

**Estudio Patológico de una vivienda multifamiliar,
ubicada en la localidad Rafael Uribe Uribe
de la ciudad de Bogotá**

Estudiantes:
Ing. Anderson Vega Galindo
Ing. Viviana Alejandra Alzate Quezada

Docente:
Ing. Walter

Universidad Santo Tomás
Decanatura de División de Educación Abierta y a Distancia
Especialización en Patología de la Construcción
Bogotá DC
2022

Tabla de contenido

1.INTRODUCCIÓN	5
2.JUSTIFICACIÓN	6
3.OBJETIVOS	6
3.1 GENERAL	6
3.2 ESPECÍFICOS	7
4.MARCO REFERENCIAL	7
4.1 TEÓRICO	7
4.2 LEGAL	10
4.3 HISTÓRICO	11
5.ALCANCES Y LIMITACIONES	14
6.METODOLOGÍA	14
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE.....	14
6.2 PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO:	15
6.2.1 Inspección preliminar del paciente.....	15
6.2.2 Recopilación de información necesaria para el estudio.	15
6.2.3 Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.	16
6.2.4 Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.....	16
6.2.5 Definición de los medios para realizar la exploración.	16
6.3 HISTORIA CLINICA.....	16
6.3.1 Responsables del estudio.	16
6.3.2 Fecha de realización del estudio	17
6.3.3 Datos generales del paciente:	17
6.3.4 En la edificación y/o construcción civil:	18
6.3.5 Aplicación patológica:	22
6.3.6 Datos específicos de las lesiones	22
6.3.7 Datos generales del entorno:	29
6.3.8 Arquitectura (descripción general).....	32
6.3.9 Estructura (descripción general)	33
6.3.10 Suelos y Cimentaciones	35
6.4 DIAGNÓSTICO	36
6.4.1 Lesiones Encontradas.....	36

6.4.2 Ensayos Destructivos y No Destructivos	38
6.5 VULNERABILIDAD SÍSMICA	49
6.4.1 Fallas Geológicas de la zona:	49
6.4.2 Estudios de vulnerabilidad sísmica del paciente:	51
6.4.3 Análisis de riesgos estructurales:	51
6.4.4. Matriz de Vulnerabilidad	57
6.6 PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN	59
6.6.2 Propuesta de Intervención para Muros en Mampostería Según la NSR-10.	62
6.7 PRESUPUESTO (A TODO COSTO)	63
6.8 MANTENIMIENTO	63
6.8.1 Mantenimiento Cubierta transitable	63
6.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.6 REFERENCIAS	66
6.5. ANEXOS	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de clasificación del suelo.	13
Ilustración 2. Registro fotográfico deformación-flecha. Fuente propia	23
Ilustración 3. Localización de daños (deformación / flecha). Fuente propia	24
Ilustración 4. Registro fotográfico fisuras y grietas. Fuente propia	24
Ilustración 5. Localización de daños (grietas y fisuras). Fuente propia	25
Ilustración 6. Registro fotográfico humedad - filtración. Fuente propia	26
Ilustración 7. Localización de daños (Humedad - Filtración). Fuente propia	27
Ilustración 8. Registro Fotográfico Humedad - capilaridad. Fuente propia	27
Ilustración 9. Localización de daños (Humedad – Capilaridad). Fuente propia	28
Ilustración 10. Registro fotográfico organismos. Fuente Propia	28
Ilustración 11. Localización de daños (organismos). Fuente propia	29
Ilustración 12. Rosa de viento con base en los registros de la estación meteorológica Aeropuerto El Dorado (IDEAM). Fuente. Datos Atlas Climatológico de IDEAM	30
Ilustración 13. Variación de la humedad natural promedio hasta 50 m de profundidad. Fuente DPAE 2007.	31
Ilustración 14. Modelo tridimensional de pendientes del terreno de la ciudad. Fuente IDIGER	31
Ilustración 15. Mapa Geotécnico. Fuente Ingeominas 1997	32
Ilustración 16. Localización del acero con Pacómetro	39
Ilustración 17. Localización del acero en la parte inferior de la losa	40
Ilustración 18. Localización del acero en la viga de amarre. Fuente propia	40

Ilustración 19. Medición altura de losa de cubierta.....	41
Ilustración 20. Remoción del mortero de nivelación. Fuente propia.....	42
Ilustración 21. Espesor del mortero de nivelación. Fuente propia.....	42
Ilustración 22. Profundidad de remoción de concreto y mortero. Fuente propia.....	43
Ilustración 23. Acero de refuerzo de la losa de cubierta a la vista y corroído. Fuente propia.....	44
Ilustración 24. Aplicación de revelador de pH. Fuente Propia.....	45
Ilustración 25. Avance del frente de carbonatación. Fuente propia.....	46
Ilustración 26. Tamaño máximo de agregado. Fuente Propia.....	48
Ilustración 27. Actividad de Fallas de la Región Central.	49
Ilustración 28. Mapa de Trazas Idealizadas de los Sistemas de Fallamiento.	50
Ilustración 29. Mapa de Amenaza por remoción en masa.	52
Ilustración 30.Registro Fotográfico Paciente	53
Ilustración 31. Mapa de Amenaza por inundación.....	54
Ilustración 32.Zona de respuesta Sísmica. “Geoportal- https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19”	56
Ilustración 33. Ubicación parales de apoyo bajo la losa de cubierta a intervenir.....	59
Ilustración 34. Aumento del espesor de fisuras.....	60
Ilustración 35. Relleno de fisuras y grietas.	60
Ilustración 36. Aplicación de membrana líquida en cubierta.....	61
Ilustración 37. Media Caña.....	62

ÍNDICE DE TABLAS REALIZADAS

Tabla 1. Calidad del Diseño y la construcción o del estado de la edificación. NSR-10	20
Tabla 2. Identificación de lesiones (Afectaciones)	23
Tabla 3. Presupuesto reparación	63

ÍNDICE DE PLANOS REALIZADOS

Plano 1. Planta primer piso. Levantamiento Arquitectónico	19
Plano 2. Planta segundo piso. Levantamiento Arquitectónico.....	19
Plano 3. Planta Cubierta. Levantamiento Arquitectónico.....	20
Plano 4. Fachadas e isométrico. Elaboración propia.....	21
Plano 5. Plantas muros mampostería estructural. Elaboración propia	21
Plano 6. Plantas y corte arquitectónico. Elaboración propia.....	22

1.INTRODUCCIÓN

El presente informe describe las lesiones o patologías que fueron identificadas con la inspección visual que se realizó a una vivienda multifamiliar, ubicada en la localidad Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá. La edificación consta de tres niveles, de los cuales el tercero corresponde a una cubierta transitable que ocupa menos del 50% de la edificación. La vivienda se encuentra en avanzado estado de deterioro. Se observan grietas y fisuras en la placa de cubierta y en los muros de mampostería, lo cual genera que aparezcan humedades debido a factores climáticos. En los puntos más bajos de la edificación, debido a la ubicación geográfica en una zona montañosa y su sistema constructivo, se genera una constante humedad por capilaridad. En el segundo piso costado sur visualmente se encontró una aparente deflexión de la placa, la cual podría estar generando un agrietamiento en los muros de fachada, a los cuales se les estará haciendo seguimiento desde el inicio del estudio. La edificación no cuenta con planimetría de ningún tipo, por lo cual se decidió realizar el respectivo levantamiento arquitectónico y su posterior modelado en un programa computacional (Revit). Se planea realizar diversos tipos de ensayos de tipo destructivo y no destructivo los cuales ayuden a identificar las causas de estas lesiones y de esta forma poder proponer algunas posibles intervenciones. Por otra parte, debido a la antigüedad de la construcción y su sistema constructivo 4 se hace necesario realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica, con el fin de presentar una propuesta de reforzamiento según la actual norma sismo resistente (NSR-10).

2.JUSTIFICACIÓN

Se plantea realizar un estudio Patológico a un paciente, es este caso una vivienda multifamiliar de dos pisos y una cubierta transitable, ubicada en la localidad Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá, con el fin de emplear los conocimientos adquiridos durante el proceso de estudio de la especialización Patología en la Construcción, y de esta manera aportar a la sociedad, por medio de la identificación de manera eficaz de las diferentes lesiones de origen físico, mecánico o químico que se pueden llegar a encontrar en un paciente, la determinación de sus posibles causas y la propuesta de diversas opciones de intervención (reparación o rehabilitación), para evitar o prevenir desastres o incluso pérdidas de vidas humanas.

3.OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Realizar un estudio patológico a una vivienda multifamiliar ubicada en la localidad Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá

3.2 ESPECÍFICOS

- 1.1.1. Identificar lesiones de origen físico y mecánico en la edificación.
- 1.1.2. Determinar por medio de ensayos destructivos y no destructivos, el grado de afectación de las lesiones identificadas, algunas características de la edificación y propiedades de los materiales con los que esta fue construida.
- 1.1.3. Establecer un diagnóstico para las lesiones encontradas.
- 1.1.4. Proponer acciones de intervención para reparar las lesiones.
- 1.1.5. Realizar una revisión y análisis del sistema estructural de la edificación según la normativa vigente (NSR-10)
- 1.1.6. Proponer acciones de mantenimiento para garantizar la nueva vida útil del paciente.

4.MARCO REFERENCIAL

4.1 TEÓRICO

La durabilidad es la capacidad que tiene el concreto de resistir cualquier acción física, mecánica o ataque químico, al cual se pueda ver sometido un elemento o estructura durante toda su vida útil. Esta propiedad además ayuda a proteger el acero de refuerzo, el cual se puede llegar a ver muy afectado en caso de ser atacado por alguna sustancia como el agua, el dióxido de carbono, cloruros, sulfatos, entre otros.

La vida útil de un elemento o estructura de concreto va a depender tanto de su diseño como del proceso constructivo y posterior mantenimiento. Es así como esta se clasifica en tres momentos:

- Vida útil de proyecto: Consiste en el periodo previsto por el diseñador, para que el agente agresor ingrese al elemento o la estructura sin causar afectaciones graves o deterioros.
- Vida útil de servicio: Es el periodo entre la ejecución del elemento o estructura, y la aparición de afectaciones o síntomas de deterioro.
- Vida útil total: Periodo desde la ejecución hasta el inminente colapso total o parcial del elemento o estructura de concreto, como resultado de la gravedad de la afectación debida al agente agresor.
- Vida útil residual: Es el periodo durante la vida útil de proyecto, la vida útil de servicio o la vida útil total (únicamente si hubo colapso parcial), en donde se realiza una inspección, evaluación y diagnóstico, con el fin de realizar algún tipo de mantenimiento, reparación o rehabilitación para aumentar, prolongar o generar una nueva vida útil de proyecto.

Para el proceso de inspección, evaluación y diagnóstico, es importante conocer el termino patología, el cual etimológicamente viene del griego “pathos” que significa enfermedad y “logos” que significa estudio, lo que, al ponerlo en un contexto constructivo, vendría siendo el estudio de las enfermedades o lesiones que se presentan en un elemento o estructura, luego de haber sido construida. Cabe recalcar que, al hablar de patología, también se incluyen los síntomas, las causas, su evolución y la o las posibles soluciones, a esto se le llama proceso patológico.

Una lesión consiste en cualquier manifestación de deficiencias constructivas en un elemento o estructura. Generalmente es el último síntoma que se presenta

dentro del proceso patológico y se pueden clasificar en primarias que son aquellas que aparecen inicialmente, o secundarias que son las que surgen a partir de otras lesiones preexistentes. Las lesiones también pueden clasificarse según su origen, en físicas, mecánicas, químicas o biológicas.

Una lesión física consiste en cualquier afectación producida por fenómenos físicos, un ejemplo de este tipo de lesión es la humedad, la cual puede ser de obra, por capilaridad, por filtración, por condensación o accidental. Por otro lado, las lesiones mecánicas, se dan por la influencia de factores mecánicos y se pueden manifestar como deformaciones, fisuras, grietas, desprendimientos o erosiones mecánicas. Las lesiones químicas aparecen por la presencia de componentes químicos como sales, ácidos, álcalis, entre otros y se presentan como eflorescencias, oxidaciones, corrosiones o erosiones químicas. Finalmente, las lesiones biológicas, son generadas por la presencia microorganismos, animales o plantas en un elemento o estructura, este tipo de lesión produce afectaciones tanto físicas como químicas, ya que algunos de ellos pueden desprender sustancias químicas en el material e incluso cambiar las características físicas como la apariencia o las dimensiones.

Dentro de un proceso patológico, las lesiones tienen un origen, a lo que se denomina “Causa”. Estas causas se pueden clasificar en directas o indirectas dependiendo de su desarrollo. Cuando una lesión es causada por algo que no se puede controlar como esfuerzos mecánicos, contaminación, agentes atmosféricos, entre otros, es una causa directa. Si por el contrario la lesión se pudo prevenir y fue causada por errores de diseño o ejecución, se habla de una causa indirecta.

Es importante siempre que se decida intervenir un paciente, atacar la causa de la lesión primero, para lo cual luego de la evaluación y el diagnóstico, se deben definir los objetivos y la estrategia de intervención. De acuerdo con la necesidad del elemento o la estructura y la gravedad de la lesión, se pueden contemplar estos tipos de intervención:

- Restauración: Restablecimiento de los materiales deteriorados, con el fin de conservar la apariencia arquitectónica, histórica y artística que tuvo en alguna época.
- Reparación: Cuando se reemplaza, sana, corrige o se aplican nuevos materiales, con el fin de recuperar la funcionalidad arquitectónica y el estado constructivo.
- Rehabilitación: Reparación o modificación de elementos o la estructura, para que esta se encuentre en cierta condición deseada.
- Reforzamiento: Mejoramiento de la capacidad del elemento o la estructura, por medio de nuevos diseños y la aplicación o instalación de nuevos materiales, que ayuden a resistir las cargas actuales y futuras.

4.2 LEGAL

El presente trabajo profesional integrado, se realizó con base en los siguientes documentos:

4.2.1 Normatividad Nacional

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10): En esta se establecen los requisitos obligatorios de diseño y construcción para

cualquier edificación en Colombia, con el fin de que estas sean sismo resistentes, además de velar por la calidad y estabilidad de estas.

- NTC 5551 – “CONCRETOS. DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO”: Esta norma establece requisitos de diseño del concreto y menciona acciones que se deben tener en cuenta durante el curado o cuando hay exposición a químicos, con el fin de que la estructura pueda garantizar durabilidad, teniendo en cuenta las condiciones ambientales a las cuales estará expuesta durante toda su vida útil.
- NTC 3692 “MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO”: Con el método descrito en esta norma se puede establecer la resistencia a la compresión del concreto de manera no destructiva, además se puede estimar su uniformidad.

