísmica. [11]

Para poder identificar la presencia de una amenaza sísmica hay varios procedimientos unos más precisos que otros, uno de los métodos más utilizados son los métodos elásticos e inelásticos, respectivamente el método elástico incluye los procedimientos de fuerzas laterales estáticas, por otra parte, el método inelástico utiliza el análisis dinámico no lineal de estructuras. [11] En este proyecto se realizará el estudio de vulnerabilidad mediante el método elástico rigiendo la norma NSR-10 para determinar la vulnerabilidad de la estructura.

Figura 2. Estructura interna de la tierra



Fuente: Enciclopedia Encarta

La corteza terrestre está conformada por varias capas como lo muestra la figura 2 en la capa extrema del globo terráqueo, es delgada y tiene una profundidad de 70 kilómetros bajo los océanos este conjunto de fragmentos o placas se mueven constantemente sobre el manto llamado astenosfera.

La superficie terrestre está compuesta por una serie de placas que se mueven en direcciones distintas y que usualmente chocan entre ellas.

El choque de estas placas, lento pero continuo desde hace millones de años, ha generado que se generen una serie cambios en la superficie terrestre, como la formación de cordilleras y fricciones que ocasionan una gran acumulación de energía. Este es un proceso que provoca fuertes deformaciones en las rocas al interior de la tierra, las cuales al romperse súbitamente generan que la energía allí acumulada se libere en forma de ondas y sacuda la superficie de la tierra.

6.3.1 ESTUDIO PATOLOGICO EDIFICIO DE OFICINAS CORPORACION MINUTO DE DIOS CALLE 81A No. 73A-22 BOGOTA

Inicialmente se recopiló información que se tuviese de la edificación, desde su construcción hasta el momento de la realización del estudio, quienes realizaron el estudio, constataron de que la empresa que realizó la construcción realmente existiera, verificaron permisos y licencias de construcción, seguido realizaron una modelación de la edificación, realizaron inspección visual para determinar el tipo de patologías que presentaba la edificación, así mismo realizaron ensayos destructivos y no destructivos, con los cuales determinaron el estado actual de los materiales de la estructura.

Llegaron al diagnóstico de que en dicha edificación se presentan dos clases de lesiones mecánicas y físicas. Lograron determinar que dichas lesiones se ocasionaron debido a un comportamiento del subsuelo y de los esfuerzos que este comportamiento transmitió a la edificación.

Concluyeron que la edificación debía ser intervenida, ya que los elementos que componen esta estructura están sometidos a esfuerzos mayores de los que son capaces de soportar, lo cual sobrepasa su capacidad de resistencia y esto puede derivar en un mal comportamiento ante los esfuerzos emitidos en un sismo.

6.3.2 Metodología para estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural para edificaciones con carácter patrimonial, Caso de estudio: Edificio 21 Complejo Hospitalario San Juan de Dios

Básicamente en esta tesis se realizó un lineamiento a seguir para los estudios de vulnerabilidad sísmica y la patología estructural en edificaciones de patrimonio para la ciudad de Bogotá. Esta investigación cuenta con una gran importancia debido a que el valor de la estructura era un patrimonio de la capital, lo cual, significa un documento bastante serio y conciso, tanto así que se llegó a crear un guía del proceso de los estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural en edificaciones.

6.3.3 Diagnóstico y evaluación de vulnerabilidad sísmica para construcción patrimonial en la ciudad de Villavicencio, caso de estudio: edificio nacional (DIAN)

Esta investigación se realizó con el fin de determinar el estado real en el que se encuentra la edificación y si esta requería algún tipo de intervención para su rehabilitación. Todo esto con el objetivo de garantizar la eficiencia de la edificación ante las fuerzas impuestas en un eventual sismo.

La meta de esta investigación fue realizar un diagnóstico de los elementos que componen dicha edificación y así mismo determinar qué acciones de requieren llevar a cabo para la conservación de la estructura.

Llegaron a la conclusión que la edificación en su estado era óptima para resistir un evento sísmico (moderado), aunque algunos de sus elementos requerían una intervención para garantizar que cumplieran con los requisitos exigidos en la norma NSR-10.

6.4. MARCO NORMATIVO

Este proyecto se desarrolla bajo los requisitos del reglamento colombiano sismo resistente (NSR-10), una norma técnica encargada en los requisitos mínimos con el que se debe contar el diseño y revisión de la estructura del parqueadero basados en los títulos A,B,C del mismo. [3]

También se debe tener en cuenta la ley 400 por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes que establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo. [12]

Otra de las normas que se tienen que tener en cuenta es el decreto 1077 de 2015, es el decreto único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio.

7. METODOLOGÍA

7.1. DESCRIPCION DE ETAPAS

7.1.1. INVESTIGACION PRELIMINAR

7.1.1.1. Solicitar autorización

Realización de la solicitud de permiso a la administración del conjunto bosques de Morelia III, para llevar acabo allí la investigación. En dicha solicitud se expresa por qué se desea realizar dicha investigación, actividades y las tareas que se van a desarrollar en la edificación.

7.1.1.1.1. Datos de la edificación

Conocer año de construcción, ubicación, datos de diseño y antecedentes que presente la estructura.

7.1.1.1.2. Investigación de la estructura y análisis visual.

Se realizará una inspección visual de la estructura, en dicha visita se tomará un registro fotográfico, el cual servirá como base para definir qué tipo de lesiones presenta dicha estructura, así mismo se empleará el formato para la inspección técnica figura 3, análisis de patología y vulnerabilidad de edificios (figura 3), donde se tendrá un registro de cuáles son las características actuales de la estructura.

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
 ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
 CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Figura 3. Vista lateral izquierda

Metodología cualitativa para valorar la patología y vulnerabilidad general de edificaciones, desde el punto de vista - análisis de riesgo -.		FORMATO # 1 PARA LA INSPECCIÓN TÉCNICA, ANÁLISIS DE PATOLOGÍA Y VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES MENORES A 4 PISOS		Fecha: Formato: 1 Página: 1 de 2				
1	INFORMACIÓN DEL PACIENTE NOMBRE PACIENTE <input type="text"/> DIRECCIÓN <input type="text"/> BARRIO <input type="text"/>							
2	ESQUEMA BÁSICO DE LA VIVIENDA INSPECCIONADA. DIBUJE AQUÍ EL ESQUEMAS GENERALES DE LA VISTA EN PLANTA DE LA VIVIENDA (Indique la zona norte, oriente, sur, occidente del plano en planta).							
ESQUEMAS								
INSPECCIÓN DEL SUELO Y NORMATIVAS	ANÁLISIS DE ASPECTOS RELACIONADOS CON EDIFICACIÓN Y SUELO DE CIMENTACIÓN							
ZONA MICROZONIFICACIÓN SISMICA DE LA CIUDAD DE								
NUMERO DE PISOS DE LA EDIFICACIÓN (Según relación con tipo de suelo)		1 / 2 / 3 / 4 / mayor BAJO / BUENO / SUPERIOR						
GRADO DESEMPENO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SEGUN NSR vigente		MAMPOSTERIA No Reforzada SI / NO						
SISTEMA ESTRUCTURAL PREDOMINANTE		ANTES 1983 / ENTRE 1983-1998 / DESPUES 1998						
EXISTENCIA DE PLANOS		Aislada / Esquinera / De conjunto / Entre medianera						
AÑO DE CONSTRUCCIÓN		Zona de destrucción: Alta / Media / Baja						
UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN LA MANZANA		Residencial / Oficinas / Industrial / Otro:						
UBICACIÓN EDIFICIO SEGUN MAPA SUSCEPTIBILIDAD AL DAÑO - SISMO FUERTE CERCAÑO		Residencial / Oficinas / Industrial / Otro:						
USO PERMITIDO DEL SUELO (SEGUN NORMATIVA CURADURIA URBANA)		1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6						
USO PREDOMINANTE DEL INMUEBLE								
ESTRATO SOCIAL								
INSPECCIÓN FACHADAS, MUROS VIGAS Y COLUMNAS (vulnerabilidad y patología)	ANÁLISIS DE FACHADAS, COLUMNAS Y MUROS EXTERNOS DE LA EDIFICACIÓN				NORTE	ORIENTE	SUR	OCCIDENTE
LA FACHADA INSPECCIONADA ES VISIBLE		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
EXISTE EVIDENCIA CIMENTACIÓN DEL MURO O COLUMNA (Patología const. - grietas en muro arco descarga)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
ASPECTOS GEOMETRICOS DE MUROS, COLUMNAS, VENTANAS Y PUERTAS								
En general los muros inspeccionados son continuos en altura		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
En general los muros inspeccionados son continuos en planta		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
En general las columnas inspeccionadas son discontinuas en altura		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
En general las columnas inspeccionadas estan desalineadas en planta		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Evidencia de muros dilatados de columnas		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Traba del ladrillo adecuada en muros (que no sea petaca)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Área total de vanos < 35% del área total de muro		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Hay evidencia de dinteles en vanos de puertas y ventanas		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
ASPECTOS ESTRUCTURALES								
Existe posible columna corta		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Columnas o muros de edificio ubicadas en laderas		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Posible existencia de piso flexible (débil)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Evidencias de que la estructura (vigas, columnas, muros, losas) original fue modificada		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Posibilidad de existencia de vigas fuerte y columna débil (según inspección visual)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Presencia de redundancia estructural (hay más de 2 apoyos - columnas o muros en un solo sentido)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS								
Conexiones apropiada de muros o columnas con el resto del sistema estructural		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Uniformidad de materiales constructivos en la fachada frontal con el resto de la vivienda		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Los voladizos que existen son menores a 60 cm de longitud		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Posibilidad de golpeo (distancia entre vivienda es menor al 1% de la altura Edf. inspeccionado)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Edificación vecina con losa de entrepiso a igual nivel que la losa del edificio inspeccionado		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Indicios de ductos en interior del muro o de nudos de columnas		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Calidad de los materiales (óptimas o deficientes) - según observación directa.		Óptimo / Def.		Óptimo / Def.		Óptimo / Def.		
ASPECTOS SOBRE DAÑOS Y PATOLOGIAS								
Desplomes visibles de muros o columnas		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Grietas y fisuras visibles en muros, columnas y vigas.		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Manchas blancas de carbonatación en el concreto		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Humedades visibles en pie de muros (humedad capilar)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Posibilidad de caída de partes (degradación del material) en mampostería y concretos.		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Evidencia de eflorescencias, corrosión, refuerzo a la vista en: Losas, muros, columnas y vigas.		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Evidencia de reparaciones por daño de sismos anteriores		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
ASPECTOS DEL ENTORNO								
Posibilidad de deslizamientos de laderas		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Evidencia asentamientos del suelo (daño en andenes y pavimentos aledaños a la vivienda)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Existencia de vegetación cercana que afecte la cimentación de la edificación evaluada		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
Hay ríos, quebradas y canales aledaños o cercanos a la vivienda (menores a 10 metros de distancia)		SI / NO		SI / NO		SI / NO		
INSPECTOR DE CAMPO		OBSERVACIONES DEL INSPECTOR:						

Fuente: Geovanny Maldonado (Maldonado, 2018)

7.1.3. INVESTIGACION PROFUNDA

Una vez obtenido la información preliminar, se procede a continuar con una investigación más profunda para poder conocer más a fondo las características de la estructura, por lo que es necesario tener a la mano información tal como cuales son los grados de afectación de los elementos estructurales, de que material están compuestos los materiales, cuáles son los elementos estructurales que presentan alguna falla o afectaciones, cuáles son las zonas de fácil acceso y demás información importante. Una gran ayuda para saber ciertas cosas de lo antes nombrado será las pruebas de laboratorio sobre los elementos de la estructura para poder determinar el estado en el cual se encuentra en el momento. Dichos ensayos son la extracción de núcleos, regata, esclerómetro y carbonatación.

7.1.4. MODELACION EN SOTFWARE ETABS

Se realizará la modelación la estructura de estudio en el software ETABS, para poder evidenciar el comportamiento real de dicha estructura.

7.1.5. ETIOLOGIA

Lograr la identificación de cada lesión, afección o falla que se presenten y así como el origen de estas.

7.1.6. Pruebas de laboratorio

Se realizarán ensayos y pruebas de laboratorio, sobre algunos elementos estructurales para poder determinar cuál es el estado actual y si cuentan con los requerimientos de la NSR-10. Estos ensayos serán extracción de núcleo y ensayo con esclerómetro, dichos ensayo se harán en 2 vigas y 2 columnas y en cada elemento se realizará una extracción de núcleos y un ensayo con esclerómetro respectivamente

7.1.7. INFORME DE RESULTADOS

Realizar un documento en el cual se digan que elementos de la estructura presentan lesiones, cual es el origen de dichas lesiones y determinar cómo se puede controlar y mejorar el estado de dicho elemento, en dicho informe también estará incluido el anexo de formatos, fotografías y resultados de los ensayos de laboratorio.

Metodología

1. Aprobación por parte de la junta administradora del conjunto para la realización del proyecto.
2. Visita a la estructura objeto del análisis.
3. Analizar las fotografías tomadas de los elementos que componen la estructura (edificación y parqueadero subterráneo).
4. Solicitar los planos de la edificación y recolección de información relevante de la estructura.
5. Modelación de la estructura en ETABS.
6. Realizar de los ensayos propuestos para el análisis de la estructura.
7. Revisión del cumplimiento con la NSR-10 y demás lineamientos legales que rijan la construcción en Colombia.
8. Realizar un diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica.
9. Analizar los resultados obtenidos mediante la realización de los ensayos (esclerómetro y extracción de núcleos).
10. Definir las posibles soluciones para los problemas presentes en la estructura.

ESQUEMA DE ETAPAS Y TAREAS.

Fuente: Propia

7.2. POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta investigación se dirige a todas aquellas edificaciones que hayan sido diseñadas y construidas siguiendo los lineamientos de la NSR-10. Las muestras, son todas aquellas afecciones y lesiones que presenta la estructura, todo esto a causa del deterioro causado por agentes externos y por el paso del tiempo. Para poder realizar la recolección de datos, nos soportamos en ensayos de laboratorio, los cuales nos permiten obtener toda la información necesaria a cerca de las propiedades físicas y químicas de los materiales que componen los elementos estructurales.

Se realizarán cuatro ensayos de extracción de núcleos, ensayo con esclerómetro y cuatro regatas. Estos ensayos, serán realizados por el laboratorio INGEGAR INGENIERIA S.A.S.

Se llevará a cabo una inspección visual, la cual permita identificar el estado real y actual de los elementos estructurales, así como poder apreciar que tipo de afecciones y lesiones se presentan en la estructura. Para poder generar un dictamen final, nos guiaremos de la NSR-10, la cual es la base para realizar el análisis de todos los datos obtenidos.

7.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

La información de la edificación, fue suministrada por parte de la administración, la cual nos permitió los planos arquitectónicos de la estructura (parqueadero subterráneo), en la cual se va a desarrollar este trabajo, se conoce que la estructura se construyó bajo las especificaciones de la NSR-10

El conjunto Quintas de Morelia III, se encuentra ubicado en la comuna 5 de la ciudad de Villavicencio, dentro de este, se encuentra un parqueadero subterráneo de 2 niveles, el cual es objeto de este proyecto.

Según los datos obtenidos en el trabajo de recopilación de información tenemos:

- Nombre de las instalaciones: Quintas de Morelia III
- Fecha de construcción del proyecto: 2013
- Área aproximada del proyecto: 2176 m²
- Dirección del proyecto: Cr 4 Este #15-14
- Tipo de uso de la edificación: parqueadero

Con la información proporcionada por lo planos se pudo identificar los elementos estructurales, tales como columnas y vigas presentes en la estructura y se le dio una nomenclatura a cada uno de los elementos.

7.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

La estructura del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III el cual es objeto de estudio cuenta con 2 niveles, uno que se encuentra a -2.90 m y el otro a -5.8 m, con un área aproximada de 2176m² por nivel. Esta estructura posee un sistema estructural de pórticos en concreto.

Las dimensiones de los elementos estructurales son:

- Columnas:

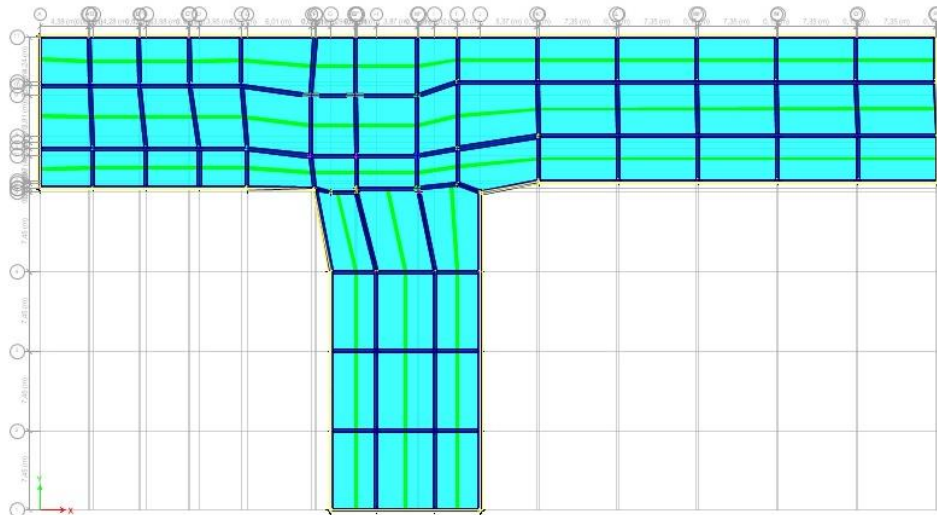
Tabla 1. Sección de columnas

Secciones de Columnas		
Pisos	Dimensiones	Área de Acero
Del piso 1 al 2	0,30 m x 0,40 m	10,134 cm ²
Del piso 1 al 2	0,30 m x 0,70 m	23,43 cm ²
Del piso 1 al 2	0,35 m x 0,95 m	31,04 cm ²
Del piso 1 al 2	0,30 m x 0,75 m	23,43 cm ²
Del piso 1 al 2	1,60 m x 0,4 m	60,8 cm ²
Del piso 1 al 2	0,60 m x 0,35 m	23,43 cm ²
Del piso 1 al 2	0,40 m x 0,70 m	23,43 cm ²
Del piso 1 al 2	0,65 m x 0,30 m	23,43 cm ²
Del piso 1 al 2	0,50 m x 0,70 m	31,04 cm ²

- Viga: 35x35 cm.
- Espesor placa: 15 cm.
- Espesor muro perimetral: 15 cm.
- viguetas: 22x30 cm.

Todas las vigas de la estructura, presentan la misma sección transversal y la misma área de refuerzo, así mismo, las viguetas pertenecientes al parqueadero, cuentan con las mismas dimensiones y la misma distribución de los refuerzos.

Figura 4. Vista en planta de la estructura de la edificación



Fuente: Propia

7.5. SOLICITUD DE PERMISOS Y AUTORIZACIONES

Debido a que es una propiedad privada, fue necesario solicitar permiso a la administración del conjunto, para que se permitiera la realización de las pruebas de laboratorio a los diferentes elementos estructurales, así mismo se autorizó la entrada del personal que realizaría dichos ensayos.

7.6. INSPECCIÓN VISUAL

Para poder determinar cuáles eran los principales daños que presenta la estructura, fue necesario realizar una inspección visual, con su respectivo registro fotográfico. Al momento de realizar la visita a la estructura, también se tomaron las medidas reales de los elementos que componen el parqueadero subterráneo, así mismo se tomaron las dimensiones reales de las plantas de cada nivel y se eligieron e identificaron a que elementos se les realizarían las pruebas de laboratorio invasivas y no invasivas.

A continuación, se mostrarán los formatos de peritaje técnico y el formato de inspección patológica, los cuales fueron empleados al momento de realizar la inspección visual.

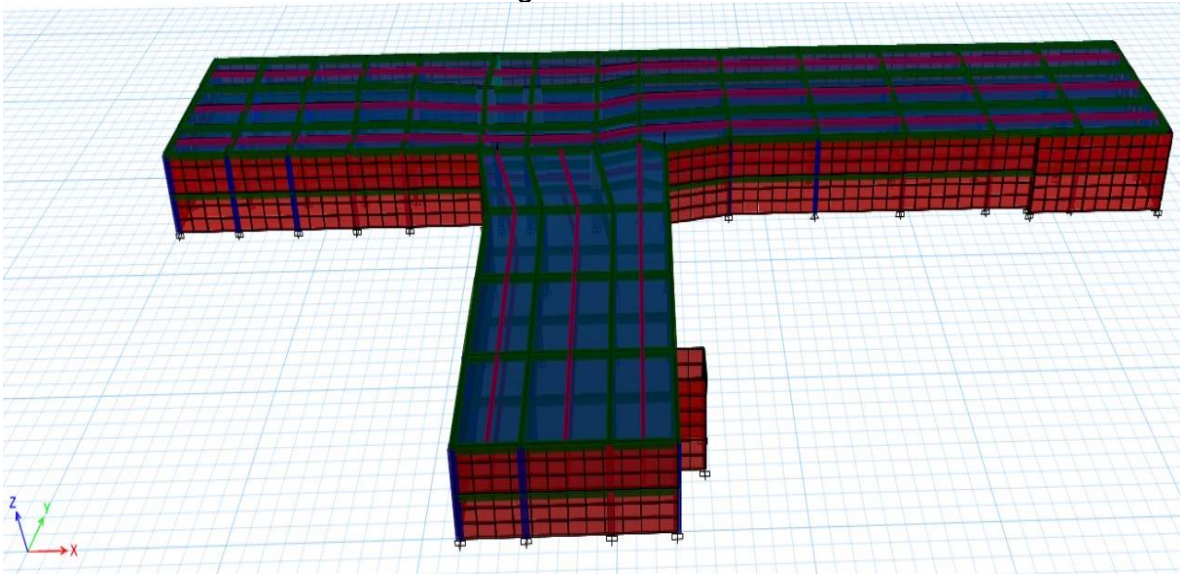
Figura 5. Formato de inspección

INFORMACIÓN GENERAL	NOMBRE PACIENTE		DIRECCIÓN		BARRIO
	ESQUEMA BÁSICO DE LA VIVIENDA INSPECCIONADA				
ESQUEMAS	DIBUJE AQUÍ EL ESQUEMA GENERAL DE LA VISTA EN PLANTA DE LA VIVIENDA (Incluir la zona norte, oriente, sur, occidente del plano en plantas)				
INSPECCIÓN DEL SUELO Y NORMATIVAS	ANÁLISIS DE ASPECTOS RELACIONADOS CON EDIFICACIÓN Y SUELO DE CIMENTACIÓN				
	ZONA MICROZONIFICACIÓN SISMICA DE LA CIUDAD DE NÚMERO DE PISOS DE LA EDIFICACIÓN (Según relación con tipo de suelo) GRADO DE SEMPENO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES SEGÚN NSR vigente SISTEMA ESTRUCTURAL PREDOMINANTE EXISTENCIA DE PLANOS AÑO DE CONSTRUCCIÓN UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN EN LA MANZANA UBICACIÓN EDIFICIO SEGÚN MAPA SUSCEPTIBILIDAD AL DAÑO - SISMO FUERTE CERCAÑO USO PERMITIDO DEL SUELO (SEGÚN NORMATIVA CURADURIA URBANA) USO PREDOMINANTE DEL INMUEBLE ESTRATO SOCIAL				
INSPECCIÓN FACHADAS, MUROS VIGAS Y COLUMNAS (vulnerabilidad y patologia)	ANÁLISIS DE FACHADAS, COLUMNAS Y MUROS EXTERNOS DE LA EDIFICACIÓN				
	LA FACHADA INSPECCIONADA ES VISIBLE				
	EXISTE EVIDENCIA CIMENTACIÓN DEL MURO O COLUMNA (Patología const. - grietas en muros, etc. desajuste)				
	ASPECTOS GEOMÉTRICOS DE MUROS, COLUMNAS, VENTANAS Y PUERTAS				
	En general los muros inspeccionados son continuos en altura				
	En general los muros inspeccionados son continuos en planta				
	En general las columnas inspeccionadas son discontinuas en altura				
	En general las columnas inspeccionadas están desalineadas en planta				
	Evidencia de muros distantes de columnas				
	Traba de lastrillo adecuada en muros (que no sea petaca)				
Área total de vanos < 35% del área total de muro					
Hay evidencia de dinteles en vanos de puertas y ventanas					
ASPECTOS ESTRUCTURALES					
Existe posible columna corta					
Columnas o muros de edificio ubicadas en lateras					
Posible existencia de piso flexible (débil)					
Evidencias de que la estructura (vigas, columnas, muros, losas) original fue modificada					
Posibilidad de existencia de vigas fuertes y columna débil (según inspección visual)					
Presencia de redundancia estructural (hay más de 2 apoyos = columnas o muros en un solo sentido)					
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS					
Conexiones apropiada de muros o columnas con el resto del sistema estructural					
Uniformidad de materiales constructivos en la fachada frontal con el resto de la vivienda					
Los estalidos que existen son menores a 60 cm de longitud					
Posibilidad de golpeo (distancia entre vivienda es menor al 1% de la altura Edif. inspeccionado)					
Edificación vecina con losa de entrepiso a igual nivel que la losa del edificio inspeccionado					
Indicios de ductos en interior del muro o de muros de columnas					
Cantidad de los materiales (óptimas o deficientes) - según observación directa					
ASPECTOS SOBRE DAÑOS Y PATOLOGÍAS					
Desgastes visibles de muros o columnas					
Grietas y fisuras visibles en muros, columnas y vigas					
Manchas blancas de carbonatación en el concreto					
Humedades visibles en pa. de muros (humedad capilar)					
Posibilidad de caída de partes (degradación del material) en mampostería y concretos					
Evidencia de eflorescencias, corrosión, refuerzo a la vista en: Losas, muros, columnas y vigas.					
Evidencia de reparaciones por daño de sismos anteriores					
ASPECTOS DEL ENTORNO					
Posibilidad de deslizamientos de lateras					
Evidencia asentamientos del suelo (daño en andenes y pavimentos adyacentes a la vivienda)					
Existencia de vegetación cercana que afecte la cimentación de la edificación evaluada					
Hay cañ. quebradas y canales adyacentes o cercanos a la vivienda (menores a 10 metros de distancia)					
OBSERVACIONES DEL INSPECTOR					
INSPECTOR DE CAMPO					

7.7. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

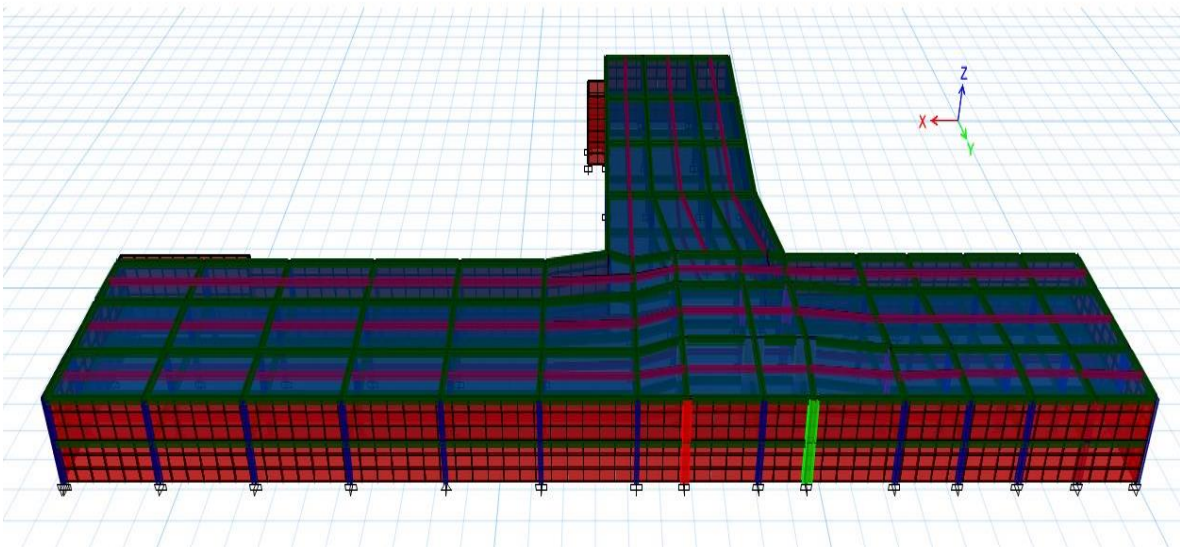
Con la información recolectada por parte de la administración y con la información hallada mediante procesos de medición y levantamiento estructural se realizó el esquema de las vistas del edificio.

Figura 6. Vista



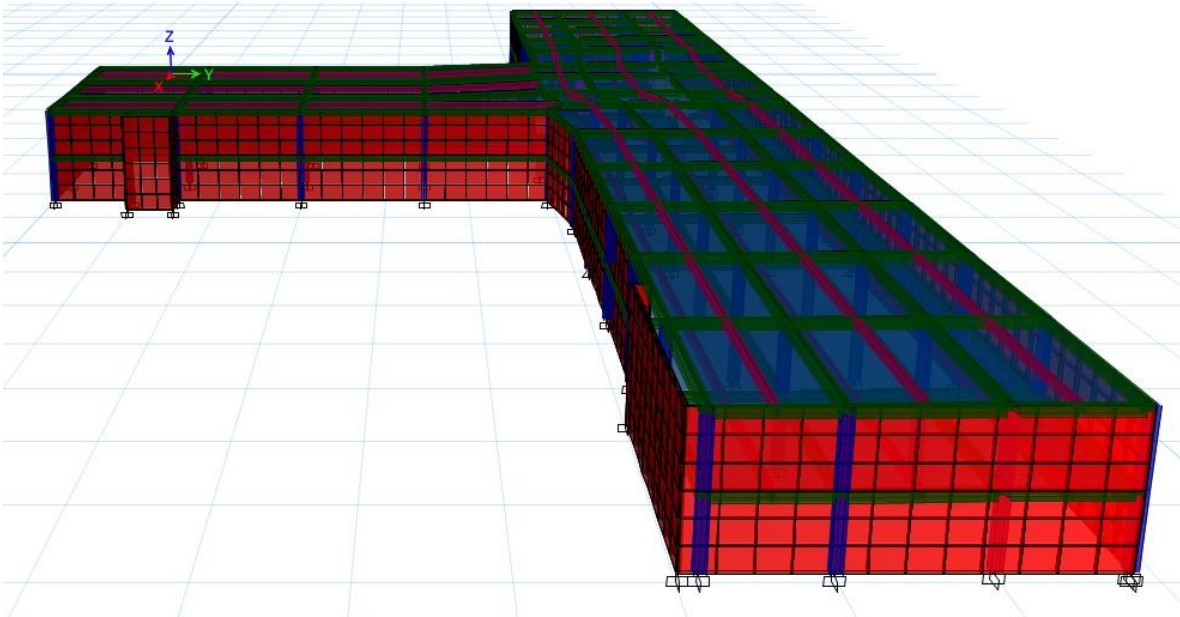
Fuente: Autores

Figura 7. Vista posterior



Fuente: Autores

Figura 8. Vista lateral derecha



Fuente: Autores

Figura 9. Vista lateral izquierda



Fuente: Autores

7.8. PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

7.8.1 Metodología

Para realizar el estudio de patología estructural se organizó primero la información existente referente a las dimensiones de la estructura, detalles, cargas actuantes. Adicionalmente esta información se estudió directamente de la edificación mediante inspecciones en el sitio. Toda esta información se procesó y coloco en formatos para interactuar directamente con los modelos de análisis. La metodología se resume en lo siguiente:

Metodología

- Aprobación por parte de la junta administradora del conjunto para la realización del proyecto.
- Visita a la estructura objeto del análisis.
- Analizar las fotografías tomadas de los elementos que componen la estructura (edificación y parqueadero subterráneo).
- Solicitar los planos de la edificación y recolección de información relevante de la estructura.
- Realizar de los ensayos propuestos para el análisis de la estructura.
- Analizar los resultados obtenidos mediante la realización de los ensayos (esclerómetro y extracción de núcleos).
- Modelación de la estructura en ETABS.
- Revisión del cumplimiento con la NSR-10 y demás lineamientos legales que rijan la construcción en Colombia.
- Realizar un diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica.
- Definir las posibles soluciones para los problemas presentes en la estructura.

