

**ESTUDIO PATOLÓGICO, VULNERABILIDAD Y DE REFORZAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DE POLICIA USAQUEN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, DC**

**ING. DANIELA MARÍA BARAJAS CASTELLANOS
ARQ. GUILLERMO ANDRES PEÑUELA RODRÍGUEZ
ING. ANDRES IVAN VASQUEZ MELO**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS ABIERTA Y A DISTANCIA (VUAD)
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTA D.C.
2020**

**ESTUDIO PATOLÓGICO, VULNERABILIDAD Y DE REFORZAMIENTO DE LA
ESTACIÓN DE POLICIA USAQUEN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, DC**

**ING. DANIELA MARÍA BARAJAS CASTELLANOS
ARQ. GUILLERMO ANDRES PEÑUELA RODRIGUEZ
ING. ANDRES IVAN VASQUEZ MELO**

**TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS ABIERTA Y A DISTANCIA (VUAD)
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ D.C.**

2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1. Marco teórico	16
4.2. Marco legal	24
4.3. Marco histórico	25
5. ALCANCES Y LIMITACIONES	27
6. METODOLOGÍA	28
6.1. Descripción de la selección del paciente	31
6.2. Preparación y planteamiento del estudio	32
6.2.1. Inspección preliminar del paciente	32
6.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio	38
6.2.3. Permisos y autorizaciones para abordar el estudio	39
6.2.4. Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración	39
6.2.5. Definición de los medios para realizar la exploración	40
6.3. Historia clínica	41
6.3.1. Responsables del estudio	41
6.3.2. Fecha de realización del estudio	41
6.3.3. Datos generales del paciente	42
<input type="checkbox"/> Uso previsto actual	44
<input type="checkbox"/> Sistema constructivo y estructural	44
<input type="checkbox"/> Normativa actual que lo rige	45
6.3.4. En la edificación y/o construcción civil	45
<input type="checkbox"/> Información existente	45
<input type="checkbox"/> Estudio de suelos Inicial	46
<input type="checkbox"/> Características de la cimentación existente	46
6.3.5. Aplicación patológica	47
6.3.6. Datos específicos de las lesiones	47

6.3.7.	Descripción de la patología más relevante en el paciente	49
6.3.8.	Clasificación y origen de las patologías	56
6.3.9.	Datos generales del entorno	57
<input type="checkbox"/>	Edificaciones y obras vecinas	59
<input type="checkbox"/>	Medio Ambiente	59
<input type="checkbox"/>	Temperatura	60
<input type="checkbox"/>	Precipitaciones	61
<input type="checkbox"/>	Nivel freático y escorrentías	62
<input type="checkbox"/>	Velocidad del viento	62
<input type="checkbox"/>	Topografía	62
6.3.10.	Arquitectura – Descripción general	63
<input type="checkbox"/>	Calificación Arquitectónica	66
<input type="checkbox"/>	Estilo Arquitectónico	67
<input type="checkbox"/>	Contexto Histórico	67
<input type="checkbox"/>	Contexto Económico	67
<input type="checkbox"/>	Contexto Social	68
<input type="checkbox"/>	Contexto Geográfico	69
<input type="checkbox"/>	Materiales de elementos no estructurales	69
6.3.11.	Estructura – Descripción general	70
6.4.	DIAGNÓSTICO	71
6.4.1	Causas de las lesiones mecánicas, físicas y químicas en la estructura	71
6.4.2	Ensayos destructivos y no destructivos	74
7.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	88
7.1.	Evaluación de cargas	90
7.2.	Modelo matemático	90
7.3.	Análisis sísmico	91
7.4.	Ajuste de cortante basal	93
7.5.	Índices de flexibilidad	94
7.6.	Índices de sobreesfuerzo	95
7.6.1	Refuerzo existente en elementos estructurales	95
7.6.2	Índice de sobreesfuerzo en muros	96
7.6.3	Índice de sobreesfuerzo en columnas	102
8.	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN	110

9. CONCLUSIONES	125
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	134

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Patología del concreto u hormigón, Fuente: propia22

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Humedad levantada en el paciente, Fuente: Propia	18
Fotografía 2. Fisura levantada en el paciente, Fuente: Propia.....	18
Fotografía 3. Desprendimiento levantado en el paciente, Fuente: Propia.....	19
Fotografía 4. Eflorescencia levantada en el paciente. Fuente: Propia	19
Fotografía 5. Corrosión levantada en el paciente. Fuente: Propia	20
Fotografía 6. Organismo levantado en el paciente, Fuente: Propia	20
Fotografía 7. Grietas en fachada 2010, Fuente: Policía Nacional de Colombia	25
Fotografía 8. Lesiones en fachadas 2010, Fuente: Policía Nacional de Colombia...25	
Fotografía 9. Humedades en cielo raso de piso 3, Fuente: Policía Nacional de Colombia.....	26
Fotografía 10. Humedades y fisuras en cielo raso de piso 3, Fuente: Policía Nacional de Colombia.....	26
Fotografía 11. Estado del paciente, Fuente: Policía Nacional de Colombia	43
Fotografía 12. Fachada 1 Fachada principal, Fuente: Policía Nacional de Colombia.....	64
Fotografía 13. Fachada 4, costado oriental, Fuente: Policía Nacional de Colombia	64
Fotografía 14. Fachada 2 Costado sur, Fuente: Policía Nacional de Colombia	65
Fotografía 15. Fachada 2 Costado sur, Fuente: Policía Nacional de Colombia	65
Fotografía 16. Edificación sin fachadas y acabados, Fuente: Policía Nacional de Colombia.....	66

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación geográfica del paciente, Fuente: Mapas Bogotá	32
Ilustración 2. Ubicación geográfica del paciente, Fuente: Mapas Bogotá	32
Ilustración 3. Geometría de la estructura, Fuente: Google maps	33
Ilustración 4. Localización de muros estructurales, Fuente: propia.....	34
Ilustración 5. Ficha de identificación de lesiones, Fuente: propia	49
Ilustración 6. Ubicación UPZ 11 San Cristóbal norte, Fuente: www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf	58
Ilustración 7. Uso predominante por Lote catastral - Dotacional, Fuente: www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf	58
Ilustración 8. Estructura ambiental y de espacio público, Fuente: www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf	60
Ilustración 9. Estación meteorológica Usaquén Santa Ana, Fuente: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATIC A+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa.....	60
Ilustración 10. Gráfica Temperatura Vs Años, Fuente: https://www.idiger.gov.co/web/guest/precipitacion-y-temperatura	61
Ilustración 11. Gráfica Precipitación Vs Año, Fuente: https://www.idiger.gov.co/web/guest/precipitacion-y-temperatura	61
Ilustración 12. Rosa de los vientos, Fuente: http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.html	62
Ilustración 13. Identificación de fachadas en la edificación, Fuente: Policía Nacional de Colombia.....	63
Ilustración 14. Estratificación Socio económica, Fuente: https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2880/6223_perfil_economi co_usaquen.pdf?sequence=1&isAllowed=y	68
Ilustración 15. Mapa de microzonificación sísmica de Bogotá DC, fuente: Propia	92
Ilustración 16. Título A.10.9.2 NSR-10	110
Ilustración 17. Fotografía de la limpieza y preparación de la superficie, Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120- 56092018000300015	116
Ilustración 18. Detalle sistema de platinas SikaCarbodur S, Fuente: Propia.....	117
Ilustración 19. Reforzamiento en columnas de concreto, Fuente: propia.....	117
Ilustración 20. Resultados reforzamiento en columnas, Fuente: Propia	118
Ilustración 21. Encamisado de columnas, Fuente: Izquierdo, 2015	119
Ilustración 22. Ensanchamientos en vigas, Fuente: Propia	120
Ilustración 23. Reforzamiento en vigas FRP a flexión, Fuente: Propia	122
Ilustración 24. Reforzamiento en vigas FRP a cortante, Fuente: Propia	123
Ilustración 25. Reforzamiento en vigas FRP a flexión, Fuente: Propia	123
Ilustración 26. Reforzamiento en vigas FRP a cortante, Fuente: Propia	124
Ilustración 27. Cronograma alternativa 1, Fuente: Propia.....	129
Ilustración 28. Cronograma alternativa 2, Fuente: Propia.....	130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología adoptada para lesiones, Fuente: Propia	28
Tabla 2. Códigos de lesiones, Fuente: Propia	29
Tabla 3. Cuadro de identificación de lesiones, Fuente: propia.....	30
Tabla 4. Códigos de lesiones existentes en la edificación, Fuente: propia	50
Tabla 5 Ensayos destructivos y no destructivos	74
Tabla 6. Ensayo a compresión en Núcleos de concreto, fuente: Propia	76
Tabla 7. Formato de levantamiento de refuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	78
Tabla 8. Formato de toma de datos - Esclerometrias, fuente: Propia	79
Tabla 9 Esclerometrias en muros, fuente: propia	80
Tabla 10 Esclerometrias en columnas, fuente: Propia.....	82
Tabla 11 Esclerometrias en vigas, fuente: Propia.....	83
Tabla 12 Resistencia a la compresión ($f'c$) de elementos estructurales, fuente: Propia	84
Tabla 13 Ensayo de carbonatación en columnas, fuente: Propia	85
Tabla 14 Ensayo de carbonatación en vigas, fuente: Propia	86
Tabla 15 Resistencia a la compresión ($f'c$) de elementos estructurales, fuente: Propia	88
Tabla 16 Ajuste cortante basal, fuente: Propia	94
Tabla 17 Acero de refuerzo muros, fuente: Propia	95
Tabla 18 Acero de refuerzo muros, fuente: Propia	95
Tabla 19 Acero de refuerzo columnas, fuente: Propia.....	95
Tabla 20 Acero de refuerzo vigas, fuente: Propia.....	96
Tabla 21. Ficha 1 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	97
Tabla 22. Ficha 2 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	98
Tabla 23. Ficha 3 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	99
Tabla 24. Ficha 4 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	100
Tabla 25. Ficha 5 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	101
Tabla 26 Resumen índice de sobreesfuerzo muros	102
Tabla 27. Ficha 6 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	104
Tabla 28. Ficha 7 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia.....	105
Tabla 29 Resumen índice de sobreesfuerzo columnas	106
Tabla 30 Resumen índice de sobreesfuerzo vigas, fuente: Propia	108
Tabla 31 Espesores adicionales en muros, Fuente: Propia	112
Tabla 32 Reforzamiento en muros de concreto, Fuente: Propia	112
Tabla 33 Indices de sobre esfuerzo en vigas, Fuente: propia.....	120

INDICE DE PLANOS

Plano 1. Planos de levantamiento de lesiones, Fuente: propia.....47

INDICE DE MODELOS EN SOFTWARE

Modelo 1. Modelación en software Edificación en estudio, fuente: Propia.....	36
Modelo 2. Identificación de muros de concreto, fuente: Propia.....	75
Modelo 3, Modelo matemático ETABS, fuente: Propia	90
Modelo 4, Modelo de la edificación, fuente: Propia	91
Modelo 5. Índice de sobreesfuerzo flexo-compresión (muros), fuente: Propia.....	96
Modelo 6. Índice de sobreesfuerzo flexo-compresión (columnas), fuente: Propia .	102
Modelo 7. Índice de sobreesfuerzo cortante (columnas), fuente: Propia	103
Modelo 8. Índice de sobreesfuerzo momentos negativos (vigas), fuente: Propia...	106
Modelo 9. Índice de sobreesfuerzo momentos positivos (vigas), fuente: Propia	107
Modelo 10. Índice de sobreesfuerzo fuerzas cortantes (vigas), fuente: Propia	107
Modelo 11. Modelación reforzamiento muro alternativa 1, fuente: Propia	113
Modelo 12. Modelación reforzamiento muro alternativa 1, fuente: Propia	114
Modelo 13. Modelación reforzamiento muro alternativa 1, fuente: Propia	114

1. INTRODUCCIÓN

Las edificaciones en la ciudad de Bogotá y en general las de Colombia son víctimas de diferentes lesiones o síntomas que afectan su estética y funcionalidad; esto es lo que sucede con la estructura la cual tiene como función ser la estación de policía de la localidad de Usaquén, ubicada específicamente en la Calle 165 # 8ª-55 Bogotá DC. Cercano al año 2010 por razones técnicas (grietas y humedades) y de seguridad hacia el personal que laboraba allí, dicha estructura fue desalojada y abandonada, quedando expuesta a agentes ambientales y actos vandálicos que afectaron directamente en su durabilidad, calidad de los materiales y vida útil.

A finales del año 2019, dicha institución gubernamental viendo el potencial de la edificación y su posible re potencialización consideró la opción de contratar los servicios profesionales de arquitectos e ingenieros con conocimientos en el área de patología para realizar un estudio a juicio y detallado de la estructura, y así garantizar el correcto funcionamiento y desempeño de los elementos estructurales cumpliendo todos y cada uno de los requisitos establecidos en la NSR-10 y sus decretos complementarios.

El estudio consiste inicialmente (etapa uno) en el levantamiento de todas y cada una de las lesiones en elementos estructurales (columnas, vigas, placas) y no estructurales (muros divisorios, cielo raso) evidentes en la edificación existente. Posteriormente, se analizan las posibles causas y su sintomatología; para lograr este fin es indispensable estudiarlas de forma minuciosa y detallada para plantear con esto algunas hipótesis que puedan llevar a la resolución del origen de cada una de las lesiones, todas estas podrán ser corroboradas y/o confirmadas en el estudio de vulnerabilidad realizado en la edificación.

La segunda etapa del presente informe consiste en el estudio de vulnerabilidad de la estructura; aquí se presentan los resultados obtenidos después de revisar todos los elementos estructurales bajo los lineamientos de la NSR-10. Cabe resaltar que la edificación fue construida aproximadamente en el año 1993 por lo que algunos requisitos no cumplen dichas condiciones. Esta etapa, el estudio va acompañada de ensayos destructivos y no destructivos, los cuales proporcionan las características físicas y mecánicas de los materiales en cada uno de los elementos estructurales, para su obtención se requiere la modelación matemática de la edificación que permitirá un análisis más detallado del comportamiento de la estructura frente a las sollicitaciones futuras.

La última etapa consiste en el reforzamiento estructural requerido a partir del análisis de vulnerabilidad obtenido anteriormente; para dicho fin se presentan dos posibles alternativas de reforzamiento viables, de los cuales el cliente puede seleccionar a su gusto o comodidad. Cada alternativa va acompañada de un presupuesto detallado y planos estructurales.

La importancia del presente informe radica principalmente en buscar las causas de las lesiones existentes en la estructura para poder mitigarlas y así impedir en un tiempo futuro su evolución, para así garantizar la durabilidad de los materiales y de la estructura. Por otro lado, los estudios de vulnerabilidad y reforzamiento se deben realizar de forma obligatoria como se indica en la NSR-10 para estructuras diseñadas y construidas dentro de la vigencia del reglamento NSR-98 según establece: "A.10.9.2.2 - Intervención de edificaciones diseñadas y construidas dentro de la vigencia del Reglamento NSR-98 de la Ley 400 de 1997 – Las estructuras según A.10.9.1, diseñadas y construidas con posterioridad al 19 de febrero de 1998, dentro de la vigencia de la Ley 400 de 1997, deben intervenir cumpliendo los requisitos establecidos en A.10.4.2.1 con el fin de lograr un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva y tratarse de acuerdo con los criterios y requisitos del presente Reglamento, de tal manera que la edificación una vez intervenida quede con un índice de sobreesfuerzo y un índice de flexibilidad menores que la unidad." (NSR, 2010, p. 103)

2. JUSTIFICACIÓN

La policía Nacional de Colombia como consecuencia de su crecimiento natural requiere espacios que le permitan efectuar sus labores diarias de forma eficiente. En busca de disminuir costos de construcción se considera imprescindible la adecuación y entrada en servicio de la estructura ubicada en la dirección Calle 165 # 8^a-55 en la ciudad de Bogotá la cual es de su propiedad; dicha necesidad requiere el cumplimiento de los requisitos obligatorios establecidos en la NSR-10 y decretos complementarios.

Por las condiciones actuales de la edificación esta no ha podido entrar en funcionamiento para su objetivo final (estación de policía); pero aun así se encuentran elementos estructurales que hacen parte del sistema de resistencia sísmica en condiciones aceptables a simple vista, los cuales pueden ser reforzados a bajo costo para satisfacer las nuevas cargas de la estructura.

Las estructuras que han presentado algún tipo de uso durante el transcurso del tiempo pueden presentar afectaciones técnicas que interfieren en el correcto desempeño de los materiales reduciendo la durabilidad de la edificación de la cual hace parte. Por ende, es necesario realizar un estudio detallado donde se muestren las lesiones existentes y se intervengan de forma óptima para re potencializar los elementos estructurales y permitir una nueva etapa de funcionamiento que garantice la seguridad del personal que labore allí, ya que la estructura satisface todas necesidades a las cuales se verá sometida durante su vida útil.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Realizar el estudio de patología, vulnerabilidad y reforzamiento de la estación de policía Usaquén ubicada en la ciudad de Bogotá DC cumpliendo los requisitos de la NSR-10.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar con levantamientos de información y análisis de las lesiones las etapas de historia clínica y diagnóstico con el fin de determinar las causas de las patologías presentadas en el paciente.
- Desarrollar los ensayos destructivos y no destructivos con el fin de encontrar una posible solución a los problemas que está presentando el paciente.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica y diseño del reforzamiento estructural.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Marco teórico

Las lesiones o fallos en las estructuras son efectos ocasionados por deficiencias durante una o varias de las siguientes etapas: diseño, construcción o mantenimiento. Dichas lesiones son revisadas y analizadas por personal calificado el cual presenta las soluciones adecuadas con el menor costo posible para cada una de ellas, esto es lo que se conoce como patología estructural.

Las afectaciones tienen una importancia relevante puesto que en ocasiones graves pueden presentar inconvenientes de índole estructural, es decir que influyen directamente en la durabilidad o estabilidad de la edificación. De igual forma, existen lesiones leves o sin importancia como las que afectan únicamente el aspecto estético o de belleza de la estructura, las cuales requieren una intervención, pero no con tanta urgencia como lo podría requerir una lesión estructural.

Durante el proceso de concepción y construcción de una obra civil participan e interactúan muchos profesionales de diferentes especialidades (arquitectos, ingenieros, constructores, entre otros) los cuales deben proponer las mejores alternativas de ejecución para producir una estructura que cumpla con todos los requerimientos del cliente disminuyendo los costos lo mejor posible. Durante dicha optimización se pueden cometer errores en diseño como lo son la eliminación de elementos que se consideran “poco” importantes como alfajías, goteros o impermeabilizaciones que a corto o mediano plazo producen lesiones no críticas como humedades, suciedad, desprendimientos de acabados, entre otros. Del mismo modo, durante el proceso de disminución de costos se pueden cometer errores más delicados como quitar refuerzo estructural necesario o disminuir dimensiones de elementos estructurales en columnas, muros o vigas lo que pueden generar grietas, fisuras, deflexiones excesivas y demás.

En la etapa de construcción también se pueden producir errores leves o graves que afecten a la estructura y den cabida a posibles patologías. Un error leve puede considerarse el dejar aberturas que permitan la filtración de agua o una instalación de pisos sobre una placa no nivelada. Por otro lado, un error grave puede ser no respetar los recubrimientos de los elementos estructurales que dan origen a corrosión temprana de refuerzos, utilizar concretos de menores resistencias a las requeridas por diseño, armar de forma incorrecta los hierros, no respetar las dimensiones de los elementos estructurales, tuberías entre vigas o columnas.

Todos estos errores mencionados durante la etapa de diseño y construcción son las causas directas de las patologías que se presentaran posteriormente en la edificación u obra civil. Partiendo de aquí, se puede definir la patología como: “La ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a la ejecución” (Broto, 2006, p. 6)

Pensar que todos los errores de diseño o constructivos son realizados de forma consciente también sería un concepto equivocado, ya que muchos de ellos se pueden cometer de forma inconsciente por desconocimiento o falta de experiencia de la persona que está realizando la acción.

De aquí podríamos deducir que las patologías son procesos normales que existen en la mayoría de las edificaciones, por no decir que en todas y que deben ser analizadas y solucionadas después de la construcción, ya sea a corto o largo plazo dependiendo de los agentes a los cuales se encuentre expuesta la estructura.

Lesiones

“Las lesiones estructurales se pueden definir como: cada una de las manifestaciones de un problema constructivo y de las cuales es de vital importancia conocer su tipología porque es el punto de partida de todo estudio patológico, y de su identificación depende la elección correcta del tratamiento” (Broto, 2006, p. 7).

Para el presente estudio se dividieron las lesiones en tres grupos dependiendo de su origen:

- **Lesiones físicas:** Son todos aquellos productos de fenómenos físicos; dentro de estos fenómenos se encuentran los agentes atmosféricos o medioambientales (lluvia, radiación solar, viento, entre otros).

Utilizando la metodología de la Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción, tenemos las siguientes lesiones consideradas físicas:

Humedad: Su presencia es fenómeno de la existencia activa de agua. Puede causar alteraciones en las características física y químicas del material; en la mayoría de casos contribuye al deterioro de la estructura afectando directamente su durabilidad.



Fotografía 1. Humedad levantada en el paciente, Fuente: Propia

Erosión: Corresponde al desgaste superficial del material cuando es expuesto a constantes acciones o ambientes. Su presencia es frecuente en estructuras expuestas al medio ambiente.

Suciedad: Es un fenómeno habitual en las edificaciones debidas a la ausencia de mantenimientos preventivos y deficiencias en el diseño. Corresponde a una acumulación de partículas que no inciden en la resistencia de los materiales, pero generan un aspecto de envejecimiento.

- **Lesiones mecánicas:** “Son aquellas en las que predominan los factores mecánicos que provocan movimiento, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos” (Broto, 2006, p. 8).

Dentro de esta clasificación podemos encontrar las siguientes lesiones:

Fisuras: Se denomina fisura la separación parcial entre dos o más partes con un espacio mínimo entre ellas. Se generan principalmente por esfuerzos de tracción que el material no es capaz de soportar o resistir.



Fotografía 2. Fisura levantada en el paciente, Fuente: Propia

Grietas: Son lesiones muy parecidas a las fisuras, su única diferencia es que las grietas atraviesan en su totalidad el elemento estructural mientras que las fisuras no.

Deformaciones: Se identifican como una variación en la forma o geometría de un elemento, generada por esfuerzos mecánicos.

Desprendimientos: Es la separación parcial o total de dos o más materiales dentro de un elemento estructural. Esta lesión es frecuente en concretos reforzados cuando el acero está bajo los efectos de corrosión.



Fotografía 3. Desprendimiento levantado en el paciente, Fuente: Propia

- **Lesiones químicas:** “El origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan la integridad del material y reducen su durabilidad” (Broto, 2006, p. 10).

Eflorescencias: Son la causa directa de la presencia de humedad en el elemento. Su razón es que principal es que los materiales contienen sales solubles, estas son llevadas al exterior por procesos de evaporación. Una vez en el exterior estas sales se cristalizan, dando como resultado a las eflorescencias.



Fotografía 4. Eflorescencia levantada en el paciente, Fuente: Propia

Corrosiones: Es una oxidación acelerada y continua que desgasta el material (acero), por presencia de sustancias químicas y/o agua. También es frecuente en estructuras con considerables humedades.



Fotografía 5. Corrosión levantada en el paciente. Fuente: Propia

Organismos: Son la causa directa de la acumulación de humedades sobre las superficies, se considera que afecta de forma considerable la estructura química del material.



Fotografía 6. Organismo levantado en el paciente, Fuente: Propia

Causas

El principal objetivo de un estudio patológico es determinar las posibles causas y orígenes de las lesiones para establecer estrategias de intervención que no permitan su crecimiento o posibles apariciones en futuros cercanos o lejanos.

Las causas de las lesiones son únicas en cada una de las edificaciones, es por esta razón que cada estructura se debe estudiar y analizar de forma independiente, ya que las lesiones (ej.: humedades) pueden ser las mismas pero su causa (ej.: ingreso de aguas lluvias o tubo roto) muy diferente.

Según Broto (2006), las causas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Causas directas:** “Cuando son el origen inmediato del proceso patológico, como los esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación etc.” (p. 10).
- **Causas indirectas:** “Cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución. Son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir.” (p. 10)

Patologías en el concreto

Debido a que el paciente seleccionado para el presente documento se trata de una edificación construida principalmente en concreto es importante mencionar las posibles patologías que puede presentar este tipo de material constructivo.

“El concreto se puede definir como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland hidráulico), material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión” (Sánchez, 2001, p. 4).

Siguiendo la metodología de Broto, 2006 a continuación se presentan las posibles patologías existentes en el concreto u hormigón:

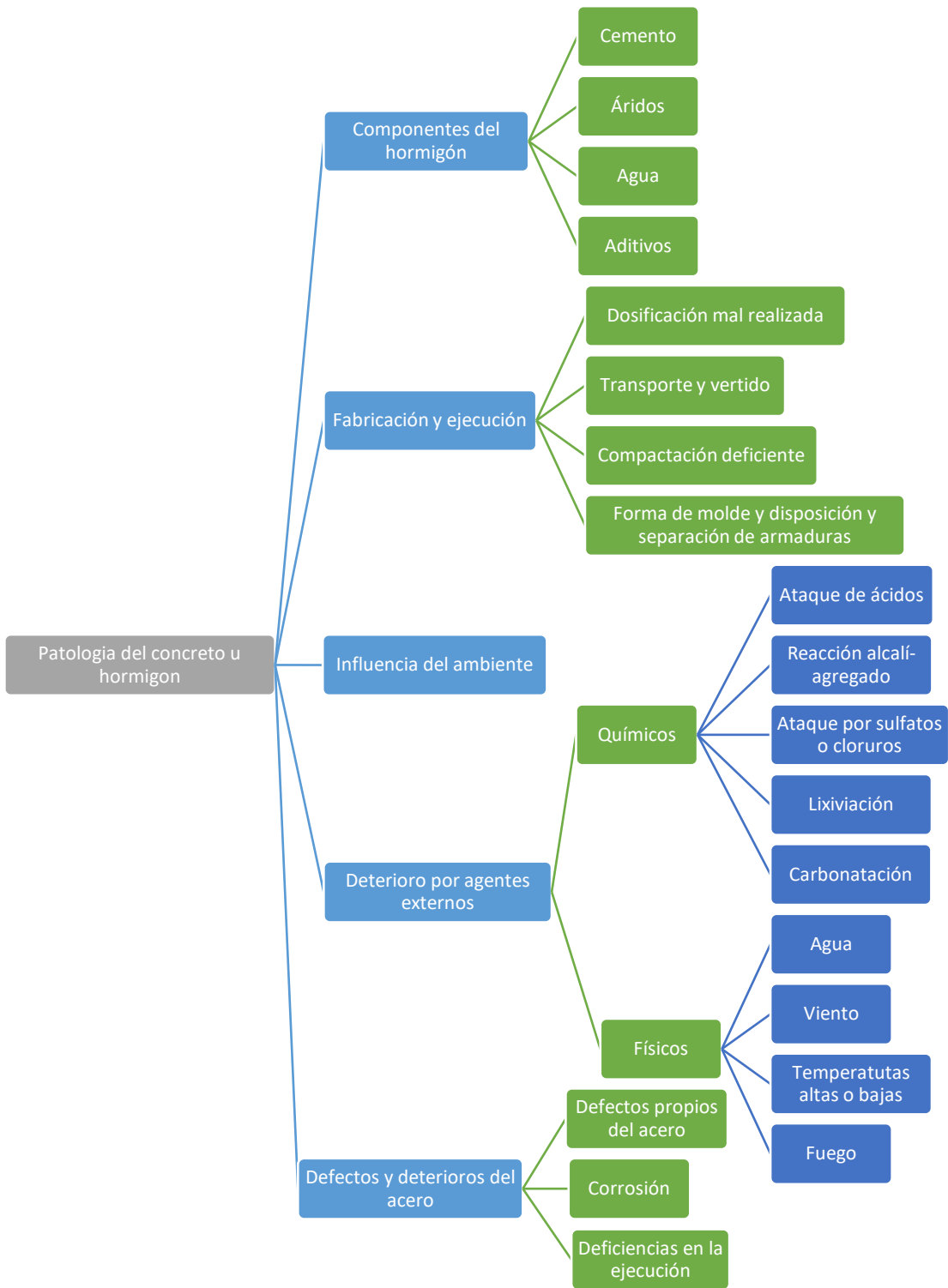


Gráfico 1. Patología del concreto u hormigón, Fuente: propia

- **Componentes del hormigón:** “Una gran parte de los defectos en las obras de hormigón armado se deben a la poca calidad de los materiales empleados en ella, a los diferentes ambientes a los que están expuestos o al uso indebido de estos materiales en función del fin buscado” (Broto, 2006, p. 56).
- **Fabricación y ejecución:** Este tipo de patologías corresponden al error humano por desconocimiento o cometidos inconscientemente pero que afectan directamente en la durabilidad y capacidad del material (concreto) o elemento estructural (viga, columna, muro).
 - a) Dosificación mal realizada: Por mano de obra no calificada o deficiencias en los sistemas o equipos utilizados para realizar la mezcla de materiales. El error cometido con mayor frecuencia es utilizar mezclas con relaciones agua/cemento altas lo que ocasionan una disminución importante en la capacidad del concreto a la compresión.
 - b) Transporte y vertido: Un mal vertido no producirá la homogeneidad de la mezcla y dará origen a oquedades u hormigueros en el concreto, lo cual disminuyen la durabilidad del elemento.
 - c) Compactación deficiente: Una compactación deficiente puede disminuir la capacidad y durabilidad del concreto.
 - d) Forma del molde, disposición y separación de armaduras: Puede ocasionar secciones inferiores a las requeridas por diseño o deformaciones que afecten el aspecto físico del elemento estructural. De igual forma, pueden generar gastos innecesarios de mezcla si se tienen fugas y con esto minimizar espesores de recubrimientos necesarios.
- **Influencia del ambiente:** Depende principalmente de la zona o clima al cual se va a encontrar expuesto el concreto. La durabilidad está ligada directamente con la agresividad del entorno.
- **Deterioro por agentes externos:** Los ataques de carácter físico pueden presentarse tanto en con concreto fresco como endurecido y afectan la durabilidad y vida útil del mismo.
 - a) Físicos: “Los agentes físicos más frecuentes que suelen causar efectos negativos en el hormigón son el agua, el viento y las temperaturas altas o bajas” (Broto, 2006, p. 14). Otro factor o agente que puede afectar negativamente la eficiencia del concreto es el fuego.
 - b) Químicos: Cuando se trata de concretos heterogéneos y porosos, estos pueden reaccionar con sustancias químicas del ambiente o que estén en contacto con él. Las afectaciones más conocidas son: Ataques ácidos, carbonatación y corrosión del acero cuando se habla de estructuras terrestres, es decir que no están sumergidas o en contacto del mar.

- **Defectos y deterioros del acero:** Los defectos del acero son debidos a errores de producción, entre ellos están: las impurezas de la aleación, inclusiones de sustancias extrañas, gases retenidos o forja incorrecta. Y los deterioros pueden ser debidos a inadecuados almacenamientos o exposición a un ambiente corrosivo.

4.2. Marco legal

Este estudio patológico toma como base fundamental, lo descrito en el “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10”, expedida por medio del Decreto 926 del 19 de marzo del 2010 de obligatorio cumplimiento y todos sus decretos complementarios.

Al ser una edificación de uso institucional se considera como dotacional, por esto se rige según el Código civil - Título III (2000) “De los bienes de la unión – Artículo 674. Bienes públicos y de uso público. Se llaman bienes de la unión aquéllos cuyo dominio pertenece a la República. Si además su uso pertenece a todos los habitantes de un territorio, como el de calles, plazas, puentes y caminos, se llaman bienes de la Unión de uso público o bienes públicos del territorio. Los bienes de la unión cuyo uso no pertenece generalmente a los habitantes, se llaman bienes de la Unión o bienes fiscales” (p. 183)

La estación de policía de Usaqué se encuentra ubicada en la UPZ número 11 regido por el POT (Plan de ordenamiento territorial) para zonas urbanas homogéneas considerada como tipologías dotacionales y áreas de actividad AAD-DOTACIONAL-UPZ Código normativo PNR-T14 D2 BIC.

Para la construcción y recuperación de la edificación es necesario tener en cuenta el documento “Parámetros Generales para el Diseño y Estudios Técnicos de Estaciones de Policía (Documentación técnica desarrollada por la policía nacional a través de la dirección administrativa y financiera para la estandarización de estación de policía) y la guía de apoyo para formular y estructurar proyectos de inversión pública y diligenciar el aplicativo MGA–Web para proyectos de inversión” (Policía Nacional, 2010).

4.3 Marco histórico

De acuerdo a entrevistas realizadas al personal que labora allí y el cual tiene conocimiento de la edificación, esta fue inicialmente desalojada a causa de desprendimientos y grietas en los muros de fachada, lo que generaban cierto grado de inseguridad en las personas que laboraban o visitaban la zona.



Fotografía 7. Grietas en fachada 2010, Fuente: Policía Nacional de Colombia



Fotografía 8. Lesiones en fachadas 2010, Fuente: Policía Nacional de Colombia

Adicionalmente, se encontraban filtraciones de aguas lluvias por la placa de cubierta lo que impedía que en época de invierno se pudieran realizar actividades constructivas en el piso 3. A continuación se presentan algunas fotografías tomadas de la estructura en el año 2010 (Registro fotográfico facilitado por la entidad y utilizado como antecedentes de la edificación):



Fotografía 9. Humedades en cielo raso de piso 3, Fuente: Policía Nacional de Colombia



Fotografía 10. Humedades y fisuras en cielo raso de piso 3, Fuente: Policía Nacional de Colombia

En un principio, en el año 2010 se consideró en desalojar la edificación para realizar mantenimientos y/o reparaciones menores con el fin de mejorar la calidad de la estructura y permitir su correcto funcionamiento; pero después de desalojada la zona se encontraron evidencias de daños estructurales que inquietaron al personal encargado de la edificación, por tal motivo se decidió contactar a un ingeniero el cual mencionó las actividades a realizar para garantizar la estabilidad y durabilidad apropiada de la edificación bajo la norma vigente en la época (NSR-10), y lo más importante que salvaguardara las vidas humanas del personal que iba a laborar allí.

Después de escuchar dicha recomendación y tras averiguaciones de posibles costos de estudios e intervenciones, se concluyó que no era posible realizar la intervención, ya que en su momento no existía el presupuesto para dicha obra. Por la anterior razón es que desde esta fecha (año 2010) la estructura se determinó en abandono total.

Posteriormente al abandono, la edificación fue víctima de los agentes ambientales (lluvia, sol, viento) los cuales deterioraron su infraestructura libre y continuamente, puesto que no contaban con ningún tipo de protección, esto debido a que las fachadas habían sido demolidas y no se instalaron recubrimientos posteriores.

5. ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance del presente documento es realizar el estudio patológico, de vulnerabilidad estructural y posibles alternativas de reforzamiento de la estación de policía Usaquén en la ciudad de Bogotá DC.

El proceso consiste inicialmente en identificar las lesiones y determinar sus posibles causas (patología); de igual forma, analizar si están comprometiendo la estabilidad y durabilidad de la estructura (vulnerabilidad).

Después de obtener los resultados anteriores generar alternativas que erradiquen o minimicen las lesiones para garantizar la funcionalidad de la edificación (reforzamiento).

El estudio y análisis de vulnerabilidad (etapa 2) comprende la realización de ensayos destructivos y no destructivos necesarios para lograr un diagnóstico lo más completo posible.

6. METODOLOGÍA

Como metodología para el levantamiento de las lesiones existentes en la estructura se adoptaron algunos criterios de levantamiento y calificación. A continuación, se presenta el criterio para la lesión Fisura.

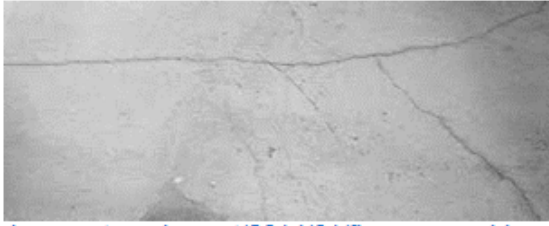
Nombre de la Lesión: Fisuras		
Código de la Lesión : E1		
Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo. (Broto & Mostaedi, 2005, p. 34) . Su identificación se realizará según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguientes adjetivos: longitudinal, transversal, vertical, diagonal o aleatoria.		
Severidad de la lesión		
Leve 0 - 0,2 mm	Moderado 0,2 - 0,5 mm	Severo > 0,5 mm
Afectación de la lesión		
Resistencia o capacidad:	Servicio o funcionalidad:	Aspecto estético o confort:
Afecta la capacidad del elemento para resistir esfuerzos (tracción, compresión, flexión, etc.)	Afecta de alguna manera la función del elemento o afecta notablemente la seguridad de la estructura.	Afecta únicamente el aspecto físico y/o confort para el uso de la estructura.
Magnitud Aproximada:		
Medida 1: Longitud (mm)	Medida 2: Ancho (mm)	Extensión total del daño (%): % del daño en el elemento estructural.
Registro Fotográfico		
		
https://www.patologiasconstruccion.net/2014/01/fisuras-en-el-hormigon-iii-retraccion-hidraulica-caracteristicas-prevencion-y-tratamiento/		

Tabla 1. Metodología adoptada para lesiones, Fuente: Propia

Como se puede observar, inicialmente se tiene el nombre de la lesión con su respectiva definición o descripción; debajo de ella se encuentra su respectivo código de identificación; el prefijo E corresponde a una lesión estructural y el prefijo A corresponde a lesión arquitectónica.

