



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



**DECANATURA DE DIVISIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
ESTUDIO PATOLOGICO EN PLATAFORMA DE PARQUEADEROS CONJUNTO
MALAGA CASTILLA RESERVADO – BOGOTA D.C.**

**ING. DAVID FELIPE GÓMEZ ARIZA
ING. JENNIFER PAOLA LÓPEZ VACA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DECANATURA DE DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ D.C**

2022

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| TABLA DE CONTENIDO | 2 |
| INDICE DE ILUSTRACIONES | 4 |
| INDICE DE TABLAS | 8 |
| 1. RESUMEN | 9 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 12 |
| 4. OBJETIVOS | 13 |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL | 13 |
| 4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS | 13 |
| 5. MARCO REFERENCIAL | 14 |
| 5.1 TEORICO | 14 |
| 5.2 LEGAL | 21 |
| 5.3 HISTORICO | 26 |
| 6. ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO | 28 |
| 7. METODOLOGÍA | 29 |
| 7.1 DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE: | 29 |
| 7.2 HISTORIA CLINICA | 29 |
| 7.2.1 Responsables del estudio: | 29 |
| 7.2.2 Fecha del estudio | 29 |
| 7.2.3 Datos generales del paciente | 30 |
| 7.2.4 En la edificación y/o construcción civil: | 35 |
| 7.2.5 Aplicación patológica | 38 |
| 7.2.6 Datos específicos de las lesiones: | 39 |
| 7.2.7 Descripción de la patología más relevante del paciente. | 50 |
| 7.2.8 Clasificación y origen de las patologías | 50 |
| 7.2.9 Datos generales del entorno | 52 |
| 7.2.10 Arquitectura: | 56 |
| 7.2.11 Clasificación de la estructura | 57 |
| 7.3 DIAGNOSTICO | 59 |
| 7.3.1 Ensayos destructivos y no destructivos | 59 |
| 7.3.2 Resultados de los ensayos | 60 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.3.3 | Lesiones mecánicas, físicas y químicas..... | 79 |
| 8. | ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA..... | 91 |
| 8.1 | Geología general del paciente..... | 91 |
| 8.2 | Fallas geológicas..... | 92 |
| 8.3 | Estudios de vulnerabilidad sísmica..... | 97 |
| 8.4 | Historia de sismos en la zona de estudio..... | 98 |
| 8.5 | Estudio de suelos realizado en el paciente..... | 100 |
| 8.6 | Cimentación utilizada..... | 104 |
| 8.7 | Controles topográficos - Asentamientos:..... | 106 |
| 8.8 | Mapa de ubicación del paciente en la microzonificación sísmica de la ciudad... | 107 |
| 8.9 | Análisis de vulnerabilidad sísmica del paciente..... | 110 |
| 8.9.1 | Determinación de parámetros de diseño..... | 110 |
| 8.10 | Matriz de vulnerabilidad..... | 113 |
| 9 | PROPUESTA DE INTERVENCIÓN..... | 116 |
| 10 | PRESUPUESTO..... | 133 |
| 11 | PROGRAMACIÓN..... | 137 |
| 11.1 | Programa de auscultación y ensayos del paciente de estudio:..... | 137 |
| 11.2 | Programa de intervención tentativo del paciente de estudio:..... | 137 |
| 12 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 139 |
| 13 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 143 |
| 14 | ANEXOS..... | 148 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|-----------|
| Figura 1..... | 15 |
| <i>Fases del estudio patológico</i> | <i>15</i> |
| Figura 2..... | 17 |
| <i>Proceso del estudio patológico.....</i> | <i>17</i> |
| Figura 3..... | 27 |
| <i>Usos predominantes de la UPZ 79 Calandaima, se señala la ubicación del predio en estudio el cual está representado con un uso para vivienda.</i> | <i>27</i> |
| Figura 4:..... | 30 |
| <i>Localización del paciente</i> | <i>30</i> |
| Figura 5..... | 31 |
| <i>Detalles de planos arquitectónicos edificio de parqueaderos</i> | <i>31</i> |
| Figura 6..... | 32 |
| <i>Sistemas modulares de encofrado manual.</i> | <i>32</i> |
| Figura 7..... | 33 |
| <i>Sistemas modulares de encofrado manual</i> | <i>33</i> |
| Figura 8..... | 34 |
| <i>Planos estructurales cimentación edificio de parqueaderos.....</i> | <i>34</i> |
| Figura 9..... | 37 |
| <i>Reparación de fisuras en placa de parqueadero.....</i> | <i>37</i> |
| Figura 10..... | 38 |
| <i>Fotografía de perfil del edificio comunal.....</i> | <i>38</i> |
| Figura 11..... | 40 |
| <i>Fotografía lesión No 1 ubicada en piso 6 (cubierta) edificio de parqueaderos</i> | <i>40</i> |
| Figura 12..... | 40 |
| <i>Fotografía donde se evidencia la falta de las dilataciones constructivas.....</i> | <i>40</i> |
| Figura 13..... | 41 |
| <i>Plano con el empozamiento del agua evidenciado en la inspección visual</i> | <i>41</i> |
| Figura 14..... | 42 |
| <i>Fotografía con la representación de la lesión No 2.....</i> | <i>42</i> |
| Figura 15..... | 43 |
| <i>Fotografía de la lesión No 3.....</i> | <i>43</i> |
| Figura 16..... | 44 |
| <i>Fotografías de fisuras presentes en cubierta y levantamiento de las mismas.....</i> | <i>44</i> |
| Figura 17..... | 46 |
| <i>Lesión N5 presencia de musgo.</i> | <i>46</i> |
| Figura 18..... | 46 |
| <i>Fotografía del desgaste de la pintura en piso 1</i> | <i>46</i> |
| Figura 19..... | 47 |
| <i>Fotografía de humedad presente en piso 4</i> | <i>47</i> |
| Figura 20..... | 48 |
| <i>Fotografía de las fisuras presentes en las placas de entrepiso</i> | <i>48</i> |
| Figura 21..... | 49 |
| <i>Fotografía de fisuras presentes en muro de carga del piso 5</i> | <i>49</i> |

| | |
|--|-----------|
| Figura 22..... | 50 |
| <i>Fotografía de oxidación en baranda de cubierta.....</i> | <i>50</i> |
| Figura 23..... | 51 |
| <i>Clasificación de las lesiones encontradas en el edificio de parqueadero.....</i> | <i>51</i> |
| Figura 24..... | 52 |
| <i>Intervalos de cambio de la temperatura en Bogotá del año 2016.....</i> | <i>52</i> |
| Figura 25..... | 53 |
| <i>Probabilidad diaria de precipitación en Bogotá.....</i> | <i>53</i> |
| Figura 26..... | 54 |
| <i>Velocidad del viento ciudad de Bogotá año 2016 – mes de noviembre.</i> | <i>54</i> |
| Figura 27..... | 55 |
| <i>Mapa normativo de amenaza por movimientos en masa ciudad de Bogotá</i> | <i>55</i> |
| Figura 28..... | 56 |
| <i>Mapa de amenaza por inundación en la ciudad de Bogotá</i> | <i>56</i> |
| Figura 29..... | 62 |
| <i>Evidencia fotografía del ensayo de ultrasonidos.</i> | <i>62</i> |
| Figura 30..... | 63 |
| <i>Correlación de resultados del esclerómetro - Evidencia fotografía del ensayo de esclerometría</i> | <i>63</i> |
| Figura 31..... | 65 |
| <i>Evidencia fotografía de la extracción de núcleos para resistencia en el muro Piso 4 y 5... 65</i> | <i>65</i> |
| Figura 32..... | 66 |
| <i>Evidencia fotografía de la extracción de núcleos para resistencia en el muro Piso 4 y 5... 66</i> | <i>66</i> |
| Figura 33..... | 69 |
| <i>Ensayo de carbonatación en núcleos de concreto.....</i> | <i>69</i> |
| Figura 34..... | 70 |
| <i>Medidor de fisuras usado para el levantamiento de fisuras</i> | <i>70</i> |
| Figura 35..... | 70 |
| <i>Fotografía de las fisuras existentes en el Muro Piso 5</i> | <i>70</i> |
| Figura 36..... | 74 |
| <i>Testigos realizados en las fisuras del muro de Piso 5.....</i> | <i>74</i> |
| Figura 37..... | 78 |
| <i>Tipos de fisura por retracción plástica en Muros</i> | <i>78</i> |
| Figura 38..... | 78 |
| <i>Tipos de fisura por retracción plástica en Muros</i> | <i>78</i> |
| Figura 39..... | 80 |
| <i>Fisura en unión muro placa lesión 1</i> | <i>80</i> |
| Figura 40..... | 81 |
| <i>Fotografía de la junta de dilatación conformada y placa con empozamiento de agua</i> | <i>81</i> |
| Figura 41..... | 82 |
| <i>Ensuciamiento de la fachada.....</i> | <i>82</i> |
| Figura 42..... | 83 |
| <i>Plano levantamiento de fisuras en las placas del edificio.</i> | <i>83</i> |
| Figura 43..... | 86 |
| <i>Ubicación errónea del acero de refuerzo en la placa de cubierta.</i> | <i>86</i> |
| Figura 44..... | 87 |
| <i>Fotografía de muro con musgo</i> | <i>87</i> |

| | |
|--|-----|
| Figura 45..... | 87 |
| <i>Fotografía de desgaste de pintura en piso</i> | 87 |
| Figura 46..... | 88 |
| <i>Fotografía de muro con humedad y eflorescencia.</i> | 88 |
| Figura 47..... | 88 |
| <i>Fotografía de fisuramiento de rampa vehicular</i> | 89 |
| Figura 48..... | 89 |
| <i>Levantamiento de fisuras presentes en el muro pantalla del piso 5</i> | 89 |
| Figura 49..... | 91 |
| <i>Mapa geológico de la ciudad de Bogotá.</i> | 91 |
| Figura 50..... | 92 |
| <i>Mapa geológico de la zona de estudio en la zona de Bogotá, localidad Kennedy.</i> | 92 |
| Figura 51..... | 93 |
| <i>Mapa del Grupo GeoRED de las placas tectónicas en los Andes.</i> | 93 |
| Tabla realizada por los autores | 94 |
| Figura 52..... | 95 |
| <i>Trazas idealizadas de los sistemas de fallamiento en la sabana de Bogotá</i> | 95 |
| Figura 53..... | 96 |
| <i>Mapa de ubicación de fallas cerca de la zona de estudio.</i> | 96 |
| Figura 54..... | 97 |
| <i>Mapa de índice de daño de las edificaciones por manzana en la ciudad de Bogotá, por sismo magnitud 7.5</i> | 97 |
| Figura 55..... | 100 |
| <i>Ubicación de las perforaciones o sondeos del edificio de parqueaderos</i> | 100 |
| Figura 56..... | 102 |
| <i>Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo NSR 10</i> | 102 |
| Figura 57..... | 103 |
| <i>Mapa de microzonificación sísmica en la ciudad de Bogotá</i> | 103 |
| Figura 58..... | 105 |
| <i>Plano de ubicación de pilotes en edificio comunal y cuadro pilotes</i> | 105 |
| Figura 59:..... | 106 |
| <i>Plano de cimentación propuesta para el edificio de parqueaderos Málaga</i> | 106 |
| Figura 60..... | 106 |
| <i>Control de asentamientos edificio de parqueaderos Conjunto Málaga</i> | 106 |
| Figura 61..... | 108 |
| <i>Mapa de zonas geotécnicas de la ciudad de Bogotá</i> | 108 |
| Figura 62..... | 109 |
| <i>Mapa de respuesta sísmica del paciente</i> | 109 |
| Figura 63..... | 112 |
| <i>Parámetros de diseño de la empresa Aycardi Estructural para modelar la estructura de parqueaderos del proyecto Málaga</i> | 112 |
| Figura 64..... | 117 |
| <i>Foto de ejemplo de inyección de fisuras de manera vertical en muros</i> | 117 |
| Figura 65..... | 118 |
| <i>Tipos de fisuras – Estado endurecido – Retracción por secado</i> | 118 |
| Figura 66..... | 119 |
| <i>Proceso de aplicación de la cubierta de impermeabilización.</i> | 119 |

| | |
|---|-----|
| Figura 67..... | 121 |
| <i>Foto de fisuramiento de una placa de concreto y su posterior corte</i> | 121 |
| Figura 68..... | 122 |
| <i>Esquema de los trabajos a realizar de lleno de placa y recuperación de la pendiente según planos.</i> | 122 |
| Figura 69..... | 123 |
| <i>Esquema de dilataciones y cortes a general en la zona de estudio.</i> | 123 |
| Figura 70..... | 124 |
| <i>Esquema de trabajos a desarrollados para la eliminación de la causa.</i> | 124 |
| Figura 71..... | 125 |
| <i>Esquema de identificación de junta fría.</i> | 125 |
| Figura 72..... | 126 |
| <i>Esquema general de replanteo de la dilatación en la unión o junta de materiales diferentes.</i> | 126 |
| Figura 73..... | 127 |
| <i>Esquema general conformación de la nueva dilatación.</i> | 127 |
| Figura 74..... | 129 |
| <i>Fotografía de aplicación de pintura para tráfico en vía vehicular.</i> | 129 |
| Figura 75..... | 130 |
| <i>Fotografía de lesión después de la intervención por temas filtración de agua.</i> | 130 |
| Figura 76..... | 130 |
| <i>Fotografía de lavado de muro para la eliminación de las eflorescencias en el muro.</i> | 130 |
| Figura 77..... | 131 |
| <i>Foto de la intervención antes y después.</i> | 131 |
| Figura 78..... | 132 |
| <i>Esquema de reparación y propuesta de mejoramiento – Zonas con musgos y con encharcamiento de agua.</i> | 132 |
| Figura 79..... | 132 |
| <i>Fotografía de lesión antes y después de la intervención por temas de musgo.</i> | 132 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 | 34 |
| <i>Resistencia de materiales solicitados por la firma consultora Aycardi Estructural SA</i> | 34 |
| Tabla 2: | 35 |
| <i>Información básica en edificio de parqueaderos</i> | 35 |
| Tabla 3 | 51 |
| <i>Lesiones encontradas en la inspección visual del edificio de parqueaderos.</i> | 51 |
| Tabla 4 | 59 |
| <i>Cantidad de ensayos realizados en el paciente</i> | 59 |
| Tabla 5 | 61 |
| <i>Correlación de valores del ultrasonido ASTM C597</i> | 61 |
| Tabla 6 | 61 |
| <i>Resultados de ensayos de ultrasonido en Muro Piso 5, 4 y 3</i> | 61 |
| Tabla 7 | 63 |
| <i>Resultados de ensayos de esclerometría en Muro Piso 5, 4 y 3</i> | 63 |
| Tabla 8 | 65 |
| <i>Resultados de ensayos en cilindro de concreto</i> | 65 |
| Tabla 9 | 66 |
| <i>Relación entre la resistencia y el índice esclerométrico</i> | 66 |
| Tabla 10 | 67 |
| <i>Interpolación de resistencia a la compresión según el índice esclerométrico</i> | 67 |
| Tabla 11 | 68 |
| <i>Validación de resultados de resistencia en núcleos</i> | 68 |
| Tabla 12 | 71 |
| <i>Levantamiento de fisuras del muro del piso 5</i> | 71 |
| Tabla 13 | 71 |
| <i>Registro fotográfico de los testigos en yeso de las fisuras como el control</i> | 71 |
| Tabla 14 | 94 |
| <i>Fallas geológicas presentes cerca de la ciudad de Bogotá.</i> | 94 |
| Tabla 15 | 99 |
| <i>Sismos reportados como sentidos en Bogotá con intensidad máxima a 7 desde el 2008 a hoy</i> | |
| Tabla 16 | 101 |
| <i>Perfil estratigráfico de la zona de estudio.</i> | 101 |
| Tabla 17 | 109 |
| <i>Descripción de las zonas de respuesta sísmica en la ciudad de Bogotá.</i> | 109 |
| Tabla 18 | 110 |
| <i>Descripción de las zonas de respuesta sísmica de la ciudad de Bogotá.</i> | 110 |
| Tabla 19 | 111 |
| <i>Coefficientes y curva de diseño para la ciudad de Bogotá</i> | 111 |
| Tabla 20 | 113 |
| <i>Matriz de vulnerabilidad del edificio de parqueaderos</i> | 113 |
| Tabla 21 | 133 |
| <i>Presupuesto para las lesiones planteadas anteriormente.</i> | 133 |
| Tabla 22 | 137 |
| <i>Programación de reparaciones del paciente de estudio</i> | 137 |

1. RESUMEN

Este documento comprende el estudio patológico como informe final de la investigación realizada en un edificio de parqueaderos ubicado en la ciudad de Bogotá – localidad de Kennedy, con un área de 7440m². Construido con un sistema de muros de carga en concreto reforzado el cual fue diseñado y construido bajo la Norma Sismo Resistente del año 2010 y que actualmente presenta las siguientes lesiones: fisuras en placas de cubierta, fisuras en muros, humedad, eflorescencia, presencia de musgo, ensuciamiento por lavado diferencial, entre otras.

El desarrollo de este TPI comprende 5 momentos: la elaboración de la historia clínica del paciente, elaboración de un prediagnóstico o diagnóstico mediante el análisis de ensayos destructivos y no destructivos en el paciente, la propuesta de una intervención y por último las recomendaciones de un mantenimiento y el presupuesto correspondiente para mitigar las lesiones presentes.