7.8.2 Propiedades y características de los materiales de construcción

De los materiales que conforman la estructura se pretende conocer de estos la resistencia de los materiales, rigidez, estado actual y la localización del acero de refuerzo.

Para determinar los anteriores parámetros se realizaron los siguientes ensayos, los cuales se rigen bajo la siguiente normativa:



Tabla 2. Ensayos de laboratorio.


Ensayo	Normativa	Título de la norma aplicable
Esclerometría	NTC 3692	Ingeniería civil y arquitectura método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido
Compresión axial de los núcleos de concreto	NTC 3658	Ingeniería civil y arquitectura método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concretos aserradas
Verificación y localización de refuerzo Mediante regata	NSR-10	



Para este trabajo se realizaron ensayos invasivos y no invasivos, primero se realizó la prueba de golpe con esclerómetro, seguido a esto se realizó la prueba de regata, para la verificación de los aceros de refuerzo, así mismo se llevó a cabo el ensayo de extracción de núcleos, los ensayos nombrados anteriormente fueron realizados por la empresa INGEGAR INGENIERIA S.A.S.



7.9. HISTORIA CLÍNICA DE LA EDIFICACIÓN

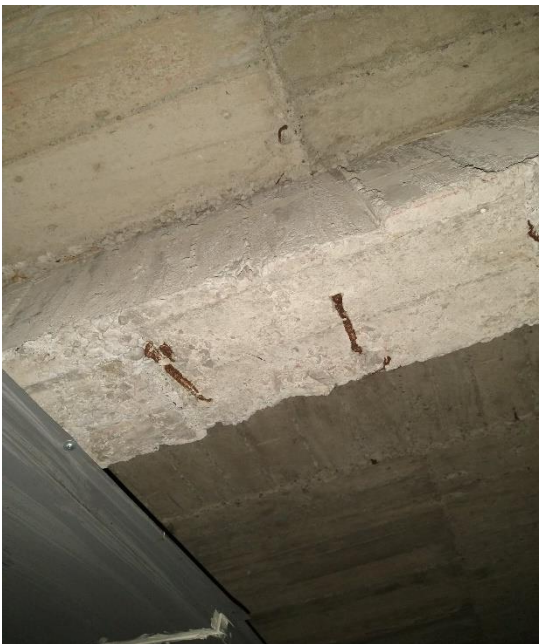

Tabla 3. Patologías en la edificación.



NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III	
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha 03/02/2020
ID	DETALLE 1	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
A		Presencia de humedad en los elementos estructurales, tales como columnas y vigas, lo cual ha generado el deterioro de las mismas, en la foto podemos apreciar el estado actual de los elementos y como a causa de la humedad y el escurrimiento de agua, se ha desprendido parte del concreto del elemento.	
	DETALLE 2	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
B		Deterioro y agrietamiento en la placa por presencia de humedad y filtración de agua lluvia.	


NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III		
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha	03/02/2020
	DETALLE 3	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES		
C		El nivel del parqueadero a -5.8, también presenta una fuerte afectación en sus elementos estructurales a causa de la humedad, podemos apreciar el gran estado de deterioro en el que se encuentra esta columna.		
	DETALLE 4	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES		
D		Deterioro en la placa superior del parqueadero por presencia de humedad y filtración de agua lluvia, que ha generado agrietamiento y fisuras en la misma y por ende se ha comprometido la resistencia del elemento estructural.		

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III		
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha	03/02/2020
				
DETALLE 5		DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES		
E		<p>Evidente deterioro en elemento estructural (viga), a causa de la gran cantidad de humedad y agua que escurre por el elemento, se pueden apreciar también las bandejas que se han dispuesto para recoger el agua que escurre en este caso por la viga.</p>		

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III	
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha 03/02/2020
	DETALLE 6	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
F		<p>En diferentes partes de la placa superior del primer nivel del parqueadero, es posible apreciar que esta presentar una deformidad y también se puede distinguir en que puntos ha presentado desprendimiento de concreto.</p>	
	DETALLE 7	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
G		<p>Realizando la inspección visual, se pudo evidenciar que muchas de las vigas de la estructura (parqueadero subterráneo), no cuentan con el recubrimiento mínimo que exige la norma NSR-10, lo cual deja cabida a creer que esto ha generado que las barras longitudinales y transversales han sufrido afectación en su resistencia.</p>	

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III	
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha 03/02/2020
	DETALLE 8	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
H		<p>En la inspección visual que se realizó y viendo la falta de recubrimiento en muchas de las vigas de la estructura, se pudo determinar que esto no es debido a nada más sino a errores cometidos en el proceso constructivo de la edificación.</p>	
	DETALLE 9	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
I		<p>El problema más grande que se presenta en esta estructura, es la humedad, esto sumado a la falta de recubrimiento en algunos de los elementos, principalmente en las vigas, ha generado que el acero presente en el elemento, haya comenzado un proceso de oxidación, lo cual es bien sabido que genera una afectación a la resistencia del refuerzo.</p>	

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III	
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha 03/02/2020
	DETALLE 10	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
J		En algunas zonas de la placa del primer y segundo nivel del parqueadero, se puede apreciar que el acero de refuerzo de esta, está expuesto y no cuenta con ningún tipo de recubrimiento que impida que los agentes químicos del entorno, afecten el acero de refuerzo.	
	DETALLE 11	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
K		Pérdida de concreto en viga y error constructivo en la conexión viga columna.	

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN		Parqueadero subterráneo - quintas de Morelia III	
PISO ANALIZADO		Nivel 1 y 2 del parqueadero subterráneo	Fecha 03/02/2020
	DETALLE 12	DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES	
L		Exposición de acero de refuerzo en viga por falta de recubrimiento.	

Fuente. Propia

7.10. PRUEBAS DE LABORATORIO

7.10.1 Esclerómetro

Para el ensayo con el esclerómetro, se tomaron los elementos que más presentaban afectaciones y patologías, esto en el primer y segundo nivel del parqueadero subterráneo.

Tabla 4. Elementos sometidos a prueba de golpe de esclerómetro.

Primer nivel (-2.9m)	Segundo nivel (-5.8)
CP-1	CS-1
CP-3	CS-3

CP-5	CS-5
CP-7	CS-7
CP-9	CS-9
CP-11	CS-11
CP-13	CS-13
CP-15	CS-15
CP-17	CS-17
VP-1	VS-1
VP-3	VS-3
VP-5	VS-5
VP-7	VS-7
ViP-9	VS-9
ViP-11	ViS-5
Placa superior primer nivel	ViS-10
Placa de entre piso	Vis-15


Fuente: Autores

La prueba con el esclerómetro se realizó a un total de dieciocho columnas (18) entre el primer y segundo nivel, así mismo, la prueba se realizó a un total de catorce (14) vigas, dos (2) placas y cinco (5) viguetas. La totalidad de elementos analizados en la prueba con esclerómetro es de 34 elementos.

Recurriendo a la norma NTC 3692 el ensayo de golpe de prueba de esclerómetro debe contar con un mínimo de diez (10) golpes por cada elemento analizado, una vez se hayan recolectado todos los datos, se debe calcular la media de estos, luego de esto, se debe tener en cuenta que, en la norma, se especifica que cualquier golpe que se encuentre por debajo o por encima de la media por 6 unidades será tomado como un dato atípico, por lo tanto, este dato no será tomado en cuenta.

En la siguiente tabla, se relacionan los valores obtenidos en la prueba con el esclerómetro, se presentaron algunas variaciones en las mediciones, debido a que algunos de los elementos analizados, presentaban patologías que pueden generar afectación en su resistencia.

Tabla 5. Valores obtenidos en el ensayo de esclerómetro

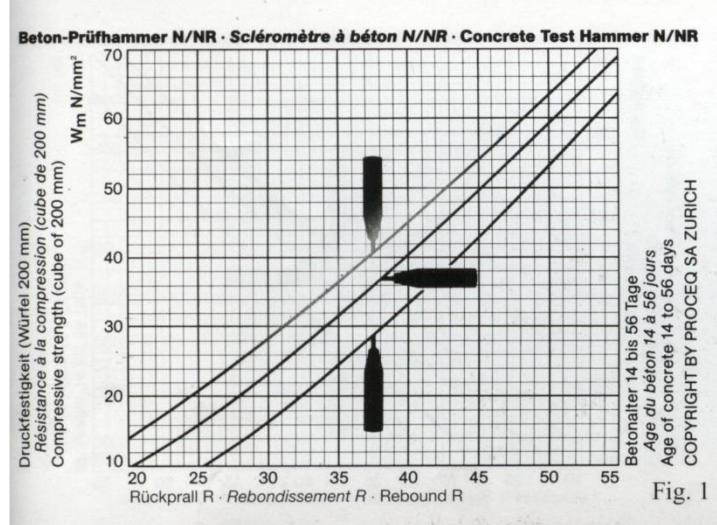
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVICENCIO		UBICACIÓN									
		PARQUEADERO SUBTERRÁNEO									
		QUINTAS DE MORELIA III - PRIMER NIVEL									
LECTURA N°	TIPO DE ENSAYO					ENSAYO CON ESCLEROMETRO					promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CP-1	40	42	40,3	42,1	42	39	41,5	37,7	42	41,1	40,77
CP-3	42	38,7	40,5	41	39,1	42,1	42	39,9	42,3	40	40,76
CP-5	40,3	37,7	39,5	40,1	41	38	37,9	40,5	40,7	40,2	39,59
CP-7	41,2	41,3	41,5	40,9	41	41,1	39,8	42	41,8	41,2	41,18
CP-9	39,8	40,3	39,7	38,2	40,3	40,5	41,1	40,5	40	40,1	36,02
CP-11	37,9	39,1	40,2	39,9	38,7	40,6	40,1	40	42,2	40,8	36,08
VP-1	42	41,1	38,9	40	38,7	41,9	40,3	40,5	40,9	41,1	36,67
VP-3	37,2	39,9	40,1	39	40,5	38,6	42	42,8	40,3	39,2	39,96
VP-5	39,9	42,1	40,3	41,2	40,5	38,7	38,2	40,3	41	42	40,42
VP-7	40,5	38	41,2	40,1	42	37,7	39,9	39,1	40,1	39,1	39,77
ViP-9	41,1	41,1	39,8	40,8	40,5	41,3	40	41,1	40,9	41	40,76
ViP-11	40	40	37,9	41,1	40	40,3	39	39,9	38,2	41	39,74
Placa superior primer nivel	40,2	40,5	39	41	40,5	39,1	41,2	42,1	39,9	40,3	36,35
Placa de entre piso	41,2	42,8	41	40,9	41	41,1	40	38	40	38,7	36,6

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVICENCIO		UBICACIÓN									
		PARQUEADERO SUBTERRÁNEO									
		QUINTAS DE MORELIA III - SEGUNDO									
LECTURA N°	TIPO DE ENSAYO					ENSAYO CON ESCLEROMETRO					promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CS-1	41	37,9	39,8	40,5	40,3	40,1	40,5	40,3	42,3	37,2	39,99
CS-3	40,3	39,8	37,9	42	39,1	40,3	41,1	42	40,7	39,9	36,28
CS-5	38,7	41,1	42	40,5	41,1	41,2	40	38,2	41,8	40,5	36,64
CS-7	38,7	40,1	37,2	40	39,9	39,8	40,2	39,9	42	41,1	36,02
CS-9	40,5	40,3	39,9	37,2	42,1	37,9	41,2	40	40,5	40	39,96
CS-11	40,5	42	40,5	40,5	38	40,6	40,3	39	40	40,2	40,16
VS-1	42	38,2	41,2	40,5	41,1	41,9	39,1	40	40,5	41,5	40,6
VS-3	41,1	39,9	40,1	42	42,2	38,6	41,1	42	41	39,7	40,77
VS-5	39,2	40	40,8	40,5	40,9	38,7	39,9	40,5	41	40,2	40,17
VS-7	42	39	41,1	40	40,3	37,7	42,1	40	40,9	38,9	40,2
VS-9	39,1	40	39,2	42,8	41	41,1	38	42,8	40	40,1	40,41
ViS-5	41	40,6	42	40,3	40,1	39,9	40,1	40,3	42,8	40,3	40,74
ViS-10	41	40,5	42	39,1	40,9	42,1	40,9	37,9	40,3	41,2	40,59
Vis-15	40,2	42,8	41,8	41,1	42	38	38,2	39,8	39,1	40	40,3

Fuente: Propia

Una vez se tengan organizados los datos tomados, se prosiguió a calcular el promedio de estos, para poder calcular el valor de la resistencia de cada elemento en MPa, para ellos se puede emplea la gráfica con la que cuenta el equipo (esclerómetro), el cual usa el número de golpe, para calcular el valor en MPa.

Figura 10. Curva de conversión de numero de golpe a MPa



Fuente: Concrete Test Hammer

Para poder determinar el valor obtenido por el esclerómetro en MPa, de cada uno de los elementos, es necesario emplear la fórmula que describe el comportamiento de cada una de las curvas en la gráfica mostrada anteriormente, para ello, se hizo necesario el uso de Excel. Donde x en cada ecuación, es el número de golpe de esclerómetro.

En casos donde el esclerómetro se empleó de forma horizontal para realizar el ensayo, la ecuación que se debe emplear es:

$$y = 0.01249019 * x^2 + 0.76826461 * x - 10.79996173$$

En los casos donde la toma de datos de esclerómetro se hiciera de manera vertical hacia abajo la formula corresponde a:

Para cuando el esclerómetro se emplea de forma vertical, hacia abajo, la ecuación que se debe emplear es la siguiente:

$$y = 0.01165122 * x^2 + 0.84235818 * x - 7.49406271$$

y para cuando el dato se toma empleando el esclerómetro de forma vertical hacia arriba, la ecuación que se necesita será la siguiente:

$$y = 0.01553395 * x^2 + 0.56755445 * x - 14.29022003$$

Tabla 6. Valores en MPa de los datos de esclérometro.



PRIMER NIVEL -2,9m		
ELEMENT O	Valor en MPa	Psi
CP-1	41,283291 6	5987,6460 4
CP-3	41,265425 7	5985,0548 1
CP-5	39,192359 5	5684,3814 4
CP-7	40,944266 7	5938,4745 5
CP-9	33,078206 6	4797,5969 3
CP-11	33,178335 1	4812,1193 6
VP-1	34,167721 4	4955,6179 7
VP-3	39,844247 5	5778,9299 6
VP-5	40,304376 8	5845,6662
VP-7	39,509067	5730,3160 7
ViP-9	40,979911	5943,6443 4
ViP-11	39,456226 3	5722,6521 4
Placa superior primer nivel	26,865741 9	3896,5534 7
Placa de entre piso	27,290930 9	3958,2220 4

Segundo nivel -5,8m		
ELEMENT O	Valor en MPa	Psi
CS-1	39,897253 1	5786,6178
CS-3	33,512746	4860,6216 6
CS-5	34,117203 8	4948,291
CS-7	33,078206 6	4797,5969 3
CS-9	39,844247 5	5778,9299 6
CS-11	40,198043 2	5830,2437 9
VS-1	40,979911	5943,6443 4
VS-3	41,283291 6	5987,6460 4
VS-5	40,215759 2	5832,8132 8
VS-7	40,268922 2	5840,5239 4
VS-9	40,641693	5894,5898 7
ViS-5	41,229701 4	5979,8734 3
ViS-10	40,962087 6	5941,0592 6
Vis-15	40,446294 7	5866,2497

Fuente: Autores

Cada dato tomado con el esclerómetro, se hizo de forma horizontal, exceptuando la placa superior y la placa de entre piso, en las cuales se tomó el dato de forma vertical.

Figura 11 Toma de datos en columna del primer del parqueadero a -2.9m.



Fuente: Autores

7.11. DETECCIÓN DE ACERO DE REFUERZO – REGATAS

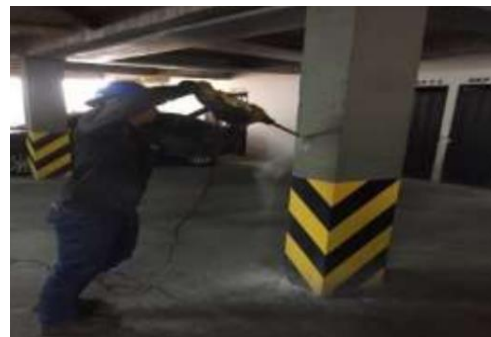
El primer paso a realizar, es la utilización del scanner que permite la detección de acero en el elemento estructural, este es un escáner electromagnético que detecta la localización del acero de refuerzo en elementos de concreto.

Figura 12. Deteccion acero de refuerzo



Fuente: Autores

Figura 13. Regata C5



Fuente: Autores

Figura 14. Detección acero de refuerzo



Fuente: Autores

Figura 15. Regata C7



Fuente: Autores

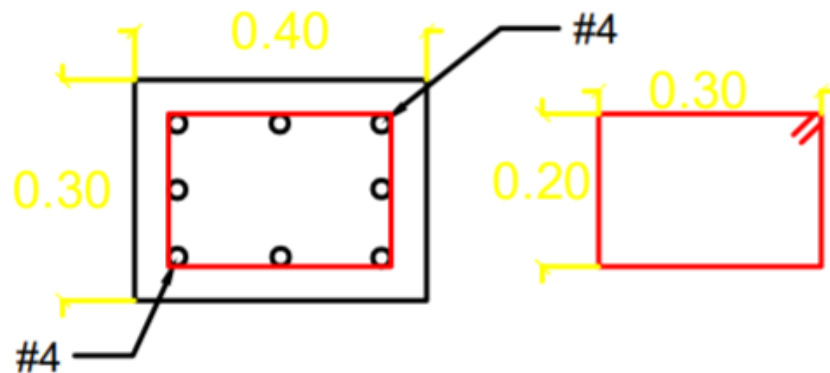
Figura 16. Regata C7



Fuente: Autores

Para poder conocer el diámetro real de las barras de refuerzo y de los estribos, es necesario realizar una rotura en el recubrimiento de la columna o viga, para dejar expuestos los aceros de refuerzo. Una vez hecha la medición, se realizó una inspección visual del estado actual del acero. Ya realizado todo este proceso, se pudo realizar un dibujo de la distribución de los aceros de refuerzos en el área del elemento.

Figura 17. Columna 0.30*0.40m

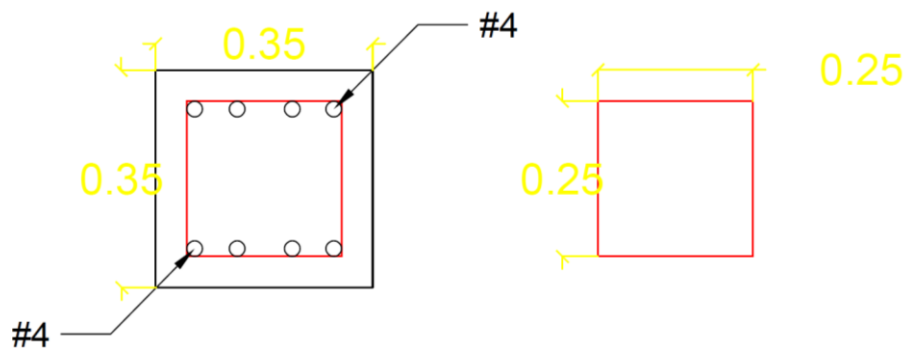


Bastones #4 – flejes #3 @10cm Lc: 1.2

Figura 18. Armados de elementos estructurales C7

Fuente: Autores

VIGA 0.35*0.35



Bastones #4 – flejes #3 @10cm Lc:1.18

Fuente: Autores

La inspección visual después de realizar las regatas de inspección nos ayudó a poder calificar el estado de la estructura y observar la afectación de los elementos estructurales y sus posibles causas.

Una vez realizado el procedimiento de regata, podemos realizar una inspección visual, con la cual se puede analizar el estado del refuerzo del elemento estructural, así como verificar el tipo de refuerzo presente en la misma, dichos refuerzos se encuentran detallados en la Tabla 7.

Tabla 7. Tipo de elementos con su diámetro, espaciamiento y recubrimiento

		NOMBRE DEL PROYECTO			FECHA	
		Parqueadero subterráneo-quintas de morelia III			19/12/2019	
TIPO DE ELEMENTO	DIMENSIONES	DIAMETRO		ESPACIAMINETO	RECUBRIMIENTO	OBSERVACIONES
		BASTONES (mm)	FLEJES (mm)	FLEJES (cm)		
COLUMNA 1B3	0,30*0,40	13	9,7	10,4	49mm	C/C
COLUMNA 2D2	0,30*0,41	13	9,7	11	47mm	C/C
VIGA 1B4-3	0,35*0,3	13	9,5	9,8	45mm	C/C
VIGA 1C1-2	0,35*0,3	13,1	9,6	10,1	40mm	C/C

C: CORRUGADO	L: LISO
--------------	---------

Fuente: propia

7.12. EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Cuando se lleva a cabo la prueba de compresión a probetas extraídas, de algún elemento estructural, se espera que el valor obtenido al realizar dicho ensayo, sea superior al 85% de la resistencia real de dicho elemento al cual se le realizó la extracción, este porcentaje es debido a que se considera que la muestra sufre algún tipo de deterioro en el proceso de extracción, así como a la descompresión de dicha muestra.

Se llevó a cabo la extracción de un total de 4 núcleos, cada una con un diámetro de 2 pulgadas, dichas extracciones de núcleos se realizaron en 2 columnas y 2 vigas. A continuación, las muestras fueron llevadas al laboratorio para su preparación y ensayo en la maquina universal MTS. El laboratorio de la empresa INGEGAR INGENIERIA S.A.S, la cual siguiendo la norma NTC 673 (2010), realizó las extracciones.

Conociendo donde se encontraban los aceros de refuerzo, se pudo realizar la extracción de cada núcleo sin afectar dichas barras, para estas extracciones se empleó un taladro extractor de núcleos.

Una vez en el laboratorio se realizan las pruebas de carga axial en la maquina universal MTS siguiendo la norma NTC 673, los resultados de dichos ensayos se muestran en la siguiente tabla, suministrada por la empresa INGEGAR INGENIERIA S.A.S.

Según la norma NTC 3658, el diámetro mínimo para las muestras de cilindros extraídos, debe ser de 100mm, lo cual en el caso de las extracciones realizadas por

la empresa INEGAR INGENIERIA S.A.S, no se cumple, debido a que los cilindros extraídos tenían un diámetro de 2 pulgadas (5.08cm), por ello los datos obtenido al ensayar los cilindros, deben ser complementados, con los datos generados en el ensayo con esclerómetro, esto con la finalidad de que los datos de resistencia del concreto, tengan mayor confiabilidad.

Tabla 8. Resistencia por ensayo de carga axial de los cilindros

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO		
Versión: 004	IG - F - 117	Julio de 2019
Solicitud No.:		C-047-11-2019
PROYECTO:	"ESTUDIO PATOLÓGICO Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA LA TORRE 1, PARQUEADERO SUBTERRÁNEO DE CONJUNTO QUINTAS DE MORELIA III EN VILLAVICENCIO META".	CLIENTE: EDWIN ALEJANDRO BAQUERO LEÓN
DESCRIPCION:	VIGAS Y COLUMNAS DE PARQUEADERO SUBTERRÁNEO EN TORRE DE CONJUNTO RESIDENCIAL	FECHA DE ENTREGA: 6/12/2019 NORMA: INV-E 418 /419

Tipo de Elemento Estructural	Muestra No.	Fecha Extracción del Nucleo.	Fecha de Rotura del Nucleo.	Altura (cms.)	Diámetro (cms.)	Peso (gr.)	Area del Cilindro (cms2)	Carga aplicada (KN)	Carga aplicada (Kgs)	Factor de corrección L/D	Resistencia P.S.I.	Densidad del Concreto (gr/cm³)	Tipo de falla						
													1	2	3	4	5	6	
COLUMNA N°1	1	3-dic	6-dic	9,5	5,08	430	20,27	35,47	3616	1,87	2.266	2,23						X	
VIGA N° 1	1	3-dic	6-dic	10,5	5,08	446	20,27	20,73	2113	2,07	2.218	2,10						X	
COLUMNA N° 2	1	3-dic	6-dic	9,5	5,08	430	20,27	36,41	3712	1,87	2.161	2,23						X	
VIGA N°2	1	3-dic	6-dic	10,5	5,08	446	20,27	21,80	2222	2,07	2.126	2,10						X	



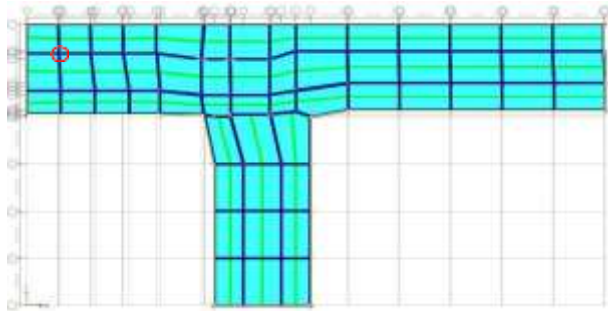


Figura 19 columna B3 en el primer nivel del
parqueadero -2.9m, de la cual se realizó la
extracción de núcleo.

Fuente: Autores

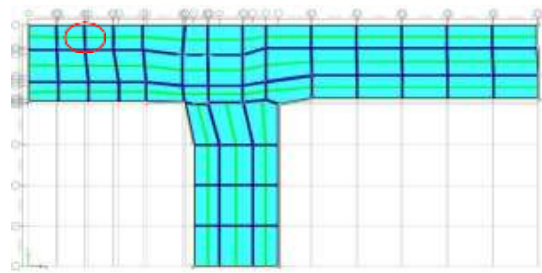


Figura 20 viga B3-4, viga empleada
para realizar la extracción de núcleo.

Fuente: Autores

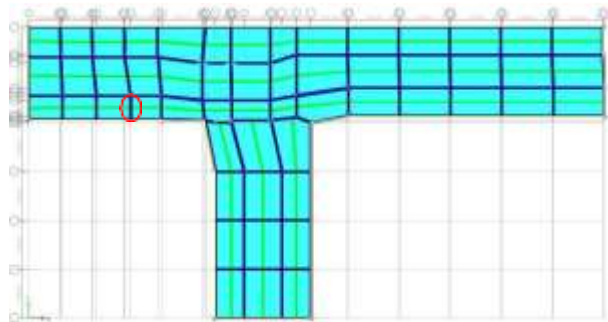


Figura 21 Ubicación extracción de núcleo
Eje 9 piso 3.

Fuente: Autores

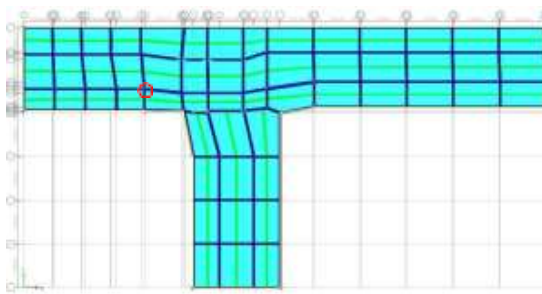


Figura 22 Ubicación extracción de
núcleo Eje 9 piso 4.

Fuente: Autores

Figura 23. Extracción de núcleo



Fuente: Autores

Figura 25. Extracción de núcleo



Fuente: Autores

Figura 24. Extracción de núcleo



Fuente: Autores

Figura 26. Extracción de núcleo



Fuente: Autores

8. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

8.1. ESCLEROMETRO

Una vez realizado el ensayo con el esclerómetro, se organizaron todos los datos, correspondientes a cada elemento, vigas, columnas y placas, luego de esto, se sacó un promedio por cada elemento, se calculó su valor en MPa y su equivalencia en Psi, así, se pudo determinar el menor y mayor valor de cada grupo de elementos (columnas, vigas, placas). Estos valores, se relacionan en las siguientes tablas:

Columnas:

Tabla 9. Columnas valor mayor y menor

Mayor valor:

Valor en MPa	Psi
41,2832916	5987,64604

Menor valor:

Valor en MPa	Psi
32,562309	4722,77217

Fuente: propia

Viguetas:

Tabla 10. Viguetas valor mayor y menor

Mayor valor:

Valor en MPa	Psi
41,2297014	5979,87343

Menor valor:

Valor en MPa	Psi
39,4562263	5722,65214

Fuente: Propia

Vigas:

Tabla 11. Vigas valor mayor y menor
Mayor valor:

Valor en MPa	Psi
40,979911	5943,64434

Valor menor:

Valor en MPa	Psi
34,1677214	4955,61797

Fuente: Propia

Placa:

Tabla 12. Placa valor mayor y menor

Mayor valor:

Valor en MPa	Psi
27,2909309	3958,22204

Menor valor:

Valor en MPa	Psi
26,8657419	3896,55347

Fuente: Propia

8.2. NÚCLEOS DE CONCRETOS:

Siguiendo los lineamientos de la norma NTC 3658 (ASTM C42M), la empresa INGEGAR INGENIERIA S.A.S, realizo la aplicación de la carga de compresión a los cilindros de concreto previamente extraídos, dicha carga, es una carga a

compresión, la cual lleva los cilindros a falla, realizando esto, se puede determinar la resistencia del elemento del cual fueron extraídos los cilindros.

Columnas:

- 2266 Psi
- 2218 Psi
- Promedio: 2242 Psi

Vigas:

- 2161 Psi
- 2126 Psi
- Promedio: 2142 Psi

8.3. LOCALIZACIÓN DE PATOLOGÍA Y DAÑOS ESTRUCTURALES

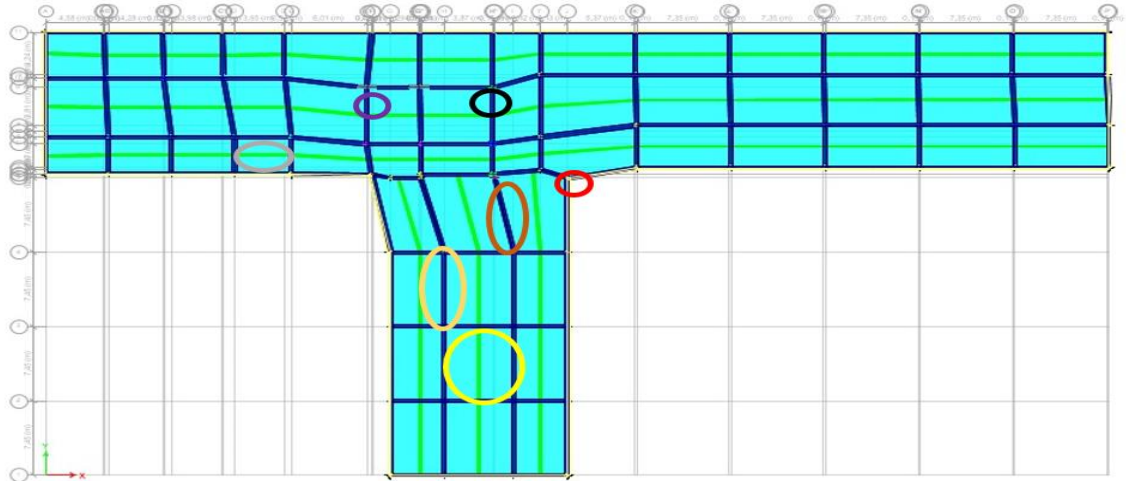
Se realizó un plano en el software AUTOCAD donde se puede ver donde se encuentran ubicadas las principales patologías en el edificio, para conocer donde se encontraba la concentración de la mayoría de las patologías.

Tomando un plano en planta de la estructura modelada en ETABS, se ubicaron los daños y patologías de mayor relevancia presentes en la estructura. Entre estos se pueden encontrar:

- Falta de recubrimiento en vigas.
- Deformación en placa.
- Perdida de concreto en vigas y columnas.
- Humedad.
- Oxidación en aceros de refuerzo.
- Fisuras y agrietamiento en placa.