4.2.2. Normatividad Internacional

- ACI-224.1R-93 “Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures”: Esta norma da a conocer los métodos de evaluación de fisuras y los métodos de reparación según las condiciones presentadas en el paciente.
- ACI 364.1 R-94 “Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation”: Esta norma establece la metodología que se debe seguir para realizar una investigación patológica a una estructura

4.3 HISTÓRICO

El paciente se encuentra localizado en el barrio San Jorge de la localidad Rafael Uribe Uribe, localidad ubicada en el suroriente de la ciudad y cuenta con aproximadamente

1310 hectáreas urbanas. Fue fundada y establecida como territorio urbano durante el siglo XX, a raíz de la migración masiva desde el campo hacia la ciudad. Se constituyó en la urbanización de las haciendas y fincas El Porvenir, Granjas de San Pablo, Granjas de Santa Sofía, Llano de Mesa, La Yerbabuena, La Fiscala, Los Molinos de Chiguaza, Quiroga y San Jorge. En la década de los años treinta, se consolidó la primera etapa de la localidad, la cual se creó por la división y venta de lotes, y en donde surgieron los barrios Bravo Páez, Centenario, El Libertador, Olaya, Marco Fidel Suárez, San Jorge y Santa Lucía. Al pasar de los años, el crecimiento urbano se volvió muy notorio especialmente por el aumento de viviendas construidas informalmente.

La unidad de planeación zonal (UPZ) a la que corresponde el paciente es la de Marco Fidel Suarez, la cual tiene una extensión de 179,24 hectáreas, 419 manzanas y es una unidad de tipo 1, es decir que es residencial de urbanización incompleta, con viviendas de estratos 1 y 2, las cuales presentan deficiencias en su infraestructura.

En cuanto a la vivienda como tal, se puede decir que aproximadamente hace más de 60 años, los padres de los actuales propietarios compraron el lote donde hoy en día se encuentra ubicado el paciente, el cual fueron edificando poco a poco, con diferentes materiales y con técnicas que, aunque no eran las adecuadas, era lo acostumbrado en el sector para esa época. Cuentan los propietarios que incluso se usó hierro de ferrocarril como refuerzo en las losas de entrepiso

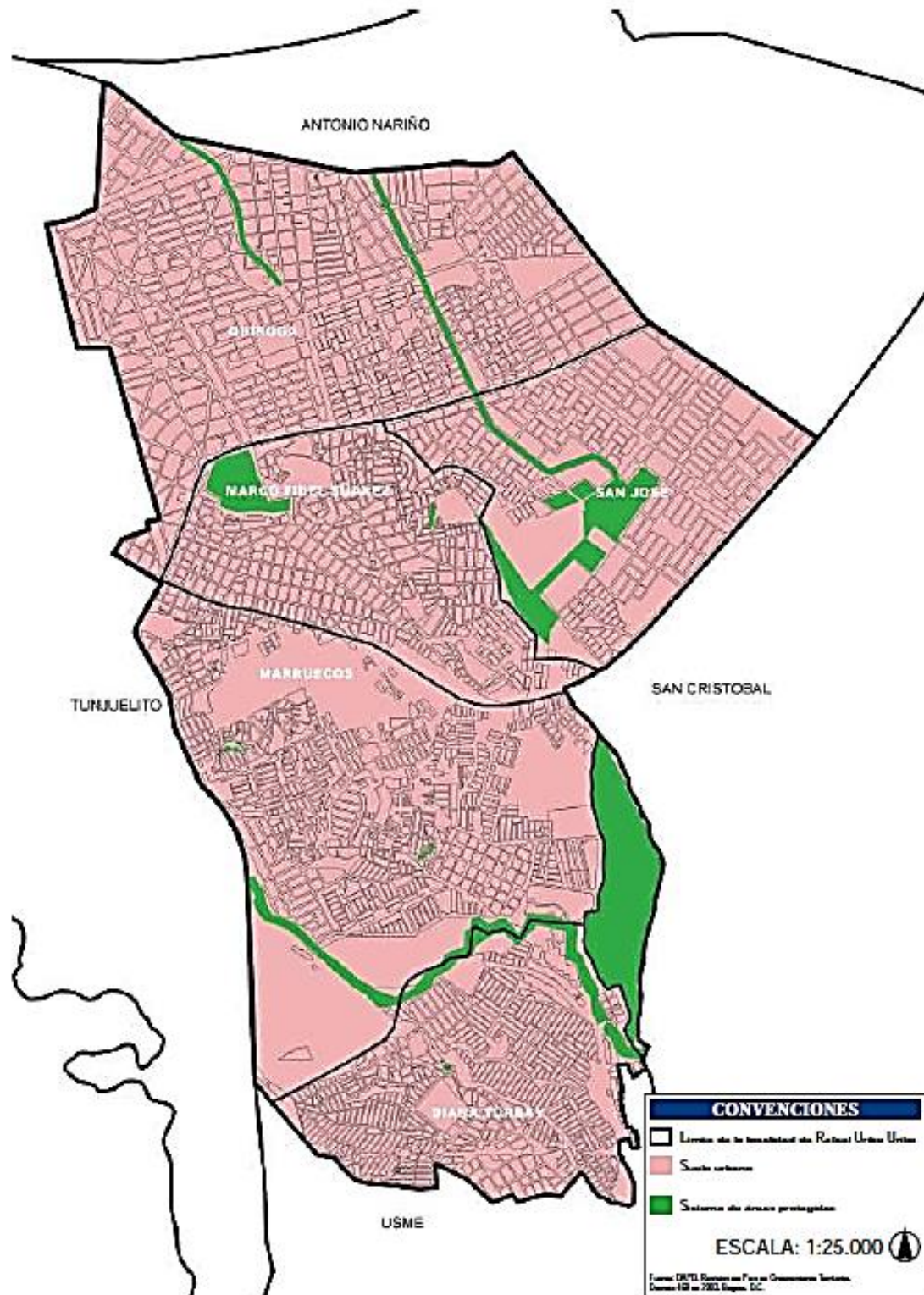


Ilustración 1. Mapa de clasificación del suelo.
Tomado de: Alcaldía Mayor de Bogotá

5.ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance del presente estudio comprende el diagnóstico de las lesiones que presenta el elemento con mayor afectación en el paciente, el cual se construyó a partir de un análisis, auscultamiento y exploración. De acuerdo con el diagnóstico se propusieron algunas acciones de reparación y mantenimiento para este elemento, con el fin de que el paciente tenga una nueva vida útil y pueda seguir cumpliendo con su uso, garantizándole a sus habitantes buenas condiciones de habitabilidad. Adicionalmente, se realizó una revisión y análisis del sistema estructural de la edificación según la NSR-10, con el fin de verificar su estado para que en un estudio posterior se pueda proponer un reforzamiento que satisfaga la norma. Las limitaciones presentadas durante el estudio consistieron en la falta de autorización por parte de los propietarios para realizar algunos ensayos de tipo destructivo.

6.METODOLOGÍA

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE

La elección del paciente se realizó debido a la inspección visual realizada en el sitio, donde se pudo corroborar las diferentes patologías presentes en el lugar, las cuales afectan directamente a la población que se radica de forma permanente en la edificación. Con lo cual se pueden plantear diferentes estrategias de reparación y reforzamiento según la necesidad y el estudio que se haga durante el proceso de investigación e intervención, contribuyendo socialmente a una comunidad

6.2 PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO:

Se realizaron visitas a los propietarios con el fin de tener un permiso y aval para hacer la respectiva inspección visual inicial, para observar el estado y el avance que presentan las lesiones existentes en el paciente.

6.2.1 Inspección preliminar del paciente.

Con la autorización dada por los propietarios se procedió a generar una vista con el fin de realizar la respectiva inspección visual en el cual se tomaron diversas fotos de las lesiones encontradas, y se realizó un levantamiento arquitectónico del paciente ya que este no contaba con planimetría en físico ni en digital.

6.2.2 Recopilación de información necesaria para el estudio.

El paciente de estudio no cuenta con planos estructurales, y arquitectónicos y constructivos de ningún tipo, esto se debe a que la mayoría de las edificaciones de la zona fueron construidas de forma informal. Se tomó la palabra de algunos habitantes de la casa que contaron de forma histórica como fue el proceso constructivo, el tipo de materiales usados en esa época.

Debido a la falta de información se procedió a hacer el levantamiento arquitectónico y el levantamiento de las lesiones encontradas en las diferentes áreas del paciente. Para la segunda parte de la investigación se piensa hacer ensayos de esclerometría y compresión inconfiada para saber la resistencia del concreto (f'_c) de las placas aéreas, con respecto a los muros de mampostería se han buscado diferentes fichas técnicas para llegar a un promedio de resistencia (f'_m) de los bloques.

Se encontró que el sistema estructural para realizar el respectivo análisis de vulnerabilidad y posterior reforzamiento es muros de mampostería estructural. Debido a esto planteamos hacer ensayos de ferrocarriles con el fin de verificar si se le coloco algún tipo de acero a los elementos portantes.

6.2.3 Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.

Se nos concedió la autorización previa verbal de parte de los propietarios actuales y que así mismo viven en la edificación en estudio.

6.2.4 Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.

La exploración será realizada por los ingenieros civiles Alejandra Alzate y Anderson Vega, ambos estudiantes de la especialización en Patología de la Construcción.

6.2.5 Definición de los medios para realizar la exploración.

Debido a que la edificación es una vivienda construida en la informalidad, no posee planimetría, así que la mejor forma de realizar una adecuada exploración, consiste en hacer una inspección visual y algunos ensayos destructivos y no destructivos. Para lo anterior, se requerirá el uso de una sustancia química (fenolftaleína), herramientas (flexómetro, maceta, puntero, taladro, pulidora) y equipos (pacómetro, esclerómetro, cámaras fotográficas)

6.3 HISTORIA CLINICA

6.3.1 Responsables del estudio.

Los responsables del estudio serán los ingenieros civiles Alejandra Alzate y Anderson Vega, estudiantes de la Especialización en Patología de la Construcción

6.3.2 Fecha de realización del estudio

El estudio consta de tres etapas: Evaluación, diagnóstico y definición de la estrategia. Se inició la etapa de evaluación en los primeros días del mes de septiembre del año 2021, la etapa de diagnóstico se llevará a cabo en el año 2022, en donde se realizarán una serie de ensayos en el paciente, para así poder determinar un correcto diagnóstico y a partir de este definir la estrategia de intervención.

6.3.3 Datos generales del paciente:

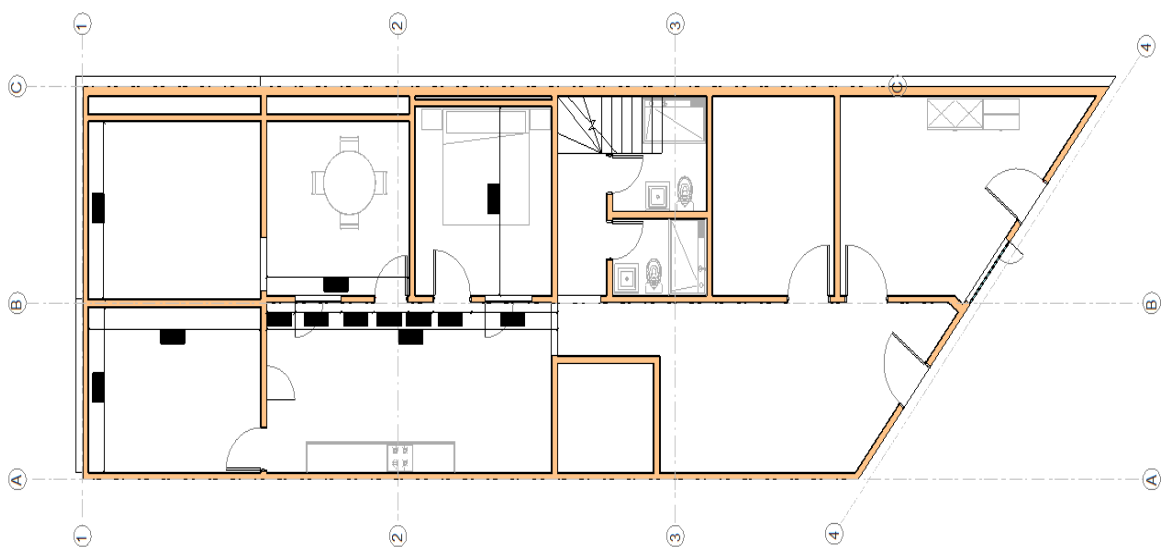
- ✓ Nombre: Casa multifamiliar ubicada en la localidad Rafael Uribe Uribe
- ✓ Localización: Bogotá, Cundinamarca
- ✓ Uso: Residencial
- ✓ Fecha de construcción: Aproximadamente hace más de 60 años
- ✓ Sistema constructivo: Construida en mampostería, concreto reforzado (losas), mortero, ventanería de hierro. Según la inspección visual se puede apreciar que fue construida en tres fases, por el notable cambio y estado de la mampostería
- ✓ Técnica constructiva: El paciente no define una técnica constructiva actual según la norma sismo resistente NSR-10, tiene diferentes combinaciones normales para la época, muros en ladrillo recocido, placa de entrepiso en concreto, cimentación posible en concreto ciclópeo. Se observan algunas columnas en el primer piso que no tienen unión ni continuidad con las placas y algunas vigas tipo dintel de carga entre vanos.
- ✓ Uso actual y previsto del sector: Actualmente es residencial. Según la UPZ donde se encuentra ubicada (53 Marco Fidel Suarez), su uso es residencial, en donde la mayoría de las viviendas son de estratos 1 y 2.