Una vez analizada la información y los resultados, se concluye que las lesiones y sus causas corresponden a errores en la ejecución de los procesos constructivos, los cuales han deteriorado su aspecto, sin comprometer la integridad estructural de la edificación.

Palabras clave: patología petriática, contracción plástica, fisuramiento, edificio de parqueaderos, humedad, ensayos destructivos, ensayos no destructivos, vulnerabilidad sísmica, sello de juntas, juntas constructivas, levantamiento de fisuras.

ABSTRACT

This document includes the pathological study as the final report of the investigation carried out in a parking building located in the city of Bogotá - Kennedy locality, with an area of 7440m². Built with a system of load-bearing walls in reinforced concrete which was designed and built under the NSR - 2010 and currently presents the following injuries: cracks in cover plates, cracks in walls, humidity, efflorescence, presence of moss, fouling by differential washing, among others.

The development of this TPI comprises 5 moments: the preparation of the patient's clinical history, preparation of a pre-diagnosis or diagnosis through the analysis of destructive and non-destructive tests in the patient, the proposal of an intervention and finally the recommendations for maintenance. and the corresponding budget to mitigate the present injuries.

Once the information and the results have been analyzed, it is concluded that the injuries and their causes correspond to errors in the execution of the construction processes, which have deteriorated their appearance, without compromising the structural integrity of the building.

Keywords: petriatic pathology, plastic contraction, cracking, parking building, humidity, destructive tests, non-destructive tests, seismic vulnerability, joint sealing, construction joints, crack lifting.

2. INTRODUCCIÓN

En la necesidad de los propietarios del Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado por dar una respuesta o concepto a los acontecimientos presentados en su copropiedad, nace la opción de participar en el diagnóstico y estudio patológico del edificio de parqueaderos del conjunto residencial.

Para el estudio de caso del presente documento consideraremos que, para poder solucionar los problemas o afectaciones encontrados en los elementos y materiales de la edificación de estudio, requerimos conocer su proceso, el origen de las causas, evolución de sus síntomas y el estado actual. A este conjunto de aspectos problema que pueden ser agrupados de modo secuencial otros autores lo describen como el proceso patológico, esto visto en nuestro paciente de estudio como lesiones (o resultado final) y las cuales serán estudiadas en orden inverso a su revelación, es decir, iniciando en la lesión, estudiando su evolución y finalizando con el origen.

Si estudiamos el origen del problema en el paciente, podemos establecer las acciones necesarias para limitar desde la fuente la raíz del problema y de esta manera mitigarlo y controlarlo. Una vez estudiadas y mitigadas las causas iniciales podemos proponer las opciones de mejora e intervención de las lesiones presentadas en el paciente estudiado, con la finalidad de reparar, rehabilitar o reforzar la estructura para garantizar su funcionalidad, vida útil y durabilidad.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente caso de estudio parte de la necesidad de respaldar y velar por los intereses de los propietarios del Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado, al presentarse algunas patologías asociadas en hipótesis primarias a falencias en el diseño arquitectónico, procesos y procedimientos de construcción por parte del constructor Urbanizadora Marín Valencia S.A. Constructora a cargo de la concepción y ejecución del proyecto que tuvo inicio desde el 2015 y finalizó en 2017. Lo evidenciado por propietarios y el motivo de la de la consulta está relacionado con fisuras en las losas del parqueadero, así como manchas de humedad en muros y losas, entre otros.

Se parte de la base del estudio para poder realizar un diagnóstico integral, aportando así las alternativas de mejoras y posibles soluciones a los problemas o lesiones. Esto con el objetivo de respaldar técnicamente frente a la constructora lo evidenciado por los propietarios, y así hacerlos partícipes de las posibles soluciones que se presentarán en el análisis de las causas, como garantía de las obras ejecutadas por el constructor.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el estudio patológico y definir la propuesta de intervención del edificio de parqueaderos del Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado.

4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

- Realizar el levantamiento de las diferentes lesiones presentadas en el edificio de parqueaderos del Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado.
- Efectuar un análisis preliminar de los síntomas y posibles causas por las cuales se están presentando las lesiones identificadas.
- Presentar el diagnóstico detallado del estado de las lesiones identificadas.
- Proponer y realizar los diferentes ensayos destructivos y no destructivos necesarios para validar las hipótesis y causas de las lesiones del edificio de estudio.
- Realizar una propuesta de reparación o intervención para las afectaciones identificadas en el edificio de parqueaderos.
- Realizar un presupuesto y cronograma de las actividades correspondientes a las intervenciones necesarias en el edificio.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 TEORICO

5.1.1 Patología de la edificación:

Definida como “*el estudio de las lesiones o problemas que se presentan en un edificio y que determinan la carencia de algunas de sus condiciones básicas de funcionamiento, las relativas a funcionalidad, seguridad o habitabilidad*” (EUATM, 2004, pág. 21). Es importante establecer el proceso que se debe desarrollar y seguir ante la aparición de lesiones en la edificación o estructura de estudio. Esta investigación, seguimiento o análisis debe ser llevado a cabo en una fase inicial que los autores llaman “*fase de estudio*”, en la cual se busca identificar síntomas, delimitar el problema, analizar detalladamente la lesión y realizar el prediagnóstico.

Es en la fase de estudio donde se busca comprender el denominado proceso patológico el cual es entendido como “*el conjunto de acciones que se producen en un edificio, o parte de él, desde el momento en que se presenta un deterioro en su funcionamiento o una lesión*” (EUATM, 2004, pág. 21). El cual es bien definido mediante la figura 1, donde se determinan sus fases, agentes causantes y elementos afectados.

Figura 1

Fases del estudio patológico

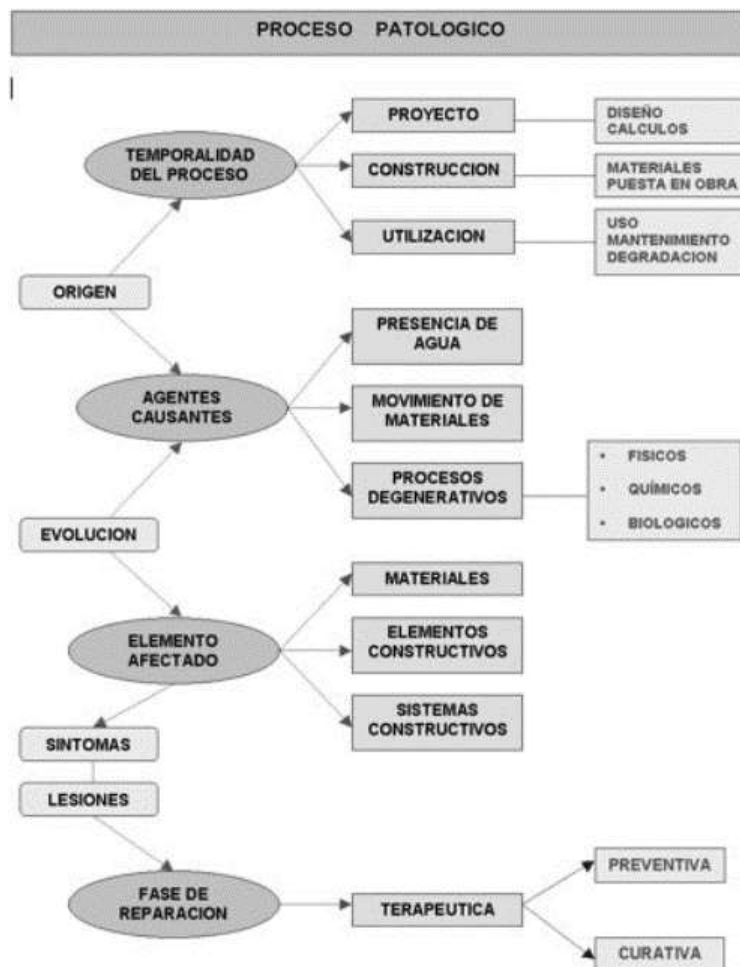


Diagrama del proceso Patológico. (EUATM, 2004, pág. 21)

Una vez se tiene el prediagnóstico se procede con el desarrollo de la fase de dictamen o “fase diagnóstica”, en la cual se detallará el origen y causas del problema como primera hipótesis, así como el tipo de lesión de estudio y su repercusión en el paciente de estudio. Es en esta etapa donde para validar las hipótesis planteadas al problema de estudio se hace necesario desarrollar pruebas diagnósticas o ensayos de laboratorio que estén orientados a realizar su validación. En una siguiente etapa “fase de decisión” se toma la decisión del tipo de intervención que se va a dar en cada una de las lesiones de la estructura, buscando en primer

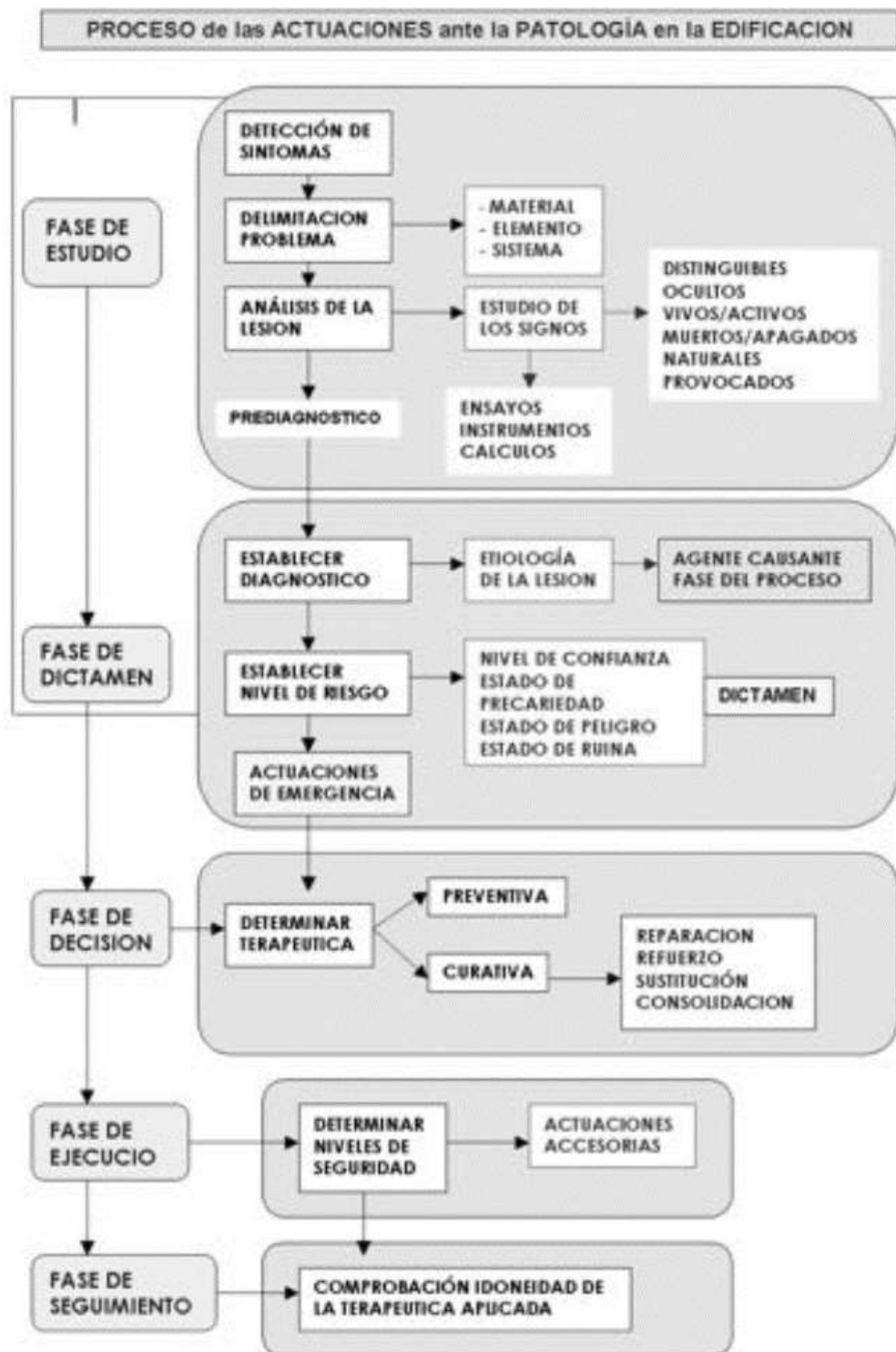
lugar corregir o remediar la causa base de la lesión u origen, es aquí donde decidimos reparar, reforzar, sustituir o consolidar el problema.

Definido el alcance y limitaciones de las intervenciones a realizar se procede al desarrollo de estas como alternativa a la eliminación de la causa, y así poder subsanar la patología y su proceso. Será necesario considerar que durante las obras de reparación, reforzamiento y sustitución se debe velar por la seguridad e integridad de la construcción y el personal que interviene en ella. A esta fase la describiremos como “*fase de ejecución*”.

Como parte final del proceso de investigación, diagnóstico e intervención, tenemos que realizar la verificación o validación de las patologías tratadas mediante el seguimiento detallado y evolución, en esta etapa es importante dejar estipuladas las instrucciones de uso y mantenimiento de la edificación para minimizar o prevenir la reincidencia de los síntomas identificados. Y por último se encuentra la “*fase de seguimiento y comprobación*”, el cual corresponde al mantenimiento de la edificación para prolongar su vida útil. A continuación, se muestra el proceso patológico con todas sus fases.

Figura 2

Proceso del estudio patológico



Fases de para el desarrollo de la patología de la edificación. (EUATM, 2004, pág. 23).

5.1.2 Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente - NSR 10:

El reglamento colombiano de construcción sismorresistente competente para el análisis de este proyecto o paciente corresponde a la segunda versión expedida mediante el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, donde se presenta los requisitos mínimos para conservar vidas humanas frente a la ocurrencia de un sismo. En este contexto es necesario considerar que Colombia es uno de los países ubicado junto a las zonas de subducción del océano Atlántico y Pacífico, donde las placas tectónicas tienen un movimiento de una placa sobre otra (Placas de Nazca, Placa Suramericana y Placa Caribe), zona considerada como una de las más activas del mundo y denominada como Anillo del Circumpacífico.

El reglamento colombiano descrito previamente desarrolló un nuevo mapa de actividad sísmica local la cual está dividida en tres zonas como: Amenaza sísmica alta, amenaza sísmica media y amenaza sísmica baja (Ver NSR – 10 Título A A.2.3). Donde para nuestro país son definidos de manera general algunos coeficientes de aceleración pico efectiva horizontal para periodos de vibración cortos (A_a) y aceleración pico efectiva horizontal para periodos largos A_v , los cuales son empleados entre otros parámetros adicionales para obtener los movimientos sísmicos de diseño.

El reglamento actual define mediante una metodología las previsiones sísmicas necesarias a ser tenidas en consideración mediante un procedimiento de diseño estructural utilizado para el análisis de edificaciones nuevas y existentes, descrito en doce (12) pasos:

Paso 1 — Pre-dimensionamiento y coordinación con los otros profesionales.

Paso 2 — Evaluación de las solicitudes definitivas.

Paso 3 — Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de A_a y A_v .

Paso 4 — Movimientos sísmicos de diseño.

Paso 5 — Características de la estructuración y del material estructural empleado.

Paso 6 — Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis.

Paso 7 — Determinación de las fuerzas sísmicas.

Paso 8 — Análisis sísmico de la estructura.

Paso 9 — Desplazamientos horizontales.

Paso 10 — Verificación de derivas.

Paso 11 — Combinación de las diferentes solicitaciones.

Paso 12 — Diseño de los elementos estructurales y no estructurales.

Para el contexto del paciente en estudio se debe considerar que fue construido dentro del reglamento colombiano vigente descrito anteriormente, que en concepción fue diseñado bajo los lineamientos y requisitos generales del Título C - *Concreto estructural*, donde se establecen los requisitos mínimos para el diseño y construcción de elementos en concreto estructural (Documento con base en el comité de la ACI 318S-08).

5.1.3 Definiciones:

Tomadas del reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes NSR-10.

Amenaza sísmica: Es el valor esperado de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno esperada, que tiene una probabilidad de excedencia dada en un lapso predeterminando.

Construcción sismo resistente: Es el tipo de construcción que cumple con el objeto de esta Ley, a través de un diseño y una construcción que se ajusta a los parámetros establecidos en ella y sus reglamentos.

Microzonificación sísmica: División de una región o de un área urbana en zonas más pequeñas, que presentan un cierto grado de similitud en la forma como se ven afectadas por los movimientos sísmicos, dadas las características de los estratos de suelo subyacente.

Supervisión técnica: Se entiende por supervisión técnica la verificación de la sujeción de la construcción de la estructura de la edificación a los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador estructural. Así mismo, que los elementos no estructurales se construyan siguiendo los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador de los elementos no estructurales, de acuerdo con el grado de desempeño sísmico requerido.

La supervisión técnica puede ser realizada por el interventor, cuando a voluntad del propietario se contrate una interventoría de la construcción.

Vulnerabilidad: Es la cuantificación del potencial de mal comportamiento de la estructura con respecto a una sollicitación.

Zona de amenaza sísmica: Son regiones del país donde la amenaza sísmica varía con respecto a otras.

Sistema estructural: Elementos estructurales interconectados que en conjunto cumplen una función específica.

Asentamiento (Settlement): Hundimiento o descenso del nivel de una estructura debido a la compresión y deformación del suelo o roca de cimentación.