Figura 27. Planta primer nivel -2.9m

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

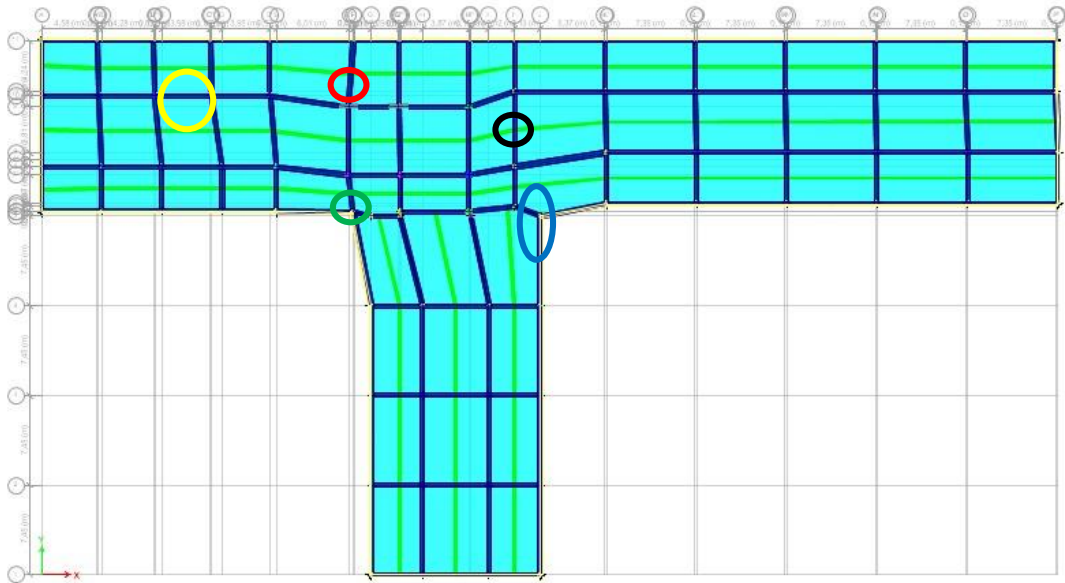


Fuente: autores

Código de patología o daño (ver tabla 5):

- A
- B
- D
- E
- F
- G
- H

Figura 28. Planta segundo nivel -5.8m



Fuente: autores

Código de patología o daño (ver tabla 5):

- C
- I
- J
- K
- L

8.4. MODELADO EN ETABS

8.4.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA

Empleando los datos obtenidos con la inspección visual y con las medidas tomadas en campo de los elementos estructurales, se modeló un plano de la estructura, en el cual se ubicaron los ejes correspondientes a cada elemento, seguido a esto es necesario ingresar datos tales como, secciones de columnas, vigas, viguetas y placas, así como los materiales que componen cada elemento, espectro sísmico, cargas que soporta la estructura, como la carga viva, carga muerta y la carga generada por el empuje del terreno.

8.4.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura objeto de estudio, debe resistir a cargas tanto verticales como horizontales (fuerza sísmica y empuje generado por el terreno), en la figura 30 se puede apreciar cómo están configurados y dispuestos los elementos de esta estructura, cuyo uso está determinado por el decreto 926 de 2010, Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente para zonas de amenaza sísmica alta. En el esquema se observan los elementos estructurales existentes, tales como columnas, vigas, viguetas y losa maciza que están de color azul oscuro, verde, morado, azul claro, y rojo respectivamente.

A continuación, se muestran una serie de figuras que demuestran los resultados obtenidos en el análisis estructural, el cual se debe hacer para poder modelar la estructura, dichos resultados se encuentran en los anexos.

Sistema estructural utilizado: combinado

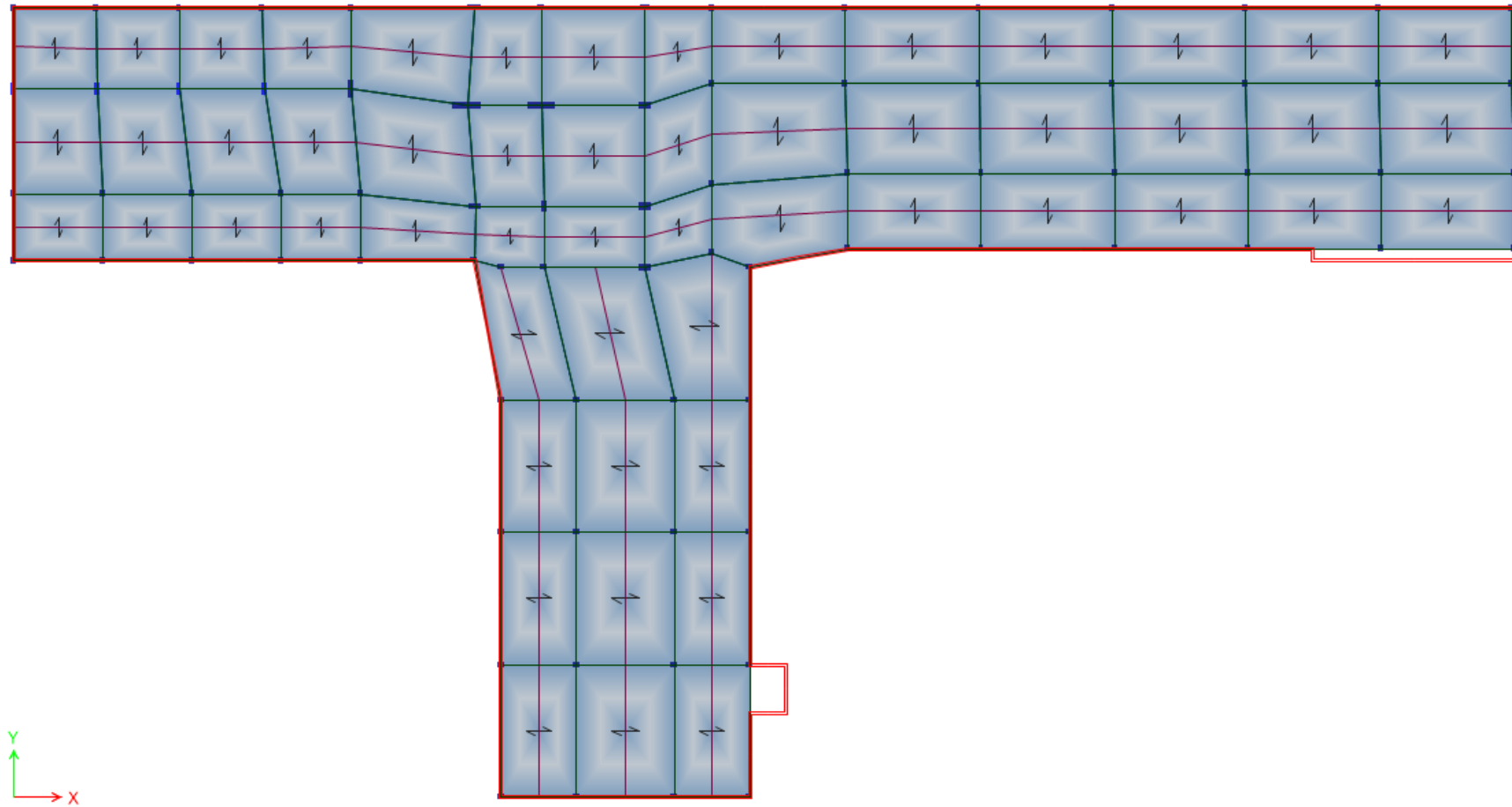
Método empleado: método de resistencia última

Peso del edificio: 2344,3 Ton

Cortante en la base: en X = 2461,51 Ton

En Y = 2461,51 Ton

Figura 29. Planta piso 1 y 2



Fuente: autores

8.4.3 Evaluación sobre la resistencia de los materiales de la estructura

Los ensayos a cilindros extraídos, deben ser transportados al laboratorio y ensayarse de acuerdo con la NTC 3658 (ASTM), este ensayo, se realiza para poder determinar las propiedades mecánicas de los elementos que componen la estructura.

Los siguientes, son los valores obtenidos en el laboratorio:

Tabla 13. Resultado de laboratorio para resistencia a compresión f'_c de los elementos.

Resistencia a la compresión f'_c (MPa)		
Elementos	Resistencia Máxima	Resistencia Efectiva
Columnas	15,62	15,46
Vigas y Placa	14,89	14,77

Fuente: autores

De acuerdo a los datos anteriores, se aclara que la resistencia mínima requerida a la compresión para un concreto estructural DES debe ser de 21 MPa, lo cual no se cumple, posiblemente debido al deterioro y a la falta de mantenimiento de la estructura a través de los años, esto ha generado que la resistencia de sus elementos estructurales, disminuya hasta llegar a valores demasiado críticos, lo cual representa un potencial riesgo para la estructura y para quienes hacen uso de ella.

8.4.4 Secciones de los elementos

Para tener un dato exacto a cerca de las dimensiones reales de los elementos, fue necesario ir al sitio de estudio, para así plasmar esto en un plano. Para poder conocer el refuerzo con el que contaban los elementos, se realizó el ensayo de ferro scan, el cual permite conocer el acero de refuerzo de los elementos, su diámetro, recubrimiento y espaciamiento, se logró obtener los siguientes resultados:

- Columnas

Figura 30. Columna 1 y 2

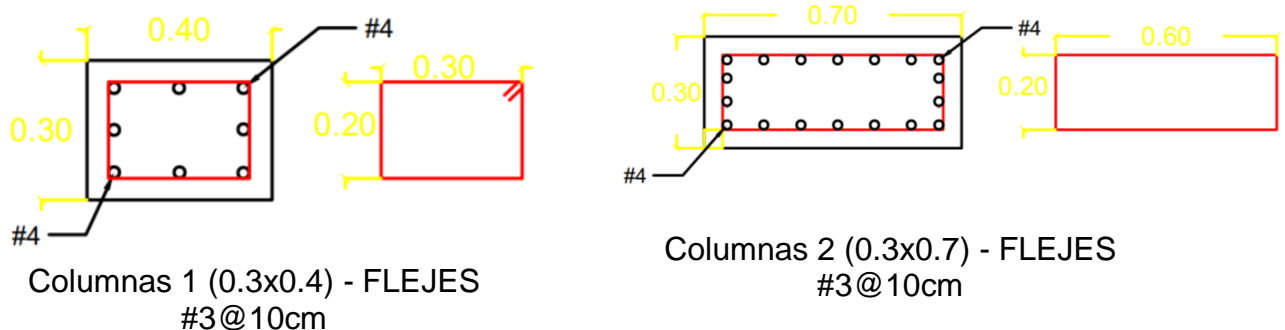
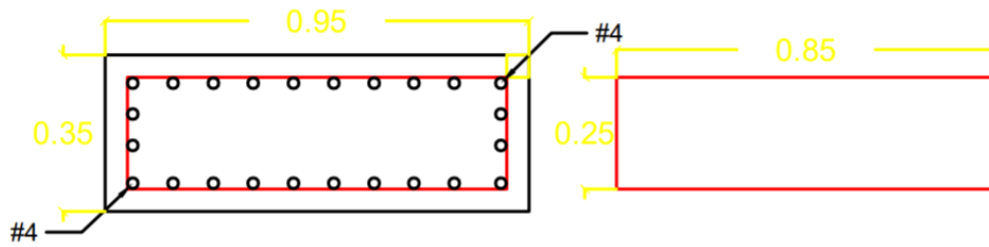
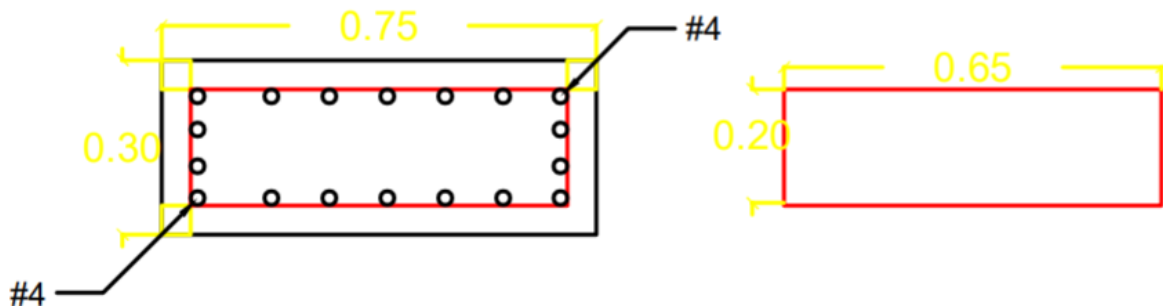


Figura 31. Columna 3



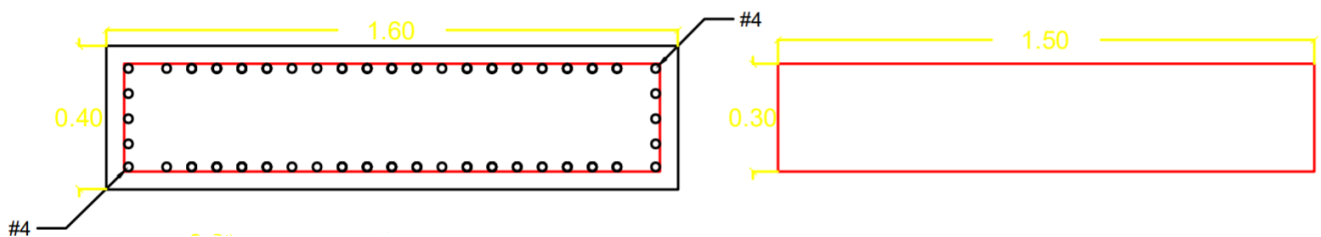
Columnas 3 (0.35x0.95) - FLEJES #3@10cm

Figura 32. Columna 4



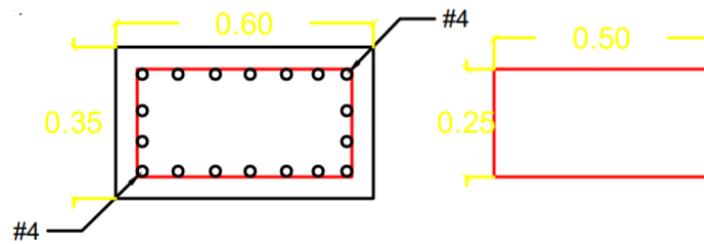
Columnas 4 (0.3x0.7 5) - FLEJES #3@10cm

Figura 33. Columna 5



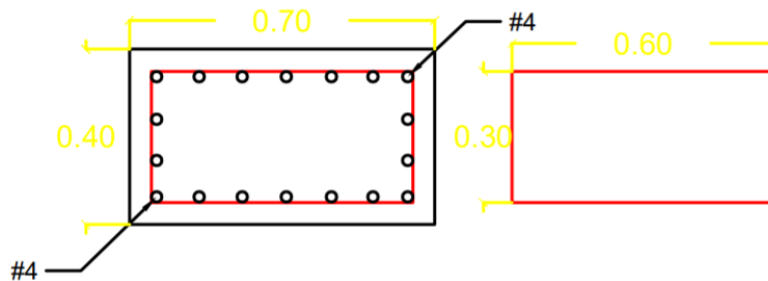
Columnas 5 (1.60x0.4) - FLEJES #3@10cm

Figura 34. Columna 6



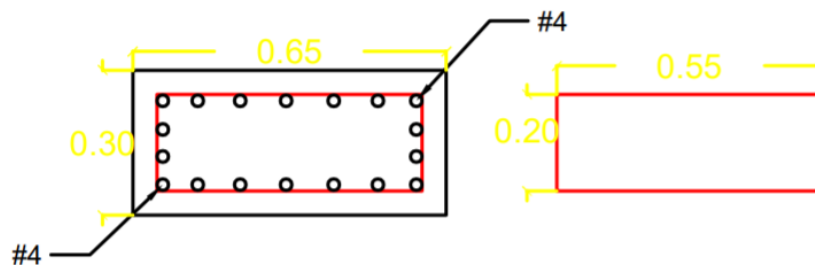
Columnas 6 (0.60x0.35) - FLEJES #3@10cm

Figura 35. Columna 7



Columnas 7 (0.70x0.4) - FLEJES #3@10cm

Figura 36. Columna 8



Columnas 8 (0.65x0.3) - FLEJES #3@10cm

Figura 37. Columna 9

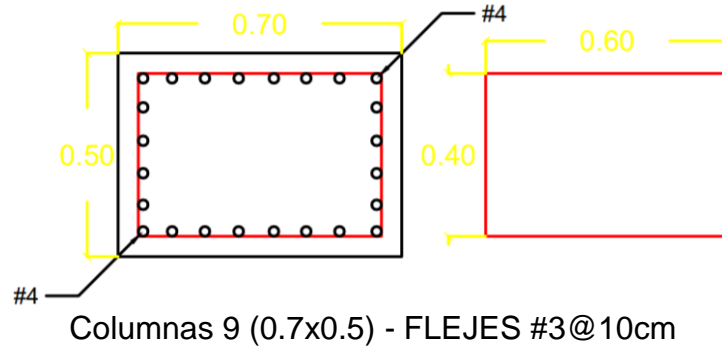


Tabla 14. Configuración de columnas

secciones columnas			
Pisos	Dimensiones	Área de Acero	Área mínima de Acero
Del piso 1 al 2	0,30 m x 0,40 m	10,134 cm ²	12 cm ³
Del piso 1 al 2	0,30 m x 0,70 m	23,43 cm ²	21 cm ³
Del piso 1 al 2	0,35 m x 0,95 m	31,04 cm ²	33,25 cm ³
Del piso 1 al 2	0,30 m x 0,75 m	23,43 cm ²	22,5 cm ³
Del piso 1 al 2	1,60 m x 0,4 m	60,8 cm ²	64 cm ³
Del piso 1 al 2	0,60 m x 0,35 m	23,43 cm ²	21 cm ²
Del piso 1 al 2	0,40 m x 0,70 m	23,43 cm ²	28 cm ²
Del piso 1 al 2	0,65 m x 0,30 m	23,43 cm ²	19,5 cm ²
Del piso 1 al 2	0,50 m x 0,70 m	31,04 cm ²	35 cm ³

Fuente: autores

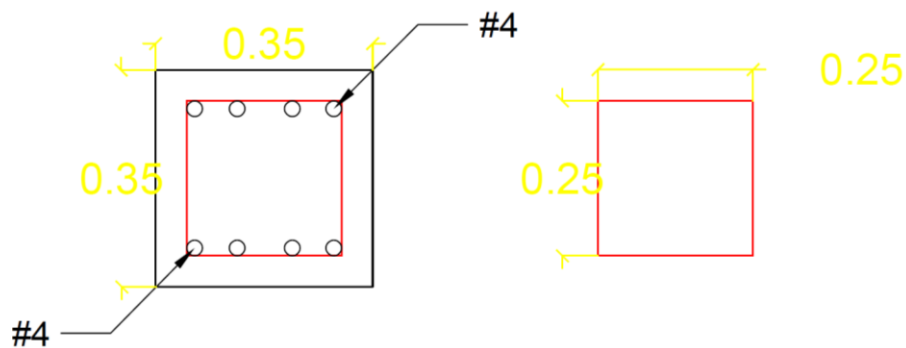
La NSR-10 en el título C índice C.21.6.3, establece un mínimo de área de acero de refuerzo requerido para columnas, el cual se expresa como $(0,001 \cdot A_g)$, donde A_g es el área de la sección de la columna, entendiendo esto, se puede apreciar que las columnas que presentan sección de “0.30x0.40m”, “0,35mx0,95m”, “1.6mx0.40m”, “0,40mX0,70m”, “0,50mX0,70m”, no cumplen con el refuerzo mínimo requerido.

En cuanto al acero transversal en las columnas, la NSR-10 en índice C.21.6.4.3 del título C, especifica parámetros a tener en cuenta para determinar la distribución del acero transversal. Una vez revisados estos parámetros, se determinó que el espaciamiento que se encuentra entre los estribos, no cumple los requerimientos de la norma.

- Vigas principales

Las vigas principales presentan áreas de refuerzo iguales en la zona inferior y superior, para el control de los momentos en los centros de luces. Las dimensiones especificadas corresponden a 0,35 m X 0,35 m.

Figura 38. Viga



VIGA (0.35X0.35) – FLEJES #3@10cm

Fuente: Autores

Tabla 15. Secciones vigas principales

Secciones de Vigas Principales		
Pisos	Dimensiones	Área de acero
Del piso 1 y 2	0,35 m X 0,35 m	10.32 cm ²

Fuente: autores

- Viguetas

Tabla 16. Sección de Viguetas

Secciones de Viguetas		
Pisos	Dimensiones	Área de acero
Del piso 1 y 2	0,22 m X 0,30 m	1.425 cm ²

Sistema de placa entrepiso

Tabla 17. Placas entrepiso.

Nivel	Tipo	Altura (m)
Planta 1	Maciza	0,15
Planta 2	Maciza	0,15

Fuente: Autores

Cargas típicas

Tabla 18. Asignación de cargas vivas y muertas.

Nivel	CARGAS (kN/m ²)			
	Muerta	Viva	Viva Cubierta	Ultima
Piso 1	1,2	2,5	-	5,44
Piso 2	1,2	2,5	2,5	9,44

Según el Reglamento NSR-10 8.3.4.3 - "**VALORES MINIMOS ALTERNATIVOS PARA CARGAS MUERTAS DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES:** En edificaciones con alturas de entrepisos terminados menores a 3m, en este caso cumple debido a que la altura entre piso es de 2,90 metros, por lo tanto, se pueden utilizar los valores mínimos de carga muerta en kN/m² de área horizontal en planta, que se encuentran en la tabla B.3.4.3-1 según el tipo de ocupación, en vez de aquellos obtenidos del análisis detallado de las cargas muertas causadas por los elementos no estructurales".

Figura 39. Valores mínimos de cargas muertas.

Ocupación		Fachada y particiones (kN/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kN/m ²) m ² de área en planta	Fachada y particiones (kgf/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenarios.	1.0	1.8	100	180
Oficinas	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180
Educativos	Salones de clase	2.0	1.5	200	150
Fábricas	Industrias livianas	0.8	1.6	80	160
Institucional	Internados con atención a los residentes	2.0	1.6	200	160
	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	2.5	1.8	250	180
	Guarderías.	2.0	1.6	200	160
Comercio	Exhibición y venta de mercancías.	1.5	1.4	150	140
Residencial	Fachada y particiones de mampostería.	3.0	1.6	300	160
	Fachada y particiones livianas.	2.0	1.4	200	140
Almacenamiento	Almacenamiento de materiales livianos.	1.5	1.5	150	150
Garajes	Garajes para vehículos con capacidad de hasta 2000 kg	0.2	1.0	20	100

Fuente: NSR-10

Según el Reglamento NSR-10 8.4.2.1 - "**CARGAS VIVAS REQUERIDAS** - Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas pueden ser menores que las cargas vivas establecidas en las tablas B.4.2.1-1 y B.4.2.1-2."

Figura 40. Carga uniforme garaje

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
<i>Reunión</i>	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestíbulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
<i>Oficinas</i>	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
<i>Educativos</i>	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
	Estanterías	7.0	700
<i>Fábricas</i>	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
<i>Institucional</i>	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
<i>Comercio</i>	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
<i>Residencial</i>	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
<i>Almacenamiento</i>	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
<i>Garajes</i>	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
<i>Coliseos y Estadios</i>	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

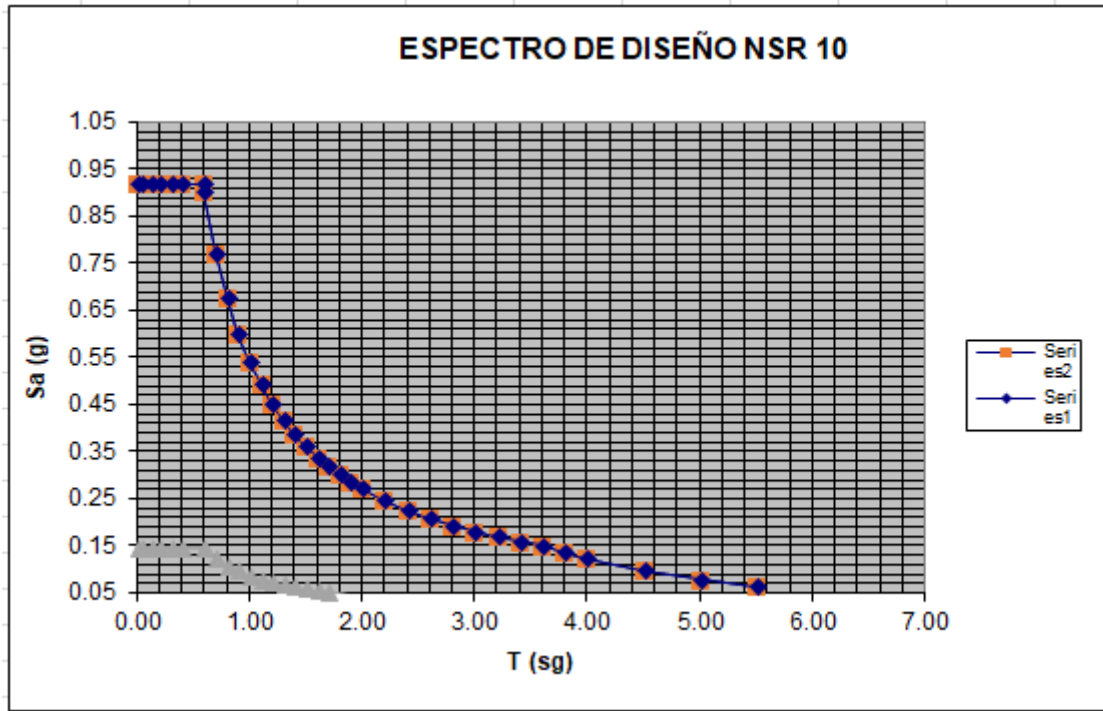
8.4.5 Parámetros sísmicos

Tabla 19. Parámetros sísmicos

Parámetros sísmicos	
Perfil del suelo	C
Aa (Ae)	0,35
Av (Ae)	0,30
I	1,00
Fa	1,20
Fv	1,60
To	0,114
Tc	0,549
TL	3,84

Fuente: Autores.

Figura 41. Espectro de diseño NSR10.



Fuente: Autores.

8.5. ANÁLISIS ESTÁTICO

Tabla 20. Coeficiente C_t y α .

SISTEMA ESTRUCTURAL	C_t	α
Pórticos Concreto	0.047	0.90
Pórticos Acero	0.072	0.80
Pórticos Acero Arriostrados	0.073	0.75
Muros rigidez	0.049	0.75
Otro	0.00	1.00

Fuente: Autores.

Tabla 21. Datos para el cálculo del periodo natural

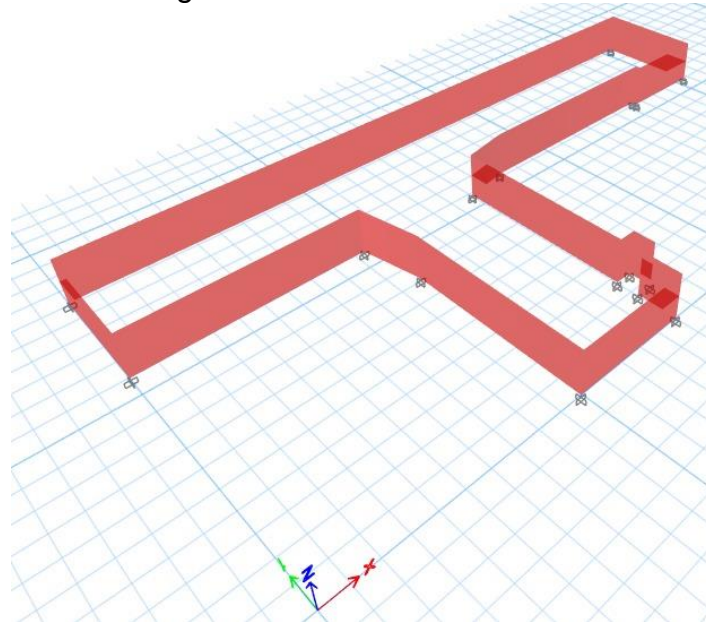
Para esta estructura	Sistema estructural	C_t	α
En el sentido X	Combinado DES	0.049	0.75
En el sentido Y	Combinado DES	0.049	0.75
Otros datos			
Altura total de la estructura H			5,60 m
Peso de la estructura (W)			2344,9 Ton

Coeficiente (C_u)	1.21
-----------------------	------

Fuente: Autores.

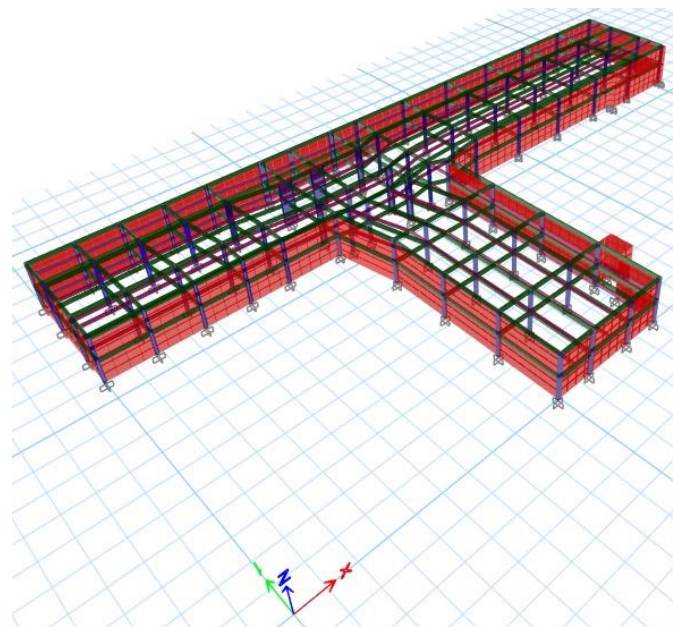
El sistema estructural del parqueadero se encuentra conformado por vigas, columnas y muros estructurales en sentido X como en Y, los muros estructurales se encuentran en el perímetro de toda la estructura, lo cual estos actúan como muros de contención.

Figura 42. Sistema estructural



Fuente: propia

Figura 43. Sistema estructural



Fuente: propia

Tabla 22. Análisis en sentido X, Y

Análisis	Ta	Cu*Ta	Sa
En el sentido X	0.229	0.277	1,050
En el sentido Y	0.229	0.277	1,050

Fuente: propia

Tabla 23. Fuerzas horizontales equivalentes

CALCULO DE LA F.H.E.								
NIVEL	H(m)	H. acumulado(m)	Hx	M (ton)	MxHx	Cvx	Fsx (ton)	Vsx (ton)
CUBIERTA	2.8	5.6	5.60	1172.48	6565.88	0.67	1641.47	1641.47
PISO 2	2.8	2.8	2.80	1172.48	3282.94	0.33	820.74	2462.21
				2344.96	9848.82	1.00	2462.21	

Fuente: propia

CORTANTE BASAL ESTATICO		
V	2462.21	Ton

Combinaciones de carga

Al momento de realizar el análisis dinámico elástico, se debe dividir por el valor del coeficiente de capacidad de disipación de la energía "R", del sistema de resistencia sísmica, en el numeral A.3.3.3, se instruye, como debe ser modificado de acuerdo a la irregularidad, esto para obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño "E", así mismo, como se debe combinar con otras cargas ya prescritas por la NSR-10, de acuerdo a lo escrito en el título B.

Tabla 24. Capacidad de disipación de energía.

Capacidad de disipación de energía	X	Y
	DES	DES

Sentido	Ro	Φa	Φp	Φr	R
X	5,25	1,0	0,9	1,0	6,30
Y	5,25	1,0	0,9	1,0	6,30

Fuente: Propia

Tabla 25. Combinaciones de carga para revisión de derivas

Combo	Muerta	Viva	Viva cubierta	Empuje lateral terreno	FS X	FS Y	Ec. NSR-10. B
Deriva 1	1,00	-	-	1,00	1,00	-	B.2.3-6
Deriva 2	1,00	-	-	1,00		1,00	B.2.3-6
Deriva 3	1,00	0,75	0.75	-	0.75	-	B.2.3-8
Deriva 4	1,00	0,75	0.75	-		0.75	B.2.3-8
Deriva 5	0.6	-	-	1,00	1,00	-	B.2.3-10
Deriva 6	0.6	-	-	1,00		1,00	B.2.3-10

Fuente: Propia

Tabla 26. Combinaciones de carga para revisión de columnas

Combo	Muerta	Viva	Viva cubierta	Empuje lateral terreno	FS X	FS Y	Ec. NSR-10. B
Diseño 1	1,40	-	-	-	-	-	B.2.4-1
Diseño 2	1,20	1,60	0,5	1,60	-	-	B.2.4-2
Diseño 3	1,20	1,00	1,60	-	-	-	B.2.4-3
Diseño 4	1,20	1,00	-	-	1,00	0,30	B.2.4-4
Diseño 5	1,20	1,00	-	-	0,30	1,00	B.2.4-5
Diseño 6	0,90	-	-	1,60	1,00	0,30	B.2.4-6
Diseño 7	0,90	-	-	1,60	0,30	1,00	B.2.4-7

Fuente: Propia

En este estudio, solo se realizó un análisis estático a la estructura, no se consideró que fuese esencial realizar un análisis dinámico, debido a que la estructura del parqueadero, no es gran magnitud en cuanto a la cantidad de niveles con los que cuenta.