- ✓ Sistema estructural y constructivo: No cuenta con un sistema estructural que cumpla con los requerimientos de la actual norma sismo resistente NSR-10. Hay Ausencia de columnas y vigas de confinamiento, además de falta de refuerzos en la mampostería.
- ✓ Normativa actual que lo rige: NSR-10

6.3.4 En la edificación y/o construcción civil:

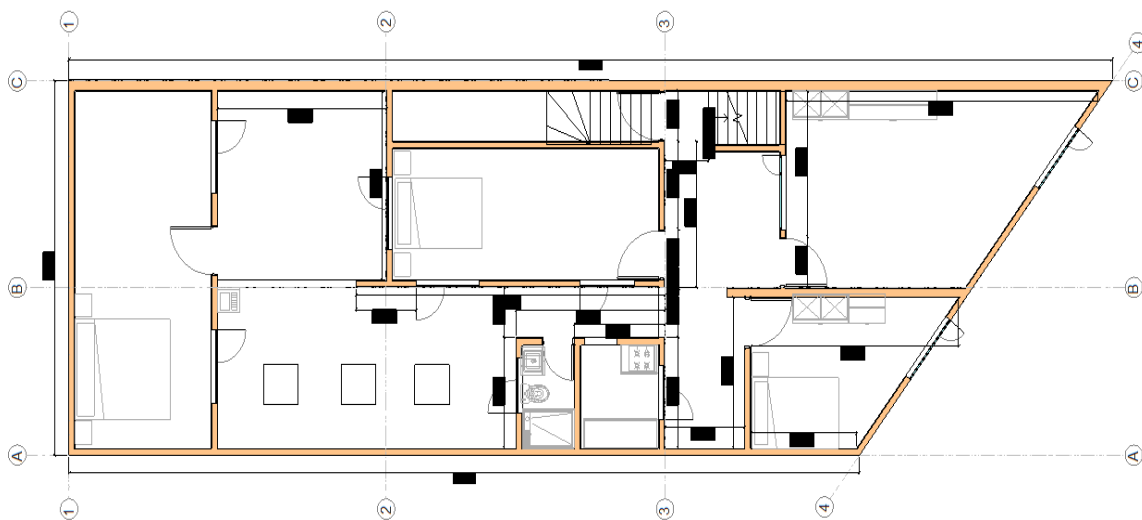
- ✓ Tipo de cimentación: Según relatos la cimentación fue concebida como vigas de tipo ciclópeo, (rocas de gran tamaño posiblemente de la zona y cemento como material de unión). En medio de los vacíos se rellenan con arena para nivelar y sobre este se procedió a construir una placa de contrapiso sin acero de refuerzo. En el caso de obtener el permiso de hacer regatas en la zona se procederá con el fin de obtener información de primera mano de la cimentación del paciente.
- ✓ Altura: La edificación se compone de dos pisos y 1 cubierta que actualmente funciona como terraza o zona de ropas. La altura promedio entre placas es de 3.10m.
- ✓ Área (número de pisos)

Área piso 1: 158 M2



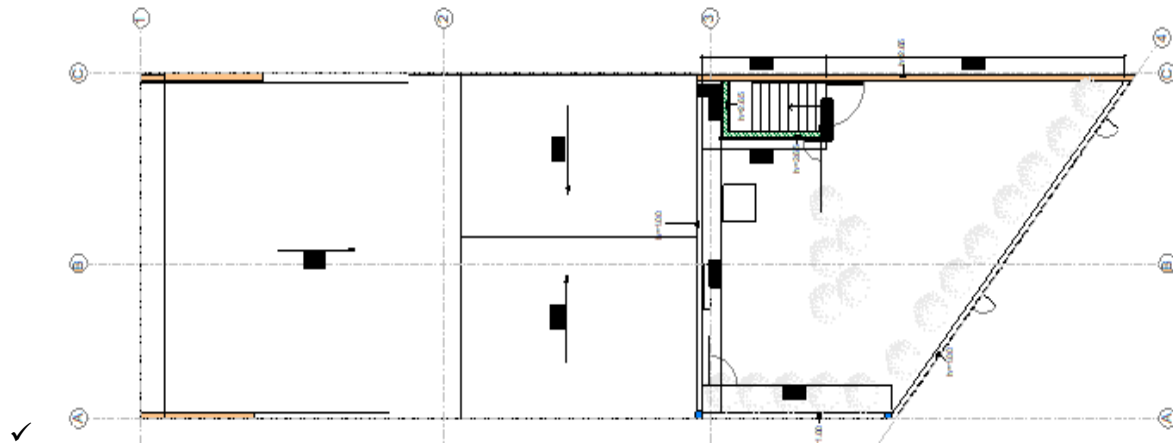
Plano 1. Planta primer piso. Levantamiento Arquitectónico

Área piso 2: 158 M2



Plano 2. Planta segundo piso. Levantamiento Arquitectónico

Área Cubierta: 158 M2



Plano 3. Planta Cubierta. Levantamiento Arquitectónico

Estado general de construcción: Según la inspección visual realizada en sitio se considera que el estado actual de la edificación es REGULAR de acuerdo con el uso, años y estado del paciente.

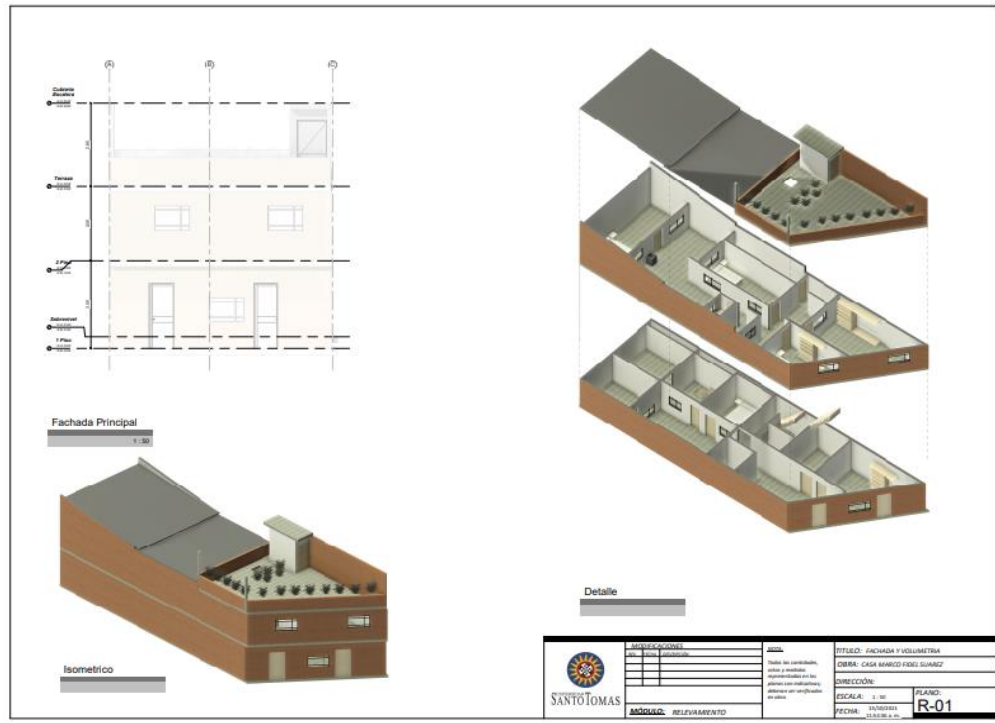
Tabla 1. Calidad del Diseño y la construcción o del estado de la edificación. NSR-10

Tabla A.10.4-1
Valores de ϕ_c y ϕ_e

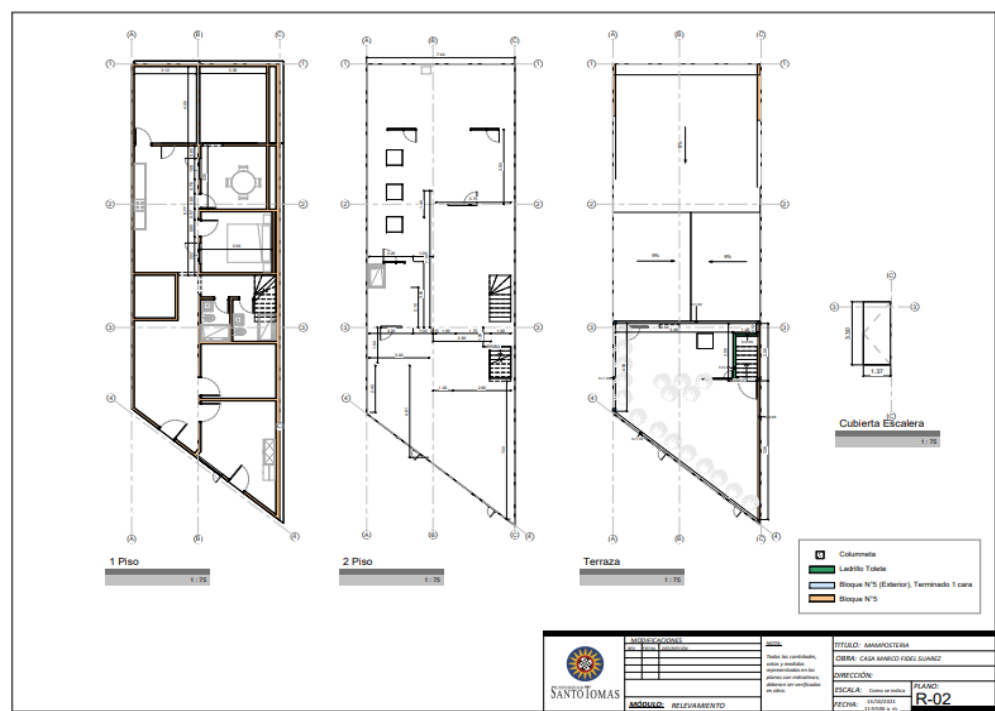
	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

- ✓ Información existente: No se cuenta con ningún tipo de información existente técnica del paciente. (No se encontraron planos constructivos, estudio de suelos, licencia de construcción, entre otras, debido a su construcción en la informalidad)

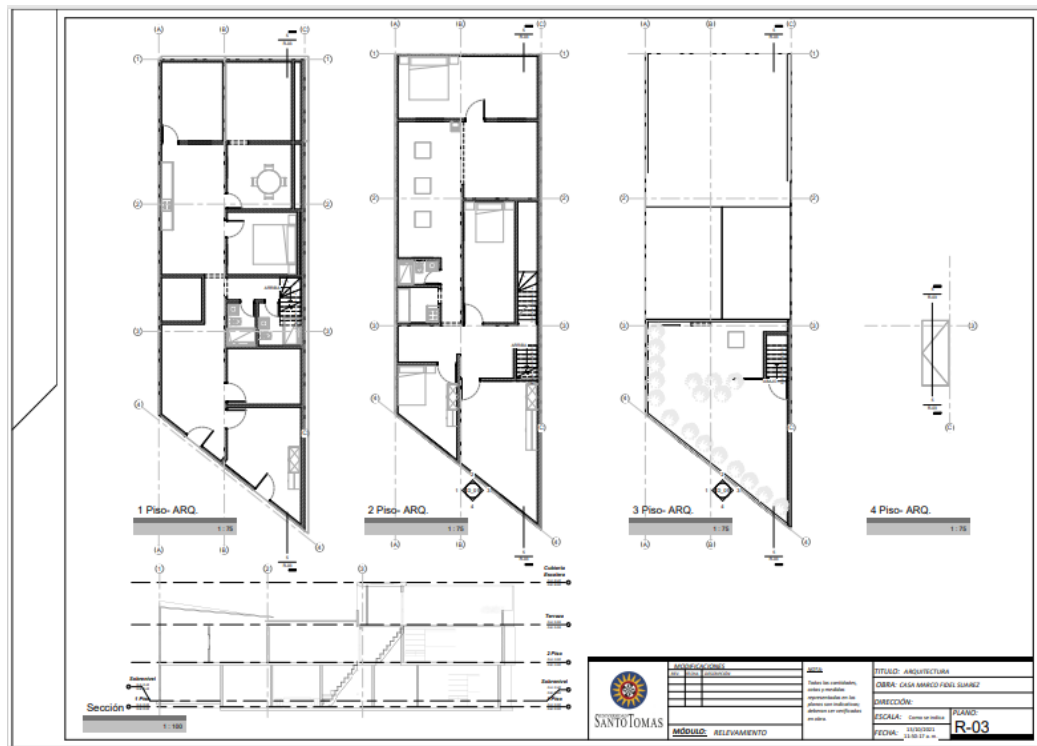
Fidelidad de los planos: No se contó con planos constructivos de ningún tipo. Se realizó el respectivo levantamiento arquitectónico modelado en REVIT con el fin de obtener más claridad en el estudio.



Plano 4. Fachadas e isométrico. Elaboración propia



Plano 5. Plantas muros mampostería estructural. Elaboración propia



Plano 6. Plantas y corte arquitectónico. Elaboración propia

Constatación del estado del paciente: El paciente en estudio presenta problemas de humedad de origen climático debido a la alta fisuración existente en los elementos de placas aéreas y algunos muros de mampostería.

6.3.5 Aplicación patológica:

- ✓ Geriátrica: Debido a que la edificación tiene más de 15 años de construida, tiene aproximadamente más de 60 años

6.3.6 Datos específicos de las lesiones

- ✓ Afectaciones

Tabla 2. Identificación de lesiones (Afectaciones)

IDENTIFICACIÓN DE LESIONES					
CLASIFICACIÓN (Brito, 2009)				PRIMARIAS	SECUNDARIAS
FÍSICAS	Humedad	De obra			
		Capilar	x	x	
		De filtración	x		x
		De condensación			
		Accidental			
	Suciedad	Por depósito	x	x	
		Por lavado diferencial	x		
	Erosión	Atmosférica	x		x
MECÁNICAS	Grietas	Exceso de carga	x	x	
		Dilataciones y contracciones higrótérmicas	x	x	
	Fisuras	Reflejo del soporte	x	x	
		Inherente al acabado	x		x
	Deformaciones	Flechas	x	x	
		Pandeos			
		Desplomes			
		Alabeos			
	Desprendimiento		x		x
	Erosiones Mecánicas				
QUÍMICAS	Eflorescencias		x		x
	Oxidaciones y corrosiones	Oxidación			
		Corrosión	x		x
	Organismos	Animales	x	x	x
		Plantas	x		x
	Erosiones				

- ✓ Localización y levantamiento de daños
 - Lesión Mecánica (Deformación – Flecha)



Ilustración 2. Registro fotográfico deformación-flecha. Fuente propia

Con la inspección visual se pudo apreciar desde el segundo nivel una flecha en la losa de cubierta, la cual pudo haber sido ocasionada por una flexión a causa de un exceso en el peso propio de la losa o a la ausencia de apoyos. Además, la falta de una leve contraflecha al momento de fundir, para asegurar una adecuada horizontalidad de esta. Según los propietarios, se rellenó la cubierta con un mortero para nivelar la superficie y eliminar la flecha, la cual estaba ocasionando empozamiento de agua al centro de la losa de cubierta.

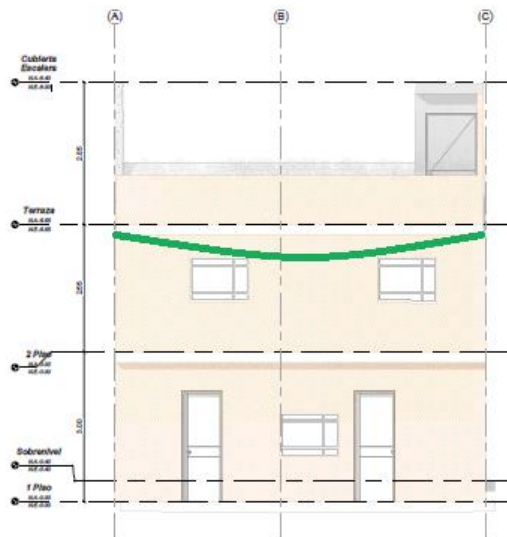


Ilustración 3. Localización de daños (deformación / flecha). Fuente propia

- Lesión Mecánica (grietas y fisuras – exceso de carga – dilatación o contracción)



Ilustración 4. Registro fotográfico fisuras y grietas. Fuente propia

Se evidenciaron grietas y fisuras que aparecieron hace más de 30 años según los propietarios. En el caso de las grietas, sus espesores varían entre 3 y 6 mm, y algunas de ellas atraviesan la sección transversal del elemento. No se observan juntas de contracción. Posiblemente las grietas fueron causadas por la falta de intervención a fisuras por contracción plástica que aparecieron antes del fraguado, lo que generó el deterioro de estas a lo largo de los años, hasta llegar a convertirse en grietas. Otra posible causa son los esfuerzos generados a raíz de la flecha que presenta la losa, el peso que generó el relleno de mortero o por la falta de apoyos (sus únicos apoyos son los muros de cerramiento y unos muros divisorios). Los propietarios afirman que a pesar de haber nivelado la cubierta con mortero años atrás, las grietas volvieron a aparecer. Actualmente sobre el área que presenta mayor cantidad de grietas, se encuentran ubicadas varias macetas de diferentes tamaños (en su mayoría grandes), las cuales le están agregando peso a la losa.