5.1.4 Requisitos del control de calidad:

Se destaca que la normativa vigente adopta la obligatoriedad del cumplimiento de todas las Normas Técnicas Colombianas citadas, adscritas al reglamento para su uso y cumplimiento en los diferentes tipos de ensayos, tanto para procesos, procedimientos y control de calidad de los materiales que se destaquen en el diseño de cimentación, diseño de elementos estructurales, diseño de elementos no estructurales y diseño arquitectónico.

Para el sistema estructural asociado en el diseño estructural y definido en los numerales siguientes como “Sistema estructural aporticado con vigas y muros en concreto reforzado y losa maciza” se destaca la necesidad y obligatoriedad de la supervisión técnica y control de calidad como requisito del reglamento Colombiano NSR -10 en su Título I (Supervisión técnica), donde se hace necesaria la supervisión y control para edificaciones de área mayor a 3000 m² como es el caso del paciente en estudio.

La supervisión técnica del proyecto está en la obligación de realizar controles a documentos, materiales y procesos, tal como: planos, especificaciones técnicas, control de materiales, procesos constructivos, ensayos de control de calidad, plan de calidad del proyecto, avance de obra o ejecución, entre otros. Estos controles quedarán registrados en un informe final que incluirá como mínimo lo siguiente: *“Nombre del constructor, supervisor técnico, procedencia de los materiales, planta de producción, listado de las Normas Técnicas empleadas (NTC) para la elaboración de los ensayos, ensayos realizados, laboratorios utilizados, análisis de los resultados, grado de desempeño de los elementos no-estructurales, control de modificaciones de planos realizadas durante el proceso constructivo, registro fotográfico y constancia expedida por el supervisor técnico que certifique que la construcción se realizó de acuerdo con el Reglamento”* (NSR, 2010, pág I-15).

5.2 LEGAL

5.2.1 Reglamentación

La construcción en Colombia se ampara bajo la siguiente normativa, la cual debe cumplirse sin excepción alguna.

- Ley 9 de 1989 Por la cual se reglamenta los planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de tierra.

- Ley 80 de 1993 Exigencia de contar con una interventoría para proyectos contratados con el Estado.
- Ley 388 de 1997 Se armonizan las normas urbanísticas, medioambientales y en general de desarrollo urbano en Colombia.
- Ley 400 1997 Exigencia de estudios arquitectónicos, geotécnicos, estructurales, no estructurales (Reglamento Sismo Resistente NSR 2010) y sus modificaciones.
- Ley 9 de 1997 Obligación por parte de los urbanizadores de realizar estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa o inundación como requisito previo para obtener la licencia de urbanismo.
- Ley 1523 de 2012 Obligación de los municipios a incorporar la gestión del riesgo en sus normas de ordenamiento territorial.
- Ley 1680 de 2013 Obligación de presentar proyectos arquitectónicos que tengan en cuenta a las personas en condición de discapacidad
- Decreto 1077 de 2015 Decreto único del sector vivienda, ciudad y territorio a cargo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Compila más de 100 decretos y cuenta con más de 20 modificaciones.
- Ley 1796 de 2016 Ley de vivienda *segura* por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la Función Pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan unas funciones a la Superintendencia de Notariado y Registro y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1796 de 2016 Necesidad de contar con revisor estructural independiente y un supervisor técnico independiente en ciertos casos.

- Decreto 282 de 2019 Por medio del cual se adiciona el Capítulo 7 al Título 6 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015 Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, reglamentando los artículos 8 y 9 de la Ley 1796 de 2016 en relación con las medidas de protección al comprador de vivienda nueva.
- POT – Plan de Ordenamiento Territorial de los Municipios o norma de ordenamiento que aplique.
- El Código Eléctrico Nacional vigente - RETIE.
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico vigente, RAS – 2000.

Efectividad de garantías:

- Ley 1480 del 2011 Por medio de la cual se expide el Estatuto del Consumidor y se dictan otras disposiciones.
- Circular externa 6 febrero de 2012.
- Decreto 735 de 2013 Por la cual se reglamenta la efectividad de la garantía prevista en los artículos 7 y siguientes de la Ley 1480 de 2011.

5.2.2 Garantías y efectividad

Bajo el estatuto del consumidor la publicidad es definida como “*toda forma y contenido de comunicación que tenga como finalidad de influir en las decisiones de consumo*” y la garantía se define como “*periodo de tiempo durante el cual el constructor está obligado a responder por las condiciones de calidad, idoneidad, seguridad y buen funcionamiento del inmueble adquirido*”.

Por tanto, se establece la responsabilidad de las constructoras correspondiente con la calidad y garantía sobre el bien inmueble ofrecido al consumidor. Para la garantía sobre los acabados y líneas vitales tiene una duración de un (1) año y para afectaciones relacionadas sobre la estabilidad de la estructura un tiempo de diez (10) años. Para ser efectiva la garantía en el inmueble, el consumidor debe presentar las solicitudes en los canales destinados para tal fin por parte de las constructoras, quienes tienen un término según la ley 1480 de 2011 de 15 días para responder ya sea aceptando o negando la reclamación. En caso de no estar de acuerdo con la respuesta ofrecida por la empresa, el consumidor puede acudir a la Superintendencia de Industria y Comercio para denunciar o demandar, quien está encargada con los jueces de solicitar al productor la devolución del dinero o la reparación del daño solicitado, según sea el caso en particular.

Según la Ley 1480 de 2011, en su artículo 11 expone la efectividad de la garantía como “*en el caso de los bienes inmuebles, los constructores tienen la obligación de responder por las condiciones de calidad e idoneidad señaladas, las cuales tienen como referente: las legalmente exigibles (contenidas en normas técnicas, reglamentos técnicos, códigos), las contractuales pactadas, las anunciadas por el constructor y, finalmente, las condiciones ordinarias y habituales del mercado.*”. Y en la Ley 735 de 2013 en su artículo 14 “*los bienes inmuebles sujetos al régimen de propiedad horizontal, la garantía legal sobre los bienes comunes deberá ser solicitada por el administrador designado en los términos del inciso 1° del artículo 50 de la Ley 675 de 2001 o las normas que la modifiquen o adicionen*”. Para el caso particular, la garantía ofrecida por el constructor sobre el bien inmueble corresponde a 10 años, pero solo ampara las siguientes circunstancias de acuerdo a la Ley 1796 de 2016 la cual se basa en el numeral 3 del artículo 2060 del código civil “*Si el edificio perece o*

amenaza ruina, en todo o parte, en los diez años subsiguientes a su entrega, por vicio de la construcción, o por vicio del suelo que el empresario o las personas empleadas por él hayan debido conocer en razón de su oficio, o por vicio de los materiales, será responsable el empresario; si los materiales han sido suministrados por el dueño, no habrá lugar a la responsabilidad del empresario sino en conformidad al artículo 2041, inciso final.”.

5.2.3 Pólizas del inmueble

Antes del colapso del edificio *Space* en la ciudad de Medellín en el año 2012, en el país no se manejaba ningún amparo dirigido a la protección del usuario final de un bien constructivo, una vez ocurre esta emergencia se evidencia la necesidad de contar con un aseguramiento para los bienes que amporen defectos en las construcciones por temas constructivos, errores en el diseño, mala calidad de los materiales o deficiencias en la mano de obra en las estructuras, es por esto que en la Ley 1796 a partir de enero del 2022 es necesario la adquisición de una póliza por diez años sobre el bien inmueble nuevo “*el constructor o enajenador de una vivienda, y su aplicación se dará siempre y cuando la licencia de construcción sea radicada en legal y debida forma, y se surtan las siguientes condiciones:* 1. *Edificaciones cuyo predio o predios superen los (2000) mil metros de área construida.* 2. *Proyectos que traten 5 o más unidades habitaciones.*” De igual manera, esta póliza deberá cumplir con los siguientes requisitos de acuerdo con la reglamentación actual:

- *Los daños materiales a la edificación, en el evento en que ésta se encuentre en estado de ruina o amenaza de ruina, y que tengan su origen en errores de diseño, deficiencias en el proceso constructivo o de los materiales con los que se construya la misma.*
- *Los daños materiales a los acabados o a los elementos no estructurales, de la edificación, siempre que los mismos sean consecuencia directa de un siniestro indemnizable de*

conformidad con el numeral 1.1. de este amparo y su valor se encuentre incluido dentro de la suma asegurada.

- *Los costos de reparación y refuerzo, en que se incurra para eliminar la amenaza de ruina de la estructura, y que sean necesarios para salvaguardar la edificación.*
- *Los gastos de demolición y remoción de escombros, que hayan sido necesarios a consecuencia de los daños materiales de la edificación cubiertos por la póliza.*
- *Los gastos relacionados con arrendamientos temporales en que incurran los propietarios de las viviendas afectadas en caso de que proceda la reconstrucción o intervención de las viviendas*
- *El costo de los estudios que permitan concluir que la edificación se encuentra en estado de ruina o amenaza ruina se encontrará a cargo del asegurador.*
- *Responsabilidad civil extracontractual, cubre los perjuicios que sufran los terceros que se vean afectados en el evento que la edificación perezca o amenace ruina como consecuencia de las deficiencias de construcción, del suelo, de los materiales o de los diseños, con los que se construyan tales edificaciones.*

5.3 HISTORICO

5.3.1 Reseña histórica del paciente

El conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado hace parte de la SM6 del lote SL 3 de la Urbanización Otero de Francisco, Etapa II de la Localidad de Kennedy, lote propiedad de la Urbanizadora Marín Valencia SA, destinado para la construcción de diferentes espacios de vivienda reglamentada en el Decreto distrital 654 de 1999 “Por el cual se asigna tratamiento especial de incorporación al predio rústico denominado CAISA – Fundación Otero de Francisco ubicado en área suburbana de expansión de la Localidad de Kennedy” .

A nivel histórico, la zona en estudio perteneció a terrenos utilizados como parqueaderos para vehículos de carga y bodegas de almacenamiento, es decir, no presento un gran desarrollo

urbanístico durante varios años. A partir de la aprobación del Decreto 654 de 1999, la zona denominada Nueva Castilla ubicada en la UPZ 79 Calandamia fue reglamentada con un uso residencial, el cual desde los últimos años ha tenido un desarrollo urbanístico predominante debido a la construcción de varios conjuntos residenciales.

Figura 3

Usos predominantes de la UPZ 79 Calandamia, se señala la ubicación del predio en estudio el cual está representado con un uso para vivienda.



Nota: Mapa de usos predominantes de la UPZ 79 Calandamia año 2012, Localidad Kennedy, Tomada del autor Wilson García del informe Dinámica de las construcciones por usos de la Localidad de Kennedy en los años 2002 y 2012.

6. ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Este documento se realiza bajo la solicitud de la copropiedad del Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado, y tiene como objeto el diagnóstico de afectaciones y la propuesta de intervención del edificio de parqueaderos del conjunto cuya área corresponde a 7440 m², distribuida en 6 niveles, con portería, salón de juegos, gimnasio y salones sociales. Su alcance es académico, y será empleado para poder determinar hipótesis, causas, propuestas de intervención y mejora a las lesiones del edificio. Se hace necesario confirmar la información aquí expuesta mediante ensayos y pruebas, en campo. Para el presente estudio se propone realizar ensayos, tal como: carbonatación, extracción de núcleos, esclerometría, verificación de refuerzo, levantamiento seguimiento de fisuras, y ensayos de ultrasonido.

Como entregable del estudio se desarrollará un informe, el cual consta de fichas de recolección de información, que expongan las lesiones identificadas, con su tipología y clasificación. Este incluirá los reportes o detalles de los ensayos destructivos y no destructivos, que son requeridos para la confirmación y validación de los conceptos emitidos por un laboratorio acreditado. Una vez se realicen los ensayos solicitados, se podrá correlacionar la información aquí expuesta y presentada, con la finalidad de dar el diagnóstico de las patologías desarrolladas por la estructura en los años en servicio.

7. METODOLOGÍA

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE:

El conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado está conformado por un total de 8 torres de apartamentos para un total de 360 viviendas y varios espacios de zonas comunes, las cuales se encuentran ubicadas en la plataforma del edificio de parqueaderos, entre estas zonas se observan una piscina para adultos, una piscina para niños, sauna, un salón de juegos, un salón de reuniones, un salón comunal, portería, administración, baños, salón de eventos, gimnasio, dos escaleras de evacuación, un ascensor y el espacio de parqueaderos.

El estudio se realiza con el objetivo de dar el reporte actual del estado de la estructura, como inquietud principal de sus propietarios por la presencia de daños en los elementos que la conforman (Arquitectónicos, estructurales y no estructurales), lesiones las cuales están repercutiendo en el uso y disfrute de esta zona social esencial.

7.2 HISTORIA CLINICA

7.2.1 Responsables del estudio:

David Felipe Gómez Ariza.

Ing. Civil

Especialista en patología de la construcción.

Jennifer Paola López Vaca.

Ing. Civil.

Especialista en patología de la construcción.

7.2.2 Fecha del estudio

Este estudio se realiza durante los meses de Enero a Noviembre del año 2022, con colaboración de la constructora Urbanizadora Marín Valencia SA y la copropiedad del Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado.

7.2.3 Datos generales del paciente

- **Paciente:** Edificio de parqueaderos - Conjunto Residencial Málaga Castilla Reservado.
- **Ubicación:** Carrera 89A N 8A - 18 Barrio Tintalá - Localidad Kenedy- Bogotá D.C, en las coordenadas 4.65297, -74.15334

Figura 4:

Localización del paciente



Se evidencia el avance constructivo del proyecto y la ubicación del mismo, Tomado de Google Maps

- **Uso:** El conjunto Málaga Reservado está destinado para un uso de residencial, el elemento de estudio corresponde al edificio de parqueaderos de uso común con un área de 7440m² en el cual se encuentran varios espacios destinados para la comunidad.
- **Fecha de construcción:** Entre el año 2015 al 2017 se desarrolla la primera etapa del proyecto. A partir del año 2020 hasta la actualidad se está desarrollando la segunda parte constructiva.

- **Sistema constructivo:**

Super estructura: Sistema estructural aporticado con vigas y muros en concreto reforzado y losa maciza.

Cimentación: Grupo de pilotes preexcavados tipo Kelly en dados de cimentación.

Figura 5

Detalles de planos arquitectónicos edificio de parqueaderos

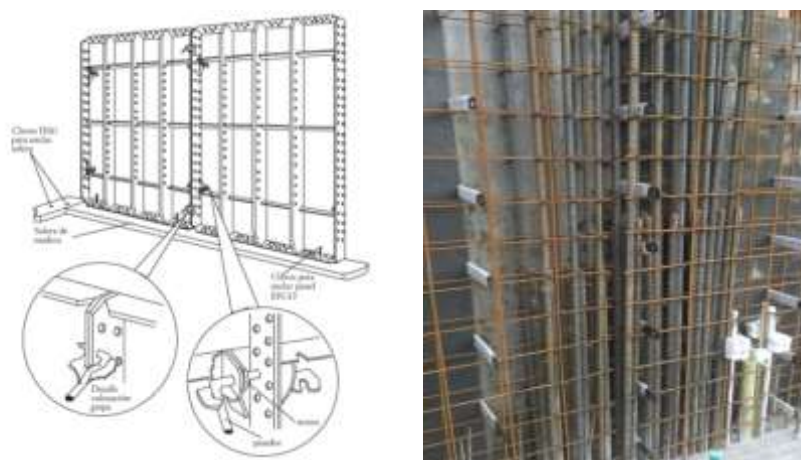


Nota: Vistas de planos arquitectónicos del edificio comunal. Tomado de la documentación suministrada por Urbanizadora Marín Valencia. Ver planos de detalle anexos al documento.

- **Técnica constructiva:** Muros construidos mediante el sistema versátil de encofrado manual, utilizando paneles metálicos unidos bastidores que ayudan con la conservación de la forma y la resistencia. Paneles tipo EFCO modulares que tienen sistemas de conectores y de alineamiento, los cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 6

Sistemas modulares de encofrado manual.



Tomado del libro de Procesos y técnicas de construcción (2013)

- **Uso actual y previsto del sector:** El sector se caracteriza por tener zonas residenciales de edificaciones para vivienda de tipo multifamiliar tipo no vis, con altura de las edificaciones de 12 pisos, sin sótanos y con plataformas adicionales para el parqueo de los vehículos.
- **Importancia del paciente:** El edificio de parqueaderos es una estructura denominada como esencial de acuerdo con el Decreto 675 del 2001 el constituye el régimen de propiedad horizontal, la cual hace parte de un bien de uso común exclusivo e indispensable para el uso y disfrute de los propietarios. Por ende, su importancia y garantía de su vida útil.
- **Sistema estructural y constructivo:** De acuerdo con la NSR 10, se distinguen 4 tipos de sistemas estructurales de acuerdo con el capítulo A.3 los cuales son: Sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico o sistema dual.

Para este caso particular, el sistema constructivo utilizado para la elaboración del edificio de parqueaderos del Conjunto Málaga, corresponde a un sistema de muros en concreto

estructural (Tipo DMO – Según NSR-10), para las solicitaciones de carga horizontales (Sismo) y verticales (Cargas vivas y muertas). Con una cimentación de pilotes tipo Kelly por fricción, conectados por dados y vinculados a una placa maciza de vigas descolgadas en concreto reforzado.