El grado de severidad se dividió en tres grupos: leve, moderado y severo. En algunos casos depende de alguna dimensión de la lesión (mm), y en otros a la extensión del daño (%) en el elemento estructural.

De igual forma, se analiza el tipo de afectación de la lesión o síntoma, dentro de este se puede encontrar tres aspectos:

- *Resistencia o capacidad:* Es cuando se considera que la lesión afecta la capacidad del elemento para resistir esfuerzos, ya sean de tracción, compresión, flexión, corte, torsión, etc. También incluye la pérdida significativa de la rigidez del elemento. Se consideran para este análisis como las más crítica.
- *Servicio o funcionalidad:* Es cuando la lesión afecta de alguna manera la función del elemento o afecta notablemente la seguridad de la estructura.
- *Aspecto estético o confort:* Únicamente afecta el aspecto físico y/o confort para el uso de la estructura. Se considera la menos crítica.

Dependiendo de la lesión y su magnitud, esta puede afectar uno o los tres tipos considerados anteriormente.

Las magnitudes aproximadas son datos generales de la lesión que puede servir para suministrar, esclarecer o corroborar información que permitan realizar un diagnóstico o análisis más específico y detallado.

En el anexo 1 se presenta la metodología establecida para todas las lesiones que se consideraron para la estructura en mención, y las cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Nombre de la lesión	Código de Lesión
Fisuras	E1
Grietas	E2
Hormigueros	E3
Humedades	E4
Aceros descubiertos - oxidación	E5
Corrosión en acero de refuerzo	E6
Organismos	E7
Falta de elementos estructurales	E8
Eflorescencia	E9
Desprendimiento o delaminación	E10
Fisuras en acabados	A1
Levantamientos y desprendimientos en acabados	A2

Tabla 2. Códigos de lesiones, Fuente: Propia

Del mismo modo se utilizaron convenciones de colores que permitan una mejor interpretación de los resultados en los planos de levantamiento.

Con la metodología ya establecida, se procede a diseñar los planos de levantamiento de lesiones; para facilitar la recolección de datos se tomaron las siguientes divisiones en planos:

- Planta de piso (piso 1, piso 2 y piso 3). Comprende lesiones en placa de contrapiso y de entrepiso.
- Planta de techo (techo piso 1, techo piso 2 y techo piso 3). En este plano se incluyen las lesiones existentes en vigas y viguetas.
- Planos en alzado de columnas
- Planos en alzado de muros

En cada plano de levantamiento, se registra la forma original y dimensión aproximada de cada lesión, obtenidos a partir de la inspección visual y se califican según los criterios adoptados dentro de la metodología.

Cada una de las lesiones cuenta con un número de consecutivo (ejemplo: E4-10, E4-11) con el fin de identificar debidamente la lesión tanto en el plano como en el cuadro de calificación.

En la zona inferior de los planos de levantamiento se ingresó una tabla (cuadro de identificación) para tomar los datos de cada lesión existente. A continuación, se muestra un ejemplo dicha tabla:

Código de Lesión	Localización	Código Registro Fotográfico	Severidad			Afectación de la Lesión			Magnitud Aproximada			Causa Probable				
			Leve	Moderado	Severo	Resistencia o capacidad	Servicios o Funcionalidad	Aspecto Estético	Medida 1	Medida 2	Extensión del Daño %	Directa			Indirecta	
												Física	Mecánica	Química		Lesión Previa
E4-10	PP1-D4	4756	1				1	1	NA	NA	3%	1				NA
E4-11	PP1-E3	4757	1				1	1	NA	NA	5%	1				NA
E3-12	PP1-DE3	4755			1	1	1	1	45	8910	4%				1	1
E7-13	PP1-F3	4759	1				1	1	NA	NA	1%			2	1	NA
E9-14	PP1-F12	4758	1					1	NA	NA	5%			1		NA
E4-15	PP1-E2	4754	1				1	1	NA	NA	5%	1				NA
E4-16	PP1-E1	4754	1				1	1	NA	NA	3%	1				NA
E1-17	PP1-C3	4760	1					1	350	0.2	1%		1			NA
E5-18	PP1-C3	4761	1			1	1	1	NA	8	1%		1			NA

Tabla 3. Cuadro de identificación de lesiones, Fuente: propia

La definición y características de las causas directas e indirectas mostradas en la anterior tabla se pueden encontrar en el capítulo 4 de este mismo documento.

6.1. Descripción de la selección del paciente

El paciente fue seleccionado teniendo en cuenta las directrices de la UNIVERSIDAD SANTO TOMAS, y analizado bajo los conocimientos aprendidos durante las diferentes asignaturas que comprenden la ESPECIALIZACIÓN DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Los temas de los cuales se entró en mayor profundización son los competentes en el módulo de concretos y sus complementarios (laboratorio de materiales y clínica), teniendo en cuenta que es material principal en la estructura seleccionada.

La Policía Nacional de Colombia en busca de disminuir costos de construcción considera imprescindible la adecuación y entrada en servicio de la estructura ubicada en la dirección Calle 165 # 8ª-55 en la ciudad de Bogotá (Usaquén) la cual es de su propiedad; dicha necesidad requiere el cumplimiento de los requisitos obligatorios establecidos en la NSR-10 y decretos complementarios.

Por las condiciones actuales de la edificación esta no ha podido entrar en funcionamiento para su objetivo final (estación de policía); pero aun así se encuentran elementos estructurales que hacen parte del sistema de resistencia sísmica en condiciones aceptables a simple vista, los cuales pueden ser reforzados a bajo costo para satisfacer las nuevas cargas de la estructura. La anterior afirmación debe ser constatada o corregida a partir del estudio de vulnerabilidad realizado a la estación de policía.

La edificación se encuentra descubierta (sin muros de fachada), y con un cerramiento en teja de zinc en el primer nivel. A simple vista se observan desprendimientos en algunos acabados de la cubierta.



Fotografía 1 Vista global de la edificación, Fuente: Policía Nacional de Colombia

Centrando la atención en la estructura, es necesaria la revisión a rasgos generales de las características geométricas de la edificación y su sistema principal de resistencia sísmica, es decir su longitud, su altura, su forma, entre otras.



Ilustración 3. Geometría de la estructura, Fuente: Google maps

La estructura no tiene una forma geométrica definida; existen diferentes aberturas vistas en planta que no permiten la conformación de un diafragma rígido adecuado afectando directamente en su comportamiento estructural en la presencia de un evento sísmico. Es evidente la existencia de una irregularidad en planta.

Todas las plantas estructurales de la edificación (piso 1 a piso 3) se encuentran conformadas en altura por columnas rectangulares y tres muros de concreto ubicados estratégicamente en la edificación.

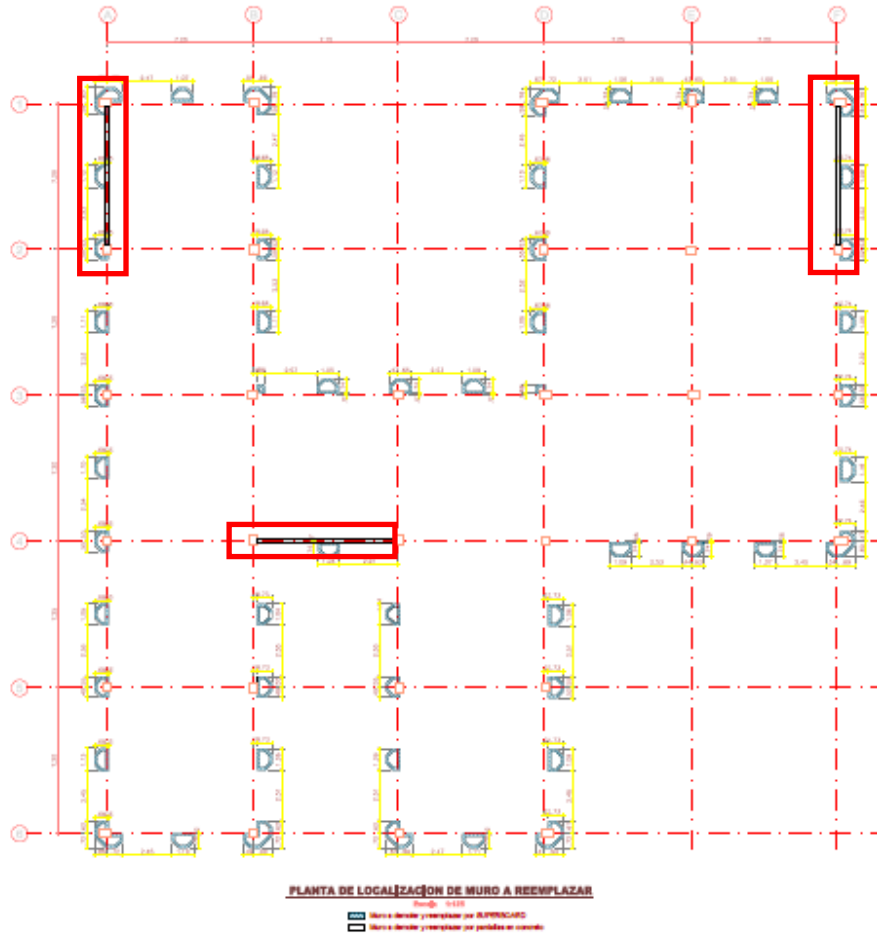


Ilustración 4. Localización de muros estructurales, Fuente: propia

Se puede considerar que la función principal de los muros es aumentar la rigidez de la edificación y, así resistir de forma adecuada las cargas provenientes de un evento sísmico.

La separación entre columnas en ambos sentidos de la edificación es de aproximadamente 7.20 metros.



Fotografía 2 Sistema de resistencia sísmica, Fuente: Propia

Así mismo, se observaron las dimensiones de cada uno de los elementos que conforman la estructura (columnas, muros, vigas y placas de contrapiso) y se tuvieron en cuenta para la verificación con respecto a los planos arquitectónicos recolectados.



Fotografía 3 Fotografía Piso 2, Fuente: propia

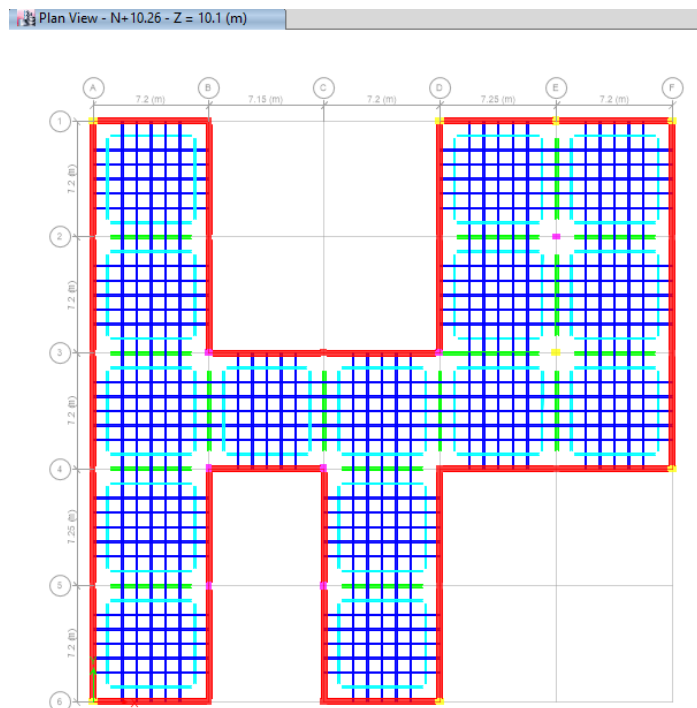
La sección transversal de las columnas tiene variaciones entre 40 y 60 cm en todos los niveles de la edificación; estos elementos evidencian desprendimientos de pañetes y acabados, pero no se ve comprometido en ninguno de los casos el concreto estructural.

Los muros en concreto reforzado se observan en buenas condiciones ya que no existen evidencias abombamientos o desplomes durante la etapa constructiva. De igual forma, el color del concreto en estas zonas presenta un color adecuado y sin quemaduras importantes.

Con respecto a las vigas aéreas se encontró que:

1. La altura en todos los entrepisos es de 40 cm.
2. Existen cuatro (4) anchos diferentes de vigas: 10, 12, 20 y 35 cm.
3. Las vigas de 35 cm se encuentran ubicadas perimetralmente en cada una de las plantas estructurales. Las vigas de 20x40 cm se pueden observar de forma interna uniendo las columnas.
4. Las vigas de 12 y 10 se encuentran en los dos sentidos principales de la edificación separadas aproximadamente 90 cm entre ejes; se puede considerar que éstas funcionan como viguetas las cuales se encargan únicamente de transportar las cargas de los entrepisos a las vigas mencionadas en el punto 3.

En la siguiente imagen se puede observar detalladamente la distribución de vigas en la planta de la cubierta y la cual nos da una mejor forma para interpretar los resultados presentados más adelante en este mismo estudio.



Modelo 1. Modelación en software Edificación en estudio, fuente: Propia

Las convenciones de la anterior imagen son:

- Color rojo: VG 35x40 cm (Viga principal)
- Color verde: VG 20X40 cm (Viga principal)
- Color azul celeste: VG 12X40 cm (vigueta)
- Color azul rey: VG 10X40 cm (vigueta)

Las vigas y viguetas no presentan en ningún caso deflexiones excesivas actualmente.



Fotografía 4 Vigas de la edificación, Fuente: propia

Los casetones de guadua presentan grandes daños, se estima que se hayan originado durante la etapa constructiva lo que genere variaciones importantes en los anchos efectivos de las vigas y viguetas afectando directamente en la capacidad de dichos elementos.

De igual forma se observan pases de tuberías inadecuados sobre las viguetas con aceros descubiertos.



Fotografía 5 Casetones y tuberías inadecuadas, Fuente: propia

Las placas de entrepiso cuentan con un acabado en baldosas, en la mayoría de los casos el fenómeno que más afecta a estos elementos es el estancamiento de aguas lluvias, ya que la estructura no cuenta con algún tipo de protección o desagües adecuados.



Fotografía 6 Placa de entrepiso, Fuente: propia

La cimentación de la estructura a este punto de la investigación no fue posible observarla, pero se estima que sean de zapatas aisladas con vigas de amarre ya que así era el tipo de construcción utilizada en la época de construcción. De igual forma, no se presentan asentamientos diferenciales a simple vista, pero esta información será corroborada a partir del estudio de suelos contratado para dicho fin.

A rasgos generales, las lesiones en la edificación corresponden al abandono propio de una estructura que no cuenta con ningún tipo de protección frente a los agentes naturales como la lluvia, el viento, entre otros.

Así mismo, existen evidencias de actos vandálicos que han afectado en la durabilidad y vida útil de los elementos estructurales, como es el caso del requiero de acabados.

6.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio

Después de realizada una búsqueda minuciosa de información y entrevistas al diferente personal solo fue posible la recolección de información técnica la cual incluye planos arquitectónicos y un pequeño registro fotográfico del año 2010 donde se evidencian algunas lesiones.

6.2.3. Permisos y autorizaciones para abordar el estudio

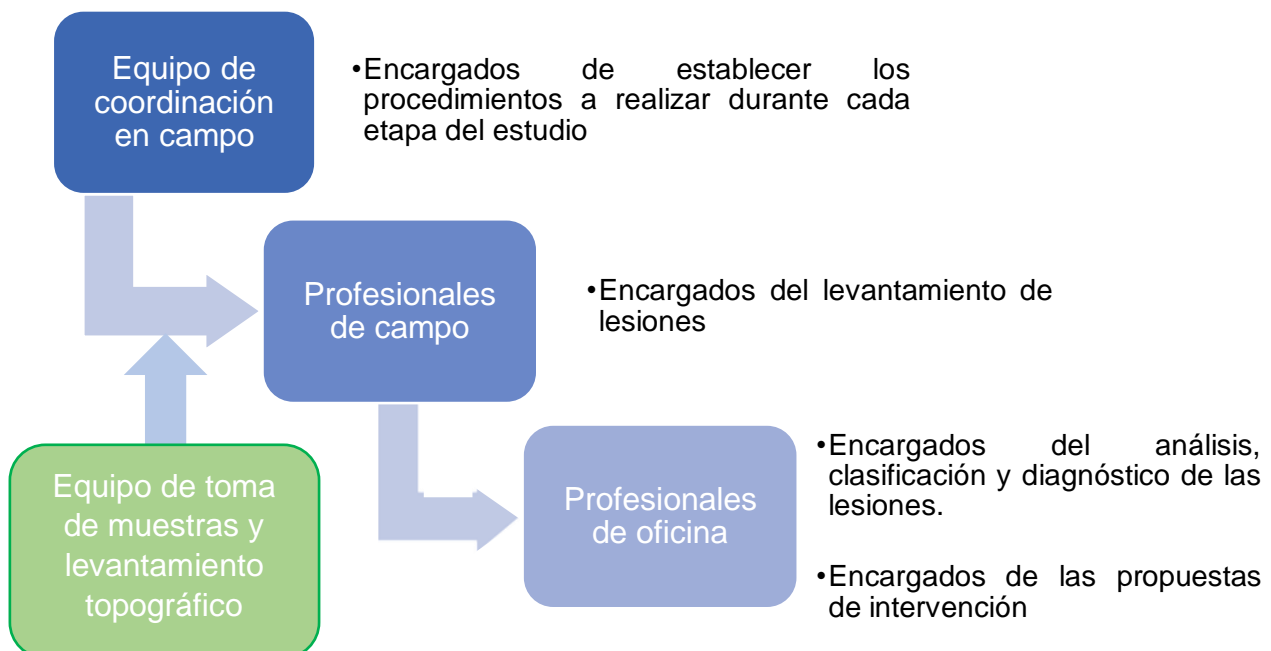
Los permisos requeridos para la revisión, toma de muestras y mediciones fueron directamente solicitados al coronel encargado de la sección de intervenciones y mantenimientos de la Policía Nacional de Colombia.

Dichos documentos e identidad del coronel se mantienen en reserva absoluta bajo los requerimientos de confidencialidad de obligatorio cumplimiento, establecidos por dicha entidad gubernamental.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, la única evidencia que se anexa es la carta de respaldo de la solicitud de información y documentación de este inmueble que se tramita con la división de intervenciones y mantenimiento de la policía Nacional.

6.2.4. Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración

Para la ejecución del estudio patológico de la Estación de Policía Usaquén, se contó con el siguiente equipo de trabajo los cuales se pueden resumen en el siguiente diagrama:



Los equipos de coordinación, profesionales de campo y de oficina encargados de cada una de las funciones presentadas en el anterior diagrama, y de la realización de este documento están conformados por:

ING Daniela Barajas.

ARQ Andrés Peñuela.

ING Andrés Vásquez.

El equipo de toma de muestras fue contratado de forma independiente y corresponde a la empresa "Central de Ensayos y Diseños Ltda.", la cual sería la encargada de realizar la toma de ensayos destructivos (núcleos de concreto).

Los ensayos de esclerometrias fueron realizados por los mismos profesionales de campo.

El levantamiento topográfico de igual forma fue contratado pero esta vez con la empresa "Soluciones integrales de Topografía".

6.2.5. Definición de los medios para realizar la exploración

Como se mencionó anteriormente se estableció una metodología para el levantamiento de lesiones en la estructura existente, para esta labor se utilizaron los siguientes medios o materiales:

- Planos de levantamiento de lesiones
- Distanciómetro y flexómetro
- Fisurómetro
- Elementos complementarios (esferos, reglas, colores)
- Cámara fotográfica

6.3. Historia clínica

El presente estudio corresponde al análisis de patología, vulnerabilidad y de reforzamiento de la estación de policía Usaquéen ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia.

Para dicho fin se realizan procesos de recolección de datos de lesiones existentes en la edificación, acompañados de diferentes ensayos destructivos y no destructivos que aporten información importante frente al análisis a realizar sobre la estructura y los materiales.

Durante la etapa de vulnerabilidad se realizan modelos matemáticos cumpliendo los requisitos obligatorios de la NSR-10 para verificar su comportamiento y desempeño frente a eventos sísmicos; así mismo, se plantean estrategias de reforzamiento partiendo de normas o bibliografía utilizadas tanto en el país como en el extranjero, pensando siempre en el menor costo posible, pero satisfaciendo todas las solicitudes requeridas por la estructura.

6.3.1. Responsables del estudio

Las personas responsables de la realización del estudio para el presente trabajo son tres estudiantes de la especialización en patología de la construcción:


- Daniela María Barajas Castellanos - Ingeniera Civil
- Guillermo Andrés Peñuela Rodríguez - Arquitecto
- Andrés Iván Vásquez Melo - Ingeniero Civil

6.3.2. Fecha de realización del estudio

La realización del presente estudio comprende los meses de marzo a noviembre del año 2020.

6.3.3. Datos generales del paciente

DATOS GENERALES DEL PACIENTE	
Nombre:	Estación de policía Usaquén
Localización:	Bogotá DC, Localidad Usaquén
Dirección:	Calle 165 No. 8ª-55
Uso actual:	Piso 1: Parqueadero Otros pisos: Abandono
Uso previsto:	Oficinas – Estación de Policía
Fecha de construcción:	Año 1993
Sistema estructural:	Pórticos losa-columna, sistema reticular celulado de concreto con capacidad moderada de disipación de energía. (Tabla A.3-3, NSR-10, numeral 4).
Sistema constructivo:	Sistema reticular celulado en dos direcciones
Importancia del paciente:	Edificaciones de atención a la comunidad (grupo III). (Título A.2.5.1.4 NSR-10)
Normativa (Técnica, Urbana, etc.). Aplicada según la fecha de construcción:	Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes 84 (No era de obligatorio cumplimiento). Edificación construida en 1993.
Tubería sanitarias y eléctricas:	Con acometidas
Fachadas:	Sin elementos de fachadas actualmente.
Muros internos:	Existen algunos muros de mampostería cercanos a las escaleras de acceso.
Normativa actual	De acuerdo a la fecha de realización del presente documento la norma vigente es la Norma sismo resistente 2010 (NSR-10).
	La edificación fue desalojada en el año 2010 porque se presentaron diferentes grietas y

Antecedentes:	fisuras en las fachadas que generaban desconfianza y pánico en el personal que laboraba allí.
EN LA EDIFICACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN CIVIL	
Tipo de Cimentación:	Zapatas aisladas unidas con vigas de amarre de concreto reforzado.
Altura:	10.10 m (según planos arquitectónicos originales).
Área (número de pisos):	Área por piso 945 m ² . Tres (3) pisos.
Estado general de la construcción:	Tiene un grado moderado de deterioro. En completo abandono.
Información existente:	Planos arquitectónicos, registro fotográfico de lesiones en 2010 y estudio de suelos.
Fidelidad de los planos:	Alta
Constancia del estado del paciente:	<p>Las fotografías presentadas a lo largo de este documento corresponden a visitas técnicas realizadas por el personal encargado. En la siguiente imagen se presentan el estado del paciente.</p>  <p>Fotografía 11. Estado del paciente, Fuente: Policía Nacional de Colombia</p>

- **Uso previsto actual**

La edificación actualmente se encuentra en estado de abandono. Construida en el año 1993, con un periodo de uso activo de 17 años hasta el 2010, año en el cual la estructura fue desalojada por orden del Fondo de prevención y atención de emergencias (Fopae) por fallas estructurales en sus instalaciones, las cuales ponían en riesgo a usuarios, servidores y vecinos existentes alrededor del predio.

El uso previsto para la edificación es oficinas para el personal de la Policía Nacional de Colombia. La dependencia es protegida como medida de seguridad para la institución y la Nación.

- **Sistema constructivo y estructural**

El sistema reticular celulado era ampliamente utilizado en la década de los 90 para instalaciones dotacionales, edificaciones de vivienda y oficinas. Este tipo de sistema constructivo es conocido por su capacidad de manejo de luces grandes, espesores considerables y por los desarrollos en el análisis y diseño propuestos para cada proyecto.

Este sistema se describe como una losa superior de 4-7 cm fundida como “tapa” de una retícula de viguetas bidireccionales que llegan a las columnas mediante un capitel como se puede observar en las placas armadas mostradas en las fotografías a lo largo del presente estudio.

Este sistema permite algunas consideraciones en comparación con los utilizados comúnmente puesto que permite la construcción de grandes luces entre columnas y la colocación de muros divisorios libremente.

La edificación se caracteriza por poseer un sistema reticular celulado bidireccional en concreto reforzado apoyado sobre capiteles en los tres niveles de la estructura. La separación máxima entre columnas es de 7,2 metros y su cimentación es partir de zapatas aisladas unidas mediante viga de amarre.

Las dimensiones de las vigas de cimentación son desconocidas hasta el momento. Dentro de la NSR-10 este sistema estructural tiene un coeficiente de disipación de energía (R_o) igual a 2.5 lo que nos lleva a pensar que no es un sistema muy acorde para la ciudad de Bogotá la cual se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica intermedia, aun así, es permitido su diseño y construcción.

- **Normativa actual que lo rige**

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente 2010 (NSR-10)
- Código Civil Colombiano - Título III.
- Plan de ordenamiento territorial (POT)
- Parámetros Generales para el Diseño y Estudios Técnicos de Estaciones de Policía.
- Guía de apoyo para formular y estructurar proyectos de inversión pública y diligenciar el aplicativo MGA

6.3.4. En la edificación y/o construcción civil

La estación de policía Usaquéen se encuentra ubicada en la Calle 165 No. 8^a-55, Bogotá DC. Consta de tres pisos con una altura de 10.10 m y un área en planta de 945 m². Su estructura principal está constituida por un sistema reticular celulado en concreto reforzado.

La edificación fue diseñada y construida antes de la entrada en vigencia de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98, inaugurada en 1993.

Tras unos años de uso debió ser desalojada en el año 2010, a razón de diferentes lesiones (humedades, fisuras, desprendimientos, corrosión) las cuales generaban incomodidad y sobre todo inseguridad en el personal que laboraba o visitaba dicho lugar.

- **Información existente**

La información existente mediante la cual se están realizando las indagaciones frente al estudio propuesto se basa en los documentos mencionados a continuación:

- Registro fotográfico 2010 - 2019
- Planos arquitectónicos compuestos por localización general, planta de piso 1, planta de piso 2, planta de piso 3, planta de cubierta, secciones transversales y longitudinal, fachadas y cuadro de áreas construidas.
- Estudio de suelos

- **Estudio de suelos Inicial**

El estudio de suelos fue realizado por la empresa Alfonso Uribe S y CIA SA.

Para la exploración del subsuelo se efectuaron cuatro perforaciones que de acuerdo con los términos de referencia alcanzaron una profundidad de 10 m, cuyos resultados se complementaron con ensayos de veleta de corte de campo y ensayos de resistencia a la penetración estándar SPT.

Para la zona del subsuelo el perfil estratigráfico se puede describir de la siguiente manera:

- a) Superficialmente aparecen rellenos en tierras varias con escombros y piedras, con un grado de compactación bajo y pobres características físicas. Estos rellenos tienen espesores que varían entre 1,9 y 2,7 m.
- b) Luego se encuentran arcillas y arcillas arenosas de color café, intercalados con delgados lentes de capas de arena fina limosa de color gris con grava. Los suelos cohesivos tienen una consistencia media y los suelos granulares una densidad media y llegan a profundidades que varían entre 3,5 y 4,3 m bajo la superficie.
- c) En último lugar se encuentran arcillas y limos arcillosos de color café con delgados lentes orgánicos, su consistencia media a blanda y las cuales alcanzaron la profundidad de investigación.

Se detectó agua libre a profundidades comprendidas entre 2,2 a 3,0 m bajo la superficie.

De acuerdo al estudio de suelos, el suelo es tipo D y el terreno donde se encuentra la edificación corresponde a una zona **Piedemonte A** del mapa de microzonificación sísmica de Bogotá.

- **Características de la cimentación existente**

Para establecer las características de la cimentación existente se excavaron dos apiques, uno en una de las columnas del edificio y otro en un muro de cerramiento que será reforzado.

Se encontró que el sistema de fundación está conformado por zapatas aisladas apoyadas sobre arcillas arenosas color café a una profundidad cercana a 2.2m bajo el nivel del primer piso.

La capacidad de soporte o carga de fatiga del terreno al nivel de fundación de las zapatas tiene un valor de 0,7 Kg/cm². Esta capacidad de soporte fue calculada con un factor de seguridad a la falla de 3.

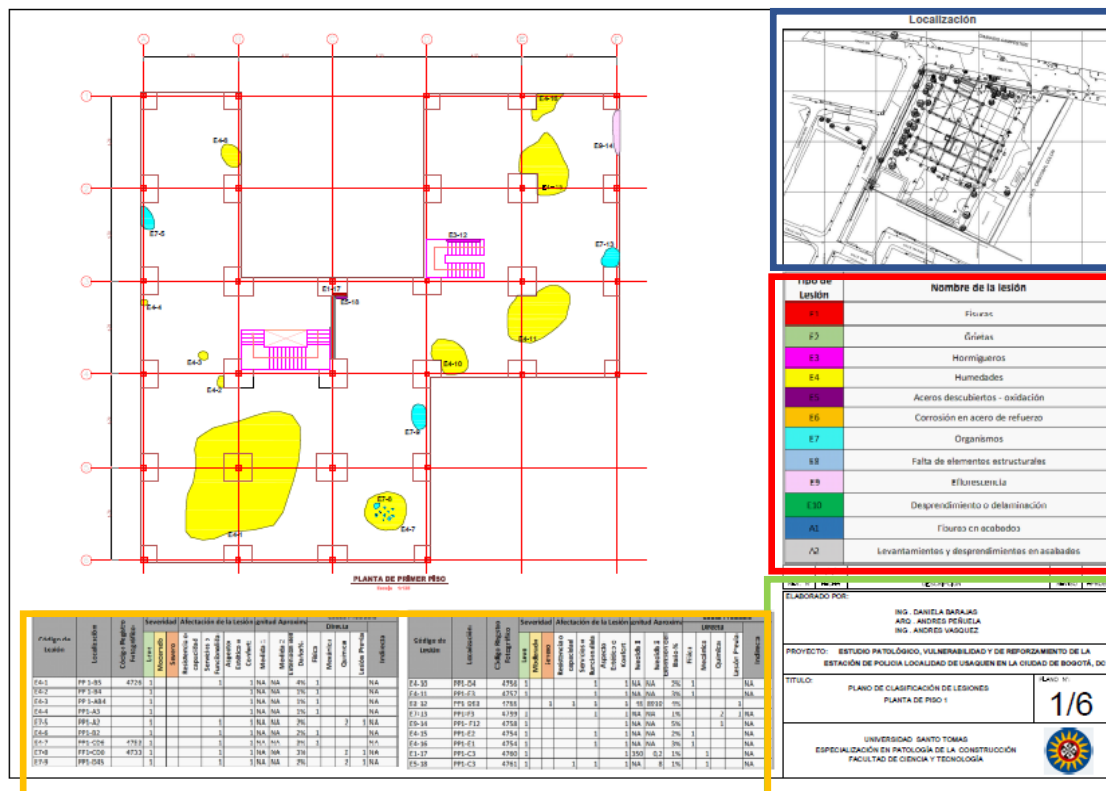
Se calcularon también asentamientos con las dimensiones de las zapatas y dieron como resultado valores cercanos a 5 cm.

6.3.5. Aplicación patológica

Esta edificación se considera geriátrica, puesto que ya tiene 27 años de construida.

6.3.6. Datos específicos de las lesiones

Los planos de levantamiento de lesiones se realizaron con el fin de facilitar la recolección de datos in situ para el personal encargado de dicha labor. Como se puede observar a continuación, la información requerida es corta pero sustancial para poder obtener resultados satisfactorios durante el proceso de análisis de resultados y, posteriores estrategias de rehabilitación para la estructura.



Plano 1. Planos de levantamiento de lesiones, Fuente: propia

En la zona posterior derecha (recuadro azul) se muestra la localización en planta de la edificación, allí se puede ver las nomenclaturas de las calles para facilitar la ubicación geográfica de la misma.

Debajo de la localización (cuadro rojo) se presentan los nombres y códigos de lesiones para facilitar el trabajo del personal, ya que esta información es necesaria para diligenciar adecuadamente los cuadros de identificación.

En el recuadro de color verde se presenta la información más importante de la edificación y el nombre de la zona (ejemplo: piso o techo).

En la zona central se muestra el plano de levantamiento, allí se presenta la ubicación exacta de las lesiones; del mismo modo, las dimensiones son muy acertadas en el caso de las humedades gracias a las líneas guías dibujadas en cada una de las plantas.

En la zona inferior de la planta (recuadro naranja) se presentan los cuadros de clasificación. Para cada una de las lesiones se tomó un registro fotográfico que permita un posterior análisis de la lesión si es necesario o requerido.

La información requerida en estos cuadros es explicada en el capítulo 6 metodología de este mismo documento y corresponden al anexo 1.

En el anexo 2 se presentan de forma detallada todas las lesiones en cada uno de los pisos y techos para cada uno de los niveles de la edificación, del mismo se muestran las lesiones en elementos verticales (columnas y muros).

Adicionalmente a los planos de levantamiento, se realizaron diferentes cuadro o fichas que representen de mejor forma la información obtenida a partir del levantamiento. Este es el caso del cuadro del anexo 3, en el cual se muestra el resumen de todas las lesiones existentes en la estructura sin presentar su ubicación sino basados únicamente en el código dado durante dicho levantamiento (ejemplo: **E4-10**).

De igual forma, en el Anexo 4 se presentan las fichas de identificación de lesiones para cada una de las zonas (piso, techo, columnas o muros); estas fichas se diferencian de los planos de levantamiento en que se muestran los porcentajes de afectación de cada una de las lesiones existentes.

A continuación, se presenta una explicación rápida de dicha ficha:

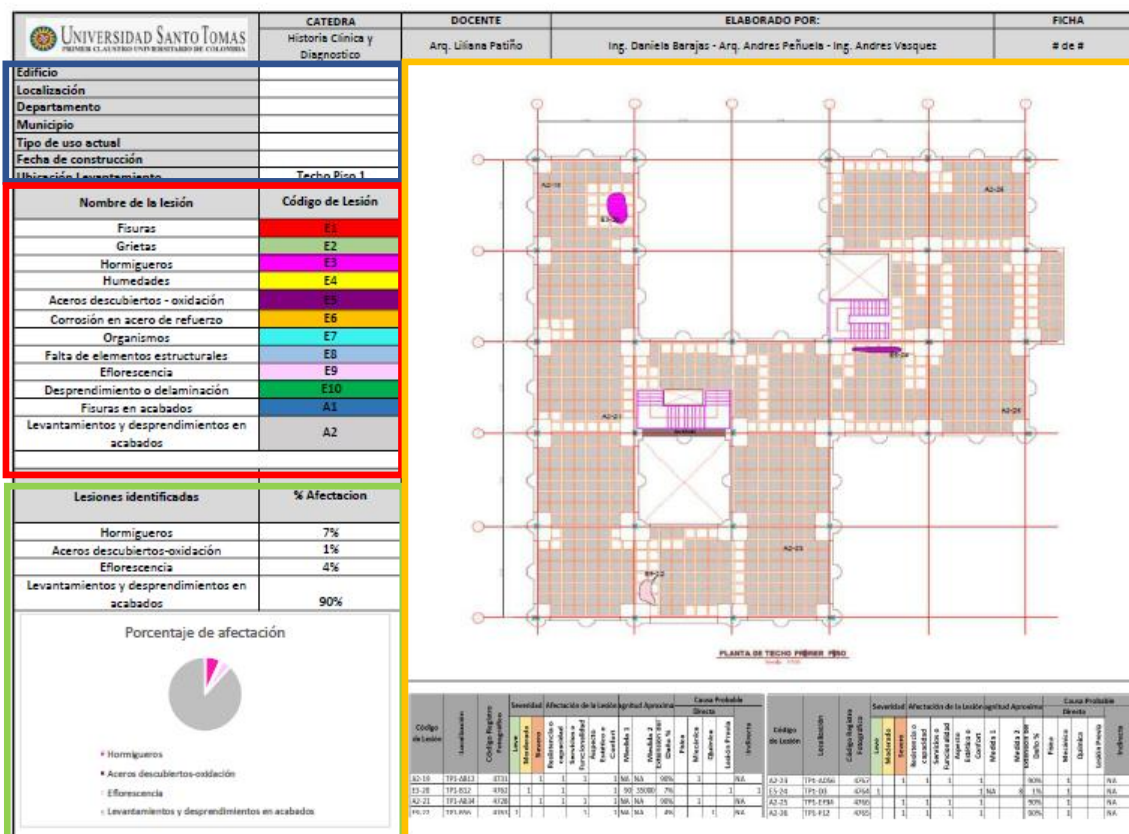


Ilustración 5. Ficha de identificación de lesiones, Fuente: propia

En la zona superior izquierda (recuadro azul) se presenta la información general y más relevante de la edificación (Localización, ciudad, entre otras). En el rectángulo rojo se presentan los nombres y códigos de lesiones establecidos en la metodología.

En la parte inferior izquierda (recuadro verde) se muestran los porcentajes de afectación de cada una de las lesiones existentes, de igual forma se presenta una gráfica que permita una mejor interpretación.

Aquí es fácil reconocer la lesión que más afecta cada zona o elemento estructural.

En el recuadro naranja se muestran la ubicación exacta de cada una de las lesiones y debajo de ellas, las tablas de clasificación documentadas durante la etapa de levantamiento (anexo 2).