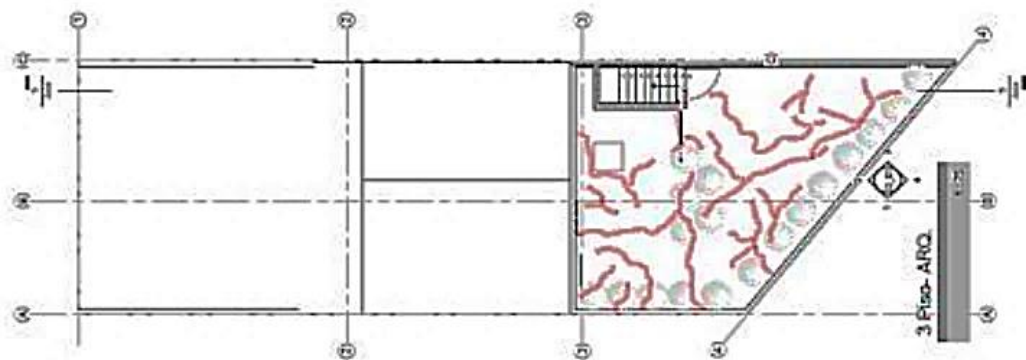


Ilustración 5. Localización de daños (grietas y fisuras). Fuente propia

- Lesión Física (Humedad – filtración)



Ilustración 6. Registro fotográfico humedad - filtración. Fuente propia

Filtración de agua lluvia proveniente de la cubierta, la cual presenta grietas por donde ingresa el agua, generando humedad en la losa de concreto y parte superior de muros. Tanto en la cubierta como en los muros del segundo nivel, se evidencian eflorescencias, abombamiento y desprendimiento de la pintura, fisuras, desprendimiento de material y moho. En la losa no hay tratamiento de juntas ni medias cañas. La cubierta no tiene sifón, así que el agua lluvia es evacuada por medio de un desnivel que se hizo con mortero, el cual lleva a un pequeño tubo que sale a la calle desde la terraza. Los propietarios afirman haber aplicado una capa de emulsión asfáltica en la cubierta para impermeabilizarla. Al no funcionar, aplicaron posteriormente una capa de pintura bituminosa de aluminio únicamente sobre las grietas para intentar eliminar el problema de humedad y filtración, lo cual no funcionó, ya que jamás se repararon las grietas y fisuras antes de aplicar el impermeabilizante, lo que causó que estas se "calcaran" en la capa de impermeabilizante y con el tiempo ayudara a que se empezara a deteriorar a partir de estas. También se pudo observar que intentaron rellenar las grietas de la cubierta desde el interior de la vivienda con mortero para disminuir un poco el

problema de filtración (Ambas habitaciones que se encuentran bajo esta cubierta se ven afectadas por este problema).

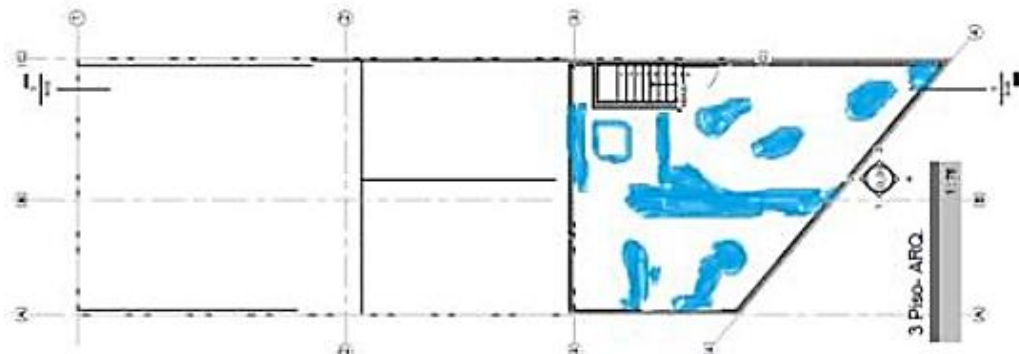


Ilustración 7. Localización de daños (Humedad - Filtración). Fuente propia

- Lesión Física (Humedad – Capilaridad)



Ilustración 8. Registro Fotográfico Humedad - capilaridad. Fuente propia

Debido a que la edificación se encuentra ubicada en media ladera y que se construyó directamente sobre el terreno sin ningún tratamiento a pesar del alto nivel freático, presentaba un gran problema de humedad por capilaridad, por lo que años después los propietarios decidieron intervenir algunas habitaciones, colocando un plástico y fundiendo una placa de aproximadamente 5 cm sobre este. Lo anterior ayudo a disminuir un poco el problema, pero en el comedor el

muro que da contra la montaña, se siguió manifestando la humedad, razón por la cual instalaron una especie de muro de limpieza con ventilación y que no cuenta con acceso para mantenimiento, para ocultar los daños ocasionados por la humedad por capilaridad. En la habitación que se encuentra cerca a la entrada y en la que queda al fondo a la izquierda, se sigue presentando esta humedad, la cual en invierno se agrava, por lo que los propietarios realizan mantenimiento frecuentemente con pintura y estuco convencional.



Ilustración 9. Localización de daños (Humedad – Capilaridad). Fuente propia

- Lesión Química (Organismos)



Ilustración 10. Registro fotográfico organismos. Fuente Propia

La estructura en madera, que soporta la cubierta liviana del patio ubicado en el segundo nivel, presenta varios tipos de patologías de tipo abiótico, biótico y de origen estructural. Se observan diferentes filtraciones en la cubierta debido a su mal estado, lo que afectó a la estructura, exponiéndola a altos niveles de humedad, causando la aparición de hongos de pudrición y posteriormente insectos que afectaron la resistencia de esta.

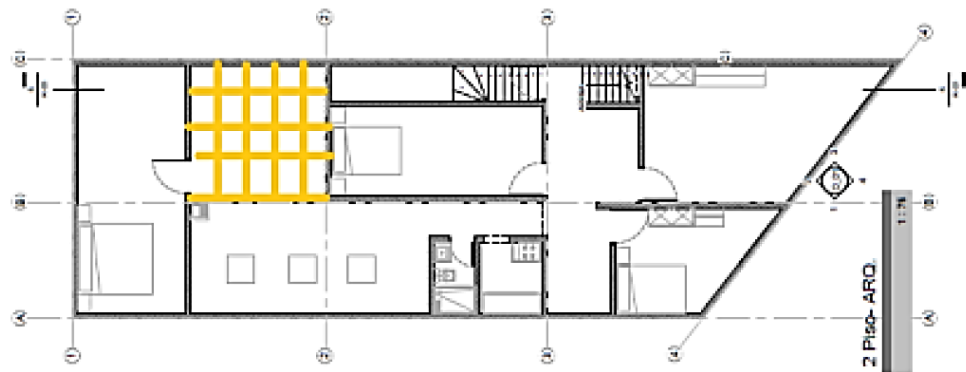


Ilustración 11. Localización de daños (organismos). Fuente propia

6.3.7 Datos generales del entorno:

- ✓ Edificaciones u obras vecinas: El paciente se encuentra ubicado en una cuadra residencial, tiene construida una casa de 3 pisos en el costado oriental, a la cual actualmente se le está construyendo un sótano según información de los propietarios. Al costado occidental tiene construida una casa de 2 pisos. Ninguna casa tiene dilatación sísmica con respecto a la otra. Las construcciones de esta cuadra están ubicadas en un área de ladera con una inclinación de 60° aproximadamente, por ende, ninguna de sus placas de entrepiso está al mismo nivel.
- ✓ Medio ambiente: La zona de ubicación del paciente se encuentra geográficamente en ladera del cerro sur-oriental de Bogotá, zona rocosa, de explotación minera cercana para

extracción de arena de peña. Los barrios aledaños están completamente contruidos con un porcentaje mínimo de vegetación.

- ✓ Temperatura: Internamente la casa tiene una temperatura de 19°C, a la intemperie se pueden encontrar temperaturas que oscilan entre los 2°C en las madrugadas y los 24°C en algunos días soleados.
- ✓ Precipitaciones: Según el IDEAM las precipitaciones promedio en esta zona están alrededor de los 600 mm al año.
- ✓ Predominancia del viento: Según datos del IDEAM la predominancia de los vientos en un 41% provienen del Oriente (Nororiente- Oriente- Suroriente).

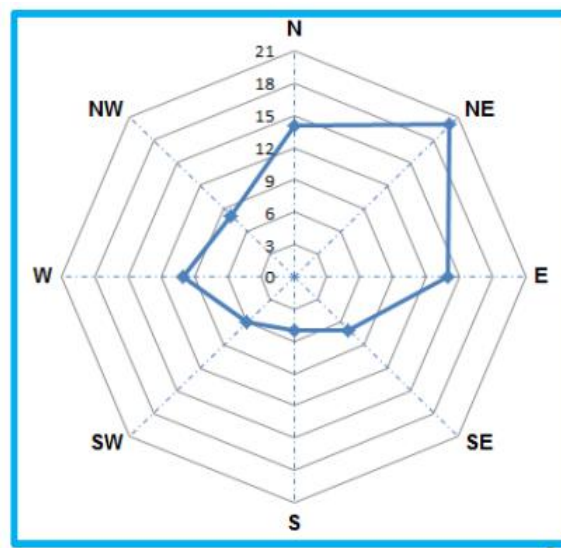


Ilustración 12. Rosa de viento con base en los registros de la estación meteorológica Aeropuerto El Dorado (IDEAM). Fuente. Datos Atlas Climatológico de IDEAM

- ✓ Nivel freático y escorrentías: Debido a que la zona de estudio donde se ubica el paciente se encuentra ubicado en ladera al suroriente de Bogotá DC durante las épocas de lluvia el nivel de escorrentía superficial y flujo de aguas subterráneas es bastante alto.
- ✓ Humedad: La humedad promedio de la zona según el DPAE está entre el 30.1 y 50%.

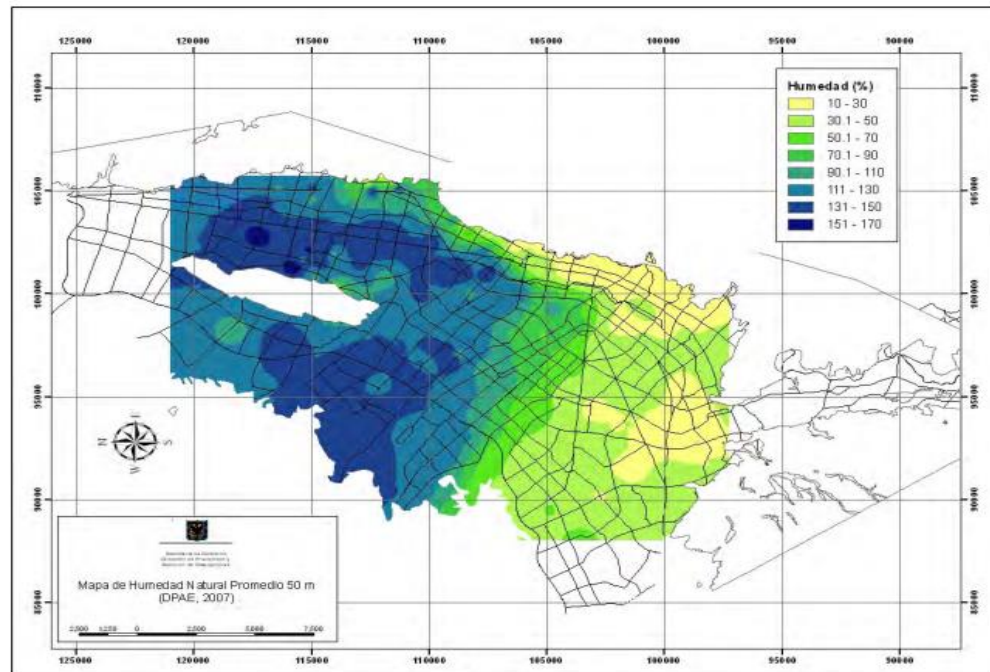


Ilustración 13. Variación de la humedad natural promedio hasta 50 m de profundidad. Fuente DPAE 2007.

- ✓ Geología de la zona: La localidad de Rafael Uribe Uribe está ubicada en zona de ladera de montaña de los cerros Orientales, con suelos predominantemente duros y con pendientes en algunos casos pronunciadas.

