

**Estudio de Caso para Patología Estructural Presentada en el Edificio Manglar de la
Ciudad de Bogotá**

Estudiante:

Arq. Yudy Esperanza Castelblanco Contreras



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia (VUAD)

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Programa de Patología de la Construcción

Especialización en Patología de la Construcción – Cohorte 2019-2

Bogotá D.C, septiembre de 2020

**Estudio de caso para patología estructural presentada en el Edificio Manglar de la
ciudad de Bogotá**

Estudiante:

Arq. Yudy Esperanza Castelblanco Contreras

**Trabajo Profesional Integrado – TPI para optar al título de
Especialistas en Patología de la Construcción**

Director:

Arq. Mg. Walter Mauricio Barreto Castillo



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia (VUAD)

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Programa de Patología de la Construcción

Especialización en Patología de la Construcción – Cohorte 2019-2

Bogotá D.C, septiembre de 2020

Nota de Aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, septiembre , 2020

Dedicatoria:

A Antonio, gracias

Contenido

	Pág.
Introducción	17
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Justificación	20
Marco referencial	21
Marco Teórico	21
Marco Legal o Normativo	23
Marco Histórico	24
Alcances y Limitaciones	26
Metodología	27
Descripción de la Selección del Paciente	27
Preparación y Planteamiento del Estudio	28
Inspección preliminar	28
Registro y calificación de los daños	28
Solicitud información necesaria para el estudio	29
Análisis de la información recopilada y de la obtenida durante el trabajo de campo	29
Inicio labores de seguimiento a través de la medición de niveles para asentamiento y medición de la verticalidad en el edificio Manglar	30
Análisis de la información obtenida durante el periodo de seguimiento	30
Información existente recibida	31

Historia Clínica	32
Datos Generales del Inmueble o Paciente, su Contexto y Localización	32
Uso previsto actual	34
Importancia del paciente	35
Sistema constructivo y estructural	35
Norma actual que lo rige	37
Datos generales del entorno	37
Edificaciones u obras vecinas	39
Medio ambiente	40
Precipitaciones	42
Viento	42
Fuentes de emisiones contaminantes	42
Datos Específicos del Paciente	42
Tipo de cimentación	42
Estado general de conservación	43
Arquitectura	47
Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico)	49
Técnica constructiva	50
Estructura	50
Calificación	50
Evaluación General de la Estructura	51
Suelos y cimentaciones	51
Reseña Geológica	51

Nivel freático	52
Caracterización Sísmica	52
Datos generales	54
Verificar intervención según NSR10 a.10.1.3.	57
Calidad del diseño y la construcción original de la estructura y la cimentación	58
Evaluación de la estructura existente, NSR10-A.10.4.	58
Análisis de vulnerabilidad, NSR10-A.10.5.	58
Inspección Visual	61
Constatación del Estado del Paciente	61
Aplicación patológica	61
Geriátrica y curativa	61
Resultado del Análisis de la Información Recopilada	61
Estado General de la Construcción	62
Comportamiento del Edificio	63
Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente	66
Daños en plataforma costado norte	66
Daños en muros, placas, carpinterías, instalaciones y acabados	71
Resultados y Análisis	75
Ensayos no Destructivos	75
Inclinación y asentamiento del edificio	75
Medición y Control de Daños	79
Evaluación física y mecánica y composición y estructura del concreto y/o materiales	87
Resultados de Topografía	88

PATOLOGÍA ESTRUCTURAL PRESENTADA EN EL EDIFICIO MANGLAR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ	8
Resultados de Estudios Geotécnicos	88
Registro de daños	89
Diagnóstico	90
Propuesta de Intervención	92
Propuesta Intervención 1	92
Propuesta Intervención 2	92
Propuesta Intervención 3	93
Presupuesto	94
Programación	95
Recomendaciones	96
Acciones Inmediatas	96
Refuerzo de la cimentación	96
Construcción de pilotes	98
Medidas preventivas	98
Conclusiones	100
Referencias	104

Lista de Tabla

	Pág.
Tabla 1. <i>Distancia Entre Ejes Estructurales Edificio Manglar</i>	36
Tabla 2. <i>Sistema Estructural de Pórtico Resistente a Momentos</i>	55
Tabla 3. <i>Coeficientes y Curva de Diseño</i>	56
Tabla 4. <i>Tabla A.10.4-1 Valores de ϕ_c y ϕ_e, Calificación de la Estructura Según Diseño Original</i>	58
Tabla 5. <i>Etapas de Vulnerabilidad</i>	59
Tabla 6. <i>Clasificación de Riesgo</i>	59
Tabla 7. <i>Registro de Asentamiento en el Edificio Manglar. Informe Topografía</i>	83
Tabla 8. <i>Porcentaje de Daño en el Edificio Manglar a Junio de 2019</i>	87
Tabla 9. <i>Presupuesto Reforzamiento Estructural Edificio Manglar</i>	94
Tabla 10. <i>Capacidad Admisible de Pilotes Gateados</i>	97

Lista de Figura

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Causas Identificadas de las Afectaciones de Edificaciones	22
<i>Figura 2.</i> Causas Identificadas de las Afectaciones de Edificaciones, Resumen	22
<i>Figura 3.</i> Afectaciones por construcciones en Bogotá por localidades	23
<i>Figura 4.</i> Edificios en Riesgo Barrio El Lago	25
<i>Figura 5.</i> Compromiso en la Estabilidad y Habitabilidad Edificaciones Bogotá	25
<i>Figura 6.</i> Casas Afectadas por Construcción Edificio de Apartamentos en Cedritos	25
<i>Figura 7.</i> Vista Daños Registrados en Parqueadero	28
<i>Figura 8.</i> Vista en Detalle Daños Registrados en Zonas Privadas	29
<i>Figura 9.</i> Vista Panorámica Estado Actual Edificio Manglar	32
<i>Figura 10.</i> Aerofotografía General Zona de Ubicación y Demarcación del Edificio Manglar	33
<i>Figura 11.</i> Situación edificio Manglar Antes de las Construcciones	33
<i>Figura 12.</i> Situación del Edificio Actualmente	33
<i>Figura 13.</i> Vista General Fachadas Edificio Manglar y Edificios Colindantes	34
<i>Figura 14.</i> Comparación Asentamiento en Zona de Acceso, Estado en 2015 (Izquierdo) y en 2018 (Derecho)	36
<i>Figura 15.</i> Entorno dentro del cual se encuentra el edificio Manglar	37
<i>Figura 16.</i> Vista Sector Hacia Costado Oriental	38
<i>Figura 17.</i> Vista Sector Uso de Vivienda Multifamiliar	38
<i>Figura 18.</i> Vista Sector hacia Costado Sur Oriental	38
<i>Figura 19.</i> Vista General Estado Actual de Zona de Vivienda	39
<i>Figura 20.</i> Vista general clínica Los Nogales	39

<i>Figura 21.</i> Vista General Edificación Curaduría	40
<i>Figura 22.</i> Ficha Medio Ambiente	41
<i>Figura 23.</i> Plano de Cimentación, Elaborado en 2003 por el Ingeniero Juan Tamasco.	
Proyecto estructural	43
<i>Figura 24.</i> Daños en Acceso a Edificio en Abril de 2019	44
<i>Figura 25.</i> Daños en Acceso a Edificio en Junio de 2019	44
<i>Figura 26.</i> Vista Frontal Puerta de Acceso a Parqueadero	45
<i>Figura 27.</i> Vista Frontal Daños en Portería	46
<i>Figura 28.</i> Vista hacia Muro Occidental, Daños en Costado Norte de Parqueadero	46
<i>Figura 29.</i> Vista Inferior de Placa, Fracturas y Dislocaciones, Desajuste de Puerta	46
<i>Figura 30.</i> Vista Frontal Daños en Muros y Placa de Terraza	47
<i>Figura 31.</i> Vista Panorámica Acceso Principal Peatonal	48
<i>Figura 32.</i> Vista General de la Portería hacia Ingreso Peatonal	49
<i>Figura 33.</i> Vista General Estado Actual Zona Común Piso 2.	49
<i>Figura 34.</i> Mapa geológico local. Mapa geológico de Santa Fe Bogotá	52
<i>Figura 35.</i> Mapa de Amenaza Sísmica NSR10	53
<i>Figura 36.</i> Mapa Zonificación de Bogotá	54
<i>Figura 37.</i> Valores coeficiente de importancia	56
<i>Figura 38.</i> A.10.6 Tipos de Modificación	57
<i>Figura 39.</i> A.10.9 Rehabilitación sísmica	57
<i>Figura 40.</i> Matriz de Vulnerabilidad	59
<i>Figura 41.</i> Tipificación de Lesiones y Causas	60
<i>Figura 42.</i> Inclinaciones Registradas del Edificio	63

<i>Figura 43.</i> Vista Generales Daños en Costado Norte de Edificio Manglar	64
<i>Figura 44.</i> Vista General Fractura Placa de en Zona de Acceso a Parqueadero	65
<i>Figura 45.</i> Fractura en Placa, Pérdida de Escuadría en Vano de Puerta de Acceso a Parqueadero	65
<i>Figura 46.</i> Vista en Detalle Alteración del Nivel en Acceso Principal a Edificio. Daños en Antejardín	66
<i>Figura 47.</i> Vista Inferior Fractura en Placa Plataforma Costado Norte	67
<i>Figura 48.</i> Vista general daños en placa de contrapiso en zona de parqueadero	67
<i>Figura 49.</i> Fichas Levantamiento de Daños Generales en Fachada	68
<i>Figura 50.</i> Ficha Levantamiento de Daños en Zona de Fachada y Antejardín	69
<i>Figura 51.</i> Planta Registro de Daños Vista Inferior Placa	70
<i>Figura 52.</i> Planta Registro de Daños Placa Vista Superior Zona de Parqueo	71
<i>Figura 53.</i> Inclinación de Placa y Empozamiento de Agua en Apartamento 202	72
<i>Figura 54.</i> Fractura de Muro Divisorio	72
<i>Figura 55.</i> Ficha Levantamiento de Daños Apartamento 205	73
<i>Figura 56.</i> Ficha Registro Fotográfico Daños en Apartamento 205	74
<i>Figura 57.</i> Estado Inicial del Edificio Manglar al Inicio de la Construcción del Edificio n°.1.	78
<i>Figura 58.</i> Estado del edificio Manglar al finalizar la construcción del edificio n°.1	79
<i>Figura 59.</i> Estado del Edificio Manglar Agosto de 2019, Durante Construcción del EDIFICIO n°.2.	81
<i>Figura 60.</i> Localización de Niveletas Edificio Manglar	82
<i>Figura 61.</i> Testigos de Movimiento Localizados en Edificio Manglar	82

<i>Figura 62.</i> Variación de la Inclinación del Edificio Manglar con Respecto a la Construcción de los Edificios Colindantes	84
<i>Figura 63.</i> Variación de la Inclinación del Edificio Manglar, Estado Después de la Construcción del Segundo Sótano, Edificio n°.2.	85
<i>Figura 64.</i> Variación de la Inclinación del Edificio Manglar, Después de la Construcción del Sótano del Edificio n°.2.	86
<i>Figura 65.</i> Efecto que Causa la Inclinación del Edificio Sobre Muros de Mampostería	86
<i>Figura 66.</i> Programación Correspondiente al Edificio Manglar.	95

Lista de Anexos

Anexo A. Fichas de registro y calificación

Anexo B. Línea del tiempo

Anexo C. Informe topografía

Anexo D. Matriz de vulnerabilidad

Anexo E. Presupuesto edificio Manglar

Anexo F. Programación edificio Manglar

Resumen

Este documento tiene como objeto establecer la vulnerabilidad estructural y las causas probables de los daños funcionales, arquitectónicos y estructurales, debido a la construcción de dos edificios colindantes, presentes en el edificio Manglar de la ciudad de Bogotá. Este es un caso atípico, que sirve como ejemplo de las grandes afectaciones que pueden generar las nuevas construcciones sobre edificios existentes, especialmente cuando no se ha tenido todo el rigor necesario durante la fase de estudios, seguimientos a la obra y al momento de legalizar las licencias de construcción, evidenciando fallas en el control de las obras y su entorno. El edificio presenta una condición de doble vulnerabilidad, donde los procesos de construcción de los dos edificios colindantes fueron traslapados, afectando al edificio Manglar de manera distinta pero simultánea generando diferentes patologías especialmente estructurales.

A través del análisis de la información existente, los datos obtenidos durante el trabajo de campo y el seguimiento realizado a la edificación, fue posible, aplicando la metodología aprendida, identificar las causas probables de los daños con el fin de posteriormente poder establecer qué porcentaje de responsabilidad civil corresponde a cada uno de los edificios que durante su construcción afectaron al edificio Manglar.

Palabras claves: Patología estructural, estudio patológico, vulnerabilidad sísmica, estabilización de suelos, mecanismos de daño, responsabilidad civil.

Abstract

The objective of this research is to establish the structural vulnerability and the probable causes of functional damage, due to the construction of two neighboring buildings in the building “El Manglar” located on Bogotá city. This is an unusual case, that could works as example of the important damages that new constructions could generates on existing structures, especially when there was a no accuracy preliminary phase, construction monitoring, and no success control of the surroundings and construction process during the obtention of legal construction licenses.

The building has a double vulnerability condition because the neighboring building construction processes were built at same time, inflicting different but simultaneous kinds of damage on El Manglar, especially structural damages. Through the analysis of the existing information, the data obtained during the field work and the monitoring carried out on the building, it was possible to identify the probable causes of the damage by applying the methodology learned, in order to subsequently establish the percentage of civil liability corresponding to each of the buildings that affected El Manglar during their construction.

Key concepts: structural pathology, pathological study, seismic vulnerability, ground stabilization, damage mechanism, civil liability, piles

Introducción

El presente trabajo contiene un estudio de caso de patología estructural presentado en el edificio Manglar de la ciudad de Bogotá, causado por daños generados por la construcción de 2 edificios vecinos localizados uno de ellos sobre el costado norte (Edificio n°.1) y el otro sobre el costado oriental (Edificio n°.2), elaborando un informe técnico estructural a través de la verificación de los daños presentados en la construcción y el seguimiento realizado al mismo en meses posteriores.

Este fue escogido como estudio patológico siendo un caso atípico donde las obras de las construcciones colindantes afectaron de manera simultánea al edificio generando una vulnerabilidad mayor, adicionalmente la afectación a edificios existentes por construcciones nuevas se ha convertido en un problema recurrente en nuestro país y en especial en la ciudad de Bogotá, como lo evidencian las estadísticas dadas por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER) en donde se demuestra que una de las causas más probables generadoras de riesgo obedecen a el “desarrollo o ejecución de obras de construcción de edificaciones (obra aldeaña de construcción o demolición)” (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER, 2020).

El aporte de este estudio es fundamental especialmente en la forma de abordar un problema de patología, metodología que no solo permitió la búsqueda de la causa probable de los daños estructurales, sino que también sirvió como insumo legal aportando material probatorio al momento de una reclamación en un proceso legal que involucre determinar la responsabilidad de los edificios vecinos en los daños ocasionados al edificio Manglar.

El documento contiene el análisis de la normatividad técnica, los estudios existentes y de evidencias físicas (estado actual de la estructura) obtenidas en el lugar de los hechos tales como:

registros fotográficos, actas de vecindad, mediciones topográficas, controles de verticalidad y asentamientos, con el fin de poder concluir y determinar las causales de los daños y especialmente el porcentaje de responsabilidad en términos porcentuales y económicos de cada edificio colindante involucrado.

Objetivos

Objetivo General

Establecer la patología, vulnerabilidad estructural y causas probables de los daños funcionales, arquitectónicos y estructurales presentes en el edificio Manglar debido a la construcción de los edificios colindantes.

Objetivos Específicos

- Generar un diagnóstico que permita identificar los mecanismos de daño presentes en el edificio y sus causas, con el fin de lograr propuestas de intervención integrales.
- Establecer el porcentaje de responsabilidad civil que tiene cada uno de los edificios colindantes (nº.1 y nº.2) sobre los daños causados al edificio Manglar.
- Hacer las recomendaciones de intervención en cimentación, de tipo arquitectónico y constructivo necesarias para eliminar las causas y corregir efectos en cada caso.

Justificación

Este caso de estudio en particular es de gran importancia y relevancia dentro del campo no solo de la ingeniería en temas estructurales y de suelos, sino incluso desde el punto de vista legal, arquitectónico y urbanístico, ya que se presenta como una oportunidad atípica dentro del campo y la ejecución de estos proyectos, dado que las dos construcciones nuevas colindantes al edificio en cuestión se hicieron en tiempos casi simultáneos en los cuales se traslapó el final de la construcción del Edificio n°.1 con el proceso de excavación de sótanos del Edificio n°.2 generando una condición de vulnerabilidad extrema al edificio Manglar así como perjuicios económicos y alteración del bienestar de sus habitantes.

Por esta razón, el estudio del edificio Manglar, el seguimiento realizado y la posibilidad de generar resultados en cuanto a porcentaje de responsabilidad de cada uno de los edificios implicados, se hace de vital importancia ya que presenta una metodología para abordar este tipo de casos desde puntos de vista interdisciplinarios.

Marco referencial

Marco Teórico

En diferentes ciudades de nuestro país, se han documentado en los últimos años, situaciones que durante el desarrollo de la actividad de la construcción han afectado la seguridad y el bienestar de la población y de los bienes inmuebles, razón por la cual, es importante conocer cuáles son las alternativas con las que cuentan los propietarios o la Copropiedad para contener los daños o bien para buscar el resarcimiento de los perjuicios (Copropiedades, s.f.).

En este estudio nos centraremos en los casos presentados en la ciudad de Bogotá donde de acuerdo con las estadísticas del IDIGER presentadas en el año 2018 la ciudad de Bogotá contaba con 2.363 construcciones en riesgo, lo que hace determinante tomar este tipo de edificaciones como referencia para el desarrollo de este trabajo, porque conforme el Censo Inmobiliario de 2019, Bogotá tiene 2.643.666 predios con 287.325.405 m² construidos (IDIGER, 2020). El área construida mostró un crecimiento del 1,44% respecto del año anterior, que muestra un menor ritmo de crecimiento, pues en promedio entre los años 2010 y 2019 fue del 2,25% en la medida que la actividad constructora se incrementa aumenta la posibilidad de que se generen situaciones de riesgo (IDIGER, 2020).

De igual manera según indica el IDIGER y sus estadísticas, las causas más comunes y probables de riesgo en estas edificaciones obedecen a la ausencia de mantenimiento en las construcciones, deficiencias en los procesos constructivos, las cuales se hacen visibles con el paso del tiempo, asentamientos propios del edificio y daños causados por obras ya sean realizadas en la misma construcción o en predios colindantes (IDIGER, 2020), de igual manera

se evidencia en los gráficos estudiados que aunque la construcción de obras nuevas se desarrollan en todas las localidades de la ciudad, las 2 localidades que más presentan daños asociados a las causas mencionadas son Suba y Usaquén.

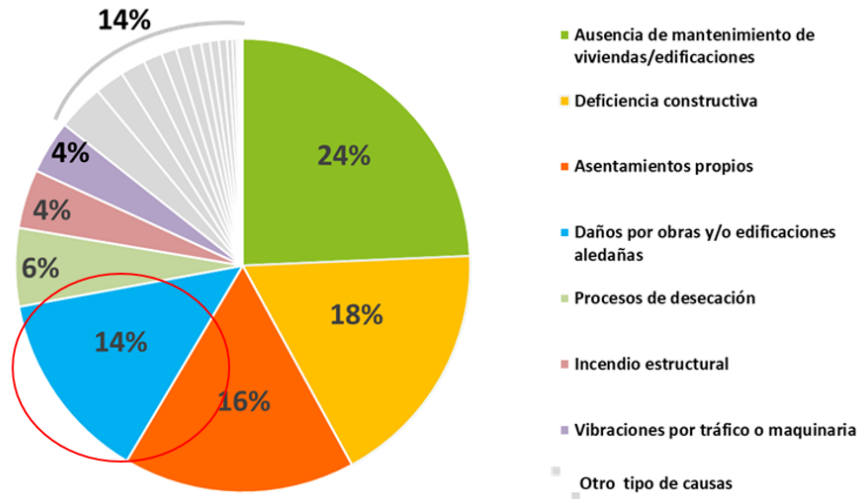


Figura 1. Causas Identificadas de las Afectaciones de Edificaciones. Fuente: IDIGER (2020)

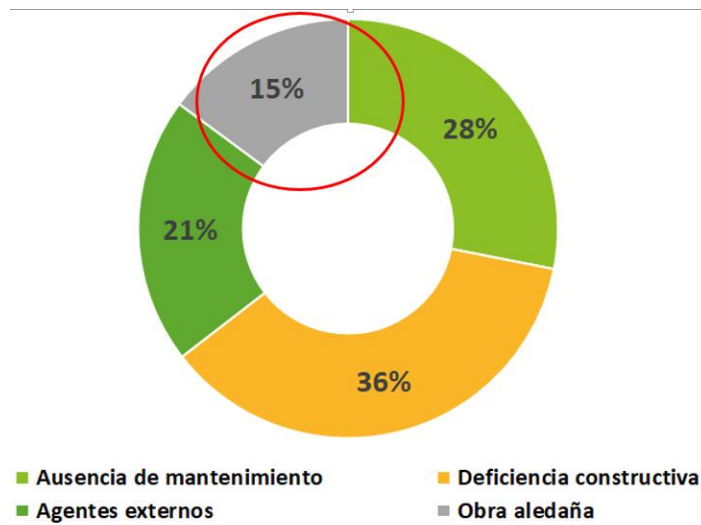


Figura 2. Causas Identificadas de las Afectaciones de Edificaciones, Resumen. Fuente: IDIGER (2020)

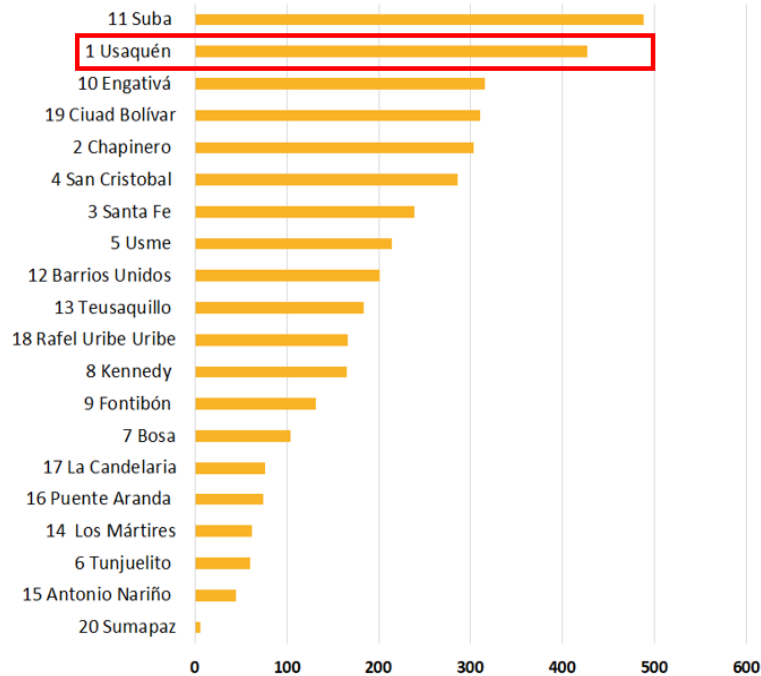


Figura 3. Afectaciones por construcciones en Bogotá por localidades. IDIGER (2020)

Marco Legal o Normativo

Este estudio se realizó de acuerdo con la normativa legal vigente: Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), Ley 400 de 1997 (Modificada Ley 1229 de 2008). Decreto 926 del 19 de marzo de 2010; Microzonificación Sísmica de Bogotá, Decreto 523 de 16 de diciembre de 2010.