Figura 7

Sistemas modulares de encofrado manual



Fotografía del proceso constructivo del primer piso del edificio de parqueaderos. Tomada del informe de supervisión técnica del proyecto.

De la misma manera, se tienen elementos no estructurales conformados por muros divisorios con un grado de desempeño bajo, los cuales están contruidos con bloque de perforación vertical con dovelas verticales ubicadas cada 1,5m. Las resistencias de los elementos estructurales utilizadas corresponden a:

Tabla 1

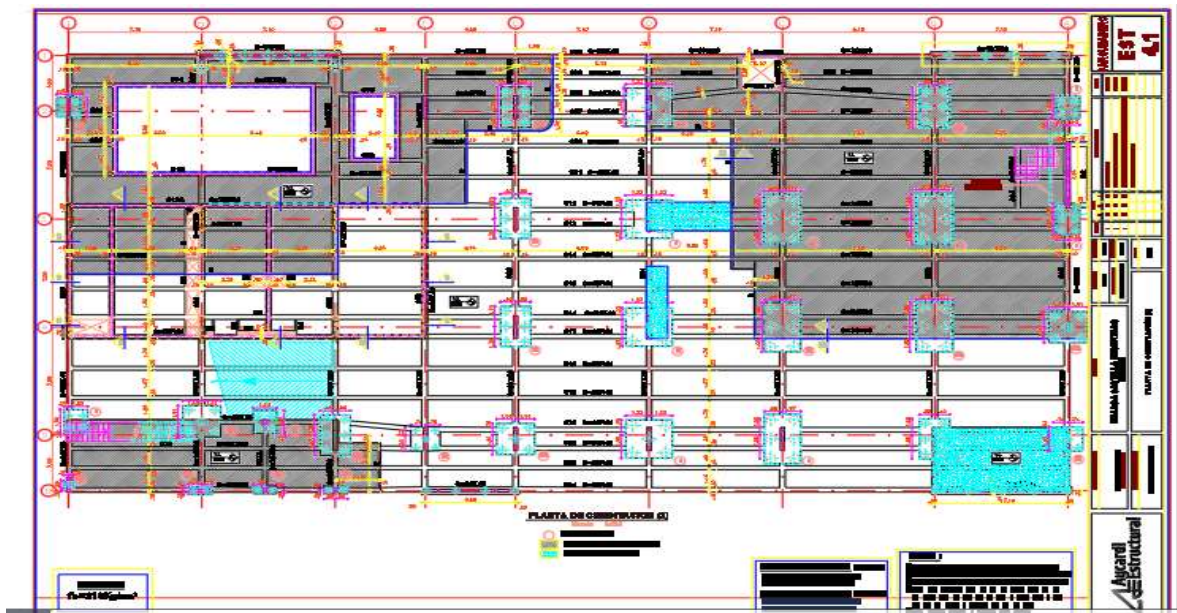
Resistencia de materiales solicitados por la firma consultora Aycardi Estructural SA

| Elementos | Resistencia |
|--|--------------------|
| Pilotes | 21 MPa |
| Cimentación | 21 MPa |
| Muros Piso 1 al P2 | 28 MPa |
| Muros Piso 3 a Cubierta | 21 MPa |
| Placas y vigas | 21 MPa |
| Tanque | 28 MPa |
| Fy para barras con diámetro $\geq 3/8$ | 4200 MPa |
| Fy para barras con diámetro $\leq 1/4$ | 2400 MPa |

Nota: Tabla de resistencias de materiales del diseño estructural para el edificio de parqueaderos. Tomado de la documentación suministrada por Urbanizadora Marín Valencia del diseño de la empresa Aycardi Estructural SA

Figura 8

Planos estructurales cimentación edificio de parqueaderos



Nota: Planos estructural de la cimentación del edificio comunal. Tomado de la documentación suministrada por Urbanizadora Marín Valencia del diseño de la empresa Aycardi Estructural SA. Ver planos de detalle anexos al documento.

- **Normatividad asociada a la construcción del proyecto:**

- Diseño y construcción estructural- Norma Sismo Resistente 2010 (NSR-2010).
- Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Acuerdo 20 de 1995 Por el cual se adopta el Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá, con sus respectivas modificaciones.
- Todas las normas de calidad expedidas por la Normas Técnicas Colombianas - NTC.
- Diseño y construcción hidrosanitaria y gas – Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.
- Diseño y construcción de instalaciones eléctricas – Reglamento de Instalaciones Eléctricas RETIE.

7.2.4 En la edificación y/o construcción civil:

- **Tipo de cimentación:** *Cimentación correspondiente a pilotes tipo Kelly con vigas de amarre y losa aérea.*
- **Altura y áreas:** El edificio de parqueaderos, paciente a estudiar tiene la siguiente distribución.

Tabla 2:

Información básica en edificio de parqueaderos

| Piso | Espacios | Área (m²) | Altura |
|--------------|---|-----------------------------|---------------|
| 1 | Portería, salón social 1, salón de juegos, parqueaderos vehiculares | 1520.45 | +0.0m |
| 2 | Gimnasio, salón de reuniones, parqueadero de vehículos | 1488.33 | +3.20m |
| 3 | Parqueadero de vehículos, bicicletero | 1461.52 | +6.50m |
| 4 | Parqueadero de vehículos, bicicletero | 1461.52 | +9.50m |
| 5 | Parqueadero de vehículos, bicicletero | 1461.52 | +12.50m |
| Cubierta | Parqueadero de vehículos, | 1461.52 | +15.50m |
| TOTAL | | 7440m² | |

Nota: Cuadro con información básica del edificio de parqueaderos. Tomado de los planos arquitectónicos y documentos radicados ante curaduría urbana No 3.

- **Estado general de construcción:** La construcción se encuentra en buenas condiciones, es funcional y se encuentra en servicio. Cumple con su función a la comunidad del conjunto residencial, pero presenta algunas lesiones asociadas al uso y funcionamiento que son el objeto del presente estudio.
- **Cantidad de parqueaderos:** 416 unidades, de los cuales en el edificio de parqueaderos se encuentran 360 unidades y en la zona externa un total de 56 unidades.
- **Información existente:**
 - a) Diseño estructural con memorias de cálculo a cargo de la empresa AYCARDI ESTRUCTURAL SA.
 - b) Planos estructurales a cargo de la empresa AYCARDI ESTRUCTURAL SA.
 - c) Planos arquitectónicos con detalles constructivos a cargo de Urbanizadora Marín Valencia SA.
 - d) Planos hidrosanitarios y gas a cargo de la empresa INDRACOL SA.
 - e) Planos de las instalaciones eléctricas a cargo de la empresa A.M.V S.A.
 - f) Estudio de suelos a cargo de la empresa ALFONSO URIBE Y CIA.
 - g) Control de asentamientos a cargo de la empresa ROL PRECISION CONSTRUCCIONES SAS.
 - h) Resultados de calidad de materiales utilizados durante su construcción a cargo del laboratorio SGS Colombia SAS.
 - i) Apartes del informe de supervisión técnica a cargo de la empresa MELO Y ALVAREZ INGENIERIA SAS.

j) Licencia de construcción LC13-30225 / 10/04/2013 otorgada por la Arq. Ana María Cadena Tobón en Curaduría Urbana N° 3 – con Resolución del 17 septiembre de 2015.

- **Intervenciones anteriores:**

Reparación de fisuras: En la información recolectada, se identifica una intervención realizada en el mes de febrero del año 2021 a cargo de la constructora en donde se ejecuta una reparación parcial de las fisuras presentadas en la cubierta de parqueaderos, desarrollada de la siguiente manera:

1. Se realiza la limpieza de la zona.
2. Se realiza inducción de las fisuras presentes de manera mecánica con el uso de pulidora con una profundidad de más o menos 1cm.
3. Se realiza la limpieza de las dilataciones con aire a presión.
4. Aplicación del sellante elástico, para este caso se utilizó Vulkem 45 SSL. (Se anexa ficha técnica).

Posterior a esa fecha, no se identifican más mejoras realizadas.

Figura 9

Reparación de fisuras en placa de parqueadero.



Nota: Fotos tomadas del personal realizando la reparación de las fisuras de cubierta, tomada por Urbanizadora Marín Valencia.

- **Fidelidad de los planos:**

Durante la visita realizada en campo, se realiza la validación de los elementos constructivos contra los planos radicados ante curaduría, encontrando que estos concuerdan con la edificación existente.

- **Constatación del estado general del paciente**

El edificio de parqueaderos ha tenido algunas observaciones y reclamaciones por parte de los propietarios ante la constructora, al presentar humedades recurrentes en la placa del piso de cubierta, que en el paso del tiempo han generado otras lesiones. Se evidencia ausencia de mantenimiento de las zonas comunes (Objeto del presente estudio), lo cual agrava las condiciones y genera un deterioro de la edificación.

Figura 10

Fotografía de perfil del edificio comunal



Nota: Fotografía del estado actual de la estructura en estudio. Fuente: Autores

7.2.5 Aplicación patológica

Pedriátrica y preventiva.: Una vez determinada la información del tiempo de ejecución de la edificación se confirma que corresponde a una aplicación de una aplicación patológica

pediátrica y de modo preventivo como correctivo. Esto dado, por la presencia de lesiones en un tiempo muy corto de su vida útil de la estructura menos de cinco (5) años.

7.2.6 Datos específicos de las lesiones:

- **Visita de campo:**

Se realiza visita en campo los días 25 y 26 de marzo de 2022 en horas de la tarde (15:00 horas), en donde se observa un buen estado de conservación general de la estructura, identificando algunas lesiones descritas en el presente documento.

LESIÓN # 1:

a. Descripción del proceso patológico:

En inspección ocular realizada, se identifica una fisura y humedad en la esquina de la losa del parqueadero Piso 6 (Cubierta), lo que ha ocasionado humedad en la zona y coloración oscura en la parte exterior, generando un aspecto envejecido del acabado de la fachada. Para este caso se define:

- **Fisura:** como una lesión primaria generada por acción mecánica entre el diferente comportamiento de los materiales que la conforman, es decir, el movimiento propio entre la mampostería y el concreto de la placa debido a las cargas dinámicas por el paso de vehículos. Como causa indirecta se evidencia la ausencia de juntas de dilatación vertical en la esquina del muro, así como el sello de dilataciones horizontales en el borde de la placa.
- **Humedad por filtración:** En la misma zona, se presenta una lesión secundaria por acción física causada por los agentes atmosféricos (lluvia) que provoca una filtración o escurrimiento de agua por la fisura entre la junta losa muro. Como causa indirecta,

se evidencia la generación de encharcamiento en la placa por ausencia de pendiente, al igual no se evidencia una mediacaña de protección perimetral entre el borde de mampostería y la placa de concreto.

- **Ensuciamiento por lavado diferencial:** Se evidencia una lesión secundaria de tipo físico ocasionada por el escurrimiento del agua lluvia por el filo del muro superior. Se evidencia una falta de alfajia para prevenir el escurrimiento del agua por la fachada, como el uso de materiales absorbentes.

b. Registro fotográfico:

Figura 11

Fotografía lesión No 1 ubicada en piso 6 (cubierta) edificio de parqueaderos



Tomada por los autores

Figura 12

Fotografía donde se evidencia la falta de las dilataciones constructivas



Tomada por los autores

LESIÓN # 2:

a. Descripción del proceso patológico:

En inspección ocular realizada, se identifica humedad en la zona superior de la losa del piso 5 del bloque de parqueaderos. Esta humedad se da en la aparente junta fría de la losa máciza del parqueadero, se identifica igualmente que esta coincide con un apozamiento de agua generado en la parte superior de la losa de cubierta:

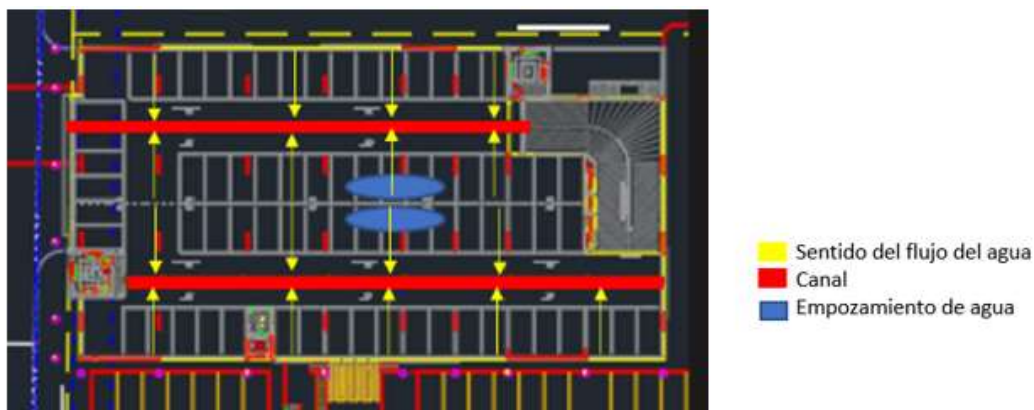
- **Humedad por filtración:** Lesión primaria tipo física, causada por una junta fría en el concreto (discontinuidad en la losa de parqueadero).

Entre las causa indirectas encontradas estan :

- Proceso constructivo: Ejecución inadecuada de la junta de construcción, y del pendiente de la losa generando pozos de agua los cuales facilitan la filtración.
- Diseño inadecuado de la impermeabilización y falta de mantenimiento de los sellos junta de la losa de cubierta.

Figura 13

Plano con el empozamiento del agua evidenciado en la inspección visual



Nota: En la imagen en azul se ilustran los apozamientos observados en la inspección visual, a pesar de contar con un diseño de aguas ilustrado con flechas color amarillo, las cuales indican el sentido del agua. debe estar hacia las canales marcadas en color rojo.

Fuente de los autores.

- **Eflorescencias:** Se evidencia una lesión secundaria de tipo químico causada por el paso o circulación del agua através del concreto por la presencia de una junta fría en la zona, generando una mancha blanca en la zona. Se evidencia la ausencia de un tratamiento adecuado de la junta para evitar el paso del agua y la formación de sales en el concreto.

b. Registro fotográfico y esquema de diseño:

Figura 14

Fotografía con la representación de la lesión No 2



Tomada por los autores

LESIÓN # 3:

a. Descripción del proceso patológico:

En inspección ocular realizada, se identifica un fisura en las zona de contacto entre la losa aérea de parqueadero del piso 5 y el antepecho de mampostería del piso de cubierta en el costado de la rampa vehicular. La fisura se encuentra ubicada en la parte superior de la dilatación constructiva realizada ocasionado el desprendimiento de algunas zonas del graniplast de la fachada. Adicionalmente se observa lavado diferencial en el costado derecho del muro.

- **Fisuras:** En esta zona, se evidencia una lesión primaria de tipo mecánico causado por la acción de cargas dinámicas originadas por el paso de los vehículos en la zona de la rampa, también se evidencia un mal proceso constructivo en la ejecución de la dilatación, se observa que es muy angosta o no se ubica donde corresponde, dado a que la fisura no se genera sobre la misma.
- **Desprendimientos:** Lesión secundaria de tipo mecánica generada por las fisuras presentes en la zona que generan un desprendimiento del pañete de la fachada.
- **Lavado diferencial:** También se presenta una lesión tipo primaria generada por acción física, debido al escurrimiento del agua lluvia por el filo del muro, causada por una ausencia de alfajias y una falta de mantenimiento a las fachadas – lavado de los muros.

b. Registro fotográfico:

Figura 15

Fotografía de la lesión No 3



Tomada por los autores.

LESIÓN # 4:

a. Descripción del proceso patológico:

Al inspeccionar la cubierta del edificio de parqueaderos, se identifican una serie de fisuras a lo largo de toda el área, de las cuáles se observan algunas sin un tratamiento y otras con un

mantenimiento inadecuado. Este es un tipo de lesión primaria originada por acción mecánica en hipótesis inicial. De igual manera, generan las siguientes hipótesis:

- Cargas dinámicas originadas por el paso de los vehículos sobre la plataforma de parqueaderos.
- Errores en el proceso constructivo como fisuras producidas por asentamiento plástico del concreto en la fase de construcción, un curado deficiente del concreto durante su ejecución y una ubicación incorrecta del acero de refuerzo en la losa de entrepiso.

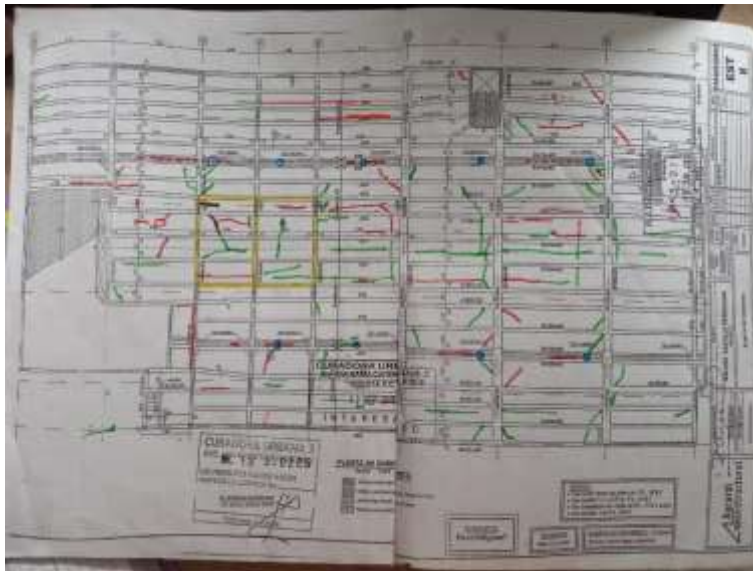
Como causas indirectas podemos pensar en las siguientes razones:

- Diseño: Ausencia de juntas de dilatación en grandes áreas para el alivio de los esfuerzos de retracción del concreto.
- Ausencia de detalles constructivos en el diseño estructural indicando la ubicación y el diseño de juntas o dilataciones dado que la placa está bajo cargas dinámicas constantemente.
- Ausencia de recomendaciones adicionales en las especificaciones del concreto a usar, orientadas hacia mejorar las condiciones de manejabilidad, estabilidad y durabilidad del material a usar, disminuyendo su contracción y la posibilidad de fisurarse.
- Uso de áridos alcali reactivos en el concreto.
- Sobre cargas durante la construcción o retiro inadecuado de formaletas.

b. Registro fotográfico:

Figura 16

Fotografías de fisuras presentes en cubierta y levantamiento de las mismas.