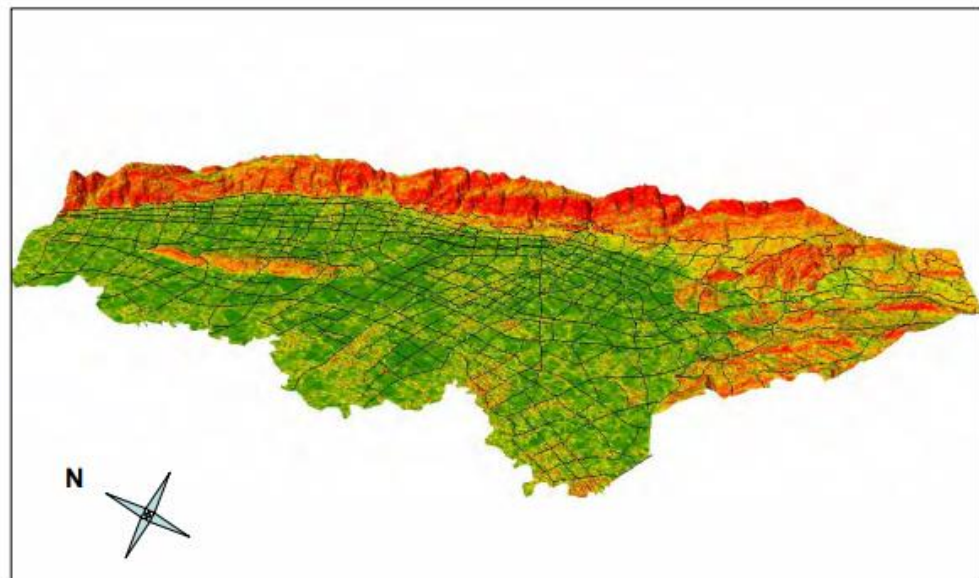


Ilustración 14. Modelo tridimensional de pendientes del terreno de la ciudad. Fuente IDIGER

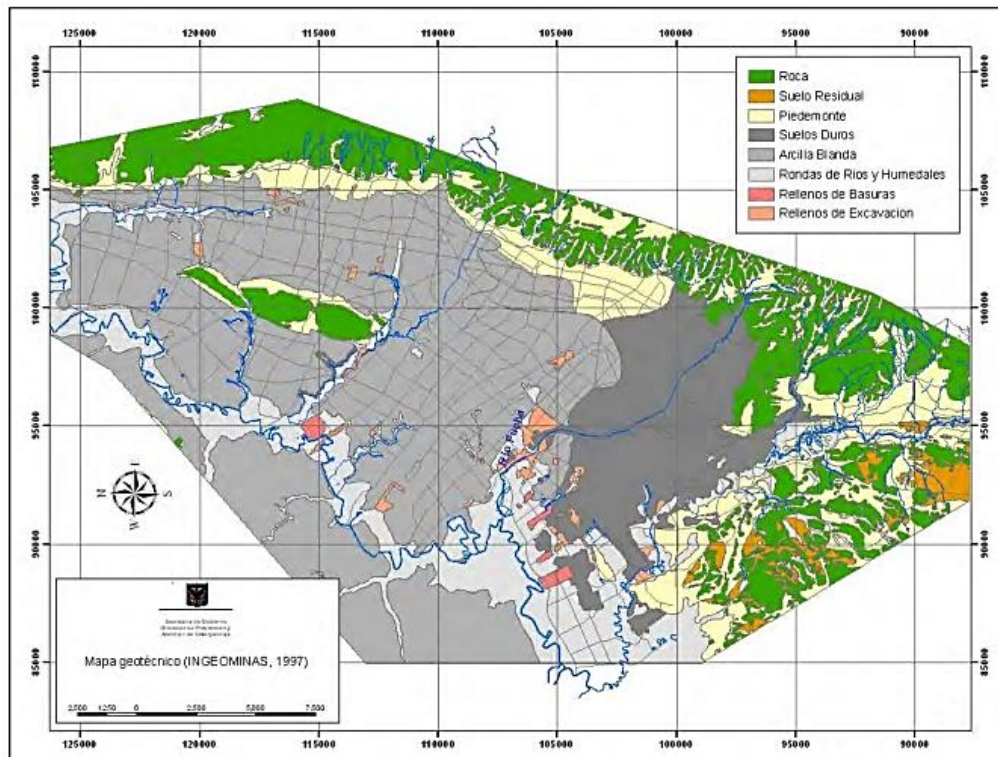


Ilustración 15. Mapa Geotécnico. Fuente Ingeominas 1997

6.3.8 Arquitectura (descripción general)

El paciente es una casa 2 niveles de vivienda y terraza transitable, construida en los años 60 de manera informal sin sistema estructural alguno que la rijan.

- ✓ **Calificación:** Según las visitas realizadas para hacer inspección visual, se observaron varias aéreas fisuradas en la losa de cubierta, altos niveles de humedad, muros con fisuras horizontales, una visible flecha hacia el costado sur-oriental de la fachada y humedades en los muros bajos de la planta del primer piso. Adicionalmente no se cuenta con planos constructivos, ni sigue un sistema constructivo normativo, por lo tanto, se califica como MALA.
- ✓ **Estilo arquitectónico:** No aplica ya que la construcción fue hecha de manera informal por etapas durante su tiempo de uso. No se rige por ningún sistema constructivo ni normativo.

- ✓ Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico): Aunque se podría clasificar como tradicional, por tener muros de mampostería maciza y losas en concreto reforzado, es importante aclarar que el paciente no tiene un sistema constructivo avalado, por lo cual sería una construcción de tipo rústica sin diseño estructural o más comúnmente llamada construcción informal. El paciente no define una técnica constructiva actual según la norma sismo resistente NSR-10, tiene diferentes combinaciones normales para la época, muros en ladrillo recocido, placa de entrepiso en concreto, cimentación posible en concreto ciclópeo. Se observan algunas columnas en el primer piso que no tienen unión ni continuidad con las placas y algunas vigas tipo dintel de carga entre vanos

6.3.9 Estructura (descripción general)

El paciente data según propietarios actuales de hace más de 60 años de construida, no cuenta con un sistema constructivo que cumpla los lineamientos de la norma sismo resistente NSR-10, se observa en visita técnica que fue hecha con diferentes tipos de materiales. En sus inicios se construyó probablemente una cimentación en concreto ciclópeo (piedra de la zona y cemento) para luego ir montando los muros en mampostería, (ladrillos de arcilla prensados).

En el primer piso se observan columnas que fueron construidas en sus inicios sin continuación alguna ni amarre entre vigas, los propietarios actuales desconocen si existe algún tipo de cimentación para ellas, en tal fin no conectan a la placa de entrepiso. La placa de contrapiso no fue fundida con acero, por lo tanto, se considera que es una mezcla de cemento y agregados de la zona posiblemente arena de peña simplemente apoyada sobre el terreno (tiene aproximadamente un espesor de 5 cm). Debido a que la construcción está ubicada en una ladera, para esconder el problema de humedad, se ha instalado una especie de muro de limpieza con ventilación, pero sin

acceso, y un tubo con agujeros haciendo la labor de filtro francés para evacuar el agua que se filtra debido a flujos de agua freática y humedades por capilaridad. La placa aérea de segundo piso tiene un espesor de aproximadamente 20 cm, construida en concreto. Visualmente se ve deflectada desde el centro hacia la fachada principal.

La edificación se construyó en varias etapas, lo cual se puede corroborar con la inspección visual, ya que la mampostería del cerramiento es de diferentes tipos y presenta cambios de color y diferencias en el deterioro según el nivel. Los muros de mampostería presentan fisuras horizontales y humedades provenientes del exterior. Al fondo del segundo nivel, se encuentra un patio y dos habitaciones, los cuales tienen una cubierta liviana de asbesto-cemento y de plástico, la cual está soportada en una estructura de madera que presenta afectaciones de tipo abiótico (humedad), biótico (hongos e insectos) y estructural (flexión, pérdida de sección transversal y pérdida de resistencia)

En el tercer piso se observa una placa aérea de espesor aproximado de 20 cm en concreto, construida para aproximadamente menos del 50 % de la edificación, funciona como cubierta transitable, y presenta dos columnas en concreto reforzado (algunos puntos con erosión de material y acero a la vista con corrosión aparente) con el fin de confinar un muro de antepecho, que fue usado como cerramiento de la cubierta. (Es necesario realizar un ensayo con un localizador de barras y recubrimiento, para comprobar si las losas o los elementos estructurales con los que cuenta la edificación están reforzados adecuadamente para la época, o si por el contrario presentan ausencia de acero). La edificación cuenta con 3 pisos, dos plantas aéreas.

- ✓ Por diseño y construcción (A. 10.2.2.1-NSR10): De acuerdo con lo observado durante el seguimiento que se le ha hecho a la estructura, los datos obtenidos durante las diferentes visitas de inspección y la documentación inexistente. La estructura no cuenta con un

sistema estructural definido en la norma actual, se acerca debido a sus materiales de construcción a muros de mampostería estructural, no cuenta con planos constructivos de ningún tipo y fue construida fuera de los lineamientos de un profesional o norma existente durante su época, por lo tanto, se califica como MALA.

- ✓ Por estado de la estructura (A. 10.2.2.1-NSR10): Debido a lo observado en las visitas de inspección al paciente, se observan humedades en la placa aérea de cubierta con alta fisuración en la misma, se observó una flecha en la fachada principal en el sentido sur-oriental presentando así fisuración en los elementos de muros en mampostería, humedades provenientes de la escorrentía de agua freática en la cimentación debido a la pendiente existente en sitio y su alta permeabilidad hacia los materiales que confinan la estructura. se da una calificación REGULAR al paciente.
- ✓ Evaluación de la estructura en general: Debido a que la estructura no fue construida bajo ningún lineamiento o norma sismo resistente de su época, fuera de supervisión de un profesional validado como calculista o constructor, no cuenta con planos constructivos, estudios de suelos, y presenta diferentes lesiones como lo son fisuras, humedades, flechas entre otras se califica como MALA.

6.3.10 Suelos y Cimentaciones

La edificación no cuenta con un estudio de suelos, pero gracias a un estudio realizado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) a aproximadamente dos cuadras del paciente, se pudo tener una noción a cerca del tipo de suelo que predomina en la zona son depósitos coluviales conformados por suelos limosos y arcillas, de plasticidad media a alta, consistencia media a alta y espesor de más o menos 2 m. También se encuentran rocas como areniscas medias.

6.4 DIAGNÓSTICO

6.4.1 Lesiones Encontradas

De acuerdo con la inspección visual realizada en septiembre de 2021, se observó que el paciente presenta lesiones físicas y mecánicas en la losa de cubierta como se describe a continuación (En los anexos se encontrarán registros fotográficos y fichas patológicas en donde se podrán apreciar las lesiones):

6.4.1.1 Lesión Mecánica – Deformación (flecha)

Se aprecia desde el segundo nivel una flecha en la losa de cubierta, la cual pudo haber sido ocasionada por el exceso del peso propio de la losa o a la ausencia de apoyos. Además de la falta de una leve contraflecha al momento de fundir, para asegurar una adecuada horizontalidad de esta. Según los propietarios se rellenó la deformación con mortero para nivelar la superficie y eliminar la flecha, la cual estaba ocasionando empozamiento de agua al centro de la losa. Este relleno adicional generó aún más peso a la losa agravando la lesión.

6.4.1.2 Lesión Mecánica - Grietas y fisuras

Se evidenciaron grietas y fisuras que aparecieron hace más de 30 años según los propietarios. En el caso de las grietas, sus espesores varían entre 3 y 6 mm, y algunas de ellas atraviesan la sección transversal del elemento. No se observan juntas de contracción. Posiblemente las grietas fueron causadas por la falta de intervención a fisuras por contracción plástica que aparecieron antes del fraguado, lo que generó el deterioro de estas a lo largo de los años, hasta llegar a convertirse en grietas. Otra posible causa son los esfuerzos generados a raíz de la flecha que presenta la losa, el peso que generó el relleno de mortero o por la falta de apoyos (sus únicos apoyos son los muros de cerramiento y unos muros divisorios). Los propietarios

afirman que a pesar de haber nivelado la cubierta con mortero años atrás, las grietas volvieron a aparecer. Actualmente sobre el área que presenta mayor cantidad de grietas, se encuentran ubicadas varias macetas de diferentes tamaños (en su mayoría grandes), las cuales le están agregando peso a la losa.

6.4.1.3 Lesión Física – Humedad (filtración)

Presenta un grave problema de filtración de agua lluvia proveniente de la cubierta, la cual presenta grietas por donde ingresa el agua, generando humedad en la losa de concreto. Tanto en la cubierta como en los muros del segundo nivel, se evidencian eflorescencias, abombamiento y desprendimiento de la pintura, fisuras, desprendimiento de material y moho. No hay tratamiento de juntas, ni medias cañas. La cubierta no tiene sifón, así que el agua lluvia es evacuada por medio de un desnivel que se hizo, el cual lleva a un pequeño tubo que sale a la calle a través de la fachada. Los propietarios afirman haber aplicado una capa de emulsión asfáltica en la cubierta para impermeabilizarla. Al no funcionar, aplicaron posteriormente una capa de pintura bituminosa de aluminio únicamente sobre las grietas para intentar eliminar el problema de humedad y filtración, lo cual no funcionó, ya que jamás se repararon las grietas y fisuras antes de aplicar el impermeabilizante, lo que causó que estas se "calcaran" en la capa de impermeabilizante y con el tiempo ayudara a que se empezara a deteriorar a partir de estas. También se pudo observar que intentaron rellenar las grietas de la cubierta desde el interior de la vivienda con mortero para disminuir un poco el problema de filtración (Ambas habitaciones que se encuentran bajo esta cubierta se ven afectadas por este problema).

Según la historia clínica, pruebas y análisis, se puede inferir que las lesiones observadas y encontradas en el paciente son producto de la falta de diseños, de deficiencias en el proceso constructivo, del uso de materiales inadecuados y de la falta de mantenimiento apropiado. Lo anterior, debido a la informalidad en la que se construyó la vivienda, sumado a la falta de regulación y normatividad de la época en la cual se construyó (aproximadamente hace más de 60 años). Ya que el paciente no cuenta con ningún tipo de diseño estructural, no cumple con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, ni cuenta con elementos estructurales esenciales como los son columnas, vigas o muros estructurales, tampoco hay presencia de juntas. En cuanto a los materiales, de acuerdo con algunas regatas realizadas en la losa de cubierta, se encontró que el acero utilizado es liso y su distribución está dada en dos direcciones. Los muros de fachada y divisorios están elaborados en ladrillo y bloque de arcilla (la mayoría de ellos reciclados). Finalmente, respecto al mantenimiento, aunque se han aplicado capas de impermeabilizante en algunas zonas de la cubierta, esto no se hizo adecuadamente, ni se hizo reparación alguna de las fisuras y grietas antes de aplicarlo, además, este ya ha perdido su vida útil pero no se le ha dado tratamiento a la superficie ni se ha aplicado una nueva capa de impermeabilizante.

6.4.2 Ensayos Destructivos y No Destructivos

A continuación, se darán a conocer algunos ensayos destructivos y no destructivos que se llevaron a cabo, para identificar el estado de la losa de cubierta y determinar el grado de deterioro de esta.

6.4.2.1 Pacómetro

Con el fin de conocer la ubicación del acero de refuerzo en la losa de cubierta, se utilizó un localizador de barras de tipo Pacómetro, el cual mediante un barrido por la zona donde tentativamente se encuentra la barra, permitió hallar la distribución de la armadura, dando como resultado que el acero tanto en sentido vertical como horizontal, se encuentra a una distancia de 20 cm.



Ilustración 16. Localización del acero con Pacómetro

Se hizo el ensayo tanto en la parte superior como en la parte inferior de la placa para tener mayor certeza de los resultados.



Ilustración 17. Localización del acero en la parte inferior de la losa

Adicionalmente, se realizó un barrido en la vigueta de amarre de la placa, con el fin de conocer la distribución de la armadura y que esta información pueda ser usada en un futuro estudio de vulnerabilidad sísmica y actualización a la Norma sismo resistente vigente. Se obtuvo que la viga posee estribos con una separación de 15 cm entre ellos.