Adicionalmente se tuvieron en cuenta normativas como el artículo 2351 del Código Civil Colombiano también hacen parte del marco legal de este trabajo, ya que en este caso no solo se ve afectado el tema estructural si no también la parte civil y de bien estar de los copropietarios.

Marco Histórico

El edificio Manglar fue construido en el año 2003, se puede señalar que la norma que lo regía para ese momento era la Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo resistentes (NSR-98), el edificio es de cinco pisos y cubierta plana y 17 unidades de vivienda desarrollado mediante el sistema tradicional de pórticos en concreto reforzado.

En cuanto a los edificios colindantes el n°.1 se construyó en el año 2016 bajo el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo resistentes (NSR-10), el edificio es de 8 pisos y dos sótanos, 29 unidades de vivienda desarrollado mediante el sistema tradicional de pórticos en concreto reforzado, cimentación en placa maciza, viga y pilotes. El edificio n°.2 se construyó en el 2018. Bajo el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo resistentes (NSR-10), el edificio es de 8 pisos y un sótano, 40 unidades de vivienda desarrollado mediante el sistema tradicional de pórticos en concreto reforzado, cimentación placa y pilotes.

A continuación, se evidencian algunos ejemplos de edificaciones con la misma problemática o similar a la del edificio Manglar, casos que se han presentado en Bogotá y que han quedado registrados en noticias, por ejemplo, según el IDIGER, también hay otros 378 predios en amenaza de ruina en Bogotá (Perea & Caicedo, 2018), adicionalmente fueron encontradas noticias con casos relacionados en zonas como Usaquén, Chicó, Suba, El Lago, Niza entre otros.



Figura 4. Edificios en Riesgo Barrio El Lago. Fuente: Equipo Digital NTC (2018)



Figura 5. Compromiso en la Estabilidad y Habitabilidad Edificaciones Bogotá. Fuente: IDIGER (2020)



Figura 6. Casas Afectadas por Construcción Edificio de Apartamentos en Cedritos. Fuente: El Tiempo (2015)

Alcances y Limitaciones

A través de varios procesos de seguimiento, revisión, reconocimiento, caracterización del tipo de daño y comparación; este diagnóstico permitirá establecer la causa y los mecanismos de daño que se están presentando en el Edificio Manglar, aparecidos con posterioridad al inicio de la construcción de los predios colindantes en el costado norte Edificio n°.1 y oriental Edificio n°.2, con el fin de presentar una propuesta estructural coherente con las necesidades actuales del edificio afectado y que sea objetiva al momento de asignar el porcentaje y la responsabilidad de los daños causados a cada una de las partes involucradas.

Metodología

La metodología aplicada se basa en un seguimiento y estudio de las condiciones de la edificación y de sus edificios colindantes a través de inspecciones, visitas técnicas y registro de daños donde adicionalmente fue recibida una información aportada sobre la historia y los estudios de los edificios involucrados, lo cual permitió que a través del análisis de la información obtenida y el trabajo de campo se hiciera una línea de tiempo que evidenciara a través de los meses lo que iba sucediendo con los edificios, generando insumos claros y concluyentes que desde el marco legal pudieran determinar el porcentaje de responsabilidad en los daños causados al edificio por parte de las 2 construcciones colindantes.

Descripción de la Selección del Paciente

El edificio Manglar se encuentra en la ciudad de Bogotá, específicamente en el barrio Chicó al norte de la ciudad, fue construido en el año 2003 bajo el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR-98), es de cinco pisos y cubierta plana, contiene 17 unidades de vivienda desarrollado mediante el sistema tradicional de pórticos en concreto reforzado.

Fue escogido dado que es un caso atípico que fundamenta la forma de abordar un problema en patología en busca de la causa probable de daño y de responsabilidad civil de cada uno de los edificios colindantes. En este caso puntual, la aplicación de la patología como insumo técnico en un proceso legal, pudo aportar en gran medida un material probatorio objetivo que permitiera adjudicar la responsabilidad de manera proporcional a los daños causados.

Preparación y Planteamiento del Estudio

De acuerdo con las características de la edificación, las condiciones y las problemáticas identificadas durante las visitas realizadas inicialmente, se plantearon las siguientes actividades para el desarrollo del seguimiento y control de daños:

Inspección preliminar

Para esta actividad se realizó una inspección visual detallada del sitio y el edificio, con el objeto de hacer un levantamiento y reconocimiento de los daños presentados durante y después de las construcciones colindantes.

Registro y calificación de los daños

Se registró cada una de las lesiones presentes en el edificio no solo en sus áreas comunes como portería y parqueadero sino también en los apartamentos y terrazas afectadas, esto permitió la elaboración de los planos de levantamiento y fichas de calificación de los daños presentados en el edificio al momento de realizada la inspección. (véase la Figuras 7 y 8)



Figura 7. Vista Daños Registrados en Parqueadero. Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Vista en Detalle Daños Registrados en Zonas Privadas. Fuente: Elaboración propia

Solicitud información necesaria para el estudio

Con el fin de obtener claridad sobre los procedimientos y actividades realizadas por cada una de las constructoras en cada uno de los edificios 1 y 2, se procedió al acopio de la información existente referente a los vecinos colindantes al edificio Manglar, como son memorias de cálculo estructural, estudios de suelos tanto del Edificio n°.1 como del Edificio n°.2, las actas de vecindad realizadas por las constructoras, el registro fotográfico del estado actual, controles de asentamiento, antecedentes y comunicados referentes a la evolución del daño, con el fin de correlacionar la información con lo observado en el sitio. A partir de esta información, se elaboró una línea de tiempo (véase el Anexo B. Línea del Tiempo), en la cual se señalan las principales actividades e hitos que marcaron los sucesos durante la construcción de cada uno de los edificios contiguos al edificio Manglar.

Análisis de la información recopilada y de la obtenida durante el trabajo de campo

La revisión de la información recopilada inició con el análisis de las memorias de cálculo, estudios de suelos, informes y registros fotográficos existentes del edificio Manglar y de los

edificios colindantes, esto con el fin de correlacionar los datos estudiados con lo observado y registrado en sitio, sin embargo, no toda la información a la que se tuvo acceso estaba completa, razón por la cual se trabajó únicamente con aquella que estaba clara y sin faltantes.

Se contó únicamente con los registros de medición de niveletas y en cuanto a las actas de vecindad, estas solo contenían fotos de las zonas comunes y de algunos apartamentos, las fotografías no estaban codificadas ni se indicaban los espacios físicos a los cuales pertenecían, por esta razón no fue posible contar con la información suministrada por la constructora del Edificio n°.2.

Inicio labores de seguimiento a través de la medición de niveles para asentamiento y medición de la verticalidad en el edificio Manglar

En el primer piso, en la zona de parqueaderos, específicamente en las columnas, existen actualmente los registros de tres tipos de marcas de niveletas de control de medición para asentamiento, las cuales han sido realizadas por cada una de las constructoras de los edificios n°.1, n°.2 y la copropiedad del edificio Manglar, a partir de esta información se seleccionó uno de estos grupos de marcas, se tomó un punto de arranque (BM) ubicado en las cercanías de la autopista norte como se muestra en el informe de topografía (véase el Anexo C. Informe de Topografía), y se realizó la medición de asentamiento y de verticalidad, además de la instalación de regletas y testigos de movimiento en diferentes sectores del edificio Manglar.

Análisis de la información obtenida durante el periodo de seguimiento

De acuerdo con el periodo de seguimiento que se llevó a cabo al edificio aproximadamente entre abril y diciembre del año 2019, fueron realizados 6 informes de topografía los cuales

determinaron mes a mes los movimientos y variaciones en el edificio Manglar, de forma paralela se realizaron registros a los cambios en los daños presentes en los apartamentos tales como ampliación de grietas y cambios de nivel. El análisis de esta información permitió en conjunto con la información recibida generar el insumo legal de la línea del tiempo (véase el Anexo B. Línea del Tiempo).

Información existente recibida

Dentro de los documentos recibidos y analizados se encuentran:

- Planos arquitectónicos edificio Manglar, Edificio 1 y Edificio 2.
- Planos Estructurales edificio Manglar, Edificio 1 y Edificio 2.
- Memorias de cálculo edificio Manglar, Edificio 1 y Edificio 2.
- Licencias de construcción edificio Manglar, Edificio 1 y Edificio 2.
- Actas de vecindad Edificio 1.
- Informes de topografía
- Memorandos
- Informes de empresas de ingeniería que estuvieron involucradas en los procesos.

Historia Clínica

Datos Generales del Inmueble o Paciente, su Contexto y Localización

El Edificio Manglar está ubicado en la ciudad de Bogotá, localidad de Usaquén específicamente en el barrio Chicó Norte III (véase la Figura 9); el lote ocupado por el edificio presenta los siguientes linderos:

- Norte: Edificio n°.1 (7 pisos y 1 sótano)
- Oriente: Edificio n°. 2 (9 pisos y 2 sótanos)
- Sur: Calle 95
- Occidente: Calle 93



Figura 9. Vista Panorámica Estado Actual Edificio Manglar. Fuente: Elaboración propia

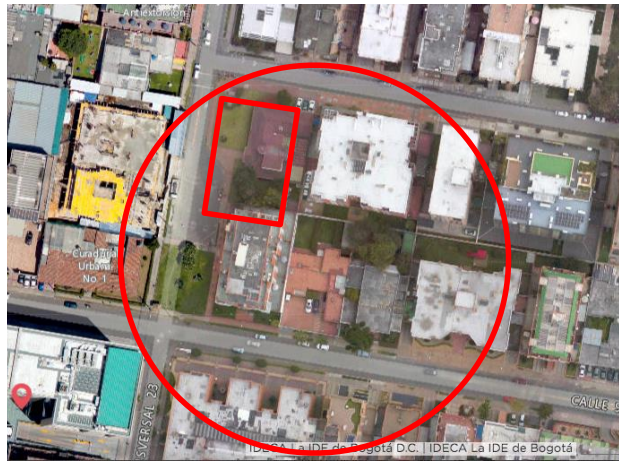


Figura 10. Aerofotografía General Zona de Ubicación y Demarcación del Edificio Manglar. Fuente: Elaboración propia a partir de mapas.bogotá.gov.co



Figura 11. Situación edificio Manglar Antes de las Construcciones. Fuente: Elaboración propia a partir de Mapas Bogotá



Figura 12. Situación del Edificio Actualmente. Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps

El edificio fue construido en el año 2003, se encuentra ubicado en un lote esquinero de forma rectangular, que tiene una longitud aproximada de 40m y un ancho de 25m para un área total de 874m², y un área construida de 24.118,73m². El edificio tiene una altura de 17m, consta de 6 pisos, donde el primero de ellos es de parqueaderos y zonas comunes y los 5 pisos superiores albergan 17 apartamentos en total (ver ilustración n°.13).

Está rodeado por su costado norte por los edificios n°.1 y por el costado oriental por el edificio n°.2. El predio se encuentra a una cuadra del eje de la autopista norte sobre el costado oriental a la altura de la calle 95, su acceso vehicular se encuentra sobre la calle 97. Otros edificios cercanos al predio son el edificio de la dirección Antisecuestro de la Policía sobre la carrera 23, y por la calle 95 la clínica Los Nogales.



Figura 13. Vista General Fachadas Edificio Manglar y Edificios Colindantes. Fuente: Elaboración propia a partir de Google street view.

Uso previsto actual

La edificación se encuentra principalmente en una zona de uso residencial e institucional de estrato 5 de acuerdo con el referente predial. El uso puntual y original del edificio Manglar fue vivienda multifamiliar, uso que actualmente se conserva.

Importancia del paciente

Este caso de estudio fue escogido teniendo en cuenta que la afectación a edificios existentes por construcciones nuevas se convirtió en un problema recurrente en nuestro país y en especial en la ciudad de Bogotá, y donde este caso de estudio resulta privilegiado puesto que evidencia una situación atípica en la cual se ve afectado no solo por una construcción colindante sino por 2. Estas edificaciones se encontraban en construcción casi que, de manera simultánea, ocasionando una vulnerabilidad aún mayor en el edificio Manglar. Por esta razón es importante este estudio ya que la metodología propuesta y aplicada evidencia un análisis no solo de las condiciones actuales, sino que implicó también un estudio de la información previa y todos aquellos acontecimientos que durante los procesos de construcción de los edificios implicados pudieron desencadenar los mecanismos de daño y por ende ser motivos de las lesiones presentes en el edificio Manglar (véase la Figura 14).

Sistema constructivo y estructural

El edificio Manglar consta de 6 pisos, el primero de ellos de áreas comunes y parqueaderos y los 5 pisos superiores albergan 17 apartamentos de vivienda multifamiliar rematado por una cubierta plana y desarrollado mediante el sistema tradicional de pórticos en concreto reforzado con 5 ejes principales en el sentido corto y 7 en el sentido longitudinal (véase la Tabla 1).



Figura 14. Comparación Asentamiento en Zona de Acceso, Estado en 2015 (Izquierdo) y en 2018 (Derecho).

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.

Distancia Entre Ejes Estructurales Edificio Manglar

Dirección corte del lote E-W		Dirección larga del lote N-S	
Tramo	Distancia, m	Tramo	Distancia, m
1-2	4.38	A-B	5.00
2-3	7.40	B-C	6.90
3-4	7.10	C-D	5.00
4-5	4.12	D-E	4.48
		E-F	7.20
		F-G	4.70
		G-H	4.72

Fuente: Elaboración propia a partir de información del proyecto estructural

Norma actual que lo rige

El edificio fue construido en el año 2003 razón por la cual la norma que rigió en ese momento la construcción del edificio fue el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98, a diferencia de los 2 edificios colindantes, a los cuales los rige la NSR-10.

Datos generales del entorno

Los edificios mencionados se encuentran en la ciudad de Bogotá, barrio Chico Norte III, en la localidad de Usaquén, el sector corresponde a una zona principalmente residencial con edificios en su mayoría de vivienda multifamiliar, adicionalmente hacia el costado de la autopista se encuentran edificios institucionales, clínicas y oficinas (véase las Figuras 15,16,17,18 y 19) y (véase el Anexo A, ficha 1: información general del inmueble).

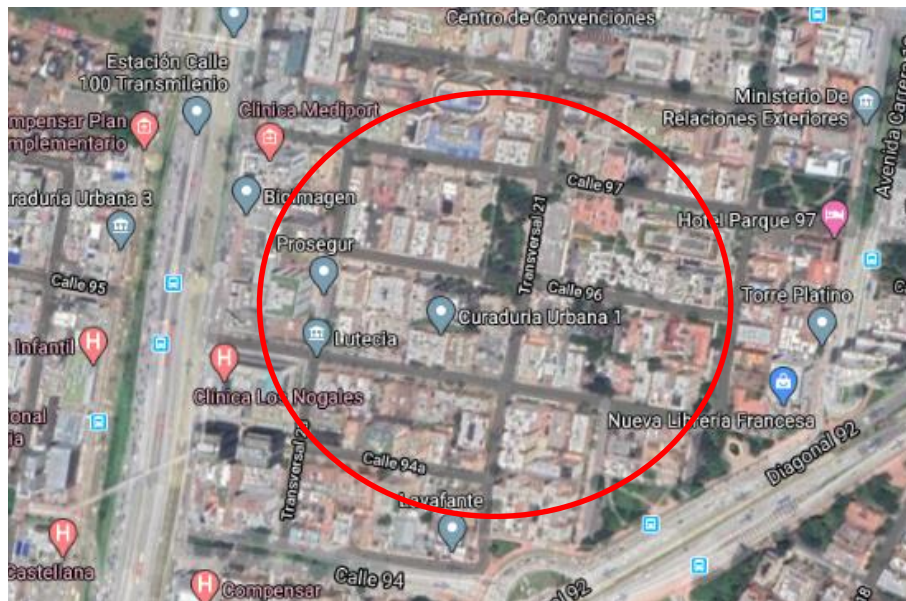


Figura 15. Entorno dentro del cual se encuentra el edificio Manglar. Fuente: elaboración propia a partir de Google maps.



Figura 16. Vista Sector Hacia Costado Oriental. Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Vista Sector Uso de Vivienda Multifamiliar. Fuente: Elaboración propia

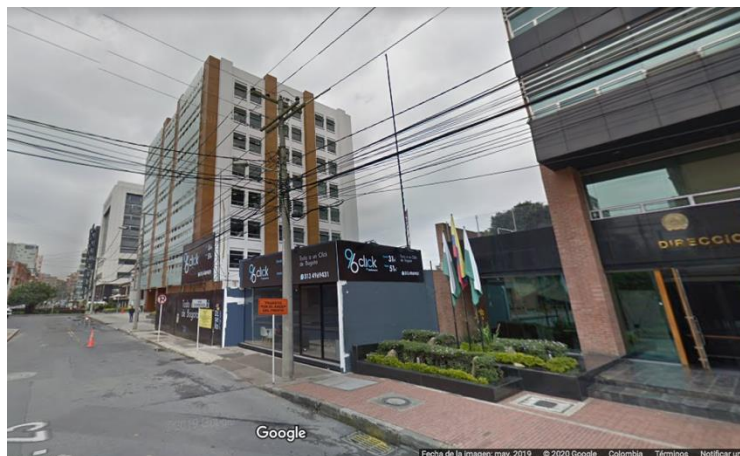


Figura 18. Vista Sector hacia Costado Sur Oriental. Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Vista General Estado Actual de Zona de Vivienda. Fuente: Elaboración propia

Edificaciones u obras vecinas

El edificio Manglar se encuentra ubicado en un lote esquinero, rodeado en su costado norte por el Edificio n°.1, y por el costado oriental por el edificio n°.2. El predio se encuentra a una cuadra del eje de la autopista norte. Cercanos al Edificio Manglar se encuentran edificios como el de la Dirección Antisecuestro de la policía sobre la carrera 23, por la calle 95 la clínica Los Nogales y una curaduría (véase las Figuras 20 y 21), siendo una zona institucional, residencial y comercial de estrato 5. (véase el Anexo A, ficha 3: contexto).

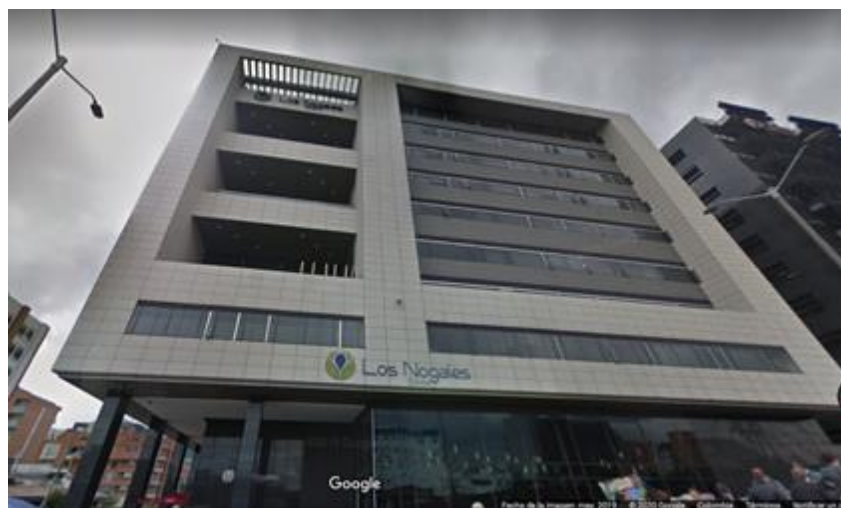


Figura 20. Vista general clínica Los Nogales. Fuente: Google maps



Figura 21. Vista General Edificación Curaduría. Fuente: Google Maps.