Tomada por los autores.

LESIÓN # 5:

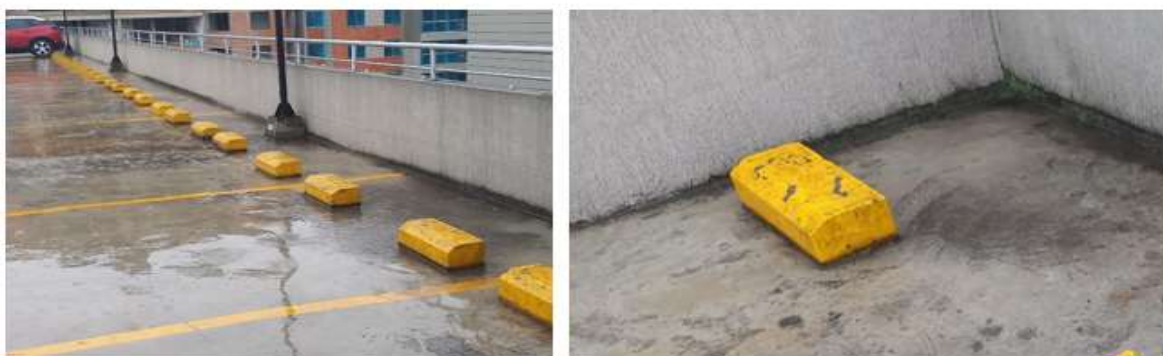
a. Descripción del proceso patológico:

Se evidencia una propagación de musgo en la pared en mampostería a causa de la humedad presente en el antepecho perimetral de la cubierta, la cual es una lesión secundaria de tipo química, causada por humedad por micro capilaridad por el empozamiento de agua y la absorción de esta por el muro, debido a un mal pendiente de la cubierta. Se evidencia ausencia de media caña en el perímetro del antepecho, con la finalidad de evitar la filtración de agua entre la unión muro – placa.

b. Registro fotográfico:

Figura 17

Lesión N5 presencia de musgo.



Tomada por los autores.

LESIÓN # 6:

a. Descripción del proceso patológico:

Desprendimiento de pintura de las señales horizontales de la placa del parqueadero (Pisos 1). Es una lesión primaria de tipo mecánica, generada la fricción y erosión generada entre las llantas de los carros y la losa de concreto. Se evidencia una falta de aplicación de un material adherente entre la pintura y la placa, generando debilitamiento y desprendimiento de esta.

b. Registro fotográfico:

Figura 18

Fotografía del desgaste de la pintura en piso 1



Tomada por los autores.

LESIÓN # 7:

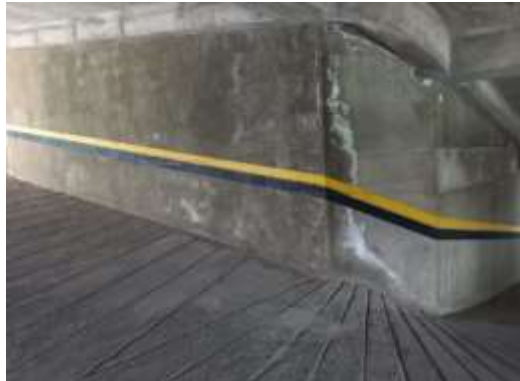
a. Descripción del proceso patológico:

- **Humedad:** Lesión primaria de tipo física, causada por humedad por filtración de agua en el muro, procedente de la cubierta. Se evidencia una ausencia de flanche superior sellado para evitar el paso de agua por este espacio.
- **Eflorescencia:** Lesión secundaria de tipo química, generada por la humedad impregnada en el muro por absorción. Se evidencia una ausencia de ventilación en el ducto y un inadecuado manejo de aguas desde la cubierta.

b. Registro fotográfico:

Figura 19

Fotografía de humedad presente en piso 4



Tomada por los autores.

LESIÓN # 8:

a. Descripción del proceso patológico:

Fisuras presentadas en las placas del edificio de parqueaderos, encima de las vigas longitudinales, las cuales están representadas como una lesión primaria de tipo mecánica, causada por cargas dinámicas puntuales generadas por el golpe de las ruedas contra la losa al subir la rampa y por un sobreesfuerzo en la placa, la cual produce que la viga inferior se

calque en la parte superior. De igual manera se puede generar fisuramiento por flexión en la zona de conexión losa – rampa.

Para las fisuras en los paños de losa que no se conectan con la rampa se identifica una posible fisuración de tipo contracción plástica, posiblemente por un curado deficiente, un secado rápido de la superficie del concreto por el no uso de barreras de viento, etc.

b. Registro fotográfico:

Figura 20

Fotografía de las fisuras presentes en las placas de entepiso



Tomada por los autores.

LESIÓN # 9:

a. Descripción del proceso patológico:

Fisuras presentadas en los muros perimetrales del piso 5, muros en concreto reforzado como parte del sistema estructural. Esta es un tipo de lesión primaria de tipo mecánica por posibles sobrecargas de esfuerzos en el elemento de tipo compresión, flexión, tracción o cortante.

Entre sus causas indirectas se encuentran:

- Cargas dinámicas sobre los muros al pasar los vehículos.
- Asentamientos de la estructura.
- Problemas con el diseño estructural del elemento, cuantías de refuerzo inadecuadas o espesores de concreto menores a los requeridos.
- Control inadecuado del proceso de vaciado del concreto.
- Resistencia menor a la requerida en el concreto de los muros estructurales.

b. Registro fotográfico:

Figura 21

Fotografía de fisuras presentes en muro de carga del piso 5



Tomada por los autores.

LESIÓN # 10:

a. Descripción del proceso patológico:

Oxidación presentada en la baranda del parqueadero en cubierta, definida como una lesión primaria – tipo química por exposición prolongada a la lluvia y al aire, por una inadecuada protección del acero de la baranda, no cuenta con las capas de anticorrosivo y pintura necesaria para la protección. Como física por la erosión de la pintura por el viento, lluvia y

sol en descaramiento de la pintura. Y de un proceso de protección no conforme con lineamientos para la conservación de estructuras metálicas expuestas a la intemperie.

b. Registro fotográfico:

Figura 22

Fotografía de oxidación en baranda de cubierta



Tomada por los autores.

7.2.7 Descripción de la patología más relevante del paciente.

Al verificar cada una de las lesiones examinadas en el edificio de parqueaderos del Conjunto Málaga Castilla Reservado, se evidencia que predominan las fisuras y las humedades. Por tanto, es necesario definir la causa de estas lesiones predominantes y poder solucionarlas.

7.2.8 Clasificación y origen de las patologías

A continuación, se realiza una tabulación de las lesiones predominantes en la estructura de estudio como sus tipos de causas.

Tabla 3

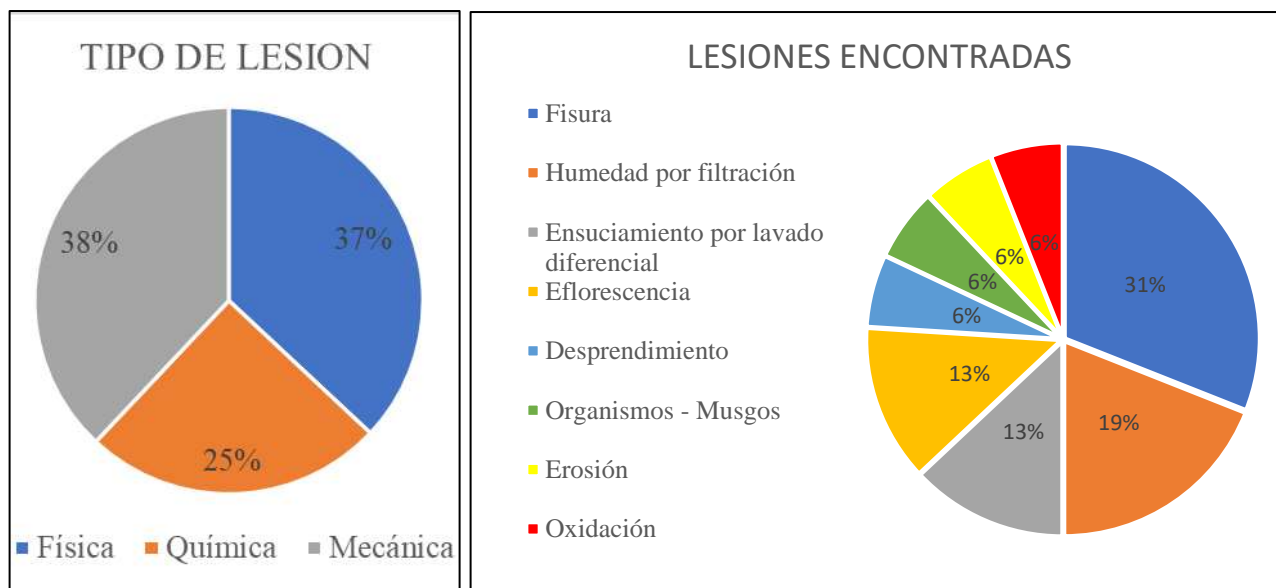
Lesiones encontradas en la inspección visual del edificio de parqueaderos.

| NÚMERO | LESIÓN | TIPO | |
|--------|--------------------------------------|------------|----------|
| | | Primaria | Mecánica |
| No. 1 | Fisura | Primaria | Mecánica |
| | Humedad por filtración | Secundaria | Física |
| | Ensuciamiento por lavado diferencial | Secundaria | Física |
| No. 2 | Humedad por filtración | Primaria | Física |
| | Eflorescencia | Secundaria | Química |
| No 3 | Fisura | Primaria | Mecánica |
| | Desprendimiento | Secundaria | Física |
| | Lavado diferencial | Secundaria | física |
| No 4 | Fisuras | Primaria | Mecánica |
| No. 5 | Organismos – Musgo | Secundaria | Química |
| No 6 | Erosión | Primaria | Mecánica |
| No 7 | Humedad | Primaria | Física |
| | Eflorescencia | Secundaria | Química |
| No 8 | Fisuras | Primaria | Mecánica |
| No 9 | Fisuras | Primaria | Mecánica |
| No 10 | Oxidación | Primaria | Química |

Nota: Tabla realizada por los autores.

Figura 23

Clasificación de las lesiones encontradas en el edificio de parqueadero



Estos gráficos representan el porcentaje de cada una de las lesiones encontradas en el edificio de parqueaderos. Realizada por los autores.

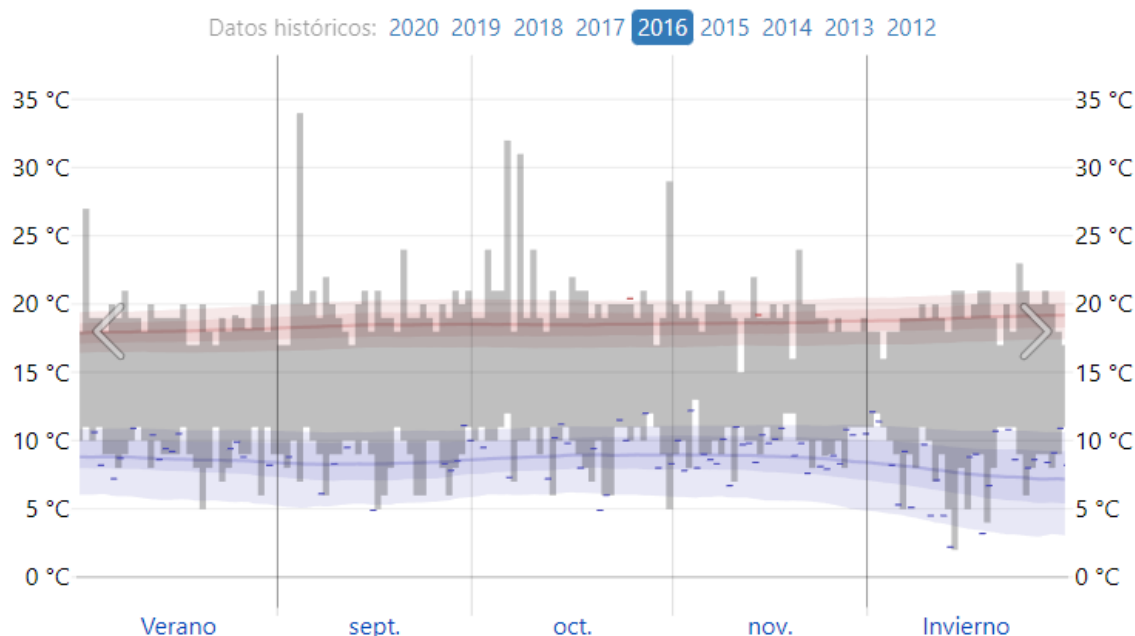
7.2.9 Datos generales del entorno

- **Temperatura media:** 14°C.

Según la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto el Dorado, de donde fue obtenida esta información, se evidencia unas temperaturas en la ciudad de Bogotá correspondientes a una temperatura máxima promedio de 19 °C, una media de 15°C y una mínima promedio de 8°C, cambios que pueden afectar el comportamiento del concreto al ser un material influenciado por los cambios de temperatura presentando expansiones y retracciones según el estado del tiempo.

Figura 24

Intervalos de cambio de la temperatura en Bogotá del año 2016



El intervalo diario de temperaturas reportadas (barras grises) y las máximas (marcas rojas) y mínimas (marcas azules) de 24 horas, colocadas arriba del promedio diario de la máxima (línea rojo claro) y de la mínima (línea azul claro), con las bandas de los percentiles 25 a 75 y 10 a 90.

Nota: Marcha anual de la temperatura máxima, media y mínima en la ciudad de Bogotá.

Tomado de <https://es.weatherspark.com/h/y/23324/2015/Datos-hist%C3%B3ricos-meteorol%C3%B3gicos-de-2015-en-Bogot%C3%A1-Colombia#Figures-Temperature>

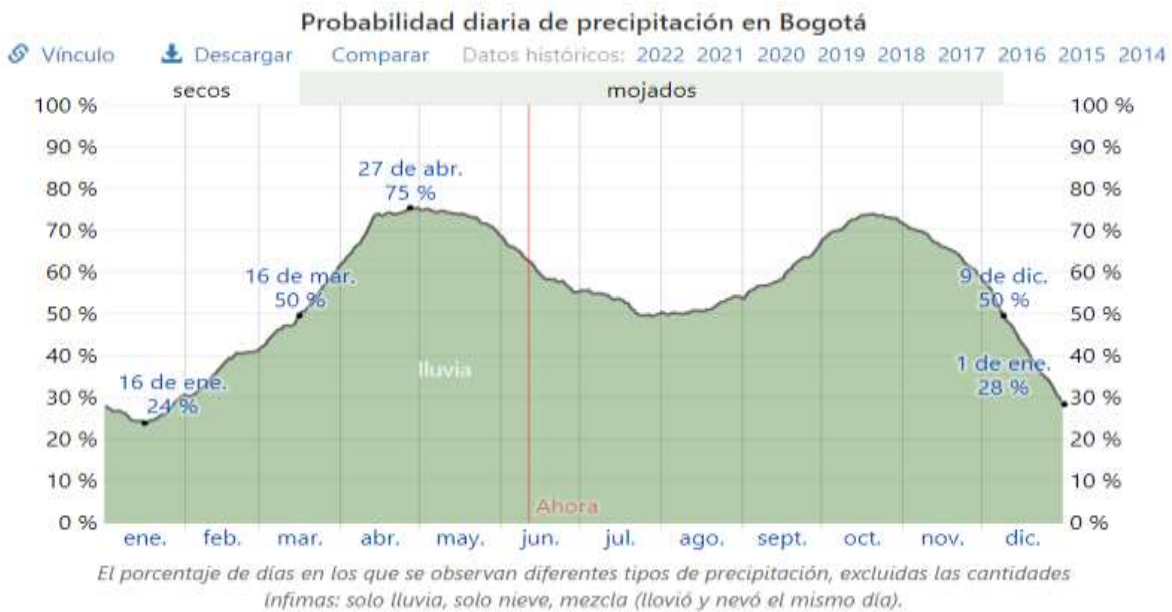
- **Precipitaciones:**

Se presenta una distribución bimodal representada por tiempo lluvioso entre los meses de Abril a Mayo con registros de 69mm a 142mm, y en los meses de Octubre y Noviembre con precipitaciones entre los 70mm a 126mm de acuerdo con las estimaciones realizadas por el IDEAM, la estación cercana al estudio corresponde al Saucedal.