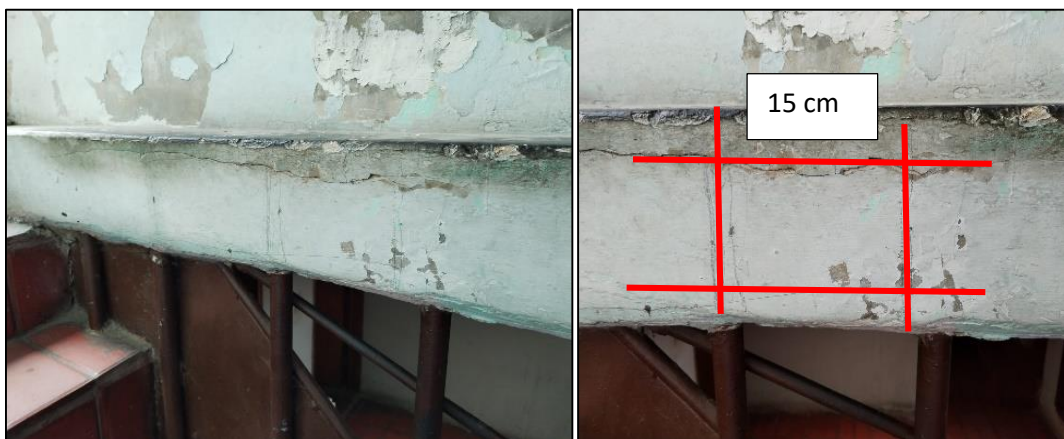


Ilustración 18. Localización del acero en la viga de amarre. Fuente propia

El pacómetro utilizado no identificaba el espesor de recubrimiento o la capa de protección de los elementos con respecto al acero.

6.4.2.2 Regata

Con el fin de conocer el espesor de recubrimiento del concreto, los diámetros del acero y realizar una prueba de carbonatación, se decidió hacer una regata.

Antes de iniciar la exploración, desde la parte externa de la vivienda se realizó la medida de la altura de la losa, ya que, por información suministrada por los propietarios, se sabía que esta poseía un recubrimiento de mortero y para empezar la remoción de concreto era importante tener una noción del espesor real. Se encontró que la losa tiene una altura de aproximadamente de 12,5 cm.



Ilustración 19. Medición altura de losa de cubierta

Como ya se había trazado con marcador una grilla correspondiente a la ubicación del acero, la cual fue obtenida con el pacómetro, se procedió a hacer una remoción del mortero de nivelación y unas capas de concreto con ayuda de pulidora y taladro, para hallar el acero de refuerzo.



Ilustración 20. Remoción del mortero de nivelación. Fuente propia

Durante la exploración se encontró que la capa de mortero tiene un espesor de aproximadamente 2,6 cm, y que algunas de las fisuras de menor espesor que se observaban en la superficie y que durante la inspección visual se consideraron grietas, realmente no lo eran, porque no iban más allá del mortero.



Ilustración 21. Espesor del mortero de nivelación. Fuente propia

Después de retirar aproximadamente 8,5 cm de concreto, no se halló el acero de refuerzo, por lo cual por cuestiones de seguridad y en común acuerdo con los propietarios, se tomó la decisión de no seguir con la remoción de concreto. Lo anterior, ayudó a determinar que el acero no se encontraba en la posición ideal, probablemente porque al fundir la losa no se colocaron separadores, para garantizar el recubrimiento ni para evitar que el acero fuera desplazado por el concreto durante el vertimiento.



Ilustración 22. Profundidad de remoción de concreto y mortero. Fuente propia

Haciendo nuevamente inspección visual en el exterior de la vivienda, se encontró que en una zona de la losa que daba hacia la fachada, el acero se encontraba a la vista y con principios de corrosión, esto permitió corroborar la teoría de que la armadura no se encontraba en el lugar esperado, sino que por el contrario estaba muy cercano a la parte inferior de la losa y no poseía ni siquiera 2 cm de recubrimiento en esta cara. El acero hallado tiene un diámetro de 1/2" y es liso, características típicas del refuerzo teniendo en cuenta la época en la que fue construida la edificación (más de 60 años). Por otra parte, en esta zona el concreto se encontraba en mal estado, ya que presenta pérdida de material cementante, quedando los agregados a la vista.



Ilustración 23. Acero de refuerzo de la losa de cubierta a la vista y corroído. Fuente propia

6.4.2.3 Carbonatación

Este ensayo se realizó para determinar el avance del frente de carbonatación en el concreto. La carbonatación se produce por la difusión de CO_2 a través de los poros del concreto y al estar la losa expuesta a la intemperie, además de estar ubicada cerca de una vía en donde transitan muchos vehículos, puede ser susceptible a esta reacción química. Es importante conocer la velocidad y la profundidad de carbonatación, ya que cuando ocurre esta reacción, el concreto pierde basicidad, lo que hace que este deje de proteger al acero con su capa pasivadora. Si se

despasa el acero de refuerzo, hay mayor probabilidad de corrosión. Para conocer el avance del frente de carbonatación, se aplicó un revelador de pH, en este caso fenolftaleína.



Ilustración 24. Aplicación de revelador de pH. Fuente Propia

El ensayo mostró que el frente de carbonatación ha avanzado 2,8 CM. Debido a que el acero está localizado en la parte inferior de la losa, no fue posible tomar un valor de recubrimiento real en la parte superior de esta. Así mismo, si se realiza el correspondiente cálculo para hallar la velocidad y profundidad de carbonatación, los resultados que se van a obtener no son ideales, ya que por el gran recubrimiento que tiene el acero por la parte superior de la losa, los resultados van a indicar que el frente de carbonatación llegará al acero en un tiempo demasiado extenso. Si fuera una estructura construida adecuadamente y tuviera un espesor de estas características, serían congruentes los resultados (aunque para una vivienda de dos niveles estrato 2, no se esperan recubrimientos de esa magnitud), pero en este caso la

velocidad obtenida solo corresponde a la deficiencia constructiva, por lo cual no es un dato confiable.



Ilustración 25. Avance del frente de carbonatación. Fuente propia

6.4.2.4 Esclerómetro

Debido a que no fue posible obtener por parte de los propietarios autorización para realizar extracción de núcleos y aunque aún por norma no es aceptable asumir como real el valor de resistencia hallado con esclerómetro, para este caso de estudio por ser una investigación de tipo educativa, se tomará este valor como una estimación de la resistencia del concreto que sirva para dar una noción de las características de la vivienda.

Durante el proceso del ensayo de esclerometría, se tuvo en cuenta la limpieza del lugar posterior al análisis de pacómetro con el fin de rayar en sitio la ubicación de la malla de refuerzo

para el elemento placa de entepiso – cubierta. La limpieza se realizó con una piedra de tipo poroso sobre el elemento en donde se empleará el esclerómetro.

En cada punto de estudio se dividió la zona en 12 partes iguales con el fin de realizar 12 mediciones e incrementar el factor de probabilidad acercándonos a datos más cercanos a la realidad. En la losa se hizo toma de puntos en tres zonas. (los resultados se evidencian en el anexo 2)

- Punto No 1: Ensayo bajo placa - Resistencia $F'_c = 2785$ Psi
- Punto No 2: Ensayo bajo placa - Resistencia $F'_c = 3342$ Psi
- Punto No 3: Ensayo sobre placa - Resistencia $F'_c = 3454$ Psi

Promedio General= 3194 Psi, 22 Mpa.

En conclusión, podemos afirmar que la resistencia encontrada es acorde a un concreto de 21 Mpa, resistencia común avalada por la norma NSR-10 en construcciones sismo resistente.

Según la historia clínica, ensayos y análisis, se puede inferir que las lesiones observadas y encontradas en el paciente, son producto de la falta de diseños, de deficiencias en el proceso constructivo, del uso de materiales inadecuados y de la falta de mantenimiento apropiado. Lo anterior, debido a la informalidad en la que se construyó la vivienda, sumado a la falta de regulación y normatividad de la época en la cual se construyó (aproximadamente hace más de 60 años). Ya que el paciente no cuenta con ningún tipo de diseño estructural, no cumple con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, ni cuenta con elementos estructurales esenciales como los son columnas, vigas o muros estructurales, tampoco hay presencia de juntas. En cuanto a los materiales, de acuerdo a la regata realizada en la losa de

cubierta, se encontró que el acero utilizado es liso y su distribución está dada en dos direcciones. El concreto tiene una resistencia promedio de 22 Mpa, contiene agregado redondeado y el tamaño máximo de es de 2 cm. Los muros de fachada y divisorios están elaborados en ladrillo y bloque de arcilla (la mayoría de ellos reciclados). Finalmente, respecto al mantenimiento, aunque se han aplicado capas de impermeabilizante en algunas zonas de la cubierta, esto no se hizo adecuadamente, ni se hizo reparación alguna de las fisuras y grietas antes de aplicarlo, además, este ya ha perdido su vida útil pero no se le ha dado tratamiento a la superficie ni se ha aplicado una nueva capa de impermeabilizante.

Nota: Por razones económicas y falta de autorización de los propietarios de la vivienda, no fue posible realizar algunos ensayos de tipo destructivos, los cuales pudieron haber sido de gran ayuda para tener un diagnóstico más completo



Ilustración 26. Tamaño máximo de agregado. Fuente Propia

6.5 VULNERABILIDAD SÍSMICA

6.4.1 Fallas Geológicas de la zona:

La ciudad de Bogotá se encuentra ubicada en la región central y cuenta con algunos sistemas de fallas como las inversas de dirección nor-noreste y las de movimiento lateral izquierdo de dirección noroeste-sureste. Entre las más representativas, se encuentran la falla de Bogotá, la del río Tunjuelito, la Facatativá, la de Usaquén, la Fusagasugá, La Cajita y la Corraleja. En esta región la actividad neotectónica es baja, a excepción de las zonas en las fallas la Cajita y Río Tunjuelito, las cuales se ubican en el Páramo del Sumapaz. La falla de Bogotá es la más elevada en la Sabana y no ha presentado indicios neotectónicos por lo cual se considera como una falla de actividad incierta.

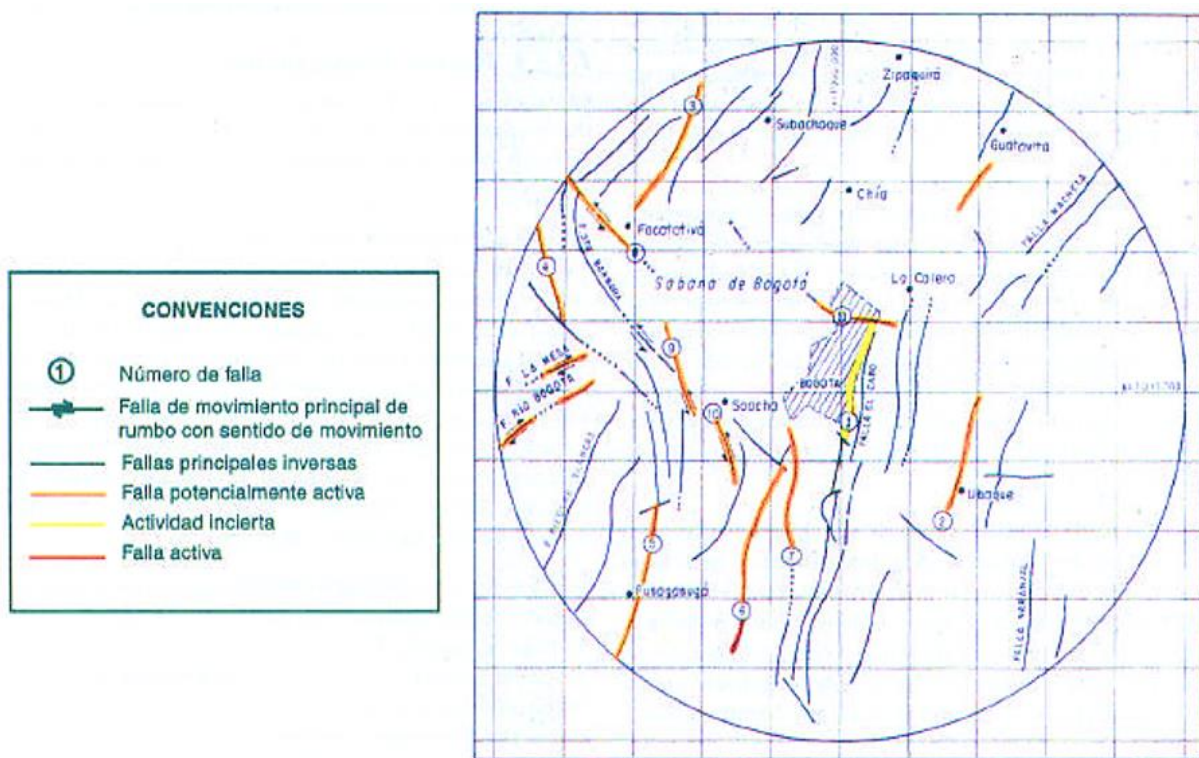


Ilustración 27. Actividad de Fallas de la Región Central.
Fuente: Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá (INGEOMINAS)

En Colombia hay 32 sistemas de fallas identificados, entre los cuales La subducción del pacifico, la falla de Romeral y el Piedemonte llanero (frontal de la cordillera oriental), son sistemas de actividad considerable que tienen gran efecto en la sabana de Bogotá, incluso más que las fallas que pasan al interior de la ciudad.

En Bogotá gran parte de las fallas se consideran de bajas a moderadas, ya que su magnitud es menor a 6.5 Ms. Su actividad sísmica es menor a las de otras regiones y sus periodos de retorno son más largos.

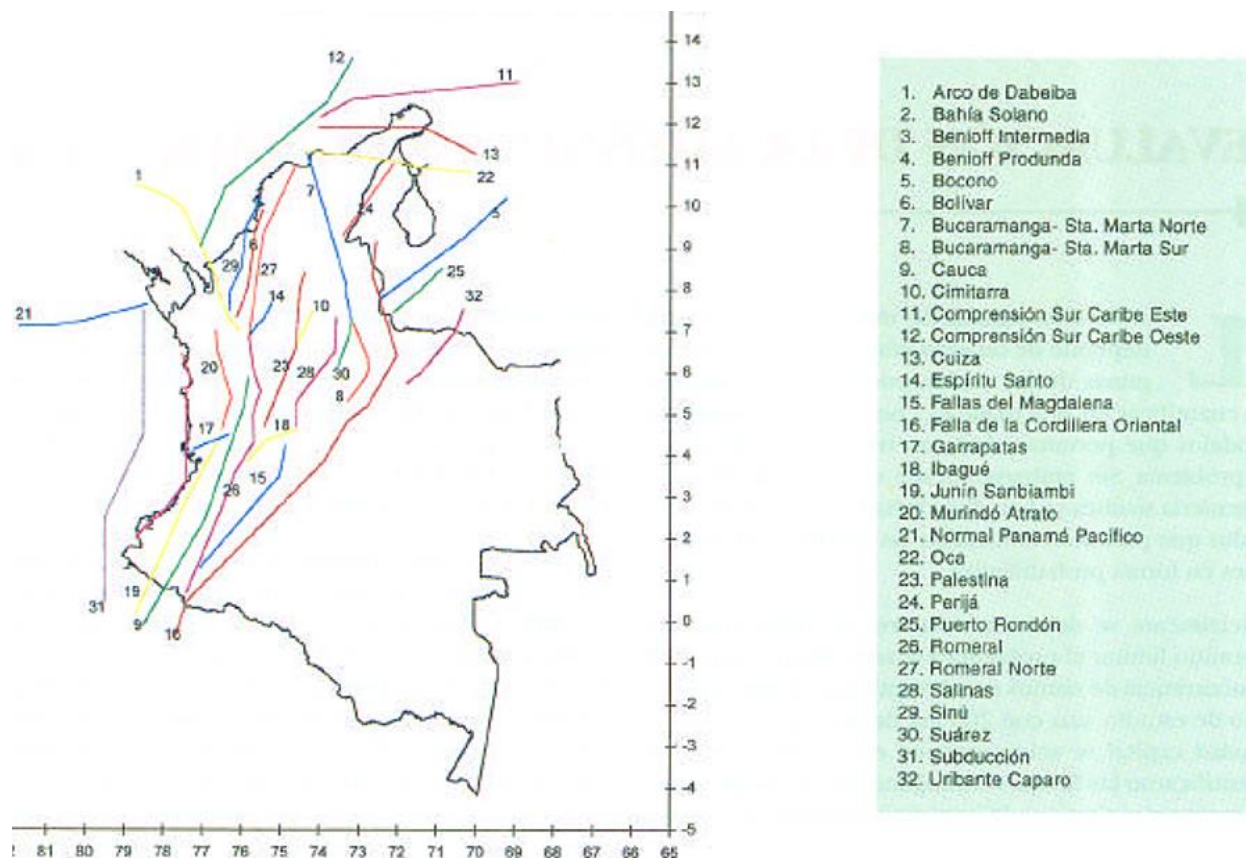


Ilustración 28. Mapa de Trazas Idealizadas de los Sistemas de Fallamiento.
Fuente: Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá (INGEOMINAS)

6.4.2 Estudios de vulnerabilidad sísmica del paciente:

N/A, al paciente no se le ha realizado anteriormente ningún estudio de vulnerabilidad, este dato fue dado por los propietarios del predio.