6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente

A partir del levantamiento y calificación de síntomas y lesiones, se obtiene el panorama general de afectaciones visibles de la estructura. Se mostrarán a

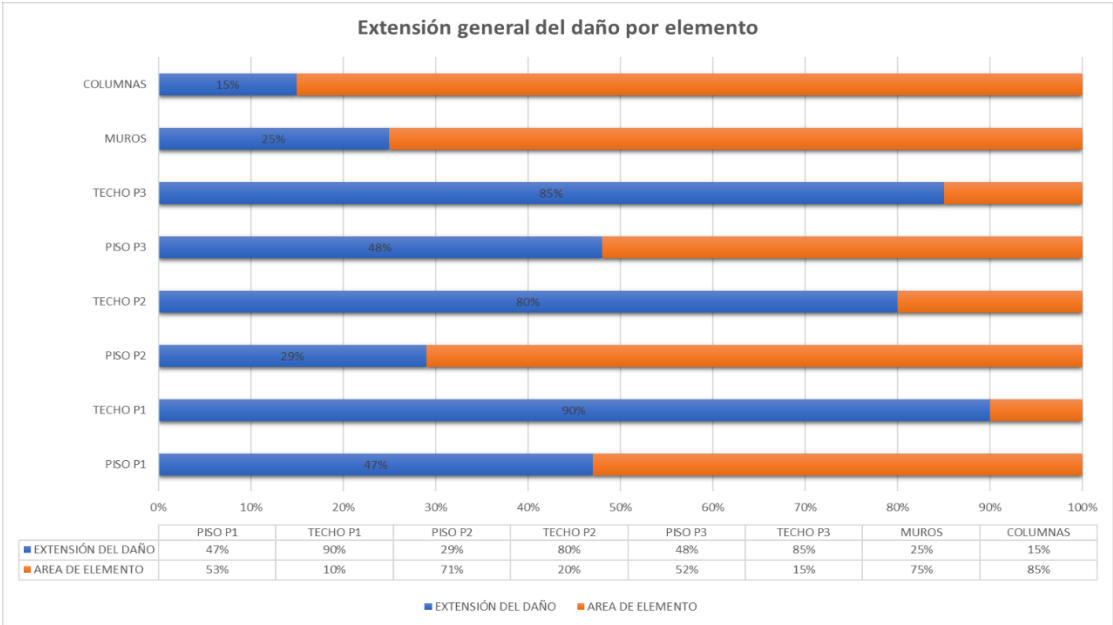
continuación los códigos de lesión y sus respectivos nombres, donde solo se mostrarán aquellas lesiones que fueron encontradas durante la inspección:

Nombre de la lesión	Código de Lesión
Fisuras	E1
Hormigueros	E3
Humedades	E4
Aceros descubiertos - oxidación	E5
Corrosión en acero de refuerzo	E6
Organismos	E7
Falta de elementos estructurales	E8
Eflorescencia	E9
Levantamientos y desprendimientos en acabados	A2

Tabla 4. Códigos de lesiones existentes en la edificación, Fuente: propia

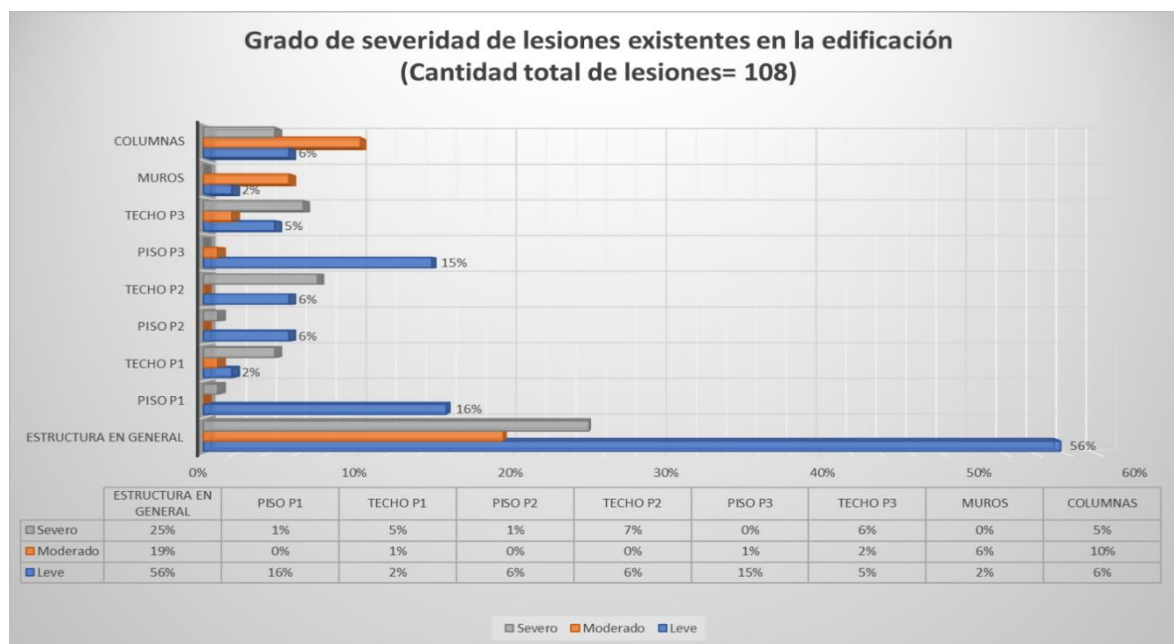
Después de realizada la visita al paciente y recolectar toda la información posible in situ de las lesiones existentes en la edificación, y partiendo de la metodología mencionada en capítulos anteriores de este mismo documento, se analizan de forma global y puntual con el fin de obtener panorama de la estructura y definir así las estrategias posteriores a tomar.

En primera medida, es importante revisar el grado de afectación de las lesiones en cada uno de los niveles de la estructura, para dicho fin se ha tomado la decisión de revisar de forma independiente los pisos y techos de cada uno de los niveles, y de forma separada las columnas y muros.



Gráfica 1 Extensión general del daño por elemento, Fuente: propia

Como se puede observar, los más afectados son los techos, los cuales en todos los casos superan el 80% del área total de estos elementos. Para los pisos, los niveles más afectados son los 1 y 3 sin superar el 50%. Los muros presentan más lesiones comparados con las columnas; es válido resaltar que son tres muros totales en toda edificación y dos de ellos tienen lesiones, por el otro lado son treinta columnas y se encontraron síntomas únicamente en siete de ellas. Dentro de los elementos llamados “techo” se evaluaron las losas, vigas y viguetas de cada uno de los niveles. Para el caso de grado de severidad, se obtuvieron los siguientes resultados para un total de 108 lesiones existentes en la estructura:



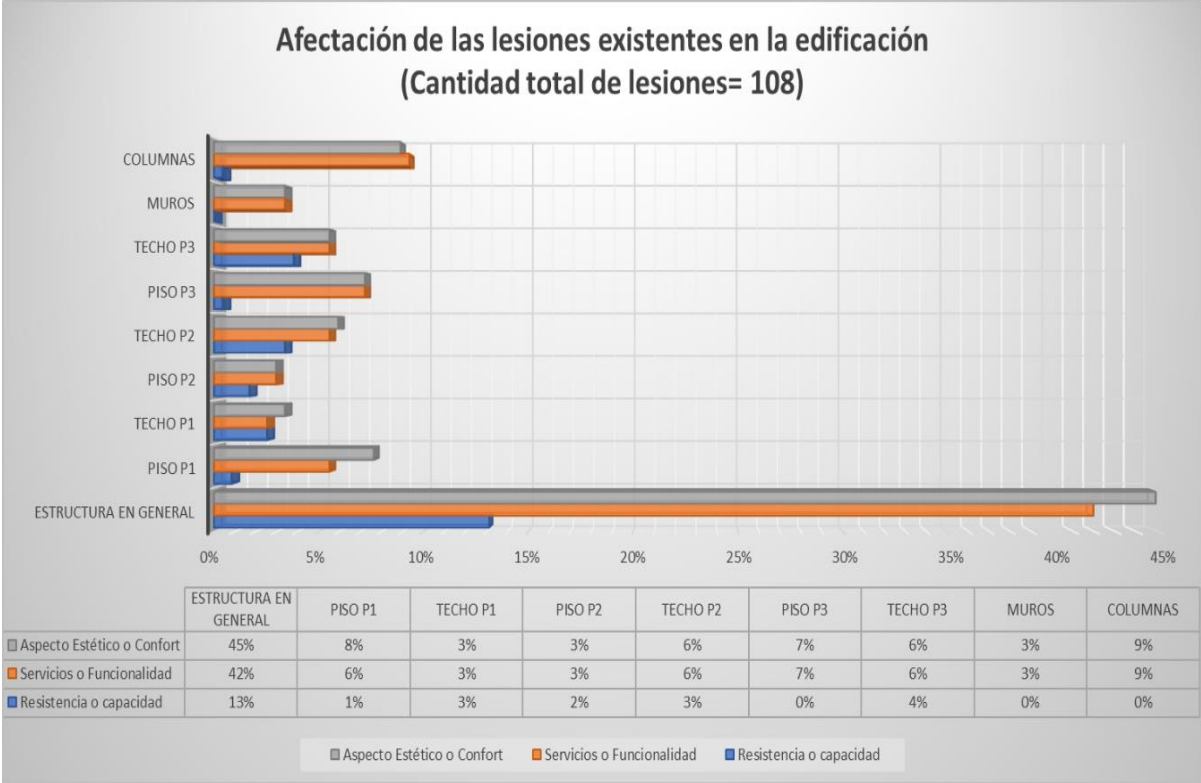
Gráfica 2. Grado de severidad, Fuente: propia

De la gráfica podemos observar que, el 56% de las lesiones totales en la edificación tienen un grado de severidad leve a partir de la metodología establecida. De igual forma, el piso del nivel 1 y 3 son los que más presentan lesiones leves con valores del 16% y 15% respectivamente. El 25% de las lesiones encontradas tienen un grado de severidad considerado como severo y el elemento estructural que más afectan son las columnas.

De igual forma se evidencia que, los techos de los pisos 2 y 3 tienen una afectación muy similar según el grado de severidad de la lesión, ya que tienen valores de 7% y 6% para severo, 0% y 2% para moderado; y 6% y 5% para leve.

El grado de severidad moderado tiene mayor presencia en las columnas y corresponde al 10% del total de este grado; adicionalmente, las lesiones en las columnas son mayores a un 1/5 del total de las lesiones (severo, moderado y leve) siendo así el elemento estructural más afectados (21%). Los muros tienen bastantes fisuras con longitudes considerables por lo que su afectación se encuentra como moderada con un valor de 6%.

Determinar el aspecto afectan las lesiones a los elementos estructurales es importante, es por esto que se revisa si su influencia es únicamente en el aspecto físico y de funcionalidad o si alcanzan a actuar en la estabilidad y resistencia misma de la estructura.



Gráfica 3 Afectación de lesiones existentes, Fuente: propia

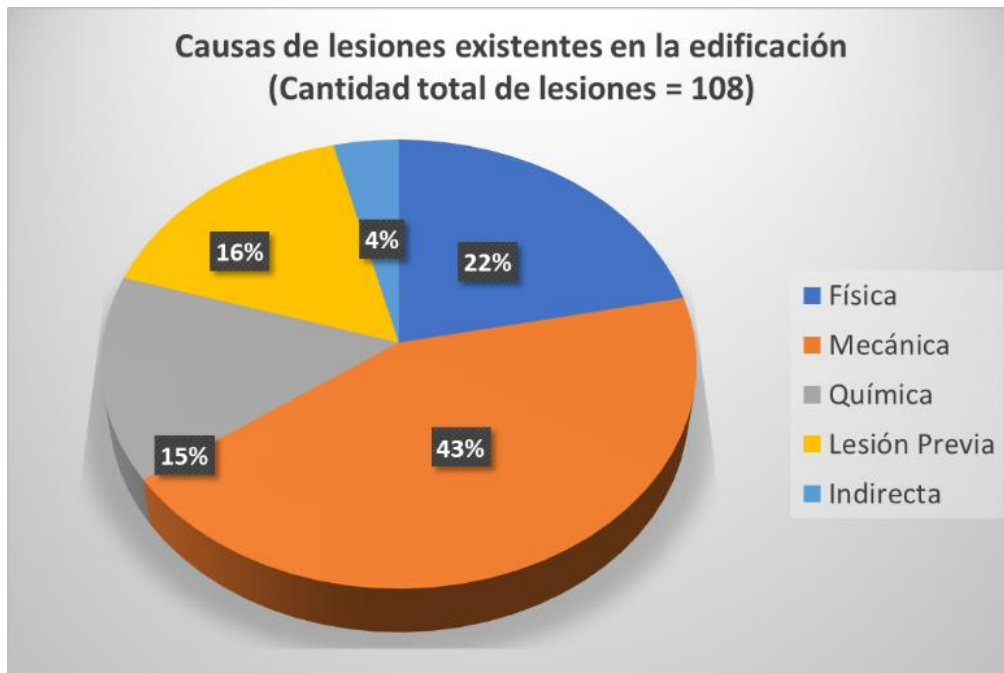
Se determinó que el 45% de las 108 lesiones existentes afectan únicamente el aspecto estético o confort de la edificación; en segunda medida, se ve afectado el servicio y funcionalidad de la misma con un valor del 42%. Del mismo modo, la resistencia o capacidad del elemento y del edificio en su globalidad están siendo afectados por un 13% de las lesiones existentes, pero no se presentan en las columnas y muros los cuales son fundamentales para la estabilidad de la estructura.

Las lesiones en los techos de los pisos 2 y 3 son los que afectan en mayor medida la resistencia, pero su presencia es mínima 3% y 4% respectivamente, más que todo se presentan en viguetas las cuales no hacen parte del sistema de resistencia sísmica.

En los pisos de los niveles 1 y 3, y en las columnas es donde se presentan la mayor cantidad de lesiones, pero afectan únicamente el aspecto estético del elemento.

A partir de los resultados, se puede ver que la mayoría de las lesiones consideradas que afectan el aspecto estético también se calificaron que influyen en el servicio o funcionalidad del elemento, es por esta razón que los valores de las filas 1 y 2 de la tabla en la zona inferior de la gráfica tienen los mismos valores.

Determinar las causas de las lesiones es importante para buscar propuestas de intervención y, de igual forma analizar la razón o falencias que existen en la estructura que permiten la presencia de cada uno de los síntomas.



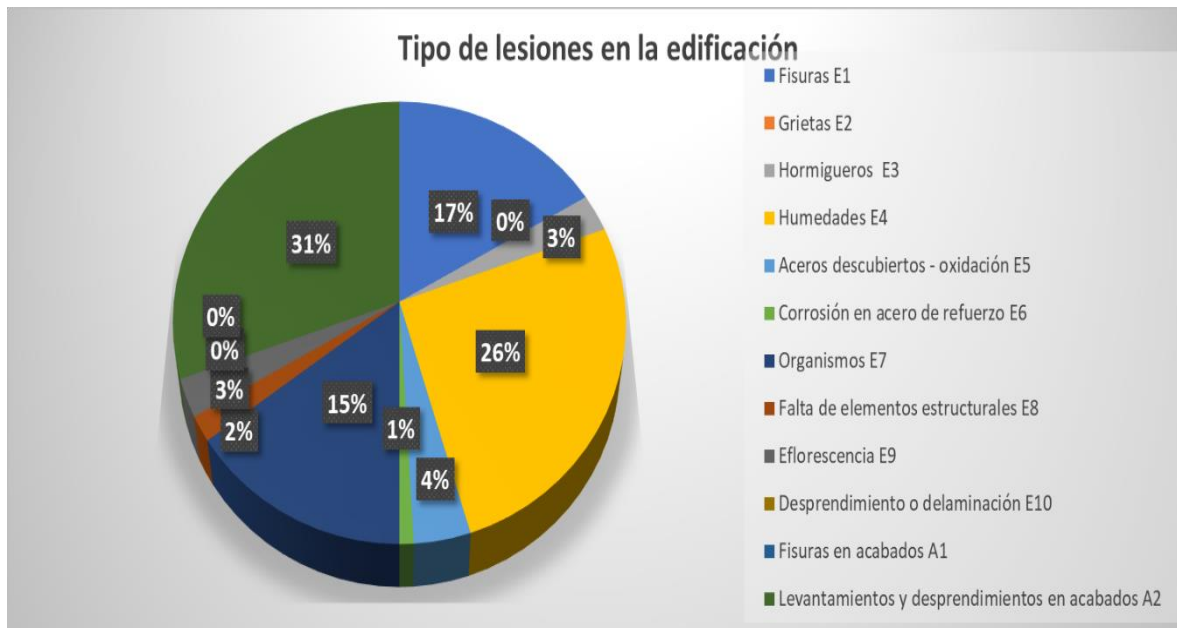
Gráfica 4 Causas de lesiones, Fuente: propia

Se observa que el 43% de las lesiones tienen causas mecánicas (fisuras, grietas, desprendimientos). Este resultado es como consecuencia de las múltiples fisuras encontradas en los muros estructurales las cuales tienen grandes longitudes, y principalmente a los desprendimientos de los acabados en techos (superan el 80% en cada nivel) y columnas.

En segundo lugar, se ubican las físicas con una participación del 22%. Es importante resaltar el valor de 4% para causas indirectas correspondientes a deficiencias durante el proceso constructivo.

Las lesiones previas (16%) son las humedades las cuales han causado posteriores organismos, es por esta razón que existe una relación muy cercana entre los resultados de causas lesiones previas y químicas. Las causas mecánicas son casi el doble de las físicas.

Hasta el momento encontramos que las causas más frecuentes en la estructura son las mecánicas correspondientes a levantamiento y desprendimiento de acabados, pero las humedades también tienen un porcentaje alto de presencia como se puede ver a continuación:



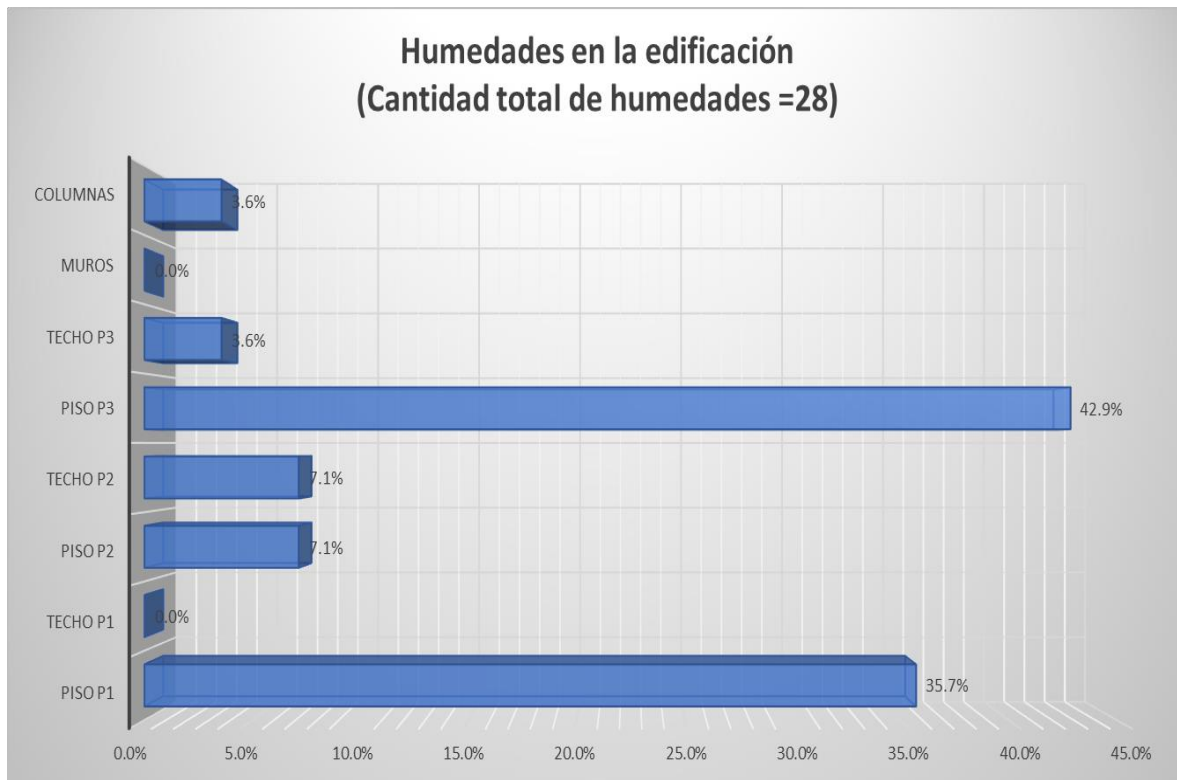
Gráfica 5 Tipos de lesiones, Fuente: propia

A pesar que, los levantamientos y desprendimientos de acabados se deben a causas mecánicas y son la mayor lesión existente, se determinó que en esta edificación en particular no se deben a este tipo de causas, sino que corresponden a extracciones manuales de personas inescrupulosas que las realizaron de forma indebida; esto lo menciona el personal que frecuenta estas instalaciones y las cuales fueron objeto de entrevistas del personal que elaboro este informe. Por el anterior motivo, no se estudiarán a fondo dichas lesiones, ya que los resultados se tornarían erróneos.

Las lesiones como grietas (E2), desprendimientos o delaminaciones (E10) y fisuras en acabados (A1) no se presentan en la edificación. Las grietas influyen significativamente en la resistencia mecánica de los elementos estructurales por ende es buena noticia su inexistencia aquí.

Los hormigueros (E3) se encuentran en pequeñas zonas de las placas de entepiso al igual que las eflorescencias (E9) sin superar una presencia del 3% de todas las lesiones encontradas.

Las humedades tienen una presencia del 26% dentro de las 108 lesiones existentes; en la mayoría de las humedades el efecto posterior son los organismos, los cuales también tiene una existencia importante (15%). Lo anterior nos lleva a pesar que si no se toman medidas de protección tempranas todas las humedades se convertirán en organismos, empeorando el aspecto estético de la estructura.

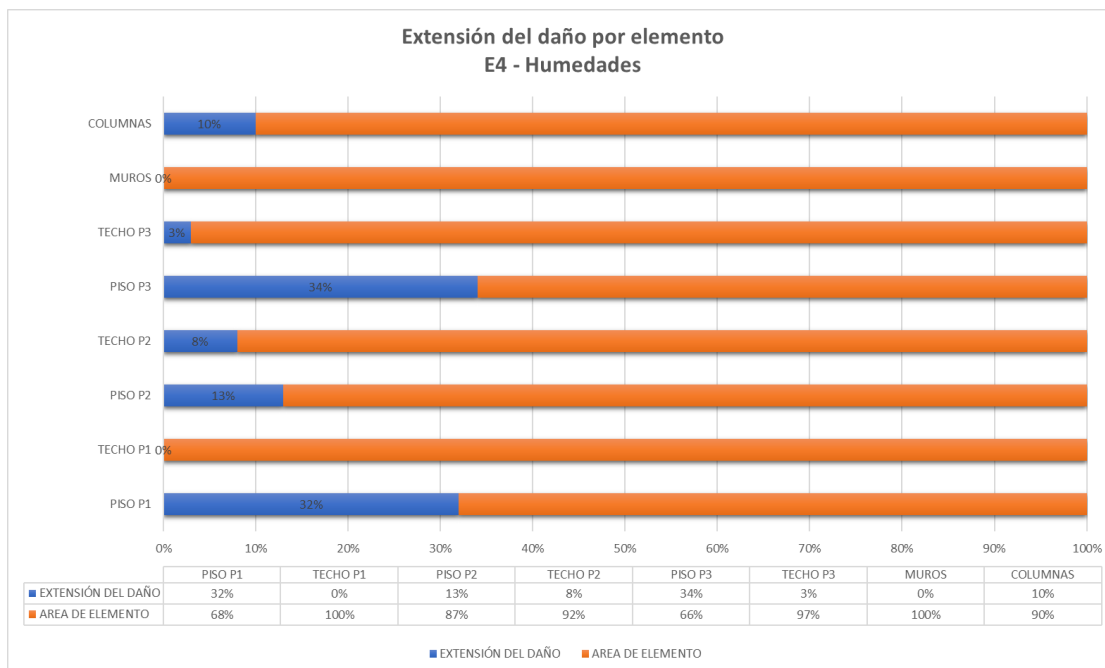


Gráfica 6 Humedades en la edificación, Fuente: propia

Pensando únicamente en las humedades (28) podemos observar que existen en mayor medida en los pisos del nivel 1 y 3 con valores 35.7% y 42.9% respectivamente. Lo anterior es el resultado de una estructura que no cuenta con protección (muros de fachadas) frente a la lluvia. Se podría pensar que el piso del nivel 2 no ha sido muy afectado por la presencia de la placa del nivel 3.

De igual forma, en esta estructura se puede ver que a pesar que existen humedades en el piso del nivel 3 estas no han filtrado al techo del nivel 2, lo que nos lleva a concluir que la placa en concreto no es muy permeable y es posible que el agua no haya alcanzado el refuerzo de la placa, vigas y viguetas.

La presencia de humedades en los elementos verticales (columnas y muros) tiende a ser nula, se podría pensar que es debido a que las aguas lluvias “escurren” por estos elementos sin permitir estancamientos.



Gráfica 7 Extensión de humedades por elemento, Fuente: propia

Las humedades del piso del nivel 3 tienen una extensión del 34% del total del área de la placa de entrepiso, y el piso del nivel 1 un 32% en ningún caso se supera el 50% del área.

6.3.8. Clasificación y origen de las patologías

En la edificación se observó una cantidad significativa de lesiones que, en su mayoría, afectan como mínimo, el aspecto, confort y sensación de seguridad y calidad frente a sus ocupantes. Así mismo, afectan las condiciones de durabilidad sin verse comprometida la estabilidad de la misma. La mayoría de lesiones, síntomas o defectos tienen su origen debidos a desprendimientos o procesos no conformes de protección frente a agentes externos (humedades).

Las lesiones con mayor grado de extensión de daño o afectación, corresponden a levantamientos y desprendimientos en acabados (A2), humedades (E4) y organismos (E7), que tienen como causa primaria el abandono y retiro de fachadas de la edificación, lo que facilitó el ingreso de la lluvia al interior de la estructura y, posteriormente a la aparición de organismos.

Los desprendimientos en los acabados son las lesiones que mayor incidencia tienen en la estructura, pero no comprometen en ningún sentido la resistencia y capacidad de los elementos estructurales, su presencia se evidencia principalmente en los techos de cada uno de los niveles.

Se observó una afectación importante en las condiciones de servicio y funcionalidad de la estructura, así como un impacto considerable en los materiales de acabados por la presencia de humedades (E4) y organismos (E7). Frente a este tipo de lesiones, se concluye según su intensidad y ubicación, particularmente concentradas en las placas de piso sin permeabilidad a los techos de los niveles inferiores, que principalmente son debidas a filtraciones teniendo un aumento considerable en épocas de invierno.

Igualmente, se observó la existencia de fisuras en muros estructurales, a pesar que sus longitudes son importantes, sus profundidades y espesores no lo son, por ende, no afectan de ninguna forma la resistencia mecánica de estos elementos. La causa de dichas lesiones son esfuerzos térmicos causados en puntos con cambios bruscos de rigidez y restricciones, o por esfuerzos durante el fraguado y curado del concreto que no fueron tratadas adecuadamente. Lo mencionado anteriormente también ocurre en las columnas de concreto reforzado, las cuales poseen algunas fisuras con profundidades menores a 0,5 cm; de igual forma, estas se presentan de forma dispersa con una tendencia horizontal sin ningún tipo de secuencia, lo que indica en todos los casos que no corresponden a sobreesfuerzos de corte, torsión o flexión en dichos elementos estructurales.

Una de las lesiones que tienen poca extensión pero que influyen de gran manera en la respuesta de la estructura frente a fuerzas horizontales (sismos) es la llamada “falta de elemento (E8)”, la cual es este caso puntual corresponde a la inexistencia de un elemento (viga) que permita la unión adecuada entre los muros de concreto y el resto de la edificación, lo que no permite un adecuado comportamiento estructural; en pocas palabras, los muros no están cumpliendo su función de disipar energía sísmica sino que actúan únicamente como elementos de fachada.

En este edificio, al momento de las inspecciones, no se observaron fisuras en placas reflejadas sobre acabados (piso) provenientes u originadas por deformaciones o deflexiones excesivas, lo que refleja un estado óptimo para el caso de placas de entrepiso y por defecto de techos.

6.3.9. Datos generales del entorno

La edificación se encuentra ubicada en la UPZ número 11, la cual cuenta con 26 barrios, caracterizada por ser una zona residencial de urbanización incompleta, localizada en el área central de la localidad de Usaquén, tiene una extensión de 275,3 hectáreas, limitando con la calle 165 en la cual se encuentra ubicada la estación de policía.

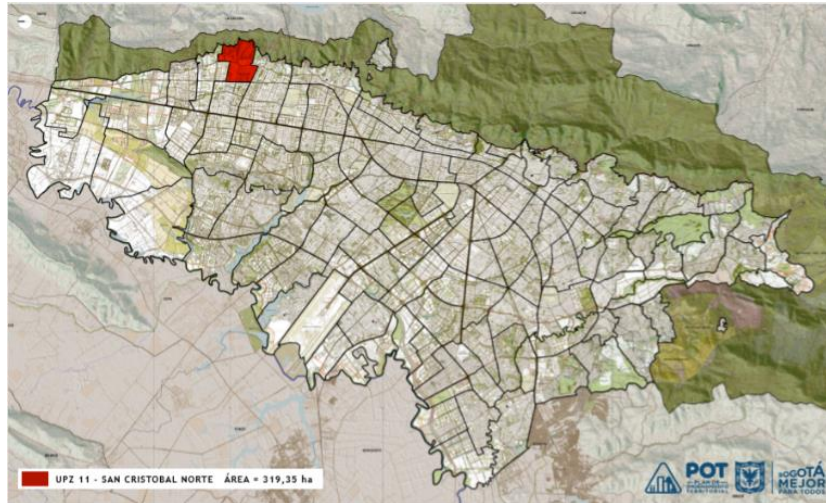


Ilustración 6. Ubicación UPZ 11 San Cristóbal norte, Fuente: www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf

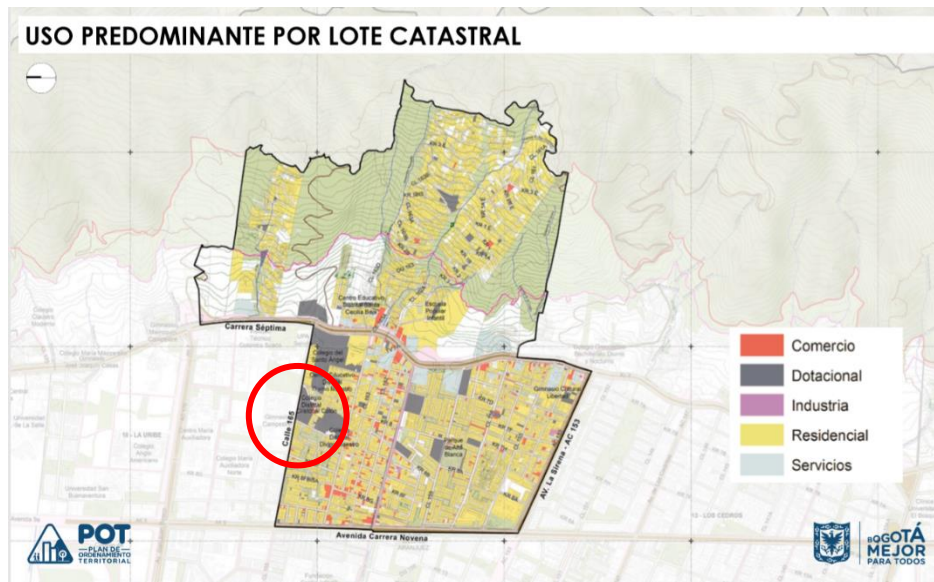


Ilustración 7. Uso predominante por Lote catastral - Dotacional, Fuente: www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf

El uso predominante por lote catastral corresponde al uso dotacional por manzana, entre los cuales podemos encontrar parques, colegios, instituciones gubernamentales y educativas, entre otras.

- **Edificaciones y obras vecinas**

Las edificaciones colindantes al paciente seleccionado tienen usos variados entre los cuales se encuentran residencial, comercial y educativo. Constan de 2 a 4 pisos en su estructura.

La estructura limita al norte con la calle 165, al sur con la calle 163 a, al oriente con la carrera 7 H, y al occidente con la carrera 8c.

El paciente seleccionado cuenta con edificaciones vecinas de uso institucional como la biblioteca pública Usaquén servita, el centro de desarrollo Simón Bolívar, el Cade de Usaquén, la subdirección local de integración y edificaciones de uso recreativo como el centro deportivo servita.

- **Medio Ambiente**

La edificación se encuentra localizada en la ciudad de Bogotá DC, alrededor de 2650 msnm y una humedad relativa entre 75% y 80%.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT, 2004) para la ciudad de Bogotá, la estructura ambiental y de espacio público para la ciudad de Bogotá, la estructura se encuentra rodeada por las siguientes aéreas:

- Áreas protegidas del orden distrital: Son consideradas iniciativas de conservación y se encuentran clasificadas en dos tipos; el primero es el parque ecológico distrital de humedal y el segundo es el parque ecológico distrital de montaña.
- Conectores ecológicos: En esta categoría se encuentran clasificados las rondas hidráulicas de los nacimientos, quebradas y ríos.
- Parques y zonas verdes recreativas: Se consideran dentro de esta categoría los parques y zonas verdes recreativas clasificadas de la siguiente manera: parque metropolitano, parque zonal, parque vecinal y parque de bolsillo.

A continuación, se muestra el mapa con la ubicación de la edificación y sus alrededores:

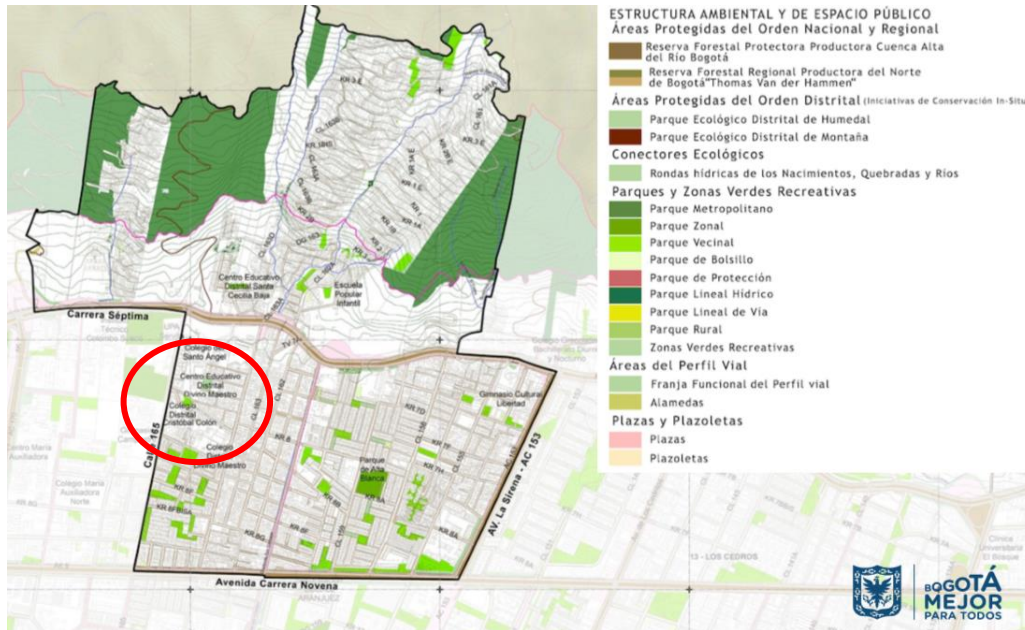


Ilustración 8. Estructura ambiental y de espacio público, Fuente: www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf

Alrededor de la edificación se encuentran grandes concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) provenientes de las emisiones de gases vehiculares e industria la cual es muy frecuente para esta ciudad.

- **Temperatura**

La medición de la temperatura para la localidad de Usaquén se realiza mediante la estación meteorológica Usaquén Santa Ana, la cual es monitoreada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

Tabla 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

No	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	CAT.	ELEVACIÓN	CÓDIGO	ENTIDAD
23	UNIV. NACIONAL OMN.	04°38' 17,3"N	74°05' 20,3"W	CP	2576	2120622	IDEAM
24	USAQUÉN SANTA ANA	04°41' 19,9"N	74°01' 31,0"W	PG	2690	2120111	EAAB
25	VENADO DE ORO	04°35' 53,3"N	74°03' 54,0"W	CO	2757	2120558	IDEAM
26	VITELMA	04°34' 31,0"N	74°04' 18,8"W	CP	2802	2120524	EAAB

Ilustración 9. Estación meteorológica Usaquén Santa Ana, Fuente:

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATICA+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa>

Valores de temperatura máximos, medios y mínimos diarios registrados por la estación Usaqué santa Ana.

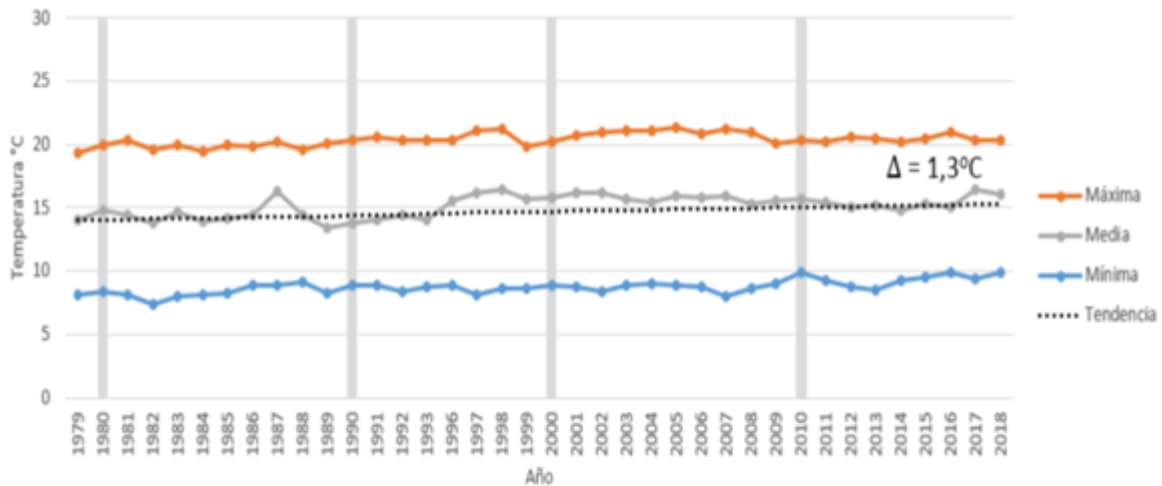


Ilustración 10. Gráfica Temperatura Vs Años, Fuente: <https://www.idiger.gov.co/web/guest/precipitacion-y-temperatura>

- **Precipitaciones**

Las precipitaciones registradas en la localidad de Usaqué se miden mediante la lluvia acumulada anual registrada en la estación meteorológica Usaqué Santa Ana.