Medio ambiente

Las condiciones ambientales con las cuales cuenta el edificio son óptimas, ya que, debido a su ubicación en esquina, recibe luz solar directa en sus fachadas occidental y sur, para el caso del viento, este tiene incidencia principalmente sobre la fachada oriental, ya que los edificios aledaños sirven como escudo ante las fuertes corrientes de vientos. El edificio se encuentra a 1 cuadra de la autopista norte, vía que se convierte en el agente contaminante más importante de la zona debido al alto flujo de tráfico que moviliza a través de ella, sin embargo, los alrededores del edificio cuentan con zonas verdes con presencia de árboles de alto y bajo porte. (véase la Figura 22 y el Anexo A, ficha 2: medio ambiente).



Figura 22. Ficha Medio Ambiente. Fuente: Elaboración propia

Precipitaciones

Se identifica un comportamiento bimodal de la precipitación, con una precipitación anual acumulada de 559 mm, siendo los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre los de mayor precipitación, principalmente en horas de la tarde (12:00 a 19:00).

Viento

La incidencia de viento se da principalmente por la fachada oriental, aunque las edificaciones aledañas sirven de escudo para detener las corrientes del viento. El informe anual de la RMCAB (2016), reporta que los valores más significativos de velocidad y predominancia de vientos durante el año 2015 se presentaron en horas de la tarde en la estación de Puente Aranda, con vientos máximos relativos de hasta 4,2 m/s, siendo la cuarta estación que reporta mayores velocidades en Bogotá. Adicionalmente presenta frecuencias de dirección del viento estables (Secretaría Distrital de Planeación , 2018).

Fuentes de emisiones contaminantes

El agente contaminante más cercano es la autopista norte en donde la emisión de CO₂ es alta y genera partículas. También es frecuente y constante el tráfico vehicular por las calle 95 y transversal 23.

Datos Específicos del Paciente

Tipo de cimentación

La cimentación está conformada por una placa maciza con vigas descolgadas, estas tienen un ancho que varía entre 0.375m y 0.45m con una altura de 1.10m (véase la Figura 23). La placa

tiene dimensiones de 33m x 22m de ancho, las cargas evaluadas de la edificación indican un peso total aproximado 3400 ton, con un esfuerzo de contacto de 4.8ton/m². En el estudio de suelos original se estimó un esfuerzo de contacto de 5.0ton/m² aplicados a 1.2m de profundidad (AUS 973 Ing. Alfonso Uribe)

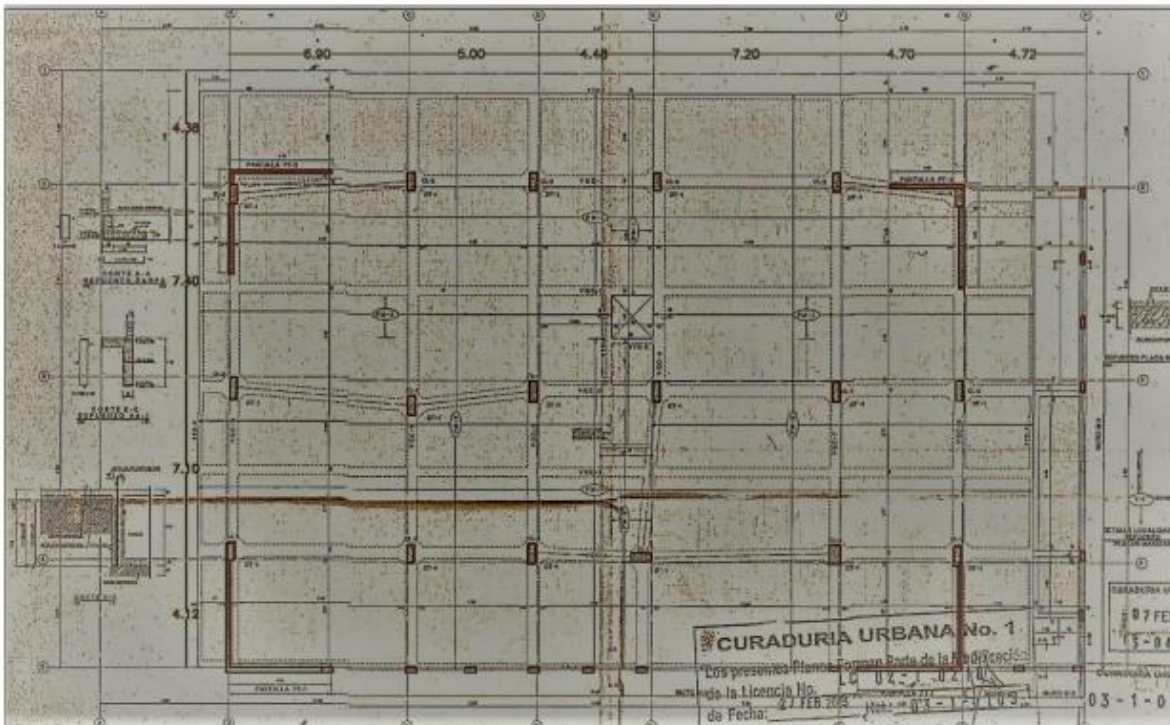


Figura 23. Plano de Cimentación, Elaborado en 2003 por el Ingeniero Juan Tamasco. Proyecto estructural

Estado general de conservación

Actualmente en el Edificio Manglar se observan diferentes tipos de daños, los cuales corresponden principalmente a lesiones de tipo mecánico, como son dislocaciones, fracturas, grietas y fisuras en diferentes elementos del edificio tales como muros y placas de entrepiso. Estos se presentan en diferentes sectores de toda la edificación tal como se indica en los planos de levantamiento de daño (véase el Anexo A, fichas 4 – 23 de registro y calificación). Los principales daños se encuentran registrados en los dos primeros pisos de la edificación, donde

incluso desde la fachada, el ingreso peatonal y las rejas de los jardines se han visto afectados, por un hundimiento generalizado de más de 30cm de la edificación (véase la Figuras 24 y 25).

Para efectos de este estudio, de los 24 espacios principales que componen la edificación, fueron tomados los ejemplos de daños más puntuales y visibles de algunos de los espacios.

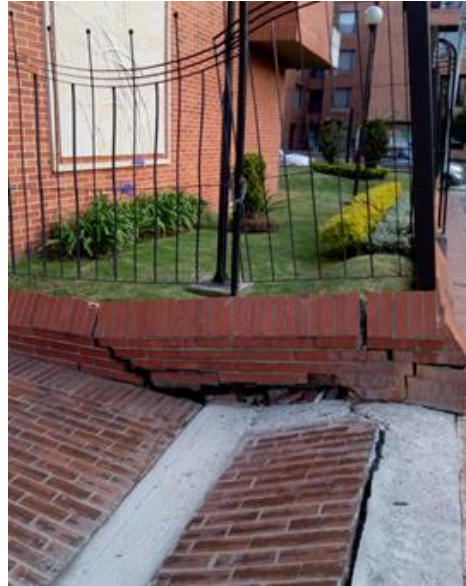


Figura 24. Daños en Acceso a Edificio en Abril de 2019. Fuente: Elaboración propia

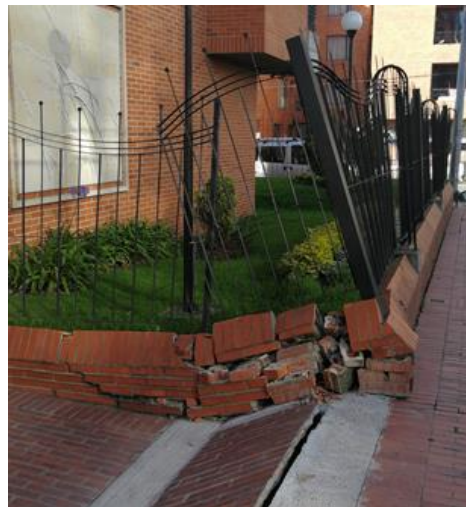


Figura 25. Daños en Acceso a Edificio en Junio de 2019. Fuente: elaboración propia

De igual manera, la puerta de acceso al parqueadero que se encuentra en el primer nivel se vio severamente afectada, debido a la pérdida de escuadría del vano gracias a los cambios abruptos de nivel y las deformaciones de la placa en la parte superior (véase la Figura 26). Estos daños acompañados por grietas y dislocaciones de los elementos impidieron que pudieran salir e ingresar carros a través de ese acceso y por ende al edificio, ocasionando daños funcionales y afectación a los residentes, ya que tuvieron que sacar sus vehículos y pagar parqueaderos adicionales o simplemente no pudieron volverlo a sacar.



Figura 26. Vista Frontal Puerta de Acceso a Parqueadero. Fuente: Elaboración propia

En el interior del edificio, los daños más relevantes se encuentran en las zonas comunes como porterías (véase la Figura 27) y parqueaderos y en los apartamentos del segundo piso, especialmente costado occidental. El parqueadero evidencia grietas y dislocaciones en sus muros del costado occidental y norte y en la placa sobre el costado norte (véase la Figura 28 y 29), esto ocasionó que las terrazas de los apartamentos se vieran gravemente afectadas (véase la Figura 30) debido a los movimientos que ha tenido el edificio Manglar y sus vecinos causando adicionalmente humedad por microcapilaridad en los muros de la terraza y fisuras al interior de los apartamentos.



Figura 27. Vista Frontal Daños en Portería. Fuente: elaboración propia

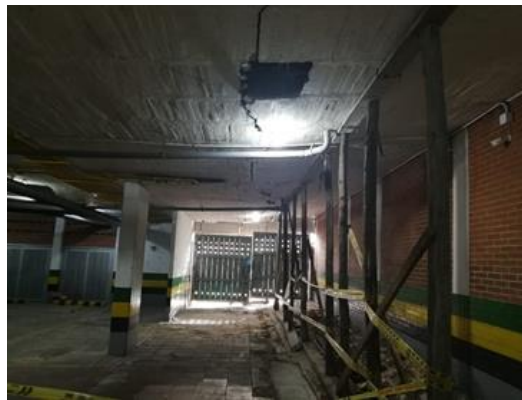


Figura 28. Vista hacia Muro Occidental, Daños en Costado Norte de Parqueadero. Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Vista Inferior de Placa, Fracturas y Dislocaciones, Desajuste de Puerta. Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Vista Frontal Daños en Muros y Placa de Terraza. Fuente: Elaboración propia

Aun no son visibles daños en elementos estructurales como vigas y columnas, debido probablemente a la configuración de la estructura con losa de cimentación, lo anterior no indica que se pueda descartar totalmente la presencia de estas, debido a los daños evidenciados y los elementos afectados califico el estado del Edificio Manglar como **grave**.

Arquitectura

El edificio Manglar es una construcción de arquitectura contemporánea que utiliza los acabados tradicionales en la ciudad de Bogotá, este se encuentra ubicado en la esquina de la Carrera 23 con calle 95 en sentido norte sur, se eleva en 6 pisos y consta de 17 apartamentos y 27 parqueaderos, los cuales se encuentran ubicados en el nivel 0 de la edificación. El acceso peatonal se hace por el costado occidental del edificio a través de un antejardín en la zona

central, el acceso vehicular también es por la fachada occidental, pero hacia el costado norte (véase la Figura 31).



Figura 31. Vista Panorámica Acceso Principal Peatonal. Fuente: Elaboración propia

La fachada es de ladrillo a la vista, cuenta con buena iluminación y ventilación, en el segundo piso cuatro de los apartamentos tienen terraza privada en colindancia directa con los edificios n°.1 y n°.2, los dos pent-house cuentan con terrazas perimetrales y los demás apartamentos tienen balcones y muy buena vista hacia la ciudad.

Al acceder peatonalmente al edificio se encuentra la recepción, los puntos fijos, la entrada a parqueaderos y el área de aseo y subestación. En el segundo piso se encuentran los apartamentos 201 a 205, en el piso 3 los apartamentos 301 a 303, en el cuarto piso los apartamentos 401 al 405, en el quinto piso los apartamentos del 501 al 504 de los cuales el 503 y el 504 son dúplex con terrazas perimetrales en el piso 6.



Figura 32. Vista General de la Portería hacia Ingreso Peatonal. Fuente: Elaboración propia



Figura 33. Vista General Estado Actual Zona Común Piso 2. Fuente: Elaboración propia

Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico)

El edificio tiene una cimentación en concreto de placa maciza y vigas descolgadas, con una estructura de pórticos en concreto reforzado, de resistencia $f_c=210\text{kg/cm}^2$ y acero de

$F_y=4200\text{kg/cm}^2$. En cuanto a los elementos no estructurales y acabados, se encontraron muros divisorios en mampostería en bloque de perforación horizontal, la fachada con acabado en ladrillo macizo prensado del cual se desconoce si posee refuerzos y medidas de fijación.

Técnica constructiva

Se desconoce la técnica constructiva puntual, pero por el tiempo en que fue construido se puede suponer que corresponde a una edificación tradicional de concreto adquirido en planta, fundido en encofrados de madera con placas fundidas sobre testeros de madera.

Estructura

Es un edificio de 6 (seis) pisos, con un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado con una capacidad moderada de disipación de energía. Tiene una cimentación compuesta por una placa maciza apoyada sobre vigas descolgadas las cuales se encuentran dispuestas sobre apoyadas sobre un relleno en sub base granular B-200. El entrepiso es en placa aligerada en la cual interactúan vigas y viguetas para carga vertical, las vigas como parte del sistema sismo resistente, son cinco placas aéreas de $e=0.40\text{m}$ de espesor y aligeradas con casetón de madera. Los pórticos están dispuestos en sentido longitudinal 7 (siete) y 4 (cuatro) en sentido transversal, en su gran mayoría las columnas son de sección rectangular de 30x35.

Calificación

Se considera como buena la calidad en los diseños estructurales, por cuanto estos fueron realizados bajo los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR 98, y en lo que refiere al estado de conservación y calidad en la construcción se consideran también como buenos dado que los daños que presenta actualmente

el edificio están relacionados a asentamientos diferenciales, específicamente en los elementos no estructurales.

Evaluación General de la Estructura

Suelos y cimentaciones

Reseña Geológica

El edificio Manglar se asienta sobre materiales limo-arcillosos, pertenecientes a la llamada formación Sabana (Qta) , de origen lacustre y edad Cuaternaria (Simétrica, 2019) (véase la Figura 34). En la zona del proyecto afloran las siguientes deformaciones:

Formación Sabana (Q1sa), se denomina formación Sabana a los depósitos lacustrinos que floran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Esta formación está constituida principalmente por arcillas orgánicas, arenosas y turba-lignita. El depósito es resultado de un antiguo lago que dejó planicies y deltas lacustrinos, los cuales son extensos, de aspecto aterrazado y con morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por los escarpes de estos.

Litología: el depósito tiene por lo menos 320 m (pozo Funza II), está constituido por sedimentos finos y en los dos metros superiores son suelos constituidos por cenizas volcánicas; en general son arcillolitas grises con locales intercalaciones de arenas finas y niveles delgados de gravas y turbas.

Posición estratigráfica y edad. La formación Sabana se presenta suprayaciendo los sedimentos de la Formación Subachoque y por datos de huellas de fisión, 14 Carbono, indican una edad Pleistoceno medio tardío (Simétrica, 2019).

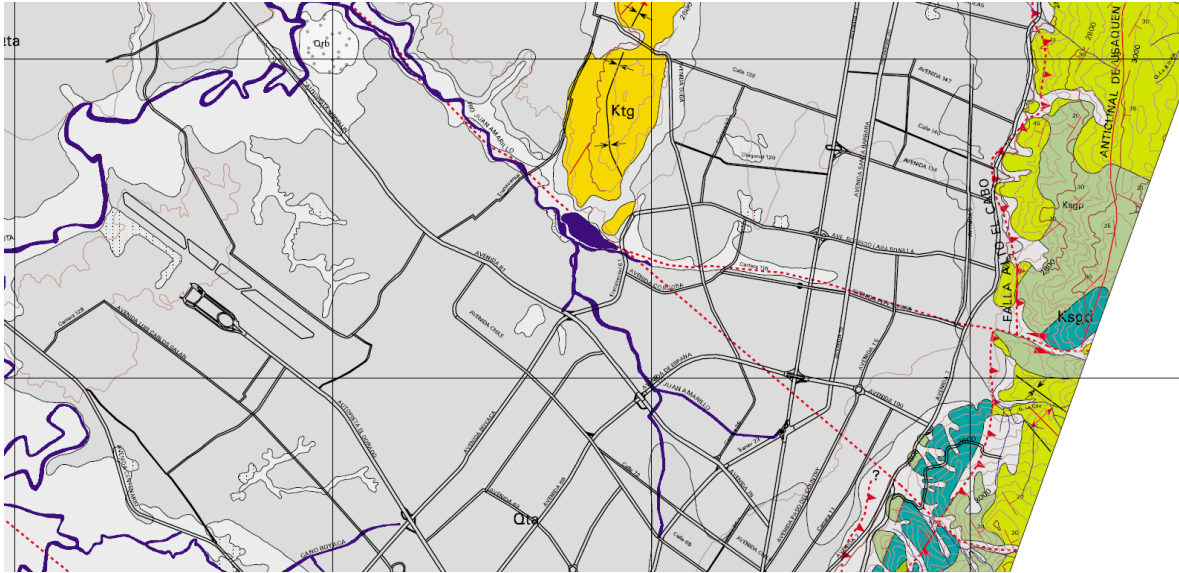


Figura 34. Mapa geológico local. Mapa geológico de Santa Fe Bogotá. Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 1997)

Nivel freático

En 2001 el agua subsuperficial se presentó, salvo en el S-4, consistentemente en cerca de 3,5m de profundidad; en las perforaciones realizadas en 2019 la presencia del agua subsuperficial es altamente errática con presencia muy superficial en el S-3A y sin reportarse en el S-2ª.

La situación descrita, parece reflejar las condiciones de flujo de aguas subsuperficiales hacia excavaciones vecinas, no obstante, la presencia de las estructuras de contención (Simétrica, 2019).

Caracterización Sísmica

Bogotá se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia (ver ilustración n°.35) (Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10). Según este estatuto los parámetros para el análisis sísmico son:

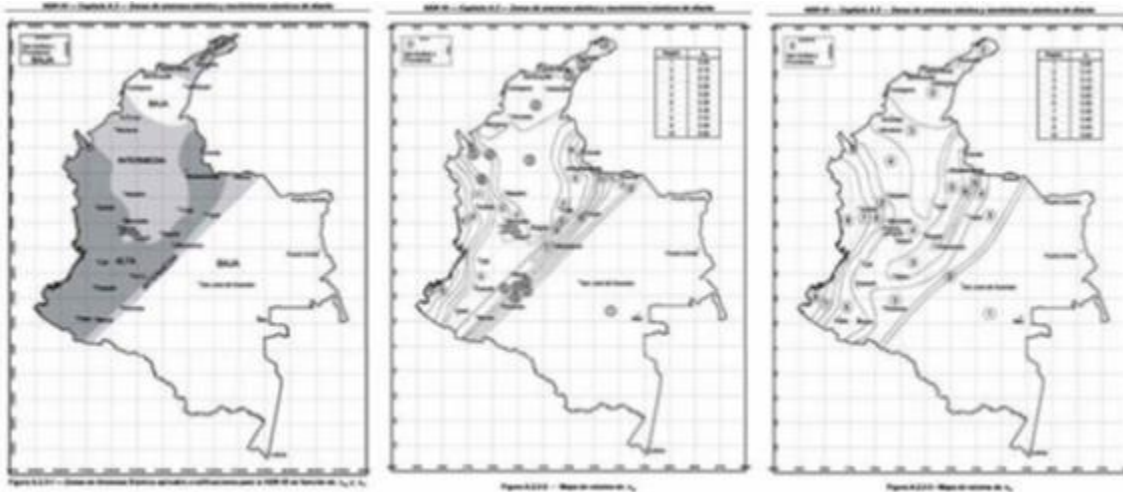


Figura 35. Mapa de Amenaza Sísmica NSR10. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

El edificio Manglar fue construido en el año 2003, se puede afirmar que, de acuerdo con su fecha de construcción, este fue diseñado bajo los parámetros establecidos por el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo resistentes NSR-98. El sistema estructural del edificio es de pórticos resistente a momentos en concreto reforzado, capacidad moderada de disipación de energía y un coeficiente de disipación de energía $R=5.0$. El edificio como se mencionó está ubicado en una zona de amenaza sísmica intermedia en la zona de microzonificación sísmica lacustre 200 (ver ilustración n°.28) con los siguientes parámetros $F_a=1.20$, $F_v=3.50$, $T_c=1.87$, $T_L=4.0$, $A_o=0.18$.

Esta zona de microzonificación se caracteriza por suelos de origen lacustre blando, compuesto por arcillas blandas de muy baja a media capacidad portante, específicamente arcillas limosas o limos arcillosos, en algunos sectores con intercalaciones de lentes de turba con espesores de entre 100m y 200m (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010), condición que lo convierte en una zona susceptible de daño en las estructuras que allí se ubican, causando asentamiento por alteraciones en el nivel freático.

Datos generales

El Edificio Manglar fue construido bajo la licencia de construcción LC 03-1-1384 en un lote con un área de 874 m² y un área construida de 2418.73 m², consta de 6 pisos, el primero de parqueaderos y zonas comunes, en los 5 pisos superiores 17 apartamentos; la cimentación es superficial a nivel de calle y está compuesta por una losa maciza con vigas descolgadas sobre la cual se apoya una estructura de pórticos en concreto reforzado; al momento de realizar los sondeos y apiques para el estudio de suelos AUS-973 de noviembre 13 de 2001 el nivel freático se encontraba entre los siguientes niveles: -1.70m y -3.20m medidos bajo el nivel actual del terreno.