6.4.3 Análisis de riesgos estructurales:

El paciente se encuentra ubicado en la localidad Rafael Uribe Uribe, en la UPZ 53 Marco Fidel Suarez, más específicamente en el barrio San Jorge Sur. De acuerdo con los antecedentes recopilados por el Consejo Local de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, esta localidad ha presentado inconvenientes por remoción en masa (desprendimiento o caída de material o roca) e incluso aproximadamente 0,37 Ha de esta, son consideradas como de alto riesgo no mitigable, es decir, que es más económico realizar la reubicación de las viviendas que realizar obras de

control. Teniendo en cuenta lo anterior, la remoción en masa se puede considerar como un riesgo estructural para una edificación.

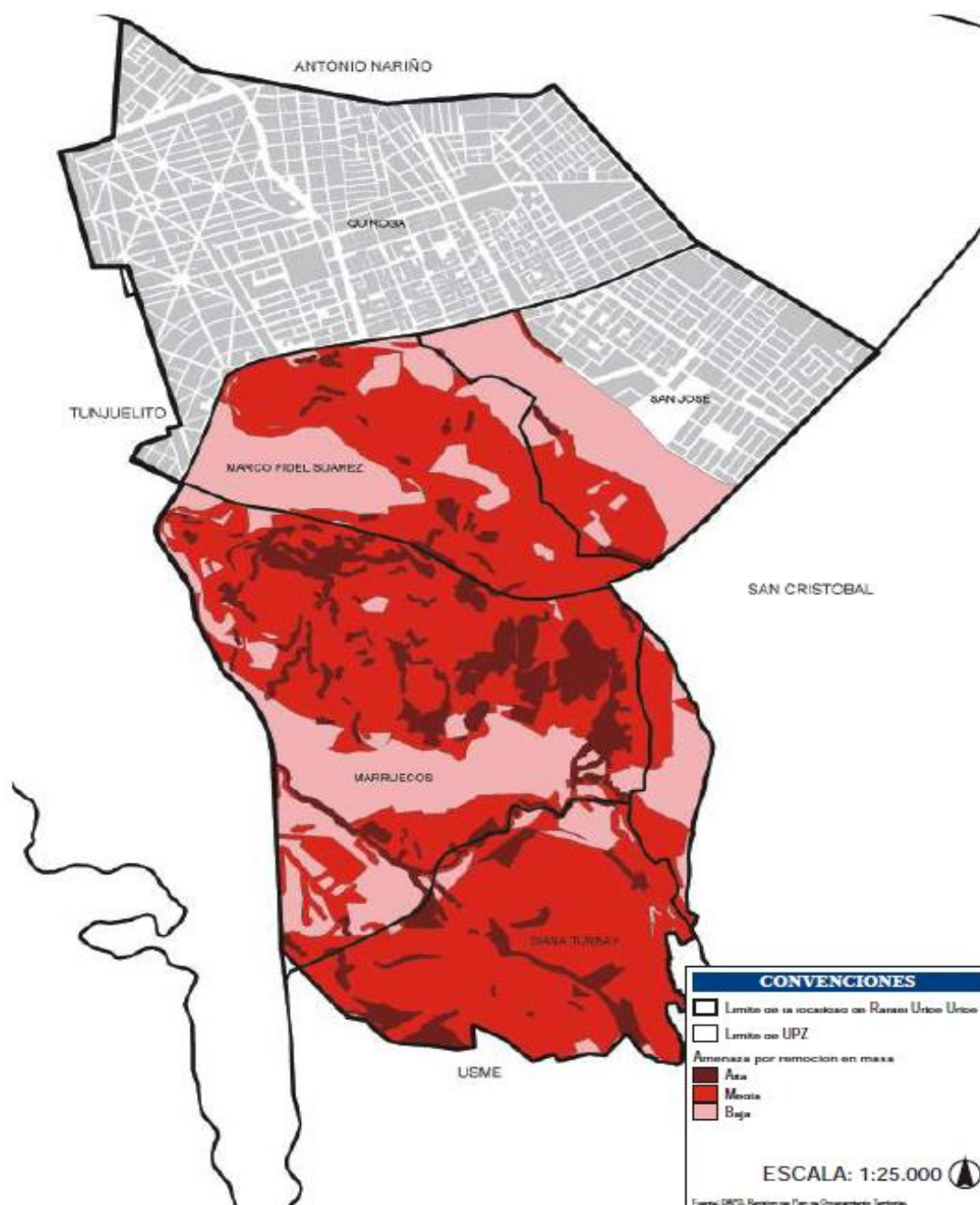


Ilustración 29. Mapa de Amenaza por remoción en masa.
Fuente: Recorriendo Rafael Uribe Uribe (Alcaldía Mayor de Bogotá)

Según el mapa de Amenaza por remoción en masa (Mapa 3), la UPZ Marco Fidel Suarez se encuentra clasificada con una amenaza de media a baja. Por las visitas que se han realizado a la vivienda, se puede observar que a pesar de que esta se encuentra construida en zona montañosa, no se presenta remoción en masa en el terreno ni en sus alrededores inmediatos.



Ilustración 30.Registro Fotográfico Paciente

Otro factor que puede llegar a poner en riesgo a una edificación es la amenaza por inundación, la cual se da por corrientes de agua excesivas en algunas zonas, debido a la falta de capacidad de la red de alcantarillado, la obstrucción de estas o el desbordamiento de un cuerpo de agua. Según información recopilada por la Alcaldía Mayor de Bogotá, la zona en donde se encuentra el paciente no presenta ningún tipo de amenaza por inundación. En épocas de fuertes lluvias en ocasiones se presenta una pequeña lámina de agua de no más de 10 cm, la cual desaparece tan pronto termina la precipitación, por lo cual no se considera como riesgo.

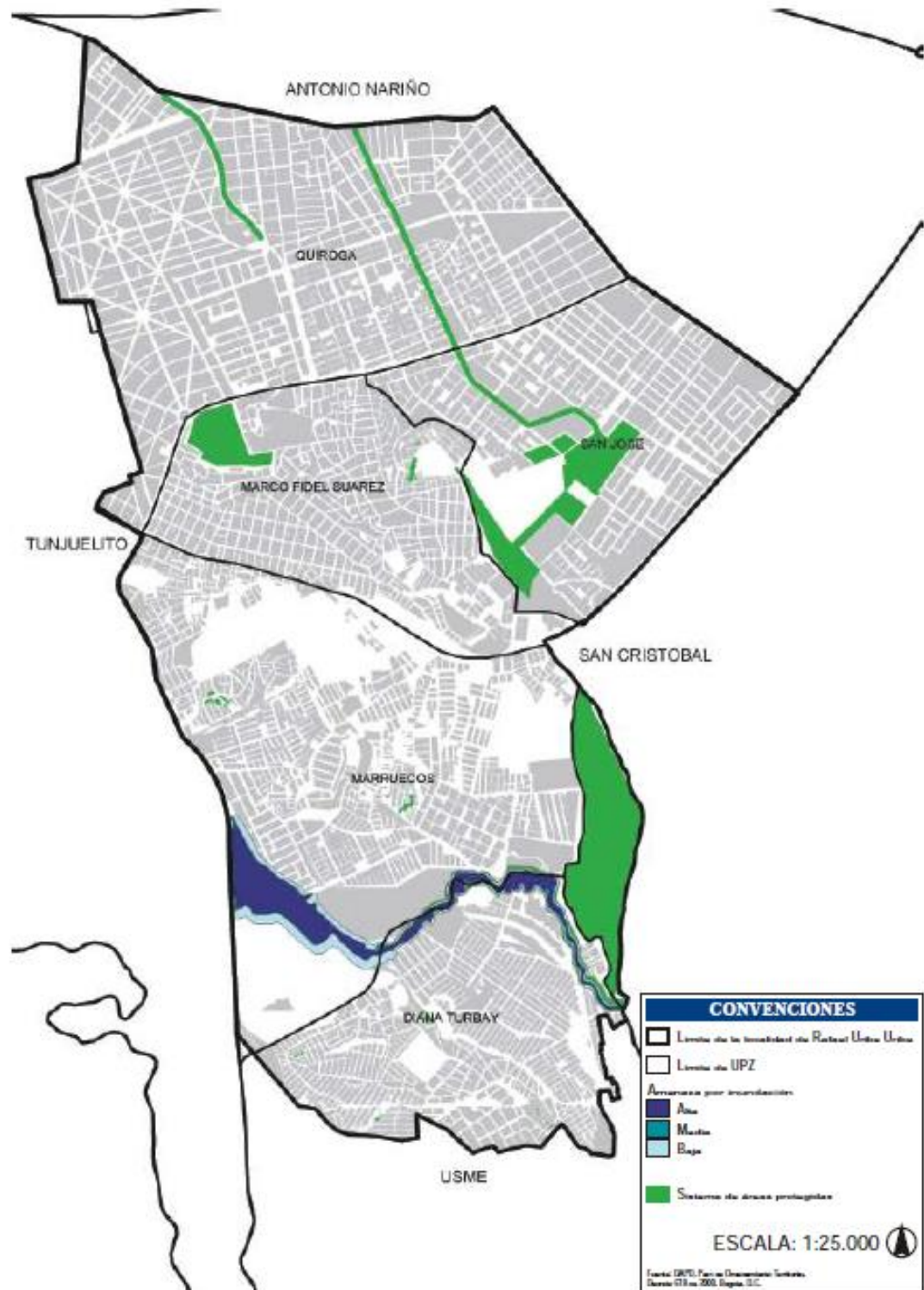


Ilustración 31. Mapa de Amenaza por inundación.

Fuente: Recorriendo Rafael Uribe Uribe (Alcaldía Mayor de Bogotá)

Después de hacer un análisis visual en las visitas hechas al predio, y una investigación histórica con los propietarios y habitantes se observó que las Patologías encontradas no generan riesgo de tipo estructural, claro está que debido a que es autoconstrucción de más de 60 años, no cumple con la norma NSR-10 que actualmente rige por lo tanto es muy probable que al hacer estudio de vulnerabilidad no cumpla con los requisitos para resistencia en caso de ocurrencia de sismo.

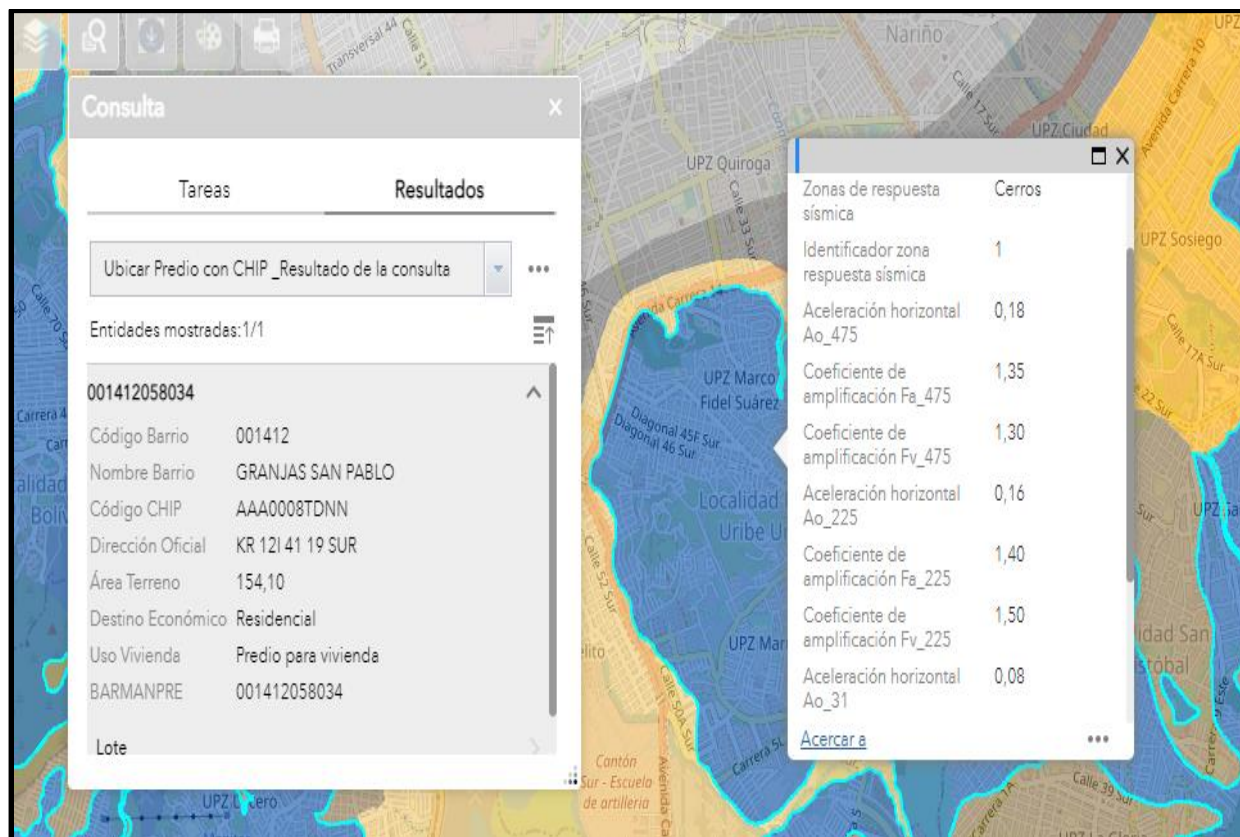
Normatividad NSR-10:

El paciente tiene dos plantas aéreas, la edificación fue construida antes del 1984 por lo cual no cumple con normas vigentes, pero se puede tratar debido a su configuración estructural de muros en mampostería y placas aéreas con el título E de la Norma NSR-10.