Para este caso, con la información encontrada y por las temporadas de bajas y altas precipitaciones de la ciudad de Bogotá como se muestra en la gráfica, es necesario considerar el mantenimiento de la edificación de manera preventiva y correctiva en pro de disminuir las afectaciones posibles por lesiones como lavado diferencial generadas por las lluvias y por el material particulado del ambiente. Lo anterior considerando que el agua es un agente difusor y un mecanismo de daño de los materiales de construcción, en función de su calidad.

Figura 25

Probabilidad diaria de precipitación en Bogotá



Comportamiento de la precipitación en Bogotá Tomada de

<https://es.weatherspark.com/y/23324/Clima-promedio-en-Bogot%C3%A1-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

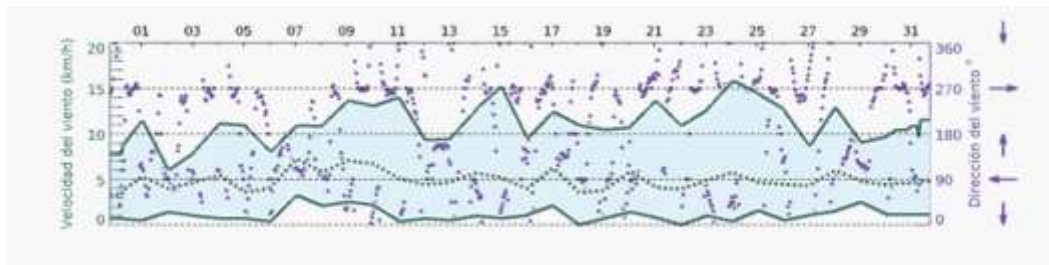
- **Velocidad del viento:**

A partir de los análisis realizados en la estación del Aeropuerto El Dorado, la Rosa de los Vientos predominantes en la ciudad de Bogotá está representada por velocidades de 6 a 8m/s con dirección predominante del Este, es decir, se dirigen desde los cerros orientales hacia al occidente.

Al verificar la información suministrada por el constructor y la supervisión técnica, se evidencia que la construcción del edificio de parqueaderos se dio para los meses de Agosto a Diciembre del 2016, meses en los cuales el viento tuvo una velocidad media de aproximadamente 8 km/h. Estos valores serán analizados en una etapa posterior del estudio de caso.

Figura 26

Velocidad del viento ciudad de Bogotá año 2016 – mes de noviembre.



Nota: Velocidad y dirección del viento con base en los registros de la estación meteorológica Aeropuerto El Dorado (Meteoblue). Tomado de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/bogot%C3%A1_colombia_3688689?fcstlength=1m&year=2021&month=10

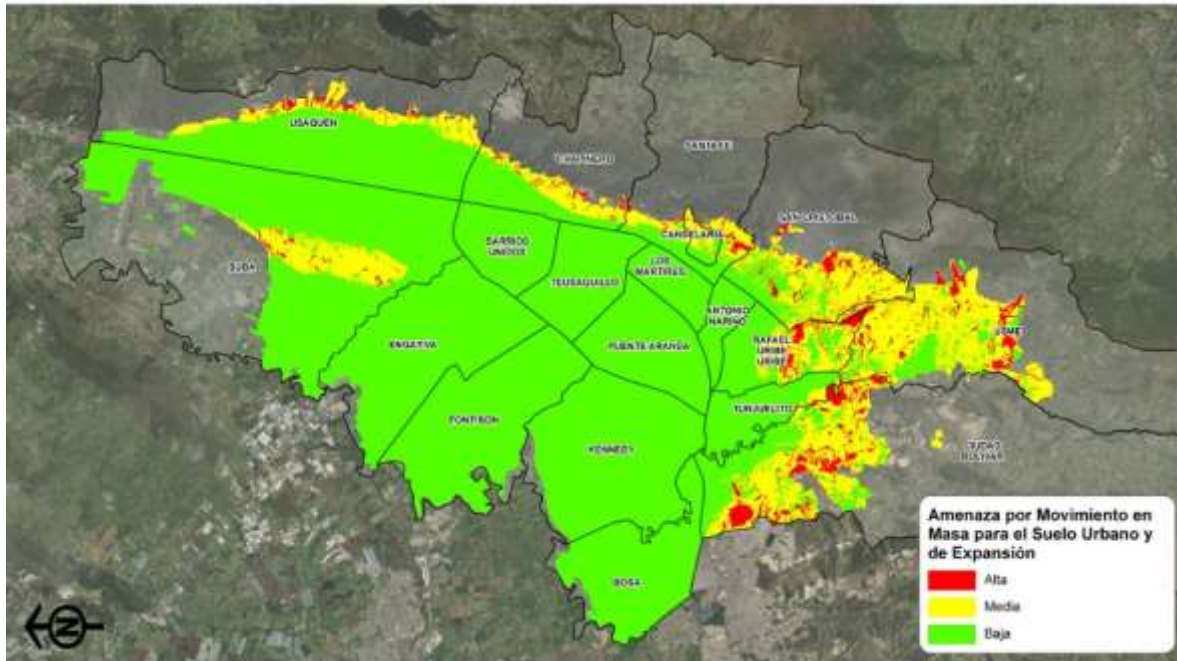
- **Movimientos en masa:**

De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015 y el Decreto 555 de 2021, el IDIGER desarrollo un mapa con la ubicación de los movimientos de masa generados en la ciudad de Bogotá al contar con un 83% de superficie montañosa. Para el caso en estudio, la localidad de Kennedy

se encuentra en una zona con una baja amenaza de movimiento de remoción de masa, por tanto, no se presenta derrumbes o deslizamientos en la zona de estudio que puedan afectar la estabilidad de la estructura.

Figura 27

Mapa normativo de amenaza por movimientos en masa ciudad de Bogotá



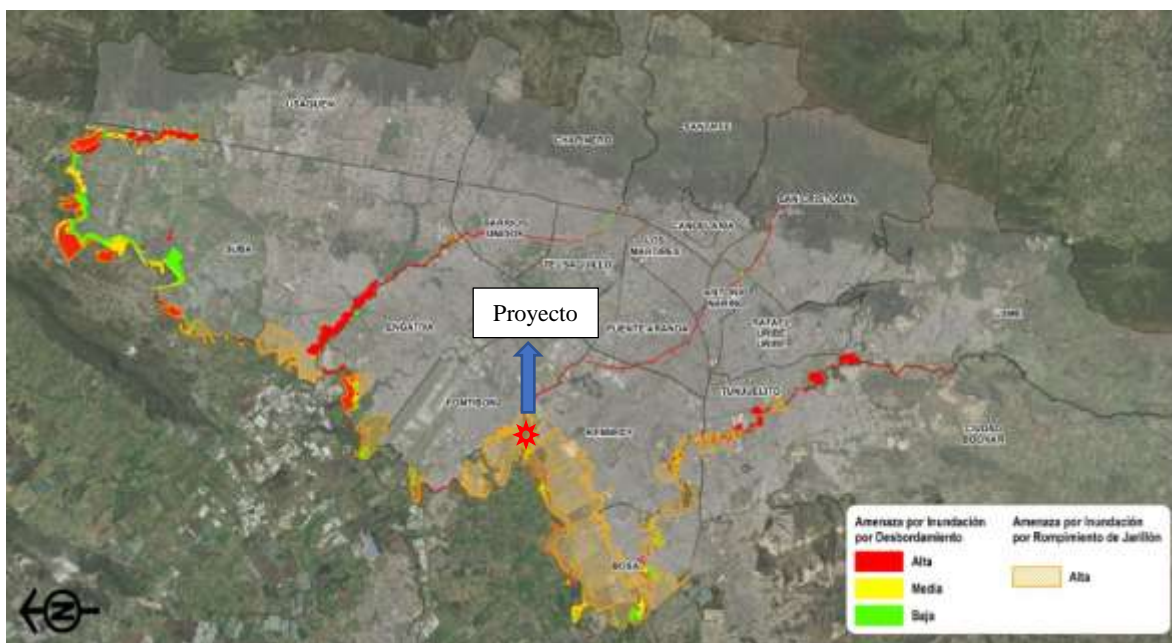
Nota: Mapa normativo de amenaza por movimientos en masa para el suelo urbano y de expansión urbana, Decreto 555 de 2021 para la ciudad de Bogotá Tomado de IDIGER Secretaria de Planeación.

- Nivel freático y escorrentías:

La zona en estudio se encuentra cerca de la cuenca del río Bogotá y al canal La Magdalena, cuencas que en presencia de altas lluvias presentan problemas de desbordamientos, y taponamientos de las redes de alcantarillado. De acuerdo con el Decreto 555 del 2021, se ubica la localidad de Kennedy en una **zona de inundación alta** (Ver figura: Mapa de amenaza por inundación en la ciudad de Bogotá). Se evidencia un nivel freático de aproximadamente entre -2.3m a -4.2m según el estudio de suelos presentado por la forma AUS.

Figura 28

Mapa de amenaza por inundación en la ciudad de Bogotá



Nota: Tomado del IDIGER Mapa CG-3.3.10

7.2.10 Arquitectura:

El conjunto residencial Málaga Castilla Reservado es un proyecto de vivienda unifamiliar diseñado para un total de 360 apartamentos distribuidos en 8 torres de 12 pisos cada una, cada apartamento cuenta con un área de 84.42m² distribuidos de la siguiente manera 2 alcobas auxiliares, alcoba principal, sala, comedor, estudio, zona de ropas, baño auxiliar y baño principal. Este apartamento por su valor económico en el mercado de 382.000.000 millones es contemplado No VIS y es entregado por parte de la constructora con acabados, que van desde terminaciones completas de enchapes en baños, piso laminado, pintura en todos los espacios, mármol en zonas húmedas y gasodomésticos, es decir, se entrega con full acabados y de acuerdo con el último impuesto predial el proyecto se encuentra ubicado en una zona socioeconómica estrato tres (3).

El diseño arquitectónico del parqueadero está configurado como un espacio físico y alternativo de parqueo dentro del proyecto de vivienda. El parqueadero está configurado de 5 niveles y la cubierta la cual está diseñada a través de un espacio abierto cumple con las funciones móviles para las unidades de vivienda. Estéticamente está compuesto y construido en concreto a la vista, columnas y un sistema estructural de acuerdo con su zonificación sísmica. El proyecto tiene un contraste sólido acorde a su ubicación y función que determina su uso comunal y estratégico de apoyo social a la comunidad.

7.2.11 Clasificación de la estructura

- **Calidad del diseño y la construcción de la estructura original (A. 10.2.2.1 NSR10)**

La calificación asignada para este tipo de estructura es “buena”, dado que su diseño y construcción fueron desarrolladas cumpliendo los parámetros del reglamento de construcción vigente.

- **Por estado de la estructura (A. 10.2.2.1 NSR10):**

La estructura en cuanto a su estado se puede calificar como “Bueno”. No se identifican asentamientos diferenciales en los reportes topográficos de los últimos años, no se observan modificaciones de la estructura y de los diseños arquitectónicos en comparación con los planos de construcción.

- **Datos del diseño estructural:**

- **Autor:** Aycardi Estructural SAS
- **Cargas:** Vivas: 250 kg/m² Muertas: 100 kg/m²
- **Materiales:**
- ✓ Concreto:

Cimentación – Vigas y Placas: 210 kg/cm²

Muros: 280 kg/cm²

✓ Acero:

Para $D \geq 3/8''$ – $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Para $D < 3/8''$ – $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

- **Evaluación de la estructura en general**

Se evidencia un estado de la estructura bueno, sin embargo, por el grado de afectación de estas lesiones ante la comodidad de los usuarios, es necesario dar solución a la menor brevedad posible a estas afectaciones y con ello evitar a futuro problemas mayores.

7.3 DIAGNOSTICO

Para poder realizar un correcto diagnóstico del paciente, es necesario la realización de ensayos en los elementos y de esta manera confirmar el comportamiento de la edificación, teniendo en cuenta las lesiones críticas. Se debe procurar realizar la cantidad de ensayos necesarios y en gran medida que los mismos no sean destructivos para no afectar la estabilidad de la edificación.

7.3.1 Ensayos destructivos y no destructivos

Al validar el tipo de lesiones presentes en la estructura se definió la realización de los siguientes ensayos para las lesiones presentes en la edificación, estos ensayos fueron realizados por la empresa SGS Colombia SAS acreditada por la ONAC bajo la norma ISO/IEC17025 en el mes de octubre del año 2022.

Tabla 4

Cantidad de ensayos realizados en el paciente

| Ensayo | Cantidad | Tipo de Lesión |
|--|-----------------|-----------------------|
| Extracción corte y ensayo de núcleos 4" – NTC 3658-2018 / NTC 673-2010 | 1 | Lesión No 4 |
| Extracción corte y ensayo de núcleos 3" – NTC 3658-2018 / NTC 673-2010 | 3 | Lesión No 9 |
| Profundidad de Carbonatación /RILEM CPC | 1 | Lesión No 4 |
| Esclerómetro NTC 3692-2018 | 6 | Lesión No 9 |
| Testigos de yeso en fisuras | 6 | Lesión No 9 |
| Ultrasonido | 3 | Lesión No 9 |

Tabla realizada por los autores

7.3.2 Resultados de los ensayos

Los ensayos realizados en el paciente se efectúan sobre las lesiones No 4 y 9, las cuales requieren una mayor investigación debido al tipo de fisuramiento presentado en la edificación.

7.3.2.1 Ultrasonido

Para este caso, con este ensayo no destructivo se pretende determinar la calidad del concreto dado que *“a mayor velocidad de propagación del impulso ultrasónico, mayor será la resistencia mecánica del hormigón, ya que el impulso se transmite por la masa de la estructura, entonces, mientras más densa es, más rápido podrá transmitir este impulso”* (Valeria Badilla, 2014, pág. 39)

Este ensayo también es usualmente usado para:

- Homogeneidad del concreto.
- Módulo de elasticidad dinámico del concreto.
- Presencia de hormigoneos.
- Existencia de fisuras internas y longitudes.

Según el código ASTM C597-16 Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete y la NTC 4325 se puede utilizar la siguiente tabla para determinar los parámetros de calidad del concreto.

Tabla 5*Correlación de valores del ultrasonido ASTM C597*

| Velocidad de Propagación Lineal (m/s) | Calidad del Concreto |
|---------------------------------------|----------------------|
| >4500 | Excelente |
| 3600 a 4500 | Bueno |
| 3000 a 3600 | Aceptable |
| 2100 a 3000 | Malo |
| < 2100 | Muy Malo |

Apuntes de clases de Construcciones de Concreto, especialización de patología de la construcción Universidad Santo Tomas, Lucas Montana, 2022, pág. 16

Tabla 6*Resultados de ensayos de ultrasonido en Muro Piso 5, 4 y 3*

| Resultados Ensayos Ultrasonido | | | | |
|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Precisión del equipo | μs | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Fabricante del aparato | | Controls | Controls | Controls |
| Localización | | Muro Piso 5 | Muro Piso 4 | Muro Piso 3 |
| Frecuencia de pulso | Hz | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Método | | Directo | Directo | Directo |
| Tiempo 1 | μs | 59.7 | 58.9 | 61.7 |
| Distancia 1 | mm | 210 | 210 | 210 |
| Velocidad 1 | m/s | 3518 | 3565 | 3241 |
| Tiempo 2 | μs | 59 | 57.9 | 63.7 |
| Distancia 2 | mm | 210 | 210 | 200 |
| Velocidad 2 | m/s | 3559 | 3657 | 3140 |
| Tiempo 3 | μs | 57.4 | 58.4 | 60.7 |
| Distancia 3 | mm | 210 | 210 | 200 |
| Velocidad 3 | m/s | 3659 | 3596 | 3295 |
| Promedio Velocidad | m/s | 3578 | 3596 | 3225 |

Datos emitidos por el laboratorio SGS de acuerdo con el ensayo realizado en piso 3, 4 y 5 del edificio de parqueaderos, en el informe BO 2266821

Se verifica con la información que la calidad del concreto utilizada en los pisos 4 y 5 es mayor a la encontrada en el piso 3 sin embargo, las tres muestras arrojan valores aceptables del concreto según la normativa utilizada para correlacionar los datos.

Figura 29

Evidencia fotografía del ensayo de ultrasonidos.



Personal del laboratorio SGS en el ensayo de ultrasonido.

7.3.2.2 Esclerometría

Este ensayo no destructivo tiene como finalidad medir la resistencia del concreto mediante el martillo de rebote Schmidt, “*Se usa como referencia para deducir la resistencia a la compresión de la estructura de hormigón*” (Valeria Badilla, 2014, pág.50). con este ensayo se puede determinar:

- La uniformidad del hormigón in situ.
- Zonas o regiones del hormigón pobre o deteriorado en las estructuras.
- Obtención de valores rápidos del concreto.