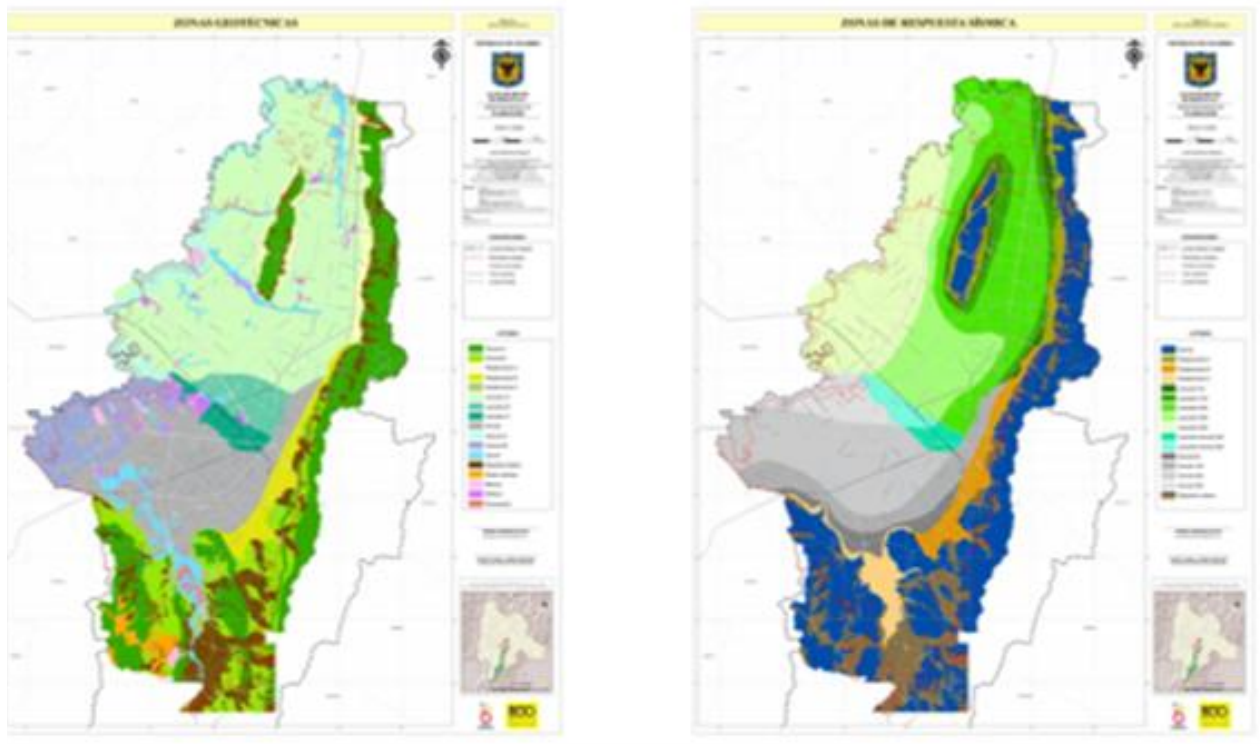


Figura 36. Mapa Zonificación de Bogotá. Fuente: (IDECA, 2019)

El sistema estructural del edificio es de pórticos resistente a momentos en concreto reforzado, capacidad moderada de disipación de energía y un coeficiente de disipación de energía $R=5.0$. El edificio como se mencionó está ubicado en una zona de amenaza sísmica intermedia en la zona microzonificación sísmica lacustre 200 con los siguientes parámetros $F_a=1.20$, $F_v=3.50$, $T_c=1.87$, $T_L=4.0$, $A_o=0.18$.

Por ser una edificación para vivienda su grupo de uso se considera que esta dentro del grupo I de conformidad a lo establecido en la NSR 10, por lo que el coeficiente de importancia en la estructura es $I=1.0$.

Tabla 2.

Sistema Estructural de Pórtico Resistente a Momentos

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
		uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.		
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite
2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)									
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite	si	sin límite	si	sin límite	si
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite	si	sin límite	si	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite	si	sin límite	si	si	sin límite

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

Tabla 3.

Coefficientes y Curva de Diseño

Zona	F_a (475)	F_v (475)	T_C (s)	T_L (s)	A_0 (475) (g)
CERROS	1.35	1.30	0.62	3.0	0.18
PIEDEMONTA A	1.65	2.00	0.78	3.0	0.22
PIEDEMONTA B	1.95	1.70	0.56	3.0	0.26
PIEDEMONTA C	1.80	1.70	0.60	3.0	0.24
LACUSTRE-50	1.40	2.90	1.33	4.0	0.21
LACUSTRE-100	1.30	3.20	1.58	4.0	0.20
LACUSTRE-200	1.20	3.50	1.87	4.0	0.18
LACUSTRE-300	1.05	2.90	1.77	5.0	0.16
LACUSTRE-500	0.95	2.70	1.82	5.0	0.14
LACUSTRE ALUVIAL-200	1.10	2.80	1.63	4.0	0.17
LACUSTRE ALUVIAL-300	1.00	2.50	1.60	5.0	0.15
ALUVIAL-50	1.35	1.80	0.85	3.5	0.20
ALUVIAL-100	1.20	2.10	1.12	3.5	0.18
ALUVIAL-200	1.05	2.10	1.28	3.5	0.16
ALUVIAL-300	0.95	2.10	1.41	3.5	0.14
DEPÓSITO LADERA	1.65	1.70	0.66	3.0	0.22

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

A.2.5.1.4 — Grupo I — Estructuras de ocupación normal — Todas la edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

A.2.5.2 — COEFICIENTE DE IMPORTANCIA — El Coeficiente de Importancia, I , modifica el espectro, y con ello las fuerzas de diseño, de acuerdo con el grupo de uso a que esté asignada la edificación para tomar en cuenta que para edificaciones de los grupos II, III y IV deben considerarse valores de aceleración con una probabilidad menor de ser excedidos que aquella del diez por ciento en un lapso de cincuenta años considerada en el numeral A.2.2.1. Los valores de I se dan en la tabla A.2.5-1.

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Figura 37. Valores coeficiente de importancia. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

Verificar intervención según NSR10 a.10.1.3.

A.10.6 — TIPOS DE MODIFICACIÓN

Se consideran los siguientes tipos de modificación a la estructura existente:

A.10.6.1 — AMPLIACIONES — Cubre aquellas edificaciones donde se amplía su área con o sin modificación en su altura. Se dividen en:

- (a) **Ampliación adosada** — Es aquella en que se amplía el área sin modificar su altura. La ampliación debe diseñarse y construirse siguiendo los requisitos de A.10.7.
- (b) **Ampliación en altura** — Es aquella en que se modifica la altura de la edificación con o sin aumento en planta del área construida. El diseño y la construcción de este tipo de ampliación debe llevarse a cabo siguiendo los requisitos de A.10.8.

A.10.6.2 — ACTUALIZACIÓN AL REGLAMENTO — Cubre aquellas edificaciones donde no hay ampliación ni en el área ni en su altura y donde voluntariamente el propietario desea modificar la capacidad del sistema estructural para que sea capaz de resistir las solicitaciones que exige la presente versión del Reglamento y así obtener un mejor comportamiento sísmico de la edificación. La actualización debe hacerse siguiendo los requisitos que se dan en A.10.9.

A.10.6.3 — MODIFICACIONES — Cubre aquellas construcciones o renovaciones en una edificación distintas de una ampliación adosada o en su altura. Las modificaciones se permiten en una construcción sin requerir validar la capacidad resultante de la estructura, en la medida que la modificación en sí cumpla con el presente reglamento y la modificación no incremente la solicitación sísmica en cualquier elemento de la estructura existente en más de un 10% ni reduzca la capacidad estructural de cualquier elemento en más de un 10%. En caso que alguna de estas condiciones sea superada, deberá revisarse la capacidad estructural ante cargas sísmicas de la totalidad de la construcción incluyendo la modificación propuesta según los requerimientos del presente Reglamento.

Figura 38. A.10.6 Tipos de Modificación. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

NSR-10 (2012)

Teniendo en cuenta el alcance del TPI (Trabajo Práctico Integral), corresponde a la evaluación patológica de los daños causados por terceros en la colindancia del edificio Manglar, el análisis de vulnerabilidad estructural solicitado tendrá el objetivo enfocado hacia la actualización de la edificación al reglamento actual como rehabilitación sísmica (véase la Figura 38).

A.10.9 — REHABILITACIÓN SÍSMICA

A continuación se establecen los requisitos que se deben cumplir en la intervención de estructuras de edificaciones que deben ser reforzadas o actualizadas a la presente versión del Reglamento.

A.10.9.1 — ALCANCE — Los requisitos de la presente sección aplican para las siguientes edificaciones:

- (a) Las designadas por la Ley 400 de 1997 y sus decretos reglamentarios, como de obligatoria actualización.
- (b) Las que deben ser reforzadas por cambio de uso o modificaciones que exigen intervención estructural.
- ~~(c) Las que hayan sido dañadas por sismos, y~~
- (d) Las que su propietario desee actualizar voluntariamente, conforme al presente reglamento

Figura 39. A.10.9 Rehabilitación sísmica. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

NSR-10 (2012)

Calidad del diseño y la construcción original de la estructura y la cimentación

En cuanto a la calidad del diseño y la construcción original, se considera como de buena la calidad en cuanto a los diseños estructurales, estos fueron realizados bajo los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR 98, y en lo que refiere al estado de conservación y calidad en la construcción se consideran también como en buen estado dado que los daños que presenta el edificio Manglar actualmente están relacionados a asentamientos diferenciales (ver ilustración n°.42).

Tabla 4.

Tabla A.10.4-1 Valores de ϕ_c y ϕ_e , Calificación de la Estructura Según Diseño Original

	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

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

$\phi_c=1.0, \phi_e=1.0$

Evaluación de la estructura existente, NSR10-A.10.4.

Teniendo en cuenta que se trata de una estructura de 17 años, se tomaran para el análisis de evaluación existente, los valores de capacidad mecánica de materiales como resistencia del concreto, y resistencia del acero, los indicados en los planos de diseño estructural.

Análisis de vulnerabilidad, NSR10-A.10.5.

Una vez realizado el ejercicio cualitativo de matriz de vulnerabilidad de riesgos para el edificio Manglar, se obtiene la clasificación dentro del riesgo Bajo con una probabilidad de riesgo Remota, Clasificación C4. (véase las Figuras 43, 44 y 45 y el Anexo D Matriz).

Tabla 5.

Etapas de Vulnerabilidad

ETAPAS DE VULNERABILIDAD		
Probabilidad de ocurrencia	Definición	Categoría
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	A
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	B
Remota	Baja probabilidad de ocurrencia	C
Extremadamente remota	Difícil que ocurra	D

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

Tabla 6.

Clasificación de Riesgo

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	
Categoría	Riesgo
1	Muy alto
2	Alto
3	Medio
4	Bajo

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 (2012)

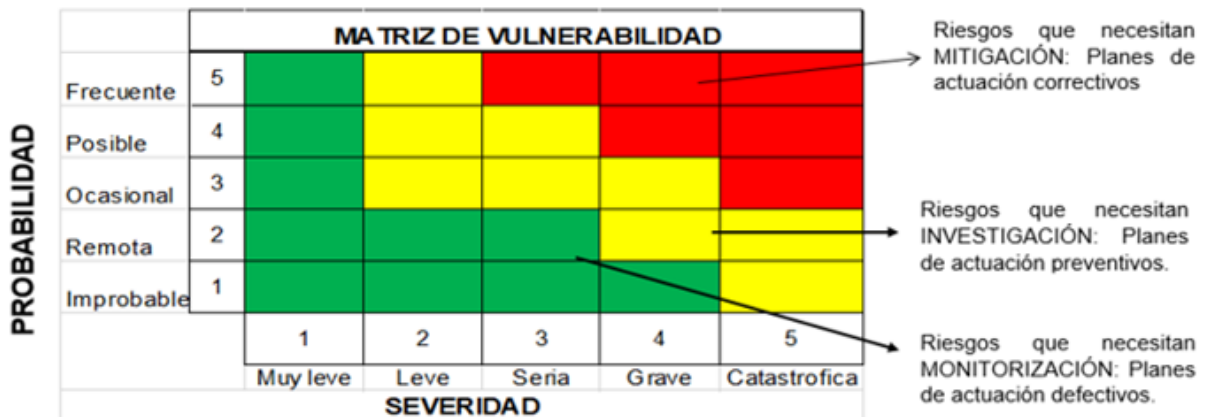


Figura 40. Matriz de Vulnerabilidad. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

NSR-10 (2012)

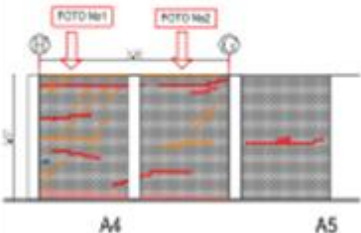


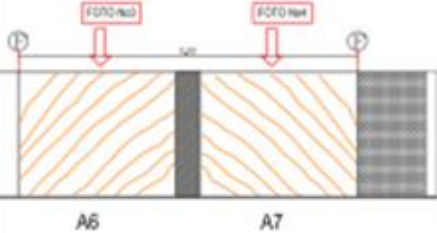


UNIVERSIDAD SANTO TOMAS FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESP. PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN BOGOTÁ		ESTUDIO DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL Y CONTROL DE DAÑOS PARA EL EDIFICIO MANGLAR BOGOTÁ FICHA PATOLOGÍAS CONCRETO Y MAESTRÍA		TIPIFICACION DE LAS LESIONES (CAUSAS)	
EDIFICIO MANGLAR (BARRIO CHICO-BOGOTÁ)		FOTOGRAFÍA		No. FICHA: 14	
MURO DIAFRAGMA (RELLENO DE PORTICOS) COMPORTAMIENTO DE APLASTAMIENTO DE ESQUINAS					
1MD	DAÑO: FUERTE	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO			
CRITERIO					
Pérdidas de unidades de esquinas por descascaramientos completo de caras unidades. Fisuración diagonal escalonada y/o desajuste de juntas. Separación del mortero alrededor del perímetro del muro de relleno. Algun aplastamiento del mortero cerca de las esquinas.		 FOTO No1		 FOTO No2	
MURO DIAFRAGMA (RELLENO DE PORTICOS) APLASTAMIENTO DE ESQUINAS Y FISURACION DIAGONAL					
4MD	DAÑO: FUERTE	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO			
CRITERIO					
Fisuración diagonal que atraviesan las unidades.		 FOTO No3		 FOTO No4	

Figura 41. Tipificación de Lesiones y Causas. Fuente: Elaboración propia

Inspección Visual

Constatación del Estado del Paciente

Aplicación patológica

Geriátrica y curativa

El edificio Manglar tiene 17 años de construcción.

Resultado del Análisis de la Información Recopilada

El análisis de la información recopilada de los 3 edificios en cuestión fue organizado en una línea de tiempo (véase el Anexo B Línea del tiempo) en la cual fueron identificados los sucesos más importantes en relación a los procesos constructivos de cada edificio y los datos más relevantes para este caso encontrados en los estudios de suelos y seguimientos realizados a los mismos en esa época.

Dentro de los acontecimientos más relevantes identificados en la línea del tiempo se encuentran, el inicio de la construcción del edificio Manglar en el año 2003 y finalizada en el año 2005, con valores de nivel freático entre -1.70m y -3.20m. En el año 2015 inicia el proceso del Edificio n°.1 a través de la licencia de construcción, en ese momento el estudio de suelos registró niveles freáticos entre -1.40m y -3.10m, en ese mismo año son realizadas las primeras actas de vecindad, en el año 2016 inicia la excavación del sótano del edificio n°.1. y ya para el año 2017 se registran los primeros daños en la plataforma del edificio Manglar. A mediados del año 2018 se da inicio a la construcción del Edificio n°.2 y para ese momento el estudio de suelos identificó

el nivel freático entre -1.60m y -2.50m, ya para el año 2019, el edificio Manglar presentaba asentamientos importantes especialmente en su costado sur y norte y los niveles de agua subsuperficiales de acuerdo con el estudio de suelos realizado en este mismo año era bastante errático, se presentó muy superficial en algunos sondeos y ninguna presencia de agua en otro.

Estado General de la Construcción

Al momento de analizar este caso (mayo de 2019) fueron medidos asentamientos de más de 20cm cuya dirección predominante es hacia el nor-occidente (NW), se han tenido tasas de asentamientos de cerca de 10mm/mes, razón por la cual se considera que el estado general de la construcción es grave con un porcentaje de daño del 60%. De igual manera se han evidenciado cambios y alteraciones en el nivel freático y escorrentías ya que al momento de realizar los sondeos y apiques para el estudio de suelos AUS-973 en noviembre del 2001 el nivel freático se encontraba entre los siguientes niveles: -1.70m y -3.20m medidos bajo el nivel actual del terreno. Y el último que hizo el Ing. William Ariza se encontró que las agua subsuperficiales eran bastante erráticas en su comportamiento ya que en unos sondeos aparecían a poca profundidad y en otros no se registró agua. (véase la Figura 47)

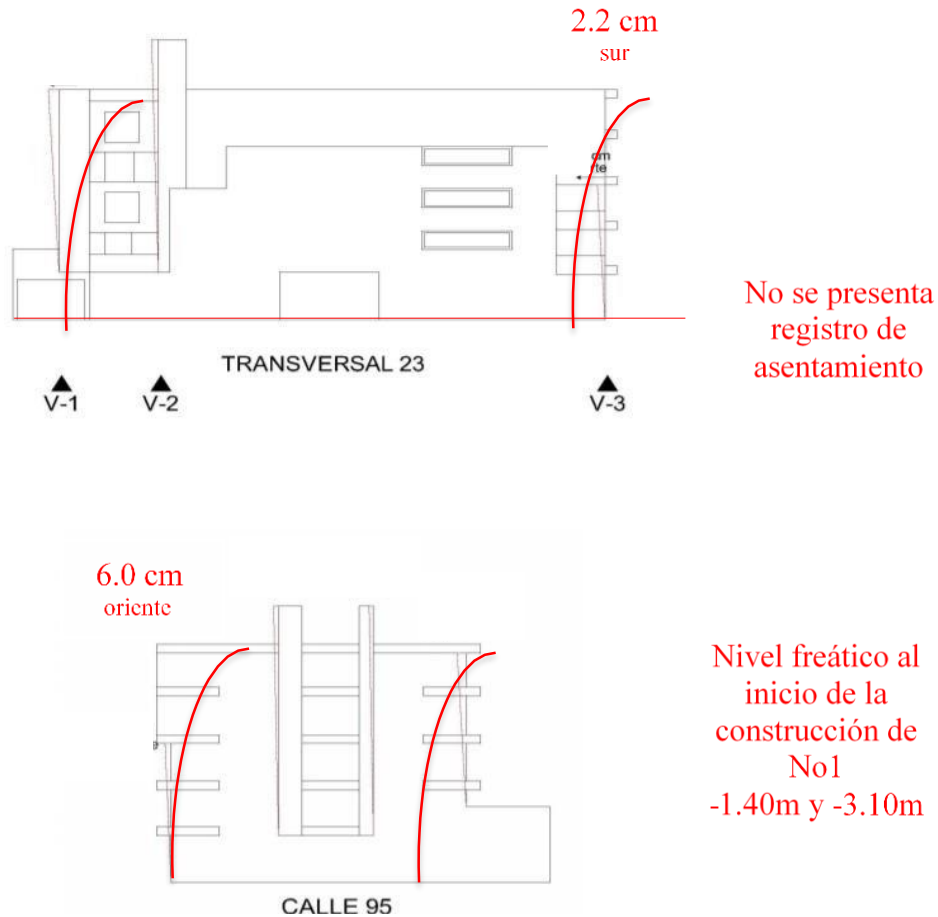


Figura 42. Inclinaciones Registradas del Edificio. Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de topografía

Comportamiento del Edificio

El Edificio Manglar se terminó de construir en el año 2005 y su comportamiento a lo largo de los años ha sido en términos generales satisfactorio.

Sin embargo, en el año 2016 se inicia la construcción del Edificio n°.1, vecino por el costado norte; en el proceso de excavación y construcción de la cimentación; se afecta la parte norte del edificio (véase la Figura 43) Manglar, con daños significativos en elementos como muros, pisos y placas, pero no estructurales.



Figura 43. Vista Generales Daños en Costado Norte de Edificio Manglar. Fuente: Elaboración propia

En el año 2018 se inicia la construcción del Edificio n°.2 vecino por el costado oriental, durante la excavación se reactivan los asentamientos en el edificio Manglar, generando fuertes deformaciones, con asentamientos diferenciales acentuados hacia la esquina noroccidental.

Como consecuencia de lo anterior, la plataforma del segundo piso sufrió daños estructurales, dando lugar al cierre del área de parqueos del edificio (véase las Figuras 49 y 50 y el Anexo A, fichas 4 – 13: tipificación de lesiones y levantamiento de daños zona parqueadero), cuyo acceso, ubicado en el costado norte muestra fracturas en la mampostería y desajuste total de la puerta, de igual manera el acceso de principal del edificio se ha visto bastante afectado, ya que los asentamientos severos han generado una alteración de su nivel modificando la condición de accesibilidad del edificio (véase la Figura 44).



Figura 44. Vista General Fractura Placa de en Zona de Acceso a Parqueadero. Fuente: Elaboración propia



Figura 45. Fractura en Placa, Pérdida de Escuadría en Vano de Puerta de Acceso a Parqueadero. Fuente: Elaboración propia



Figura 46. Vista en Detalle Alteración del Nivel en Acceso Principal a Edificio. Daños en Antejardín. Fuente: Evaluación Estructural S.A.S.

Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente

Actualmente en el Edificio Manglar se observan diferentes tipos de daño principalmente mecánicos, como son dislocaciones, fracturas, grietas y fisuras en diferentes elementos tales como muros y placas de entrepiso. Estos se presentan en diferentes sectores de toda la edificación tal como se indica en los planos de levantamiento de daño (véase el Anexo A, fichas 15 - 22: levantamientos y tipificación de daños de apartamentos). Aun no son visibles daños en elementos estructurales como vigas y columnas, debido probablemente a la configuración de la estructura con losa de cimentación, lo anterior no indica que se pueda descartar la presencia de estas. A continuación, se sintetizan los daños encontrados:

Daños en plataforma costado norte

En orden de magnitud del daño y del riesgo en el edificio, en primera instancia están los que se presentaron en la plataforma norte de la primera placa que se encuentra en colindancia directa con el Edificio n°.1, en la cual se dislocaron y fracturaron varios de los elementos principales de la estructura (véase las Figuras 47 y 48) , lo que conllevó a su apuntalamiento preventivo

solicitado por el IDIGER, así como su posterior demolición y reconstrucción por parte de la constructora del Edificio n°.1 , debido al riesgo de colapso que presentaba este sector de la estructura.



Figura 47. Vista Inferior Fractura en Placa Plataforma Costado Norte. Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Vista general daños en placa de contrapiso en zona de parqueadero. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una de las fichas de levantamiento de daños general, en la cual se evidencia la zona afectada mencionada previamente, de igual manera se observan los daños más relevantes y la localización de los mismos (véase las Figura 49 y 50).

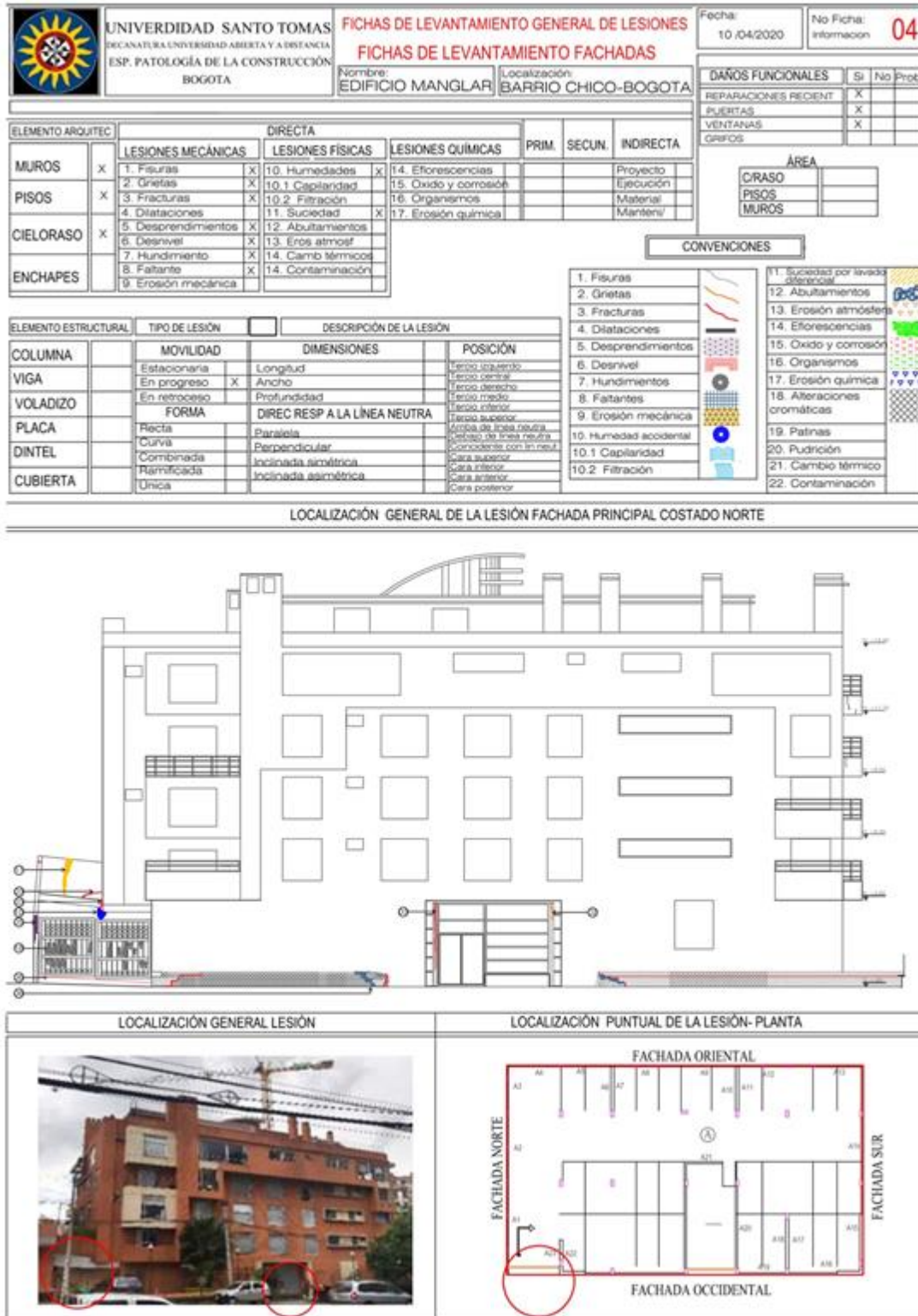


Figura 49. Fichas Levantamiento de Daños Generales en Fachada. Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DECANATURA UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA ESP. PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN BOGOTÁ	ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL Y CONTROL DE DAÑOS PARA EL EDIFICIO MANGLAR BOGOTA FACTORES MECANICOS (GRIETAS Y FISURAS) ACCESO PEATONAL -ANDEN		Fecha:	No Ficha:												
		Nombre:	Localización:	TIPIFICACION DE LAS LESIONES (CAUSAS)	Febrero 2019	Información	06										
LOCALIZACION		ELEMENTO DE UBICACION															
																	
																	
ELEMENTO DE UBICACION Andenes perimetrales, acceso peatonal, materas de cerramiento. Fachada principal		FOTO No01															
FECHA DE AFILIACIÓN 2016		FOTO No02															
DESCRIPCION DE LA LESION: Daños en muros de fachada los cuales se evidencian a través de fracturas, grietas, desplomes, desprendimiento, hundimientos en muros de cerramiento así como en placas de entre piso. Esta tipología de daño afecta no solo los acabados y la estabilidad del sistema murario ante un evento sísmico sino que causa daño tipo funcional de carácter permanente como son la inclinación de placa de piso, dificultades en la apertura de puertas y ventana, afectación de las pendientes de desagüe para sifones y terrazas así como en las redes sanitaria, la rotura de vidrios y de las tuberías.																	
Calificación de la lesión		MECANICAS															
<table border="1"> <tr> <td>ESTADO</td> <td>AFECTACION</td> </tr> <tr> <td>Muy leve</td> <td>0%-20%</td> </tr> <tr> <td>Leve</td> <td>20%-40%</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>40%-60%</td> </tr> <tr> <td>Grave</td> <td>60%-80%</td> </tr> <tr> <td>Severo</td> <td>80%-100%</td> </tr> </table>		ESTADO	AFECTACION	Muy leve	0%-20%	Leve	20%-40%	Medio	40%-60%	Grave	60%-80%	Severo	80%-100%	Hundimientos, fracturas, grietas, deformaciones desprendimientos y tetarías.			
ESTADO	AFECTACION																
Muy leve	0%-20%																
Leve	20%-40%																
Medio	40%-60%																
Grave	60%-80%																
Severo	80%-100%																
<table border="1"> <tr> <td>MATERIALES AFECTADOS:</td> <td>Ladrillo a macizos, adoquín, tejas metálicas Ladrillo macizo prensado</td> </tr> </table>		MATERIALES AFECTADOS:	Ladrillo a macizos, adoquín, tejas metálicas Ladrillo macizo prensado	FOTO No03													
MATERIALES AFECTADOS:	Ladrillo a macizos, adoquín, tejas metálicas Ladrillo macizo prensado																
<table border="1"> <tr> <td>ELEMENTO CONSTRUCTIVO DAÑADO</td> <td>Andenes perimetrales, portico acceso peatonal</td> </tr> </table>		ELEMENTO CONSTRUCTIVO DAÑADO	Andenes perimetrales, portico acceso peatonal	FOTO No04													
ELEMENTO CONSTRUCTIVO DAÑADO	Andenes perimetrales, portico acceso peatonal																
DIAGNOSTICO																	
Lesiones en el sistema murario de particiones y muros de fachada, los cuales se evidencian a través de fracturas, grietas y fisuras en muros y placas de entrepiso. Adicionalmente en la edificación han variado los niveles arquitectónicos para el ingreso al edificio con dislocaciones y fracturas del cerramiento																	
PREVENCION / INTERVENCION																	
CAUSA		Durante el proceso de excavación de sótanos y construcción del Edificio No 2 (2016) vecino por el costado oriental, se reactivan los asentamientos en el Edificio el Manglar generando fuertes deformaciones, con asentamientos diferenciales asentados hacia la esquina NW															
REPARACION DEL EFECTO		Frenarse el asentamiento y luego se intentara la nivelacion de la torre. Se emplearan pilotes del tipo gateados y reaccionados contra estructura ya construida															
PREVENCION		Se deberá continuar el seguimiento instrumentado de las estructuras comprometidas, que incluya medición de desplazamientos verticales y horizontales, realizar inspeccion detallada de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que puedan estar siendo afectadas particularmente en los primeros niveles.															

Figura 50. Ficha Levantamiento de Daños en Zona de Fachada y Antejardín. Fuente: Elaboración propia

Las fichas previamente presentadas y el registro fotográfico evidencian los daños severos en la plataforma del costado norte del edificio Manglar, las cuales corresponden a fracturas en sentido oriente occidente de la placa, desniveles severos, humedad y empozamiento, así como fracturas en acabados. Los planos presentados a continuación corresponden al registro de los daños de la placa de segundo piso, por su cara inferior (véase la Figura 51) y superior (véase la Figura 52 y el Anexo A, fichas 10 y 11).

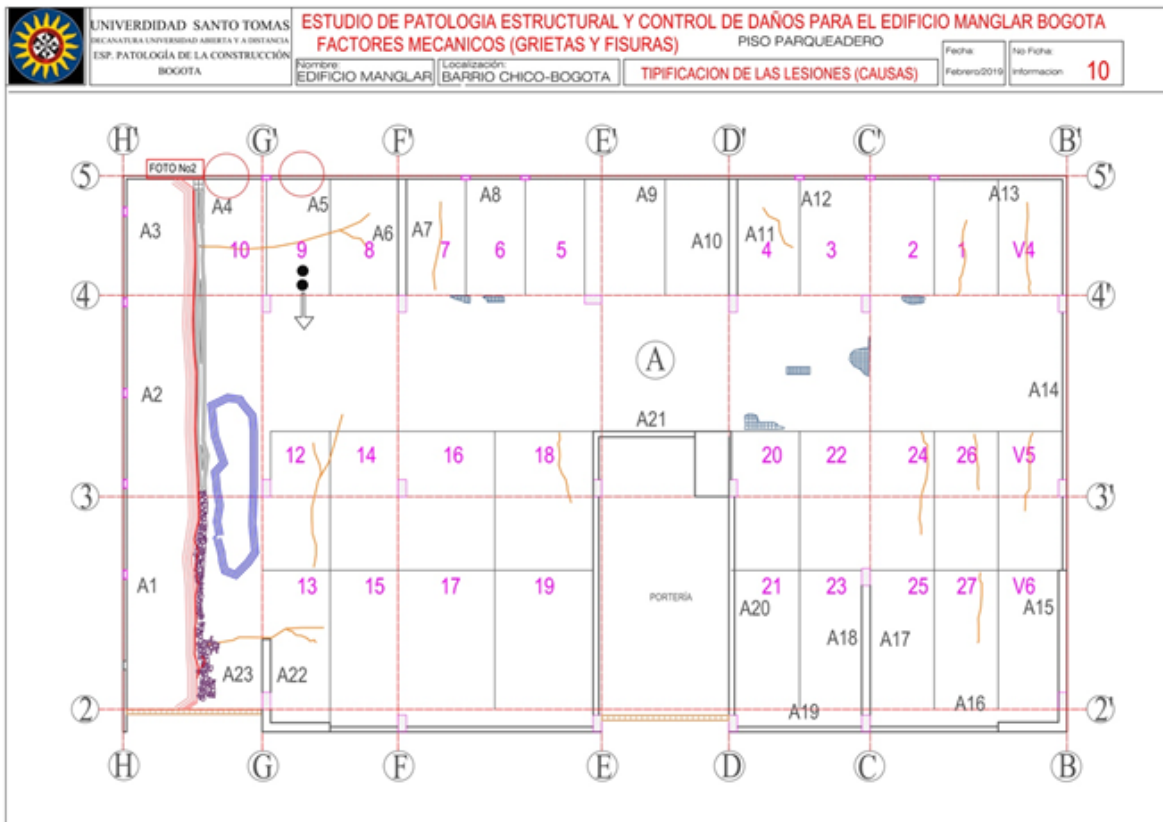


Figura 51. Planta Registro de Daños Vista Inferior Placa. Fuente: Elaboración propia

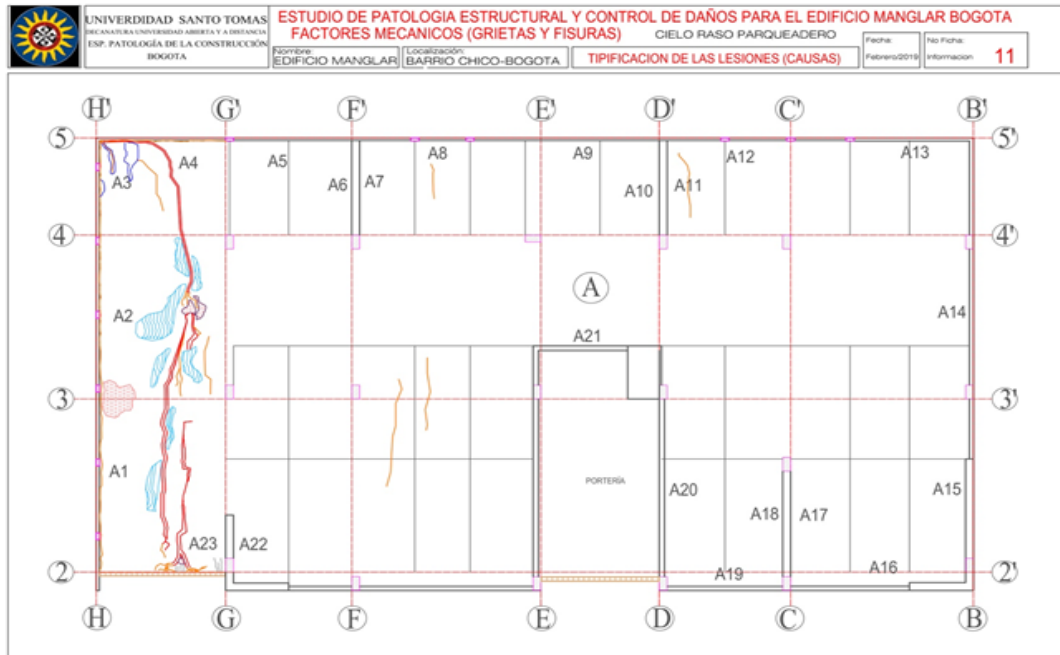


Figura 52. Planta Registro de Daños Placa Vista Superior Zona de Parqueo. Fuente: Elaboración propia

Daños en muros, placas, carpinterías, instalaciones y acabados

El edificio Manglar, aparte de los daños de la plataforma descritos anteriormente, presenta también daños en el sistema murario de particiones, muros de fachada y pisos, los cuales se evidencian a través de fracturas, grietas, fisuras en muros, así como en las placas de entrepiso, entendiendo por fracturas como la separación del elemento (muro, placa, columna o viga), en cuanto a la denominación de grietas corresponde a la abertura mayor o igual a 0.3mm y fisuras a las aberturas menores a 0.3mm.

Esta tipología de daño afecta no solo a los acabados y la estabilidad del sistema murario (véase la Figura 53) ante un evento sísmico con el respectivo riesgo para los habitantes y visitantes del edificio, sino que causa también daños de tipo funcional de carácter permanente como son la inclinación de placas de piso, dificultades en la apertura de puertas y ventanas, afectación de las pendientes del desagüe para sifones y terrazas (véase la Figura 54), así como en

las redes sanitarias, la rotura de vidrios y de las tuberías. La inclinación del edificio trae consigo la humedad permanente por la fachada donde el agua no drena, sino que corre sobre ella, aumentando los deterioros que se evidencian como desprendimientos, biodeterioro, humedades al interior de los antepechos de las ventanas.



Figura 53. Inclinación de Placa y Empozamiento de Agua en Apartamento 202. Fuente: Elaboración propia



Figura 54. Fractura de Muro Divisorio. Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente en la edificación han variado los niveles arquitectónicos para el ingreso al edificio, con dislocaciones y fracturas del cerramiento, además de los fallos en el ascensor por pérdida de verticalidad del foso (Tamasco, 2018).

En el interior hay apartamentos que han tenido daños algunos más severos que otros, por ese motivo fue escogido como caso de estudio puntual uno de los apartamentos más afectados dentro del edificio, el cual corresponde al 205, del cual se presentan parte de las fichas a continuación (véase la Figura 55 y 56 y el Anexo A, fichas 15-22).

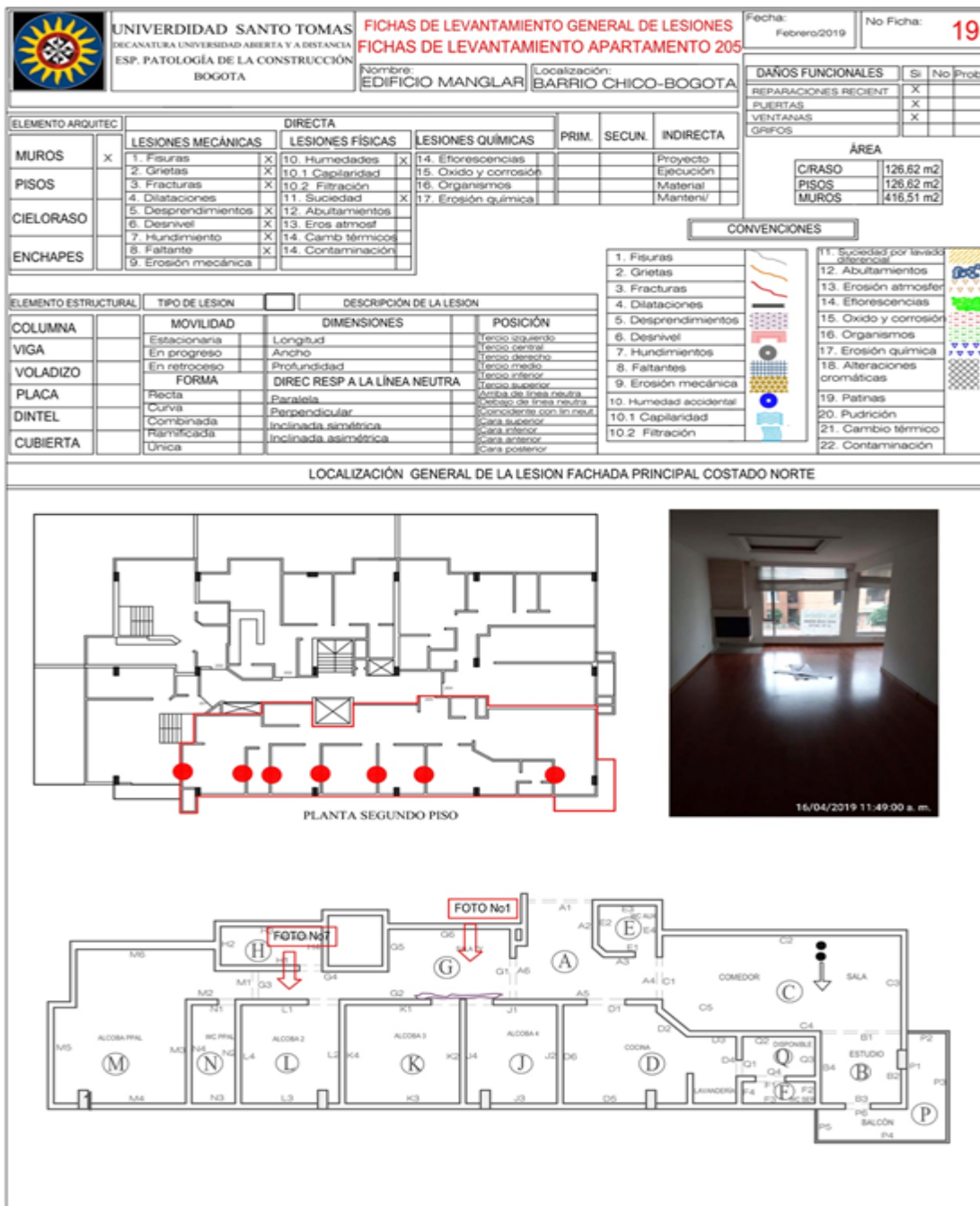


Figura 55. Ficha Levantamiento de Daños Apartamento 205. Fuente: Elaboración propia

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DECANATURA UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA ESP. PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN BOGOTÁ		ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL Y CONTROL DE DAÑOS PARA EL EDIFICIO MANGLAR BOGOTA FACTORES MECANICOS (GRIETAS Y FISURAS) APARTAMENTO 205		Fecha: Febrero 2019	No Ficha: Informacion 20												
Nombre: EDIFICIO MANGLAR		Localización: BARRIO CHICO-BOGOTA		TIPIFICACION DE LAS LESIONES (CAUSAS)													
LOCALIZACION		ELEMENTO DE UBICACION															
				 FOTO No01	 FOTO No02												
ELEMENTO DE UBICACION Espacios interiores apartamento 205.		FECHA DE APARICIÓN 2018															
DESCRIPCION DE LA LESION: En la plataforma norte, se evidencian que la primera placa que se encuentra en coincidencia directa con el edificio No 1 se dislocaron y fracturaron varios de los elementos principales de la estructura, lo que conlleva a su apuntalamiento preventivo. La inclinación del edificio trae consigo humedad permanente en la fachada en donde el agua no drena sino que corre sobre ella aumentando los deterioros que se evidencian como desprendimientos y biodeterioro.																	
Calificación de la lesión		MECANICAS Hundimientos, fracturas, grietas, desnivel desprendimientos y faltantes.															
<table border="1"> <tr> <th>ESTADO</th> <th>AFECTACION</th> </tr> <tr> <td>Muy leve</td> <td>20%-25%</td> </tr> <tr> <td>Leve</td> <td>26%-50%</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>51%-65%</td> </tr> <tr> <td>Grave</td> <td>66%-80%</td> </tr> <tr> <td>Severo</td> <td>81%-100%</td> </tr> </table>		ESTADO	AFECTACION	Muy leve	20%-25%	Leve	26%-50%	Medio	51%-65%	Grave	66%-80%	Severo	81%-100%	MATERIALES AFECTADOS: Mampostería perforada horizontalmente, pañete, estuco, pintura			
ESTADO	AFECTACION																
Muy leve	20%-25%																
Leve	26%-50%																
Medio	51%-65%																
Grave	66%-80%																
Severo	81%-100%																
		ELEMENTO CONSTRUCTIVO DAÑADO: Sistema murario apartamento 205, se evidencian problemas funcionales en puertas, ventanas, desagües, redes sanitarias, roturas de vidrios y tuberías.															
DIAGNOSTICO																	
Lesiones en el sistema murario de particiones y muros de fachada, los cuales se evidencian a través de fracturas, grietas y fisuras en muros y placas de entrapiso. Adicionalmente en la edificación han variado los niveles arquitectónicos																	
PREVENCION / INTERVENCION																	
CAUSA		Rotación de la estructura que esta conformada por pórticos con vigas y columnas que confinan la mampostería															
REPARACION DEL EFECTO		Frenarse el asentamiento y luego se intentara la nivelación de la torre. Se emplearan pilotes del tipo gateados y reaccionados contra estructura ya construida															
PREVENCION		Se deberá continuar el seguimiento instrumentado de las estructuras comprometidas, que incluya medición de desplazamientos verticales y horizontales, realizar inspeccion detallada de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que puedan estar siendo afectadas particularmente en los primeros niveles.															