8.6. CÁLCULO DE LA DERIVA

El reglamento colombiano de diseño sismo resistente NSR-10, describe como se debe realizar la evaluación de la flexibilidad de una estructura.

Tabla 27. Derivas por piso

TABLE: Story Drifts				
Story	Output Case	Direction	Drift	Drift (%)
Story2	DERIVA X	X	0.000294	0.0294
Story2	DERIVA X	Y	0.000282	0.0282
Story2	DERIVA X	X	0.000192	0.0192
Story2	DERIVA X	Y	0.000073	0.0073
Story2	DERIVA Y	X	0.000251	0.0251
Story2	DERIVA Y	Y	0.000452	0.0452

Story2	DERIVA Y	X	0.00016	0.016
Story2	DERIVA Y	Y	0.000293	0.0293
Story1	DERIVA X	X	0.000689	0.0689
Story1	DERIVA X	Y	0.000793	0.0793
Story1	DERIVA X	X	0.000441	0.0441
Story1	DERIVA X	Y	0.000163	0.0163
Story1	DERIVA Y	X	0.000608	0.0608
Story1	DERIVA Y	Y	0.001001	0.1001
Story1	DERIVA Y	X	0.00038	0.038
Story1	DERIVA Y	Y	0.00044	0.044
Deriva Máxima				0.1001

Fuente: Autores

8.7. ETIOLOGÍA

Es posible decir que la mayor parte de las patologías presentes en la estructura, se debe a la humedad y filtración de agua producto de la lluvia, puesto que esta queda estancada en la parte superior de la placa del parqueadero y al no contar con un buen sistema de drenaje, el agua se filtra a través de los elementos, se puede observar que este problema de la humedad, ha estado presente por mucho tiempo, lo cual ha generado una gran afección a los componentes de los elementos estructurales.

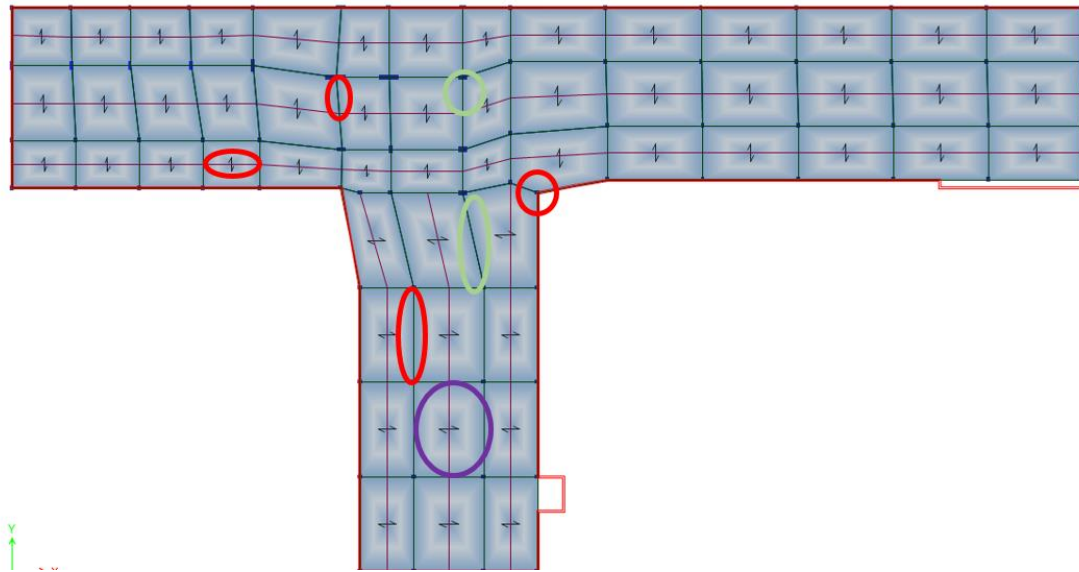
Los problemas más graves generados por esta patología, se encuentran en el nivel -2.9m, puesto que es el nivel que recibe toda el agua filtrada y de ahí el agua que logra filtrarse, tal como se ve en los detalles 1,2,3,4,5 y 9, de la tabla número 5 “patologías de la edificación”, donde se aprecia como algunas vigas, columnas y la placa superior, son elementos que están gravemente afectados por la humedad, la humedad presente en estos elementos ha derivado en otro tipo de problemas, así mismo, el agua filtrada, cae al nivel a -5.8, lo cual también genera afectación en sus elementos. Otra patología o error constructivo que se logró apreciar, es la falta de recubrimiento en algunas de las vigas de la estructura, esto se puede apreciar en los detalles 7,8,10 y 12 de la tabla número 5 “patologías de la estructura”, esto genera que los aceros de refuerzo estén expuestos y se observen vulnerables al ataque de cualquier agente químico, dicho error constructivo se aprecia especialmente en vigas y viguetas del nivel a -2.9m.

En varios de sus elementos, la estructura presenta pérdida de material (concreto), presenta fisuras, grietas, y deformaciones, como en el caso de la placa superior del nivel a -2.9m, patología que se puede apreciar en el detalle 6 y 11 de la tabla 5 “patologías de la estructura”.

A continuación, se presenta un modelo en el cual se puede apreciar en que elementos se encuentran las patologías ya mencionadas:

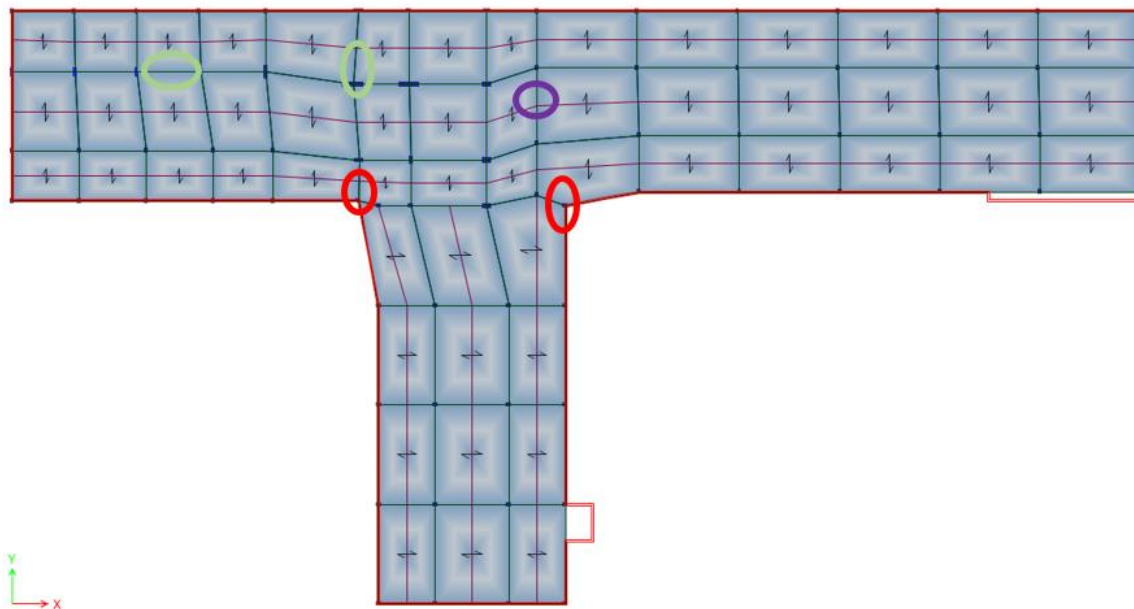
- HUMEDAD
- DEFORMACION DEL ELEMENTO
- FALTA DE RECUBRIMIENTO Y EXPOSICIÓN DE ACERO DE REFUERZO.

Figura 44. Patología nivel 2.9



PATOLOGIAS PRESENTES EN EL NIVEL -2.9

Figura 45. Patología nivel -5.8



PATOLOGIAS PRESENTES EN EL NIVEL -5.8m

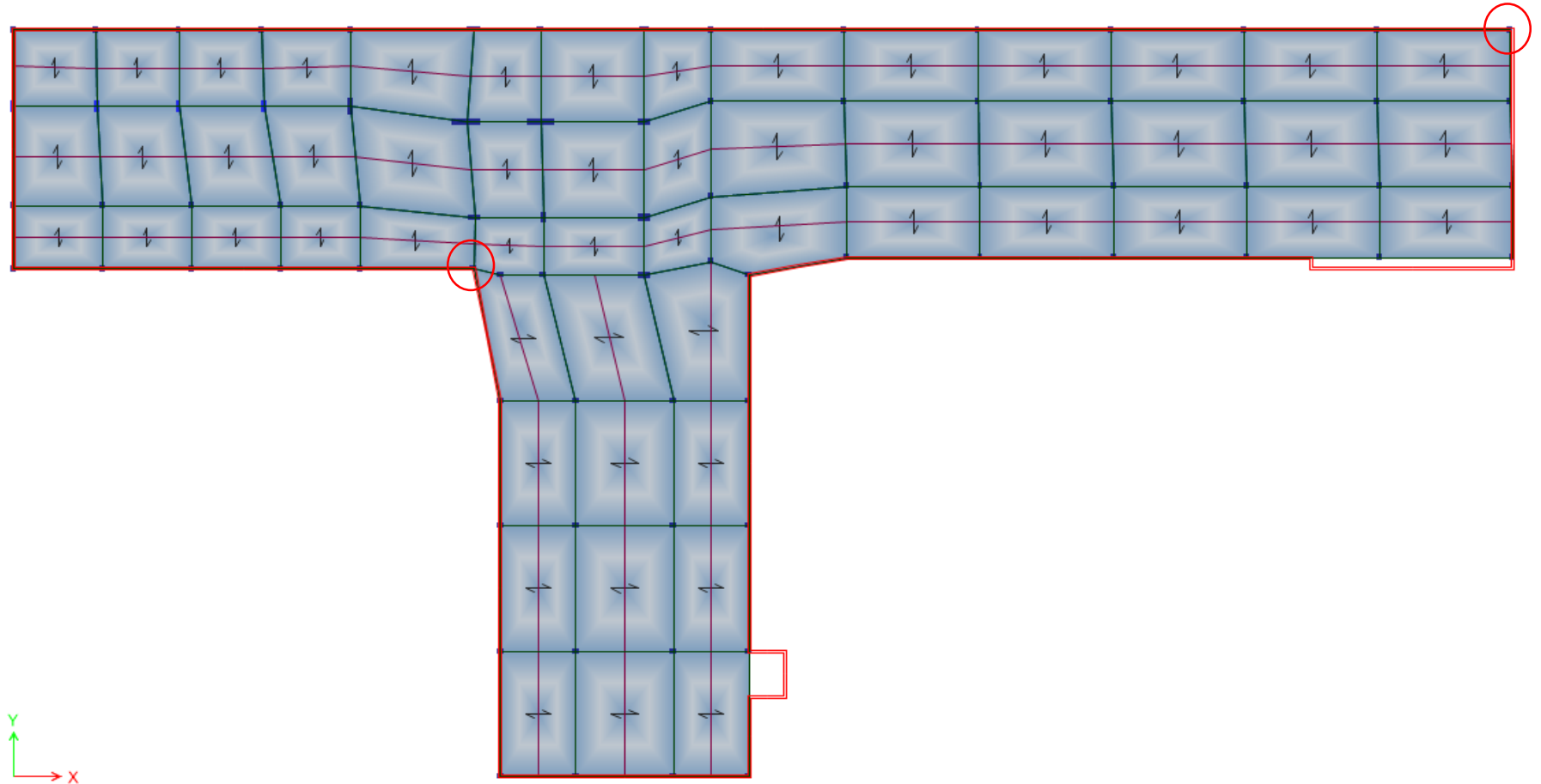
9. EVALUACIÓN

9.1.1 ÍNDICES DE SOBRESFUERZO DE COLUMNAS PARA CORTANTE Y FLEJO COMPRESIÓN (POR EL MÉTODO DE CURVAS DE INTERACCIÓN)

Para poder determinar los índices de sobreesfuerzo individual de las columnas, se analizaron los esfuerzos causados por la combinación para las cargas verticales mayoradas, cargas verticales sin mayorar y cada una de las combinaciones de diseño, identificando la incidencia que genera la falla progresiva de cada uno de los elementos. Para realizar esto, es necesario tomar aquellas columnas, sobre las cuales se generan los mayores esfuerzos y se comprueba con los diagramas de interacción si los elementos pueden soportar las cargas que actúan sobre ellos.

Se evaluaron dos columnas ubicadas una a nivel central y otra en el extremo de la edificación tanto en el piso 1 como en el piso 2.

Figura 46. Ubicación de las columnas evaluadas en el análisis de índices de sobre esfuerzos



Fuente: autores

Columna C78 y C26 del primer piso

- Análisis de sobreesfuerzo para cargas verticales sin mayorar.

Figura 47. Sobreesfuerzo columna C78

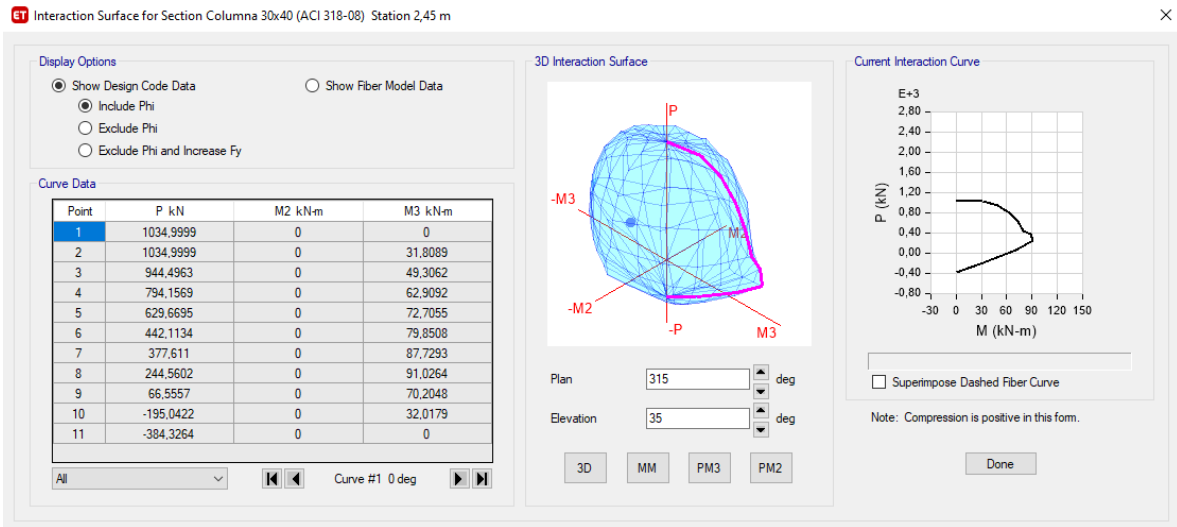
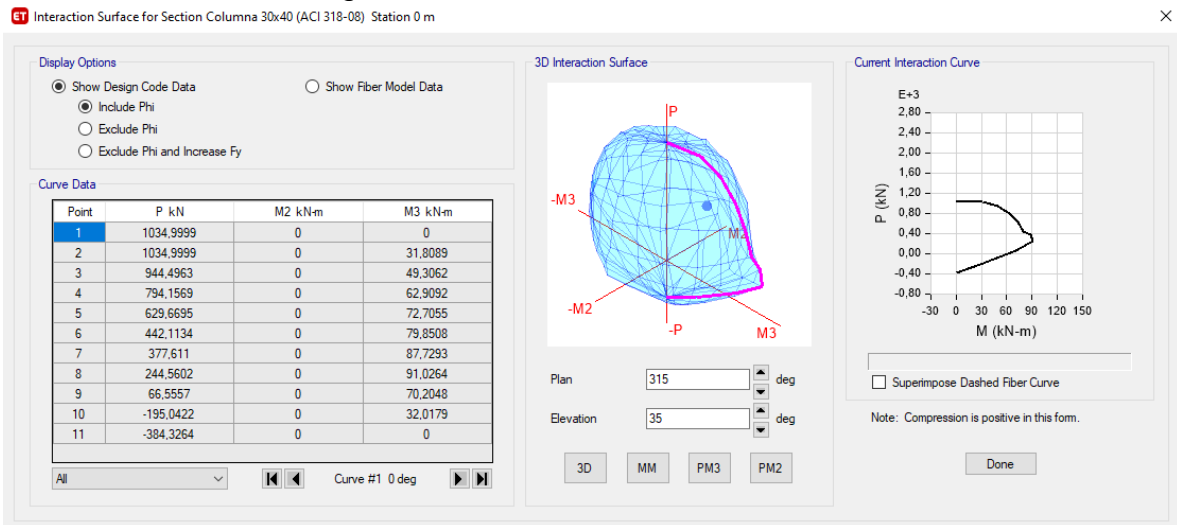


Figura 48. Sobreesfuerzo columna C26



- Análisis de sobreesfuerzo para cargas verticales mayoradas

Figura 49. esfuerzo columna C78

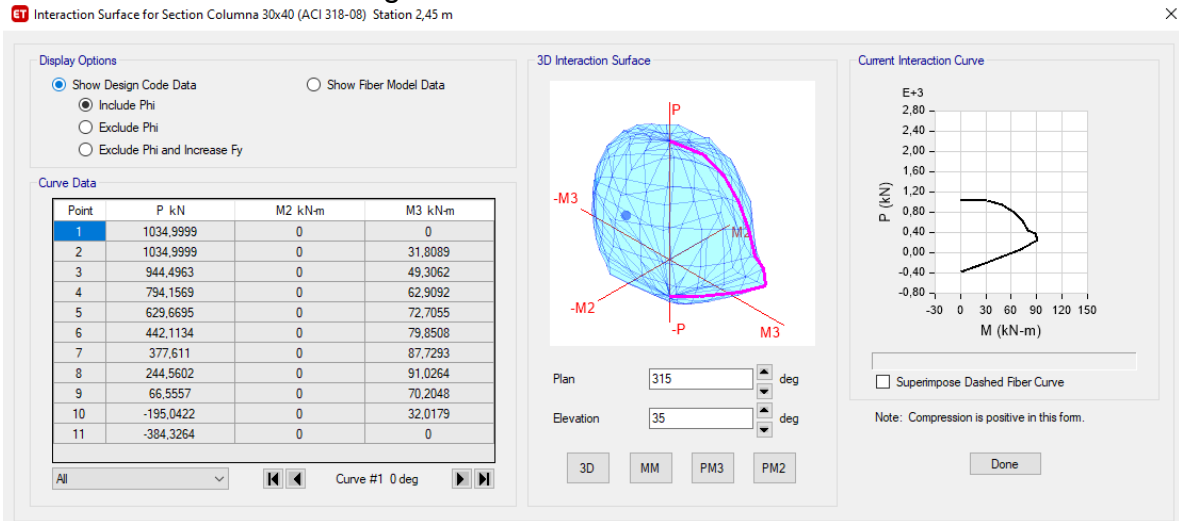
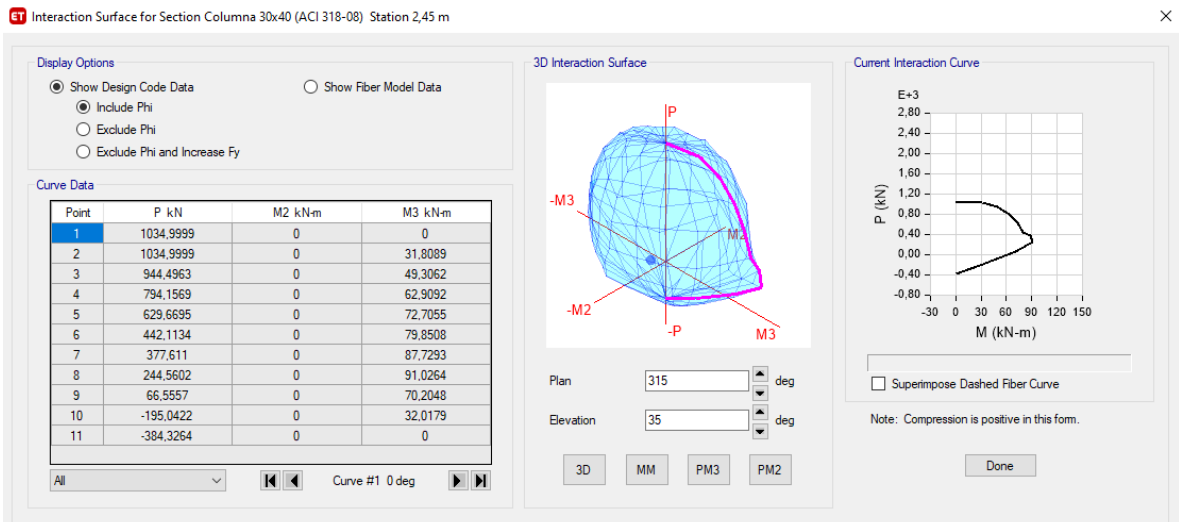


Figura 50. esfuerzo columna C26



- Análisis de sobreesfuerzo para para todas las combinaciones de diseño
 Figura 51. Combinación Sobreesfuerzo columna C78

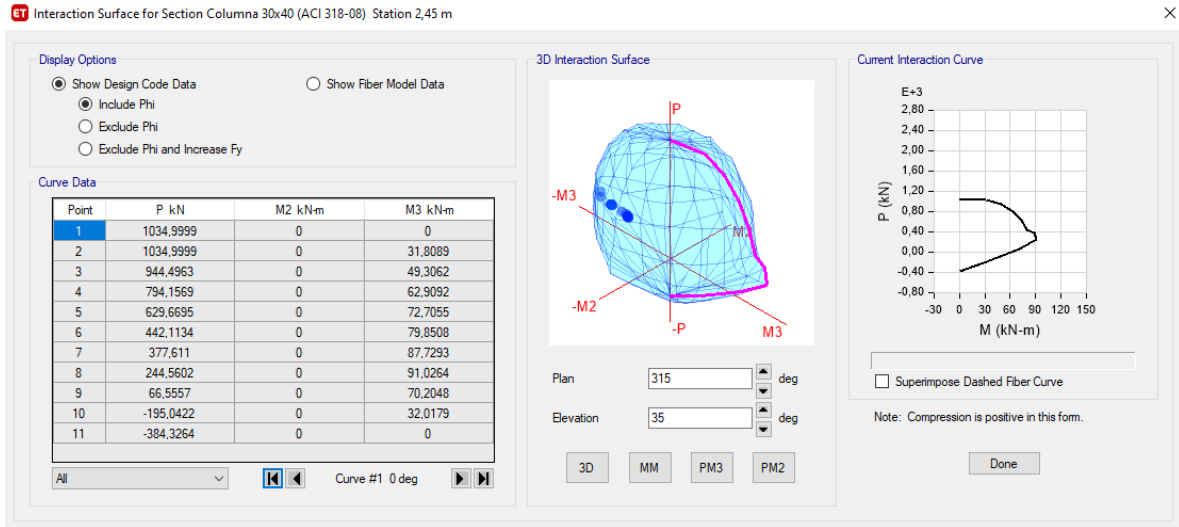
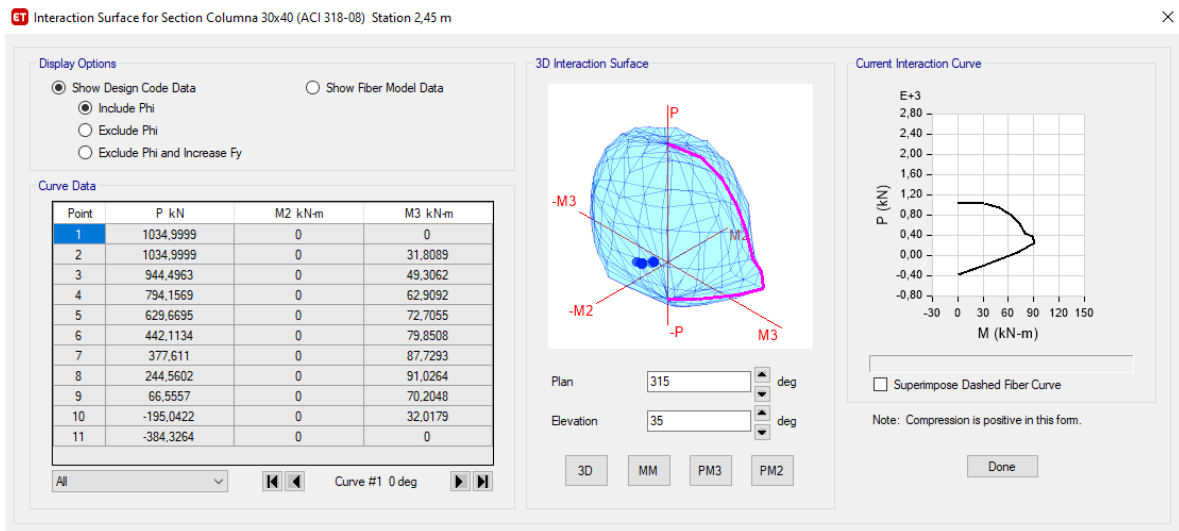


Figura 52. Combinación Sobreesfuerzo columna C26



9.1.2 Índices de sobreesfuerzo de columnas para flexo compresión (por el método de acero de refuerzo)

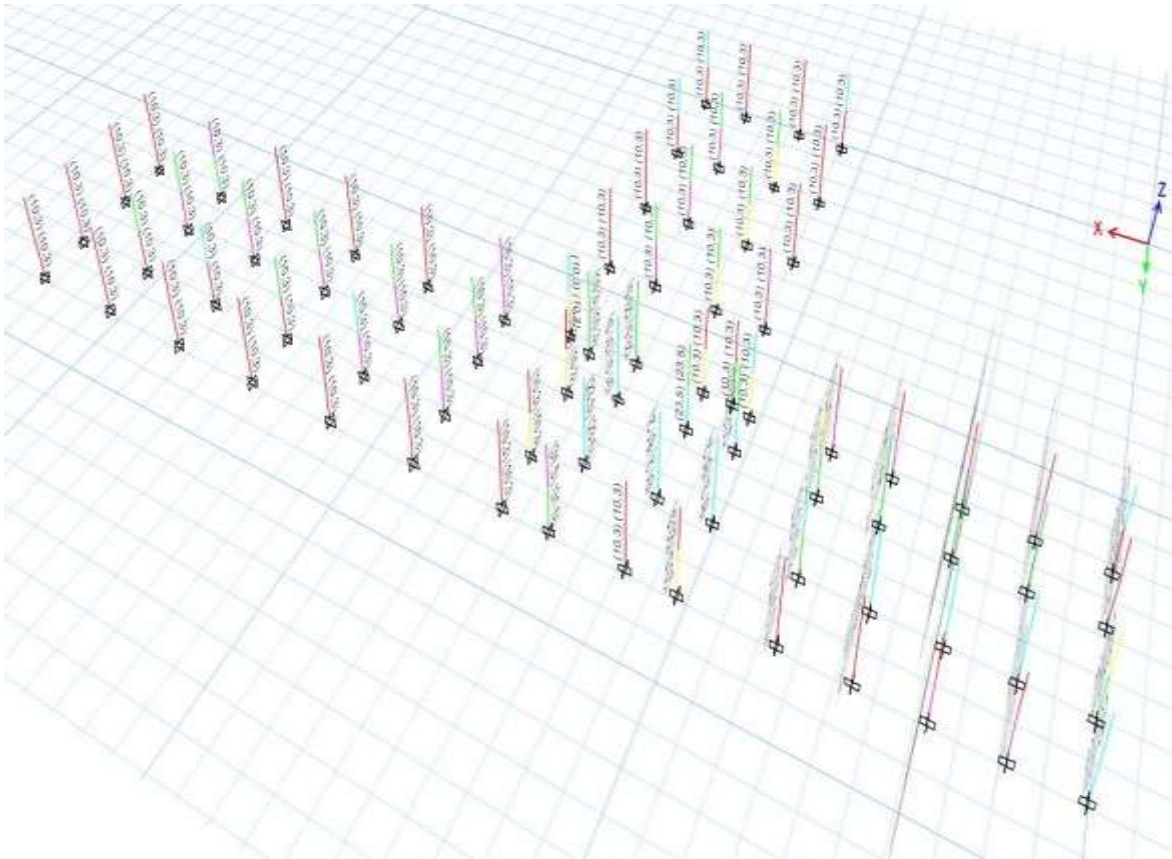
Para poder determinar los índices de sobre esfuerzo en cada una de las columnas, se deben analizar los esfuerzos causados por las combinaciones para cargas verticales mayoradas, sin mayorar y para cada una se las combinaciones de diseño, identificando la incidencia de la falla progresiva en las columnas.

Es necesario realizar un diseño de los elementos, en este caso las columnas, para poder evaluar toda la estructura, en este diseño se muestra el área de acero necesaria para las diferentes combinaciones que solicita la NSR-10, estas áreas se

comparan con las áreas de acero reales que están presentes en cada columna, así se puede determinar si el elemento necesita más acero o con el que cuenta, cumple.

- Índices de sobreesfuerzo en columnas considerando cargas verticales mayoradas.

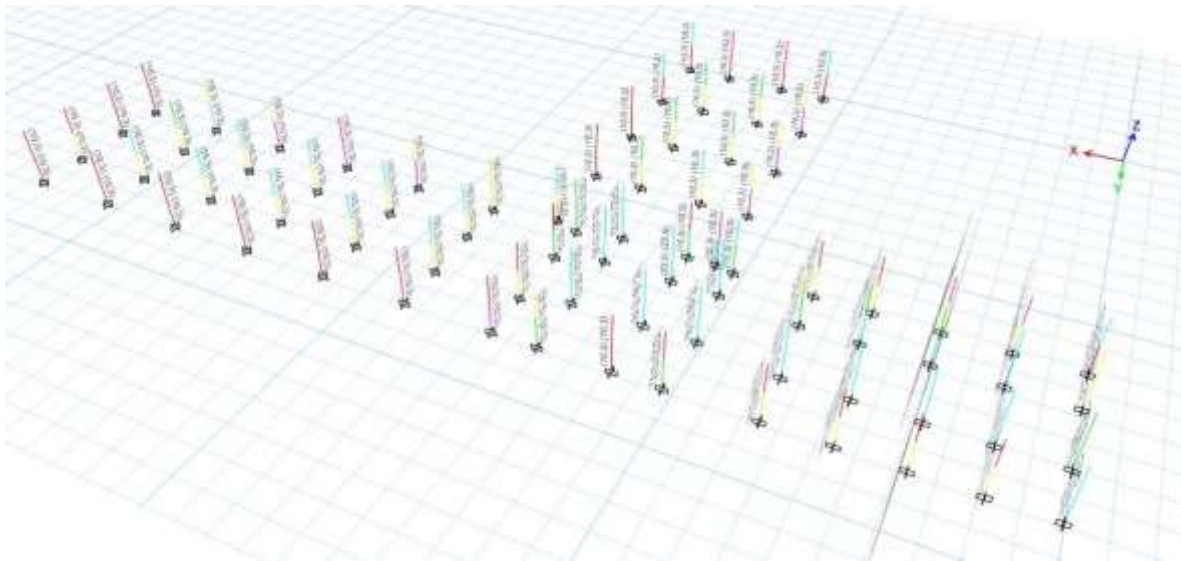
Figura 53. Sobreesfuerzo columna cargas verticales



Fuente: propia

- Índices de sobreesfuerzo en columnas, considerando cargas verticales sin mayorar.