Tabla 7

Resultados de ensayos de esclerometría en Muro Piso 5, 4 y 3

| Resultados del ensayo de Esclerometría | | | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Localización | Muro Piso 5 | Muro Piso 5 | Muro Piso 4 | Muro Piso 4 | Muro Piso 3 | Muro Piso 3 |
| Lectura 1 | 44 | 44 | 40 | 40 | 38 | 40 |
| Lectura 2 | 44 | 46 | 38 | 40 | 40 | 42 |
| Lectura 3 | 42 | 44 | 36 | 42 | 38 | 38 |
| Lectura 4 | 44 | 46 | 38 | 4 | 40 | 40 |
| Lectura 5 | 42 | 48 | 42 | 38 | 40 | 40 |
| Lectura 6 | 42 | 46 | 38 | 42 | 38 | 38 |
| Lectura 7 | 40 | 48 | 42 | 40 | 42 | 40 |
| Lectura 8 | 42 | 48 | 42 | 42 | 40 | 38 |
| Lectura 9 | 44 | 50 | 40 | 38 | 42 | 42 |
| Lectura 10 | 42 | 46 | 38 | 40 | 40 | 44 |
| Rebote promedio | 42.6 | 46.6 | 39.4 | 36.6 | 39.8 | 40.2 |
| Desviación estándar | 1.3 | 1.9 | 2.1 | 11.5 | 1.5 | 2.0 |
| Correlación 2 f'c (MPa) | 39.62 | 41.90 | 37.88 | 36.43 | 38.10 | 38.31 |
| | 40.76 | | 37.155 | | 38.205 | |

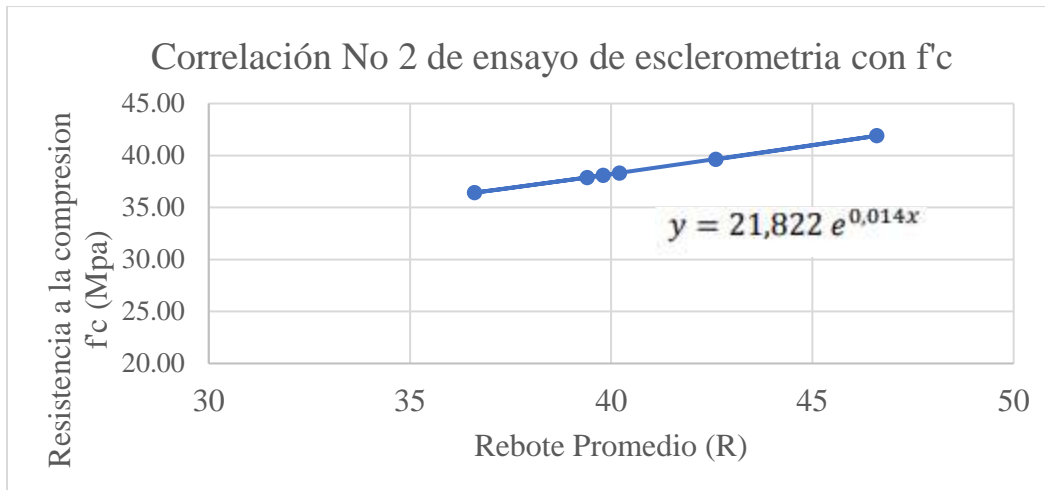
Información emitida por el laboratorio SGS en el informe BO2266880

Nota: Correlación 2 - Para Índices de rebote entre 25 y 50 f'c: $1.25 \cdot R - 23$

Figura 30

Correlación de resultados del esclerómetro - Evidencia fotografía del ensayo de esclerometría





Graficas con información de las correlaciones de datos emitidos por el laboratorio SGS. Personal del laboratorio SGS en el ensayo de ultrasonido.

Nota: Para el análisis se recomienda relacionar los datos de resistencia de cilindros con los resultados de índice esclerométrico y hacer la curva de calibración propia del proyecto, como no en todos los puntos de esclerometría fue posible hacer núcleos, una vez se haga la correlación se encontrarán las ecuaciones para interpolar la resistencia de estas zonas del muro.

7.3.2.3 Ensayos de compresión de núcleos

Este ensayo se usa para determinar la resistencia el concreto mediante un ensayo de probetas haciendo pruebas ligeramente destructivas del elemento de concreto a verificar, para este caso en particular se realiza una extracción de dos muestras en los muros verticales de carga y una muestra en las fisuras de cubierta.

Tabla 8

Resultados de ensayos en cilindro de concreto

| Items de ensayo | Unidad | Muro Piso 5 | Muro Piso 4 | Muro Piso 3 |
|--------------------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|
| Longitud del núcleo | mm | 185 | 185 | 185 |
| Diámetro Núcleo | mm | 76.2 | 76.2 | 76.2 |
| Relación L/D | | 1.996 | 2.003 | 1.996 |
| Densidad | Kg/m | 2280 | 2240 | 2250 |
| Sección transversal | mm | 4560.37 | 4560.37 | 4560.37 |
| Resistencia | MPa | 22.9 | 20.4 | 21.5 |
| Porcentaje | % | 109 | 97 | 97.6 |
| Resistencia mínima por muestra $f'c$ | 75% | cumple | cumple | cumple |

Información emitida por el laboratorio SGS en el informe BO2266876

Figura 31

Evidencia fotografía de la extracción de núcleos para resistencia en el muro Piso 4 y 5.



Registro fotográfico tomado por los autores

7.3.2.4 Correlación entre resultados de esclerometría y núcleos.

En el siguiente análisis se busca comparar los resultados obtenidos del índice esclerométrico y las resistencias de los núcleos extraídos de concreto en el muro M2 del piso 5, como dos elementos que no presentan lesiones en el muro M2 del piso 3 y 4 sin lesiones.

Tabla 9

Relación entre la resistencia y el índice esclerométrico

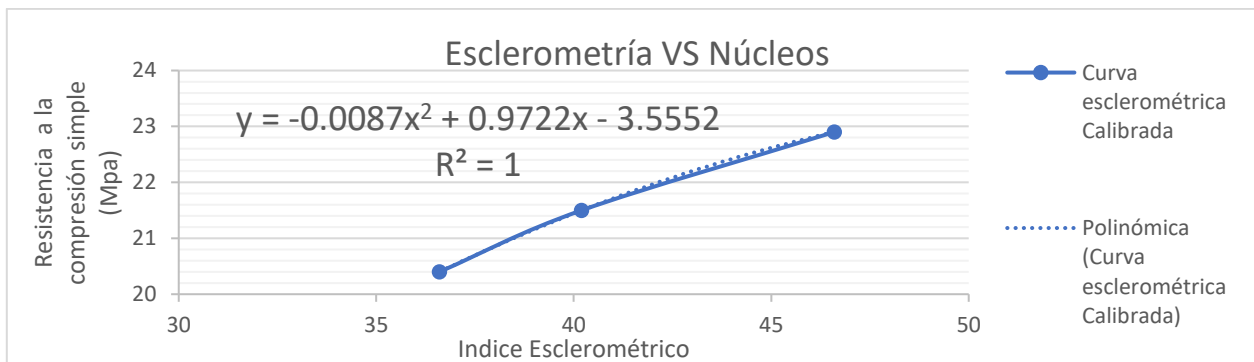
| Relación entre la resistencia y el índice esclerométrico | | | | |
|--|--------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| Núcleos | Prom de resistencia en núcleos (Mpa) | F'c Teórico (Mpa) | Índice esclerómetro | Observaciones/ Punto de extracción |
| Piso 4 | 20.4 | 21 | 36.6 | Aleta |
| Piso 3 | 21.5 | 21 | 40.2 | Aleta |
| Piso 5 | 22.9 | 21 | 46.6 | Aleta |

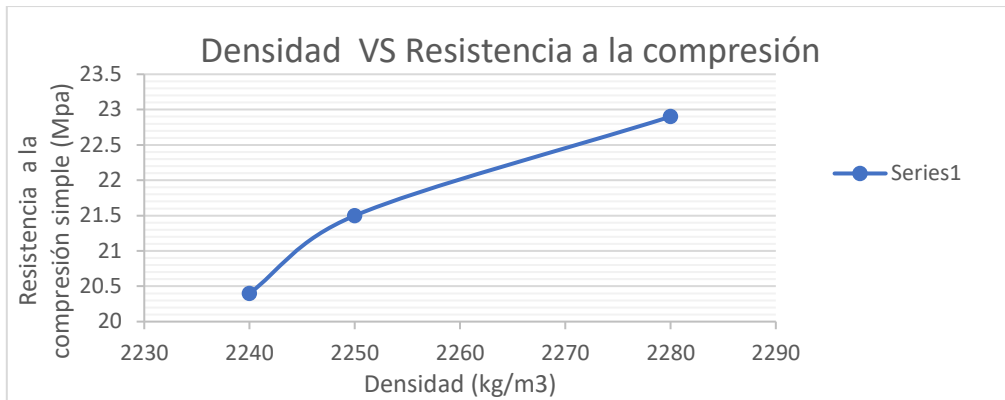
Elaboración propia

La siguiente gráfica presenta la curva que relaciona la resistencia a la compresión simple obtenida de los núcleos y el índice esclerómetro medido. Cuyo objetivo es establecer la relación mediante la ecuación de la recta para un determinado índice esclerométrico y una resistencia buscada, en los puntos donde solo se tomó esclerometría por las restricciones de espacio y reparación (Costado Central del muro, el cual da contra la fachada de este)

Figura 32

Evidencia fotografía de la extracción de núcleos para resistencia en el muro Piso 4 y 5.





Elaboración propia

La ecuación cuadrática que se presenta a continuación establece la resistencia para un determinado índice esclerométrico ajustado a condición propia del proyecto y que tiene un R^2 de 1, es necesario considerar que por el alcance del proyecto se cuenta con un número reducido de datos para el ajuste de la curva de calibración, se recomienda la construcción de esta con un número significativo de parejas de datos:

$$y = -0.0087x^2 + 0.9722x - 3.5552$$

$$R^2 = 1$$

Con la regresión encontrada para la familia podemos encontrar las resistencias de las zonas donde solo pudimos tomar esclerometría, que para este caso se trata del centro del muro del piso 5, con esta información se revisará si el concreto de este piso satisface las características de resistencia de diseño:

Tabla 10

Interpolación de resistencia a la compresión según el índice esclerométrico

| Interpolación de resistencia a la compresión según el índice esclerométrico | | | | |
|---|---------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Núcleos | Índice esclerómetro | F'c Teórico (Mpa) | Interpolación de resistencia (Mpa) | Observaciones/ Punto esclerometría |
| Piso 5 | 42.6 | 21 | 22.1 | Centro |
| Piso 4 | 39.4 | 21 | 21.2 | Centro |
| Piso 3 | 39.8 | 21 | 21.4 | Centro |

Elaboración propia

Los núcleos presentan una densidad uniforme y constante, aunque fueron sacados o extraídos de pisos diferentes y tiene resistencias diferentes de igual manera, dan un buen indicio general de homogeneidad y colocación de concreto en el muro.

7.3.2.5 Validación de resultados de resistencia en núcleos de piso 5 - Muro en cuestión

Según la NSR – 10 se tiene dos alternativas de validación para los resultados de resistencia en núcleos en conformidad con la NTC 3658, los dos criterios y evaluación se muestran en seguida:

Criterios NSR – 10 – Validación de resistencias en núcleos - NTC 3658:

1. Promedio de resistencia de 3 probetas mayor o igual 85 % de $f'c$: 17.85 MPa.
2. Resistencia individual no menor al 75 % de $f'c$: 15.75 MPa

Tabla 11

Validación de resultados de resistencia en núcleos

| Validación de resultados de resistencia en núcleos | | | | |
|---|---|--|--|---|
| Núcleos | Promedio de resistencia en núcleos (Mpa) | Criterio 1 - Resistencia promedio | Criterio 2 - Resistencia individual | Observaciones/ Punto de extracción |
| Piso 4 | 20.4 | No aplica | <u>Cumple</u> | Centro |
| Piso 3 | 21.5 | No aplica | <u>Cumple</u> | Centro |
| Piso 5 | 22.9 | No aplica | <u>Cumple</u> | Centro |

Elaboración propia

Con la información obtenida se determinan lo siguiente:

- La primera correspondiente a la calidad del concreto encontrado en el muro M2 tanto en el piso 3, 4 y 5 donde la resistencia de este fue corroborada y se determina aceptable contra el valor del diseño de acuerdo a la corroboración del ensayo de ultrasonido y resistencia a compresión realizada con la extracción de núcleos.

- Para los resultados de resistencia individual del concreto se obtiene una conformidad de resistencia de los núcleos extraídos en los muros de los pisos 3, 4 y 5. Por lo que se descarta la hipótesis de una resistencia baja en los muros, se detalla sin embargo que la muestra de piso 4 que no es el objeto de estudio presenta un bajo resultado frente a los pisos 3 y 5, los cuales están sobre el valor de $f'c$.

7.3.2.6 Carbonatación

Debido a la presencia de fisuración de los elementos de concreto, es necesario realizar la revisión de la carbonatación en el concreto para descartar problemas de corrosión en el acero de refuerzo. Este ensayo se realiza mediante la aplicación de la fenolftaleína la cual indica con su coloración si el concreto se encuentra aún en un estado ácido.

Figura 33

Ensayo de carbonatación en núcleos de concreto.



Fotografía tomada por los autores

Para la muestra sacada, se evidencia que no se presenta una carbonatación aun en el concreto dado que las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas

con un PH mayor a 9 tomarán un color rosado brillante, es decir, que se descarta un problema de fisuramiento en la placa de cubierta debido a corrosión del acero de refuerzo.

7.3.2.7 Levantamiento de fisuras

Se realiza un levantamiento de las fisuras presentes en el muro del piso 5 mediante la instalación de testigos de yeso, se valida su espesor como longitud de cada una mediante la utilización de un medidor de fisuras.

Figura 34

Medidor de fisuras usado para el levantamiento de fisuras



Fotografía de los autores

Figura 35

Fotografía de las fisuras existentes en el Muro Piso 5



Datos tomados por los autores

Tabla 12










Levantamiento de fisuras del muro del piso 5

| FISURAS | LARGO (m) | ESPESOR (mm) |
|----------------|------------------|---------------------|
| Fisura 1 | 1.30 | 0.25 |
| Fisura 2 | 1.23 | 0.15 |
| Fisura 3 | 0.98 | 0.10 |
| Fisura 4 | 1.55 | 0.15 |
| Fisura 5 | 1.47 | 0.25 |
| Fisura 6 | 1.00 | 0.20 |
| Fisura 7 | 1.50 | 0.35 |
| Fisura 8 | 1.33 | 0.35 |
| Fisura 9 | 0.97 | 0.20 |
| Fisura 10 | 1.20 | 0.10 |
| Fisura 11 | 0.25 | 0.05 |
| Fisura 12 | 1.03 | 0.25 |
| Fisura 13 | 0.82 | 0.15 |
| Fisura 14 | 0.81 | 0.15 |
| Fisura 15 | 0.80 | 0.40 |

Datos tomados por los autores

Tabla 13

Registro fotográfico de los testigos en yeso de las fisuras como el control realizado a las mismas.

| ID | REGISTRO INICIAL DEL ESPESOR FISURAS | REGISTRO DIMENSIONES | REGISTRO DE TESTIGOS 26/9/22 | REGISTRO DE TESTIGOS 14/10/22 | REGISTRO DE TESTIGOS 10/11/22 |
|----|---|---|---|---|---|
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  | | | |
| 4 |  |  | | | |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  | | | |
| 7 |  |  |  |  |  |

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 8 |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  | | | |
| 10 |  |  | | | |
| 11 |  |  | | | |
| 12 |  |  | | | |
| 13 |  |  | | | |
| 14 |  |  | | | |

Elaboración propia

Figura 36

Testigos realizados en las fisuras del muro de Piso 5



Testigos realizados mediante la aplicación de yeso sobre el muro de parqueaderos realizado el 23 de septiembre del 2022.

Para este caso, durante el tiempo de seguimiento de las fisuras estas no presentaron movimientos por lo cual se determina su inactividad y necesidad de restaurar su composición monolítica del elemento a la menor brevedad posible para evitar problemas de corrosión con el ingreso de agua.

Con la información anteriormente encontrada se determina lo siguiente:

- A.** No se presenta en la edificación un asentamiento diferencial que se encuentre generando el fisuramiento en el muro M2 del piso 5, dado que al realizar un monitoreo mediante control topográfico los valores obtenidos se encuentran dentro del rango especificado por el geotecnista en el estudio de suelos correspondiente.
- B.** Se realiza una validación de los esfuerzos generados en el muro M2 Piso 5 y no se evidencia un fisuramiento debido a falla a cortante ni a flexión. Por tanto, se descarta problemas a nivel estructural, dado que la edificación no presenta daños en otras zonas.

- C.** Los resultados de resistencia a la compresión obtenido por los métodos de extracción de núcleos y esclerometría, aunque al límite del $f'c$ del concreto de 21 Mpa, satisfacen los requerimientos de resistencia para validación de extracciones según la NSR – 10 y son conformes. Por lo que se valida su resistencia a la compresión en función de la especificación por diseño del concreto.
- D.** Adicionalmente se logra verificar en cuanto a la calidad del concreto mediante las pruebas de ultrasonido que el concreto tiene velocidades de onda consistentes con un concreto aceptable, *y que sus fisuras no inciden en profundidad ya que la velocidad del concreto es similar en muro con y sin fisuración* (Ver ensayos de ultrasonido del piso 3, 4 y 5). Esta última integridad y continuidad del elemento es verificable de igual manera en los ensayos de densidad tomados a cada uno de los cilindros y que hablan de un adecuado y equivalente proceso de compactación del concreto en los diferentes elementos por piso.
- E.** Se determina que el fisuramiento presentado en la placa de cubierta se debe a un error constructivo relacionado con la instalación de las redes eléctricas, en las cuales las fisuras pasantes están calcando el comportamiento y el lugar de ubicación de la tubería. También, es posible confirmar que el recubrimiento solicitado como mínimo por el diseñador no fue respetado en la elaboración de la placa ocasionando que la parte superior de la misma soporte mayores tensiones por los cambios térmicos haciendo el concreto mucho más propenso a la fisuración.
- F.** Por último, es importante considerar que durante el seguimiento realizado a las fisuras del muro con testigos de yeso y mediante el control dimensional de las mismas, estas no presentaron aumento en la longitud de fisuración o indicio de movimiento alguno, tanto en los fisurómetros instalados como en los testigos de yeso.