Figura 56. Ficha Registro Fotográfico Daños en Apartamento 205. Fuente: Elaboración propia

Resultados y Análisis

Ensayos no Destructivos

Inclinación y asentamiento del edificio

Los daños indicados anteriormente son ocasionados por la inclinación y asentamiento del edificio Manglar, estos han podido ser medidos y monitoreados durante la construcción de los edificios colindantes gracias a la información suministrada por la constructora del Edificio n°.1 y a las mediciones topográficas realizadas durante cinco (5) periodos de tiempo en las siguientes fechas: junio 15 de 2016, noviembre 2016, agosto 2017, julio 2018 y enero 2019, las cuales incluyeron verticalidad y asentamiento e involucraron el antes, durante y después de la construcción del Edificio n°.1.

De los informes realizados por la constructora del Edificio n°.1, se puede destacar entre varios aspectos los siguientes: específicamente en el informe de junio 15 de 2016 previo a la construcción del Edificio n°.1, se menciona lo siguiente: la circulación del parqueadero tiene una diferencia de niveles de 5.0cm a 6.0cm, en la fachada occidental se presenta un desplome de 6.0cm hacia el oriente y en la fachada norte en dirección sur de 2.2 cm. Para la medición de noviembre de 2016 se concluye sobre la medición realizada que el edificio por la edad y tráfico de circulación alrededor tiene un asentamiento y una inclinación dentro de lo normal, con excepción de los puntos ubicados en la zona de circulación (niveletas 4 y 5) que presentan un asentamiento de 3.34 cm y 5.5 cm, y una inclinación en sentido oriente occidente de 5.7 cm.

En agosto de 2017, nueve (9) meses después de la medición anterior y a 13 meses de iniciada la construcción de Edificio n°.1, luego del control de topografía realizado el 30 de agosto se

concluye, “[...] el Edificio Manglar presenta un asentamiento y una inclinación considerable, que no es normal para un edificio con esta antigüedad de construido, se deben considerar factores externos al asentamiento propio ya que los resultados que arrojan no son normales siendo las niveletas 5 y 4 las que poseen la mayor diferencia que esta entre 9 y 6 cm respectivamente además que las demás niveletas tienen una diferencia de 1.0 cm a 4.0 cm, también es de observar en la verticalidad inclinaciones que oscilan entre 3.0 cm y 8cm [...]”.

En julio de 2018, dos años después de iniciada la construcción del Edificio n°.1, su control de topografía concluye que: “[...] El edificio por la edad de construcción y tráfico de circulación alrededor tiene una inclinación dentro de lo normal al día de hoy no se presenta ningún asentamiento considerable fuera de lo normal [...]”, de la lectura de niveletas se observa un acumulado de asentamiento para los puntos de control 20 un acumulado de 1.7cm, para la niveleta 17 un acumulado de 1.5cm y para la niveleta 9 de 1.2 cm, las niveletas 4 y 5 no registran valor acumulado.

En lo que refiere a verticalidad el informe indica una inclinación de 2.3cm en la esquina sur occidental en sentido oriente occidente en y en la esquina sur oriental presenta una inclinación de 3.5 cm en sentido oriente occidente. Para esta medición el Edificio n°.2, ya había iniciado su construcción en el mes de junio de 2018.

Es de resaltar que las conclusiones registradas en las dos últimas mediciones (agosto de 2017 y julio de 2018) del Edificio n°.1 difieren sustancialmente, puesto que en la del 2017 se sugiere el concepto de un ingeniero estructural debido a la magnitud del daño pero ya para la medición del 2018 se conceptúan como normales los daños presentados, sin embargo, la situación previamente mencionada dista de la realidad con respecto a los daños presentados a nivel de la plataforma, que en su momento era lo más evidente.

Finalmente en enero de 2019, seis meses después de iniciada la obra del Edificio n°.2 y un mes de excavado el segundo sótano en la misma obra, un informe contratado por la constructora del Edificio n°.2 menciona en su informe que el edificio Manglar sigue presentando un asentamiento considerable desde el control realizado el 21 de julio de 2011, en los seis meses el edificio Manglar presentó un asentamiento en promedio de 6.0 cm en todas las columnas que forman parte de la torre del edificio, en cambio, las columnas de la plataforma norte no presentan un asentamiento mayor a 4.0mm. y concluye su informe con lo siguiente: “[...]Se puede Concluir [sic] que el asentamiento se está [sic] presentando solamente en el edificio y la zona de la terraza norte es mínimo [sic] , por lo que aumentan las fisuras y el cambio de nivel en las placas de sótano y piso, también se presenta una inclinación grande por el costado sur del edificio, en sentido oriente occidente de 0.054m y 0.070m los puntos en las niveleta 11 y 12 las cuales presentan un asentamiento de 0.14mts y 0.141 mts en estos puntos se ve mayor movimiento en los últimos seis(6) meses el cual fue de 0.076mtrs. control [sic] de verticalidad donde también presenta una inclinación en sentido norte sur de 0.073 mts en el muro de la terraza colindante con el predio vecino, y una inclinación en el costado Nor Occidental [sic] sentido sur norte, por lo cual es recomendable estar pendiente identificando nuevas fisuras dentro del edificio y teniendo un registro fotográfico del mismo, también contactar a un especialista estructural el cual verifique el estado de la estructura pueda [sic] definir si el edificio es o no seguro para su uso, lo anterior debido al asentamiento que se presenta , adicional se debe seguir realizando control de asentamiento más seguido con el fin de verificar prontamente los asentamientos críticos.”

De lo anterior es posible advertir que al inicio de la construcción del Edificio n°.1 en junio 15 de 2016 el estado del edificio Manglar era el siguiente: la zona de la plataforma presentaba un desnivel de 5.0cm a 6.0cm, no se mencionan asentamientos diferenciales en la zona del edificio,

y la fachada occidental presentaba un desplome de 6.0cm hacia el oriente y en la fachada norte en dirección sur de 2.2 cm (véase la Figura 57).

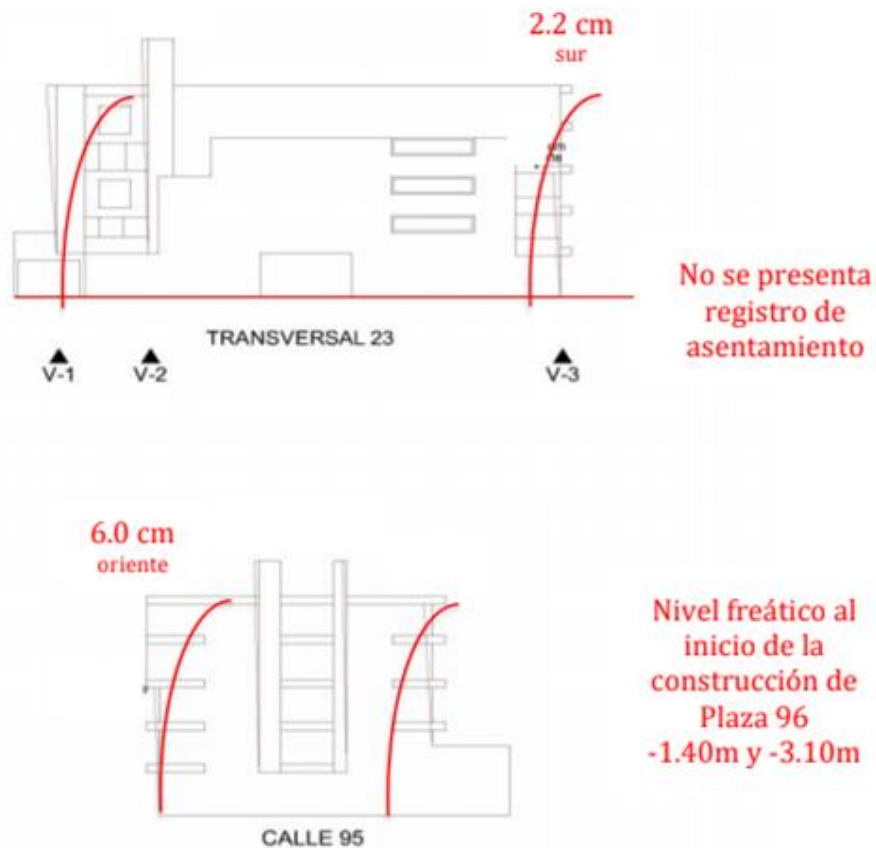


Figura 57. Estado Inicial del Edificio Manglar al Inicio de la Construcción del Edificio n°.1. Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de topografía.

Al finalizar la construcción del Edificio n°.1 es posible evidenciar cambios en el edificio Manglar, en primer lugar son evidentes los daños en la estructura de la plataforma, en los puntos de control de asentamiento, la niveleta 20 muestra un acumulado de 1.7cm ,para la niveleta 17 un acumulado de 1.5 cm y para la niveleta 9 un valor de 1.2 cm, las niveletas 4 y 5 no registran valor acumulado; en lo que refiere a verticalidad el informe indica una inclinación de 4.3cm en el costado occidental en sentido occidente oriente y en el costado sur occidental se presenta una inclinación de 7.6cm en sentido norte sur (véase la Figura 58).

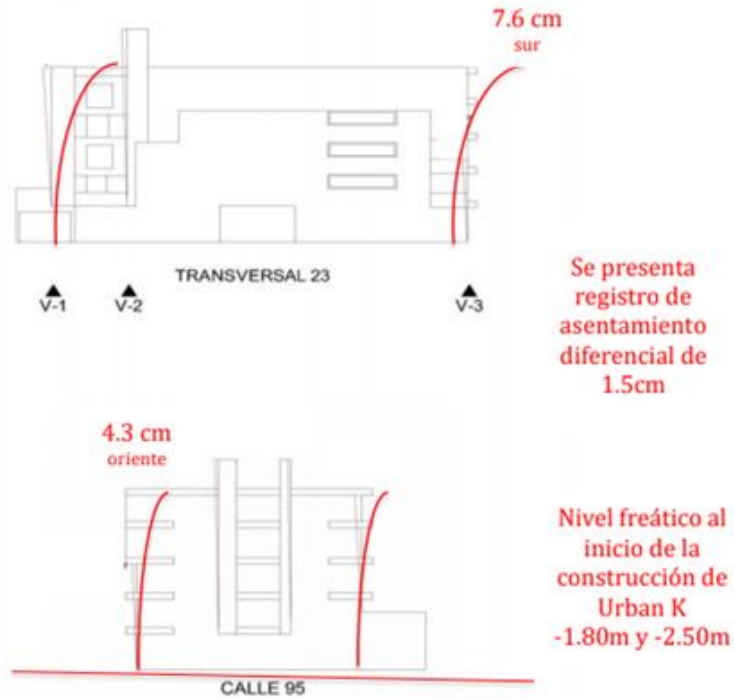


Figura 58. Estado del edificio Manglar al finalizar la construcción del edificio n°.1. Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de topografía.

Al momento de la excavación del segundo sótano del Edificio n°.2 y durante su proceso constructivo, el edificio continúa presentando daños, haciéndose más severos los de la plataforma y aumentando los del edificio en las zonas de apartamentos, zonas comunes y acceso al edificio.

Medición y Control de Daños

En marzo de 2019 la copropiedad del edificio Manglar contrató los servicios de consultoría con el fin de realizar la patología estructural y un estudio de geotecnia que permitiera establecer los cambios y afectaciones en el suelo de cimentación junto con las posibles alternativas de intervención en cimientos en caso de ser necesario.

De la recolección de información fue posible elaborar la línea de tiempo (véase el Anexo B Línea del Tiempo) en la cual se indican cada uno de los sucesos principales que se dieron desde la construcción del edificio Manglar en el año 2003, hasta el día del último control de topografía realizado en agosto de 2019, para lo cual también se anexan los planos de levantamiento de daños de cada uno de los espacios en zonas comunes y apartamentos.

En lo que respecta a las mediciones de topografía para control de asentamiento y verticalidad, se dio continuidad a las lecturas de las niveletas que venía haciendo la constructora del Edificio n°.1 realizando controles de topografía con un intervalo mensual en las siguientes fechas: 15 de abril, 18 de mayo, 22 de junio y 31 de julio de 2019. Los informes realizados por el topógrafo Rodríguez, dan cuenta de la evolución del asentamiento, la verticalidad y la nivelación en la zona de terrazas del último piso, y nivelación de la zona de acceso del edificio Manglar.

De las mediciones realizadas es posible evidenciar un asentamiento progresivo del edificio Manglar proceso que aún no se ha detenido, los registros marcaron los mayores valores de asentamiento y verticalidad durante el mes de junio de 2019, los cuales quedaron indicados en el respectivo informe y que además pudieron ser ratificados con los testigos de movimiento instalados en el edificio; el estado actual a la fecha del edificio Manglar se puede resumir en que los registros de topografía indican un valor máximo de asentamiento de 30.3cm medido en la niveleta 19 ubicada en el costado nor occidental, un valor mínimo de 4.1 cm medido en la niveleta 7 ubicada al costado sur oriental del edificio, lo que genera un asentamiento diferencial en el edificio de 26.2cm; al compararlo con las mediciones realizadas al finalizar la construcción del Edificio n°.1 y al inicio de las excavaciones del segundo sótano del Edificio n°.2, donde se indicaba que la niveleta 20 marcaba un acumulado de 1.7 cm para esa época, pero que a la fecha de la última medición en julio de 2019 indica 25.5cm, es decir que aumentó durante los últimos

seis (6) meses 23.8 cm, con el agravante de haberse generado un asentamiento diferencial en el edificio Manglar que antes no estaba registrado.

En lo que refiere a verticalidad, la inclinación acumulada en el edificio es la siguiente: 3.2 cm medidos en la fachada norte y 5.2 cm medidos en el cuarto de máquinas del ascensor en dirección sur norte, 14.6 cm en la fachada occidental y 22 cm en el cuarto de máquinas en dirección oriente occidente. Se realizó además una medición de nivelación de las terrazas del sexto piso y del acceso, obteniendo que, para las terrazas del sexto piso, había un acumulado de desnivel de 2.4cm hacia el costado norte del edificio. Para la transversal 23 se registra un rebote del terreno de 7.0mm y para la calle 95 junto al edificio Manglar un asentamiento de 1.2cm (véase la Figura 59).

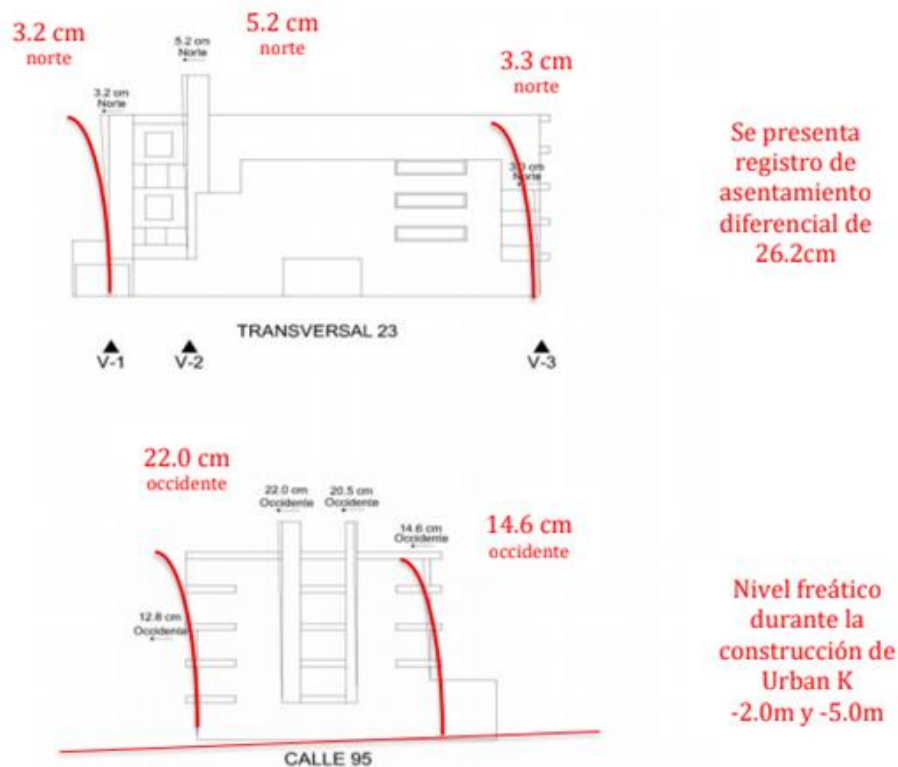


Figura 59. Estado del Edificio Manglar Agosto de 2019, Durante Construcción del EDIFICIO n°.2. Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de topografía

De lo anterior se puede concluir que de enero a julio de 2019 el edificio Manglar registró un asentamiento diferencial de 26.2cm a razón de 3.96cm por mes, con movimientos de oriente a occidente de 18.9 cm ($4.3+14.6=18.9\text{cm}$) a razón de 3.15cm por mes, de igual manera sucedió en sentido longitudinal, el movimiento registrado es de sur a norte en una magnitud de 10.8cm ($7.6+3.2=10.8\text{cm}$), el asentamiento tenía la tendencia de estabilizarse, no obstante cabe anotar que de junio a julio se genera un asentamiento de 4.0cm que se considera un valor bastante alto. (véase la Figura 66).

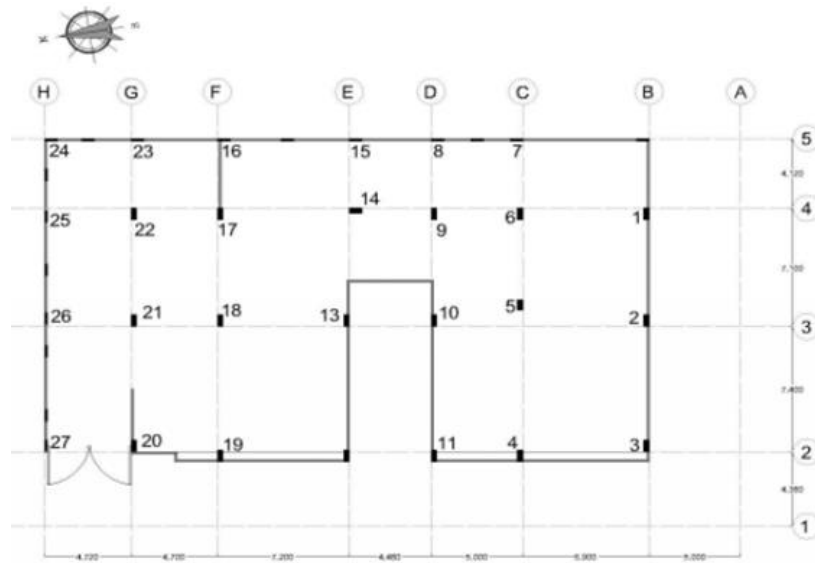


Figura 60. Localización de Niveletas Edificio Manglar. Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de topografía

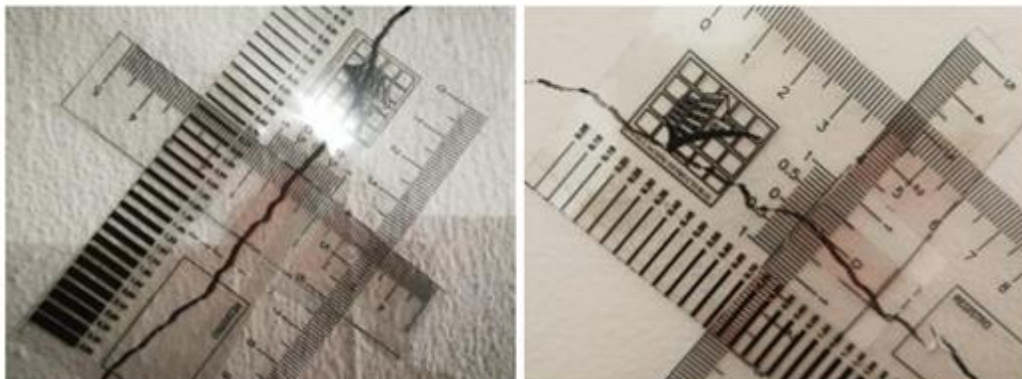


Figura 61. Testigos de Movimiento Localizados en Edificio Manglar. Fuente: elaboración propia

Tabla 7.