El uso de la estructura es vivienda multifamiliar por ende se debe ubicar según el Título A de NSR-10 como “Grupo I — Estructuras de ocupación normal — Todas las edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y I.” (NSR-10 A-26).

Bogotá cuenta con el Decreto 523 de 2010 en el cual se muestran los valores de microzonificación para la zona, en este caso se buscó el predio por número de identificación de CHIP Predial ubicado en zona de respuesta sísmica “CERROS”.

A continuación, se muestra imagen del geoportal con microzonificación del predio:



**Ilustración 32. Zona de respuesta Sísmica. “Geoportal-
<https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19>”**

DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
Fuerte	<u>Criterios:</u> • Fisuras con espesores entre 3 y 6 mm* • Fisuras que en su mayoría atraviesan la sección transversal de la losa. • Fisuras que ocupan el 50% de la losa. <u>Apariencia Típica:</u> 

*Según la ACI 224R-01, el espesor razonable de fisuras para estructuras de concreto reforzado bajo cargas de servicio, en condiciones de exposición a humedad o a aire húmedo es de 0,30 mm.

6.6 PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN

- I. Retirar las macetas que se encuentran ubicadas especialmente en la parte central de la cubierta, ya que estas aportan un peso adicional para el cual la losa no fue construida.
- II. Se debe apuntalar la losa utilizando dos paraleles y una tabla lisa con el fin de dar apoyo y garantizar una correcta distribución de esfuerzos por área a la placa mientras la losa es intervenida. “Los apoyos deben ir en los tercios de la losa”.

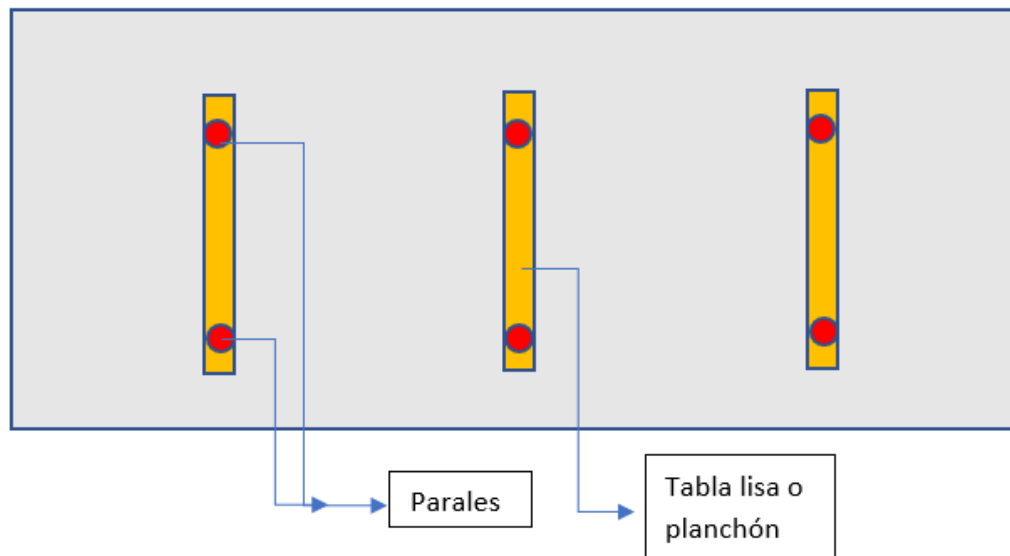


Ilustración 33. Ubicación paraleles de apoyo bajo la losa de cubierta a intervenir.
Fuente. Elaboración propia.

- III. Preparar la superficie: la losa debe estar libre de todo resalto, residuo de polvo o grasa.
- IV. Reparación de grietas y fisuras: Primero se debe aumentar el espesor de las fisuras y grietas, con ayuda de un cincel y maceta o con pulidora, “No utilizar roto martillo o similares” con el fin de no adicionar cargas de vibración a la placa en intervención. (Teniendo en cuenta que la placa tiene un relleno de mortero

adicional que también está fisurado, se debe retirar parte del material que rodea las fisuras). Se debe retirar todo residuo de polvo y partículas sueltas.



Ilustración 34. Aumento del espesor de fisuras.

Fuente: <https://www.albaniles.org/albanileria/como-reparar-un-piso-de-concreto-resquebrajado/>

Rellenar las fisuras y grietas, con una masilla elástica a base de poliuretano mediante el método de inyección con boquillas superficiales, el cual permite generar un llenado total de la fisura sin desperdicio de material.



Ilustración 35. Relleno de fisuras y grietas.

Fuente: <https://blog.structuralia.com/repacion-de-fisuras-en-estructuras-de-hormigon>

Nota: Este procedimiento se debe llevar a cabo en ambas caras de la losa, ya que ambas presentan afectación.

- V. Cuando las fisuras estén completamente curadas se debe impermeabilizar la losa. Para esto se debe tener una superficie completamente seca, si llueve, se deben esperar al menos tres días antes de aplicar cualquier sistema de impermeabilización. Para el caso del paciente que es una cubierta transitable, se recomienda aplicar un sistema en frío del tipo membrana líquida a base de poliuretano, tiene una vida útil de entre 8 y 10 años. Esta al secarse forma una membrana duradera y elástica que protege la superficie de filtraciones. Además, permite poner la cubierta en servicio rápidamente y soporta el tráfico peatonal. Se debe aplicar una primera capa pura de impermeabilizante, luego una capa de tela de refuerzo debido a que el área es mayor a 10 m² y finalmente se aplica una segunda capa pura.



Ilustración 36. Aplicación de membrana líquida en cubierta.

Fuente:

http://www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/Aislamientos_e_impermeabilizaciones/Impermeabilizaciones/Cubiertas_galerias_y_balcones/NIG320_Sistema_SikaRoof_MTC_SIKA_para_i.html

- VI. El sistema de impermeabilización debe ir acompañado de medias cañas, para evitar que el agua se filtre por la junta que queda entre muro y losa.

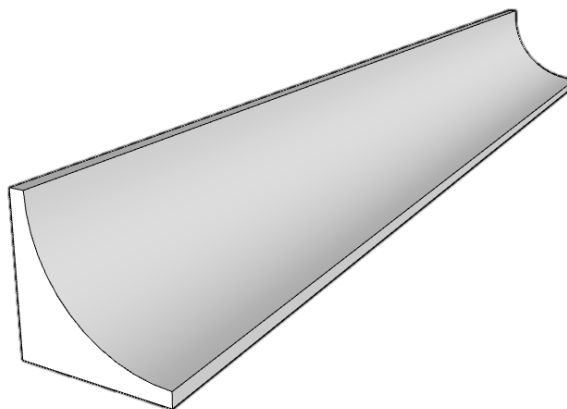


Ilustración 37. Media Caña.

Fuente: <https://www.baldosinesdelta.com/copia-de-mediaca%C3%B1a>

6.6.2 Propuesta de Intervención para Muros en Mampostería Según la NSR-10.

De acuerdo al título D de la NSR-10 se adjunta un plano donde se ubican elementos de concreto (columnetas) que deben ser amarrados con vigas en la corona de los muros formando un sistema estructural de muros en mampostería confinada con el fin de cumplir con los requisitos de la NSR-10 para este tipo de estructuras.

El plano adjunto es de carácter perfectible ya que se debe utilizar únicamente para un análisis presupuestal inicial con el fin de que el cliente pueda tomar decisiones antes de contratar servicios adicionales de ingeniería sísmo resistente según presupuesto del mismo.

Finalmente se recomienda que para efectos de sísmo resistencia se debe realizar un estudio de vulnerabilidad y reforzamiento eventualmente con profesionales de la rama estructural y geotécnica ya que se deben realizar un respectivo estudio de suelos y cimentaciones y un modelamiento matemático de la situación actual del paciente.

6.7 PRESUPUESTO (A TODO COSTO)

Tabla 3. Presupuesto reparación

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
1	IMPERMEABILIZACIÓN				
1.1	Reparación de fisuras y grietas. Incluye inyección con masilla elástica a base de poliuretano)	ml	25	\$ 57.000,00	\$ 1.425.000,00
1.2	Impermeabilización de cubierta con membrana líquida (2 capas) - Incluye curado de fisuras	m2	47,125	\$ 121.203,00	\$ 5.711.691,38
COSTO DIRECTO					\$ 7.136.691,38
IVA				19%	\$ 1.355.971,36
TOTAL					\$ 8.492.662,74

6.8 MANTENIMIENTO

6.8.1 Mantenimiento Cubierta transitable

6.8.1.1 Losa de Cubierta

Se debe realizar una inspección periódica de la losa, para verificar que no hayan aparecido fisuras ni grietas por donde pueda filtrarse el agua lluvia nuevamente. En caso de presentarse, se debe hacer un tratamiento a la superficie, seguido de un relleno con una masilla a base de poliuretano.

6.8.1.2 Impermeabilización

El sistema de impermeabilización en frío usado corresponde a una membrana líquida, la cual tiene una vida útil de 8 a 10 años. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda realizar revisiones anuales de la membrana para verificar que no esté deteriorada ni fisurada. En caso de estarlo reparar la zona afectada (quitar brillo, curar fisuras y reaplicar membrana), de lo contrario

hacer reaplicación de la membrana al finalizar la vida útil de acuerdo a las indicaciones del fabricante

6.8.1.3 Detalles constructivos

Se debe verificar que no se esté presentando empozamiento en la losa, si no que el agua corra hacia el desagüe, debido a que los empozamientos de agua junto a los rayos solares deterioran el sistema impermeabilizante.

Se debe confirmar que el tubo de drenaje de aguas lluvias no se encuentre obstruido por hojas o residuos, ya que esto puede generar empozamientos.

Se debe comprobar que las medias cañas que van alrededor de los muros antepechos estén bien adheridas y no tengan fisuras o fracturas que puedan evitar el correcto paso del agua, ya que estas evitan que se presenten filtraciones.

Se debe corroborar que no existen fisuras en los muros antepecho o los goteros donde termina el material impermeabilizante, con el fin de evitar que existan filtraciones internas en los elementos pudiendo estas pasar bajo la impermeabilización y generando abombamientos y humedades bajo placa y fachadas.

A continuación, se enumeran algunos síntomas que alertan la necesidad de un tratamiento inmediato:

- Presencia de goteras, manchas, eflorescencias, abombamiento de la pintura bajo la losa
- Presencia de piel de cocodrilo en el acabo de la impermeabilización.
- Presencia de resquebrajaduras visibles en el acabado de la impermeabilización.

- Decoloración del material de impermeabilización, ampollas visibles, algunas hincaduras en la superficie debido a la acumulación de vapor de agua entre la placa de concreto y la capa impermeabilizante.

Nota 1: Es recomendable no colocar elementos pesados, especialmente en el centro de la losa, debido a que este elemento estructural no fue construido de tal forma que pueda resistir cargas excesivas, las cuales generarían deflexiones y nuevas lesiones en la losa.

Nota 2: Se recomienda reparchar o reparar los ligares que se encuentren deteriorados en el tiempo, con el fin de aumentar la durabilidad y así evitar en daño total, generando gastos excesivos de reparación.

6.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Según lo encontrado se puede evidenciar que la placa no cumple con los estándares exigidos en la NSR-10 y para su altura se debió proceder a colocar una doble malla que para este caso solo tiene 1. También se intuye que según el peso de la cubierta conformado por las cargas de servicio y algunas adicionales como lo pueden ser materas con tierra y plantas que ejercen cargas puntuales en el centro han generado deflexiones continuas con el paso de los años en una placa que no tiene acero suficiente para controlar los momentos generados.
- La placa de entrepiso de la cubierta no cuenta con un área de refuerzo suficiente para soportar los momentos actuantes sobre la losa, esto se pudo corroborar de acuerdo a la regata e inspección visual realizada donde se observó que existe una malla con acero de refuerzo liso, típico de la época de construcción expuesta por los propietarios con un diámetro por inspección visual de una numero 4 o ½” pulg.

Este acero de refuerzo se encuentra en la parte inferior casi a 1cm de altura corroborando que no existe un recubrimiento suficiente en la parte inferior del elemento.

Se puede concluir que la deflexión existente ha sido provocada durante los años por falta de área de refuerzo que controle los momentos respectivos debido a las cargas de servicio, adicionalmente es importante añadir que este elemento tiene una carga importante compuesta por materas llenas de tierra y plantas conformando gran parte de la zona central donde los esfuerzos son máximos.

Se propone el anclaje de un elemento viga ya sea en concreto o acero tipo IPE, el cual divida la luz y transfiera las cargas de manera puntual a los muros de mampostería laterales.

Este planteamiento inicial se debe completar con un estudio y análisis de vulnerabilidad realizado por un especialista en estructuras.

6.6 REFERENCIAS

- ✓ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, D.C. Secretaría de Hacienda. Departamento Administrativo de Planeación. (2004). *Recorriendo Rafael Uribe Uribe* [Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá, D.C.]. Bogotá, Colombia.
- ✓ Broto, C., & Mostaedi, A. (2005). Enciclopedia Broto de patologías de la construcción.
- ✓ Casas Figueroa, L. H. Humedades.
- ✓ Castro, H. C. E. (2014). Fiol Olivan, F.(2014). Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios Pathology Handbook and buildings Rehabilitation. Gremium, 1(2), 2.
- ✓ Consejo Local de Gestión de Riesgo y Cambio Climático. (2018, mayo). *CARACTERIZACIÓN GENERAL DE ESCENARIOS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA* [LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE]. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

- ✓ De Guzmán, D. S., & Instituto del Concreto. (2011). *Durabilidad y patología del concreto*. Asociación Colombiana de Productores de Concreto.
- ✓ Elguero, A. M. (2004). *Patologías elementales*. Nobuko.
- ✓ https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/convocatorias_cartillas_y_anexos/listado_de_barrios_46.pdf
- ✓ INGEOMINAS. (1997, agosto). *Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá*. Bogotá, Colombia
- ✓ Osorio, J. D. (Enero de 2021). 360 en concreto.com. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/carbonatación-del-concreto-como-detectarla>
- ✓ Raigosa-Tuk, E. (2010). *Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales*.
- ✓ Rodríguez Arana, DA, (2011). *Caracterización de fisuras y flechas en elementos de concreto armado*.
- ✓ VARGAS, A., Santos, A. N. A., CÁRDENAS, E., & OBREGÓN, N. (2011). Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia. *Dyna*, 78(167), 151-159.
- ✓ y Tecnologia, P. I. D. C. (1997). *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*.

6.5. ANEXOS

Anexo 1. Fichas de información general del paciente y fichas de descripción de lesiones.

Anexo 2. Esclerometría