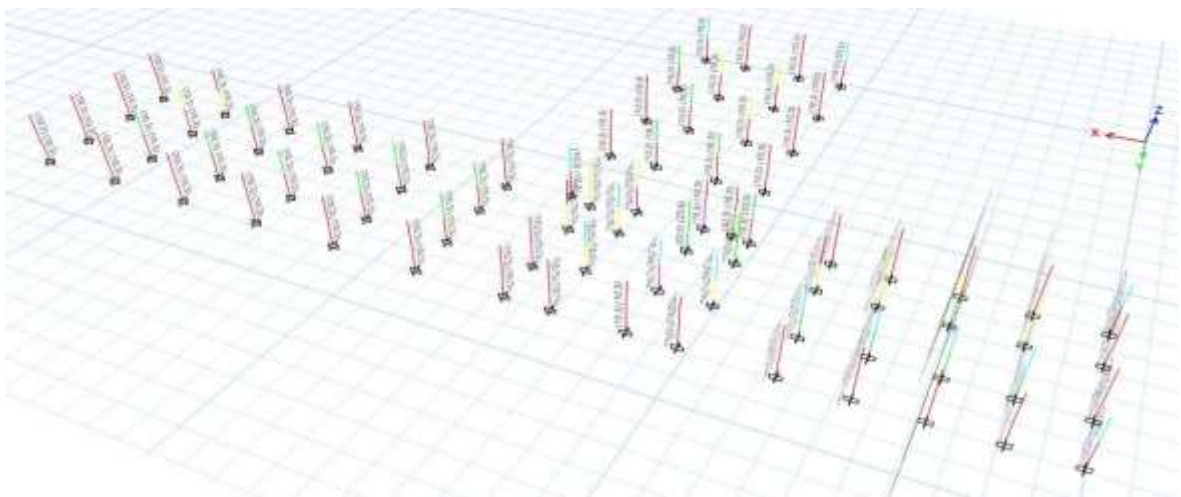
Figura 54. Combinación Sobreesfuerzo cargas verticales sin mayoral



Fuente: propia

- Índices de sobreesfuerzo en columnas considerando todas las combinaciones de diseño

Figura 55. Combinación Sobreesfuerzo columna diseño



Fuente: propia

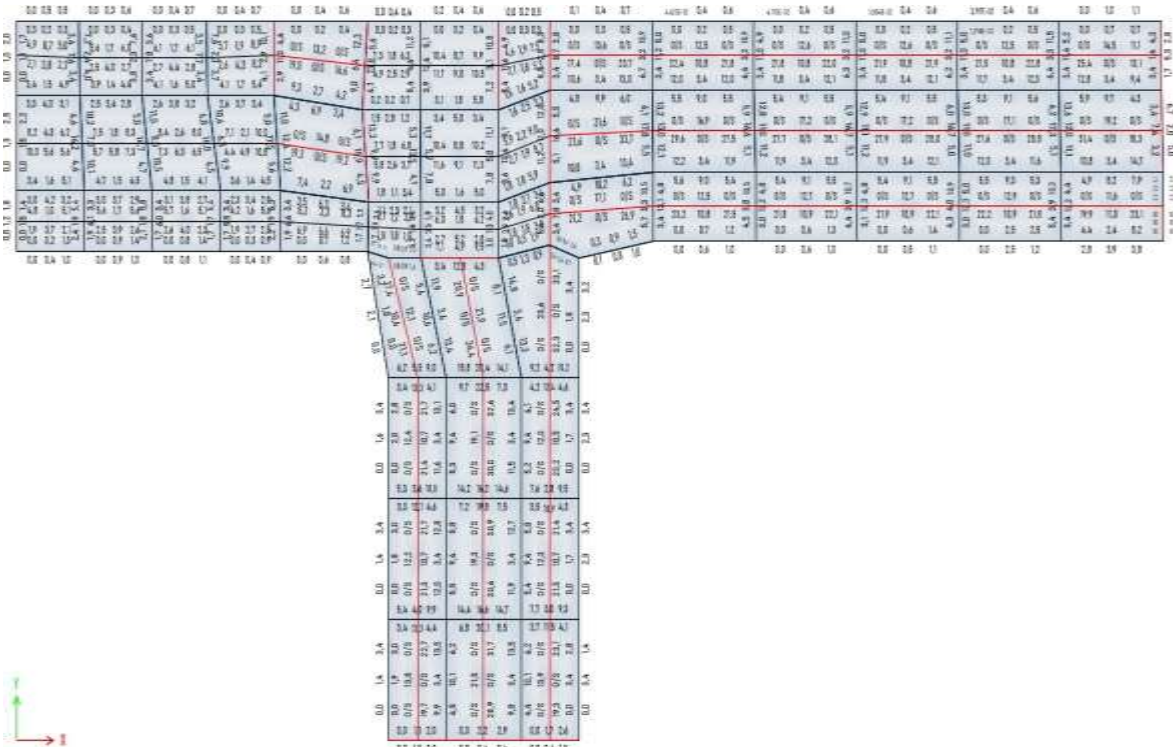
92 REVISIÓN PARA VIGAS Y VIGUETAS

Cada una de las vigas de la estructura, fueron evaluadas a carga vertical, sin considerar el sismo, esto para poder realizar el cálculo de los índices de sobreesfuerzo en las vigas.

Un gran porcentaje de las vigas principales, cumplen con la cuantía mínima requería, en general cuentan con un recubrimiento de 4 a 5cm, aunque algunas no cuentan con recubrimiento en su base, la viga principal tiene una sección de (35x35cm), gracias a la sección con la que cuenta la viga y también en gran parte del aporte que genera la losa maciza, las vigas principales cumplen en su totalidad con el acero suministrado.

Sin embargo, hay un problema con las viguetas ya que estas requieren una cuantía acero de refuerzo que no cabe dentro de la sección de la vigueta.

Figura 56. Esquema de vigas planta del segundo piso

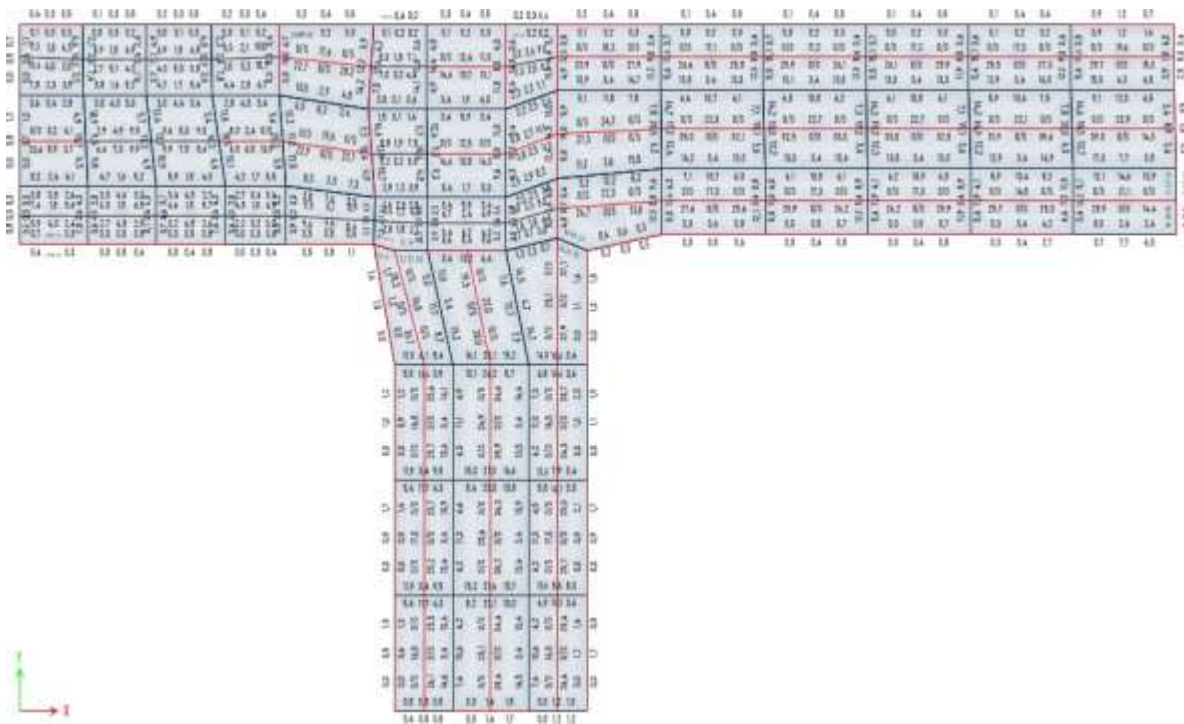


Fuente: Autores

De acuerdo con la gráfica anterior, algunas vigas principales estarían presentando sobreesfuerzo ante cargas verticales. Así mismo las viguetas, el área de acero requerida mayormente en las zonas de confinamiento, es mayor a la capacidad que tiene la sección del elemento, es decir, en las zonas confinamiento hay alto grado de fuerza cortante el cual requiere mayor área de acero, pero la sección no es óptima ya que, la cuantía requerida de acero no cabe dentro de la sección disponible de la viga y vigueta. Se puede apreciar los elementos en color rojo con dicha falla.

Se aclara que el acero suministrado en las vigas es de 10,13 cm² y en las viguetas es de 2,534 cm², por lo tanto, se puede evidenciar en el anterior grafico que hay sobreesfuerzo ya que muchos de los elementos solicitan más acero de refuerzo del que ya existe actualmente, tanto en la parte superior como en la parte inferior.

Figura 57. Esquema de vigas planta del segundo piso



Fuente: Autores

De acuerdo con la anterior figura de la planta del piso 2, encontramos zonas demarcadas con rojo, que nos indica que elementos no cumplen con el esfuerzo requerido de las fuerzas actuantes, estos esfuerzos superan los permitidos y, además, podemos observar que el acero requerido es mucho mayor a 10,13 cm² y 2,534 cm² que corresponden al área colocada de las vigas y viguetas respectivamente.

9.3. INDICES DE SOBRESFUERZO GENERAL E INDICES DE FLEXIBILIDAD GENERAL

9.3.1 Índice de sobreesfuerzo general e índice de vulnerabilidad general

Realizando el cálculo del índice de sobreesfuerzo de cada elemento de la estructura, podemos encontrar el índice de sobreesfuerzo general de toda la estructura, el cual corresponde al mayor de los índices de cada elemento, en este caso 36.14, el índice de vulnerabilidad según la NSR-10 título A.10.5.1-b se calculó haciendo la inversa del índice general estructura dando como resultado un valor de 2.62%.

Tabla 28. Índice de sobreesfuerzo y vulnerabilidad general

I.S. DE LA ESTRUCTURA NSR10 A.10.4.3.1	INDICE DE VULNERABILIDAD GENERAL
38.143	0.026

Fuente: Autores

Esto quiere decir que, la estructura cuenta con una resistencia de 2.62% menos, respecto al 100% de la resistencia con la que debería contar, con respecto a lineamientos de la norma actual.

En la siguiente tabla, se presentan los resultados de los cálculos de los índices de sobreesfuerzo de todos los elementos estructurales que conforman la edificación.

Inicialmente con la modelación de la estructura en ETABS nos permite hallar el índice de sobreesfuerzo a flexo compresión en las columnas, mediante el chequeo de las mismas, haciendo la relación entre el acero colocado y el acero requerido de las columnas. El resultado de chequear las columnas fue el siguiente.

Tabla 29. Chequeo de columnas

TABLE: Concrete Column PMM Envelope - ACI 318-08							
Story	Label	Location	P	M Major	M Minor	PMM Ratio or Rebar %	Indice de Vulnerabilidad %
			kN	kN-m	kN-m		
Story2	C1	Top	19.8711	-16.6646	-2.9103	0.244	410%
Story2	C1	Bottom	29.1662	-8.5255	-11.1159	0.271	369%
Story2	C2	Top	-22.725	-29.5071	-61.5988	1.587	63%
Story2	C2	Bottom	-20.3498	30.1793	-59.0051	1.523	66%
Story2	C3	Top	24.0585	-35.0348	-62.2703	1.517	66%
Story2	C3	Bottom	27.1232	35.4113	-59.708	1.451	69%
Story2	C4	Top	-48.766	-19.5671	-9.4305	0.487	205%
Story2	C4	Bottom	-46.3909	14.9381	12.5132	0.467	214%
Story2	C5	Top	13.6774	-187.6739	-7.7091	3.08	32%
Story2	C5	Bottom	9.3139	153.7637	-1.6644	2.523	40%
Story2	C6	Top	491.0356	51.9891	13.1472	0.819	122%
Story2	C6	Bottom	499.3487	-43.4841	-13.4023	0.738	136%
Story2	C7	Top	503.4287	-43.1399	13.5332	0.738	136%
Story2	C7	Bottom	511.7417	35.4677	-13.7902	0.68	147%
Story2	C8	Top	212.4265	-44.0433	6.4177	0.59	169%
Story2	C8	Bottom	217.3643	19.2462	-5.5071	0.321	312%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story2	C9	Top	20.4963	-187.7899	-8.0992	3.066	33%
Story2	C9	Bottom	19.197	154.8722	-1.0528	2.516	40%
Story2	C10	Top	494.4148	52.035	-13.255	0.822	122%
Story2	C10	Bottom	502.7279	-43.7168	13.5107	0.742	135%
Story2	C11	Top	525.9735	-32.3348	-14.2349	0.666	150%
Story2	C11	Bottom	534.2865	32.1052	14.4954	0.67	149%
Story2	C12	Top	1.4251	-224.4921	-9.9722	3.722	27%
Story2	C12	Bottom	-0.2474	233.1167	-1.1174	3.857	26%
Story2	C13	Top	-119.446	-148.3773	-14.838	2.762	36%
Story2	C13	Bottom	7.9716	126.7843	6.7048	2.085	48%
Story2	C14	Top	458.6533	38.7499	-12.2553	0.667	150%
Story2	C14	Bottom	466.9663	-36.0789	-12.5077	0.651	154%
Story2	C15	Top	505.4409	-26.374	-13.6629	0.603	166%
Story2	C15	Bottom	513.754	34.2221	-16.6787	0.695	144%
Story2	C16	Top	4.8469	-226.4045	-10.4243	3.746	27%
Story2	C16	Bottom	4.1971	238.5251	-1.7043	3.937	25%
Story2	C17	Top	56.8901	-9.0055	-60.2626	1.307	77%
Story2	C17	Bottom	63.1249	5.9051	48.6977	1.014	99%
Story2	C18	Top	132.114	50.3292	-55.0105	1.438	70%
Story2	C18	Bottom	138.3488	-60.2429	58.6657	1.604	62%
Story2	C19	Top	145.1617	-108.3546	66.6624	0.709	141%
Story2	C19	Bottom	159.7096	82.2701	47.2392	0.495	202%
Story2	C20	Top	31.2888	-22.1719	-6.3174	0.346	289%
Story2	C20	Bottom	6.948	-21.832	-6.0622	0.375	267%
Story2	C21	Top	26.4027	-12.8252	7.2183	0.253	395%
Story2	C21	Bottom	74.6176	-4.9861	-3.8105	0.116	862%
Story2	C22	Top	4.4506	-182.1686	10.8272	3.014	33%
Story2	C22	Bottom	-12.9198	171.9748	-4.206	2.882	35%
Story2	C23	Top	20.6731	-186.132	14.1611	3.053	33%
Story2	C23	Bottom	4.9012	168.9126	-7.84	2.791	36%
Story2	C24	Top	21.0021	-187.929	15.8253	3.09	32%
Story2	C24	Bottom	5.6723	166.6073	-10.1137	2.753	36%
Story2	C25	Top	16.3033	-190.5555	15.3211	3.14	32%
Story2	C25	Bottom	30.2054	162.1032	-9.261	2.617	38%
Story2	C26	Top	-58.3312	-22.7027	-11.3657	0.573	175%
Story2	C26	Bottom	-37.9872	4.5615	3.0876	0.183	546%
Story2	C27	Top	249.4175	-56.4735	-6.359	0.723	138%
Story2	C27	Bottom	257.7305	43.0228	6.5861	0.602	166%
Story2	C28	Top	-50.5256	-72.0373	9.4661	1.324	76%
Story2	C28	Bottom	-46.8309	-56.9619	-14.5674	1.105	90%
Story2	C29	Top	15.1339	-93.0748	11.2569	1.537	65%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story2	C29	Bottom	17.5091	-73.8057	-11.2463	1.217	82%
Story2	C30	Top	14.4797	-93.6778	11.8606	1.551	64%
Story2	C30	Bottom	16.8548	-74.9869	-11.8545	1.241	81%
Story2	C31	Top	23.2264	-90.5782	11.3678	1.479	68%
Story2	C31	Bottom	26.0289	-74.1004	-11.4715	1.205	83%
Story2	C32	Top	102.5915	57.0875	-33.0565	1.153	87%
Story2	C32	Bottom	108.8263	-66.3158	23.6732	1.102	91%
Story2	C33	Top	-93.7707	25.29	360.5431	8.624	12%
Story2	C33	Bottom	-68.7935	23.7057	-364.5376	8.656	12%
Story2	C34	Top	327.4657	42.2896	92.752	0.635	157%
Story2	C34	Bottom	340.9744	-43.2419	-57.8856	0.55	182%
Story2	C35	Top	289.0452	30.3582	64.6376	0.458	218%
Story2	C35	Bottom	302.5539	-29.4884	-93.9753	0.535	187%
Story2	C36	Top	108.7267	55.0681	88.5181	0.313	319%
Story2	C36	Bottom	126.9116	-94.1512	61.0982	0.371	270%
Story2	C37	Top	-16.714	-7.2827	128.2469	3.024	33%
Story2	C37	Bottom	-38.6151	-3.2397	-129.3167	3.075	33%
Story2	C38	Top	303.8293	50.6661	-13.0949	0.765	131%
Story2	C38	Bottom	312.1424	-40.3785	8.0464	0.6	167%
Story2	C39	Top	327.9488	59.6946	8.4906	0.817	122%
Story2	C39	Bottom	336.2618	-45.9027	-8.7263	0.674	148%
Story2	C40	Top	86.0588	56.8245	16.2258	0.884	113%
Story2	C40	Bottom	302.8182	-44.7302	-16.1582	0.739	135%
Story2	C41	Top	111.225	62.3213	-26.1454	1.096	91%
Story2	C41	Bottom	365.9361	-51.3179	26.4098	0.953	105%
Story2	C42	Top	156.2982	33.9309	-64.7927	1.428	70%
Story2	C42	Bottom	162.533	-36.3584	63.9808	1.433	70%
Story2	C43	Top	494.5877	22.6276	19.3131	0.626	160%
Story2	C43	Bottom	502.9008	-23.528	-15.6836	0.6	167%
Story2	C44	Top	467.2006	27.5996	-12.455	0.581	172%
Story2	C44	Bottom	475.5137	-27.5658	12.7073	0.587	170%
Story2	C45	Top	471.2113	27.6944	12.5728	0.585	171%
Story2	C45	Bottom	479.5244	-28.0344	12.8256	0.594	168%
Story2	C46	Top	465.8404	26.2082	12.4134	0.569	176%
Story2	C46	Bottom	474.1534	-27.7569	-12.6655	0.587	170%
Story2	C47	Top	523.403	15.9446	-39.2049	0.845	118%
Story2	C47	Bottom	531.7161	-25.6731	14.4199	0.619	162%
Story2	C48	Top	40.1546	69.7291	562.6461	13.2	8%
Story2	C48	Bottom	-75.9821	-26.4839	-429.7041	10.185	10%
Story2	C49	Top	435.9253	11.9839	153.4071	0.11	909%
Story2	C49	Bottom	207.5818	-55.4302	529.4736	0.326	307%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story2	C50	Top	404.8779	11.1235	-60.2395	0.077	1299%
Story2	C50	Bottom	199.346	-58.3719	614.4904	0.373	268%
Story2	C51	Top	358.1862	9.9278	87.9824	0.282	355%
Story2	C51	Bottom	377.5833	-18.8922	-46.8895	0.222	450%
Story2	C52	Top	20.6094	-15.2298	178.7938	2.135	47%
Story2	C52	Bottom	6.6517	-12.9623	-164.9558	1.982	50%
Story2	C53	Top	343.4365	-30.7912	-19.2095	0.275	364%
Story2	C53	Bottom	357.9844	-14.1031	9.0454	0.203	493%
Story2	C54	Top	373.4173	-36.9606	9.4567	0.241	415%
Story2	C54	Bottom	387.9652	-14.9067	11.9707	0.23	435%
Story2	C55	Top	366.1712	-34.2381	9.2641	0.232	431%
Story2	C55	Bottom	380.7191	-19.1805	9.6542	0.22	455%
Story2	C56	Top	443.7739	-54.4785	-63.4264	0.391	256%
Story2	C56	Bottom	466.808	-97.8178	70.2657	0.464	216%
Story2	C57	Top	423.9805	-31.5517	-65.3408	1.366	73%
Story2	C57	Bottom	432.2936	31.1315	63.8766	1.343	74%
Story2	C58	Top	519.6002	-19.3385	14.0473	0.568	176%
Story2	C58	Bottom	527.9133	19.2114	-14.307	0.576	174%
Story2	C59	Top	503.1386	-17.1629	-13.5552	0.544	184%
Story2	C59	Bottom	511.4517	16.6038	13.8129	0.549	182%
Story2	C60	Top	506.3177	-18.0335	-13.6499	0.55	182%
Story2	C60	Bottom	514.6307	16.7427	13.9079	0.553	181%
Story2	C61	Top	501.7092	-18.0621	13.5116	0.546	183%
Story2	C61	Bottom	510.0223	16.3453	13.769	0.547	183%
Story2	C62	Top	526.911	-19.6357	-21.1849	0.645	155%
Story2	C62	Bottom	535.2241	16.6718	15.6821	0.58	172%
Story2	C63	Top	81.1467	-26.0161	130.713	2.952	34%
Story2	C63	Bottom	87.3815	5.4356	-111.1146	2.401	42%
Story2	C64	Top	0.4215	-8.149	8.0054	0.231	433%
Story2	C64	Bottom	4.1128	-6.3624	12.7105	0.309	324%
Story2	C65	Top	0.7846	-111.1401	13.5508	1.872	53%
Story2	C65	Bottom	1.7926	104.9397	-18.5652	1.795	56%
Story2	C66	Top	7.5603	-117.798	15.1679	1.973	51%
Story2	C66	Bottom	6.457	103.3608	-20.1944	1.769	57%
Story2	C67	Top	5.0273	-113.6646	14.3049	1.907	52%
Story2	C67	Bottom	1.5763	106.2561	-18.5266	1.816	55%
Story2	C68	Top	5.4525	-119.4717	14.2177	2.001	50%
Story2	C68	Bottom	-0.2556	112.2269	-18.0534	1.913	52%
Story2	C69	Top	24.008	-125.3404	45.8737	1.356	74%
Story2	C69	Bottom	32.4511	128.7948	-38.4678	1.377	73%
Story2	C70	Top	14.422	-16.8455	-85.801	2.021	49%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story2	C70	Bottom	17.8625	19.6054	100.5927	2.367	42%
Story2	C71	Top	16.7529	-143.5732	42.661	1.049	95%
Story2	C71	Bottom	22.0996	119.7257	-47.6199	0.9	111%
Story2	C72	Top	12.7331	-118.1451	15.2399	1.968	51%
Story2	C72	Bottom	13.7974	101.5876	-19.5276	1.721	58%
Story2	C73	Top	11.5747	-125.9848	14.5164	2.096	48%
Story2	C73	Bottom	11.2325	107.8002	-18.8265	1.822	55%
Story2	C74	Top	11.8857	-125.0438	14.198	2.078	48%
Story2	C74	Bottom	11.9434	107.8394	-18.2787	1.818	55%
Story2	C75	Top	12.2113	-124.2563	13.8148	2.063	48%
Story2	C75	Bottom	12.4259	108.6212	-17.6566	1.826	55%
Story2	C76	Top	12.3772	-123.4401	13.3154	2.047	49%
Story2	C76	Bottom	12.9526	109.5282	-16.8452	1.835	54%
Story2	C77	Top	18.1028	-122.2265	12.1562	2.01	50%
Story2	C77	Bottom	19.0012	111.603	-15.1124	1.847	54%
Story2	C78	Top	130.2315	487.4514	26.6347	7.778	13%
Story2	C78	Bottom	19.2544	-456.0611	-18.6295	7.52	13%
Story1	C1	Top	-637.0194	-33.4093	-15.4414	2.185	46%
Story1	C1	Bottom	-1264.0686	98.6081	33.5811	4.858	21%
Story1	C2	Top	-32.215	-105.4713	-20.7124	1.887	53%
Story1	C2	Bottom	-69.0883	117.6225	53.9179	2.429	41%
Story1	C3	Top	35.6278	-109.1922	-20.8041	1.805	55%
Story1	C3	Bottom	54.6752	122.4987	55.7284	2.328	43%
Story1	C4	Top	-61.3555	-49.4777	-27.9331	1.148	87%
Story1	C4	Bottom	-130.3592	107.1105	47.7812	2.342	43%
Story1	C5	Top	18.3732	110.6767	-11.0049	1.816	55%
Story1	C5	Bottom	16.1663	143.9658	38.357	2.521	40%
Story1	C6	Top	863.6276	-25.1014	-25.5382	0.932	107%
Story1	C6	Bottom	871.9407	46.0315	25.8532	1.066	94%
Story1	C7	Top	873.1953	-43.83	-25.8743	1.051	95%
Story1	C7	Bottom	881.5084	59.513	26.5113	1.181	85%
Story1	C8	Top	-410.3984	-19.6415	-17.4477	1.466	68%
Story1	C8	Bottom	-1019.4941	76.0324	41.6141	3.902	26%
Story1	C9	Top	30.1308	112.2364	-10.9526	1.817	55%
Story1	C9	Bottom	32.5225	141.0541	39.1989	2.447	41%
Story1	C10	Top	862.2485	-22.7515	-25.4945	0.923	108%
Story1	C10	Bottom	870.5616	42.4316	25.8094	1.038	96%
Story1	C11	Top	900.0717	-48.3194	-26.854	1.108	90%
Story1	C11	Bottom	908.3847	59.5548	27.1754	1.201	83%
Story1	C12	Top	22.4831	77.6727	-13.4478	1.282	78%
Story1	C12	Bottom	20.2429	156.3926	47.6249	2.776	36%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story1	C13	Top	83.9702	97.3568	-7.6136	1.449	69%
Story1	C13	Bottom	103.4595	137.062	41.883	2.252	44%
Story1	C14	Top	867.1926	-20.3605	-25.7276	0.919	109%
Story1	C14	Bottom	875.5057	38.8562	26.0442	1.017	98%
Story1	C15	Top	924.6975	-50.7076	-27.7942	1.148	87%
Story1	C15	Bottom	933.0105	58.3514	28.1206	1.214	82%
Story1	C16	Top	28.7808	77.3038	-12.814	1.259	79%
Story1	C16	Bottom	27.4685	154.2294	48.1686	2.73	37%
Story1	C17	Top	263.0307	-23.1436	-28.0794	0.687	146%
Story1	C17	Bottom	271.3438	36.5378	28.9352	0.828	121%
Story1	C18	Top	560.3625	19.7431	-42.0211	0.926	108%
Story1	C18	Bottom	568.6756	27.6428	38.7071	0.935	107%
Story1	C19	Top	619.3121	-74.8757	89.0359	0.563	178%
Story1	C19	Bottom	304.9732	97.3398	-206.4454	0.902	111%
Story1	C20	Top	-38.1809	-39.0054	-27.6302	0.96	104%
Story1	C20	Bottom	-158.9672	80.8629	47.2486	2.024	49%
Story1	C21	Top	-392.189	-10.6832	17.1616	1.395	72%
Story1	C21	Bottom	-797.6265	33.8323	-43.4151	3.047	33%
Story1	C22	Top	-17.4222	105.1533	12.8209	1.809	55%
Story1	C22	Bottom	14.1554	128.9724	-45.7517	2.341	43%
Story1	C23	Top	3.2859	105.7274	13.3885	1.778	56%
Story1	C23	Bottom	49.3556	128.3158	-49.1097	2.289	44%
Story1	C24	Top	1.6657	103.6826	13.8477	1.749	57%
Story1	C24	Bottom	52.0393	128.9402	-50.8218	2.313	43%
Story1	C25	Top	51.4151	106.5387	13.9968	1.691	59%
Story1	C25	Bottom	7.8576	126.8151	-49.9187	2.363	42%
Story1	C26	Top	508.7285	-22.9902	-13.9672	0.582	172%
Story1	C26	Bottom	968.2981	74.8541	43.6872	1.524	66%
Story1	C27	Top	439.6873	-37.9471	14.034	0.664	151%
Story1	C27	Bottom	448.0004	47.6128	-22.1299	0.866	115%
Story1	C28	Top	66.7999	-23.231	33.5619	0.805	124%
Story1	C28	Bottom	116.4892	88.4559	-53.5813	1.856	54%
Story1	C29	Top	23.6166	53.1449	10.2376	0.866	115%
Story1	C29	Bottom	37.5453	85.9969	-51.5751	1.849	54%
Story1	C30	Top	20.3655	52.0457	10.4455	0.857	117%
Story1	C30	Bottom	45.5487	88.6786	-52.3277	1.887	53%
Story1	C31	Top	41.5894	-20.478	34.8804	0.815	123%
Story1	C31	Bottom	65.6502	93.104	-51.8177	1.916	52%
Story1	C32	Top	368.0274	-10.4866	12.9598	0.413	242%
Story1	C32	Bottom	376.3405	39.2725	-21.2383	0.757	132%
Story1	C33	Top	-323.1696	-113.7157	93.3501	3.447	29%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story1	C33	Bottom	-453.4735	121.7113	-123.5192	4.405	23%
Story1	C34	Top	581.6362	-15.2556	70.9308	0.434	230%
Story1	C34	Bottom	595.145	20.9259	-131.2207	0.638	157%
Story1	C35	Top	521.63	-13.5632	-27.7227	0.316	316%
Story1	C35	Bottom	535.1387	28.5941	102.1048	0.587	170%
Story1	C36	Top	502.4061	-39.0748	97.3561	0.31	323%
Story1	C36	Bottom	259.7648	125.4317	-240.8096	0.786	127%
Story1	C37	Top	-39.7243	-10.108	-79.6938	1.968	51%
Story1	C37	Bottom	-17.3891	34.871	-112.932	2.788	36%
Story1	C38	Top	558.354	-16.2763	19.6564	0.627	159%
Story1	C38	Bottom	566.667	17.083	-25.7347	0.704	142%
Story1	C39	Top	582.9269	-17.0552	14.1126	0.61	164%
Story1	C39	Bottom	591.24	19.7158	-22.5022	0.695	144%
Story1	C40	Top	533.0877	-15.4991	20.4787	0.616	162%
Story1	C40	Bottom	541.4008	21.8046	-26.1599	0.723	138%
Story1	C41	Top	636.1116	-11.8643	-17.797	0.652	153%
Story1	C41	Bottom	644.4246	23.1752	18.0754	0.705	142%
Story1	C42	Top	698.4295	-20.7316	-25.4674	0.793	126%
Story1	C42	Bottom	706.7426	30.3064	20.1197	0.804	124%
Story1	C43	Top	873.0348	-19.4811	25.8689	0.921	109%
Story1	C43	Bottom	881.3479	39.834	-26.511	1.032	97%
Story1	C44	Top	832.7837	-21.2645	24.4296	0.887	113%
Story1	C44	Bottom	841.0967	43.4056	-24.7392	1.019	98%
Story1	C45	Top	838.3405	-23.2638	24.6263	0.9	111%
Story1	C45	Bottom	846.6536	47.4137	-24.9368	1.053	95%
Story1	C46	Top	832.3986	-24.8962	24.4184	0.899	111%
Story1	C46	Bottom	840.7116	51.2097	-24.728	1.077	93%
Story1	C47	Top	893.5276	-27.1924	32.2297	1.015	99%
Story1	C47	Bottom	901.8406	53.5412	-34.2237	1.222	82%
Story1	C48	Top	-4.5689	132.1261	165.0744	4.392	23%
Story1	C48	Bottom	96.9822	97.7849	105.8846	2.884	35%
Story1	C49	Top	772.8115	-56.2106	371.1471	0.284	352%
Story1	C49	Bottom	398.269	137.7041	-1444.2274	0.899	111%
Story1	C50	Top	730.9984	-62.3066	321.0003	0.269	372%
Story1	C50	Bottom	386.7754	148.595	-1431.5313	0.904	111%
Story1	C51	Top	629.0934	-39.6221	82.3658	0.401	249%
Story1	C51	Bottom	648.4905	78.1669	-183.3082	0.768	130%
Story1	C52	Top	9.4361	-35.0043	-104.3668	1.279	78%
Story1	C52	Bottom	46.7187	113.0476	-138.566	1.726	58%
Story1	C53	Top	598.4939	-49.4064	25.0131	0.422	237%
Story1	C53	Bottom	613.0417	92.8575	-36.1692	0.593	169%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

Story1	C54	Top	639.1332	-51.8508	-16.7864	0.394	254%
Story1	C54	Bottom	653.6811	102.0377	-29.2143	0.573	175%
Story1	C55	Top	627.7237	-54.4772	16.4646	0.393	254%
Story1	C55	Bottom	642.2715	111.6434	-30.7744	0.607	165%
Story1	C56	Top	767.2809	-114.3242	20.635	0.326	307%
Story1	C56	Bottom	790.315	305.3149	-52.6719	0.67	149%
Story1	C57	Top	718.8764	-40.839	-24.9805	0.937	107%
Story1	C57	Bottom	727.1894	50.2166	20.8166	0.975	103%
Story1	C58	Top	875.5909	-38.706	26.0024	1.016	98%
Story1	C58	Bottom	883.9039	52.2297	-26.3201	1.124	89%
Story1	C59	Top	850.5534	-39.5903	25.1017	1	100%
Story1	C59	Bottom	858.8665	55.3722	-25.4149	1.125	89%
Story1	C60	Top	854.3565	-41.8016	25.2371	1.019	98%
Story1	C60	Bottom	862.6695	59.4054	-25.551	1.162	86%
Story1	C61	Top	848.8231	-43.9807	25.0388	1.03	97%
Story1	C61	Bottom	857.1361	63.3776	-25.3518	1.19	84%
Story1	C62	Top	883.6953	-45.8939	-26.2927	1.076	93%
Story1	C62	Bottom	892.0083	67.3968	-26.6118	1.252	80%
Story1	C63	Top	404.343	-29.724	47.6945	1.079	93%
Story1	C63	Bottom	412.6561	58.0838	-40.8431	1.238	81%
Story1	C64	Top	-101.8173	-18.5589	20.9393	0.788	127%
Story1	C64	Bottom	-246.5119	35.389	-43.4997	1.695	59%
Story1	C65	Top	11.388	-38.4513	42.9979	1.176	85%
Story1	C65	Bottom	-21.082	73.5505	-48.9408	1.702	59%
Story1	C66	Top	22.6722	-40.4884	45.7021	1.239	81%
Story1	C66	Bottom	31.131	73.5055	-50.4083	1.689	59%
Story1	C67	Top	20.4228	-36.1513	42.0436	1.128	89%
Story1	C67	Bottom	48.0119	77.4918	-49.2605	1.703	59%
Story1	C68	Top	22.2522	-36.6369	42.088	1.133	88%
Story1	C68	Bottom	50.7624	79.8323	-49.2435	1.728	58%
Story1	C69	Top	55.7199	-35.6612	136.9979	0.61	164%
Story1	C69	Bottom	-25.7111	90.5834	-246.0197	1.344	74%
Story1	C70	Top	38.2362	-47.1083	-30.0045	1.03	97%
Story1	C70	Bottom	1.7078	67.9561	69.6349	1.98	51%
Story1	C71	Top	46.5733	-43.4017	134.6682	0.615	163%
Story1	C71	Bottom	22.2126	98.8194	-191.8145	1.113	90%
Story1	C72	Top	35.817	-39.5231	44.9356	1.206	83%
Story1	C72	Bottom	16.1836	86.0456	-49.9432	1.837	54%
Story1	C73	Top	30.385	-37.4195	43.7131	1.164	86%
Story1	C73	Bottom	0.4654	87.786	-49.0678	1.853	54%
Story1	C74	Top	31.0224	-36.4387	42.6181	1.134	88%

Story1	C74	Bottom	-5.0779	91.2028	-48.6428	1.889	53%
Story1	C75	Top	31.851	-35.5435	41.2189	1.099	91%
Story1	C75	Bottom	-8.9685	94.9013	-48.1208	1.924	52%
Story1	C76	Top	32.6352	-34.6398	39.4452	1.057	95%
Story1	C76	Bottom	-10.7817	98.7213	-47.4499	1.961	51%
Story1	C77	Top	43.5298	-34.6268	36.943	1.005	100%
Story1	C77	Bottom	3.8651	103.4233	-46.0875	1.986	50%
Story1	C78	Top	133.7711	208.0161	17.8632	3.196	31%
Story1	C78	Bottom	1183.4726	45.66	-45.2885	1.431	70%
Índice de sobreesfuerzo máximo						13.2	8%

Fuente: Propia

Para las vigas se halló el índice de sobreesfuerzo teniendo en cuenta el cortante y la flexión que presentaba los elementos. En los anexos, se evidencian las memorias de cálculo.