Registro de Asentamiento en el Edificio Manglar. Informe Topografía

REINES & CIA. LTDA.		A&C CONSTRUCCION Y TOPOGRAFIA S.A.S.					EVALUACION ESTRUCTURAL S.A.S.				DIFERENCIA	ACUMULADO
CONTROL	COLUMNA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	M	M
NIVELETA	UBICACIÓN	7/05/2016	18/11/2016	27/07/2017	21/07/2018	26/01/2019	15/04/2019	18/05/2019	22/06/2019	31/07/2019		
1	B-4	98.6	98.6	98.59	98.58	98.543	98.508	98.502	98.495	98.455	-0.040	-0.145
2	B-3	---	---	---	---	---	98.46	98.454	98.440	98.404	-0.036	-0.056
3	B-2	---	---	---	---	---	98.415	98.407	98.386	98.345	-0.041	-0.070
4	C-2	---	---	---	---	---	98.397	98.389	98.369	98.313	-0.056	-0.084
5	C-3	---	---	---	---	---	98.449	98.441	98.429	98.382	-0.047	-0.067
6	C-4	98.6	98.6	98.587	98.577	98.521	98.489	98.484	98.475	98.432	-0.043	-0.168
7	C-5	---	---	---	---	---	98.541	98.537	98.532	98.5	-0.032	-0.041
8	D-5	---	---	---	---	---	98.529	98.525	98.519	98.483	-0.036	-0.046
9	D-4	98.6	98.6	98.583	98.565	98.504	98.476	98.47	98.461	98.404	-0.057	-0.196
10	D-3	---	---	---	---	---	98.436	98.43	98.417	98.375	-0.042	-0.061
11	D-2	---	---	---	---	---	98.385	98.379	98.355	98.318	-0.037	-0.067
12	E-2	98.6	98.602	98.57	98.552	98.485	N/A	N/A	N/A	N/A	---	---
13	E-3	98.6	98.6	98.575	98.555	98.487	98.424	98.417	98.397	98.364	-0.033	-0.236
14	E-4	98.6	98.6	98.579	98.56	98.495	98.469	98.465	98.456	98.408	-0.048	-0.192
15	E-5	98.6	98.598	98.584	98.561	98.516	98.512	98.509	98.503	98.464	-0.039	-0.136
16	F-5	98.6	98.6	98.573	98.549	98.496	98.498	98.494	98.49	98.449	-0.041	-0.151
17	F-4	98.6	98.597	98.57	98.547	98.477	98.454	98.448	98.439	98.398	-0.041	-0.202
18	F-3	98.6	98.598	98.6	98.544	98.47	98.412	98.405	98.393	98.347	-0.046	-0.253
19	F-2	98.6	98.597	98.6	98.54	98.469	98.362	98.356	98.337	98.297	-0.040	-0.303
20	G-2	98.6	98.597	98.558	98.535	98.459	98.404	98.398	98.38	98.345	-0.035	-0.255
21	G-3	98.6	98.595	98.56	98.537	98.46	98.404	98.398	98.384	98.347	-0.037	-0.253
22	G-4	98.6	98.598	98.565	98.541	98.466	98.444	98.438	98.431	98.397	-0.034	-0.203
23	G-5	98.6	98.6	98.571	98.548	98.492	98.488	98.485	98.48	98.441	-0.039	-0.159
24	H-5	---	---	---	---	---	98.556	98.549	98.539	98.527	-0.012	-0.029
25	H-4	98.6	98.594	98.587	98.574	98.567	98.565	98.559	98.55	98.538	-0.012	-0.062
26	H-3	98.6	98.591	98.582	98.565	98.566	98.585	98.58	98.565	98.555	-0.010	-0.045
27	H-2	98.6	98.589	98.579	98.565	98.563	98.597	98.592	98.579	98.572	-0.007	-0.028

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe de topografía

Teniendo en cuenta que el sector donde se encuentran las construcciones en cuestión corresponde a arcillas bastante compresibles y susceptibles a los cambios de humedad causados por la variación del nivel freático, se solicitó la realización de un estudio de suelos, teniendo especial cuidado en la medición del nivel freático al momento de llevar a cabo las exploraciones, por lo que en el estudio de suelos 34 indica en la tabla 6 pg.17 que el nivel freático hallado varia de -2.0m a -5.0m, con un descenso considerable comparado con el registrado al inicio de la

construcción del Edificio n.º.2 que marcaba valores de -1.80m y -2.50m³⁵. Adicionalmente se menciona en el mismo informe lo siguiente en la pg.17: “[...] en las perforaciones realizadas en 2019 la presencia del agua subsuperficial es altamente errática con presencia muy superficial en el S-3A y sin reportarse en el S-2A. La situación descrita parece reflejar las condiciones de flujo de aguas subsuperficiales hacia las excavaciones vecinas, no obstante, la presencia de las estructuras de contenci” (Ariza, 2019) (SPC LTDA, 2016)

Por lo anterior es posible concluir que los daños en la plataforma del costado norte del edificio Manglar fueron causados en su mayoría durante la construcción del Edificio n.º.1, sin embargo, los mayores valores de asentamiento diferencial y de inclinación del edificio se dan desde la excavación de los sótanos del Edificio n.º.2. (véase la Figura 62)

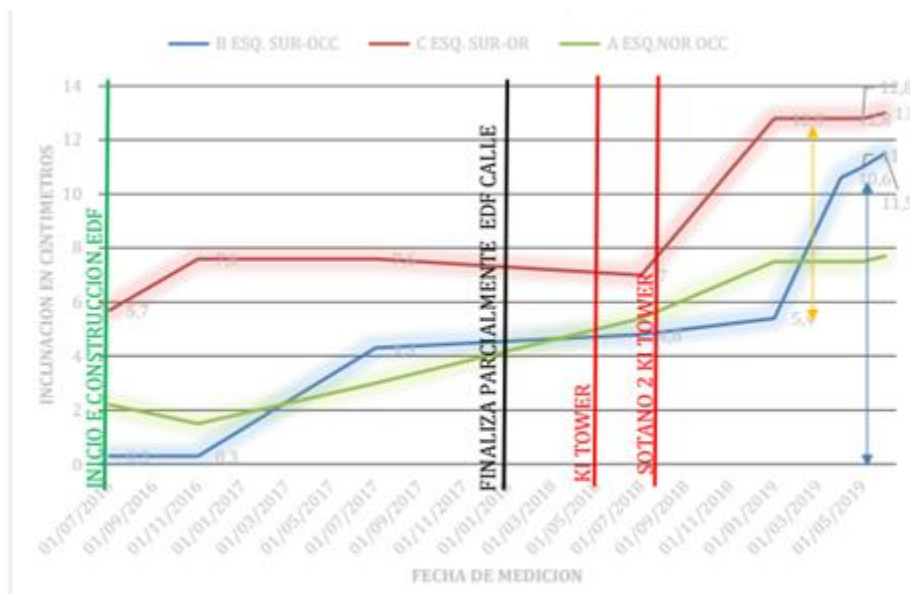


Figura 62. Variación de la Inclinación del Edificio Manglar con Respecto a la Construcción de los Edificios Colindantes. Fuente: Elaboración propia



Figura 63. Variación de la Inclinación del Edificio Manglar, Estado Después de la Construcción del Segundo Sótano, Edificio n°.2. Fuente: Elaboración propia

Con excepción de los daños en la plataforma, se puede aseverar que los daños en la estructura del edificio Manglar fueron causados por el descenso vertiginoso del nivel freático en los periodos de construcción de las edificaciones colindantes, lo que ha causado la compresión del suelo portante el cual se encuentra compuesto principalmente por suelos lacustres blandos. Esta modificación en las condiciones del suelo permite la rotación generando los daños ya anteriormente descritos (véase las Figuras 63 y 64).

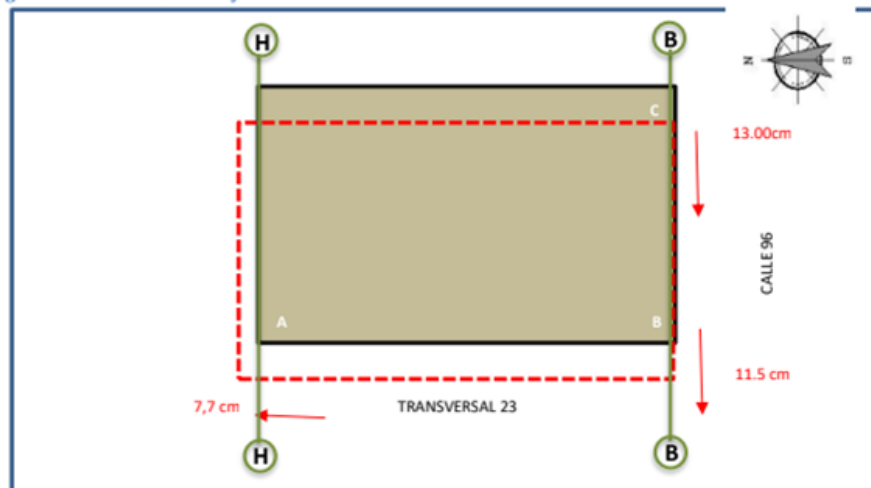


Figura 64. Variación de la Inclinación del Edificio Manglar, Después de la Construcción del Sótano del Edificio nº.2. Fuente: Elaboración propia

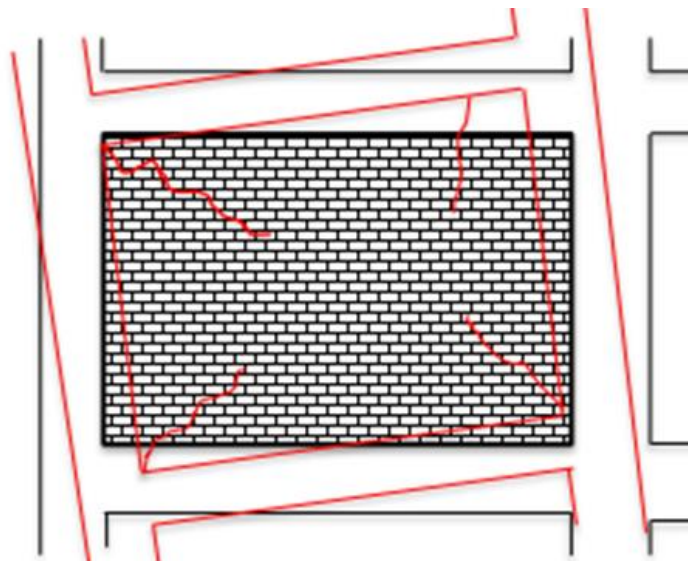


Figura 65. Efecto que Causa la Inclinación del Edificio Sobre Muros de Mampostería. Fuente: Elaboración propia

Estos movimientos derivan en los daños ya mencionados, que son la causa de las fracturas, grietas y fisuras en el sistema murario, fenómeno que se puede explicar en la siguiente gráfica (véase la Figura 65) donde se muestra el efecto que causa la rotación de la estructura que está conformada por pórticos con vigas y columnas que confinan la mampostería.

Con el fin de valorar la magnitud del daño presentado en el edificio Manglar, una vez calificados los daños de cada uno de los espacios, se procedió a ponderar el porcentaje de afectación sectorizado al interior de los apartamentos y de las zonas comunes, lo que permitió elaborar el siguiente cuadro resumen (véase la Tabla 8)

Tabla 8.

Porcentaje de Daño en el Edificio Manglar a Junio de 2019

ESPACIO	% MUROS	% PISOS	%C/RASO
Área común portería	35,50%	0	0
Parqueaderos	31,36%	42,77%	24,44%
Área común piso 2	7,54%	0	7,67%
Área común piso 3	17,09%	0	8,25%
Área común piso 4	21,25%	0	15,12 %
Área común piso 5	32,79%	0	7,03%
Área común bajo cubierta	17,08%	0	14,17%
Apartamento 201	NO FUE	POSIBLE	REGISTRARLO
Apartamento 202	21,25%	18,00%	8,23%
Apartamento 203	11,29%	0	14%
Apartamento 204	10,21%	0	0
Apartamento 205	34,38%	0	0,5%
Apartamento 301	5,55 %	0	0
Apartamento 302	2,10%	0	1,5%
Apartamento 303	8,82%	0	0
Apartamento 401	30,03%	0	0,86%
Apartamento 402	32,89%	0	8,3%
Apartamento 403	6,87%	0	0
Apartamento 404	31,88%	11,19%	5,4%
Apartamento 405	37,44%	0	11%
Apartamento 501	14%	0	5,3 %
Apartamento 502	15,5%	0	0
Apartamento 503	21,20%	13,97%	5,00%
Apartamento 504	21,55%	0	0
Apartamento 601	NO FUE	POSIBLE	REGISTRARLO

Fuente: Elaboración propia

Evaluación física y mecánica y composición y estructura del concreto y/o materiales

Este ítem no está dentro del alcance, puesto que en este caso no se encuentra en duda la materialidad del edificio, razón por la cual la profundización del caso se hará en el suelo.

Resultados de Topografía

De acuerdo con los resultados de topografía y las mediciones realizadas al edificio Manglar se encontró que: en el primer piso, en la zona de parqueaderos, específicamente en las columnas, existen actualmente los registros de tres tipos de marcas de niveletas de control de medición para asentamiento, las cuales han sido realizadas por cada una de las constructoras, Edificios n°.1 y n°.2 y la copropiedad del edificio Manglar, a partir de esta información se seleccionó uno de estos grupos de marcas, se tomó un BM ubicado en las cercanías de la autopista Norte como se muestra en el informe de topografía, y se realizó la medición de asentamiento y de verticalidad, además de la instalación de regletas y testigos de movimiento en diferentes sectores del edificio Manglar.

Resultados de Estudios Geotécnicos

Se procedió a revisar las memorias de cálculo, estudios de suelos, informes y registros fotográficos existentes del edificio en estudio y de los colindantes, con el fin de correlacionar la información con lo observado en el sitio. Fue posible contar únicamente con los registros de medición de niveletas ya que las actas de vecindad solo contenían fotos de zonas comunes y de algunos apartamentos, las mencionadas fotografías no están codificadas ni se indican los espacios físicos a los cuales pertenecen, razón por la cual, no fue posible contar con información alguna suministrada por la constructora del Edificio n°.1.

Registro de daños

Se realizó una inspección visual detallada del sitio, con el objeto de hacer un levantamiento y reconocimiento de los daños presentados durante y después de las construcciones colindantes. Se registró cada una de las lesiones, lo que permitió la elaboración de los planos de levantamiento y calificación de los daños presentados en el edificio (véase el Anexo C Planos de Calificación) al momento de la inspección. Se inició por zonas comunes (fachadas, parqueaderos, portería, escaleras, ascensor, circulación pisos 2, 3, 4, 5,6, terrazas, depósitos y cubierta), pasando a los apartamentos: 201-202-203-204-205-301-302-303-401-402-403-404-405-501-502-503-504-601.

Se realizó un inventario de daños estructurales y funcionales, para lo cual se hizo un registro de fisuras, grietas, fracturas, humedades etc., de igual manera se registró inclinación de pisos, aperturas de puertas, evacuación de sanitarios, canales y bajantes.

Finalmente, luego de organizar y analizar la información obtenida y las visitas y registros se elaboró un registro fílmico, fotográfico y en planimetría con su respectivo formato, así como la elaboración de fichas de calificación, en las cuales se encuentran sincretizados los daños del edificio Manglar.

Diagnóstico

Con los resultados de los análisis arriba mencionados, se pudo establecer que existe una zona de fractura en el sistema murario, que ha afectado cada uno de los espacios en su orden, de forma leve, media o alta. Las zonas de mayor fractura se encuentran en la plataforma del costado norte y en el sistema murario de la zona comprendida entre los ejes 2 y 3 en el costado occidental del edificio.

La edificación presenta principalmente lesiones mecánicas, físicas y químicas, de las cuales las más graves y evidentes corresponde a las lesiones mecánicas. Actualmente en el edificio se observan diferentes tipos de daño, como son dislocaciones, fracturas, grietas y fisuras en la zona de plataforma; grietas y fisuras en los muros divisorios y de fachada además de algunas en placa, no hay afectaciones visibles en la estructura principal. Estos daños se presentan en diferentes sectores de toda la edificación.

En orden de magnitud del daño y del riesgo en el edificio, en primera instancia se encuentran los que se presentaron en la plataforma norte de la primera placa que se encuentra en colindancia directa con el Edificio n°.1, en la cual se dislocaron y fracturaron varios de los elementos principales de la estructura, lo que conllevó a su apuntalamiento preventivo solicitado por el IDIGER, así como su posterior demolición y reconstrucción por parte de la constructora del Edificio n°.2 , debido al riesgo de colapso que presentaba este sector de la estructura.

El edificio Manglar aparte de los daños de la plataforma, presenta también daños en el sistema murario de particiones y muros de fachada, los cuales se evidencian a través de fracturas, grietas, fisuras en muros, así como en las placas de entrepiso. Esta tipología de daño afecta no solo los acabados y la estabilidad del sistema murario ante un evento sísmico con el respectivo riesgo para los habitantes y visitantes del edificio, sino que causa también daños de tipo funcional de

carácter permanente como son la inclinación de placas de piso, dificultades en la apertura de puertas y ventanas, afectación de las pendientes del desagüe para sifones y terrazas, así como en las redes sanitarias, rotura de vidrios y de las tuberías. La inclinación del edificio trae consigo la humedad permanente por la fachada donde el agua no drena, sino que corre sobre ella, aumentando los deterioros que se evidencian como desprendimientos, biodeterioro y humedades al interior de los antepechos de las ventanas. Adicionalmente en la edificación han variado los niveles arquitectónicos para el ingreso al edificio, con dislocaciones y fracturas del cerramiento, además de los fallos en el ascensor por la pérdida de verticalidad del foso. Los daños indicados anteriormente se dan por la inclinación y asentamiento del edificio, los cuales han podido ser medidos y monitoreados durante la construcción de los edificios colindantes como ya se ha mencionado anteriormente.

Propuesta de Intervención

Propuesta Intervención 1

Pilotes preescavados y fundidos in situ: fue la alternativa prioritaria de reparación cuya principal virtud es que es un recalce profundo de la cimentación superficial existente (losa flotante) lo que en la práctica convierte la nueva cimentación en profunda ya que le transmite las solicitaciones de carga de la estructura a un suelo de cimentación más profundo y de mayor idoneidad en cuanto a las características físico-mecánicas y de resistencias de dicho sustrato. Otra ventaja de esta solución es que no requiere una maquina piloteadora que, por tratarse de una edificación ya construida, no es de fácil acceso y aun si lo fuera su accionar de percusión puede originar vibraciones que agraven las lesiones existentes. Esta opción es la indicada para los recalces en que hay que atravesar estratos flojos o con presencia de agua.

Valor por metro lineal \$150.000

Propuesta Intervención 2

Micropilotes: para estructuras de cimentación ya construidas y obras que necesita refuerzo y recalce, son adecuados. Las ventajas son: que es un recalce profundo, producen bajos niveles de ruido, requieren equipos de tamaño reducido para poder hincarlos, son recomendables porque soportan solicitaciones axiales de compresión y tracción.

Se plantea un conjunto de micropilotes de sistema de inyección única global IU de lechada o mortero de cemento en la perforación del taladro. Se inyecta a baja presión hasta que rebose.

Valor por metro lineal \$100.000

Propuesta Intervención 3

Jet grouting: para mejoramiento del terreno se puede hacer simultáneamente con las dos anteriores, pero no las reemplaza, ya que su objetivo no es intervenir ni mejorar la estructura de cimentación, sino optimizar las características geo mecánicas del suelo subyacente y circundante de la cimentación, la desventaja es que no mejora la transmisión de cargas a estratos profundos.


Valor por metro cúbico \$150.000

Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto correspondiente al reforzamiento estructural del edificio Manglar. (véase el Anexo E Presupuesto).

Tabla 9.