En la gráfica mostrada a continuación se presentan niveles de precipitación máximos y mínimos de 1800 mm y 600 mm respectivamente.

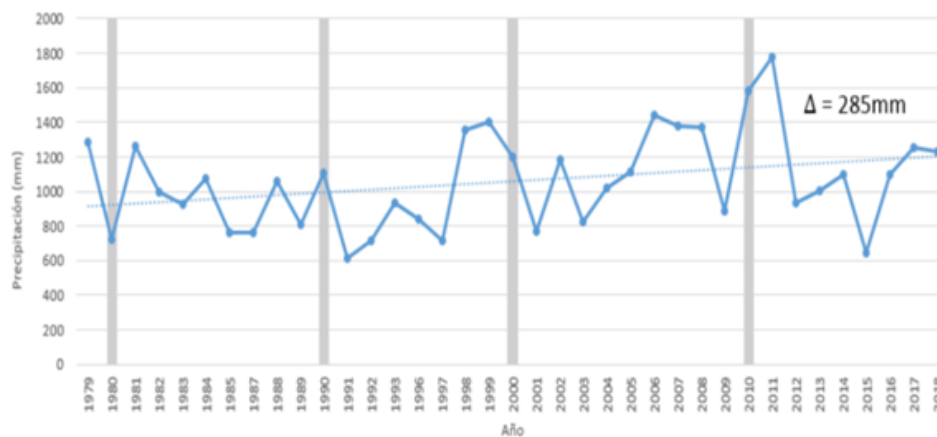


Ilustración 11. Gráfica Precipitación Vs Año, Fuente: <https://www.idiger.gov.co/web/guest/precipitacion-y-temperatura>

- **Nivel freático y escorrentías**

De acuerdo al estudio de suelos realizado por la empresa Alfonso Uribe S y Cia S.A. y como lo presentan en su documento técnico el nivel freático aparente se encuentra a una profundidad aproximada de 2.2 a 3.0 m por debajo del nivel actual del terreno.

Cabe resaltar que la cimentación de la edificación existente se encuentra a una profundidad de 2.2 m, lo que nos lleva a concluir que ésta no se encuentra bajo los efectos permanentes de agua.

- **Velocidad del viento**

Para la localidad de Usaquén se tienen valores de velocidad del viento entre 1.5 a 2.5 m/s.

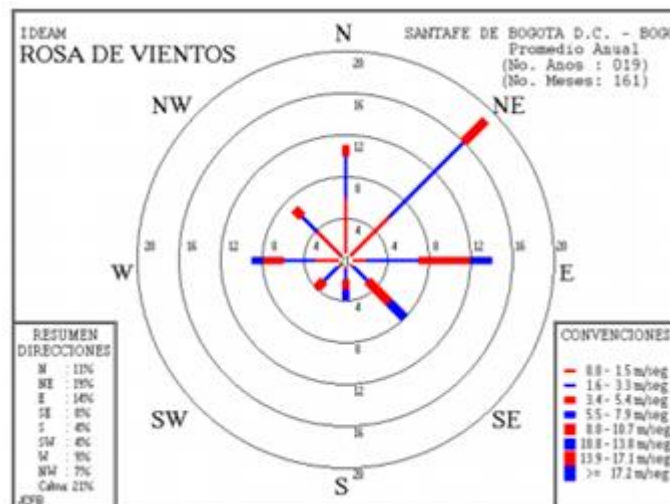


Ilustración 12. Rosa de los vientos, Fuente: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/rosas/viento.html>

- **Topografía**

Se desarrolla el levantamiento topográfico con coordenadas perteneciente a la red Magna Sirgas. Este se realiza con una poligonal interna para radiar desde cada vértice con ayuda de una estación TOPCON SOKIA SET 3.

El terreno presenta una superficie relativamente plana, con diferencias de nivel no mayores a 0,3 m bajo la superficie.

6.3.10. Arquitectura – Descripción general

El proyecto arquitectónico consta de tres pisos y cubierta en concreto reforzado; el nivel de cimentación se encuentra a una cota estructural de N-2.20.

Actualmente, la estructura no cuenta con ningún tipo de acabados de cielo raso o pisos ya que la estructura se encuentra abandonada. De igual forma, no existen muros divisorios y de fachada.

A pesar de lo mencionado, dentro del registro fotográfico fue posible revisar la arquitectura existente en el año 2010:

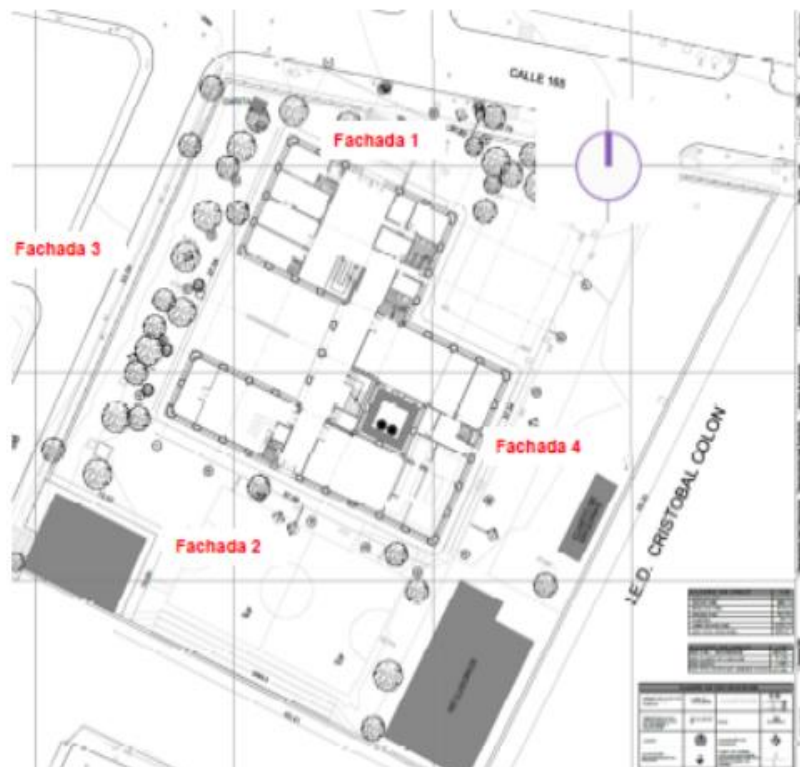


Ilustración 13. Identificación de fachadas en la edificación, Fuente: Policía Nacional de Colombia

En la fachada principal se podía observar un balcón aproximado de 1.2 m con un antepecho en mampostería, y en la zona superior un marco de aluminio con vidrio.



Fotografía 12. Fachada 1 Fachada principal, Fuente: Policía Nacional de Colombia



Fotografía 13. Fachada 4, costado oriental, Fuente: Policía Nacional de Colombia

Las ventanas de fachadas constaban de un marco en aluminio; todas ellas apoyadas sobre un antepecho de mampostería, y con altura igual hasta alcanzar la viga de entrepiso.



Fotografía 14. Fachada 2 Costado sur, Fuente: Policía Nacional de Colombia



Fotografía 15. Fachada 2 Costado sur, Fuente: Policía Nacional de Colombia

Como se puede observar en todas las fachadas existen muros de mampostería de arcilla pañetados y pintados con vinilo color verde.

La arquitectura al interior de la edificación según lo descrito por el personal constaba de algunas divisiones en mampostería en algunas zonas y en otras en particiones livianas tipo melanina y acrílico. Del mismo modo los acabados correspondían a baldosa cerámica y el cielo raso en drywall.

La siguiente fotografía fue tomada tiempo después de ser removidas fachadas y algunos acabados de la edificación.



Fotografía 16. Edificación sin fachadas y acabados, Fuente: Policía Nacional de Colombia

- **Calificación Arquitectónica**

Debido a la poca información encontrada en los documentos suministrados por los propietarios de la edificación (planos Arquitectónicos y estructurales, estudios, registro fotográfico), y el estado actual en el que se encuentra la edificación se pueden observar unas imprecisiones arquitectónicas y constructivas tanto en planta como en altura, se clasificó el paciente en la aplicación patología geriátrica dado el número de años que ya tiene la estructura, los acabados instalados al momento de su construcción actualmente han sido retirados por los propietarios.

La edificación en la actualidad se encuentra comprometida en su gran mayoría por el grado de abandono en el que se encuentra, algunos de los muros y techos actuales se encuentran con grietas y daños considerables en los acabados instalados, luego de revisar la edificación y evaluar el estado de la misma podemos afirmar que se encuentra seriamente averiada, con un índice de daño alto.

- **Estilo Arquitectónico**

El estilo arquitectónico de la edificación es moderno, “La arquitectura moderna se caracteriza por un diseño simple, líneas rectas y ninguna ornamentación.

Las características del diseño moderno es centrarse en la función, la simplicidad y el orden.” (Campo, 2016, p.33), la edificación se caracteriza por tener columnas de fachada ocultas a simple vista, ya que se encuentran cubiertas por muros en mampostería.

- **Contexto Histórico**

“La Unidad de Planeamiento Zonal, **No. 11, SAN CRISTÓBAL NORTE**, se elaboró de conformidad con las disposiciones contenidas en los artículos 49, 50, 158, 295 a 300, 334, 385, 386 y 387, del Decreto Distrital 190 de 2004” (POT, 2004).

En este marco, la norma de la Unidad de Planeamiento Zonal, número 11 denominada San Cristóbal Norte, se desarrolla como una herramienta de ordenamiento territorial, adopta una estructura básica de ordenamiento para la Unidad de Planeamiento Zonal, estableciendo prioridades de acción e instrumentos de gestión, en función de acercar la toma de decisiones a la escala zonal y a los actores involucrados, propendiendo al acceso de una mejor calidad de vida urbana de los habitantes.

- **Contexto Económico**

En la UPZ 11 se localizan 91 empresas de Bogotá, equivalente al 0,44% del total de la ciudad. La actividad empresarial de la localidad se concentra en el sector servicios (3,91%), industria (0,45%) y construcción (0,31%).

Los sectores económicos en los que se encuentra el mayor número de empresas de la UPZ San Cristóbal norte son: comercio (1,42%), servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler (1,12%), intermediación financiera (0,31%) y hoteles y restaurantes (0,24%).

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, el uso del suelo urbano de la UPZ San Cristóbal Norte se divide en seis áreas de actividad económica así como también se encuentra dividida Usaquén: residencial (2,76%), área urbana integral (0,95%), dotacional (0,85%), comercio y servicios (0,20%), y área de actividad central (0,1%).

- **Contexto Social**

La UPZ número 11 conocida como San Cristóbal Norte se encuentra ubicada en la localidad de Usaquén. Para la zona de estudio se conoce que el porcentaje de mujeres equivale a 2,71% mientras que los hombres se encuentran en 2,1%.

En San Cristóbal norte se presentan las clases media y alta con un porcentaje del 1,57% de los predios siendo de estrato 4, y un porcentaje del 98,43% considerado estrato 3.

Para evaluar la calidad de vida y el contexto social de la unidad de planeamiento zonal se encontró que los usuarios residenciales son los que mejor evalúan la calidad en la prestación de los servicios y la mayor cobertura para la zona mencionada. Dando un valor numérico de 4.1 / 5.0.

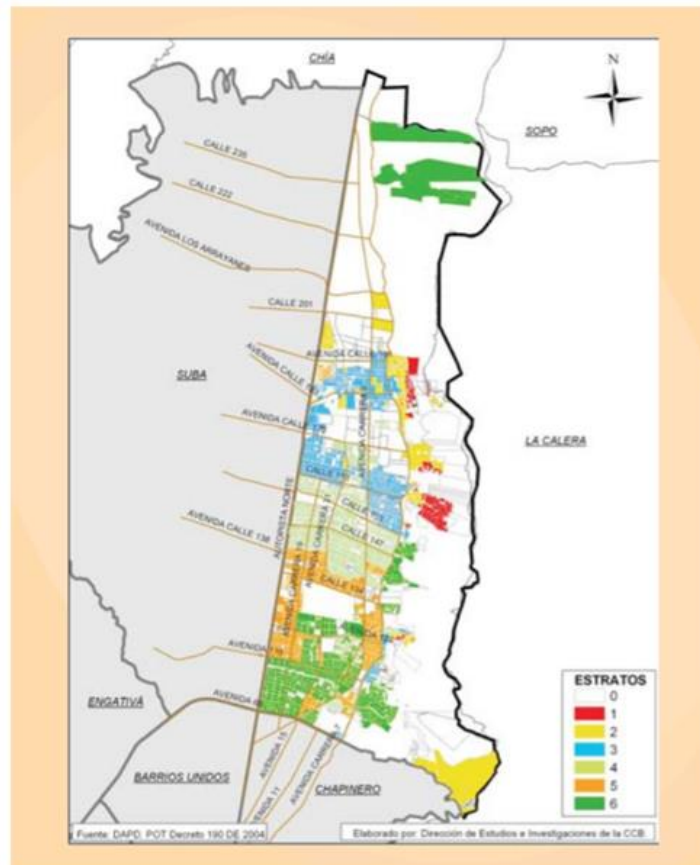


Ilustración 14. Estratificación Socio económica, Fuente: https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2880/6223_perfil_economico_usaquen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Una característica de la estructura de la población de la unidad de planeamiento zonal es el poco porcentaje de participación de jóvenes: el 6,29% es menor de 25 años.

- **Contexto Geográfico**

La UPZ San Cristóbal Norte se localiza en la localidad de Usaquén, tiene una extensión de 275,3 hectáreas, equivalentes en porcentaje a un 7,23% del total de área de las UPZ de esta localidad. Limita, al norte, con la Calle 165 y con una línea quebrada que parte en la Avenida Alberto Lleras Camargo o Avenida Carrera 7 entre la Calle 168 y la Avenida San Juan Bosco o Avenida Calle 170 y termina en el perímetro urbano; por el 13 oriente, con la Avenida Alberto Lleras Camargo o Avenida Carrera 7 y el perímetro urbano; por el sur, con la Calle 155B, la Calle 155C, y la Avenida La Sirena o Avenida Calle 153; y por el occidente, con la Avenida Laureano Gómez o Avenida Carrera 9.

- **Materiales de elementos no estructurales**

Para la elaboración de las especificaciones de construcción después de realizado el informe de vulnerabilidad, es de suma importancia tener en cuenta todas las especificaciones sobre pinturas, baldosines, carpintería, formaletas, etc que especifica la Policía Nacional al momento de realizar un proyecto, puntualmente la Dirección Administrativa y Financiera. Las especificaciones de concreto y acero se conocerán al momento en que se realicen los respectivos ensayos.

LISTADO DE MATERIALES
Los insumos básicos y los sitios de aplicación en el proyecto para la elaboración de las correspondientes especificaciones técnicas.
Mampostería
• Ladrillo Tolete Macizo
o Espesor 25 cm
o Espesor 12 cm
• Bloque No 4
• Bloque No 5
Acabados
• Pañete muros interiores y exteriores
• Enchape Cerámico
• Estuco y Vinilo 3 manos
• Pisos
o Baldosa de granito
o Madera del tipo incienso o granadillo
o Baldosa cerámica
o Tablón de gres tradicional
• Guarda escoba
• Escalera en granito

• Loseta de cemento
• Cielo Raso
o Dry Wall
o Lámina de fibra mineral
<i>Carpintería Metálica</i>
• Ventanería en aluminio proyectante
• Puertas y marcos en aluminio.
• Barandas para escaleras
<i>Carpintería Madera</i>
• Lockers alojamientos patrulleros
• Closets en madera
• Puertas interiores en madera
<i>Aparatos</i>
• Mesones en concreto, acabado en granito pulido
• Sanitarios
• Lavamanos
• Orinales.
• Duchas
<i>Acabado de Cubierta</i>
• Teja de zinc trapezoidal

6.3.11. Estructura – Descripción general

Conforme a la antigüedad de la edificación, sus métodos constructivos, calidad de los materiales y conservación, para los fines de lo previsto en A.10.4.3.4., A.10.2.2.1. y A.10.2.2.2. de la NSR-10, se califica la edificación así:

- Calidad del diseño y la construcción de la estructura original: BUENA

De acuerdo con la Norma NSR-10, esta calificación se define en los términos de la mejor tecnología existente para la época en que se construyó la edificación. Para este caso, el método estructural utilizado era la mejor opción en el año 1993 según las condiciones que establecía el diseño estructural.

Después de recorrer, inspeccionar y evaluar la calidad de la estructura se aprecia que se trata de una edificación desarrollada con la mejor técnica constructiva de su época. Se puede reconocer una aceptable conformación de su estructura en cuanto a geometría y buen aspecto de los elementos estructurales.

Para efectos de aplicar la Tabla A.10-4-1 contenida en la NSR-10 respecto a la calificación del diseño y la construcción, se considera que es BUENA.

- Estado de la estructura: **REGULAR**

No se aprecian manifestaciones de daño que indiquen problemas estructurales que influyan en el colapso del paciente, incluido las posibles patologías que podría generar un asentamiento o inconvenientes relacionados con la cimentación. Por las razones anteriores, la calificación del estado de la estructura existente de acuerdo con la Tabla A.10-4-1 establecida en la NSR-10 es **REGULAR**.

Frente al estado de la estructura, existen claras evidencias que durante su uso habitual y a pesar del transcurso del tiempo en estado de abandono no se ha afectado de forma física o química ninguno de los elementos estructurales que componen la edificación; pero con el fin de realizar un reforzamiento conservador y teniendo en consideración las grandes humedades existentes se toma la decisión de clasificarla como **REGULAR**.

6.4. DIAGNÓSTICO

6.4.1 Causas de las lesiones mecánicas, físicas y químicas en la estructura

Después de realizados los estudios para evaluar las condiciones actuales de la edificación y constatar las hipótesis planteadas inicialmente, se pudieron determinar las causas reales que han dado origen a las diferentes lesiones encontradas de forma global o puntual dentro de la estación de policía localizada en la localidad de Usaquén.

Como se presentó en capítulos anteriores las lesiones que tienen mayor influencia en la estructura son: Levantamientos y desprendimientos de acabados (A2), humedades (E4), organismos (E7), fisuras en muros y columnas (E2) y falta de elemento (E8); a pesar que en la estructura existen otro tipo de lesiones, se consideran poco importantes ya que su porcentaje de existencia es menor al 4%, y adicionalmente no comprometen en ninguna medida la estabilidad o durabilidad de la misma.

Para el caso de las humedades, esta lesión tiene una participación importante siendo la segunda más recurrente dentro de todas las afectaciones, éstas suman el 26% de todas las lesiones existentes dentro de las 108 encontradas en la estructura. Dentro de la edificación podemos encontrar tres tipologías diferentes de humedades como lo son: por filtración, consolidación y capilaridad.

Antes de describir cada una de las causas, es relevante mencionar por qué se presentan dicha lesión en los elementos de concreto reforzado; “cuando en un elemento existe un porcentaje de agua mayor al normal que puede soportar un material, en este caso el concreto, esta saturación tiende a reflejarse en el exterior y se conoce como humedad” (Broto, 2006).

Las humedades por filtración las podemos evidenciar en los entrepisos de los niveles 2 y 3 así como el contrapiso del primer nivel, su causa principal son las aguas lluvias las cuales ingresan de forma libre al interior de la estructura ya que esta no cuenta con ningún tipo de protección (los muros de cerramiento fueron retirados) frente a este fenómeno natural. Adicionalmente, se suma que los entrepisos no cuentan con ningún tipo de desagüe que permita el desalojo inmediato del agua empozada allí. Es importante resaltar que, las humedades de los entrepisos no se reflejan en los techos, lo que demuestra que los concretos son poco permeables, por ende, se puede determinar que los refuerzos de las placas no han sido afectados por corrosión.

Las humedades por capilaridad las podemos encontrar en la zona inferior de la columna siete como se puede observar en las fichas de levantamiento de lesiones; se pudo determinar que la causa para esta lesión es el agua del terreno natural que asciende por el elemento estructural, ya que como lo menciona Broto: “el agua procede del terreno sobre el que se encuentra el edificio y, por capilaridad, asciende por los elementos que están en contacto con el terreno” (Broto, 2016, pág. 91).

En los pisos 2 y 3 tenemos dos recintos cerrados (cuartos) entre los ejes C-D y 2-4, allí se encontraron humedades en la zona inferior de los muros no estructurales con una altura máxima de 35 cm medidos desde la base de cada nivel; esta lesión está asociada a humedades por condensación y su causa es debida al poco flujo de ventilación en estas zonas ya que, desde el abandono de la estructura estos cuartos fueron cerrados y no se abrieron sino hasta el día de inspección de la estructura realizado por los profesionales mencionado en este mismo documento. Adicionalmente, se encontraron algunos “chorreones” de agua en la parte inferior de las ventanas (humedades por filtración), su causa es debida mal siliconado entre los vidrios y los marcos de acero que se pudo evidenciar durante la inspección de la estructura.

Otra lesión encontrada son los organismos (E7), puntualmente hablamos de mohos, su ubicación en la estructura es la misma que las humedades o muy cercanas a ellas, estos son producto de los empozamientos de agua generados por el mismo efecto que ocasiono las humedades la interior de la estructura (retiro total de las fachadas). Los organismos, segregan ácidos que atacan los materiales (Broto, 2006, pág. 51), es por esta razón que es fundamental que se retiren lo antes posible para minimizar el daño en los elementos estructurales.

La tercera lesión y la cual tiene mayor presencia en la edificación es levantamientos y desprendimientos de acabados (A2), su porcentaje de afectación es igual al 80% en cada nivel de la edificación. Su causa no está asociada a ninguna falla de índole mecánico, químico o físico, sino que por el contrario corresponde a extracciones manuales realizadas de forma indebida por personas inescrupulosas cuya única

finalidad era el desmantelamiento de las instalaciones; esto se corroboró a través de los testimonios del personal que frecuenta la estación de policía, y los cuales fueron objeto de entrevistas para la elaboración de este informe técnico.

Las fisuras en columnas y muros (E2) se presentan localizadas de forma puntual en tres elementos (Columna dos, Muro uno y dos) y se deben a esfuerzo higrotérmicos, los cuales son producto de los cambios de temperatura en un elemento estructural y que traen como consecuencia la formación de fisuras (Broto, Pág. 141); específicamente son llamadas fisuras de asentamiento plástico. Las fisuras de asentamiento plástico coinciden siempre con una elevada exudación del material y se forman durante las tres primeras horas del vertido del concreto (Broto, 2006, pág. 137). Estas se presentan como fisuras horizontales en elementos verticales (muros, columnas, etc) cuando los estribos limitan el movimiento del concreto para ascender. Normalmente, fisuras de este tipo no afectan estructuralmente, pero inciden directamente en la protección de los aceros de refuerzo frente al ataque de la corrosión, ya que las armaduras quedan desprotegidas (Broto, pág., 137).

Como se mencionó en capítulos anteriores, la lesión falta de elemento (E8) fue asignada en aquellas zonas donde en la parte superior de un muro estructural debía existir, pero no existe una viga que permita la correcta unión entre dichos muros y el diafragma rígido que se forman en los entrepisos. La causa asociada a este tipo de lesión no es otra que errores constructivos donde simplemente no se construyó este elemento estructural; su afectación sobre la estructura en general es de gran importancia ya que su función principal es resistir las fuerzas cortantes producto de eventos sísmicos y así disipar gran parte energía reduciendo los desplazamientos relativos, y no permitir sobreesfuerzos sobre los demás elementos estructurales (columnas). El hecho que dicha construcción no se haya realizado conforme a los diseños estructurales genera un comportamiento estructural muy diferente al calculado inicialmente, por ende, es de suma importancia realizar dicha intervención para garantizar el monolitismo de la estructura y garantizar la estabilidad de la misma. Cabe resaltar que desde la construcción de la edificación hasta la fecha no se ha presentado ningún evento sísmico de magnitudes importantes en la ciudad de Bogotá.

En términos generales, la estructura se encuentra en condiciones buenas afectada principalmente por humedades; una intervención temprana requeriría un menor costo y una mejor calidad en los materiales existentes ya que no se daría cabida a la presencia de nuevas patologías como, por ejemplo: los organismos. De igual forma, los elementos que hacen parte del sistema principal de resistencia sísmica (columnas, muros y vigas) no tienen importantes síntomas que afecten la capacidad o resistencia de estos. La lesión que debe ser tratada con mayor rigurosidad es la falta de elemento estructural (viga) ya que esta debe garantizar el trabajo mancomunado de los muros y las placas de entrepiso frente a cargas sísmicas.

Si bien la calificación otorgada a las lesiones y síntomas observados se considera en su mayoría leve, con una afectación principal al servicio, la durabilidad, funcionamiento y confort de la edificación, será el estudio de vulnerabilidad que, a partir del análisis de cargas y resistencia de la estructura, impactada principalmente por la humedad, determine analíticamente la real resistencia o capacidad estructural y su nivel de seguridad, tanto en muros y columnas como en las placas de entrepiso.

6.4.2 Ensayos destructivos y no destructivos

Con el fin de determinar las características mecánicas del material que compone la estructura (concreto) y verificar su conservación frente a los diferentes fenómenos naturales que han pasado por la estructura (lluvia, viento, granizo, etc) se realizaron los siguientes ensayos:

Tabla 5 Ensayos destructivos y no destructivos

ENSAYOS DESTRUCTIVOS	
TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Extracción núcleos de concretos muros	Seis (6)
Extracción núcleos de concretos columnas	Seis (6)
Extracción núcleos de concretos vigas	Cuatro (2)
Regatas en columnas	Diez (10)
Regatas en vigas y viguetas	Trece (13)
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	
TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
Esclerometrias en muros	Nueve (9)
Esclerometrias en columnas	Nueve (9)
Esclerometrias en vigas	Dos (2)
Carbonatación	Dieciocho (18)

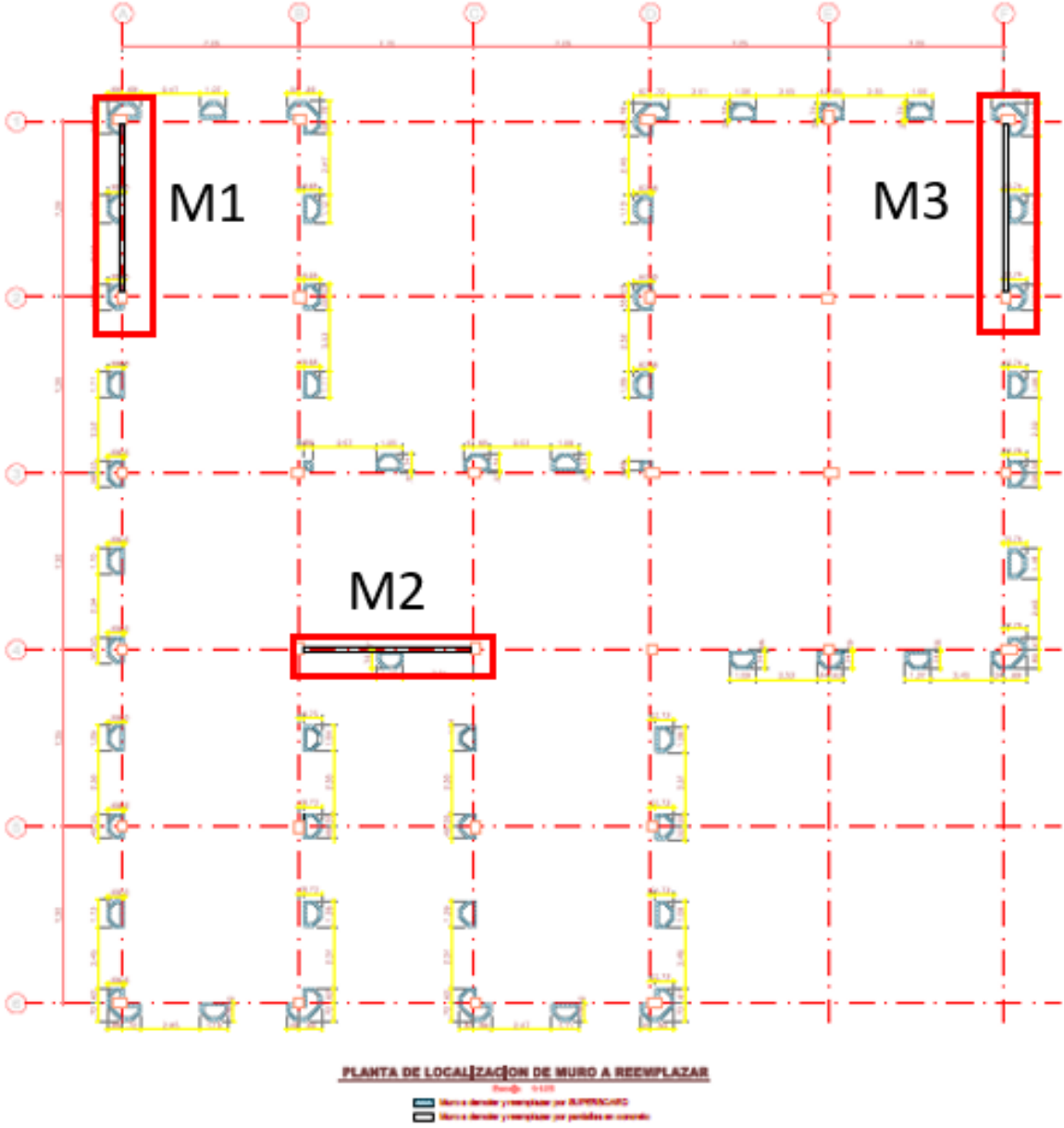
En cada una de las fichas y resultados de ensayos se presenta la localización a partir de los ejes globales asignados a la estructura.

- **Extracción de núcleos de concreto (NTC 3658)**

La extracción de los núcleos de concreto es de gran de importancia para determinar la resistencia a la compresión del concreto en los diferentes elementos estructurales (columnas, muros y muros), y se convierten en punto de partida para el análisis de vulnerabilidad de la edificación, ya que permite el mayor grado de acercamiento de un modelo matemático idealizado a lo encontrado in situ.

Para el caso de extracciones realizadas en la estación de policía de Usaquén se siguieron los procedimientos establecidos en la NTC 3658 “**Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas**”.

En el siguiente modelo se presenta la identificación asignada para la extracción de núcleos en los muros de concreto:



Modelo 2. Identificación de muros de concreto, fuente: Propia

El resumen de los resultados obtenidos para los núcleos se presenta a continuación realizados por el laboratorio Central de ensayos y Diseños Ltda.:

Ensayo a compresión en Núcleos de Concreto																	Página 1 de 1	
Muestra No.	Fecha fundida	Fecha Rotura	Edad (días)	Ensayo		Carga Rotura kf	Resistencia (k/cm2)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Peso Seco (g)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	H/D	Resistencia corregida X Esbeltez (K/cm2)	Resistencia P.S.I	Resistencia Especifica (k/cm2)	Localización
				Comp	Tracción													
1	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		14,320	324.1	7.5	14.5	44.18	1,475	642.4	2.296	1.9	321.6	4,609		Muro planta N1 Eje 4 entre B y C
2	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		2,619	164.7	4.5	10	15.9	341.9	159	2.150	2.2	168.9	2,342		Columna Planta N2 Eje E2
3	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		3,574	224.7	4.5	9.5	15.9	323.8	151.1	2.143	2.1	227.7	3,195		Muro planta N2 Eje 4 entre B y C
4	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		3,747	235.6	4.5	9	15.9	324.5	143.1	2.267	2.0	235.6	3,350		Muro planta N2 Eje A entre 1 y 2
5	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		2,596	163.2	4.5	9	15.9	310.6	143.1	2.170	2.0	163.2	2,321		Columna planta N2 Eje B6
6	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		2,647	166.4	4.5	9.1	15.9	307.8	144.7	2.127	2.0	166.9	2,367		Muro planta N3 Eje F entre 1 y2
7	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		2,880	181.1	4.5	9	15.9	316.3	143.1	2.210	2.0	181.1	2,575		Columna planta N3 Eje D5
8	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		2,596	163.2	4.5	8.3	15.9	281.6	132	2.133	1.8	159.9	2,321		Muro planta N3 Eje 4 entre B y C
9	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		3,803	239.1	4.5	9.1	15.9	322.6	144.7	2.230	2.0	239.8	3,400		Muro planta N3 Eje A entre 1 y 2
10	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		4,143	260.5	4.5	9.7	15.9	357.2	154.3	2.315	2.2	265.3	3,704		Columna planta N1 Eje C3
11	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		4,215	265	4.5	9	15.9	321.3	143.1	2.245	2.0	265	3,769		Columna planta N1 Eje B6
12	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		5,254	330.3	4.5	9.3	15.9	301	147.9	2.035	2.1	333	4,698		Columna planta N1 Eje E4
13	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		2,040	128.3	4.5	9	15.9	316.3	143.1	2.210	2.0	128.3	1,824		Viga planta N2 Eje C entre 3 y 4
14	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		1,770	111.3	4.5	7.8	15.9	284.3	124.1	2.292	1.7	107.2	1,583		Viga planta N2 Eje A entre 4 y 6
15	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		1,825	114.7	4.5	9	15.9	306.9	143.1	2.144	2.0	114.7	1,632		Viga planta N3 Eje C entre 3 y 4
16	N.D.	15/06/2020	N.D.	x		1,963	123.4	4.5	9	15.9	310.3	143.1	2.168	2.0	123.4	1,755		Viga planta N3 Eje A entre 4 y 5

Tabla 6. Ensayo a compresión en Núcleos de concreto, fuente: Propia

Como se puede observar, los núcleos de los muros en concreto obtuvieron mejores resistencias en los pisos 1 (4609 PSI) y van disminuyendo conforme a como aumentan los niveles de la edificación. Por ejemplo, para el piso 2 la menor resistencia obtenida fue de 3195 PSI y para el piso 3 de 2321 PSI, cabe mencionar que las menores resistencias en los pisos 2 y 3 se dieron en el muro 2.

En las columnas, para el piso 1 se tiene resistencias (f'_c) menores a las de los muros de concreto, ya que en la columna del eje C3 se obtuvo un valor de 3704 PSI siendo el menor valor de las dos extracciones realizadas en dicho nivel. Extrañamente, para el piso 2 se encontró un valor de f'_c igual al de los muros del piso 3 (2321 PSI).

Teniendo presente que la mayoría de los entrepisos de las edificaciones son fundidos de forma monolítica (en un solo día), se consideró prudente realizar únicamente una extracción de núcleo en vigas para cada entrepiso (piso 2 y piso 3). Como se puede observar, los resultados de resistencia a la compresión son muy bajos 1583 y 1632 PSI.

Lastimosamente, de la cimentación de la estructura (zapatas aisladas) no fue posible realizar la respectiva extracción de núcleos, pero se puede estimar a partir de los resultados obtenidos para columnas y muros del piso 1.

- **Regatas en elementos estructurales**

El objetivo principal de las regatas en la edificación es identificar el tipo, diámetro, localización y separación del acero de refuerzo, así como las dimensiones, recubrimiento del concreto en los muros, columnas y vigas.



Fotografía 7 Regatas en elementos estructurales (Columnas y vigas)

De igual forma, permite verificar el estado de conservación del acero de refuerzo frente a fenómenos de oxidación o corrosión. Para este fin se realizaron toma de datos in situ en el siguiente formato:


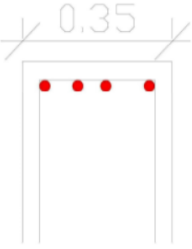
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS		Estudio patológico, vulnerabilidad y de reforzamiento de la Estación de Policía de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.			
Proyecto	Estación de policía de Usaquén	A lo largo del Eje	C		
Ubicación	Calle 165 #8a -55	Entre ejes	3 - 4		
Fecha	Mayo/2020	Longitud libre	7,60 metros		
Motivo	Información estudio académico	Nivel	Piso 3		
Levantamiento					
Registro fotográfico			Sección transversal e identificación del refuerzo		
					
Sección transversal del elemento			35x40 cm		
Recubrimiento Superior		7,0 m	Recubrimiento Inferior		
Calidad del refuerzo longitudinal					
Diametro	2 N° 8 / 2 N° 6	Liso		Corrugado	x
Calidad del refuerzo transversal					
Diametro	N°3	Liso		Corrugado	x
Distribución - Refuerzo transversal					
Zonas de confinamiento					
En el centro de la altura			20 cm		
Profundidad de carbonatación máxima			No		
Mínima			No		
Observaciones					

Tabla 7. Formato de levantamiento de refuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia

Como se puede evidenciar, los datos se tomaron de forma detallada para facilitar la revisión de elementos estructurales durante la etapa de vulnerabilidad de la edificación. De igual forma, aquí se muestra la profundidad de carbonatación existente en cada elemento. En el anexo 8 se presentan todas las fichas realizadas para dicho fin.