9.3.2 Índice de flexibilidad general e índice de vulnerabilidad.

El cálculo de los índices de flexibilidad de los elementos estructurales permite determinar el índice de flexibilidad general de la estructura, el cual corresponde al mayor de los valores de los índices de flexibilidad, que en este caso es de 1.171 que corresponde a un elemento vigueta, lo cual nos indica que la estructura es un 17% más flexible de lo que permite la norma NSR-10.

Tabla 30. Índice de flexibilidad general.

I.F. DE LA ESTRUCTURA NSR10 A.10.4.3.5	INDICE DE VULNERABILIDAD GENERAL
1,171	0,854

Fuente: Autores

El índice de vulnerabilidad general es la inversa del índice de flexibilidad general de la estructura, para este caso da un valor de 85,4%, por lo tanto, la estructura es un 14,6% menos rígida de lo que realmente debería ser, se puede deducir que este hecho ocurre debido a las propiedades de los materiales de los elementos ya que han sufrido cambios drásticos en su resistencia a la compresión.

A continuación, se presenta los resultados de los índices de flexibilidad de todos los elementos estructurales.

El índice de flexibilidad se calculó haciendo la relación entre las derivas de la edificación y las máximas permitidas por la NSR-10 correspondiente al 1% de la altura de entepiso.

Tabla 31. Índices horizontales de columnas

TABLE: Story Drifts								
Story	Output Case	Direction	Drift	Drift (%)	Drift Lim (%)	IFL	IFL (%)	Índice de Vulnerabilidad (%)
Story2	Deriva 5	X	0.00029	0.0294	1	0.0294	0.02940	3401.4
Story2	Deriva 5	Y	0.00023	0.0232	1	0.0232	0.02320	4310.3
Story2	Deriva 6	X	0.00025	0.0251	1	0.0251	0.02510	3984.1
Story2	Deriva 6	Y	0.00045	0.0452	1	0.0452	0.04520	2212.4
Story2	Deriva 3	X	0.00019	0.0192	1	0.0192	0.01920	5208.3
Story2	Deriva 3	Y	0.00028	0.0282	1	0.0282	0.02820	3546.1
Story2	Deriva 4	X	0.00016	0.016	1	0.016	0.01600	6250.0
Story2	Deriva 4	Y	0.00045	0.0448	1	0.0448	0.04480	2232.1
Story2	Deriva 1	X	0.00022	0.0221	1	0.0221	0.02210	4524.9
Story2	Deriva 1	Y	7.3E-05	0.0073	1	0.0073	0.00730	13698.6
Story2	Deriva 2	X	0.00018	0.0178	1	0.0178	0.01780	5618.0
Story2	Deriva 2	Y	0.00029	0.0293	1	0.0293	0.02930	3413.0
Story1	Deriva 5	X	0.00069	0.0689	1	0.0689	0.06890	1451.4
Story1	Deriva 5	Y	0.00063	0.0627	1	0.0627	0.06270	1594.9
Story1	Deriva 6	X	0.00061	0.0608	1	0.0608	0.06080	1644.7
Story1	Deriva 6	Y	0.0009	0.0904	1	0.0904	0.09040	1106.2
Story1	Deriva 3	X	0.00044	0.0441	1	0.0441	0.04410	2267.6
Story1	Deriva 3	Y	0.00079	0.0793	1	0.0793	0.07930	1261.0
Story1	Deriva 4	X	0.00038	0.038	1	0.038	0.03800	2631.6
Story1	Deriva 4	Y	0.001	0.1001	1	0.1001	0.10010	999.0
Story1	Deriva 1	X	0.00049	0.0485	1	0.0485	0.04850	2061.9
Story1	Deriva 1	Y	0.00016	0.0163	1	0.0163	0.01630	6135.0
Story1	Deriva 2	X	0.0004	0.0403	1	0.0403	0.04030	2481.4
Story1	Deriva 2	Y	0.00044	0.044	1	0.044	0.04400	2272.7
INDICE DE FLEXIBILIDAD MÁXIMO						0.1001	0.10010	999.001

Fuente: Autores

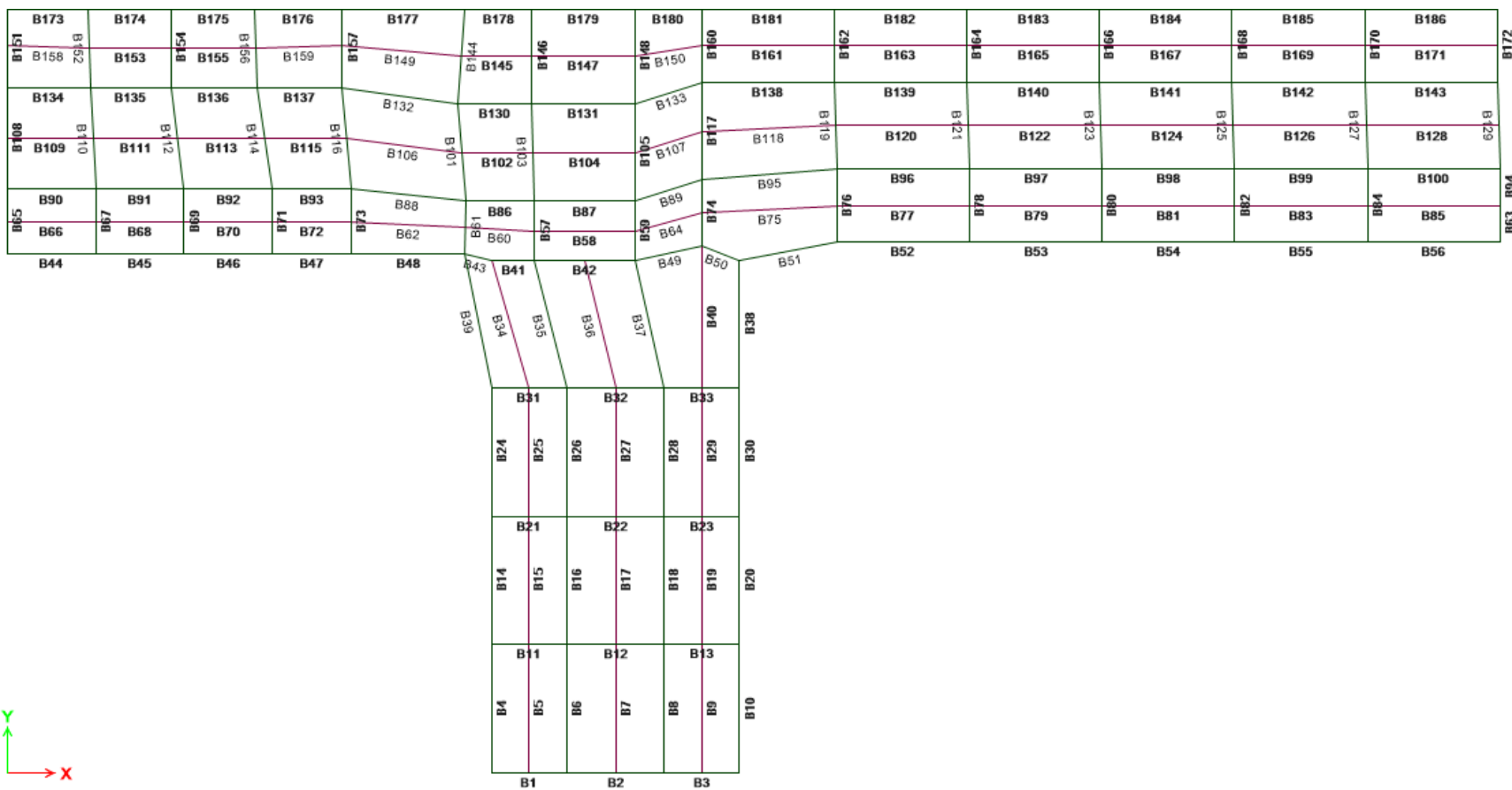
Para realizar el cálculo del índice de flexibilidad de las vigas, la deflexión límite se determina de acuerdo a la tabla C.9.5 (b) de la NSR-10, es “la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional” para “un sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes”.

De acuerdo a lo anterior empleamos la ecuación C.9-11, utilizando una cuantía (ρ') mínima de 0.0033 y el factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas (ζ) de 2.0, la deflexión adicional a largo plazo (λ_{Δ}) nos da un valor de 1.72. Así que, para

el cálculo de la deflexión de los elementos se debe tener en cuenta 1.72 veces la deflexión por la carga muerta más la deflexión por la carga viva. La deflexión límite será $L/480$.

A continuación, se presenta un esquema en planta de la estructura, donde se pueden identificar mejor los elementos estructurales (vigas y viguetas).

Figura 58. Planta estructural vigas y viguetas



Teniendo en cuenta el anterior esquema podemos ver en la siguiente tabla los resultados de los índices de flexibilidad de las vigas y viguetas que corresponde a la relación entre la deflexión actuante y la deflexión permitida según los parámetros de la NSR-10.

Tabla 32. Índices de flexibilidad de Vigas

Label	Length	Analysis Section	Deflexión actuante	Deflexión Limite	Índice de flexibilidad	Índice de vulnerabilidad
	m		m	m	%	%
B1	4.25	Viga 35x35	0.000183	0.0177	1.033%	9677%
B2	5.51	Viga 35x35	0.00052	0.0230	2.265%	4415%
B3	4.25	Viga 35x35	0.000062	0.0177	0.350%	28562%
B4	7.45	Viga 35x35	0.000295	0.0310	0.950%	10523%
B5	7.45	Vigueta 22x30	0.02131	0.0310	68.650%	146%
B6	7.45	Viga 35x35	0.01125	0.0310	36.242%	276%
B7	7.45	Vigueta 22x30	0.0227	0.0310	73.128%	137%
B8	7.45	Viga 35x35	0.0112	0.0310	36.081%	277%
B9	7.45	Vigueta 22x30	0.0214	0.0310	68.940%	145%
B10	7.45	Viga 35x35	0.000559	0.0310	1.801%	5553%
B11	4.25	Viga 35x35	0.00382	0.0177	21.572%	464%
B12	5.51	Viga 35x35	0.00912	0.0230	39.724%	252%
B13	4.25	Viga 35x35	0.002985	0.0177	16.856%	593%
B14	7.45	Viga 35x35	0.000029	0.0310	0.093%	107040%
B15	7.45	Vigueta 22x30	0.01837	0.0310	59.179%	169%
B16	7.45	Viga 35x35	0.00882	0.0310	28.413%	352%
B17	7.45	Vigueta 22x30	0.02339	0.0310	75.350%	133%
B18	7.45	Viga 35x35	0.008832	0.0310	28.452%	351%
B19	7.45	Vigueta 22x30	0.0189	0.0310	60.886%	164%
B20	7.45	Viga 35x35	0.000218	0.0310	0.702%	14239%
B21	4.25	Viga 35x35	0.00378	0.0177	21.346%	468%
B22	5.51	Viga 35x35	0.00907	0.0230	39.506%	253%
B23	4.25	Viga 35x35	0.002642	0.0177	14.920%	670%
B24	7.45	Viga 35x35	0.000076	0.0310	0.245%	40844%
B25	7.45	Vigueta 22x30	0.0186	0.0310	59.919%	167%
B26	7.45	Viga 35x35	0.00889	0.0310	28.639%	349%
B27	7.45	Vigueta 22x30	0.02249	0.0310	72.451%	138%
B28	7.45	Viga 35x35	0.00873	0.0310	28.123%	356%
B29	7.45	Vigueta 22x30	0.0168	0.0310	54.121%	185%
B30	7.45	Viga 35x35	0.00004	0.0310	0.129%	77604%
B31	4.25	Viga 35x35	0.00366	0.0177	20.668%	484%
B32	5.51	Viga 35x35	0.00947	0.0230	41.249%	242%
B33	4.25	Viga 35x35	0.003013	0.0177	17.015%	588%
B34	7.7471	Vigueta 22x30	0.02104	0.0323	65.181%	153%
B35	7.6667	Viga 35x35	0.01179	0.0319	36.908%	271%
B36	7.6471	Vigueta 22x30	0.03547	0.0319	111.321%	90%
B37	7.6284	Viga 35x35	0.01186	0.0318	37.313%	268%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B38	7.45	Viga 35x35	0.000125	0.0310	0.403%	24833%
B39	7.9724	Viga 35x35	0.000248	0.0332	0.747%	13394%
B40	8.25	Vigueta 22x30	0.0354	0.0344	102.982%	97%
B41	2.44	Viga 35x35	0.00023	0.0102	2.262%	4420%
B42	5.68	Viga 35x35	0.00628	0.0237	26.535%	377%
B43	1.5474	Viga 35x35	0.000486	0.0064	7.538%	1327%
B44	5	Viga 35x35	0.000323	0.0208	1.550%	6450%
B45	5	Viga 35x35	0.000056	0.0208	0.269%	37202%
B46	5	Viga 35x35	0.000017	0.0208	0.082%	122549%
B47	4.48	Viga 35x35	0.000017	0.0187	0.091%	109804%
B48	6.41	Viga 35x35	0.000178	0.0267	0.666%	15005%
B49	3.8442	Viga 35x35	0.00029	0.0160	1.811%	5523%
B50	2.2753	Viga 35x35	0.000146	0.0095	1.540%	6493%
B51	5.6171	Viga 35x35	0.000125	0.0234	0.534%	18724%
B52	7.5	Viga 35x35	0.000207	0.0313	0.662%	15097%
B53	7.5	Viga 35x35	0.000079	0.0313	0.253%	39557%
B54	7.5	Viga 35x35	0.000084	0.0313	0.269%	37202%
B55	7.5	Viga 35x35	0.000406	0.0313	1.299%	7697%
B56	7.5	Viga 35x35	0.00339	0.0313	10.848%	922%
B57	3.41	Viga 35x35	0.00019	0.0142	1.337%	7478%
B58	5.68	Vigueta 22x30	0.00693	0.0237	29.282%	342%
B59	3.41	Viga 35x35	0.000573	0.0142	4.033%	2480%
B60	3.9096	Vigueta 22x30	0.000389	0.0163	2.388%	4188%
B61	3.0308	Viga 35x35	0.00051	0.0126	4.039%	2476%
B62	6.4545	Vigueta 22x30	0.0106	0.0269	39.414%	254%
B63	2.125	Viga 35x35	0.000122	0.0089	1.378%	7258%
B64	3.8959	Vigueta 22x30	0.00152	0.0162	9.364%	1068%
B65	3.73	Viga 35x35	0.000323	0.0155	2.078%	4812%
B66	5	Vigueta 22x30	0.00404	0.0208	19.392%	516%
B67	3.73	Viga 35x35	0.0017	0.0155	10.938%	914%
B68	5	Vigueta 22x30	0.00326	0.0208	15.648%	639%
B69	3.73	Viga 35x35	0.00171	0.0155	11.003%	909%
B70	5	Vigueta 22x30	0.0036	0.0208	17.280%	579%
B71	3.73	Viga 35x35	0.00159	0.0155	10.231%	977%
B72	4.48	Vigueta 22x30	0.00112	0.0187	6.000%	1667%
B73	3.73	Viga 35x35	0.00179	0.0155	11.517%	868%
B74	3.85	Viga 35x35	0.00146	0.0160	9.101%	1099%
B75	7.6626	Vigueta 22x30	0.0274	0.0319	85.819%	117%
B76	4.25	Viga 35x35	0.0039	0.0177	22.024%	454%
B77	7.5	Vigueta 22x30	0.0181	0.0313	57.920%	173%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B78	4.25	Viga 35x35	0.00395	0.0177	22.306%	448%
B79	7.5	Vigueta 22x30	0.0191	0.0313	61.120%	164%
B80	4.25	Viga 35x35	0.00398	0.0177	22.475%	445%
B81	7.5	Vigueta 22x30	0.0189	0.0313	60.480%	165%
B82	4.25	Viga 35x35	0.00395	0.0177	22.306%	448%
B83	7.5	Vigueta 22x30	0.0193	0.0313	61.760%	162%
B84	4.25	Viga 35x35	0.00348	0.0177	19.652%	509%
B85	7.5	Vigueta 22x30	0.018	0.0313	57.600%	174%
B86	3.87	Viga 35x35	0.00036	0.0161	2.233%	4479%
B87	5.68	Viga 35x35	0.0031	0.0237	13.099%	763%
B88	6.5177	Viga 35x35	0.0055	0.0272	20.253%	494%
B89	3.9592	Viga 35x35	0.000495	0.0165	3.001%	3333%
B90	5	Viga 35x35	0.0027	0.0208	12.960%	772%
B91	5	Viga 35x35	0.0018	0.0208	8.640%	1157%
B92	5	Viga 35x35	0.00195	0.0208	9.360%	1068%
B93	4.48	Viga 35x35	0.00064	0.0187	3.429%	2917%
B94	2.125	Viga 35x35	0.000101	0.0089	1.141%	8767%
B95	7.6767	Viga 35x35	0.0115	0.0320	35.953%	278%
B96	7.5	Viga 35x35	0.00859	0.0313	27.488%	364%
B97	7.5	Viga 35x35	0.008912	0.0313	28.518%	351%
B98	7.5	Viga 35x35	0.0088	0.0313	28.160%	355%
B99	7.5	Viga 35x35	0.00934	0.0313	29.888%	335%
B100	7.5	Viga 35x35	0.006015	0.0313	19.248%	520%
B101	5.7094	Viga 35x35	0.00736	0.0238	30.938%	323%
B102	4.03	Vigueta 22x30	0.00106	0.0168	6.313%	1584%
B103	5.692	Viga 35x35	0.00656	0.0237	27.660%	362%
B104	5.755	Vigueta 22x30	0.01203	0.0240	50.169%	199%
B105	5.69	Viga 35x35	0.00632	0.0237	26.657%	375%
B106	6.5596	Vigueta 22x30	0.0193	0.0273	70.614%	142%
B107	3.9592	Vigueta 22x30	0.00205	0.0165	12.427%	805%
B108	5.9	Viga 35x35	0.000057	0.0246	0.232%	43129%
B109	4.85	Vigueta 22x30	0.0055	0.0202	27.216%	367%
B110	5.9076	Viga 35x35	0.00749	0.0246	30.429%	329%
B111	4.79	Vigueta 22x30	0.00426	0.0200	21.344%	469%
B112	5.9438	Viga 35x35	0.00789	0.0248	31.858%	314%
B113	4.91	Vigueta 22x30	0.0051	0.0205	24.929%	401%
B114	5.9682	Viga 35x35	0.00761	0.0249	30.602%	327%
B115	4.665	Vigueta 22x30	0.00191	0.0194	9.826%	1018%
B116	5.9238	Viga 35x35	0.00883	0.0247	35.774%	280%
B117	5.69	Viga 35x35	0.00806	0.0237	33.996%	294%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B118	7.5818	Vigueta 22x30	0.0309	0.0316	97.813%	102%
B119	5.0522	Viga 35x35	0.0068	0.0211	32.303%	310%
B120	7.5	Vigueta 22x30	0.0211	0.0313	67.520%	148%
B121	5.0522	Viga 35x35	0.00647	0.0211	30.735%	325%
B122	7.5	Vigueta 22x30	0.02236	0.0313	71.552%	140%
B123	5.0522	Viga 35x35	0.0065	0.0211	30.878%	324%
B124	7.5	Vigueta 22x30	0.0222	0.0313	71.040%	141%
B125	5.0522	Viga 35x35	0.0065	0.0211	30.878%	324%
B126	7.5	Vigueta 22x30	0.02182	0.0313	69.824%	143%
B127	5.0522	Viga 35x35	0.00676	0.0211	32.113%	311%
B128	7.5	Vigueta 22x30	0.02925	0.0313	93.600%	107%
B129	5.0522	Viga 35x35	0.0027	0.0211	12.826%	780%
B130	4.19	Viga 35x35	0.00098	0.0175	5.613%	1781%
B131	5.83	Viga 35x35	0.0038	0.0243	15.643%	639%
B132	6.603	Viga 35x35	0.00629	0.0275	22.862%	437%
B133	3.9592	Viga 35x35	0.00032	0.0165	1.940%	5155%
B134	4.7	Viga 35x35	0.00217	0.0196	11.081%	902%
B135	4.58	Viga 35x35	0.00117	0.0191	6.131%	1631%
B136	4.82	Viga 35x35	0.0017	0.0201	8.465%	1181%
B137	4.85	Viga 35x35	0.0015	0.0202	7.423%	1347%
B138	7.5	Viga 35x35	0.01057	0.0313	33.824%	296%
B139	7.5	Viga 35x35	0.00868	0.0313	27.776%	360%
B140	7.5	Viga 35x35	0.00889	0.0313	28.448%	352%
B141	7.5	Viga 35x35	0.00887	0.0313	28.384%	352%
B142	7.5	Viga 35x35	0.00876	0.0313	28.032%	357%
B143	7.5	Viga 35x35	0.01106	0.0313	35.392%	283%
B144	5.4946	Viga 35x35	0.00587	0.0229	25.640%	390%
B145	3.99	Vigueta 22x30	0.00101	0.0166	6.075%	1646%
B146	5.48	Viga 35x35	0.00556	0.0228	24.350%	411%
B147	5.83	Vigueta 22x30	0.0124	0.0243	51.046%	196%
B148	5.48	Viga 35x35	0.0049	0.0228	21.460%	466%
B149	6.7685	Vigueta 22x30	0.0193	0.0282	68.435%	146%
B150	3.8108	Vigueta 22x30	0.00159	0.0159	10.014%	999%
B151	4.57	Viga 35x35	0.00004	0.0190	0.210%	47604%
B152	4.5716	Viga 35x35	0.00245	0.0190	12.862%	777%
B153	4.64	Vigueta 22x30	0.00287	0.0193	14.845%	674%
B154	4.57	Viga 35x35	0.00244	0.0190	12.814%	780%
B155	4.76	Vigueta 22x30	0.0034	0.0198	17.143%	583%
B156	4.5716	Viga 35x35	0.00243	0.0190	12.757%	784%
B157	4.57	Viga 35x35	0.00327	0.0190	17.173%	582%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B158	4.6429	Vigueta 22x30	0.00368	0.0193	19.023%	526%
B159	4.9128	Vigueta 22x30	0.00219	0.0205	10.699%	935%
B160	4.24	Viga 35x35	0.002	0.0177	11.321%	883%
B161	7.5	Vigueta 22x30	0.0222	0.0313	71.040%	141%
B162	4.24	Viga 35x35	0.0027	0.0177	15.283%	654%
B163	7.5	Vigueta 22x30	0.0187	0.0313	59.840%	167%
B164	4.24	Viga 35x35	0.0027	0.0177	15.283%	654%
B165	7.5	Vigueta 22x30	0.01902	0.0313	60.864%	164%
B166	4.24	Viga 35x35	0.0026	0.0177	14.717%	679%
B167	7.5	Vigueta 22x30	0.01903	0.0313	60.896%	164%
B168	4.24	Viga 35x35	0.00258	0.0177	14.604%	685%
B169	7.5	Vigueta 22x30	0.0184	0.0313	58.880%	170%
B170	4.24	Viga 35x35	0.00272	0.0177	15.396%	650%
B171	7.5	Vigueta 22x30	0.0254	0.0313	81.280%	123%
B172	4.24	Viga 35x35	0.001905	0.0177	10.783%	927%
B173	4.58	Viga 35x35	0.000047	0.0191	0.246%	40603%
B174	4.7	Viga 35x35	0.000014	0.0196	0.071%	139881%
B175	4.7	Viga 35x35	0.000013	0.0196	0.066%	150641%
B176	4.97	Viga 35x35	0.000017	0.0207	0.082%	121814%
B177	6.94	Viga 35x35	0.000018	0.0289	0.062%	160648%
B178	3.79	Viga 35x35	0.000071	0.0158	0.450%	22242%
B179	5.83	Viga 35x35	0.000082	0.0243	0.338%	29624%
B180	3.76	Viga 35x35	0.000013	0.0157	0.083%	120513%
B181	7.5	Viga 35x35	0.00002	0.0313	0.064%	156250%
B182	7.5	Viga 35x35	0.000021	0.0313	0.067%	148810%
B183	7.5	Viga 35x35	0.000021	0.0313	0.067%	148810%
B184	7.5	Viga 35x35	0.000021	0.0313	0.067%	148810%
B185	7.5	Viga 35x35	0.000026	0.0313	0.083%	120192%
B186	7.5	Viga 35x35	0.000271	0.0313	0.867%	11531%
B1	4.25	Viga 35x35	0.000077	0.0177	0.435%	22998%
B2	5.51	Viga 35x35	0.000055	0.0230	0.240%	41742%
B3	4.25	Viga 35x35	0.000065	0.0177	0.367%	27244%
B4	7.45	Viga 35x35	0.000181	0.0310	0.583%	17150%
B5	7.45	Vigueta 22x30	0.01765	0.0310	56.859%	176%
B6	7.45	Viga 35x35	0.00724	0.0310	23.323%	429%
B7	7.45	Vigueta 22x30	0.0221	0.0310	71.195%	140%
B8	7.45	Viga 35x35	0.00719	0.0310	23.162%	432%
B9	7.45	Vigueta 22x30	0.01746	0.0310	56.247%	178%
B10	7.45	Viga 35x35	0.00044	0.0310	1.417%	7055%
B11	4.25	Viga 35x35	0.00147	0.0177	8.301%	1205%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B12	5.51	Viga 35x35	0.0098	0.0230	42.686%	234%
B13	4.25	Viga 35x35	0.0032	0.0177	18.071%	553%
B14	7.45	Viga 35x35	0.000039	0.0310	0.126%	79594%
B15	7.45	Vigueta 22x30	0.0189	0.0310	60.886%	164%
B16	7.45	Viga 35x35	0.0095	0.0310	30.604%	327%
B17	7.45	Vigueta 22x30	0.0246	0.0310	79.248%	126%
B18	7.45	Viga 35x35	0.00951	0.0310	30.636%	326%
B19	7.45	Vigueta 22x30	0.0191	0.0310	61.530%	163%
B20	7.45	Viga 35x35	0.000056	0.0310	0.180%	55432%
B21	4.25	Viga 35x35	0.0015	0.0177	8.471%	1181%
B22	5.51	Viga 35x35	0.0096	0.0230	41.815%	239%
B23	4.25	Viga 35x35	0.0051	0.0177	28.800%	347%
B24	7.45	Viga 35x35	0.000033	0.0310	0.106%	94066%
B25	7.45	Vigueta 22x30	0.019	0.0310	61.208%	163%
B26	7.45	Viga 35x35	0.0086	0.0310	27.705%	361%
B27	7.45	Vigueta 22x30	0.0221	0.0310	71.195%	140%
B28	7.45	Viga 35x35	0.0084	0.0310	27.060%	370%
B29	7.45	Vigueta 22x30	0.017	0.0310	54.765%	183%
B30	7.45	Viga 35x35	0.000036	0.0310	0.116%	86227%
B31	4.25	Viga 35x35	0.0019	0.0177	10.729%	932%
B32	5.51	Viga 35x35	0.0099	0.0230	43.122%	232%
B33	4.25	Viga 35x35	0.0055	0.0177	31.059%	322%
B34	7.7471	Vigueta 22x30	0.0223	0.0323	69.084%	145%
B35	7.6667	Viga 35x35	0.0127	0.0319	39.756%	252%
B36	7.6471	Vigueta 22x30	0.0363	0.0319	113.926%	88%
B37	7.6284	Viga 35x35	0.0128	0.0318	40.271%	248%
B38	7.45	Viga 35x35	0.000099	0.0310	0.319%	31355%
B39	7.9724	Viga 35x35	0.000154	0.0332	0.464%	21570%
B40	8.25	Vigueta 22x30	0.0364	0.0344	105.891%	94%
B41	2.44	Viga 35x35	0.000375	0.0102	3.689%	2711%
B42	5.68	Viga 35x35	0.00675	0.0237	28.521%	351%
B43	1.5474	Viga 35x35	0.00044	0.0064	6.824%	1465%
B44	5	Viga 35x35	0.00027	0.0208	1.296%	7716%
B45	5	Viga 35x35	0.000094	0.0208	0.451%	22163%
B46	5	Viga 35x35	0.000024	0.0208	0.115%	86806%
B47	4.48	Viga 35x35	0.00003	0.0187	0.161%	62222%
B48	6.41	Viga 35x35	0.000107	0.0267	0.401%	24961%
B49	3.8442	Viga 35x35	0.000158	0.0160	0.986%	10138%
B50	2.2753	Viga 35x35	0.000272	0.0095	2.869%	3485%
B51	5.6171	Viga 35x35	0.000077	0.0234	0.329%	30396%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B52	7.5	Viga 35x35	0.000197	0.0313	0.630%	15863%
B53	7.5	Viga 35x35	0.000125	0.0313	0.400%	25000%
B54	7.5	Viga 35x35	0.000132	0.0313	0.422%	23674%
B55	7.5	Viga 35x35	0.00078	0.0313	2.496%	4006%
B56	7.5	Viga 35x35	0.0138	0.0313	44.160%	226%
B57	3.41	Viga 35x35	0.00053	0.0142	3.730%	2681%
B58	5.68	Vigueta 22x30	0.0073	0.0237	30.845%	324%
B59	3.41	Viga 35x35	0.00029	0.0142	2.041%	4899%
B60	3.9096	Vigueta 22x30	0.000507	0.0163	3.112%	3213%
B61	3.0308	Viga 35x35	0.00026	0.0126	2.059%	4857%
B62	6.4545	Vigueta 22x30	0.011	0.0269	40.902%	244%
B63	2.125	Viga 35x35	0.000017	0.0089	0.192%	52083%
B64	3.8959	Vigueta 22x30	0.0017	0.0162	10.473%	955%
B65	3.73	Viga 35x35	0.00027	0.0155	1.737%	5756%
B66	5	Vigueta 22x30	0.0019	0.0208	9.120%	1096%
B67	3.73	Viga 35x35	0.00079	0.0155	5.083%	1967%
B68	5	Vigueta 22x30	0.0036	0.0208	17.280%	579%
B69	3.73	Viga 35x35	0.00083	0.0155	5.340%	1872%
B70	5	Vigueta 22x30	0.0037	0.0208	17.760%	563%
B71	3.73	Viga 35x35	0.00089	0.0155	5.727%	1746%
B72	4.48	Vigueta 22x30	0.00098	0.0187	5.250%	1905%
B73	3.73	Viga 35x35	0.00084	0.0155	5.405%	1850%
B74	3.85	Viga 35x35	0.0011	0.0160	6.857%	1458%
B75	7.6626	Vigueta 22x30	0.028	0.0319	87.699%	114%
B76	4.25	Viga 35x35	0.0023	0.0177	12.988%	770%
B77	7.5	Vigueta 22x30	0.0182	0.0313	58.240%	172%
B78	4.25	Viga 35x35	0.0017	0.0177	9.600%	1042%
B79	7.5	Vigueta 22x30	0.0191	0.0313	61.120%	164%
B80	4.25	Viga 35x35	0.0017	0.0177	9.600%	1042%
B81	7.5	Vigueta 22x30	0.0192	0.0313	61.440%	163%
B82	4.25	Viga 35x35	0.00173	0.0177	9.769%	1024%
B83	7.5	Vigueta 22x30	0.0172	0.0313	55.040%	182%
B84	4.25	Viga 35x35	0.0039	0.0177	22.024%	454%
B85	7.5	Vigueta 22x30	0.032	0.0313	102.400%	98%
B86	3.87	Viga 35x35	0.000179	0.0161	1.110%	9008%
B87	5.68	Viga 35x35	0.0035	0.0237	14.789%	676%
B88	6.5177	Viga 35x35	0.0061	0.0272	22.462%	445%
B89	3.9592	Viga 35x35	0.00087	0.0165	5.274%	1896%
B90	5	Viga 35x35	0.00085	0.0208	4.080%	2451%
B91	5	Viga 35x35	0.0022	0.0208	10.560%	947%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B92	5	Viga 35x35	0.00199	0.0208	9.552%	1047%
B93	4.48	Viga 35x35	0.00036	0.0187	1.929%	5185%
B94	2.125	Viga 35x35	0.000165	0.0089	1.864%	5366%
B95	7.6767	Viga 35x35	0.0126	0.0320	39.392%	254%
B96	7.5	Viga 35x35	0.0084	0.0313	26.880%	372%
B97	7.5	Viga 35x35	0.0089	0.0313	28.480%	351%
B98	7.5	Viga 35x35	0.0091	0.0313	29.120%	343%
B99	7.5	Viga 35x35	0.0074	0.0313	23.680%	422%
B100	7.5	Viga 35x35	0.021	0.0313	67.200%	149%
B101	5.7094	Viga 35x35	0.0078	0.0238	32.788%	305%
B102	4.03	Vigueta 22x30	0.0012	0.0168	7.146%	1399%
B103	5.692	Viga 35x35	0.0067	0.0237	28.250%	354%
B104	5.755	Vigueta 22x30	0.0122	0.0240	50.877%	197%
B105	5.69	Viga 35x35	0.0063	0.0237	26.573%	376%
B106	6.5596	Vigueta 22x30	0.0197	0.0273	72.078%	139%
B107	3.9592	Vigueta 22x30	0.0024	0.0165	14.548%	687%
B108	5.9	Viga 35x35	0.000096	0.0246	0.391%	25608%
B109	4.85	Vigueta 22x30	0.0018	0.0202	8.907%	1123%
B110	5.9076	Viga 35x35	0.0076	0.0246	30.875%	324%
B111	4.79	Vigueta 22x30	0.0051	0.0200	25.553%	391%
B112	5.9438	Viga 35x35	0.0088	0.0248	35.533%	281%
B113	4.91	Vigueta 22x30	0.0051	0.0205	24.929%	401%
B114	5.9682	Viga 35x35	0.0084	0.0249	33.779%	296%
B115	4.665	Vigueta 22x30	0.0019	0.0194	9.775%	1023%
B116	5.9238	Viga 35x35	0.0097	0.0247	39.299%	254%
B117	5.69	Viga 35x35	0.0082	0.0237	34.587%	289%
B118	7.5818	Vigueta 22x30	0.032	0.0316	101.295%	99%
B119	5.0522	Viga 35x35	0.0069	0.0211	32.778%	305%
B120	7.5	Vigueta 22x30	0.021	0.0313	67.200%	149%
B121	5.0522	Viga 35x35	0.00666	0.0211	31.638%	316%
B122	7.5	Vigueta 22x30	0.0224	0.0313	71.680%	140%
B123	5.0522	Viga 35x35	0.0068	0.0211	32.303%	310%
B124	7.5	Vigueta 22x30	0.0226	0.0313	72.320%	138%
B125	5.0522	Viga 35x35	0.0067	0.0211	31.828%	314%
B126	7.5	Vigueta 22x30	0.0204	0.0313	65.280%	153%
B127	5.0522	Viga 35x35	0.00675	0.0211	32.065%	312%
B128	7.5	Vigueta 22x30	0.0366	0.0313	117.120%	85%
B129	5.0522	Viga 35x35	0.00358	0.0211	17.006%	588%
B130	4.19	Viga 35x35	0.00097	0.0175	5.556%	1800%
B131	5.83	Viga 35x35	0.00399	0.0243	16.425%	609%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