Presupuesto Reforzamiento Estructural Edificio Manglar

 PRESUPUESTO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EDIFICIO MANGLAR					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Vr. Parcial
1	REPLANTEO				
1.1	Replanteo	m²	874,00	\$ 2.720,78	\$ 2.377.960,32
	Subtotal REPLANTEO				\$ 2.377.960,32
2	DEMOLICIÓN PLACA DE PISO EN CONCRETO				
2.1	Demolición de losa de concreto armado, con medios manuales.	m²	20,90	\$ 39.787,37	\$ 831.663,62
	Subtotal DEMOLICIÓN PLACA DE PISO EN CONCRETO E=10CM				\$ 831.663,62
3	HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS				
3.1	Pilote prefabricado de concreto armado.	m	510,00	\$ 136.082,67	\$ 69.402.163,81
3.2	Descabezado de pilote prefabricado de concreto armado.	m	17,00	\$ 14.816,47	\$ 251.879,99
	Subtotal HINCADO DE PILOTES PREFABRICADOS				\$ 69.654.043,80
4	ARMADO DE DADOS DE CIMENTACIÓN				
4.1	Cabezal de grupo de pilotes.	m³	22,80	\$ 210.541,42	\$ 4.800.965,79
	Subtotal ARMADO DE DADOS DE CIMENTACIÓN				\$ 4.800.965,79
5	FUNDIDA DE DADOS				
5.1	Cabezal de grupo de pilotes.	m³	22,80	\$ 256.812,50	\$ 5.856.082,93
5.2	Sistema de encofrado para cabezal de grupo de pilotes.	m²	42,48	\$ 31.095,44	\$ 1.320.934,49
	Subtotal FUNDIDA DE DADOS				\$ 7.177.017,43
6	FUNDIDA DE PLACA FLOTANTE				
6.1	Placa flotante	m²	20,90	\$ 254.313,05	\$ 5.315.830,78
	Subtotal FUNDIDA DE PLACA FLOTANTE				\$ 5.315.830,78
7	ALISTADO DE PISO				
7.1	Alistado de Piso	m²	20,90	\$ 34.147,11	\$ 713.767,01
	Subtotal ALISTADO DE PISO				\$ 713.767,01
8	REPARACIONES MUROS APARTAMENTOS (FRACTURAS, GRIETAS Y FISURAS)				
8.1	Reparación de fisuras en estructura de mampostería de ladrillo cerámico, con mortero.	m²	569,46	\$ 11.754,35	\$ 6.693.631,37
8.2	Reparación de grieta en mampostería, mediante cosido con grapa metálica.	m	9.183,33	\$ 25.502,47	\$ 234.197.645,47
8.3	Reparación de fractura en mampostería, mediante cosido con grapa metálica.	m	5.421,43	\$ 25.502,47	\$ 138.259.797,44
	Subtotal REPARACIONES APARTAMENTOS				\$ 379.151.074,28
9,0	REPARACIONES FUNCIONALES, REMPLAZO DE PIEZAS				
9.1	Enchape en cerámica	m²	1.332,83	\$ 36.030,09	\$ 48.022.060,11
9.2	Pañete liso en muro	m²	2.154,22	\$ 31.500,65	\$ 67.859.395,40
9.3	Estuco y vinilo 3 manos	m²	1.999,25	\$ 22.432,22	\$ 44.847.576,97
9.4	Alistado de Piso	m²	261,82	\$ 34.147,11	\$ 8.940.260,07
9.5	Pañete rústico bajo placa	m²	130,91	\$ 44.709,82	\$ 5.852.872,99
9.6	Tubería PVC descolgada	m	245,00	\$ 26.965,71	\$ 6.606.598,80
	SUBTOTAL REPARACIONES FUNCIONALES, REMPLAZO DE PIEZAS				\$ 182.128.764,34
	TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 652.151.087,36
	ADMINISTRACIÓN (A) 12%				\$ 78.258.130,48
	IMPREVISTOS (I) 3%				\$ 19.564.532,62
	UTILIDAD (U) 8%				\$ 52.172.086,99
	IVA DEL 19% SOBRE LA UTILIDAD				\$ 9.912.696,53
	TOTAL COSTO INDIRECTO (AIU)				\$ 812.058.533,98
	INTERVENTORÍA (10 % DEL COSTO DIRECTO)				\$ 65.215.108,74
	TOTAL COSTO DEL PROYECTO				\$ 877.273.642,71

Fuente: Elaboración propia

Programación

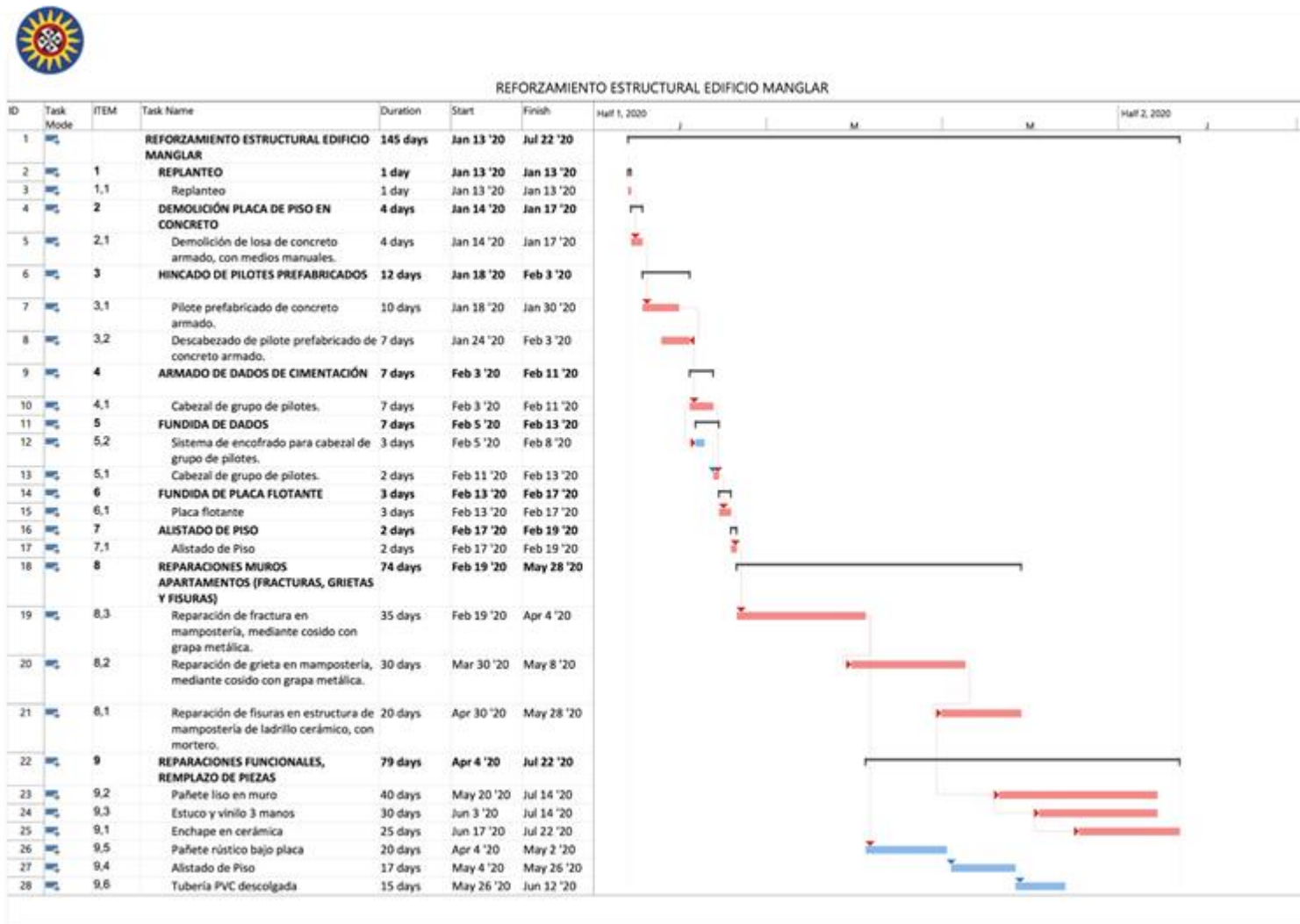


Figura 66. Programación Correspondiente al Edificio Manglar. Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones

Acciones Inmediatas

Se debe continuar el seguimiento instrumentado, de las estructuras comprometidas, que incluya medición de desplazamientos verticales y horizontales.

Desvinculación total de la zona de plataforma de la estructura principal.

Realizar inspección detallada de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que pueden estar siendo afectadas particularmente en los primeros niveles. Esta inspección deberá incluir el levantamiento de fisuras, desplome de puertas y ventanas, desajuste de enchapes, pisos etc.

Refuerzo de la cimentación

En primer lugar, deberá frenarse el asentamiento que se da en mayor grado hacia el costado norte-occidental; luego se intentará la nivelación de la torre.

Para tales propósitos se emplearán pilotes del tipo gateados y reaccionados contra la estructura ya construida.

La capacidad de carga a compresión se presenta en Tabla 10.

Tabla 10.

Capacidad Admisible de Pilotes Gateados

Longitud	Sección circular			Sección cuadrada		
	D=0.20m	D=0.25m	D=0.30m	L=0.20m	L=0.25m	L=0.30m
25	16,94	21,27	25,64	21,57	27,09	32,65
26	17,54	22,03	26,55	22,34	28,05	33,80
27	18,13	22,75	27,42	23,08	28,97	34,91
28	18,61	23,36	28,14	23,70	29,74	35,83
29	19,14	24,01	28,93	24,36	30,58	36,83
30	19,74	24,77	29,83	25,13	31,53	37,98

Fuente: elaboración propia

La cantidad de pilotes será tal que estén en condiciones de corregir la excentricidad de las torres; además deberán tomar parte de la carga total de la edificación; habrá también pilotes para reducir los asentamientos diferenciales. La ubicación y cantidad de estos pilotes se determinará de común acuerdo con el especialista estructural.

Se recomienda realizar el trabajo de manera intercalada, interviniendo un solo apoyo a la vez. Se intervendrán primero los puntos de mayor asentamiento.

La instalación de pilotes en los ejes extremos del costado sur u oriental, solo se hará cuando se haya verificado la estabilidad de la parte piloteada.

Después de cada fase de refuerzo se revisarán los resultados del control topográfico para ir ajustando la solución adecuadamente.

Los pilotes se distribuirán en cercanías a la columna respectiva; el ingeniero estructural revisará la mejor distribución de manera que el apoyo no vaya a quedar excéntrico. La separación entre centros de pilotes de un mismo grupo no será inferior a 3 diámetros.

Deben tomarse todas las medidas de protección, incluyendo el apuntalamiento de las placas y vigas aéreas. No se debe dejar desprotegida ninguna zona de la construcción. Se evitará el trabajo en altura hasta tanto no se haya comprobado la bondad del reforzamiento.

El proceso de instalación de los pilotes requiere un monitoreo permanente que permita detectar cualquier anomalía que surja en la estructura ya construida, así como la evolución de recuperación de asentamientos.

El control de asentamientos debe mantenerse, con reportes diarios.

Se deberán monitorear todos los elementos estructurales; cualquier anomalía que surja debe ser informada de inmediato a los especialistas responsables.

Construcción de pilotes

Los pilotes prefabricados permiten resolver la cimentación profunda de cualquier estructura de una forma rápida y limpia. Se trata de un pilote de desplazamiento, introducido por hincas en el terreno, en este caso mediante gatos hidráulicos reaccionados contra la estructura existente. Permiten, además, la reacomodación del suelo circundante proporcionando una densificación del mismo. Evitan la generación de residuos de excavación. La longitud de cada pieza será de entre 1,0m y 1,5m, de acuerdo con la disponibilidad del fabricante, se irán ensamblando sucesivamente con juntas de acero. El cemento utilizado en su fabricación debe ser del tipo portland de alta resistencia y resiliente a los sulfatos.

Medidas preventivas

Durante el proceso de excavación y construcción se recomienda implementar un plan de seguimiento y monitoreo documentado que tenga en cuenta las diferentes etapas constructivas, de tal manera que si se advierten síntomas de inestabilidad geológica o estructural se puedan tomar los correctivos necesarios y se pueda hacer un seguimiento por parte de las autoridades competentes. Como medidas preventivas se indican las siguientes:

Construir el cerramiento en material adecuado. Demarcar la obra con cinta reflectiva, malla o las áreas externas a la obra que impliquen algún uso de la obra misma.

Demarcar los accesos: definir senderos peatonales con un ancho no inferior a 1,0m. señalar dichos senderos y cruces.

Aislar totalmente las áreas de excavación activas. Para la excavación de los cimientos es importante contar con sistemas de iluminación que permitan la visualización del área.

Se debe asegurar la estabilidad de las paredes bajo todas las condiciones de trabajo utilizando, siempre, sistema de entibado continuo como puntales transversales y aun diagonales en las esquinas; el sistema será de madera o metálico o una combinación de las dos.

El terreno descubierto permanecerá constantemente drenado utilizando para ello un equipo de bombeo adecuado. La base de la excavación será re compactada, los fallos que se presenten serán removidos y reemplazados por material seleccionado.

Al observar algún síntoma de inestabilidad que pueda comprometer la construcción vecina, se procederá a submurar con concreto ciclópeo.

Debe programarse un control topográfico que incluya el monitoreo de la obra como de sus vecinos, incluyendo las vías perimetrales. Dicho control incluirá tanto tenencias verticales como horizontales.

Conclusiones

De acuerdo con la información suministrada, las mediciones y las inspecciones realizadas, se puede concluir lo siguiente:

Al inicio de la construcción del Edificio n°.1 y el edificio Manglar se encontraban con una inclinación de 6,0 cm al oriente y de 2,2 cm hacia el sur.

Al finalizar la construcción del Edificio n°.1, el edificio Manglar presentaba inclinaciones de 4,3 cm al oriente, disminuyendo la inclinación del edificio en esa dirección respecto a la medición inicial, en la otra dirección se registra una inclinación de 7,6 cm al sur, con asentamientos diferenciales de 1,5 cm, los daños más severos se observan en la plataforma ubicada al costado norte.

Por parte de la constructora del Edificio n°.1, en julio 06 de 2016 se mencionan flujos de agua hacia la excavación de este edificio, los cuales están a nivel superficial y no corresponden al nivel freático, además que seguramente proviene de los tanques de almacenamiento o de las cimentaciones aledañas. Al respecto es importante aclarar que los tanques de almacenamiento de agua del edificio Manglar de encuentran al costado sur, paralelo a la calle 95 en posición opuesta al Edificio n°1, el edificio Axis tiene sus tanques en colindancia con el Edificio n°.1 y una vez requeridos al respecto, realizaron labores de mantenimiento en el año 2017 y comienzos del 2018, dichas labores consistieron en cambios de algunos accesorios de tuberías, emboquillado, lavado y mantenimiento general. Este suceso se dio antes de la excavación del segundo sótano del Edificio n°.2.

El nivel freático al inicio de la construcción del edificio Manglar se encontraba entre -1,70m y -3,20 m, al inicio de la construcción del Edificio n°.1 el nivel freático se registra entre -1,40m y -

3,10m, para el inicio de la construcción del Edificio n°.2 se registran datos para el nivel freático de -1,60m y -2,50m. Finalmente, durante la construcción del Edificio n°.2 se produce un descenso del nivel freático de -2,0m a -5,0m, lo que afectó el suelo de cimentación de las estructuras circundantes a la obra, suelo que está compuesto por arcillas altamente compresibles.

Desde el momento de excavación del segundo sótano del Edificio n°.2 a julio de 2019, el Edificio Manglar con las mediciones realizadas de enero a julio de 2019 registró un asentamiento diferencial de 26,2 cm a razón de 3,96 cm por mes, con movimientos de oriente hacia el occidente de 18,9 cm ($4,3+14,6=18,9\text{cm}$) a razón de 3,15 cm por mes, de igual manera sucedió en sentido longitudinal, el movimiento registrado es de sur a norte en una magnitud de 10,8cm ($7,6\text{cm}+3,2\text{cm}=10,8\text{ cm}$), el asentamiento tenía la tendencia de estabilizarse hasta la medición de junio, no obstante cabe anotar que de junio a julio se registró un asentamiento diferencial acentuado hacia el occidente de 4,0 cm que es un valor bastante alto.

El seguimiento de topografía hecho a partir de los controles realizados por la constructora del Edificio n°. 1, toda vez que la constructora del Edificio n°.2 no suministró la información, a pesar de solicitarla reiteradamente por parte de la administración del edificio Manglar.

En lo que refiere a la variación del nivel freático el geotecnista alude que es causada por las modificaciones en las condiciones de flujo de aguas subsuperficiales hacia las excavaciones vecinas, a pesar de la presencia de las estructuras de contención.

Es posible concluir que los daños en la plataforma del costado norte del edificio Manglar fueron causados en su mayoría durante la construcción del Edificio n°.1, debido a la inclinación generada en el edificio en dirección sur, sin embargo, los mayores valores de asentamiento diferencial y de inclinación del edificio, se dan desde la excavación de los sótanos del Edificio n°.2.

Con excepción de los daños de la plataforma, como se mencionó anteriormente, se puede aseverar que los daños en la estructura el edificio Manglar fueron causados por el descenso vertiginoso del nivel freático, lo que ocasionó la compresión del suelo portante, el cual se encuentra compuesto principalmente por suelos lacustres blandos. Esta modificación en las condiciones del suelo permite la rotación o inclinación del edificio Manglar generando los daños descritos en el documento.

Los daños estructurales actualmente están relacionados con fracturas, grietas y fisuras en el sistema murario de todo el edificio Manglar; dislocaciones y fracturas en la zona de la plataforma del costado norte con riesgo de colapso de esta zona, a esto se suman los daños funcionales para aperturas de puertas y ventanas, inclinación de placas de entrepiso, fracturas de tuberías y mal funcionamiento de sifones y tuberías sanitarias tanto de la zona común como al interior de los apartamentos.

Del seguimiento realizado, se han podido establecer dos tipos de daños, una primera etapa de asentamiento diferencial en el edificio causando daños con fracturas y dislocaciones en la zona de la plataforma del costado norte durante la construcción del Edificio n°.1 y una segunda etapa de daño causada por la actual construcción que se viene desarrollando para el Edificio n°.2 donde muy probablemente por el sistema constructivo desarrollado para los dos sótanos, se ha ocasionado un asentamiento vertiginoso del edificio Manglar en dirección sur y occidente, con el agravante que dicho movimiento se encuentra actualmente activo, como indican las mediciones.

El estudio de suelos sugiere la implementación de pilotes en el edificio Manglar para estabilizar y mitigar la inclinación progresiva del inmueble.

Se recomienda poner en conocimiento acerca de la evolución de los daños y registros de topografía del edificio a los ingenieros de las construcciones involucradas y con el fin de obtener sus recomendaciones y procedimientos de intervención.

Se recomienda tomar las medidas técnicas de contingencia y mitigación del daño, para frenar de forma inmediata el asentamiento que se viene causando por parte de la obra del Edificio n°.2 y poder empezar a planear la reparación del edificio Manglar.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). *Decreto 523 (16 de diciembre de 2010). Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C.* Bogotá: Alcaldía.
- Ariza, W. (2019). *34 Documento 30 : Estudios de Suelos y Recomendaciones de Cimentación ES-19- 3482, Julio de 2019.* Bogotá .
- Broto, C. (2006). *Tratado Broto de la Construcción Patología de los materiales de construcción.* Barcelona, España: Links Internacional.
- Copropiedades. (s.f.). *Daños por Construcciones Vecinas - Al lado de nuestro conjunto se viene realizando una construcción de varias torres.* <https://www.copropiedades.com.co/bdconsultas/DA%C3%91OS-POR-CONSTRUCCIONES-VECINAS---Al-lado-de-nuestro-conjunto-se-viene-realizando-una-construcci%C3%B3n-de-varias-torres>
- Corradine Angulo, A. (s.f.). *Introducción a la patología de edificios.* Bogotá.
- El Tiempo. (22 de Enero de 2015). *Familia se quedó sin casa porque obra vecina generó grietas.* Obtenido de El Tiempo Zona: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15135542>
- Equipo Digital NTC. (25 de Febrero de 2018). *Habitantes de El Lago en Bogotá tendrán que desalojar sus casas por culpa de una construcción vecina.* Obtenido de Noticias Canal 1: <https://noticias.canal1.com.co/que-tal-esto/habitantes-lago-bogota-tendran-desalojar-casas-culpa-una-construccion-vecina/>
- Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital IDECA. (2019). *Zonificación Geotécnica. Bogotá D.C.* <https://www.ideca.gov.co/recursos/mapas/zonificacion-geotecnica-bogota-dc>

- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER. (2020). *Caracterización General del Escenario de Riesgo por la Actividad de la Construcción*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá: <https://www.idiger.gov.co/rconstrucciones>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2012). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Monjo Carrio, J. (1997). *Patología de cerramientos y acabados Arquitectónicos*. Ed. Munilla.
- Perea Bonilla, V., & Caicedo, S. (2 de Abril de 2018). *En Bogotá hay 2.363 edificaciones en riesgo estructural*. Obtenido de Diario El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-tiene-varias-edificaciones-en-riesgos-de-ruina-200092>
- Presidencia de Colombia. (1997). *Decreto 400 (19 de agosto de 1997). Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes*. Bogotá : DO 36.704.
- Presidencia de la República. (2010). *Decreto 926 (19 de marzo de 2010). Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes NSR-10*. Bogotá: DO: 47.656 .
- Reines & CIA. LTDA. (2016). *Informe de Consolidación Ed. Toledo*. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Planeación . (2018). *Plan parcial de desarrollo Plaza Chicó. Componente Ambiental Inicial*. Obtenido de Concreta: http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/componente_ambiental_dts-plazachico_abr_18.pdf
- Servicio Geológico Colombiano. (1997). *Estudio de suelos Simétrica*. Bogotá: Ingeominas.
- Simétrica. (2019). *Estudio de suelos y recomendaciones de cimentación*. Bogotá.
- SPC LTDA. (2016). *Estudio Geotécnico construcción edificio de 9 niveles, nivel de máquinas, cubierta en placa y dos sótanos, calle 95 No 21-80/84*. Bogotá.

Tamasco, J. (2018). *Documento 24: afectaciones costado norte Edf. Manglar. Informe diciembre 17 DE 2018*. Bogotá .

Uribe, A. (2001). *Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones Edificio - Transv 23 no. 95-06*. Bogotá.