- **Esclerometrías**

Las lecturas con esclerómetro se realizaron con el fin de correlacionar los resultados obtenidos de los núcleos de concreto y así, determinar mayor número de $f'c$ en la edificación disminuyendo los costos de los ensayos.

Para cada uno de los elementos ensayados con esclerómetro se realizaron 12 lecturas siguiendo la metodología de la NTC 3692 “**Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido**”. El formato utilizado para la recolección de información fue el siguiente:

MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO
NTC 3692
 FORMATO DE ESCLEROMETRIAS-TOMA DE DATOS EN CAMPO

FECHA DE VISITA: may-20 CIUDAD: Bogotá DC

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Nombre del proyecto:	Estación de policía de Usaquén
Dirección:	Calle 165 #8a -55

2. LOCALIZACIÓN DE ENSAYO (Ver imagen)

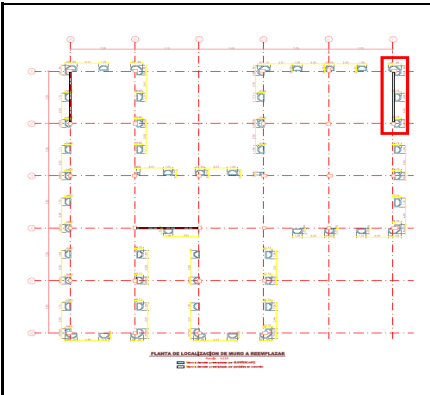
Muro 3 (Piso 1), altura aproximada desde el nivel de piso: 1.50 m

3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO

Concreto liso, sin acabados

4. DESCRIPCIÓN DEL CONCRETO

Composición:	
Resistencia de diseño:	Desconocida
Edad:	27 años (desde 1993)
Condición de curado:	Desconocida
Tipo de formaleta:	Desconocida



5. NUMERO DE REBOTES

	1	2	3	4
A	42	40	44	38
B	44	46	42	46
C	44	42	40	38
D	42	40	40	48

1er promedio $\frac{42+40+44+38}{4} = 42.25$
 2do promedic $\frac{44+46+42+46}{4} = 42.25$

NTC3692: Descarte las lecturas que difieran del promedio de 10 lecturas en más de 7 unidades y determine el promedio de las lecturas remanentes. Si más de 2 lecturas difieren del promedio en 7 unidades, descarte el conjunto completo de lecturas.

Nota: Los valores descartados deben ser tachados con una X.

6. TIPO DE MARTILLO

Tipo:	Esclerometro análogo
Serie:	N°140024567

6. OBSERVACIONES GENERALES

Nombre del profesional que realiza el ensayo:	Daniela Barajas - Andres Vasquez - Andres Peñuela
Cargo:	Ingeniero civil - ingeniero civil - arquitecto

Tabla 8. Formato de toma de datos - Esclerometrías, fuente: Propia

En anterior formato fue realizado para la toma de datos de esclerometrias en la edificación.

Según la NTC, se debe considerar una corrección de los datos obtenidos durante el ensayo, que por criterio de los autores descarta las lecturas que difieran del promedio de 10 lecturas en más o menos de 7 unidades. Un ejemplo claro, es el obtenido para el caso de las esclerometrias tomadas en el muro 1 del piso 1:

Tabla 9 Esclerometrias en muros, fuente: propia

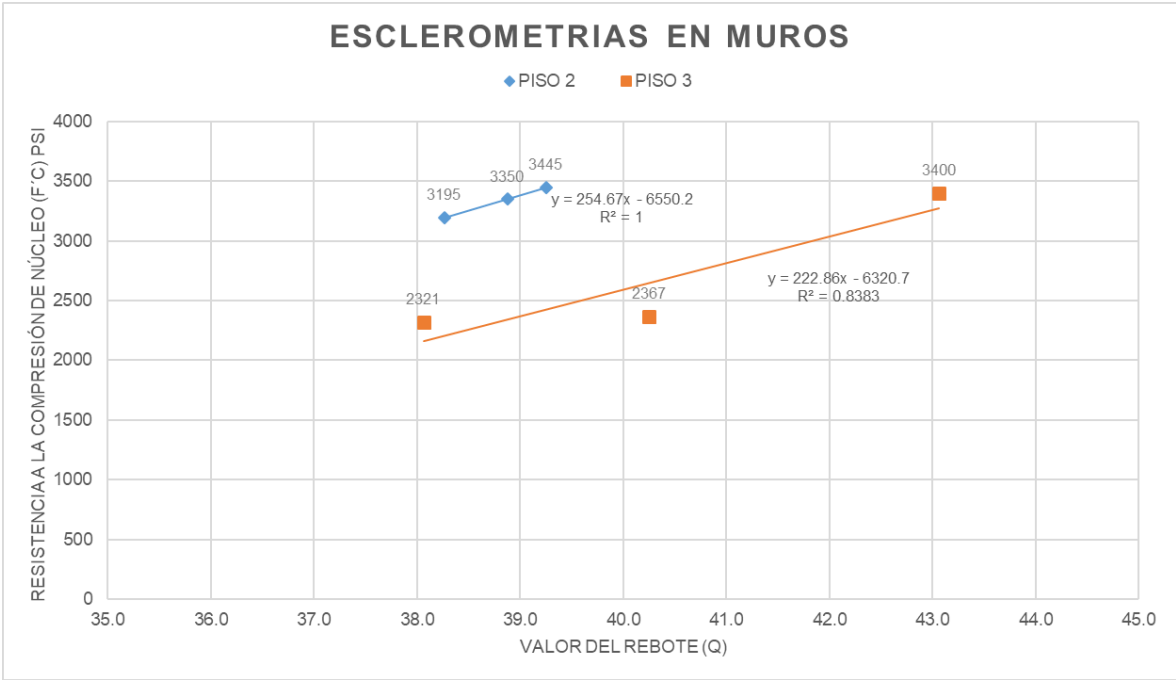
Esclerometrias en muros									
Numero de rebote	M1-P1	M2-P1	M3-P1	M1-P2	M2-P2	M3-P2	M1-P3	M2-P3	M3-P3
	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1	38.0	38.0	42.0	32.0	35.0	40.0	50.0	38.0	38.0
2	40.0	36.0	40.0	40.0	42.0	42.0	46.0	36.0	38.0
3	44.0	46.0	44.0	38.0	38.0	42.0	41.0	36.0	39.0
4	38.0	43.0	38.0	40.0	38.0	44.0	44.0	39.0	42.0
5	38.0	44.0	44.0	38.0	38.0	40.0	40.0	36.0	47.0
6	36.0	42.0	46.0	40.0	42.0	36.0	44.0	38.0	44.0
7	37.0	48.0	42.0	42.0	41.0	36.0	38.0	40.0	42.0
8	34.0	40.0	46.0	40.0	46.0	38.0	44.0	38.0	44.0
9	38.0	36.0	44.0	40.0	36.0	38.0	40.0	38.0	38.0
10	36.0	48.0	42.0	38.0	38.0	38.0	40.0	42.0	40.0
11	36.0	38.0	40.0	36.0	38.0	40.0	44.0	36.0	36.0
12	40.0	38.0	38.0	38.0	40.0	38.0	44.0	40.0	44.0
13	36.0	44.0	42.0	36.0	40.0	42.0	42.0	40.0	38.0
14	34.0	40.0	40.0	44.0	36.0	38.0	42.0	36.0	40.0
15	38.0	44.0	40.0	42.0	36.0	38.0	44.0	40.0	40.0
16	28.0	40.0	48.0	38.0	36.0	38.0	46.0	36.0	34.0
Prome. 1	36.94	41.56	42.25	38.88	38.75	39.25	43.06	38.06	40.25
Lectura Mayor	43.94	48.56	49.25	45.88	45.75	46.25	50.06	45.06	47.25
Lectura Menor	29.94	34.56	35.25	31.88	31.75	32.25	36.06	31.06	33.25

NTC 3692 Descarte las lecturas que difieran del promedio de 10 lecturas en más de 7 unidades y determine el promedio de las lecturas remanentes. Si más de 2 lecturas difieren del promedio en 7 unidades, descarte el conjunto completo de lecturas.

Esclerometrias en muros									
Numero de rebote	M1-P1	M2-P1	M3-P1	M1-P2	M2-P2	M3-P2	M1-P3	M2-P3	M3-P3
	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1	38.0	38.0	42.0	32.0	35.0	40.0	50.0	38.0	38.0
2	40.0	36.0	40.0	40.0	42.0	42.0	46.0	36.0	38.0
3		46.0	44.0	38.0	38.0	42.0	41.0	36.0	39.0
4	38.0	43.0	38.0	40.0	38.0	44.0	44.0	39.0	42.0
5	38.0	44.0	44.0	38.0	38.0	40.0	40.0	36.0	47.0
6	36.0	42.0	46.0	40.0	42.0	36.0	44.0	38.0	44.0
7	37.0	48.0	42.0	42.0	41.0	36.0	38.0	40.0	42.0
8	34.0	40.0	46.0	40.0		38.0	44.0	38.0	44.0
9	38.0	36.0	44.0	40.0	36.0	38.0	40.0	38.0	38.0
10	36.0	48.0	42.0	38.0	38.0	38.0	40.0	42.0	40.0
11	36.0	38.0	40.0	36.0	38.0	40.0	44.0	36.0	36.0
12	40.0	38.0	38.0	38.0	40.0	38.0	44.0	40.0	44.0
13	36.0	44.0	42.0	36.0	40.0	42.0	42.0	40.0	38.0
14	34.0	40.0	40.0	44.0	36.0	38.0	42.0	36.0	40.0
15	38.0	44.0	40.0	42.0	36.0	38.0	44.0	40.0	40.0
16		40.0	48.0	38.0	36.0	38.0	46.0	36.0	34.0
Prome. 2	37.07	41.56	42.25	38.88	38.27	39.25	43.06	38.06	40.25
Lectura Mayor	44.07	48.56	49.25	45.88	45.27	46.25	50.06	45.06	47.25
Lectura Menor	37.07	41.56	42.25	38.88	38.27	39.25	43.06	38.06	40.25
f'c laboratorio (NTC3658) PSI		4609		3350	3195		3400	2321	2367

Como se puede observar, el promedio de las lecturas del M1-P1 fue de 36.94, por ende, los límites superiores e inferiores (para 7 unidades) serían 29.94 y 43.94, es así que se debió eliminar las lecturas 3 y 16 para dicho muro ya que estaban por fuera de los límites contemplados. Posterior a la eliminación se volvió a calcular el promedio de las lecturas.

En la zona inferior del promedio 2, se puede observar los valores de f'_c obtenidos en laboratorio y así poder correlacionar los resultados con los valores de esclerometrias. En el siguiente gráfico se puede observar la correlación realizada para cada uno de los pisos de la estructura:



Gráfica 8 Esclerometrias en muros, fuente: Propia

El valor de 3445 PSI del piso 2 fue obtenido a partir de la regresión lineal de los dos primeros puntos (3195 y 3350) y cuya función se puede ver en la anterior gráfica.

El anterior procedimiento fue realizado de igual forma para el caso de columnas en concreto y los resultados son:

Tabla 10 Esclerometrias en columnas, fuente: Propia

Esclerometrias en columnas									
Numero de rebote	CF3-P1	CC3-P1	CB6-P1	CB6-P2	CC4-P2	CE2-P2	CE2-P3	CD5-P3	CB3-P3
	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1	44.0	44.0	44.0	38.0	44.0	40.0	38.0	38.0	36.0
2	41.0	40.0	42.0	38.0	38.0	40.0	42.0	38.0	42.0
3	44.0	38.0	40.0	38.0	42.0	43.0	40.0	36.0	36.0
4	38.0	36.0	38.0	40.0	36.0	38.0	37.0	38.0	40.0
5	38.0	34.0	32.0	38.0	44.0	40.0	36.0	38.0	40.0
6	38.0	46.0	38.0	38.0	46.0	40.0	36.0	36.0	36.0
7	37.0	44.0	44.0	36.0	38.0	38.0	40.0	38.0	36.0
8	39.0	40.0	44.0	36.0	40.0	36.0	40.0	42.0	36.0
9	38.0	40.0	44.0	36.0	38.0	38.0	40.0	38.0	38.0
10	36.0	38.0	40.0	32.0	40.0	42.0	38.0	36.0	42.0
11	42.0	44.0	38.0	38.0	46.0	36.0	38.0	36.0	36.0
12	32.0	45.0	38.0	38.0	40.0	42.0	37.0	38.0	41.0
13	32.0	38.0	38.0	42.0	46.0	34.0	38.0	38.0	34.0
14	38.0	34.0	38.0	38.0	38.0	38.0	34.0	38.0	39.0
15	32.0	40.0	42.0	36.0	34.0	36.0	36.0	38.0	40.0
16	36.0	45.0	40.0	34.0	36.0	36.0	38.0	44.0	38.0
Prome. 1	37.81	40.38	40.00	37.25	40.38	38.56	38.00	38.13	38.13
Lectura Mayor	44.81	47.38	47.00	44.25	47.38	45.56	45.00	45.13	45.13
Lectura Menor	30.81	33.38	33.00	30.25	33.38	31.56	31.00	31.13	31.13

NTC 3692 Descarte las lecturas que difieran del promedio de 10 lecturas en más de 7 unidades y determine el promedio de las lecturas remanentes. Si más de 2 lecturas difieren del promedio en 7 unidades, descarte el conjunto completo de lecturas.

Esclerometrias en columnas									
Numero de rebote	CF3-P1	CC3-P1	CB6-P1	CB6-P2	CC4-P2	CE2-P2	CE2-P3	CD5-P3	CB3-P3
	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1	44.0	44.0	44.0	38.0	44.0	40.0	38.0	38.0	36.0
2	41.0	40.0	42.0	38.0	38.0	40.0	42.0	38.0	42.0
3	44.0	38.0	40.0	38.0	42.0	43.0	40.0	36.0	36.0
4	38.0	36.0	38.0	40.0	36.0	38.0	37.0	38.0	40.0
5	38.0	34.0		38.0	44.0	40.0	36.0	38.0	40.0
6	38.0	46.0	38.0	38.0	46.0	40.0	36.0	36.0	36.0
7	37.0	44.0	44.0	36.0	38.0	38.0	40.0	38.0	36.0
8	39.0	40.0	44.0	36.0	40.0	36.0	40.0	42.0	36.0
9	38.0	40.0	44.0	36.0	38.0	38.0	40.0	38.0	38.0
10	36.0	38.0	40.0	32.0	40.0	42.0	38.0	36.0	42.0
11	42.0	44.0	38.0	38.0	46.0	36.0	38.0	36.0	36.0
12	32.0	45.0	38.0	38.0	40.0	42.0	37.0	38.0	41.0
13	32.0	38.0	38.0	42.0	46.0	34.0	38.0	38.0	34.0
14	38.0	34.0	38.0	38.0	38.0	38.0	34.0	38.0	39.0
15	32.0	40.0	42.0	36.0	34.0	36.0	36.0	38.0	40.0
16	36.0	45.0	40.0	34.0	36.0	36.0	38.0	44.0	38.0
Prome. 2	37.81	40.38	40.53	37.25	40.38	38.56	38.00	38.13	38.13
Lectura Mayor	44.81	47.38	47.53	44.25	47.38	45.56	45.00	45.13	45.13
Lectura Menor	37.81	40.38	40.53	37.25	40.38	38.56	38.00	38.13	38.13
f'c laboratorio (NTC3658) PSI		3704	3769	2321		2342		2575	

Tabla 11 Esclerometrias en vigas, fuente: Propia

Esclerometrias en vigas		
Numero de rebote	VD2D3-P2	VD2D3-P3
	Q	Q
1	42.0	36.0
2	42.0	40.0
3	44.0	38.0
4	42.0	38.0
5	36.0	42.0
6	38.0	36.0
7	48.0	40.0
8	42.0	36.0
9	36.0	38.0
10	36.0	38.0
11	36.0	42.0
12	37.0	40.0
13	36.0	38.0
14	36.0	44.0
15	36.0	42.0
16	38.0	40.0
Prome. 1	39.06	39.25
Lectura Mayor	46.06	46.25
Lectura Menor	32.06	32.25

Esclerometrias en vigas		
Numero de rebote	VD2D3-P2	VD2D3-P3
	Q	Q
1	42.0	36.0
2	42.0	40.0
3	44.0	38.0
4	42.0	38.0
5	36.0	42.0
6	38.0	36.0
7		40.0
8	42.0	36.0
9	36.0	38.0
10	36.0	38.0
11	36.0	42.0
12	37.0	40.0
13	36.0	38.0
14	36.0	44.0
15	36.0	42.0
16	38.0	40.0
Prome. 2	38.47	39.25
Lectura Mayor	45.47	46.25
Lectura Menor	38.47	39.25

Para el caso de las vigas, se tomó como criterio del equipo de trabajo considerar únicamente las resistencias obtenidas a partir de los núcleos de concreto, pero las esclerometrias sirvieron para corroborar que la diferencia de dureza entre estos elementos del piso 2 y 3 es mínima, y por tal motivo se puede considerar el menor valor de $f'c$ para todas las vigas de la estructura pensando de forma conservadora.

Después de analizar los ensayos destructivos y no destructivos realizados en la estación de policía de Usaquén se pudieron determinar los siguientes valores de resistencia a la compresión del concreto encontrados para los diferentes elementos estructurales:

Tabla 12 Resistencia a la compresión ($f'c$) de elementos estructurales, fuente: Propia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ($f'c$)	
ELEMENTO ESTRUCTURAL	$f'c$ (PSI-Mpa)
Muros – Piso 1	4609 PSI (31,78 Mpa)
Muros – Piso 2	3195 PSI (22,03 Mpa)
Muros – Piso 3	2321 PSI (16,00 Mpa)
Columnas – Piso 1	3704 PSI (25,54 Mpa)
Columnas – Piso 2 y 3	2321 PSI (16,00 Mpa)
Vigas – Para todos los pisos	1583 PSI (10,93 Mpa)

En las columnas, a pesar que en el piso 3 se encontraron mayores resistencias que las del piso 2 se consideró de forma conservadora en analizar la estructura con los valores de $f'c$ del piso 2. Del mismo modo, para las vigas se consideran las menores resistencias encontradas en estos elementos estructurales sabiendo la importancia de esta edificación para la sociedad.

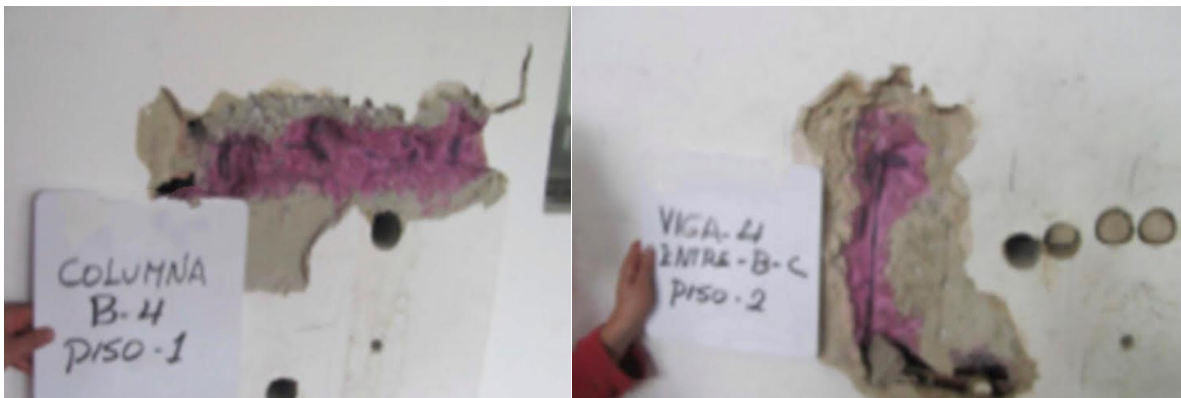
De forma general, se puede decir que las resistencias encontradas en la estación de policía son aceptables teniendo en consideración los años de abandono que ha tenido y las condiciones actuales de la misma.

A pesar de lo comentado anteriormente, el análisis de vulnerabilidad de la estructura será el que determinará si los elementos que componen la estructura deben ser reforzados en alguna medida para garantizar la durabilidad y estabilidad global de la estación sin comprometer en ningún caso las vidas humanas de las personas que laborarán allí en años futuros.

- **Carbonatación**

La carbonatación es un fenómeno muy importante a tener en consideración en las estructuras construidas principalmente en concreto reforzado, ya que si el dióxido de carbono (CO_2) existente en la atmosfera ingresa a los elementos y alcanzan el acero de refuerzo producen corrosión generando el ensanchamiento del mismo, lo que a su vez produce fisuras y otras lesiones que disminuyen sustancialmente la resistencia mecánica de los elementos estructurales afectados.

Se llevaron a cabo 23 mediciones de carbonatación tomadas directamente sobre las regatas realizadas para la verificación de refuerzo. Para este ensayo se usó un indicador de pH del concreto utilizando una disolución al 1% de fenolftaleína en alcohol etílico o en agua destilada.



Fotografía 8 Ensayo de carbonatación in situ (columnas y vigas), fuente: Propia

En las siguientes tablas se presenta el análisis de los resultados de profundidad de carbonatación obtenidos para cada elemento (columnas y vigas):

Tabla 13 Ensayo de carbonatación en columnas, fuente: Propia

Columnas en concreto			
Ensayo de carbonatación			
ID	Piso	Recubrimiento (mm)	Profundidad de carbonatación (mm)
E-3	1	40.0	10
E-2	2	50.0	10
B-4	1	60.0	10
C-5	2	40.0	20
E-1	1	40.0	
D-3	1	40.0	
C-3	1	40.0	
B-2	1	40.0	
A-4	1	40.0	
Promedio		43.3	12.5

Para obtener el promedio de la profundidad de carbonatación se consideraron únicamente los valores diferentes de cero (0) buscando de forma consciente una condición más crítica.

Tabla 14 Ensayo de carbonatación en vigas, fuente: Propia

Vigas en concreto				
Ensayo de carbonatación				
ID	Piso	Recubrimiento Superior (mm)	Recubrimiento Inferior (mm)	Profundidad de carbonatación (mm)
4 (B-C)	2	50.0	35.0	
C (3-4)	3		40.0	10
C (3-4)	3	70.0		
D (2-3)	2	40.0		18
2 (A-B)	2		40.0	10
4 (C-D)	2		50.0	20
5 (C-D)	2		40.0	
D (3-4)	2		40.0	
2 (A-B)	3		40.0	
2 (A-B)	3	60.0		
5 (C-D)	2	40.0		
Promedio		52.0	40.7	14.5

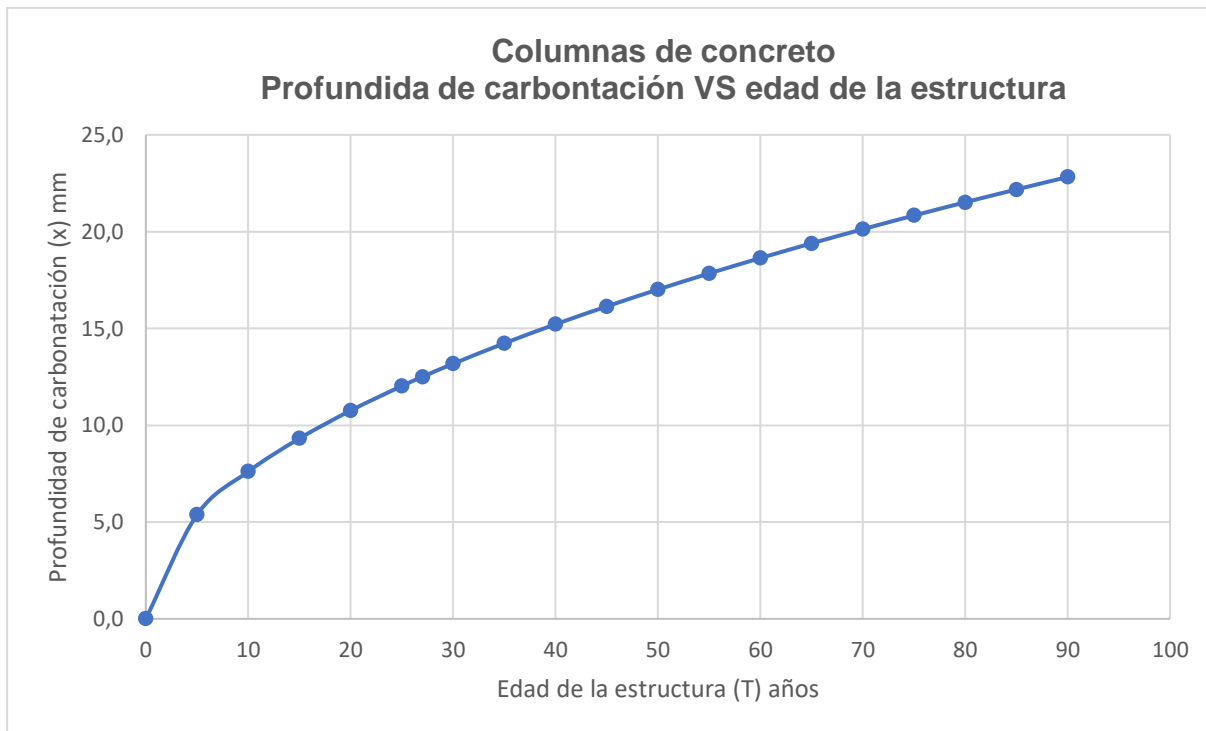
Con los anteriores datos se puede estimar el avance de la carbonatación con el pasar de los años gracias a la siguiente ecuación:

$$x = k * \sqrt{T}$$

Donde;

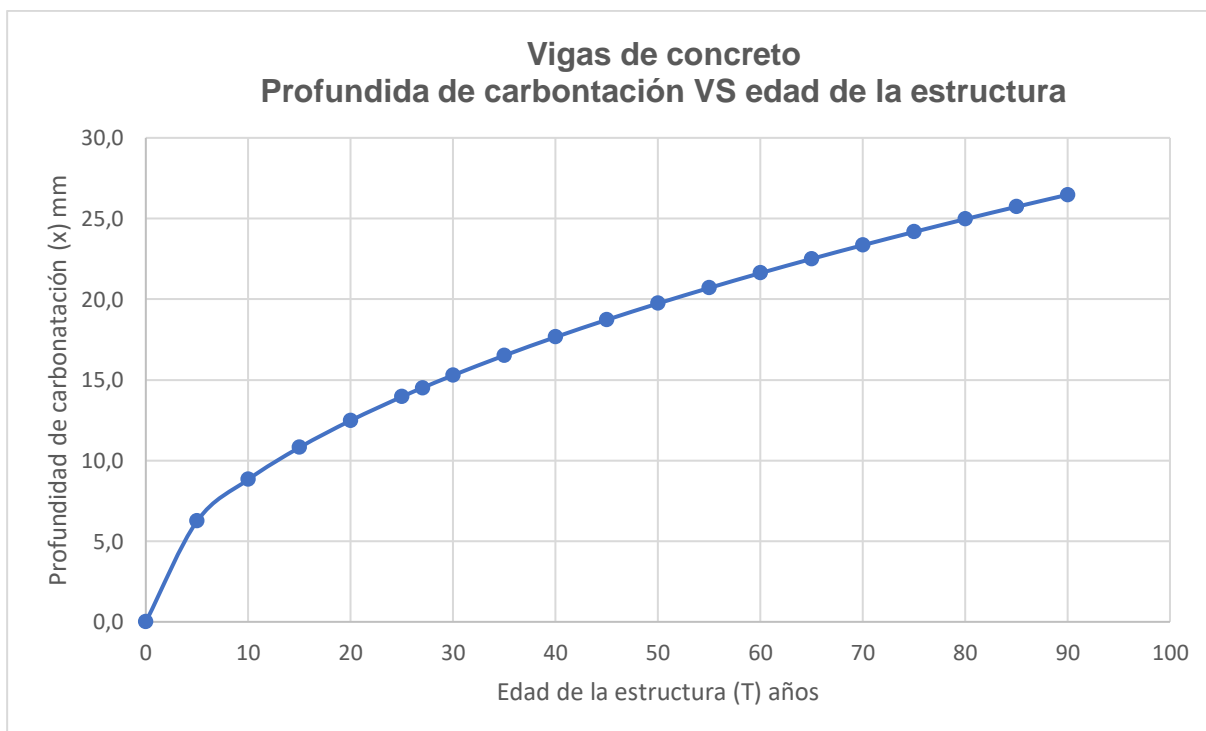
x= Profundidad de carbonatación

T= Edad de la estructura o elemento



Gráfica 9 Avance de la carbonatación en columnas, fuente: Propia

En el caso de las columnas, la carbonatación con la velocidad de avance que tiene no alcanzará el refuerzo principal de la estructura (se encuentra a 40 mm) dentro de los primeros 100 años de vida útil de la estación de policía.



Gráfica 10 Avance de la carbonatación en vigas, fuente: Propia

En las vigas pasa lo mismo que en las columnas, no hay posibilidad que la carbonatación alcance el refuerzo transversal y longitudinal de estos elementos estructurales.

De las anteriores gráficas se puede concluir que la carbonatación no es un problema que haya o pueda afectar a la estructura en años futuros. Esto también se pudo verificar en campo ya que después de realizadas las regatas no se encontró ningún refuerzo con síntomas de corrosión u oxidación.

7. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

El estudio de vulnerabilidad de la estructura se realiza siguiendo los lineamientos establecidos en el título A.10 de la NSR-10. En este capítulo se presentan los resultados más relevantes del análisis y las conclusiones, el documento completo se presenta en el anexo 9 de este mismo documento.

Las dimensiones de los elementos estructurales fueron determinadas a partir de las fichas de levantamientos mostradas en capítulos anteriores y corresponden a las siguientes:

- Columnas: 40x60, 40x50 y 40x40 cm
- Vigas: 35x40, 20x40, 12x40 y 10x40 cm
- Muros estructurales: Espesor igual a 20 cm
- Losa de entrepiso: Espesor 7 cm

Las características mecánicas del concreto existente en la edificación, y las cuales se asignaron al modelo matemático son las mismas presentados en el análisis de los ensayo destructivos y no destructivos y son:

Tabla 15 Resistencia a la compresión ($f'c$) de elementos estructurales, fuente: Propia

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ($f'c$)	
ELEMENTO ESTRUCTURAL	$f'c$ (PSI-Mpa)
Muros – Piso 1	4609 PSI (31,78 Mpa)
Muros – Piso 2	3195 PSI (22,03 Mpa)
Muros – Piso 3	2321 PSI (16,00 Mpa)
Columnas – Piso 1	3704 PSI (25,54 Mpa)
Columnas – Piso 2 y 3	2321 PSI (16,00 Mpa)
Vigas – Para todos los pisos	1583 PSI (10,93 Mpa)

El módulo de elasticidad del concreto se obtuvo con la siguiente ecuación $E_c=4700*\sqrt{f'c}$.

Teniendo en cuenta lo anterior, se revisará el diseño en general de la estructura (Columnas, muros, vigas y cimentación), constatando que cumpla con los requisitos que establece la NSR-10; en el caso que deba realizarse algún tipo de reforzamiento estructural se planteará y diseñará para posteriormente ser construido.

Se verificó la estructura existente, encontrando que corresponde a una estructura de pórticos losa-columna con sistema reticular celulado de concreto con capacidad moderada de disipación de energía, ya que se encuentra en una zona sísmica de amenaza intermedia.

De lo obtenido de la inspección visual, realizada durante el proceso de levantamiento de lesiones y geometría de la estructura, se constataron las dimensiones de elementos, distancias entre ejes, y adicionalmente gracias a los ensayos realizados y planos arquitectónicos recolectados se pudo conseguir la información suficiente para efectuar la evaluación estructural y obtener una aproximación a la realidad del comportamiento estructural de la edificación en su estado actual, tanto en resistencia del concreto, como para cada uno de los elementos que la componen.

A partir de la calificación dada en la estructura en el capítulo 6.3.11 se pueden definir los coeficientes ϕ_c y ϕ_e especificados en la tabla A.10.4-1 de la NSR-10:

Tabla A.10.4-1
Valores de ϕ_c y ϕ_e

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Imagen 1 Tabla A.10.4-1 NSR-10

- Calidad del diseño y la construcción de la estructura original: BUENA (1.0)
- Estado de la estructura: REGULAR (0.8)

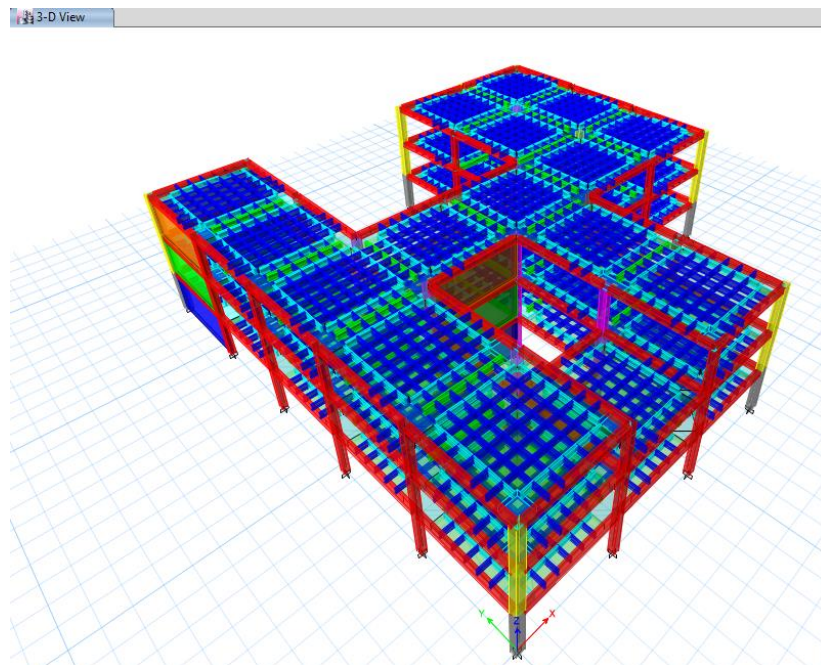
7.1. Evaluación de cargas

La evaluación detallada de cargas, y su implementación en el modelo matemático, se encuentra en el anexo 9. Se consideraron todas las posibles cargas que puedan actuar sobre la estructura como: cargas muertas (muros perimetrales y divisorios, acabados), cargas vivas, cargas de sismo, granizo, empozamiento.

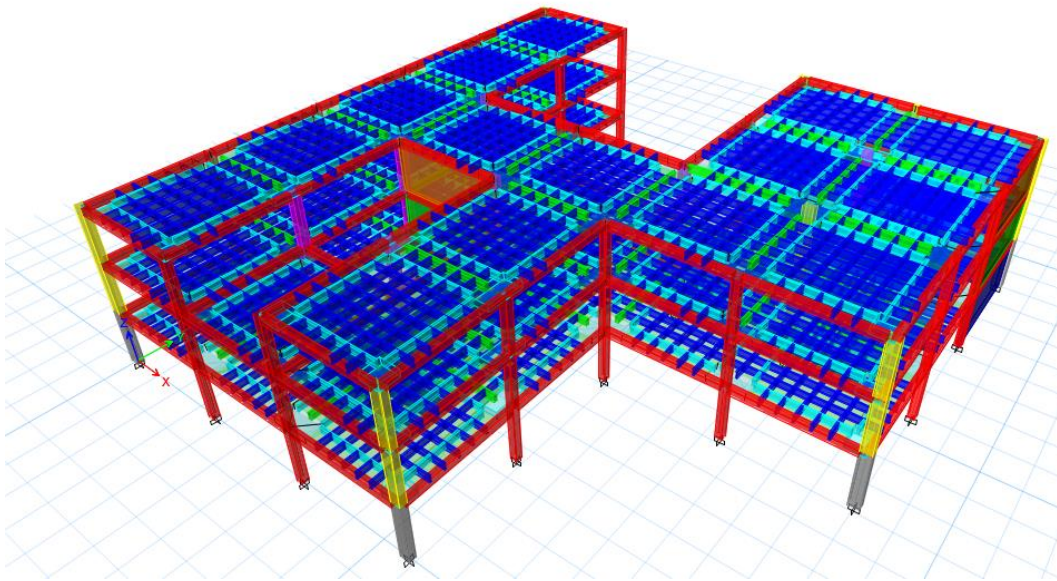
Cabe resaltar que las cargas asignadas al modelo corresponden a aquellas de un edificio en uso mas no del estado actual de la edificación, es decir que se consideraron cargas provenientes de acabados, divisiones, personal, muebles, etc ya que si se realiza un modelo matemático en el estado actual de la edificación (sin fachadas, sin acabados, sin divisiones) los resultados obtenidos no determinarán si la estructura podrá entrar en funcionamiento para el uso deseado por sus propietarios.

7.2. Modelo matemático

Se realizó un modelo matemático en el software especializado ETABS 2016, con el cual se efectúa un análisis dinámico elástico-espectral, con el fin de determinar si la estructura existente con sus características mecánicas de los materiales y geométricas podrá resistir las solicitaciones requeridas por sus propietarios o en su defecto requiera un reforzamiento estructural.



Modelo 3, Modelo matemático ETABS, fuente: Propia



Modelo 4, Modelo de la edificación, fuente: Propia

Es importante resaltar que en el modelo matemático se consideró una conexión adecuada entre muros y placas de entrepiso (algo que no se evidenció actualmente en la edificación), por ende, es necesario que la primera intervención que se deba realizar sea la construcción de dicha viga que permita el correcto comportamiento estructural. La falta de este elemento estructural se calificó como elemento faltante durante la etapa de patología de la estación de policía.