B132	6.603	Viga 35x35	0.00654	0.0275	23.771%	421%
B133	3.9592	Viga 35x35	0.00061	0.0165	3.698%	2704%
B134	4.7	Viga 35x35	0.00074	0.0196	3.779%	2646%
B135	4.58	Viga 35x35	0.00149	0.0191	7.808%	1281%
B136	4.82	Viga 35x35	0.0018	0.0201	8.963%	1116%
B137	4.85	Viga 35x35	0.0014	0.0202	6.928%	1443%
B138	7.5	Viga 35x35	0.0115	0.0313	36.800%	272%
B139	7.5	Viga 35x35	0.0085	0.0313	27.200%	368%
B140	7.5	Viga 35x35	0.00892	0.0313	28.544%	350%
B141	7.5	Viga 35x35	0.00897	0.0313	28.704%	348%
B142	7.5	Viga 35x35	0.0082	0.0313	26.240%	381%
B143	7.5	Viga 35x35	0.0144	0.0313	46.080%	217%
B144	5.4946	Viga 35x35	0.00895	0.0229	39.093%	256%
B145	3.99	Vigueta 22x30	0.00095	0.0166	5.714%	1750%
B146	5.48	Viga 35x35	0.0092	0.0228	40.292%	248%
B147	5.83	Vigueta 22x30	0.0127	0.0243	52.281%	191%
B148	5.48	Viga 35x35	0.0078	0.0228	34.161%	293%
B149	6.7685	Vigueta 22x30	0.0192	0.0282	68.080%	147%
B150	3.8108	Vigueta 22x30	0.00178	0.0159	11.210%	892%
B151	4.57	Viga 35x35	0.000038	0.0190	0.200%	50110%
B152	4.5716	Viga 35x35	0.0045	0.0190	23.624%	423%
B153	4.64	Vigueta 22x30	0.0034	0.0193	17.586%	569%
B154	4.57	Viga 35x35	0.005	0.0190	26.258%	381%
B155	4.76	Vigueta 22x30	0.0034	0.0198	17.143%	583%
B156	4.5716	Viga 35x35	0.0049	0.0190	25.724%	389%
B157	4.57	Viga 35x35	0.00599	0.0190	31.457%	318%
B158	4.6429	Vigueta 22x30	0.00137	0.0193	7.082%	1412%
B159	4.9128	Vigueta 22x30	0.0021	0.0205	10.259%	975%
B160	4.24	Viga 35x35	0.0045	0.0177	25.472%	393%
B161	7.5	Vigueta 22x30	0.0225	0.0313	72.000%	139%
B162	4.24	Viga 35x35	0.00549	0.0177	31.075%	322%
B163	7.5	Vigueta 22x30	0.0186	0.0313	59.520%	168%
B164	4.24	Viga 35x35	0.00543	0.0177	30.736%	325%
B165	7.5	Vigueta 22x30	0.0191	0.0313	61.120%	164%
B166	4.24	Viga 35x35	0.0055	0.0177	31.132%	321%
B167	7.5	Vigueta 22x30	0.0191	0.0313	61.120%	164%
B168	4.24	Viga 35x35	0.0054	0.0177	30.566%	327%
B169	7.5	Vigueta 22x30	0.0183	0.0313	58.560%	171%
B170	4.24	Viga 35x35	0.0055	0.0177	31.132%	321%
B171	7.5	Vigueta 22x30	0.0268	0.0313	85.760%	117%

B172	4.24	Viga 35x35	0.00065	0.0177	3.679%	2718%
B173	4.58	Viga 35x35	0.000044	0.0191	0.231%	43371%
B174	4.7	Viga 35x35	0.000014	0.0196	0.071%	139881%
B175	4.7	Viga 35x35	0.000012	0.0196	0.061%	163194%
B176	4.97	Viga 35x35	0.000019	0.0207	0.092%	108991%
B177	6.94	Viga 35x35	0.000022	0.0289	0.076%	131439%
B178	3.79	Viga 35x35	0.000092	0.0158	0.583%	17165%
B179	5.83	Viga 35x35	0.000112	0.0243	0.461%	21689%
B180	3.76	Viga 35x35	0.000016	0.0157	0.102%	97917%
B181	7.5	Viga 35x35	0.000024	0.0313	0.077%	130208%
B182	7.5	Viga 35x35	0.000027	0.0313	0.086%	115741%
B183	7.5	Viga 35x35	0.000027	0.0313	0.086%	115741%
B184	7.5	Viga 35x35	0.000027	0.0313	0.086%	115741%
B185	7.5	Viga 35x35	0.000035	0.0313	0.112%	89286%
B186	7.5	Viga 35x35	0.000027	0.0313	0.086%	115741%
INDICE DE FLEXIBILIDAD MAXIMO VERTICAL					117.120%	85.4%

Fuente: Autores

9.4. SECUENCIA DE FALLA.

Al orden en que el índice de sobre esfuerzo puede llegar a la falla estructural, se le conoce como secuencia de falla.

La siguientes, es una tabla donde se presentan los valores de los índices de sobreesfuerzo de todos facilita evidenciar la línea de falla como se desplaza a través de la estructura comenzando desde el elemento más crítico hasta el más óptimo de acuerdo a la NSR-10.

Tabla 33. Secuencia de falla parte 1

Piso	Elemento	ISE	I.V
2	B9	38.143	3%
2	C48	13.200	8%
2	C48	10.185	10%
2	C33	8.656	12%
2	C33	8.624	12%
2	C78	7.778	13%
2	C78	7.520	13%
2	B22	5.755	17%
2	B12	5.719	17%
2	B100	5.418	18%
1	B100	5.333	19%
1	B32	5.232	19%
2	B118	5.165	19%
2	B128	5.132	19%
2	B40	5.049	20%
2	B127	4.978	20%
2	B7	4.946	20%
2	B119	4.920	20%
2	B27	4.911	20%
2	B126	4.906	20%
2	B17	4.900	20%
1	C1	4.858	21%
2	B123	4.811	21%
2	B21	4.770	21%
2	B121	4.766	21%
2	B125	4.761	21%
2	B11	4.756	21%
2	B120	4.743	21%
2	B101	4.634	22%
2	B32	4.553	22%
2	B36	4.545	22%
2	B122	4.543	22%
1	B12	4.542	22%
2	B124	4.538	22%
2	B31	4.527	22%

Tabla 34. Secuencia de falla parte2

Piso	Elemento	ISE	I.V
2	C5	2.523	40%
1	C5	2.521	40%
2	C9	2.516	40%
2	B88	2.513	40%
1	B56	2.479	40%
2	B107	2.455	41%
1	C9	2.447	41%
1	C2	2.429	41%
2	C63	2.401	42%
2	B56	2.385	42%
1	B160	2.371	42%
2	B172	2.370	42%
2	C70	2.367	42%
1	C25	2.363	42%
1	C4	2.342	43%
1	C22	2.341	43%
2	B159	2.341	43%
1	B132	2.332	43%
1	C3	2.328	43%
2	B57	2.320	43%
1	C24	2.313	43%
1	C23	2.289	44%
2	B133	2.254	44%
1	C13	2.252	44%
2	B129	2.248	44%
2	B113	2.242	45%
2	B111	2.232	45%
2	B62	2.199	45%
1	B104	2.195	46%
1	C1	2.185	46%
1	B156	2.171	46%
1	B154	2.166	46%
1	B147	2.163	46%
1	B88	2.154	46%
2	C52	2.135	47%
1	B115	2.130	47%
2	B66	2.117	47%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

1	B22	4.526	22%
2	B143	4.502	22%
2	B75	4.415	23%
1	C33	4.405	23%
1	B36	4.396	23%
1	C48	4.392	23%
2	B144	4.386	23%
2	B117	4.367	23%
2	B112	4.358	23%
2	B33	4.346	23%
2	B95	4.335	23%
2	B29	4.330	23%
2	B99	4.311	23%
2	B138	4.265	23%
2	B142	4.215	24%
2	B171	4.213	24%
1	B118	4.185	24%
2	B146	4.146	24%
2	B96	4.145	24%
2	B73	4.130	24%
2	B85	4.122	24%
2	B114	4.094	24%
2	B6	4.076	25%
1	B27	4.069	25%
2	B8	4.069	25%
2	B16	4.064	25%
2	B35	4.055	25%
2	B18	4.045	25%
1	B40	4.034	25%
2	B26	4.028	25%
2	B141	4.024	25%
2	B161	4.022	25%
2	B83	4.021	25%
2	B139	4.020	25%
2	B28	4.009	25%
2	B37	4.003	25%
2	B77	4.000	25%
2	B157	3.991	25%
2	B169	3.974	25%
2	B69	3.964	25%

2	B150	2.113	47%
2	B137	2.108	47%
1	B152	2.102	48%
2	C73	2.096	48%
2	C13	2.085	48%
2	C74	2.078	48%
2	B102	2.076	48%
2	C75	2.063	48%
2	C76	2.047	49%
1	C20	2.024	49%
2	C70	2.021	49%
1	B129	2.016	50%
2	C77	2.010	50%
2	C68	2.001	50%
1	C77	1.986	50%
2	C52	1.982	50%
1	C70	1.980	51%
2	C66	1.973	51%
1	B73	1.973	51%
2	C72	1.968	51%
1	C37	1.968	51%
1	C76	1.961	51%
2	B145	1.950	51%
1	B89	1.949	51%
1	B107	1.942	51%
1	B74	1.941	52%
2	B61	1.933	52%
1	B131	1.931	52%
1	C75	1.924	52%
1	C31	1.916	52%
2	C68	1.913	52%
2	B131	1.913	52%
2	C67	1.907	52%
1	B159	1.903	53%
2	B64	1.898	53%
1	C74	1.889	53%
1	C2	1.887	53%
1	C30	1.887	53%
2	B92	1.883	53%
2	C65	1.872	53%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
 ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
 CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

2	B170	3.962	25%
2	B110	3.961	25%
2	B23	3.948	25%
1	B119	3.945	25%
2	B98	3.941	25%
2	B109	3.941	25%
1	B127	3.940	25%
2	B140	3.940	25%
2	C16	3.937	25%
2	B34	3.931	25%
1	B17	3.919	26%
1	B37	3.912	26%
2	B163	3.903	26%
1	C8	3.902	26%
2	B97	3.885	26%
1	B117	3.881	26%
2	B103	3.866	26%
2	B166	3.861	26%
2	B81	3.860	26%
2	C12	3.857	26%
1	B128	3.855	26%
2	B71	3.854	26%
2	B164	3.852	26%
2	B165	3.851	26%
1	B123	3.846	26%
2	B167	3.844	26%
1	B125	3.842	26%
2	B168	3.832	26%
2	B79	3.832	26%
2	B67	3.821	26%
2	B19	3.820	26%
2	B15	3.818	26%
2	B25	3.813	26%
2	B162	3.812	26%
2	B90	3.790	26%
1	B121	3.781	26%
2	B105	3.766	27%
1	B120	3.764	27%
2	B116	3.749	27%
2	C16	3.746	27%

1	C28	1.856	54%
1	C73	1.853	54%
1	C29	1.849	54%
2	C77	1.847	54%
1	C72	1.837	54%
2	C76	1.835	54%
2	C75	1.826	55%
1	B137	1.823	55%
2	C73	1.822	55%
1	B69	1.820	55%
2	C74	1.818	55%
1	C9	1.817	55%
2	C67	1.816	55%
1	C5	1.816	55%
1	C22	1.809	55%
1	C3	1.805	55%
1	B62	1.796	56%
2	C65	1.795	56%
1	B67	1.794	56%
1	B111	1.788	56%
2	B93	1.785	56%
1	B134	1.782	56%
1	C23	1.778	56%
1	B90	1.774	56%
2	C66	1.769	57%
1	B61	1.768	57%
1	B113	1.761	57%
1	B133	1.756	57%
1	B71	1.751	57%
1	C24	1.749	57%
2	B136	1.747	57%
1	C68	1.728	58%
1	C52	1.726	58%
2	B87	1.723	58%
2	C72	1.721	58%
1	C67	1.703	59%
1	C65	1.702	59%
1	C64	1.695	59%
1	C25	1.691	59%
1	C66	1.689	59%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
 ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
 CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

2	B148	3.743	27%
2	C12	3.722	27%
1	B122	3.686	27%
1	B124	3.685	27%
1	B116	3.678	27%
1	B101	3.676	27%
1	B95	3.656	27%
1	B7	3.632	28%
2	B84	3.622	28%
1	B8	3.616	28%
1	B126	3.606	28%
1	B6	3.598	28%
1	B28	3.570	28%
1	B75	3.570	28%
2	B134	3.564	28%
1	B138	3.559	28%
2	B106	3.550	28%
1	B35	3.549	28%
2	B5	3.549	28%
2	B149	3.518	28%
1	B26	3.503	29%
1	B33	3.495	29%
1	C33	3.447	29%
1	B85	3.440	29%
2	B76	3.437	29%
1	B16	3.420	29%
2	B80	3.407	29%
1	B18	3.407	29%
1	B171	3.399	29%
2	B78	3.388	30%
1	B112	3.387	30%
1	B142	3.362	30%
1	B98	3.361	30%
1	B141	3.349	30%
1	B29	3.345	30%
1	B140	3.343	30%
2	B82	3.337	30%
1	B110	3.324	30%
1	B23	3.322	30%
1	B97	3.322	30%

2	B135	1.687	59%
1	B87	1.686	59%
2	B91	1.666	60%
1	B136	1.665	60%
2	B153	1.651	61%
2	B155	1.651	61%
2	B58	1.650	61%
1	B150	1.626	61%
1	B109	1.612	62%
1	B102	1.610	62%
2	C18	1.604	62%
2	C2	1.587	63%
2	B70	1.575	63%
2	B72	1.555	64%
2	C30	1.551	64%
2	B68	1.545	65%
1	B145	1.542	65%
2	B59	1.538	65%
2	C29	1.537	65%
1	C26	1.524	66%
2	C2	1.523	66%
2	C3	1.517	66%
1	B64	1.507	66%
1	B135	1.489	67%
1	B93	1.486	67%
1	B57	1.485	67%
2	C31	1.479	68%
1	C8	1.466	68%
1	B172	1.461	68%
1	B91	1.460	68%
2	B55	1.460	68%
2	C3	1.451	69%
1	C13	1.449	69%
2	C18	1.438	70%
2	C42	1.433	70%
1	C78	1.431	70%
2	C42	1.428	70%
1	B58	1.408	71%
1	C21	1.395	72%
1	B92	1.385	72%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
CONJUNTO CERRADO QUINTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

1	B139	3.322	30%
1	B31	3.298	30%
1	B96	3.293	30%
1	B161	3.274	31%
2	B13	3.254	31%
1	B143	3.253	31%
1	B114	3.210	31%
1	B77	3.202	31%
1	B169	3.200	31%
2	B160	3.199	31%
1	C78	3.196	31%
1	B103	3.171	32%
1	B170	3.168	32%
1	B144	3.165	32%
1	B81	3.146	32%
1	B11	3.144	32%
2	C25	3.140	32%
1	B79	3.139	32%
1	B99	3.133	32%
1	B163	3.129	32%
1	B165	3.128	32%
1	B167	3.120	32%
1	B5	3.108	32%
1	B21	3.108	32%
1	B83	3.107	32%
1	B15	3.095	32%
2	C24	3.090	32%
1	B76	3.090	32%
1	B25	3.085	32%
2	C5	3.080	32%
1	B19	3.079	32%
1	B168	3.077	33%
2	C37	3.075	33%
2	C9	3.066	33%
2	C23	3.053	33%
1	B166	3.048	33%
1	B146	3.047	33%
1	C21	3.047	33%
2	C37	3.024	33%
1	B105	3.019	33%

2	C69	1.377	73%
2	C57	1.366	73%
2	C69	1.356	74%
1	B155	1.350	74%
1	C69	1.344	74%
2	C57	1.343	74%
2	C28	1.324	76%
1	B153	1.319	76%
2	C17	1.307	77%
1	B158	1.292	77%
2	B86	1.286	78%
1	C12	1.282	78%
1	C52	1.279	78%
1	B59	1.269	79%
1	B86	1.265	79%
1	C16	1.259	79%
1	B66	1.255	80%
1	C62	1.252	80%
1	B68	1.252	80%
1	B72	1.242	80%
2	C30	1.241	81%
1	C66	1.239	81%
1	C63	1.238	81%
1	B70	1.234	81%
1	C47	1.222	82%
2	C29	1.217	82%
1	C15	1.214	82%
1	C72	1.206	83%
2	C31	1.205	83%
1	C11	1.201	83%
1	C61	1.190	84%
1	C7	1.181	85%
1	C65	1.176	85%
2	B186	1.172	85%
1	C73	1.164	86%
1	C60	1.162	86%
2	C32	1.153	87%
1	C4	1.148	87%
1	C15	1.148	87%
1	C74	1.134	88%

PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERIA CIVIL
 ESTUDIO DE PATOLOGIA Y VULNERABILIDAD SISMICA EN EL PARQUEADERO SUBTERRANEO DEL
 CONJUNTO CERRADO QUIUNTAS DE MORELIA III EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO - META

2	C22	3.014	33%
1	B164	3.004	33%
1	B34	3.001	33%
1	B162	2.999	33%
1	B82	2.990	33%
1	B84	2.968	34%
1	B148	2.958	34%
2	B132	2.952	34%
2	C63	2.952	34%
1	B80	2.947	34%
2	B154	2.917	34%
1	B13	2.910	34%
1	B78	2.898	35%
1	B106	2.895	35%
1	C48	2.884	35%
2	C22	2.882	35%
2	B156	2.832	35%
1	B149	2.819	35%
1	B42	2.804	36%
2	C23	2.791	36%
1	B9	2.788	36%
1	C37	2.788	36%
1	C12	2.776	36%
1	B157	2.772	36%
2	C13	2.762	36%
2	C24	2.753	36%
2	B158	2.746	36%
1	C16	2.730	37%
2	B147	2.711	37%
2	B104	2.707	37%
2	B152	2.701	37%
2	B74	2.667	38%
2	B115	2.643	38%
2	B42	2.633	38%
2	C25	2.617	38%
2	B89	2.571	39%

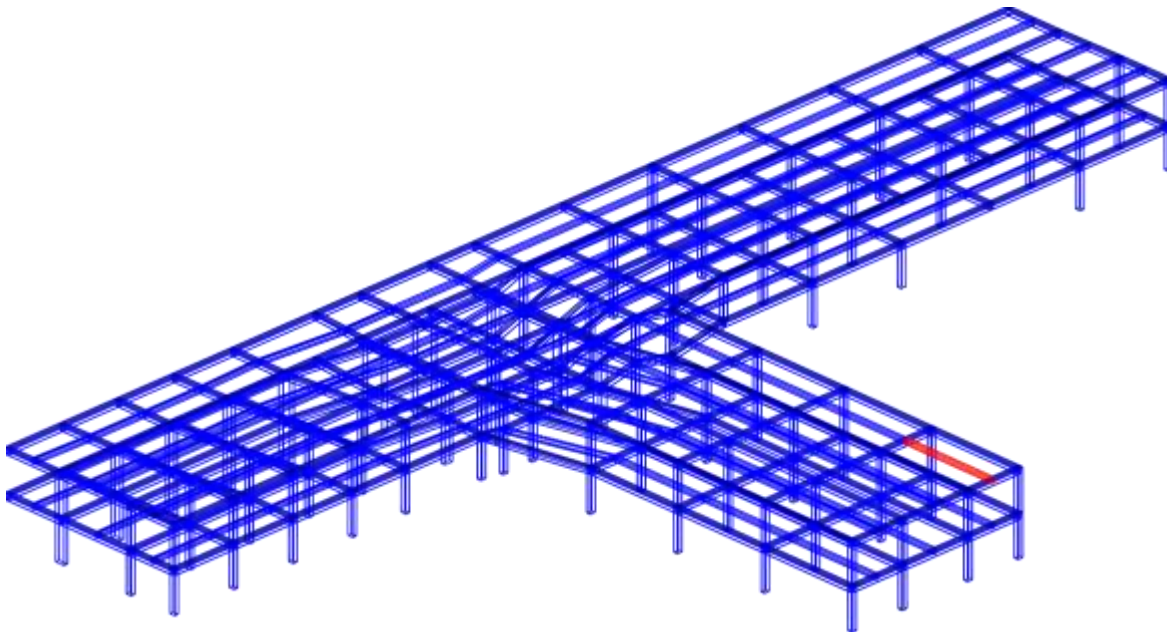
1	C68	1.133	88%
1	C67	1.128	89%
1	C59	1.125	89%
1	C58	1.124	89%
2	B60	1.115	90%
1	C71	1.113	90%
1	C11	1.108	90%
2	C28	1.105	90%
2	B41	1.104	91%
2	C32	1.102	91%
1	C75	1.099	91%
2	C41	1.096	91%
1	C63	1.079	93%
1	C46	1.077	93%
1	C62	1.076	93%
1	C6	1.066	94%
1	C76	1.057	95%
1	B41	1.054	95%
1	C45	1.053	95%
1	C7	1.051	95%
2	C71	1.049	95%
1	B43	1.043	96%
1	C10	1.038	96%
1	C43	1.032	97%
1	C61	1.030	97%
1	C70	1.030	97%
1	C44	1.019	98%
1	C60	1.019	98%
1	C14	1.017	98%
1	C58	1.016	98%
1	C47	1.015	99%
2	C17	1.014	99%
1	C77	1.005	100%
1	C59	1.000	100%

Fuente: Autores.

Para presentar la secuencia de falla se dividió el esquema de la estructura en dos partes, con el fin de facilitar su representación y obtener un mejor análisis. Lo anterior debido a la gran cantidad de elementos estructurales.

Principalmente, el índice de mayor sobreesfuerzo se encuentra en la viga B9 a la altura de 2,9 metros de altura de la estructura, lo cual significa que este elemento estructural será el primero en presentar una falla, por lo que a partir de allí empezara su línea de secuencia de dicha falla. El trayecto de índice de falla continuara por los elementos que presenten un índice mayor por cada uno de los pisos

Figura 59. Inicio de secuencia de falla viga B9.



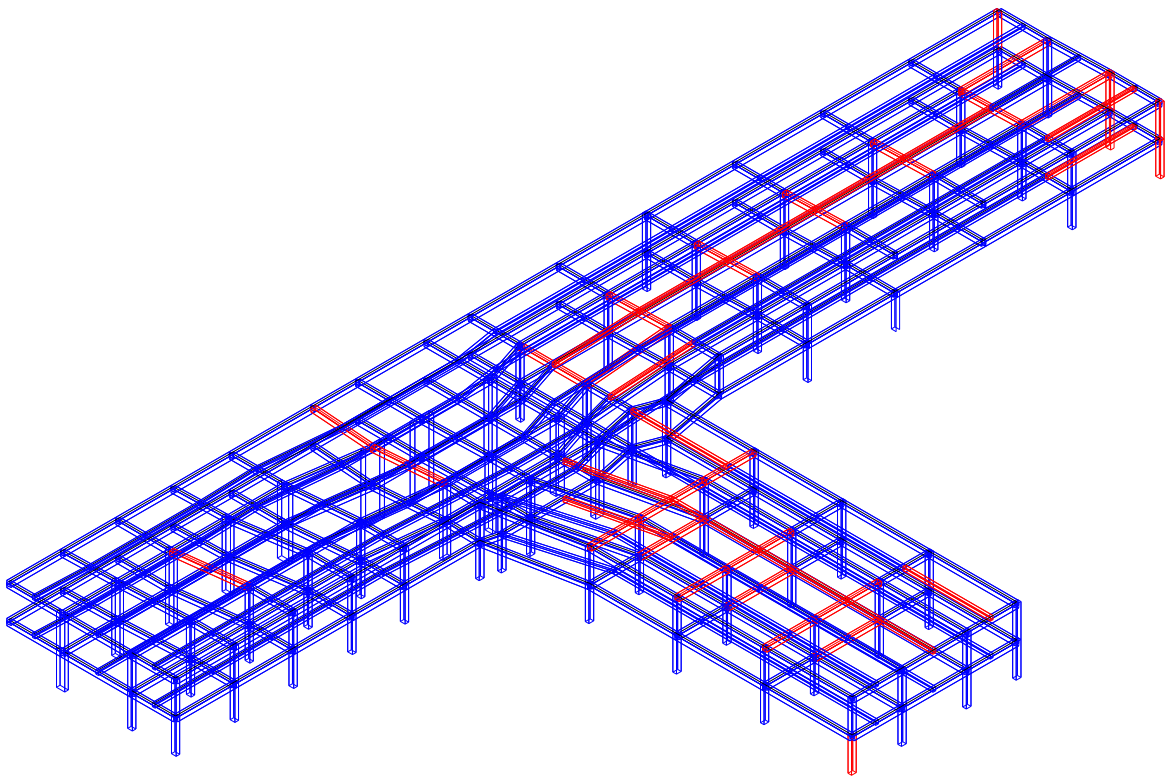
Fuente: Propia

En el siguiente esquema se presenta los elementos más críticos en su estado actual, se puede apreciar que la secuencia de falla, sigue su trayecto por muchas de las vigas del nivel a -2.9m, que esta secuencia de falla tenga su trayecto por algunas vigas principales de la estructura quiere decir que el servicio del elemento frente a las solicitaciones de la estructura es insuficiente, principalmente las vigas y viguetas longitudinales, además es posible que su deterioro mayormente es por la baja resistencia de los materiales, y por las patologías estructurales existentes, ya que a simple inspección visual se verifico que el sistema constructivo de la estructura presenta fallas en la obra de mano y en el curado del concreto. Una vez la secuencia de falla inicia por la viga B9, del nivel a -2.9m, esta continua por la columna C48 del mismo nivel y así por los siguientes elementos presentes todos en el mismo nivel C33, C78, C22, C12, en embargo cuando la falla llega a la viga B100 del nivel a -

2.9, podemos notar que es uno de los elementos más afectados, puesto que se ve comprometido en ambos niveles de la estructura. También es posible analizar, como la secuencia de falla continua hacia algunas de las columnas del nivel a -2.9m. la secuencia de falla prosigue por algunos de los elementos del nivel a -5.8m, afectando algunas de las vigas tales como la B100 y B32, así como columnas de la estructura como por ejemplo la C1.

Concluyendo se puede afirmar que los elementos más vulnerables de la estructura se encuentran en el nivel a -2.9m, puesto que es donde más patologías y errores constructivos se encuentran.

Figura 60. Progresión de la secuencia de falla



Fuente: Propia

10. INFORME DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

10.1. RECOMENDACIONES GENERALES

Una vez realizado el análisis a los resultados y teniendo en cuenta que la norma colombiana sismo resistente (NSR-10), tiene como fin, velar porque las estructuras construidas en Colombia, resistan las fuerzas impuestas de acuerdo a su uso, además de soportar las sollicitaciones al momento de un evento sísmico, sin sufrir colapso, se pudo determinar que la estructura del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III en la ciudad de Villavicencio, para el uso actual que se le da, presenta una serie de sobre esfuerzos, ya que los materiales que componen algunos elementos estructurales del parqueadero, no cumplen con las especificaciones mínimas requeridas para resistencia, muestra de esto, la resistencia del concreto arrojada con el ensayo de compresión a cilindros extraídos de concreto, donde la resistencia obtenida fue de valores extremadamente críticos, muy inferiores, al mínimo permitido que es de 21MPa, así mismo, muchos de sus elementos (columnas), no cumplen con el área mínima de acero exigida por la NSR-10, las columnas que en cuanto a acero de refuerzo longitudinal, no cumplen, son las de dimensiones “0.30x0.40m”, “0,35mx0,95m”, “1.6mx0.40m”, “0,40mX0,70m”, “0,50mX0,70m”, guiándose del ítem C.21.6.4.3 de la NSR-10 se identificó que el espaciamiento que hay entre los estribos de las columnas excede el mínimo requerido que en este caso es de seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal, lo que significa que el espaciamiento máximo permitido es de ocho centímetros (8cm), la separación que existe entre los estribos de las vigas, excede el mínimo permitido por la norma, que se encuentra en índice C.21.5.3.2 del título C de la NSR-10,), pero en los nodos cuando existan elementos estructurales que lleguen en los cuatro lados del nudo y el ancho de cada uno de estos elementos sea por lo menos tres cuartas partes el ancho de la columna, que en el caso de la estructura del parqueadero subterráneo, si se cumple, se permite que el espaciamiento entre los estribos se incremente a 150mm, en este mismo título, en el ítem C.21.5.1.4, se determina que el ancho del elemento sometido a flexión, no debe ser mayor al apoyo en el que se encuentra, en este caso, al ancho de la viga no debe ser mayor al ancho de la columna, lo cual no se cum[ple en esta estructura, puesto que la base de las vigas que es de 35cm, es mayor al ancho de algunas columnas, por lo cual es posible asegurar que se hace necesario que se intervenga la estructura de manera inmediata, puesto que si no se actúa ante esto, puede presentar un peligro en potencia para los usuarios del parqueadero. Recomendamos no se siga dando uso al parqueadero hasta que no se realicen las obras de mejoramiento y reforzamiento necesarias para rehabilitar la estructura.

Cuando se realizó el cálculo del índice de sobre esfuerzo y el índice de flexibilidad de la estructura, se chequeo el diseño a flexión, cortante de vigas y columnas, teniendo en cuenta todas las cargas junto con las fuerzas que se aplican al parqueadero subterráneo, dicha información se tuvo en cuenta para realizar un análisis general del parqueadero, donde se evidencio cual es la secuencia de falla de los elementos que componen la estructura.

Para realizar la modelación de la estructura en el software ETABS, se emplearon los datos arrojados de los ensayos de laboratorio y los datos obtenidos en campo, tales como las dimensiones de los elementos y el refuerzo con el que estos cuentan, esto debido a que no se pudo contar con ningún tipo de plano estructural ni memoria de cálculo, ya que esto fue solicitado por parte de la administradora del conjunto residencial Quintas de Morelia III a la constructora que realizó el diseño y construcción de la estructura, pero estos se negaron a dar dicha información ya que manifestaron que no estaban de acuerdo con la realización de este estudio de patología y vulnerabilidad sísmica.

En el parqueadero subterráneo, se evidencian demasiados errores constructivos, ejemplo de ello es la falta de recubrimiento en algunas de las vigas de la estructura, esto a su vez ha generado una afectación en las barras de refuerzo de estos elementos y por ende genera que el parqueadero sea muy susceptible a presentar fallas, también se demuestran los errores que se presentaron al momento del vaciado del concreto de las vigas y columnas, ya que es evidente el mal uso del vibro y la mala práctica que hubo al momento de retirar la formaleta de los elementos.

Todos estos factores sumados, hacen que la estructura, sea demasiado vulnerable ante las sollicitaciones impuestas en un futuro evento sísmico, por ello, se recalca que es indispensable que la estructura sea intervenida en el menor tiempo posible.

10.2. RECOMENDACIONES PARA LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA

Procurando mantener la integridad de la estructura, se debe realizar una intervención en el menor lapso de tiempo, es necesario intervenir las fuentes que generan daño en la estructura, una de estas y la más importante, es la humedad generada por el estancamiento de las aguas lluvias en la parte superior de la placa del parqueadero, seguido esto, es necesario que la administración del conjunto, tome la decisión de realizar los respectivos reforzamientos a la estructura, para ello es necesario primero contar con los planos estructurales, puesto que los planos arquitectónicos con los que cuentan, no dan mucha información acerca de los detalles de la estructura.

Es importante realizar un plano donde se identifiquen cuáles y donde se realizarán las intervenciones que necesita la estructura, una vez se cuente con dicho diseño, se deben realizar nuevamente los cálculos de los índices de sobreesfuerzo e índice de flexibilidad y estos deben arrojar un valor menor a uno, lo cual quiere decir que los refuerzos que se desean realizar, si cumplen con el objetivo. Para ellos es necesario que se acuda a un ingeniero estructural.

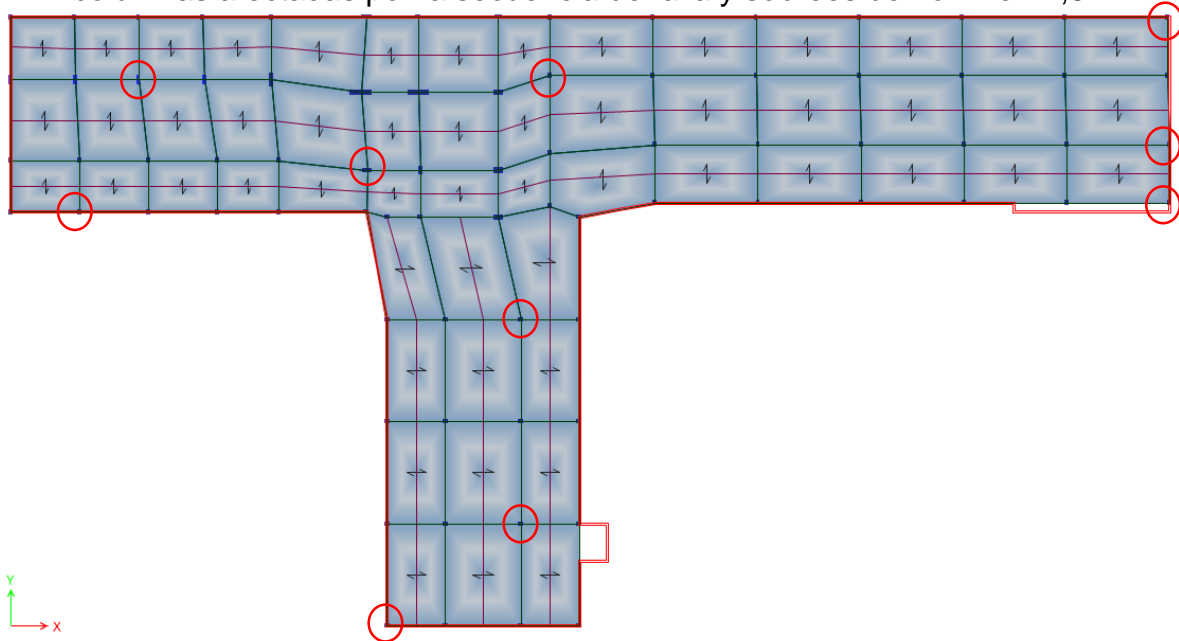
10.2.1 Solución de la problemática de las columnas ante cargas verticales.

Se deben realizar todos los cálculos necesarios, para determinar cuál será la sección y el refuerzo, que cumpla con la función de reforzar el elemento ante las fuerzas impuestas por cargas verticales.

10.2.2 Acción del sismo

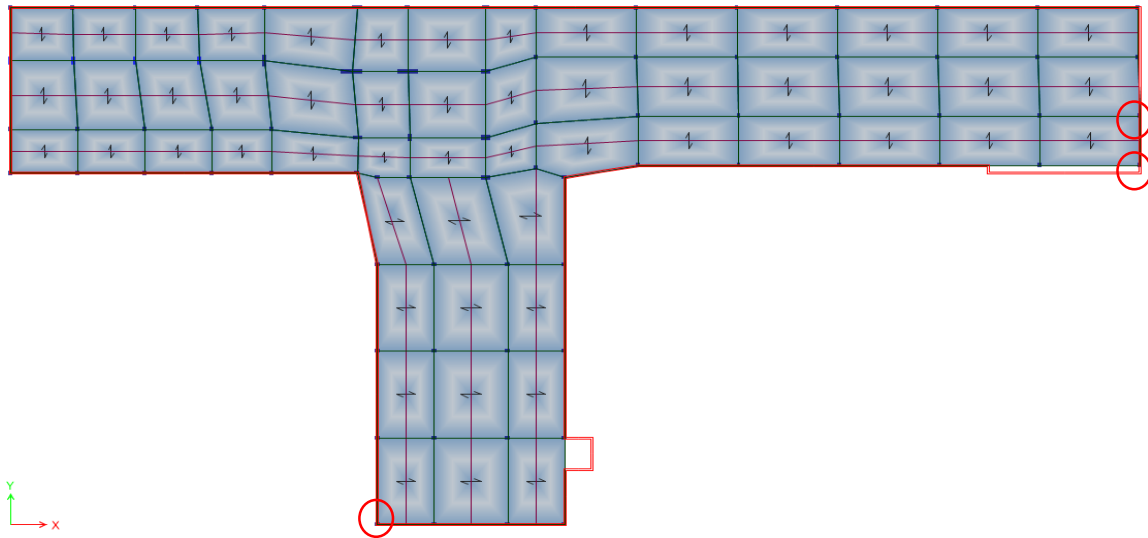
Realizando el análisis de la estructura y entendiendo los resultados obtenidos, se propone que lo más importante, es tomar acciones, que permita hacer frente ante un eventual sismo. Entre dichas acciones se debe contemplar, reforzar la estructura, dicho refuerzo se debe realizar sobre los elementos que se encuentran sobre esforzados. Se propone realizar un encamisado a las columnas que se ven afectadas en el esquema de secuencia de falla, puesto que son unos de los elementos más vulnerables, esto permite aumentar la sección del elemento por ello también se deben ser reforzadas las columnas que presentan sobreesfuerzo.

Figura 61. Progresión de la secuencia de falla
columnas afectadas por la secuencia de falla y sobreesfuerzo nivel -2,9m



Fuente: autores

Figura 62. Columnas afectadas por la secuencia de falla y sobreesfuerzo nivel - 5,8m

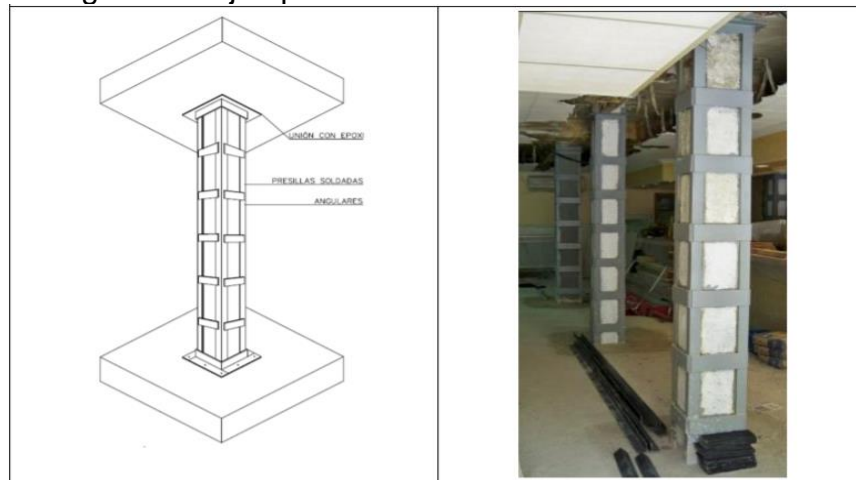


Fuente: autores

10.2.3 Encamisado metálico de columna

Este proceso se realiza con el fin de aumentar la rigidez y capacidad portante a la columna, para devolverle su funcionalidad. Este tipo de refuerzo, se ejecuta empleando perfiles metálicos de sección estándar. Estos perfiles se adhieren al concreto, empleando un mortero epoxídico, así mismo en la parte superior e inferior, se colocan placas para asegurar los perfiles metálicos y garantizar la transmisión de carga.

Figura 63. Ejemplo encamisado metálico en columnas



Fuente: <https://upcommons.upc.edu>

10.2.4 Refuerzo vigas:

Como opción, debajo de las vigas ya existentes, que presentes sobreesfuerzo y se vean afectadas por la secuencia de falla, se podrán implementar vigas metálicas, las cuales permitan disminuir el esfuerzo ejercido sobre los

elementos (vigas), ya presentes en la estructura, tal como se muestra en la siguiente figura de ejemplo:

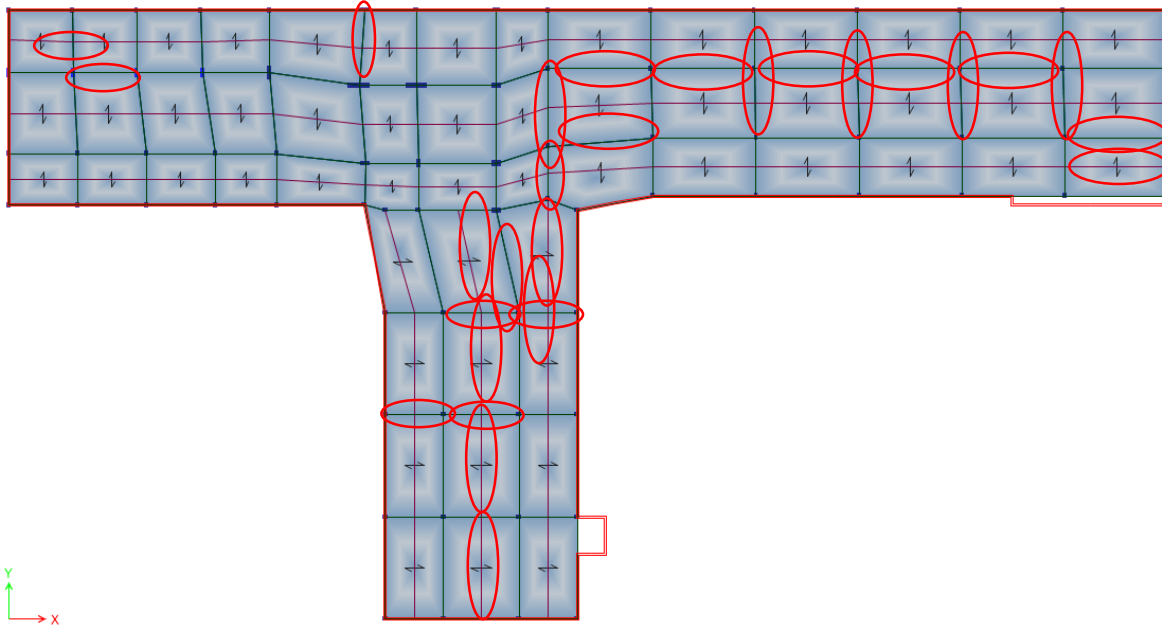
Figura 64. Ejemplo de refuerzo con vigas metálicas



Fuentes: Rehabilitación de edificio de garaje robotizado en estructura
<https://epachon.wordpress.com/2013/12/19/e-3>

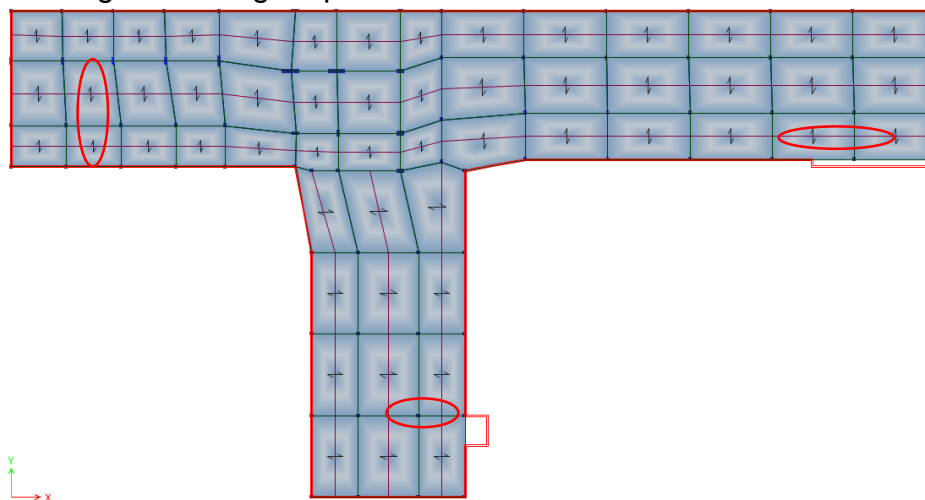
Así mismo se propone realizar refuerzo con encamisado a las vigas afectadas por el sobreesfuerzo y que se verán perjudicadas con la secuencia de falla. Se debe tratar de aumentar la sección de la viga en lo menor posible, siempre y cuando el refuerzo logre aliviar en algo el esfuerzo que se genera en las vigas existentes. Es importante que, para realizar el diseño de la nueva viga, se sigan los lineamientos que se encuentran en la NSR-10, la cuantía de acero de refuerzo con el que contarán las vigas, se debe determinar de acuerdo a la cuantía mínima exigida en la NSR-10, para la distribución de los estribos a lo largo de la viga, se deben tener en cuenta las recomendaciones para zonas DES.

Figura 65. Vigas que necesitan reforzamiento nivel -2.9m



Fuente: autores

Figura 66. Vigas que necesitan reforzamiento nivel -5.8m



Fuente: autores

10.3. MEDIDAS INMEDIATAS PARA LAS PATOLOGIAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA

Las siguientes, son las recomendaciones propuestas, para mejorar la estructura, en cuanto a patología se refiere:

1. Acondicionar con perfiles metálicos, la placa superior del nivel a -2.9m, lo cual impida que la placa se siga deformando y cediendo por la filtración de agua, como actualmente está sucediendo.

2. Realizar la impermeabilización de la placa superior de la estructura, para así detener la filtración de agua lluvia a través de la misma, puesto que esto es lo que más daño está generando en los elementos estructurales.
3. Recubrir las vigas que tienen los aceros de refuerzo expuesto, puesto que, al estar expuestos, son víctima de ataques químicos que generan un deterioro y por siguiente una disminución en su resistencia.
4. Mejorar el sistema de drenaje y desagüe ya existente, para evitar que el agua producto de la lluvia, se estanque en la parte superior de la placa.
5. Realizar una reparación a las barras de refuerzo afectadas por la oxidación, ya que el óxido, una vez afecta en elemento metálico, seguirá su camino hasta afectar los demás elementos metálicos a los que está conectado. Para ello se recomienda la limpieza del acero de refuerzo ya afectados, a través de medios mecánicos o manuales, se recomienda emplear gratas mecánicas, instaladas en pulidoras o máquinas similares.
6. En los aceros de refuerzo que se encuentran expuestos y antes de realizarles el respectivo recubrimiento, se recomienda aplicarles un inhibidor de corrosión.
7. En los elementos como vigas, columnas y placa, que ya están presentando grietas, fisuras y descascaramiento, se recomienda reparar con un mortero estructural, puesto que la no reparación de estas lesiones, puede generar que empeoren.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La importancia de haber realizado la inspección visual y el registro fotográfico, radica en que realizando esto se pudo evidenciar que la estructura esta principalmente afectada por la humedad, muchos de los elementos de la estructura presentan escurrimiento de agua producto de la lluvia, filtración de agua estancada producto de la lluvia y humedad producto de dicha filtración. Este estancamiento de agua lluvia, se debe a que la estructura no cuenta con un buen sistema de evacuación de las aguas. A causa de la humedad que afecta los elementos, estos han perdido parte del concreto que los compone, así mismo se ha visto el acero de refuerzo de los elementos, ya que este al contacto con el agua ha empezado a presentar oxidación.

Una de las anomalías más importantes que presenta la estructura, es la deformación de la placa superior, esta ha perdido su forma recta original y presenta ondulaciones, lo cual permite analizar como la filtración del agua a afectado el elemento, así mismo las fisuras que presenta la placa, se pueden observar a simple vista, por dichas fisuras se nota el paso del agua estancada en la parte superior de la placa. Por ello se recomienda emplear perfiles metálicos, anclados con pernos, a las vigas, los cuales ayuden a soportar la placa y que esta no se siga deformando. También es importante reparar las fisuras ya presentes en la placa, para que no sigan aumentando su tamaño.

Para determinar la calidad y propiedades mecánicas del concreto que compone los materiales de la estructura, se realizaron ensayos, tales como la extracción de núcleos de concreto, los cuales son sometidos a compresión, para poder determinar su resistencia y dureza, también se realizó el ensayo con esclerómetro, el cual permite tomar varias medidas de la resistencia del concreto, sin afectar al elemento. Gracias a la inspección visual, se pudo apreciar que el concreto que compone los elementos, se ha visto muy afectado por la humedad allí presente, lo cual infiere en la resistencia del concreto, es esta una de las razones por la cual se encontró la estructura vulnerable.

Teniendo en cuenta que la estructura, no es antigua, se puede determinar que las patologías allí presentes, han afectado de gran manera a los elementos que componen la estructura, puesto que la resistencia que se obtuvo al realizar el ensayo de compresión de cilindros extraídos, fue pobre y arrojó un valor muy bajo, por ello es importante iniciar trabajos de mitigación de las fuentes que generan las patologías y así mismo es necesario tomar medidas que permitan reforzar y rehabilitar los elementos vulnerables, puesto que al momento de un sismo de gran magnitud, estos pueden presentar una falla estructural.

Como conclusión, se resalta que la estructura es vulnerable ante un evento sísmico, lo cual esto puede dar como resultado daños en materiales estructurales, elementos no estructurales, y en el peor de los casos puede afectar gravemente la integridad de los residentes del lugar o sus alrededores.

12.RESULTADOS E IMPACTOS

8.1 RESULTADOS ESPERADOS

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Plano estructural de la edificación	Modelación en AutoCAD	Objetivo específico numero 1
Recomendaciones que permitan mejorar la estructura y sus elementos afectados	Modelación en ETABS	Objetivo específico numero 5
Identificación de lesiones y daños en cada uno de los elementos	Modelación en AutoCAD, registro fotográfico y listado con la descripción de cada lesión.	Objetivo específico numero 2
Diagnóstico de la estructura	Antecedentes e historial de la estructura	Objetivo específico numero 1
Propuesta de rehabilitación	Medidas y alternativas que permitan la rehabilitación de la estructura	Objetivo específico numero 6
Determinar los desplazamientos de la edificación	Modelación en ETABS y cálculo de las derivas	Objetivo específico numero 4
Propiedades de los elementos estructurales	Resistencia con la que cuentan los elementos estructurales a los que se les practicaron los ensayos	Objetivo específico numero 3

Fuentes: autores

12.1. IMPACTOS

Impacto social: Los residentes del conjunto Quintas de Morelia III estas llenos de gran incertidumbre por lo que podría pasar en la estructura del parqueadero subterráneo ante un eventual sismo, o si el agua lluvia se sigue filtrando por la placa, por ellos, los residentes están a la expectativa de que acciones tomara la administración del conjunto para poder mejorar los daños a la estructura, por lo que con el diagnóstico adecuado se podrá evitar dichos inconvenientes y la vida de dicha estructura se prolongara por mucho más tiempo, además significa un alivio para los habitantes del conjunto quienes no verán en riesgo su inversión y sus bienes.

Impacto Ambiental: No se genera ningún impacto ambiental.

Impacto Económico: Se encuentra un impacto económico a largo plazo debido a que con la ayuda del diagnóstico se pueden realizar trabajos de mejora y rehabilitación a la estructura, lo cual se traduce en que la estructura no se seguirá deteriorando y por ende en un futuro no será necesario tomar acciones más costosas para la administración del conjunto residencial.

13. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

13.1. CONCLUSIONES

El parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III, es una estructura que presento demasiados errores constructivos, entre los que se encuentran: falta de recubrimiento en algunas de sus vigas, discontinuidad en los elementos, porosidad y hormiguelo en el concreto de las vigas y columnas, todos estos errores sumados a la falta de mantenimiento, han derivado en que la estructura haya desarrollado patologías que han afectado la calidad de los materiales que la componen.

Entre estas patologías se encuentra, oxidación en el refuerzo de los elementos estructurales, exudación, eflorescencia, perdida de material (concreto), humedad.

Una vez realizado el estudio en la estructura del parqueadero subterráneo del conjunto Quintas de Morelia III, rigiéndose bajo los requisitos exigidos en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, para poder determinar las propiedades de los materiales que componen los elementos estructurales, se pudo concluir que:

Realizados los ensayos a los elementos estructurales, para determinar las propiedades del concreto, se pudo determinar que en un promedio general, la resistencia del concreto de los elementos, cumple con el requisito de la resistencia mínima exigido por la NSR-10, puesto que la resistencia mínima, debe ser un valor de 21MPa, sin embargo, algunos de los elementos de la estructura, presentan un deterioro, lo cual ha generado que dicha resistencia ser muy baja, en este caso menor a la exigida en la norma colombiana, tal como se evidencia en el ensayo de compresión a núcleos extraídos de concreto, donde el promedio de la resistencia para las columnas analizadas fue 15.46MPa y para las vigas fue de 14.77MPa .

La mayor parte de las vigas y algunas columnas pertenecientes a la estructura, se encuentran sobre esforzadas, ya que estas tienen valores muy altos para el ISE, lo que quiere decir que sus probabilidades de sufrir una falla son altísimas y esto representa un riesgo para la estructura y su integridad. Por ello se puede afirmar que el parqueadero es una estructura vulnerable ante un posible evento sísmico.

En cuanto al análisis de las columnas, también se puede entender que la NSR-10 establece un mínimo de área de acero de refuerzo requerido para columnas, entendiéndolo esto, se puede apreciar que las columnas que presentan sección de "0.30x0.40m", "0,35mx0,95m", "1.6mx0.40m", "0,40mX0,70m", "0,50mX0,70m", no cumplen con el refuerzo mínimo requerido.

Cabe resaltar que la estructura en parte aún se encuentra en buen estado y no presenta colapso, sin embargo, realizando los análisis se evidencia que los ISE (índice de sobre esfuerzo) son muy elevados, lo cual genera la hipótesis ante un eventual sismo de gran magnitud, la estructura no soporte las fuerzas impuestas por el mismo. Es importante recordar que las estructuras en Colombia deben ser diseñadas y construidas para poder soportar un sismo sin que esta sufra colapso o daños graves.

13.2. TRABAJOS FUTUROS

Llevar a cabo este estudio, permitió demostrar que, en la actualidad, aunque exista la NSR-10 y que todas las estructuras, deben diseñarse y construirse bajo esta norma, hay excepciones, como lo es el caso de la estructura objeto de estudio de este trabajo. Que una estructura no sea construida siguiendo los lineamientos de la NSR-10, representa un peligro potencial para quienes las usan.

Es esencial, que la curaduría, realice una vigilancia constante sobre las estructuras que se construyen en Villavicencio. Esto con el fin de garantizar que dichas construcciones cuenten con todos los requisitos y cumplan a cabalidad todos los lineamientos impuestos por la NSR-10, para avalar que las estructuras no representen un potencial riesgo para quienes harán uso de ellas.

Así mismo es importante que a las estructuras existentes en el territorio nacional, se les realicen trabajos de mantenimiento, prevención y rehabilitación, esto con el fin de garantizar que, con el transcurso del tiempo, la estructura sigue siendo eficiente en sus funciones.

14. BIBLIOGRAFIA

- [1] Construcción, «E-struct,» E-struct, 2 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://e-struct.com/2016/11/02/estructuras-sismorresistentes-y-estructuras-antisismicas/>.
- [2] Construcción., «E-struct,» E-struct, 15 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://e-struct.com/2015/04/15/presentamos-hoy-e-struct-version-2-0/>
- [3] I. NSR-10, *Titulo A Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistentes*, Bogota, 2010. [En línea]. <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>
- [4] V. P. Parra Bayron, «Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia Bermeo Alarcon.,» Cuenca, 2014. [En línea]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5528?locale=es>
- [5] G. E. V. M. Morales Londoño, «Patología en la construcción.,» *Ingenierías Universidad de Medellín*, pp. 95-105, 2004.
- [6] J. A. Z. y. T. R. Naik., «Métodos de diseño por resistencia última para concreto reforzado aplicados en todo el mundo,» *Imcyc*, 1998. [En línea]. <http://imcyc.com/revista/1998/oct/disenho.htm>
- [7] T D. S. D. Guzman, *Durabilidad y Patología del Concreto*, Bogota: Asocreto, 2003.
- [8] M. F. Canovas, «Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado,» 1998. [En línea]. Available: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/13853/PortoQuintian_JesusManuel_PFC_2005
- [9] A. C. Sole, *Instrumentación Industrial*, Mexico: Alfaomega, 2006.
- [10] N. A. H, *Diseño de Estructuras de Concreto*, Mc Graw Hill.
- [11] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635-A646, 2005.
- [12] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» de *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA,, November 8-12.
- [13] Congreso de la República «Ley 400 de 1997», 19 Agosto 1997. [En línea]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0400_1997.pdf.
- [14] I. G. U. Javeriana, «Microzonificación sísmica preliminar de Villavicencio,» consultoría colombiana S.A, 2000.
- [15] C. Y. Bautista Giraldo, N. A. Urquiza Trujillo y J. L. Parra Ordoñez, «Estudio patológico fachada principal torre 1 edificio frontera living Apartments,» Ibagué, 2016. [En línea]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/17454>

- [16] E. Mahecha Valero y A. Niño González, «Estudio de patología estructural para una edificación de cinco pisos, generada por una explosión, con sistema estructural de muros de carga, localizado en el barrio la florida de la ciudad de Tunja - Boyacá,» Bogotá, 2019. [En línea]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/17142>
- [17] K. V. Sanchez García y S. Ospina Cardenas, «diagnóstico y evaluación de vulnerabilidad sísmica para construcción patrimonial en la Ciudad de Villavicencio caso, de estudio: edificio nacional (DIAN),» Villavicencio, 2019. [En línea]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/16705>
-