7.3. Análisis sísmico

El análisis sísmico de la estructura se realizó por el método de análisis modal espectral elástico, mediante los siguientes parámetros sísmicos:

Ciudad:	Bogotá DC
Departamento:	Cundinamarca
Zona de amenaza sísmica:	Intermedia
Perfil de suelo:	D
Microzonificación sísmica:	Piedemonte A
Grupo de uso:	Grupo III
Coefficiente de importancia:	$I = 1.25$
Sistema estructural:	Pórticos losa-columna, con sistema reticular celulado de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)

- **Parámetros sísmicos de diseño**

Aceleración Pico Efectiva (Aa):	0.15
Velocidad Pico Efectiva (Av):	0.20
Coefficiente de Amplificación (Fa) periodos cortos:	1.65
Coefficiente de Amplificación (Fv) periodos intermedios:	2.00
Aceleración Pico Efectiva (Ad) Umbral de daño:	0.06

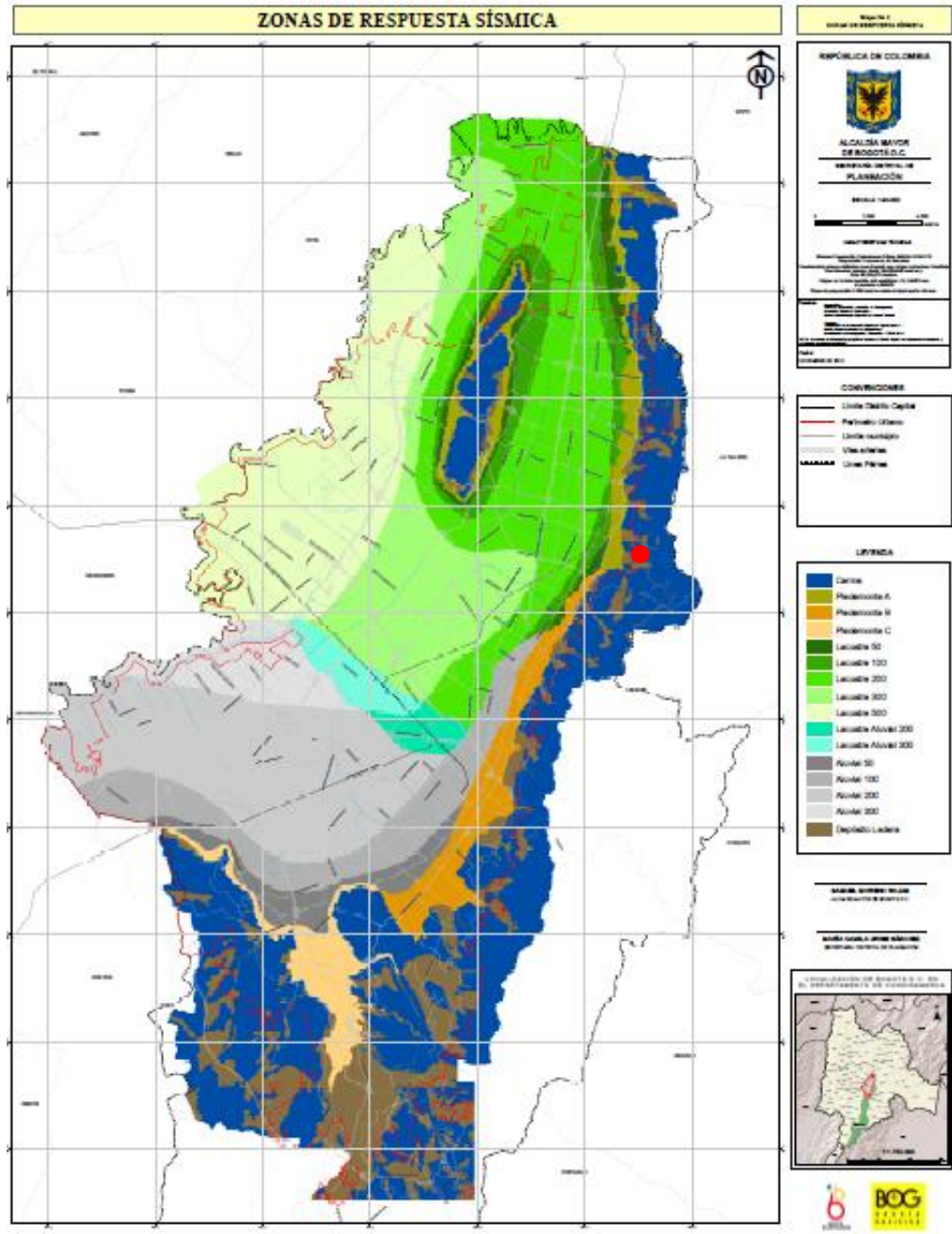


Ilustración 15. Mapa de microzonificación sísmica de Bogotá DC, fuente: Propia

7.4. Ajuste de cortante basal

De las cargas implementadas se obtiene el cortante dinámico en cada dirección (x,y), y este valor debe ser ajustado con respecto al cortante estático; en el caso de estructuras irregulares debe ser por lo menor del 90% del obtenido a partir de FHE, a continuación se presentan los resultados obtenidos para la edificación:

CALCULO DE FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE TITULO A.4

W (KN)	20788.83
Sa	0.619
Vs (KN)	12868.28
90% Vs	11581.45 Estructura Irregular
Kx	1.00
Ky	1.00

SISMO X

Nivel	hi	ht	mx	$m_x h_x^k$	Cvx	Fi	Vi
	(m)	(m)	(kN)			[KN]	[KN]
N+10.26	3.29	10.10	597.38	6033.58	0.43	5582.25	5582.25
N+6.97	3.28	6.81	762.42	5192.07	0.37	4803.69	10385.94
N+3.69	3.53	3.53	760.07	2683.04	0.19	2482.34	12868.28
			2119.87	13908.69	1.00	12868.28	

SISMO Y

Nivel	hi	ht	mx	$m_x h_x^k$	Cvx	Fi	Vi
	(m)	(m)	(kN)			[KN]	[KN]
N+10.26	3.29	10.10	597.38	6033.58	0.43	5582.25	5582.25
N+6.97	3.28	6.81	762.42	5192.07	0.37	4803.69	10385.94
N+3.69	3.53	3.53	760.07	2683.04	0.19	2482.34	12868.28
			2119.87	13908.69	1.00	12868.28	

Tabla 16 Ajuste cortante basal, fuente: Propia

COMPARACIÓN ANÁLISIS DINÁMICO-ESTÁTICO				
Método de análisis	Cortante Sísmico (Vs)		Porcentaje FHE (%)	
	Sentido X	Sentido Y	Sentido X	Sentido Y
Análisis Dinámico	11581.59	11581.57	90.0%	90.0%
Análisis Estático (FHE)	12868.28	12868.28		

Los anteriores resultados pueden ser verificados en los datos de salida del software ETABS, en la tabla “Base Reactions” para los casos de carga Der X máx. y Der Y máx.

7.5. Índices de flexibilidad

De acuerdo a la definición de la NSR-10 en el título A.10.4.3.5, el índice de flexibilidad indica la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas por el Reglamento.

- Índice de flexibilidad del piso

Nivel	Caso de carga	Deriva máx. (Modelo)	Deriva máx. NSR-10	Índice de flexibilidad
N+10.26 (CUB)	Der x	0.0020	0.01	0.20
N+6.97 (P3)	Der x	0.0020	0.01	0.20
N+3.69 (P2)	Der x	0.0012	0.01	0.12

Nivel	Caso de carga	Deriva máx. (Modelo)	Deriva máx. NSR-10	Índice de flexibilidad
N+10.26 (CUB)	Der y	0.0002	0.01	0.02
N+6.97 (P3)	Der y	0.0002	0.01	0.02
N+3.69 (P2)	Der y	0.0001	0.01	0.01

En las anteriores tablas, se puede observar que la estructura presenta índices de flexibilidad muy bajos en todos los niveles ya que en ningún caso sobrepasan el 20% de los permitidos por la NSR-10; esto puede ser atribuido a los muros de concreto reforzado que rigidizan la estructura en ambos sentidos principales disminuyendo así dichos desplazamientos. Lo anterior, queda demostrado en las tablas ya que en sentido x donde existe un único muro se presentan mayores índices de flexibilidad.

- Índice de flexibilidad de la estructura

El índice de flexibilidad de la estructura es de 0.20 de acuerdo a la definición del título A.10.4.3.5 de la NSR-10.

En conclusión, los desplazamientos o derivas de la estructura cumplen los requisitos establecidos en la NSR-10.

7.6. Índices de sobreesfuerzo

La determinación de índices de sobreesfuerzo se realizó directamente en el software DC CAD el cual es completamente compatible con los requisitos de la NSR-10 para estructuras de concreto reforzado.

El procedimiento utilizado en este software consiste en cargar las solicitaciones de la estructura obtenidas del modelo ETABS y, posteriormente dibujar el refuerzo de cada uno de los elementos (muros, columnas y vigas). Haciendo las anteriores acciones, DC CAD puede determinar si este refuerzo satisface las necesidades de la edificación y adicionalmente genera un reporte detallado el cual se puede observar en el anexo 9.

7.6.1 Refuerzo existente en elementos estructurales

A partir de las fichas de levantamiento del acero de refuerzo presentadas en el título “regatas en elementos estructurales”, se pudo determinar el tipo de refuerzo que compone cada uno de los elementos y así poderlo asignar en DC CAD.

- **Muros de concreto**

(M1 y M3)

Tabla 17 Acero de refuerzo muros, fuente: Propia

Nivel	Refuerzo vertical	Refuerzo horizontal
Piso 3	#4 c/.30	#4 c/.30
Piso 2	#4 c/.30	#4 c/.30
Piso 1	#5 c/.20	#4 c/.30

(M2)

Tabla 18 Acero de refuerzo muros, fuente: Propia

Nivel	Refuerzo vertical	Refuerzo horizontal
Piso 3	#4 c/.30	#4 c/.30
Piso 2	#4 c/.20	#4 c/.30
Piso 1	#5 c/.15	#4 c/.30

- **Columnas de concreto**

Tabla 19 Acero de refuerzo columnas, fuente: Propia

Columna	Refuerzo vertical	Refuerzo horizontal
C40X60	10#8	#3 c/.20-.25 (ZNC)
C40X50	10#8	#3 c/.20-.25 (ZNC)
C40X40	8#6	#3 c/.20-.25 (ZNC)

ZNC: Zona no confinada

○ **Vigas de concreto**

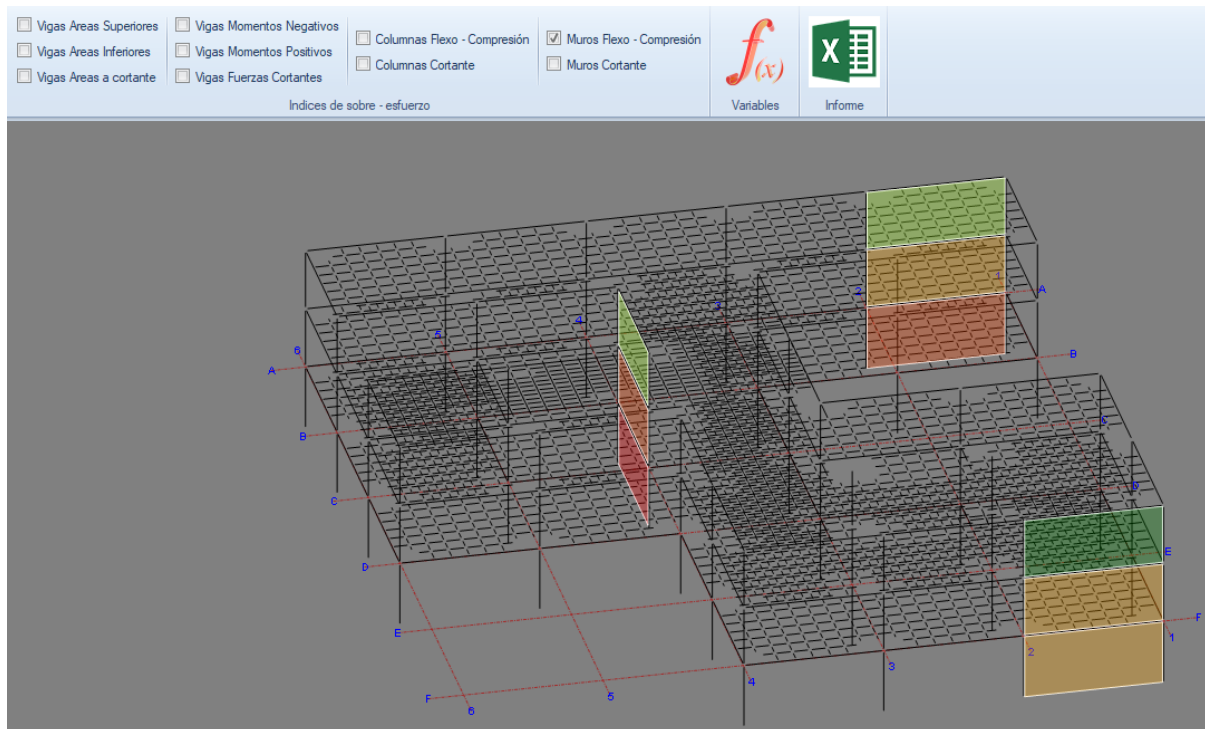
Tabla 20 Acero de refuerzo vigas, fuente: Propia

Viga	Nivel	Ref. Superior	Ref. Inferior	Ref. Transver.
35x40	Todos	2#8 + 2#6	3#8	#3c/.8 (ZC)
20x40 (Ejes Numéricos)	Piso 2	2#6	2#7+1#6	#3c/.8 (ZC)
20x40 (Ejes Alfabéticos)	Piso 2	2#6	2#8	#3c/.8 (ZC)
20x40 (Ejes Numéricos)	Piso 3 y CUB	2#7	2#7+1#6	#3c/.8 (ZC)
20x40 (Ejes Alfabéticos)	Piso 3 y CUB	2#7	2#8	#3c/.8 (ZC)
10x40	Todos	1#4	1#5	#2c/.20

ZC: Zona confinada

7.6.2 Índice de sobreesfuerzo en muros

En la siguiente imagen se presentan los índices de sobreesfuerzo obtenidos para los muros de concreto con respecto a flexo-compresión:



Modelo 5. Índice de sobreesfuerzo flexo-compresión (muros), fuente: Propia

Para el caso de fuerzas cortantes, la interfaz gráfica no es muy eficiente, por ende, a continuación, se presentan unas fichas de evaluación las cuales permiten una mejor interpretación de los resultados. Estas fichas se realizaron únicamente para los

elementos que requieren reforzamiento, si se quieren revisar los índices para todos los elementos es necesario retomarse a los resultados del anexo 9.


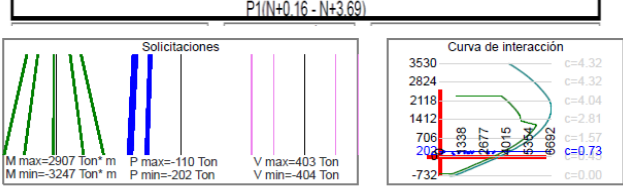
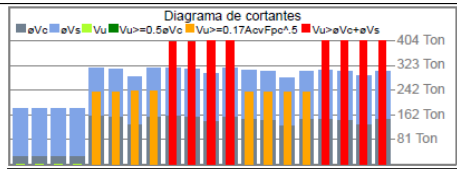
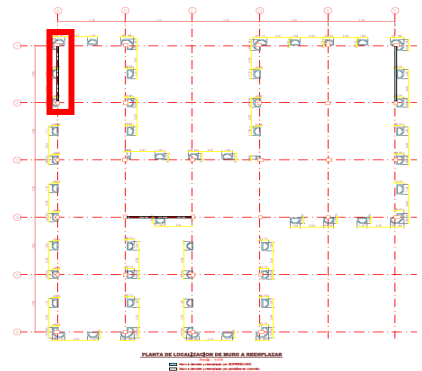
 Estudio patológico, vulnerabilidad y de reforzamiento de la Estación de Policía de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.	
Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén
Ubicación:	Calle 165 #8a -55
Fecha:	Septiembre/2020
Descripción del elementos estructural	
Identificación:	Muro de concreto (M1)
Nivel:	Piso 1
Geometría	
Longitud:	7.20 m
Espesor:	0.20 m
Acero de refuerzo existente	
Vertical:	#5 c/.20
Horizontal:	#4 c/.30
Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales	
Resultados de sobreesfuerzo	Localización global
<p>PT(N+0.16 - N+3.69)</p>  <p>Nivel: N+0.16 Esesor=0.2 L=7.2 H=3.13 Reforzo en el alma : 62 #5@0.20 m (ρ=1.00%) Reforzo en el borde : 10#5@2.13% #3 Longitud=0.4 Esesor=0.6 Reforzo horizontal : 2 #4 @ 0.3 Borde= E#3 b=0.52 h=0.32 g=0.10 (ρ=0.43%)</p>  <p>Datos de diseño $F_{pc}=31.8$ (Mpa) Par M/P diseño = 3174 Ton* m / 133 Ton Eficiencia = 0.87 ok $C_{max}=0.726$ m Para P=202 Ton (C límite = 3.22 m) L confinada=0.40 m No requiere elemento de borde confinado Estribos: 3#0.04 2#0.04 3#0.04 M nominal=4217 Ton* m V nominal=1347 Ton Max Vc+Vs=526 Ton e cortante=0.6 $eV_c=133$ Ton $eV_s=156$ Ton $V_u=403$ Ton !!! V Max permitido = 404 Ton V Max=404 Ton !!! $P_t=0.43\% > 0.25\%$ ok S Ref. Htal = 0.30 m < 0.45 m ok $P_l=1.00\% > 0.12\%$ ok P total vertical=0.99% P borde=2.13% S Ref. Vcal = 0.20 m < 0.45 m ok N capas por norma = 2 ok</p>	 <p>Comentarios</p> <p>Dentro de la revisión de los muros se tuvieron en consideración las columnas de los extremos y su refuerzo, ya que se encuentran adosados entre sí y aportan capacidad a flexión. El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 0.87, pero la fuerza cortante de diseño (V_u) supera el valor que puede resistir el muro ($\Phi V_c + \Phi V_s$) de acuerdo al refuerzo existente en este muro.</p>
Observaciones	
Requiere reforzamiento a corte para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.	

Tabla 21. Ficha 1 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia

Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén
Ubicación:	Calle 165 #8a -55
Fecha:	Septiembre/2020

Descripción del elementos estructural

Identificación:	Muro de concreto (M1)		
Nivel:	Piso 2		
Geometría			
Longitud:	7.20 m	Acero de refuerzo existente	
Espesor:	0.20 m	Vertical:	#4 c/.30
		Horizontal:	#4 c/.30

Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales

<p style="text-align: center;">Resultados de sobreesfuerzo</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">P1(N+3.69 - N+6.97)</p> <p style="text-align: center;">Curva de interacción</p> <p style="font-size: small;"> Nivel: N+3.69 Esesor=0.2 L=7.2 H=2.88 Refuerzo en el alma : 42 #4@0.30 m (ρ=0.43%) Refuerzo en el borde : 10#8(2.13%) #3 Longitud =0.4 Esesor =0.6 Refuerzo horizontal : 2 #4 @ 0.3 Bordes: ER3 b=0.52 h=0.32 g=0.10 (ρ=0.43%) </p> <p style="text-align: center;">Diagrama de cortantes</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: x-small;"> <p>Datos de diseño</p> <p>Fpc=22(Mpa) Par MIP diseño =1749 Ton*m/88 Ton Eficiencia =0.69 ok C_max=0.485 m Para P=132 Ton (C_max=0.485 m) L_continua=0.45 m No requiere elemento de borde confinado Estribos: 350x0.04 20x0.04 350x0.04 M nominal=3228 Ton*m V nominal=1016 Ton Max Vc+Vs=474 Ton e cortante=0.6 aVc =120 Ton aVs=156 Ton Vu=337 Ton III V Max permitido =337 Ton V Max=338 Ton III La sección no puede resistir el cortante de 337.5716 Ton ρh =0.43% > 0.25% ok S Ref. Htal =0.30 m < 0.45 m ok ρl =0.43% > 0.12% ok P total vertical=0.60% P bordes=2.13% S Ref. Vcal =0.30 m < 0.45 m ok N capas por norma = 2 ok</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">Localización global</p> <p style="text-align: center;">Comentarios</p> <p>Dentro de la revisión de los muros se tuvieron en consideración las columnas de los extremos y su refuerzo, ya que se encuentran adosados entre sí y aportan capacidad a flexión. El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 0.69, pero la fuerza cortante de diseño (Vu) supera el valor que puede resistir el muro (ΦVc+ΦVs) de acuerdo al refuerzo existente en este muro.</p>
Observaciones	
Requiere reforzamiento a corte para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.	

Tabla 22. Ficha 2 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia


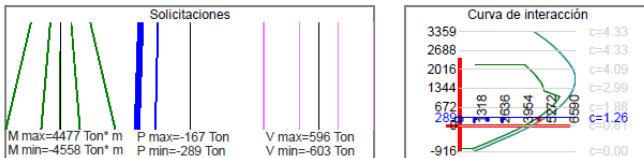
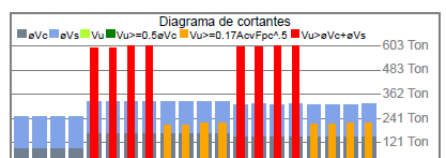
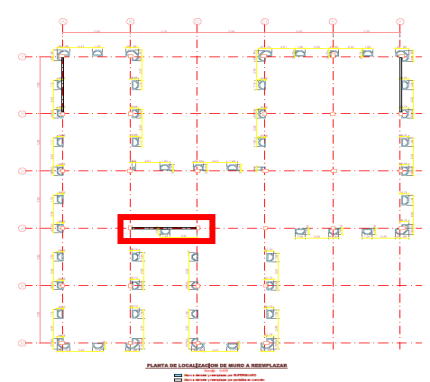
		Estudio patológico, vulnerabilidad y de reforzamiento de la Estación de Policía de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.	
Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén		
Ubicación:	Calle 165 #8a -55		
Fecha:	Septiembre/2020		
Descripción del elementos estructural			
Identificación:	Muro de concreto (M2)		
Nivel:	Piso 1		
	Geometría	Acero de refuerzo existente	
Longitud:	7.20 m	Vertical:	#5 c/.15
Espesor:	0.20 m	Horizontal:	#4 c/.30
Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales			
Resultados de sobreesfuerzo		Localización global	
<p style="text-align: center;">P2/N+0.16 - N+3.69</p>  <p style="text-align: center;">Nivel: N+0.16 Espesor=0.2 L=7.2 H=3.13 Reforzo en el alma : 84 #5@0.15 m (ρ=1.33%) Reforzo en el borde : 10 #8(2.55%) #3 Longitud=0.4 Espesor=0.5 Reforzo horizontal : 2 #4 @ 0.3 Borde= E#3 b=0.42 h=0.32 g=0.10 (ρ=0.43%)</p>  <p>Datos de diseño Fpc=31.8(Mpa) Par MIP diseño =4639 Ton* m/-182 Ton Eficiencia = 1.08 !!! C_{lim}=1.267 m Para P=299 Ton (C_{lim}=0.433 m) L confinada=0.40 m No requiere elemento de borde confinado Estribos: 38@0.04 2@0.04 38@0.04 M nominal=4894 Ton* m V nominal=1563 Ton Max Vc+Vs=546 Ton a cortante=0.6 aVc =153 Ton aVs=156 Ton Vu=601 Ton !!! V Max permitido=694 Ton V Max=603 Ton !!! La sección no puede resistir el cortante de 603.1245 Ton P_h=0.43% > 0.25% ok S Ref. Htal=0.30 m < 0.45 m ok P_l=1.33% > 0.12% ok P total vertical=1.30% P borde=2.55% S Ref. Vcal=0.15 m < 0.45 m ok N capas por norma = 2 ok</p>		 <p style="text-align: center;">PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE MURO A REFORZARSE</p>	
		Comentarios	
		<p>Dentro de la revisión de los muros se tuvieron en consideración las columnas de los extremos y su refuerzo, ya que se encuentran adosados entre sí y aportan capacidad a flexión. El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 1.08 y la fuerza cortante de diseño (Vu) supera el valor que puede resistir el muro (ΦVc+ΦVs) de acuerdo al refuerzo existente en este muro.</p>	
Observaciones			
Requiere reforzamiento a flexo-compresión y corte para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.			

Tabla 23. Ficha 3 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia

Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén
Ubicación:	Calle 165 #8a -55
Fecha:	Septiembre/2020

Descripción del elementos estructural

Identificación:	Muro de concreto (M2)
Nivel:	Piso 2
Geometría	
Longitud:	7.20 m
Acero de refuerzo existente	
Vertical:	#4 c/.20
Horizontal:	#4 c/.30
Espesor:	0.20 m

Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales

Resultados de sobreesfuerzo	Localización global
<div style="text-align: center;"> <p>P2(N+3.69 - N+6.97)</p> <p>M max=2447 Ton* m P max=-109 Ton V max=500 Ton M min=-2502 Ton* m P min=-199 Ton V min=-513 Ton</p> <p>Nivel: N+3.69 Espesor=0.2 L=7.2 H=2.88 Reforzo en el alma : 02 #4@0.20 m (ρ=0.65%) Reforzo en el borde : 10#6@0.255%) #3 Longitud =0.4 Espesor =0.5 Reforzo horizontal : 2 #4 @ 0.3 Borde= E#3 b=0.42 h=0.32 g=0.10 (ρ=0.43%)</p> <p>Datos de diseño Fpc=22(Mpa) Par MIP diseño =2499 Ton* m/-122 Ton C_{lim}=0.963 m Para P=199 Ton (C_{lim}=0.963 m) L confinada=0.40 m No requiere elemento de borde confinado Eslabos: 36x0.04 2x0.04 36x0.04 M nominal=3420 Ton* m V nominal=1188 Ton Max Vc+Vs=492 Ton e cortante=0.6 aVc=126 Ton aVs=156 Ton Vu=510 Ton !!! V Max permitido =337 Ton V Max=513 Ton !!! La sección no puede resistir el cortante de 513.3215 Ton P_h=0.43% > 0.25% ok S Ref. Htal =0.30 m < 0.45 m ok P_l=0.65% > 0.12% ok P total vertical=0.78% P borde=2.65% S Ref. Vcal =0.20 m < 0.45 m ok N capas por norma = 2 ok</p> </div>	<p style="text-align: center;">Comentarios</p> <p>Dentro de la revisión de los muros se tuvieron en consideración las columnas de los extremos y su refuerzo, ya que se encuentran adosados entre sí y aportan capacidad a flexión. El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 0.85, pero la fuerza cortante de diseño (Vu) supera el valor que puede resistir el muro (ΦVc+ΦVs) de acuerdo al refuerzo existente en este muro.</p>
Observaciones	
Requiere reforzamiento a corte para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.	

Tabla 24. Ficha 4 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia


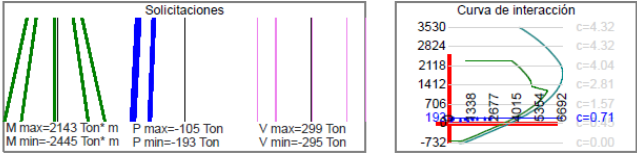
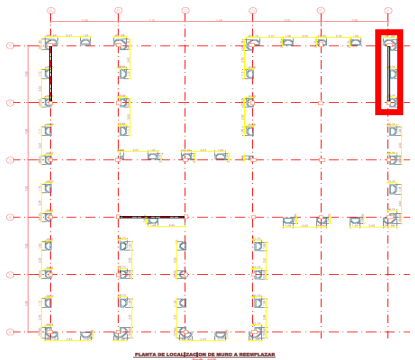
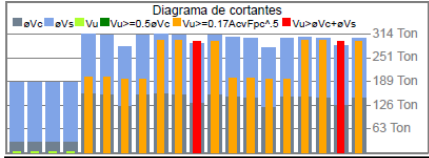
		Estudio patológico, vulnerabilidad y de reforzamiento de la Estación de Policía de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.	
Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén		
Ubicación:	Calle 165 #8a -55		
Fecha:	Septiembre/2020		
Descripción del elementos estructural			
Identificación:	Muro de concreto (M3)		
Nivel:	Piso 1		
Geometría		Acero de refuerzo existente	
Longitud:	7.20 m	Vertical:	#5 c/.20
Espesor:	0.20 m	Horizontal:	#4 c/.30
Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales			
Resultados de sobreesfuerzo		Localización global	
 <p>Nivel: N=0.16 Espesor=0.2 L=7.2 H=3.13 Reforzo en el alma : 62 #5@0.20 m (ρ=1.00%) Reforzo en el borde : 10 #8(2.13%) #3 Longitud =0.4 Espesor =0.6 Reforzo horizontal : 2 #4 @ 0.3 Bordo= E60 b=0.52 h=0.32 g=0.10 (ρ=0.43%)</p>			
 <p>Datos de diseño Fpc=31.8(Mpa) Par M/P diseño =2382 Ton* m/-127 Ton* m Eficiencia =0.66 ok C_u max=0.713 m Para P=193 Ton (C_u) L confinada=0.40 m No requiere elemento de borde confinado Estribos: 38o/0.04 2o/0.04 38o/0.04 M_u nominal=190 Ton* m V_u nominal=1339 Ton Max V_u=524 Ton a cortante=0.6 aVc =128 Ton aVs=158 Ton Vu=295 Ton !!! V_u Max permitido =404 Ton V_u Max=299 Ton ok P_t =0.43% > 0.25% ok S Ref. Htal =0.30 m < 0.45 m ok P_t =1.00% > 0.12% ok S Ref. Vocal =0.20 m < 0.45 m ok N capas por norma = 2 ok</p>		Comentarios	
		<p>Dentro de la revisión de los muros se tuvieron en consideración las columnas de los extremos y su refuerzo, ya que se encuentran adosados entre sí y aportan capacidad a flexión. El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 0.66, pero la fuerza cortante de diseño (Vu) supera el valor que puede resistir el muro ($\Phi V_c + \Phi V_s$) de acuerdo al refuerzo existente en este muro.</p>	
Observaciones			
Requiere reforzamiento a corte para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.			

Tabla 25. Ficha 5 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia

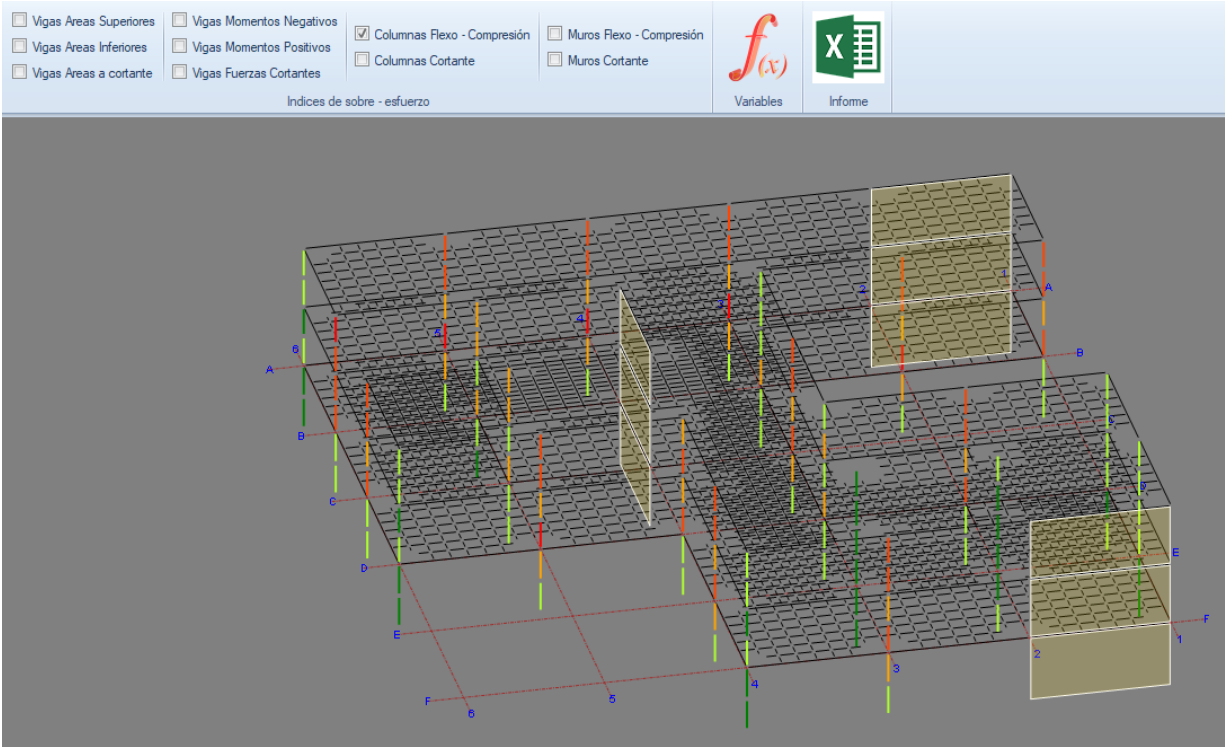
En el siguiente cuadro se muestran el resumen de los muros que tienen índices de sobreesfuerzo mayores a 1.0 o que su refuerzo no cumple a solicitaciones de corte:

Tabla 26 Resumen Índice de sobreesfuerzo muros

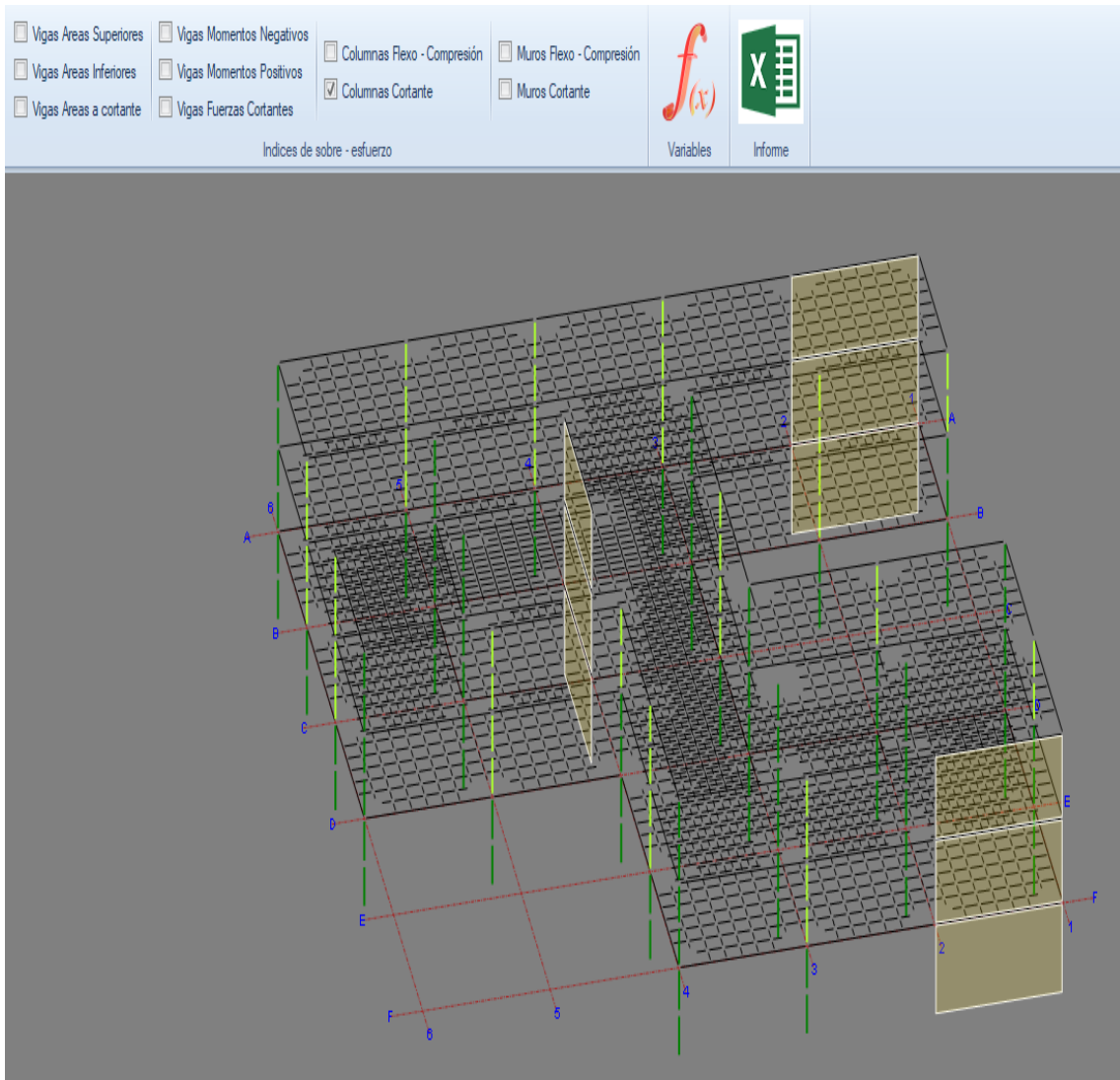
Índice de sobreesfuerzo - Muros			
Muros	Vano	Posición	Índice
P1	Vano 1	Cortante	Reforzar
P1	Vano 2	Cortante	Reforzar
P2	Vano 1	Flexo Compresión	1.08
P2	Vano 1	Cortante	Reforzar
P2	Vano 2	Cortante	Reforzar
P3	Vano 1	Cortante	Reforzar

7.6.3 Índice de sobreesfuerzo en columnas

Los índices obtenidos en columnas para flexo-compresión y cortante son:



Modelo 6. Índice de sobreesfuerzo flexo-compresión (columnas), fuente: Propia



Modelo 7. Índice de sobreesfuerzo cortante (columnas), fuente: Propia

De igual forma que los muros, se presenta a continuación un análisis detallado de las columnas que requieren reforzamiento:


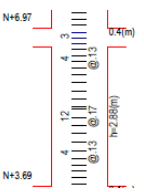
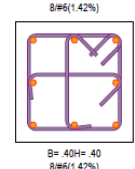
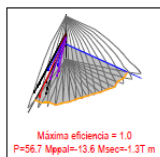
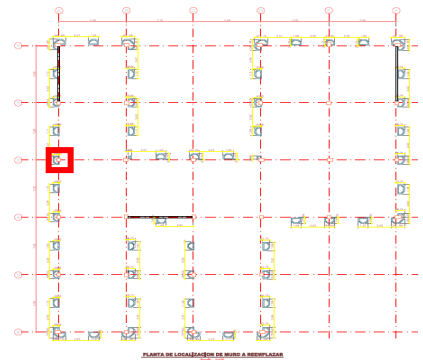
		Estudio patológico, vulnerabilidad y de reforzamiento de la Estación de Policía de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.	
Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén		
Ubicación:	Calle 165 #8a -55		
Fecha:	Septiembre/2020		
Descripción del elementos estructural			
Identificación:	Columna de concreto (A3)		
Nivel:	Piso 2		
Geometría		Acero de refuerzo existente	
Ancho:	0.40 m	Vertical:	8#6
Alto:	0.40 m	Horizontal:	#3 c/.13
Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales			
Resultados de sobreesfuerzo		Localización global	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> DISTRIBUCIÓN DE ESTRIBOS  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> SECCION INFERIOR  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> DISEÑO CORTANTE <p>V. Max Ppal=8.0Ton (C5 Min) Sec= 1.2Ton (C5.1 Min) V. plástico Ppal=11 Sec=11Ton So abajo 130mm (Ancho columna/3 (c.21.3.5.6 (c))) S central 170mm (Por Cortante Plástico) So arriba 130mm (Ancho columna/3 (c.21.3.5.6 (c)))</p> </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> SUP.INTERACCIÓN ZONA INFERIOR  <p>Máxima eficiencia = 1.0 P=56.7 Mppal=13.6 Msec=1.3T m</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> DISEÑO FLEXION <p>F'c = 16 Mpa Cuantía zona superior = 1.42 Eficiencia zona superior = 0.68 P=52.8 Mppal=9.4 Msec= .8T m</p> <p>Cuantía zona inferior = 1.42 Eficiencia zona inferior = 1.01 P=50.7 Mppal=13.0 Msec=1.3T m</p> <p>Relación Mínima Col/Vig=1.0(Viga:A (6-1))</p> </div>		 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE MURO A REFORZAR</p>	
		Comentarios	
		<p>El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 1.01 para esta columna.</p>	
Observaciones			
<p>Requiere reforzamiento a flexo-compresión para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.</p>			

Tabla 27. Ficha 6 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia


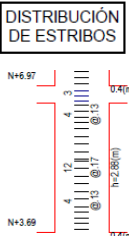
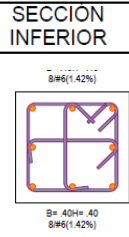
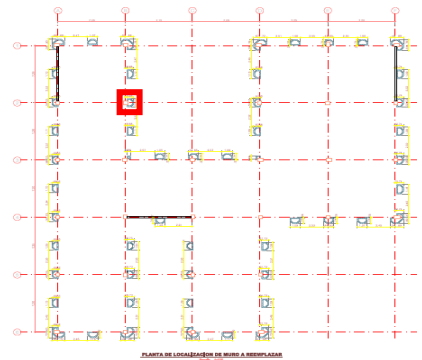
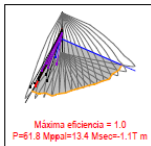
		Estudio patológico, vulnerabilidad y de reforzamiento de la Estación de Policía de Usaquén en la ciudad de Bogotá D.C.	
Proyecto:	Estación de Policía de Usaquén		
Ubicación:	Calle 165 #8a -55		
Fecha:	Septiembre/2020		
Descripción del elementos estructural			
Identificación:	Columna de concreto (B2)		
Nivel:	Piso 2		
Geometría		Acero de refuerzo existente	
Ancho:	0.40 m	Vertical:	8#6
Alto:	0.40 m	Horizontal:	#3 c/.13
Índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales			
Resultados de sobreesfuerzo		Localización global	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>DISTRIBUCIÓN DE ESTRIBOS</p>  </div> <div style="width: 30%;"> <p>SECCION INFERIOR</p>  </div> <div style="width: 30%;"> <p>DISEÑO CORTANTE</p> <p>V. Max Ppal=8.2Ton (C5 Max) Sec= 1.4Ton (C5.1 Mn) V. plástico Ppal=11 Sec=11Ton So abajo 130mm (Ancho columna/3 (c.21.3.5.6 (e))) S central 170mm (Por Cortante Plástico) So arriba 130mm (Ancho columna/3 (c.21.3.5.6 (e)))</p> </div> </div>			
<p>SUP.INTERACCIÓN ZONA INFERIOR</p>  <p>Máxima eficiencia = 1.0 P=61.8 Mppal=13.4 Msec=1.1T m</p>		<p>DISEÑO FLEXION</p> <p>$f_c = 16 \text{ Mpa}$ Cuantía zona superior = 1.42 Eficiencia zona superior = 0.71 P=60.8 Mppal=9.4 Msec=.6T m</p> <p>Cuantía zona inferior = 1.42 Eficiencia zona inferior = 1.02 P=61.8 Mppal=13.4 Msec=1.1T m</p> <p>Relación Mínima Col/Vig=1.0(Viga.B (3-1))</p>	
Comentarios			
<p>El índice de sobreesfuerzo obtenido para el diseño a flexo-compresión es de 1.02 para esta columna.</p>			
Observaciones			
<p>Requiere reforzamiento a flexo-compresión para cumplir con las solicitaciones futuras de la estructura.</p>			

Tabla 28. Ficha 7 de índice de sobreesfuerzo en elementos estructurales, fuente: Propia

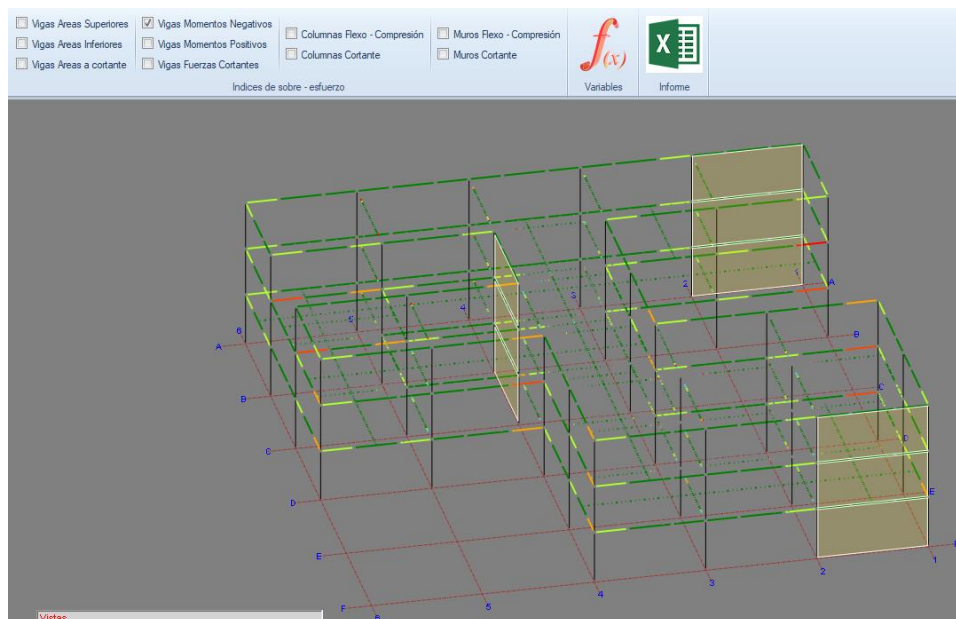
Tabla 29 Resumen índice de sobreesfuerzo columnas

Índice de sobreesfuerzo - Columnas			
Columna	Vano	Posición	Índice de sobreesfuerzo
A-3	Vano 2	Flexo Compresión Abajo	1.01
B-2	Vano 2	Flexo Compresión Abajo	1.02

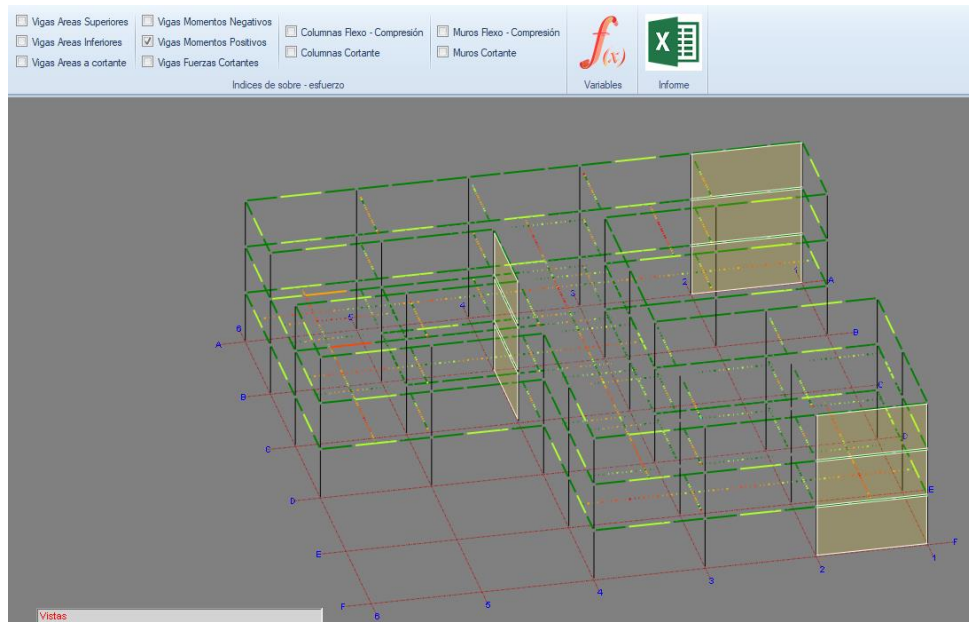
Es posible concluir, que las únicas columnas que requieren reforzamiento son A3 y B2, por el hecho de que el acero longitudinal no logra resistir las solicitaciones; pero no es muy significativo dicho reforzamiento, ya que su índice de sobreesfuerzo se encuentra muy cerca al 1.0.

7.6.4 Índice de sobreesfuerzo en vigas

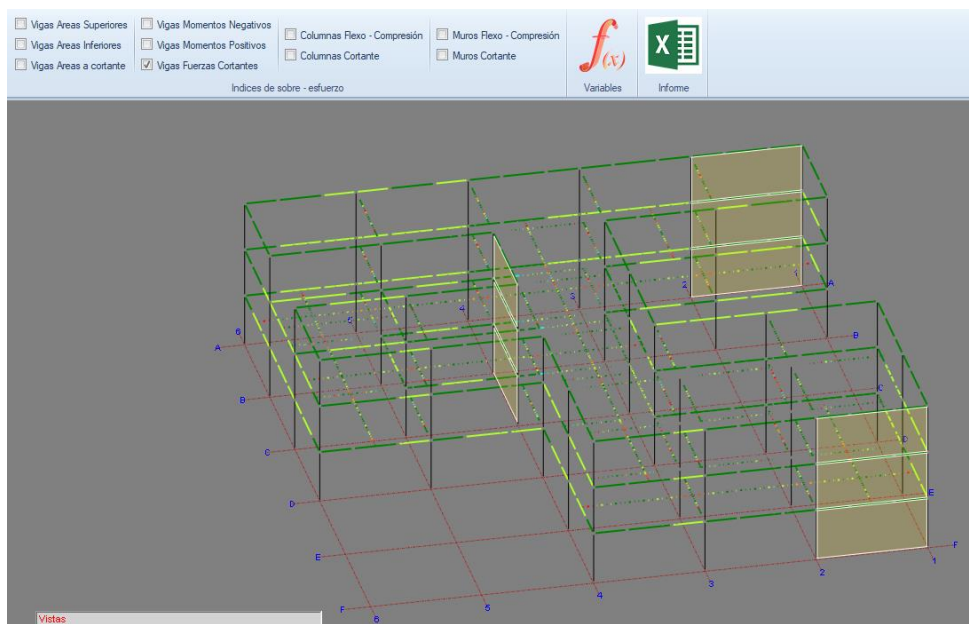
Se realiza también el análisis de las vigas aéreas de la estructura, donde, de acuerdo a los resultados obtenidos, las vigas de 20x40 y algunas de 10x40 necesitan reforzamiento. Los resultados se presentan a continuación:



Modelo 8. Índice de sobreesfuerzo momentos negativos (vigas), fuente: Propia



Modelo 9. Índice de sobreesfuerzo momentos positivos (vigas), fuente: Propia



Modelo 10. Índice de sobreesfuerzo fuerzas cortantes (vigas), fuente: Propia

En la siguiente tabla se presentan las vigas que requieren reforzamiento del piso 2, las cuales son las mismas que requieren reforzarse del piso 3 ya que las cargas gravitacionales son las mismas para ambos niveles.

Tabla 30 Resumen índice de sobreesfuerzo vigas, fuente: Propia

Índice de sobreesfuerzo - vigas				
Viga	Vano	Posición	Indice	Acero Suministrado (cm2)
VG P2 -2 (A-B) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	2.04	2.63
VG P2 -2 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.29	2.95
VG P2 -2 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.47	2.95
VG P2 -2 (A-B) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.06	2.30
VG P2 -2 (D-E) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.05	2.95
VG P2 -2 (D-E) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	1.11	2.95
VG P2 -2 (D-E) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo J	1.02	2.95
VG P2 -2 (D-E) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.13	2.95
VG P2 -2 (D-E) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.29	2.95
VG P2 -2 (E-F) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	2.40	2.08
VG P2 -3 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.76	2.95
VG P2 -3 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.94	2.95
VG P2 -3 (A-B) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	2.62	2.15
VG P2 -3 (D-E) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.28	2.95
VG P2 -3 (D-E) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	1.29	2.95
VG P2 -3 (D-E) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.02	2.95
VG P2 -3 (D-E) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.41	2.04
VG P2 -3 (E-F) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	3.45	2.08
VG P2 -3 (E-F) / N+3.69	Vano 1	M Neg centro	1.35	4.14
VG P2 -4 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.76	2.95
VG P2 -4 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.94	2.95
VG P2 -4 (A-B) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	2.20	2.44
VG P2 -4 (C-D) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	2.17	2.08
VG P2 -4 (C-D) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.85	2.22
VG P2 -5 (A-B) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	1.08	2.08
VG P2 -5 (A-B) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	1.21	2.95
VG P2 -5 (A-B) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo J	1.06	2.95
VG P2 -5 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.36	2.95
VG P2 -5 (A-B) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.52	2.95
VG P2 -5 (A-B) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.49	2.84
VG P2 -5 (C-D) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	2.31	2.08
VG P2 -B (6-5) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	1.45	2.95
VG P2 -B (6-5) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo J	1.25	2.95
VG P2 -B (6-5) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.74	2.95
VG P2 -B (6-5) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.94	2.95
VG P2 -B (6-5) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.70	2.79
VG P2 -B (4-3) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.58	2.95
VG P2 -B (4-3) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	1.91	2.95

VG P2 -B (4-3) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.46	2.76
VG P2 -C (6-5) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	1.44	2.95
VG P2 -C (6-5) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo J	1.24	2.95
VG P2 -C (6-5) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo I	1.73	2.95
VG P2 -C (6-5) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.92	2.95
VG P2 -C (6-5) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.86	2.60
VG P2 -C (4-3) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.80	2.95
VG P2 -C (4-3) / N+3.69	Vano 2	Fuerza Cortante Nudo I	2.12	2.95
VG P2 -D (4-3) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	2.00	2.08
VG P2 -E (4-3) / N+3.69	Vano 6	M Neg Nudo J	1.56	3.29
VG P2 -E (2-1) / N+3.69	Vano 1	M Neg Nudo I	2.63	2.08
VG P2 -E (2-1) / N+3.69	Vano 1	M Neg centro	1.02	4.14
VG P2 -E (2-1) / N+3.69	Vano 5	Fuerza Cortante Nudo J	1.53	2.95
VG P2 -VT A-B (6-1) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo I	1.34	1.48
VG P2 -VT A-B (6-1) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante centro	1.18	1.48
VG P2 -VT A-B (6-1) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.02	1.48
VG P2 -VT A-B (6-1) / N+3.69	Vano 17	Fuerza Cortante Nudo I	1.01	1.48
VG P2 -VT A-B (6-1) / N+3.69	Vano 40	Fuerza Cortante centro	1.01	1.48
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo I	1.37	1.48
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 4	M Pos centro	1.02	2.34
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 4	M Pos Nudo J	1.01	2.34
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 5	M Pos Nudo I	1.00	2.34
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 8	Fuerza Cortante Nudo J	1.06	1.48
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 9	Fuerza Cortante Nudo I	1.01	1.48
VG P2 -VT E-F (4-1) / N+3.69	Vano 24	Fuerza Cortante centro	1.10	1.48
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo I	1.37	1.48
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante centro	1.21	1.48
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.05	1.48
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 4	M Pos centro	1.01	2.34
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 4	M Pos Nudo J	1.00	2.34
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 8	Fuerza Cortante Nudo J	1.01	1.48
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 21	M Pos Nudo I	1.00	2.34
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 21	M Pos centro	1.00	2.34
VG P2 -VT 6-5 (A-D) / N+3.69	Vano 24	Fuerza Cortante centro	1.10	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo I	1.33	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante centro	1.17	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 1	Fuerza Cortante Nudo J	1.00	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 4	M Pos centro	1.01	2.34
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 8	Fuerza Cortante Nudo J	1.02	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 9	Fuerza Cortante Nudo I	1.14	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 12	M Pos Nudo J	1.01	2.34
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 13	M Pos Nudo I	1.02	2.34
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 13	M Pos centro	1.03	2.34

VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 16	Fuerza Cortante Nudo I	1.25	1.48
VG P2 -VT 2-1 (D-F) / N+3.69	Vano 16	Fuerza Cortante centro	1.41	1.48

De acuerdo a los requisitos establecidos en la NSR-10 los espaciamentos de los estribos cumplen en la zona confinada y no confinada, según lo obtenido de la inspección técnica realizada.

8. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

Como se pudo evidenciar en capítulo 7 de este mismo documento, la estructura requiere el reforzamiento de algunos elementos muy puntuales para garantizar su correcto desempeño frente a su uso requerido, y futuros eventos extraordinarios (sismos).

En términos generales, las vigas de entrepiso son los elementos que requieren una mayor intervención, debido a la cantidad de elementos que requieren reforzarse.

Con el fin de dar diferentes posibilidades de selección a los propietarios del inmueble, se presentan dos alternativas de reforzamiento para cada uno de los elementos, y posteriormente se evaluarán sus costos.

La intervención de la edificación se plantea acogida a los términos planteados en A.10.9.2 de la NSR-10, donde se especifica lo siguiente:

A.10.9.2 — RESISTENCIA Y CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO REQUERIDAS SEGÚN EL USO Y LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN — A continuación se definen los requisitos mínimos que se deben cumplir para el refuerzo y rehabilitación sísmica, según el uso y la edad de las edificaciones:

A.10.9.2.1 — Intervención de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad— El diseño de las edificaciones pertenecientes a los grupos de uso **III** y **IV**, tal como los define A.2.5, independientemente de la época de construcción de la edificación, debe cumplir los requisitos establecidos en A.10.4.2.1, con el fin de lograr un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva, y de acuerdo con los criterios y requisitos del presente Reglamento, de tal manera que la edificación una vez intervenida quede con un índice de sobreesfuerzo y un índice de flexibilidad menores que la unidad. La intervención de los elementos no estructurales puede limitarse a elementos de fachada y columnas cortas o cautivas y a aquellos que se encuentren en mal estado y representen un peligro para la vida ante la ocurrencia de un sismo en el futuro. Al respecto debe consultarse A.9.5.2. Si la edificación perteneciente a los grupos de uso **III** o **IV** ya fue intervenida durante la vigencia del Reglamento NSR-98 para cumplir con él y si se mantiene el mismo grupo de uso, no requiere obligatoriamente ser intervenida de nuevo para los requerimientos del presente Reglamento.

Ilustración 16. Título A.10.9.2 NSR-10

El reforzamiento de la estructura implica realizar las siguientes actividades:

- **Muros de concreto**

Alternativa 1:

Aumentar espesor de muros para mayorar la capacidad a corte.
Instalar barrar verticales para aumentar la resistencia a flexión

Alternativa 2:

Instalar fibras de carbono longitudinal y transversalmente en los muros, creando una configuración en malla cada 20 centímetros tanto vertical como horizontalmente.

Este sistema a utilizar FRP, se conoce como Sika Carbodur S, con un módulo – E de 165000 N/mm² y resistencia a la tensión de 2,800 N/mm². Este tipo de platinas utilizadas en esta alternativa provee un diseño óptimo con una alta resistencia y propiedades de desempeño definidas.

- **Columnas de concreto**

Alternativa 1:

Aumentar dimensiones e instalar barras (longitudinales y transversales) para aumentar capacidad a flexión y corte.

Alternativa 2:

Encamisado de columnas. Consiste en instalar placas de acero longitudinales y transversales (ASTM A572 Gr 50) distanciadas cada 50 cm conformando anillos en el perímetro de la columna.

- **Vigas de concreto**

Alternativa 1:

Aumentar dimensiones e instalar barras (longitudinales y transversales) cerca a los apoyos de las vigas para aumentar capacidad a flexión y corte.

Alternativa 2:

Instalar fibras de carbono longitudinal y transversalmente en las vigas cerca a los apoyos para aumentar la resistencia a flexión negativa y cortante.

El concreto nuevo usado para el reforzamiento mencionado, tiene las mismas características mecánicas al concreto obtenido a partir de los ensayos destructivos y no destructivos en cada uno de los materiales, es decir que si la columna tiene un concreto $f'c$ de 25,54 Mpa, el utilizado para su reforzamiento tiene la misma resistencia o muy similar (más o menos del 5 Mpa); esto con el fin de no generar diferencias de resistencias y de módulos de elasticidad internos en el miembro estructural.

En el anexo 10 se presentan los cálculos realizados a cada uno de las alternativas de intervención con el fin de garantizar su cumplimiento y desempeño.

8.1 Reforzamiento para muros

- **Alternativa 1:**

Considerando que para el reforzamiento final de los muros se tendrán 4 capas de refuerzo (2 existentes + 2 nuevas), y que esto no se puede modelar en software DC CAD, se aumenta el diámetro de las barras para obtener de esta forma la misma área de refuerzo instalada.

En los siguientes cuadros se puede observar el espesor adicional requerido para los muros y el refuerzo longitudinal y transversal asignado:

Tabla 31 Espesores adicionales en muros, Fuente: Propia

Piso	Espesores adicionales de muros (e_m)		
	M1	M2	M3
CIM	0.15	0.25	0.15
1	0.15	0.25	0.15
2	0.10	0.25	N.A
3	N.A	N.A	N.A

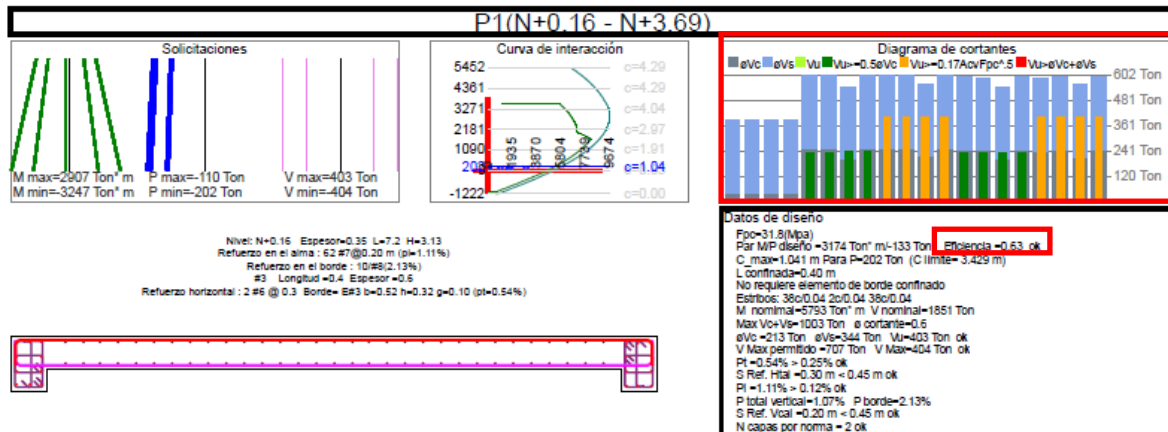
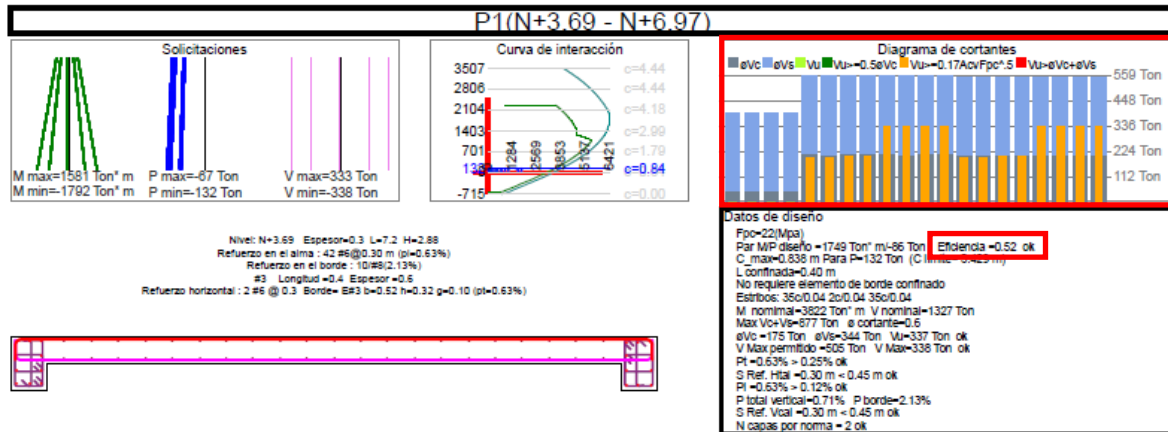
Tabla 32 Reforzamiento en muros de concreto, Fuente: Propia

REF.	REFOR. MUROS DE CONCRETO		
	M1	M2	M3
1	#5 c/.20 L=0.80	#5 c/.15 L=0.80	#5 c/.20 L=0.80
2	#5 c/.20 L=2.80	#5 c/.15 L=2.80	#5 c/.20 L=2.80
3	#4 c/.30 L=7.15	#4 c/.30 L=7.15	#4 c/.30 L=7.15
4	#5 c/.20 L=3.10	#5 c/.15 L=3.10	#5 c/.20 L=3.10
5	#4 c/.30 L=7.15	#4 c/.30 L=7.15	#4 c/.30 L=7.15
6	#5 c/.20 L=1.60	#5 c/.15 L=1.60	N.A
7	#4 c/.30 L=2.85	#4 c/.20 L=2.85	N.A
8	#4 c/.30 L=0.80	#4 c/.20 L=0.80	#5 c/.20 L=3.10
9	#4 c/.30 L=7.15	#4 c/.30 L=7.15	N.A
10	#5 c/.55 L=0.80	#5 c/.55 L=0.80	#5 c/.55 L=0.80
11	#4 c/.60 L=0.40	#4 c/.60 L=0.40	#4 c/.60 L=0.40

Una mejor interpretación de los datos presentados en las tablas se puede obtener en los planos de reforzamiento del Anexo 11

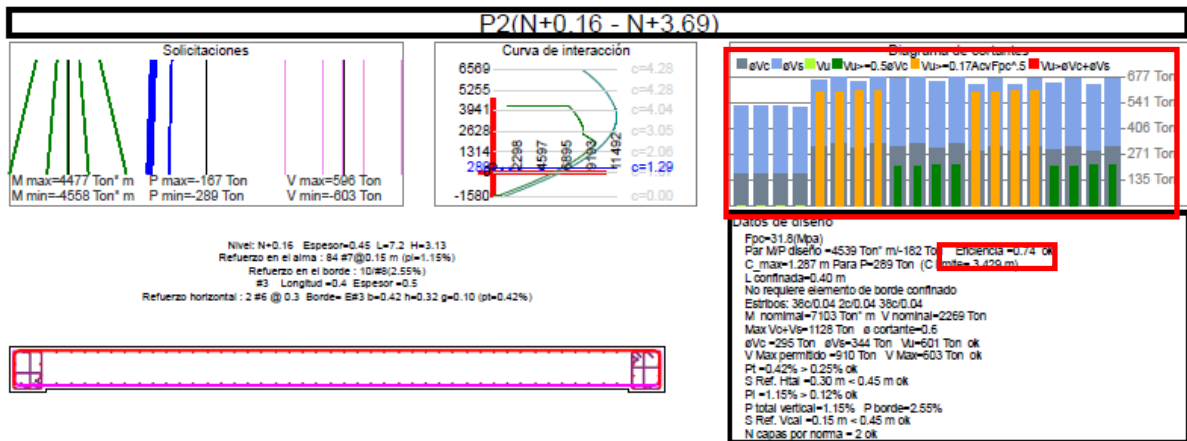
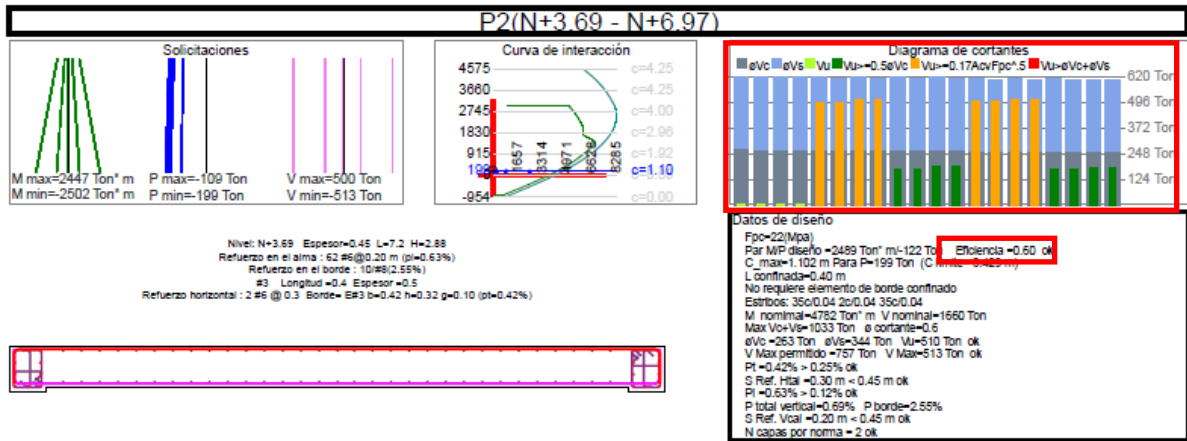
En las siguientes imágenes se pueden observar los índices de sobreesfuerzo obtenidos para los muros de concreto después del aumento de espesor e instalación de barras adicionales.

M1



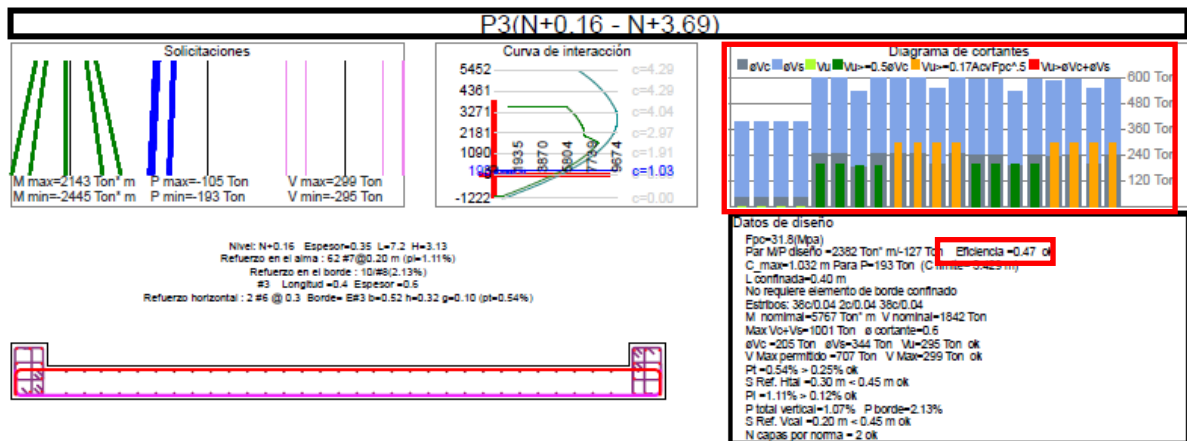
Modelo 11. Modelación reforzamiento muro alternativa 1, fuente: Propia

M2



Modelo 12. Modelación reforzamiento muro alternativa 1, fuente: Propia

M3



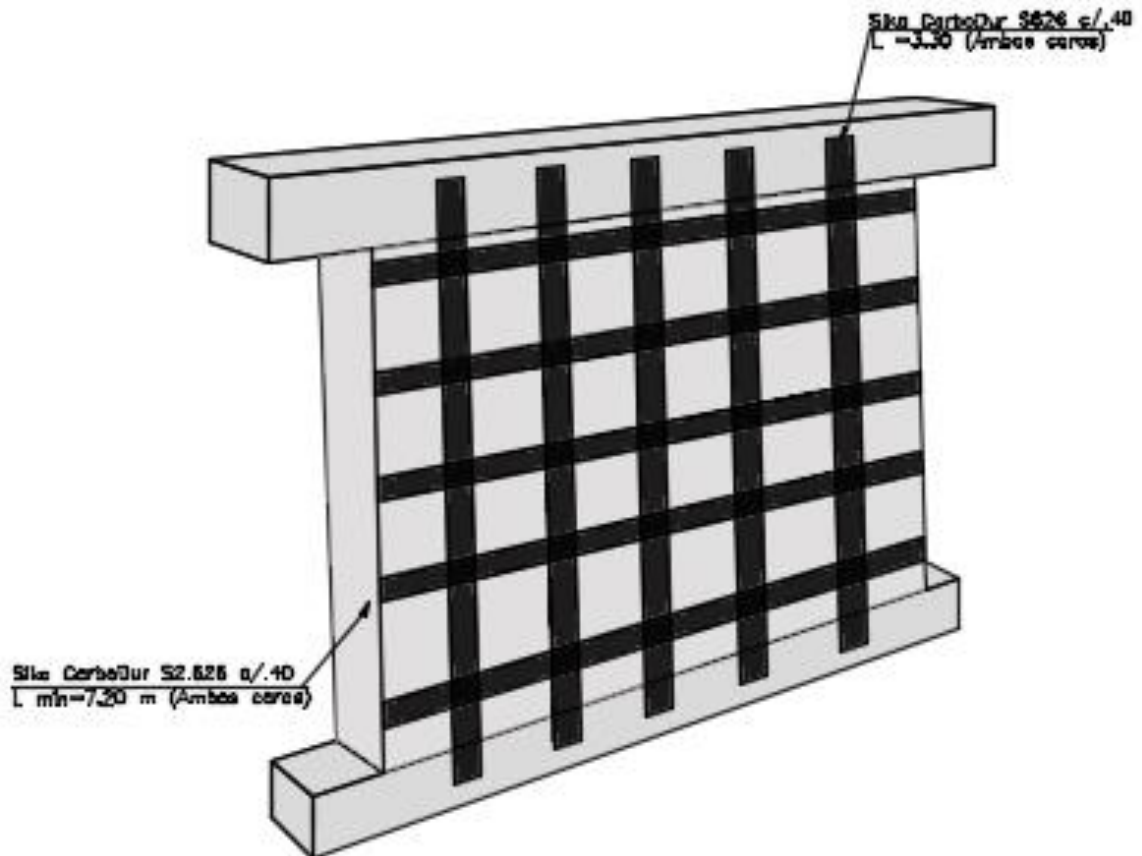
Modelo 13. Modelación reforzamiento muro alternativa 1, fuente: Propia

Como se pudo observar en los rectángulos rojos, el reforzamiento cumple para momentos flectores y fuerzas cortantes, por ende, este tipo de reforzamiento es muy viable.

- **Alternativa 2**

FIBRAS DE (FRP - FIBER REINFORCED POLYMER)

Para la alternativa # 2 planteada para el reforzamiento de los muros se plantea la instalación de unas fibras de Sika CarboDur-S626 o CarboDur-S2025 creando una malla reticular de 20x20 cm realizando un reforzamiento en todos los extremos y superficies centrales de los muros.



REFORZAMIENTO MUROS CON SISTEMA SIKA CARBODUR S CONFIGURACIÓN EN MALLA

Ilustración 17. Muro con reforzamiento en FRP, Fuente: Propia

Preparación y limpieza

Se debe apuntalar la estructura del muro para garantizar una mayor rigidez del muro para el proceso de intervención. Se escarifica la superficie del hormigón viejo eliminando la capa de mortero y pintura para mejorar la adherencia de los nuevos componentes, obteniendo una superficie plana y rugosa. En caso de ser necesario por alguna irregularidad se rellena cavidades y nivela la superficie con mortero de base epoxi. El sustrato debe quedar limpio y con superficie seca, esto se puede lograr mediante chorro de aire comprimido.



(a)

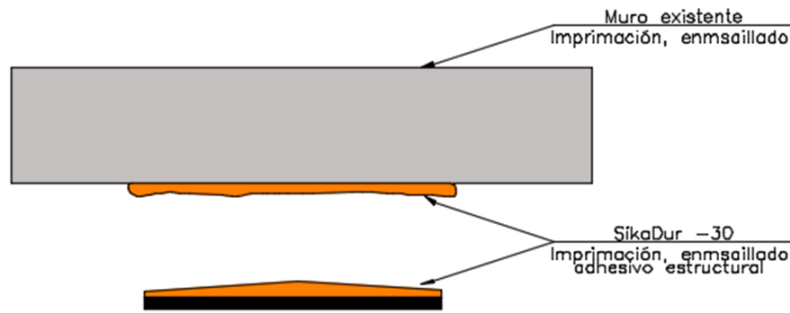


(b)

Ilustración 18. Fotografía de la limpieza y preparación de la superficie, Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092018000300015

Reparación

Se prepara el adhesivo sikalimpiador y se aplica sobre la superficie del muro y de la banda de fibra de carbono con una espátula dejando una capa de espesor máximo a 1 mm, antes de unir ambas superficies se debe esperar al menos 5 minutos. Una vez juntos los planos se presiona las láminas con un rodillo de acero o caucho para así expulsar el aire y el exceso de adhesivo. Los solapes deben realizarse de al menos 10 cm en dirección de las fibras. Después de un día de espera se puede volver a cargar la estructura con el acabado final correspondiente.



DETALLE SISTEMA DE PLATINAS SIKACARBODUR CON ADHESIVO ESTRUCTURAL SIKADUR -30

Ilustración 19. Detalle sistema de platinas SikaCarbodur S, Fuente: Propia

8.2 Reforzamiento para columnas

- **Alternativa 1**

Como se puede evidenciar durante la etapa de vulnerabilidad se encontró que se requieren reforzar 2 columnas (A-3 y B-2) a flexión en el segundo piso. Ambas columnas tienen la misma sección transversal 40x40 y su índice de sobreesfuerzo es muy similar 1.01 y 1.02. Bajo estos precedentes se toma como criterio revisar únicamente la columna con mayores solicitaciones y realizar su respectivo reforzamiento.

El reforzamiento consiste en ampliar la sección de la columna 10 cm en ambos sentidos e instalar barras longitudinales (8#4) dispuestas de la siguiente forma:

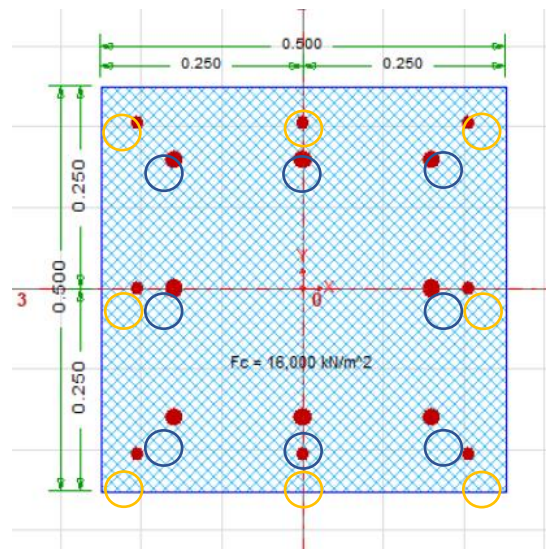


Ilustración 20. Reforzamiento en columnas de concreto, Fuente: propia

Círculo azul=refuerzo existente (8#6)

Círculo naranja=refuerzo adicional (8#4)

Es necesario picar el concreto existente hasta alcanzar los estribos de la columna; posteriormente instalar barras adicionales y fundir concreto.

Los estribos son #3; su separación es cada 16 cm en la zona confinada y 30 cm en la zona no confinada.

Los índices de sobreesfuerzo obtenidos para las columnas con la disposición presentada son:

Result Summary

Sr.No	Combination	Pu (kN)	Cap. Ratio-Bot	Cap. Ratio-Top	Remarks
1	C1	-460.11	0.708	0.586	Capacity OK
2	C2	-459.58	0.773	0.694	Capacity OK
3	C2.1	-450.00	0.767	0.694	Capacity OK
4	C2.2	-450.00	0.767	0.694	Capacity OK
5	C3	-490.62	0.742	0.612	Capacity OK
6	C3.1	-459.97	0.725	0.597	Capacity OK
7	C3.2	-459.97	0.725	0.597	Capacity OK
8	C4	-443.21	0.715	0.599	Capacity OK
9	C4.1	-433.63	0.71	0.60	Capacity OK
10	C4.2	-433.63	0.71	0.60	Capacity OK
11	C5 Max	-404.69	0.637	0.661	Capacity OK
12	C5 Min	-438.63	0.77	0.563	Capacity OK
13	C5.1 Max	-414.33	0.653	0.663	Capacity OK
14	C5.1 Min	-428.98	0.755	0.554	Capacity OK
15	C6	-295.79	0.455	0.376	Capacity OK
16	C7 Max	-278.81	0.391	0.393	Capacity OK
17	C7 Min	-312.76	0.522	0.364	Capacity OK
18	C7.1 Max	-288.46	0.406	0.40	Capacity OK
19	C7.1 Min	-303.11	0.507	0.355	Capacity OK

Ilustración 21. Resultados reforzamiento en columnas, Fuente: Propia

En todos los casos se tienen valores menores a la unidad (1.0).

- **Alternativa 2**

El encamisado en columnas con estructura metálica es una técnica con muy poco tiempo de uso pero que facilita en gran medida el reforzamiento de elementos estructurales. La principal deficiencia es que es poco atractiva a la vista. Esta técnica consiste en encamisar un pilar o columna para aumentar su capacidad portante.

Cuando se desea aumentar la capacidad de a flexión con esta técnica los ángulos deben pasar a través de la losa con ayuda de perfiles metálicos y que estén soldados a los ángulos de la columna.

En las siguientes imágenes se puede observar el estado final de una columna encamisada:

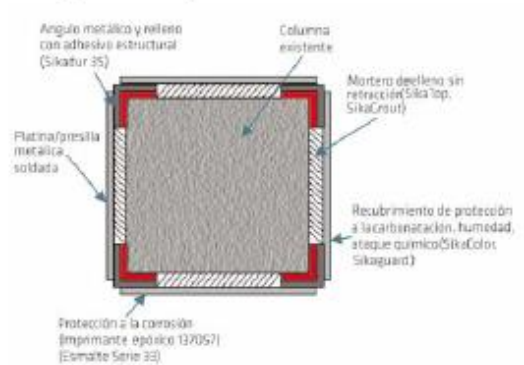


Ilustración 22. Encamisado de columnas, Fuente: Izquierdo, 2015

Para el caso de las columnas de la edificación se instalan ángulos metálicos L4X4X1/2" verticales y platinas 0.40X0.40X1/2" de forma transversal separadas cada 25 cm.

8.3 Reforzamiento para vigas

- **Alternativa 1**

Para el caso del reforzamiento en vigas, se tomó el mismo criterio que el de las columnas (se seleccionó la que tiene mayores solicitaciones):

VG 20X40

Se amplió el ancho de la viga a 30 cm y se instalaron 2 barras #7 en la zona superior y 2#4 en la inferior; esto se realiza en el primer metro de ambos extremos de la viga. De igual forma, se instalan estribos adicionales que mejoren el cortante resistente en la viga y permitan la colocación de las barras longitudinales.

VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69

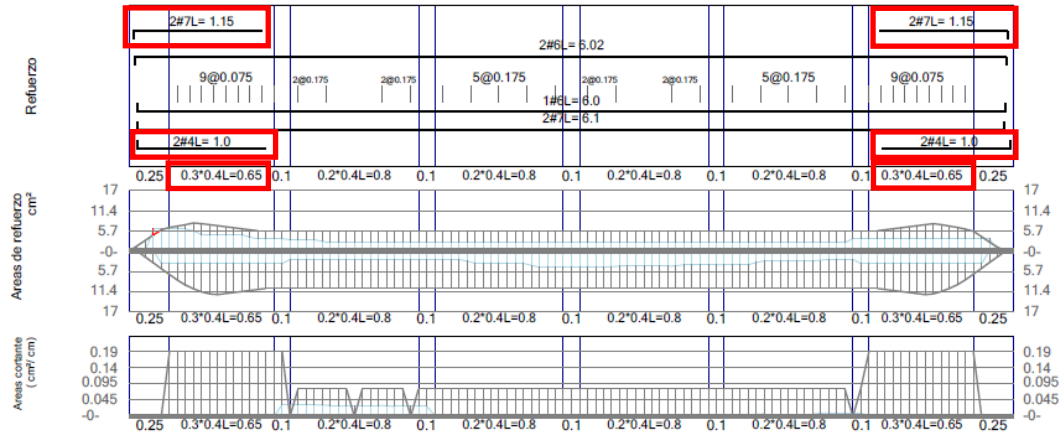


Ilustración 23. Ensanchamientos en vigas, Fuente: Propia

Los índices de sobreesfuerzo obtenidos después del reforzamiento para esta viga son:

Tabla 33 Indices de sobre esfuerzo en vigas, Fuente: propia

Viga	Vano	Posición	Índice	Suministrado
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Neg Nudo I	0.99	605.4
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Neg centro	0.74	625.9
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Neg Nudo J	0.63	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Pos Nudo I	0.00	656.4
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Pos centro	0.00	1152.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Pos Nudo J	0.00	1113.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Cortante Nudo I	0.01	1.9
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Cortante centro	0.00	1.9
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 1	Área Cortante Nudo J	0.00	1.9
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Neg Nudo I	0.56	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Neg centro	0.15	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Neg Nudo J	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Pos Nudo I	0.00	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Pos centro	0.06	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Pos Nudo J	0.22	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Cortante centro	0.39	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 2	Área Cortante Nudo J	0.36	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Neg Nudo I	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Neg centro	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Neg Nudo J	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Pos Nudo I	0.22	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Pos centro	0.32	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Pos Nudo J	0.44	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Área Cortante Nudo I	0.04	0.8

VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 3	Area Cortante centro	0.01	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Neg Nudo I	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Neg centro	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Neg Nudo J	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Pos Nudo I	0.43	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Pos centro	0.40	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Pos Nudo J	0.37	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Cortante centro	0.00	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 4	Area Cortante Nudo J	0.00	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Neg Nudo I	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Neg centro	0.00	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Neg Nudo J	0.03	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Pos Nudo I	0.36	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Pos centro	0.25	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Pos Nudo J	0.21	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Cortante Nudo I	0.06	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 5	Area Cortante centro	0.09	0.8
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Neg Nudo I	0.05	568.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Neg centro	0.15	626.1
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Neg Nudo J	0.34	561.5
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Pos Nudo I	0.19	1058.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Pos centro	0.14	1113.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Pos Nudo J	0.18	648.0
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Cortante Nudo I	0.00	1.9
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Cortante centro	0.00	1.9
VG P2 -3 (E-F) Ref / N+3.69	Vano 6	Area Cortante Nudo J	0.00	1.9

- **Alternativa 2**

Utilizando esta alternativa de intervención es necesario instalar fibras de carbono longitudinales (para flexión) y transversales (para cortante).

VG 20X40 (flexión)



Refuerzo FRP. Tipo de flexión: Negativa
 Refuerzo FRP principal (Pegado) ldf: 360.5 mm
 3 x Sika CarboDur® S626

- ϕ -Mn (Sección no reforzada) = -69.55 kN-m
- Mu (Cargas previstas) = -71.84 kN-m
- ϕ -Mn (Sección reforzada) = 85.98 kN-m

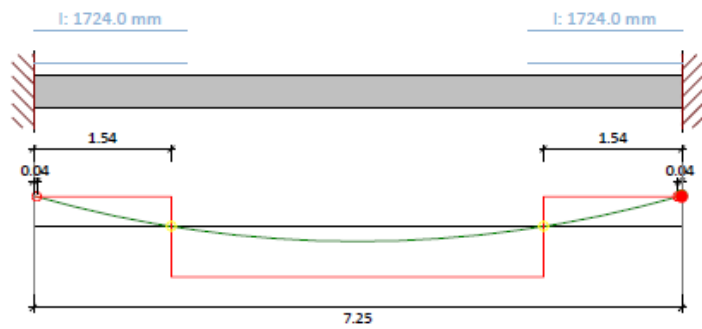


Ilustración 24. Reforzamiento en vigas FRP a flexión, Fuente: Propia

VG 20X40 (cortante)

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

1 capa de Sika CarboDur® S2.025

Montaje: 2 caras

Bandas discretas

Ángulo: 90.0 °

Espaciado c. a c.: 100 mm



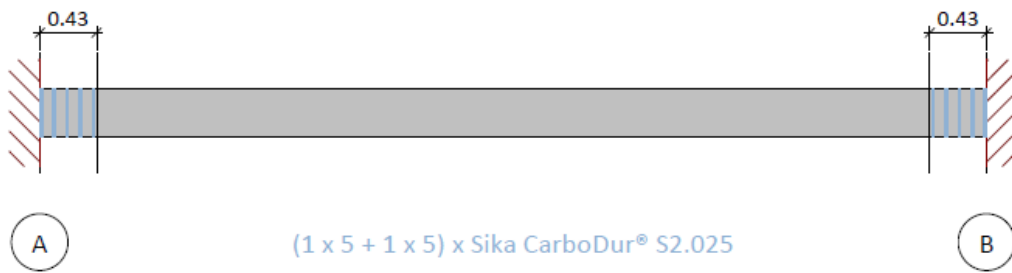


Ilustración 25. Reforzamiento en vigas FRP a cortante, Fuente: Propia

VT 10X40 (flexión)



Reforzamiento FRP. Tipo de flexión: Positiva

Reforzamiento FRP principal (Pegado) ldf: 360.5 mm
1 x Sika CarboDur® S626

- $M_{cr} = 5.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $\phi \cdot M_n$ (Sección no reforzada) = 24.19 kN·m
- M_u (Cargas previstas) = 26.28 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Sección reforzada) = 29.28 kN·m

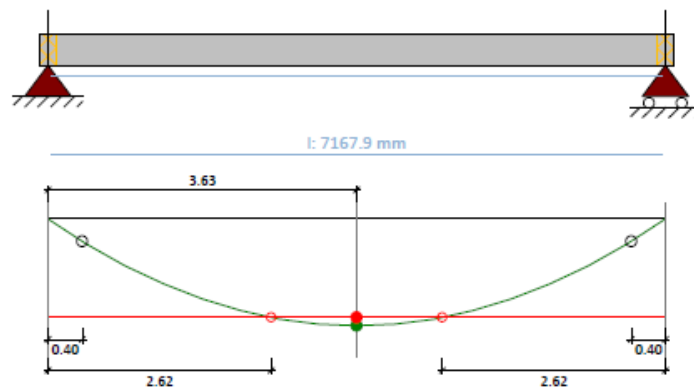


Ilustración 26. Reforzamiento en vigas FRP a flexión, Fuente: Propia

VT 10X40 (Cortante)

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

1 capa de Sika CarboDur® S2.025

Montaje: 2 caras

Bandas discretas

Ángulo: 90.0°

Espaciado c. a c.: 100 mm

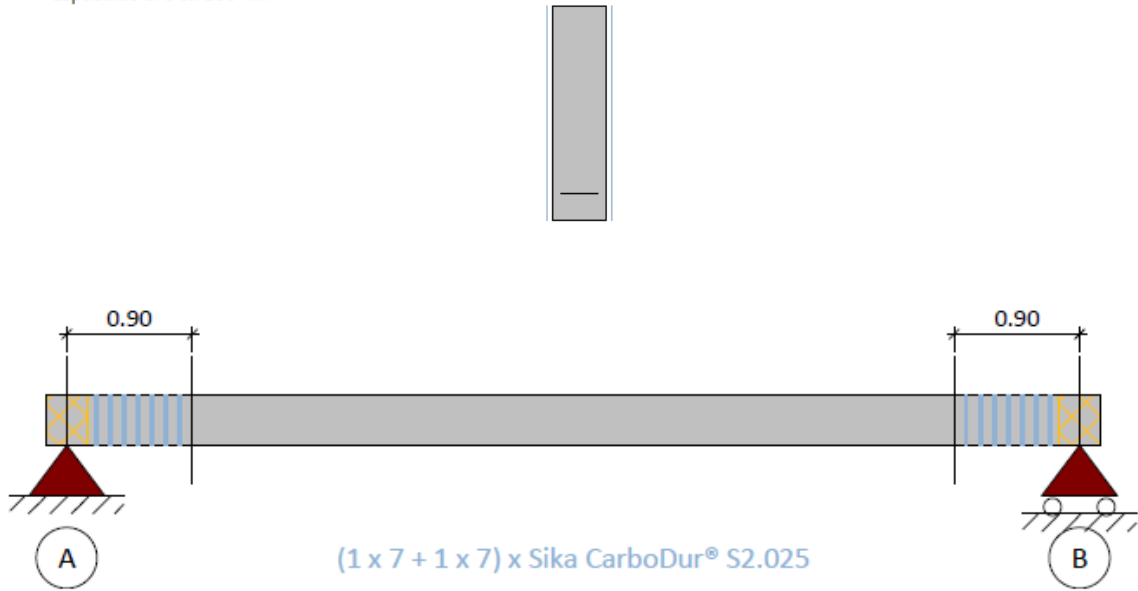


Ilustración 27. Reforzamiento en vigas FRP a cortante, Fuente: Propia

9. PRESUPUESTO

A continuación se presentan dos presupuestos cada uno correspondiente a las diferentes propuestas de intervención planteadas para el reforzamiento de la estructura.

En primer lugar se establece el procedimiento y los costos de cada actividad para la alternativa 1, la cual se basa en ensanchar los elementos que requieren un reforzamiento (columnas, vigas, muros) devolviendo la rigidez y monolitismo a cada uno.

Es necesario considerar el tipo de material con el cual se realizarán los reforzamientos, para esta alternativa se utilizaría Sika Concrelisto RE 5000, cotizado bajo catálogo actualizado a 25 de Mayo del año 2020. Así mismo para los tres tipos de elementos a intervenir se establece un procedimiento base para evitar la generación de sobrecostos, basado en 5 costos considerados dentro del presupuesto de tal manera que se manifiestan así:

- a) Apuntalamiento de la estructura.
- b) Ruptura del material existente (utilización de equipos como taladro y compresor, e incluyendo acarreo y desecho de escombros).
- c) Configuración del acero de refuerzo necesario para el ensanchamiento del elemento (según lo estipulado por el ingeniero estructural, teniendo en consideración diámetros y numeración de hierros).
- d) Anclaje de varillas para lo cual es necesario realizar perforaciones las cuales se deben recubrir con resinas epoxicas (esto se aplica según se requiera).
- e) Encofrado del elemento (en el cual se requiere formaletas metálicas, correcta utilización del embudo para el vaciado del concreto Sika concrelisto RE 5000).

Para el caso de columnas se establece un costo total de \$18.691.897, para las vigas se establece un costo de \$16.525.489, y por último para los muros se genera un costo total de \$25.248.609.

Teniendo como costo definitivo de la intervención de \$62.719.193, cabe aclarar que el costo de la propuesta número uno se mantiene en lo definido siempre y cuando las condiciones de la rehabilitación continúen siendo las mismas, en dado caso que se requieran solicitudes extra se generan cobros adicionales.

SUMINITRO E INSTALACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA ESTACION DE POLICIA DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN		Fecha de cotizacion 25/10/2020			
		No de Cotizacion : 001			
		Cotizacion válida hasta: 20/03/2021			
COTIZACION PARA :					
ING : DANIELA BARAJAS - ANDRES VASQUEZ ARQ: ANDRES PEÑUELA					
Comentarios especiales:					
SUMINITRO E INSTALACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA ESTACION DE POLICIA DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN					
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
ALTERNATIVA 1 COLUMNAS					
	Ruptura con equipo (taladro y compresor) de concreto de columnas incluye acarreo y bote de escombros.	M2	8,20	\$ 399.542	\$3.276.244
	Acero de refuerzo, figurado de acuerdo a las especificaciones de plano estructural segun su diametro y numeracion	KG	750,00	\$ 16.280	\$12.210.000
	Perforaciones para anclaje de varillas de diámetro 1/2", diámetro de la perforación =5/8", recubierta con epóxico, longitud de perforación 10 a 20 cms, según se requiera.	UND.	10	\$ 12.500	\$125.000
	Encofrado de columnas de 0.30x0.30 o 0,40x0,40 incluye formaleta metálica, vaciado especial con embudo, concrelito	M3	5,40	\$ 290.794	\$1.570.288
	Columnas Fundidas en SIKA CONCRELISTO RE-500	M3	5,40	\$ 182.308	\$984.463
	APUNTALAMIENTO DE ESTRUCTURA (Parales)	GL	1	\$ 350.000	\$350.000
ALTERNATIVA 1 VIGAS					
	Ruptura con equipo (taladro y compresor) de concreto de Viga incluye acarreo y bote de escombros.	M2	6,20	\$ 399.542	\$2.477.160
	Acero de refuerzo, figurado de acuerdo a las especificaciones de plano estructural segun su diametro y numeracion	KG	620,00	\$ 16.280	\$10.093.600
	Perforaciones para anclaje de varillas de diámetro 1/2", diámetro de la perforación =5/8", recubierta con epóxico, longitud de perforación 10 a 20 cms, según se requiera.	UND.	11	\$ 12.500	\$137.500
	Encofrado de vigas de 0,10 - 0,12 -0,20 0,35 todas las vigas x0,40 en concrelito de incluye formaleta metálica, vaciado especial con embudo	M3	7,00	\$ 290.794	\$2.035.558
	vigas Fundidas en SIKA CONCRELISTO RE-500	M3	7,00	\$ 182.308	\$1.276.156
ALTERNATIVA 1 MUROS					
	Ruptura con equipo (taladro y compresor) de concreto de Viga incluye acarreo y bote de escombros.	M2	12,20	\$ 399.542	\$4.874.412
	Acero de refuerzo, figurado de acuerdo a las especificaciones de plano estructural segun su diametro y numeracion	KG	732,00	\$ 16.280	\$11.916.960
	Perforaciones para anclaje de varillas de diámetro 1/2", diámetro de la perforación =5/8", recubierta con epóxico, longitud de perforación 10 a 20 cms, según se requiera.	UND.	24	\$ 12.500	\$300.000
	Encofrado de muros (cimentacion -piso 1 de 0,15 0,25) (Piso 2 0,10 - 0,25) todos los muros en concrelito incluye formaleta metálica, vaciado especial	M3	16,00	\$ 290.794	\$4.652.704
	Muros - Fundidos en SIKA CONCRELISTO RE-500	M3	16,00	\$ 182.308	\$2.916.928
				SUBTOTAL	\$ 59.196.974,00
				ADMINISTRACION 5%	\$ 2.959.849
				IMPREVISTOS 5%	\$ 2.959.849
Si tiene alguna duda sobre este presupuesto, póngase en contacto con:				UTILIDAD 5%	\$ 2.959.849
Gracias por su confianza.				IVA/UTILIDAD	\$ 562.371
ENTREGADO:	RECIBIDO:	TOTAL			\$ 62.719.193,95

Tabla 34. Presupuesto alternativa número 1 reforzamiento estructural, Fuente: Propia

En segundo lugar, se presenta la alternativa de reforzamiento número dos, basada en dos tipos de procesos para reforzar estructuras existentes en el mercado actual, el primero aplicado para vigas y muros, se basa en la implementación de fibras de carbono comercializadas por la compañía SIKA, dichas fibras son conocidas como Sika Carbodur, en segundo lugar se presenta para las columnas la utilización de platinas metálicas ancladas mediante capiteles.

En el presupuesto adjunto en la siguiente página se plantea un costo total a la intervención número dos de \$117.385.544, teniendo en cuenta que cualquier actividad adicional requerida por el contratante generaría un costo adicional al presentado actualmente en el documento mencionado.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el siguiente párrafo se explican de forma más completa los procedimientos contemplados dentro de la propuesta, mediante el cual se genera el costo en el presupuesto.

Para las columnas el procedimiento consiste en 7 costos independientes dentro del presupuesto los cuales se organizan así:

- a) Apuntalamiento de la estructura.
- b) Anclaje de pernos con recubrimiento epóxico (según se requiera)
- c) Instalación en base y capitel (incluyendo soldaduras)
- d) Instalación de verticales en angular (incluyendo soldaduras)
- e) Instalación de rigidizadores (incluyendo soldaduras)
- f) Aplicación de morteros para nivelación

Para las vigas el procedimiento consiste en 5 costos independientes dentro del presupuesto los cuales se organizan así:

- a) Limpieza de superficie (Sika Limpiador)
- b) Corte y figurado (Sika Carbodur -S626)
- c) Corte y figurado (Sika Carbodur – S2025)
- d) Mezcla y aplicación de resina Sikadur -30
- e) Instalación de lamina

Así mismo se plantean los costos de cada elemento, generando como final el precio total de intervención para la alternativa mencionada. Para el caso de las columnas que presentan un procedimiento diferente de intervención frente a los otros dos elementos tiene un costo de \$4.102.853, las vigas que son reforzadas mediante los productos de Sika (Fibras de carbono) tiene un costo total de \$83.457.020 y por último los muros los cuales sería reforzados bajo el mismo sistema tendrían un costo total de \$24.992.655.

SUMINITRO E INSTALACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA ESTACION DE POLICIA DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN		Fecha de cotización 25/10/2020			
		No de Cotización : 001			
		Cotización válida hasta: 20/03/2021			
COTIZACION PARA :					
ING : DANIELA BARAJAS - ANDRES VASQUEZ ARQ: ANDRES PEÑUELA					
Comentarios especiales:					
SUMINITRO E INSTALACION DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA ESTACION DE POLICIA DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN					
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
ALTERNATIVA 2 COLUMNAS					
	Ruptura con equipo (taladro y compresor) de concreto de la base de columnas incluye acarreo y bote de escombros.	M2	2,44	\$ 399.542	\$ 974.882
	Perforaciones para anclaje de pernos de diámetro 1/2", diámetro de la perforación =5/8", recubierta con epóxico, longitud de perforación 10 a 20 cms, según se requiera.	UND.	16	\$ 13.500	\$ 216.000
	Instalacion en base y capitel (incluye soldadura)	UND.	16	\$ 70.500	\$ 1.128.000
	Instalacion de verticales en angular (incluye soldadura)	UND.	8	\$ 110.000	\$ 880.000
	instalacion de rigidizadores (incluye soldadura)	UND.	8	\$ 20.500	\$ 164.000
	Aplicación de mortero de nivelación de 1 cm. De espesor, aplicado	M2.	2,44	\$ 144.000	\$ 351.360
	APUNTALAMIENTO DE ESTRUCTURA (Parales)	GL	1	\$ 350.000	\$ 350.000
SUBTOTAL DEL CAPITULO					\$ 4.064.242
ALTERNATIVA 2 VIGAS					
	Limpieza de superficie con sikalimpiador	M2	6,2	\$ 435.867	\$ 2.702.375
	Corte y figurado del sikacarodur -s626	ML.	100,00	\$ 25.000	\$ 2.500.000
	Corte y figurado del sikacarodur -s2025	ML.	100,00	\$ 25.000	\$ 2.500.000
	Mezcla y aplicación de resina sikadur-30	KG	6	\$ 186.544	\$ 1.119.264
	Instalacion de la lamina sobre la supuerficie (incluye mano de obra y suministro de la lamanina de Sika CarboDur-S626 o CarboDur-S2025)	ML.	420	\$ 175.000	\$ 73.500.000
SUBTOTAL DEL CAPITULO					\$ 82.321.639
ALTERNATIVA 2 MUROS					
	Limpieza de superficie con sikalimpiador	M2	8,40	\$ 435.867	\$ 3.661.283
	Corte y figurado del sikacarodur -s	UND.	100,00	\$ 25.000	\$ 2.500.000
	Mezcla y aplicación de resina sikadur-30	KG	4	\$ 186.544	\$ 746.176
	Instalacion de la lamina sobre la supuerficie (incluye mano de obra y suministro de la lamanina de Sika CarboDur)	ML.	100	\$ 175.000	\$ 17.500.000
SUBTOTAL DEL CAPITULO					\$ 24.407.459
SUBTOTAL					\$ 110.793.341
ADMINISTRACION 5%					\$ 5.539.667
IMPREVISTOS 5%					\$ 5.539.667
UTILIDAD 5%					\$ 5.539.667
IVA/UTILIDAD					\$ 1.052.537
TOTAL					\$ 117.385.544
ENTREGADO:		RECIBIDO:			

Tabla 35. Presupuesto Alternativa 2 para propuesta de refozamiento, Fuente: Propia

10. CRONOGRAMA

En los cronogramas presentados a continuación, cabe resaltar que la mano de obra esta contemplada bajo 3 frentes constituidos por 1 maestro de obra y 2 ayudantes.

El cronograma correspondiente a la alternativa 1 se presenta a continuación:

ACTIVIDADES	Nº DIAS	semana 1					semana 2					semana 3					semana 4					semana 5						
		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23	Dia 24	Dia 25	Dia 26	
Apuntalamiento de la estructura		■	■																									
Ruptura con equipo de columnas, vigas y muros			■	■	■	■	■	■																				
Instalación del acero de refuerzo					■	■	■	■	■	■	■																	
Perforaciones para anclajes de varillas									■	■	■	■	■															
Encofrado de columnas, vigas y muros											■	■	■	■	■													
Fundida de columnas, vigas y muros												■	■	■	■	■												
fraguado y descofrado																	■	■	■	■	■	■						
Aseo																					■	■						
Desmonte de cerramiento																					■	■						
Imprevistos y entrega																						■						
ENTREGA																												
Total dias Obra	25																											

Ilustración 28. Cronograma alternativa 1, Fuente: Propia

El cronograma correspondiente a la alternativa 2 se presenta a continuación:

ACTIVIDADES	N° DIAS																		
		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18
		semana 1					semana 2					semana 3					semana 4		
Apuntalamiento de la estructura		█	█																
Ruptura con equipo de columnas			█																
Perforaciones para anclajes de varillas - reforzamiento columnas			█																
Instalaciones en base y capitel - reforzamiento columnas			█	█															
Instalaciones de verticales en angular			█	█															
Instalacion de rigidizadores - reforzamiento columnas			█	█															
Aplicación de mortero de nivelación - reforzamiento columnas			█	█	█		█	█											
Limpieza de superficie vigas y muros			█	█			█	█	█										
Corte y figurado del Sikacarbodur					█		█	█	█	█									
Mezcla y aplicación de la resina								█	█	█	█		█						
Instalación de la lamina sobre la superficie a intervenir									█	█	█		█	█	█				
Aseo													█	█	█	█			
Imprevistos y entrega																	█		
ENTREGA																		█	
Total dias Obra	18																		

Ilustración 29. Cronograma alternativa 2, Fuente: Propia

11. CONCLUSIONES

Las edificaciones con el transcurso del tiempo pueden presentar diferentes lesiones o afectaciones provenientes del uso habitual de la edificación o en su defecto debidas a agentes atmosféricos que lo rodean (lluvia, viento, dióxido de carbono, sulfato, etc). De igual forma, existen lesiones que pueden presentarse por errores de diseño o de construcción que afectan la durabilidad y estabilidad de la estructura estando en servicio.

La mayoría de las patologías que las edificaciones presentan se han convertido en algo muy común en las construcciones existentes, ya que durante los procesos de diseño y construcción no se tienen en cuenta todos los factores que influyen diariamente en una estructura ni los cuidados preventivos que estos deben tener; en algunos casos son ignorados por completo durante los procesos de diseño y/o construcción.

Un planeamiento estratégico y cuidadoso de las etapas de levantamiento de lesiones facilitan de forma significativa la interpretación de resultados durante un estudio de patología. Las causas de las lesiones pueden ser físicas, mecánicas o químicas, y se pueden presentar de forma directa o indirecta cada una de estas debe ser analizada de forma individual y grupal con el fin de obtener un resultado verídico y corroborable.

En la mayoría de los casos, las patologías o lesiones existentes en los elementos estructurales que hacen parte del sistema de resistencia sísmica no se revisan o se intervienen de forma oportuna para garantizar su correcto funcionamiento o para prologar su vida útil; esto puede impactar seriamente la durabilidad de la estructura o hasta la estabilidad de la misma.

Otro factor que influye en el deterioro de las estructuras son los ataques por agentes atmosféricos o ambientales, los cuales dan origen a lesiones que atacan directamente a la estructura o a los materiales y acabados que la componen; pueden ser afectaciones únicamente estéticas o hasta llegar a disminuir la resistencia de los elementos estructurales.

CONCLUSIONES DEL PACIENTE

- ESTUDIO PATOLÓGICO

Los elementos más afectados en la estructura son los techos, en todos los casos los daños debidos a desprendimientos superan el 80% del área total; se pudo determinar que son debidos a actos vandálicos de personas externas a la institución y, por ende, no corresponden a problemas intrínsecos de la edificación.

La segunda lesión que se presenta con mayor frecuencia es la humedad, la cual en ningún caso supera el 50% del área total del elemento estructural afectado. Esta patología con el paso del tiempo ha generado que se desarrollen y crezcan otro tipo de lesiones como organismos; estos generaron un aspecto desagradable de los acabados y hasta su desprendimiento, pero de ninguna forma han disminuido la resistencia, durabilidad y estabilidad de los elementos estructurales (columnas, muros, vigas). La presencia de humedades en los elementos verticales (columnas y muros) tiende a ser nula, debido a que las aguas lluvias “escurren” por estos elementos sin permitir estancamientos.

El 56% de las lesiones totales en la edificación tienen un grado de severidad leve y el 25% un grado de severidad severo estando principalmente presente en las columnas.

El 45% de las 108 lesiones existentes afectan únicamente el aspecto estético o confort de la edificación. Del mismo modo, la resistencia o capacidad del elemento y del edificio en su globalidad están siendo afectados por un 13% de las lesiones existentes, pero no se presentan en las columnas y muros los cuales son fundamentales para la estabilidad de la estructura.

Las fisuras encontradas en los muros estructurales no afectan de ninguna manera la resistencia mecánica a pesar de sus dimensiones ya que corresponden a variaciones térmicas muy habituales en la ciudad de Bogotá.

La lesión que tienen poca extensión pero que influyen de gran manera en la respuesta de la estructura frente a fuerzas horizontales (sismos) es la llamada “falta de elemento (E8)”, la cual en este caso puntual corresponde a la inexistencia de un elemento (viga) que permita la unión adecuada entre los muros de concreto y el resto de la edificación y, por ende, debe ser intervenida de forma inmediata.

La principal causa de las lesiones existentes en la estructura corresponde al abandono de la misma y la falta de mantenimientos preventivos. No se encontraron lesiones importantes que disminuyan la resistencia y capacidad global de la estructura.

- **ESTUDIO DE VULNERABILIDAD**

El sistema estructural del paciente se clasifica como pórticos losa-columna con sistema reticular celulado, con capacidad moderada de disipación de energía (DMO).

De acuerdo a las evidencias encontradas durante el levantamiento de la edificación, se pudo clasificar la calidad del diseño y la construcción de la estructura original como “buena” y el estado de la estructura como “regular”.

Los ensayos destructivos y no destructivos realizados en el paciente dieron resultados muy satisfactorios con respecto a carbonatación y armado de refuerzos verticales y horizontales teniendo en consideración los años de abandono que ha sufrido la estructura. En el caso de los núcleos de concreto, a pesar que las resistencias obtenidas son muy bajas en comparación con los requisitos mínimos de la NSR-10 para el segundo y tercer nivel (menores a 21 Mpa), la estructura obtuvo resultados aceptables durante un sismo siempre y cuando sean reforzados unos elementos puntuales.

La estructura antes de intervenirse presenta índices de flexibilidad muy bajos en todos los niveles ya que en ningún caso sobrepasan el 20% de los permitidos por la NSR-10; esto atribuido a los muros de concreto reforzado que rigidizan la estructura en ambos sentidos principales.

A partir de los índices de sobreesfuerzo obtenidos para cada uno de los elementos estructurales se pudo determinar que es necesario reforzar todos los muros de concreto, dos columnas y algunas vigas de los entresijos del segundo y tercer nivel.

En términos generales, las vigas de entresijo son los elementos que requieren una mayor intervención, debido a la cantidad de elementos que requieren reforzarse.

- **ANÁLISIS DE REFORZAMIENTO**

Dentro de las alternativas de reforzamiento de elementos estructurales, se encontraron que todas son viables pero su principal punto de selección son los costos económicos.

Teniendo en cuenta los costos presentados en los presupuestos, se considera que la opción más viable tanto estructural y económicamente, es la alternativa número 1 dando un valor total de \$62.719.193, ya que a pesar que requiere mayor tiempo de ejecución sus costos con considerablemente menores a la otra alternativa.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AIS, (. C. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ. (2020). Consultado en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>
- Broto, C. (2006) Enciclopedia de Broto de Patologías de la edificación: ByV Arquitectos. Recuperado de https://www.academia.edu/34656373/Enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion_Unlocked_by_www.freemypdf.com_1
- Google Earth. (2014).
- Izquierdo, Jesús. (2015). Guía practica de refuerzo de sistemas estructurales. Universidad politécnica de Cataluña.
- Ruiz, I. & Sánchez Cantoral, R. (2014). Estructuras de concreto. Losas, Vigas y Columnas. Tuxtla Gutiérrez Chiapas: *Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ingeniería*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/jamieduardocantoral/estructuras-de-concreto-32312533>
- Sánchez, D (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Pontificia universitaria Javeriana-Facultad de ingeniería. Quinta edición. Bogotá, 2001.
- SECRETARIA DE DISTRITAL DE PLANEACION (2020) Consultado en <http://www.sdp.gov.co/noticias/plan-de-ordenamiento-territorial>
- SECRETARIA DE DISTRITAL DE PLANEACION (2020) Consultado en http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/011_san_cristobal_norte.pdf.