G. Se encuentra una nueva variante en las posibilidades de la presencia de las fisuras por una reacción álcali agregado, sin embargo, esta hipótesis es descartada mediante la búsqueda de información en la literatura de expertos.

La reacción **Álcali – Agregado** *“se da por la reacción química de cementos con altos contenidos de álcalis (óxidos de sodio u óxidos de potasio) junto con sílices inestables de algunos agregados. Para que se desarrolle esta reacción se debe presentar un estado de humedad al interior del concreto producto del ambiente o el suelo de fundación”* (Diego Sánchez, 1987, pág. 201)

Para detectar las reacciones del concreto se deben realizar uno o dos de los siguientes ensayos:

- Método químico ASTM C289 (NTC 175 INVIAS E234-13).
- Método de barras ASTM C227 (NTC 3828).
- Método acelerado de barras STM C1260 y C1567.
- Método de prismas ASTM C1293.
- Análisis petrográfico del agregado ASTM C295 (NTC 3733).
- Análisis petrográfico del concreto ASTM C856 (NTC 3773).

Los factores que evidencian una presencia de Álcali agregado en el concreto son:

- Expansión y deformación de miembro estructurales.
- Fisuras en forma de Y.
- Presencia de gel.
- Gotas de gel que pueden observarse en la superficie aisladas del concreto o rellenando fisuras.

- Presencia en el agregado de los siguientes compuestos como la cuarcita, chert, esquisto, cuarzo cericitico, granitoide metamorfoseado, entre otros; que son rocas de mediana a alta reactividad.

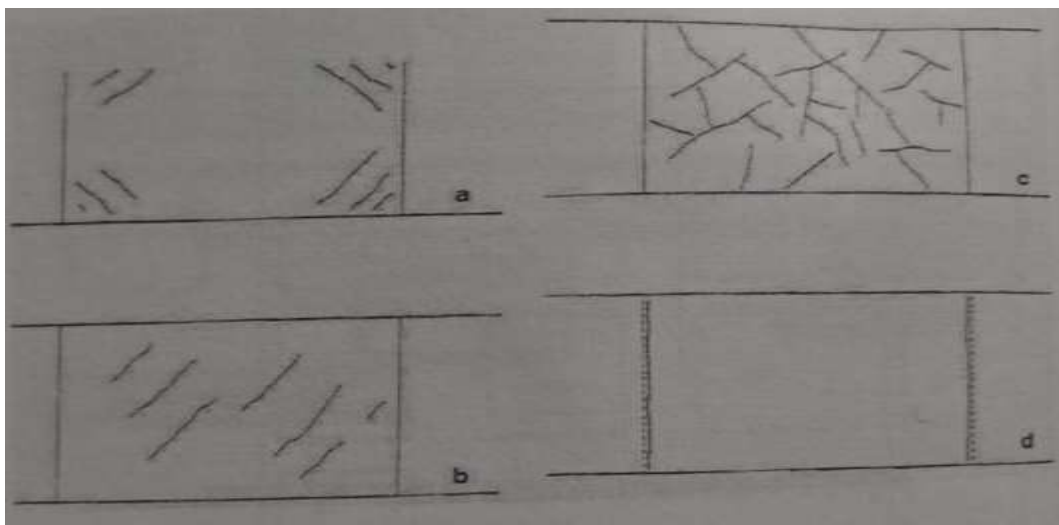
“La reacción álcali – agregado, generalmente no se presenta a edades tempranas de la vida útil de una estructura. Se requieren por lo general años y unas condiciones ambientales específicas (por ejemplo, humedad permanente), para que la reacción se active y comiencen a producirse expansiones internas, y, por ende, fisuras que deterioran el concreto” (ASOCRETO).

Por tanto, y dado que los síntomas reflejados en el muro no se evidencian aparentemente el comportamiento debido una reacción álcali sílice, esto bajo las siguientes premisas, la primera corresponde a que solo este muro presenta esta reacción a pesar que el vaciado del concreto se realizó en otros muros del parqueadero y como segunda ocasión se debe a que este tipo de reacción requiere de un constante humedecimiento del concreto para la generación de este tipo de reacciones químicas dentro del concreto, dos situaciones que no se presentan. Por este motivo se descarta esta hipótesis.

H. La generación de fisuras a 45° también puede presentarse por fisuras de retracción plástica las cuales se pueden producirse entre las primeras ocho (8) horas de vaciado del concreto y pueden ser de la siguiente manera:

Figura 37

Tipos de fisura por retracción plástica en Muros



Tipos de fisuras por retracción plástica en estructuras de Hormigón. Manual de patología y rehabilitación de edificios. Francisco Fiol, 2014, pág. 135-136,

Figura a y b – Formación de fisuras en ángulos de 45° con esquinas las cuales se forman de manera paralela y con ondas.

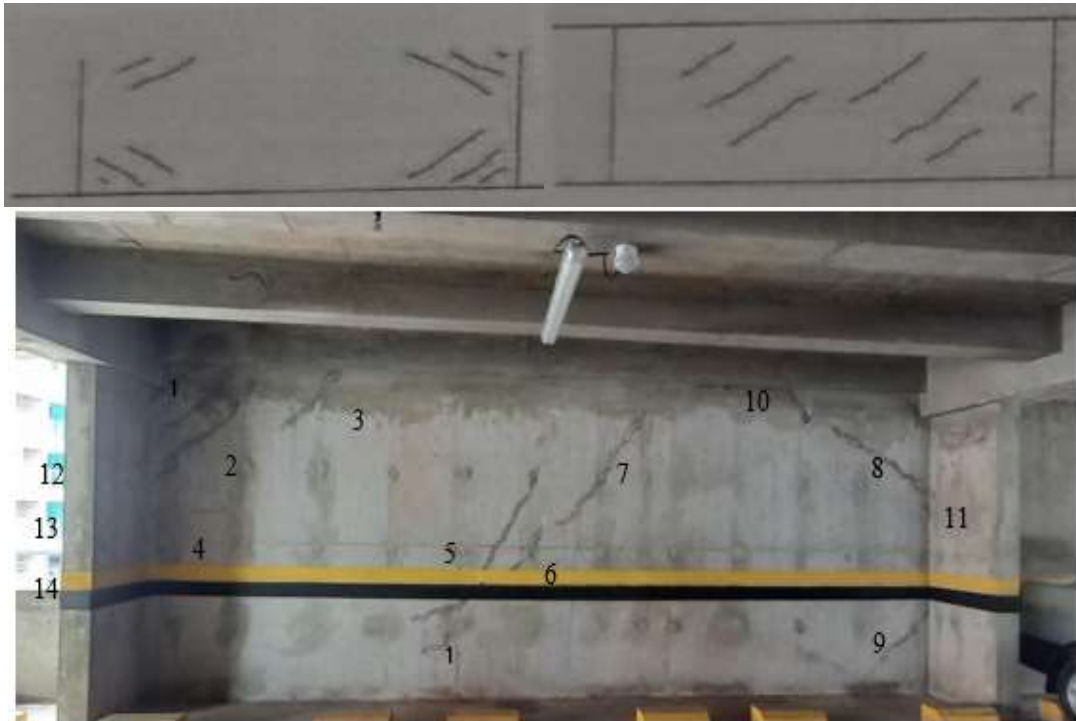
Figura c – Fisuras con un orden indeterminado formando una malla.

Figura d – Fisuras las cuales siguen el recorrido del acero de refuerzo o donde se presenta una interrupción del concreto.

Si comparamos las fisuras presentadas en el muro M2 contra lo relacionado por fisuras de retracción plástica, se puede evidenciar la coincidencia con la dirección del fisuramiento, por tanto, se determina la generación de este comportamiento por la retracción plástica.

Figura 38

Tipos de fisura por retracción plástica en Muros



Comparación de las fisuras del paciente contra las fisuras por retracción plástica.

7.3.3 Lesiones mecánicas, físicas y químicas

Al realizar un análisis detallado de cada una de las lesiones encontradas en el edificio de parqueaderos del conjunto residencial Málaga Castilla Reservado, se analiza y se diagnostica lo siguiente para cada caso:

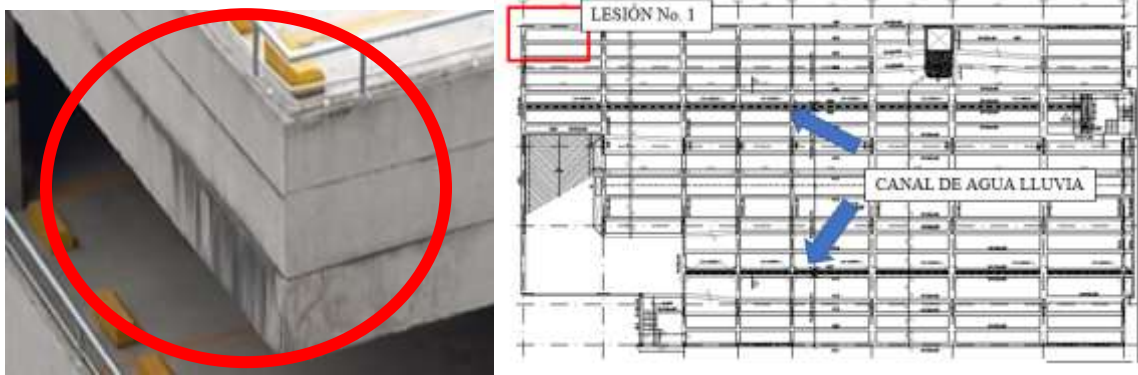
Para la **lesión No. 1**, el ensuciamiento por el lavado diferencial evidenciado es consecuencia de una fisura presente entre la unión de la losa de entrepiso y el antepecho de mampostería. Sin embargo, dicha fisura realmente originada por la junta de dilatación de la esquina de cada muro de antepecho que no se dejó desde el diseño, *“Una junta de dilatación (junta de expansión) se usa en todo lugar donde el muro encuentra una losa u otro muro independiente, permite pequeños movimientos y ayuda a prevenir agrietamientos aleatorios*

debido a las restricciones a la contracción, pequeñas rotaciones o asentamientos de la losa”
(ACI, 2011, P. 90).

El movimiento de la losa de parqueaderos a causa de las cargas dinámicas vehiculares hace que, por la ausencia de la junta horizontal en la esquina del muro, las juntas de dilatación horizontales en la unión losa muro tengan una concentración de esfuerzos adicional generando una fisura en la dilatación mucho más grande.

Figura 39

Fisura en unión muro placa lesión 1



Fotografía tomada por los autores

Aclarando esta información, la humedad presente por la filtración del agua por este espacio se debe a una mala ejecución de dicha junta, la cual debe ser capaz de resistir el paso del agua, también es evidente el estancamiento de agua en ciertas zonas de la placa permitiendo que la misma fluya por las zonas de menor presión y la ausencia de medias cañas entre la unión de ambos materiales.

Para la **lesión N 2** se evidencia una eflorescencia a causa de sales en la parte inferior de la placa de cubierta de edificio de parqueaderos, ocasionada por la humedad por filtración en la junta de construcción la cual está ubicada en una zona de encharcamiento de agua. Estas

juntas de construcción se realizan “*Por conveniencia o necesidad dentro del proceso de construcción, usualmente se localizan dónde termina una colocación de concreto y comienza otra*” (ACI, 2011, P.87). Para este caso en particular, se evidencia la instalación de varias juntas de construcción en la placa de cubierta del edificio de parqueaderos, esto para dar un volumen manejable del concreto durante su proceso de vaciado. Sin embargo, no se evidencia su correcta conformación y posterior tratamiento para evitar el paso del agua.

Figura 40

Fotografía de la junta de dilatación conformada y placa con empozamiento de agua



Tomada por los autores

Para la **lesión No. 3** se evidencia un ensuciamiento del muro de la cubierta y una fisura predominante en el muro de unión entre la rampa vehicular y el antepecho del piso 6. El ensuciamiento del muro se está presentando por el arrastre de polvo y suciedad generada por el humo de los vehículos cada vez que llueve, esto se debe a la carencia de tener una alfajía superior con la finalidad de evitar la escorrentía del agua sobre la mampostería.

De igual manera se evidencia una fisura sobre la junta de dilatación, la cual está generando un desprendimiento del pañete, como se evidencia dicha junta fue construida con la finalidad de liberar los esfuerzos presentados en el muro por la acción de las cargas dinámicas del

edificio y aún más al estar cerca de la rampa vehicular, zona que sufre mayores deformaciones cuando los vehículos frenan o arrancan con velocidad.

Figura 41

Ensuciamiento de la fachada



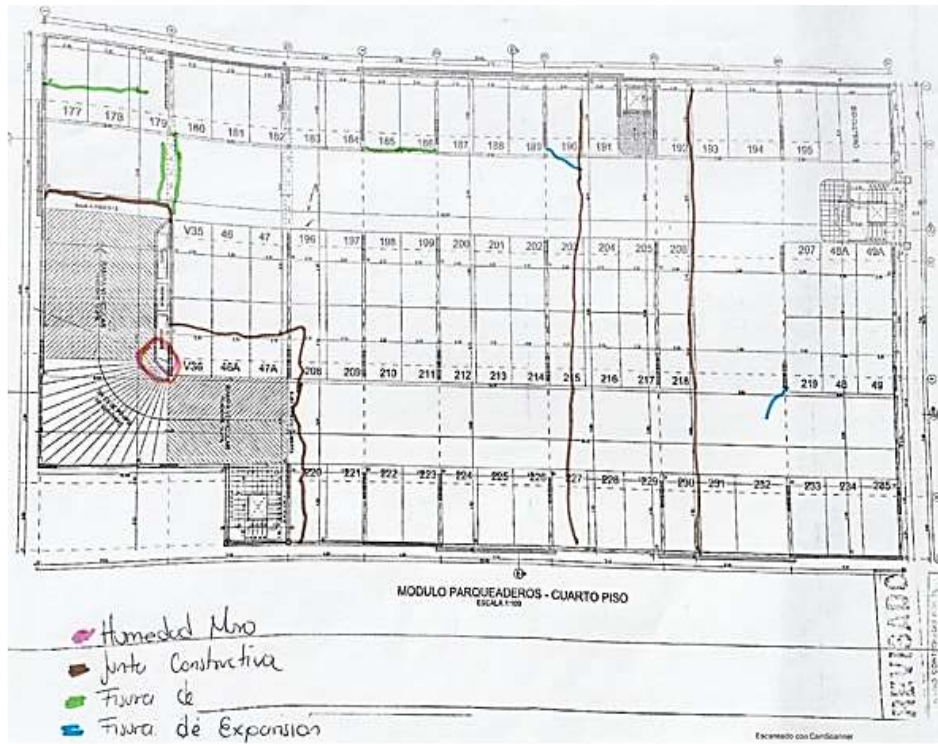
Tomada por los autores

Para la **lesión 4** se realiza un levantamiento de las fisuras presentes en las demás placas del edificio con la finalidad de identificar si esta lesión es producida por un asentamiento de la edificación generando sobreesfuerzos en las placas.

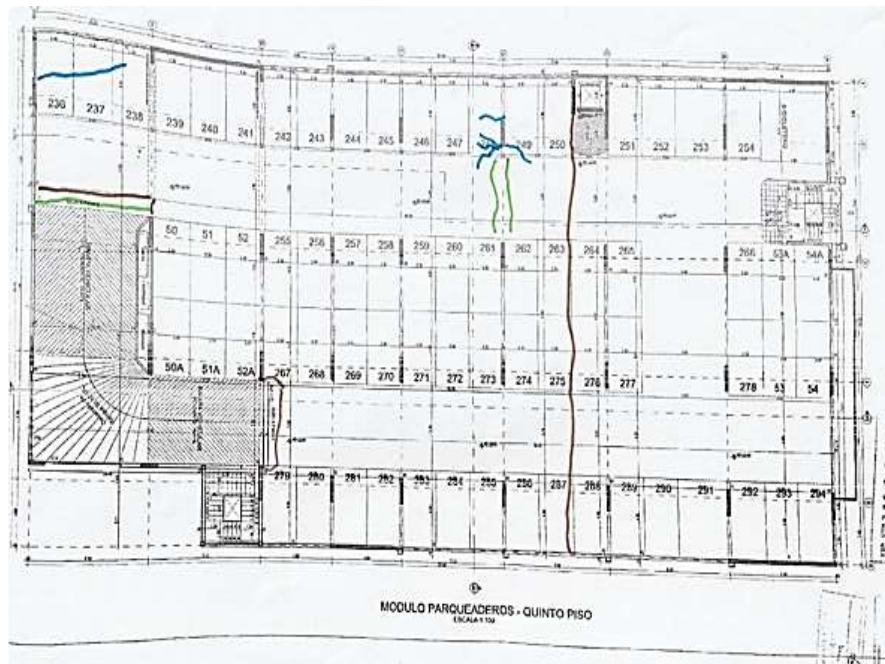
Figura 42

Plano levantamiento de fisuras en las placas del edificio.

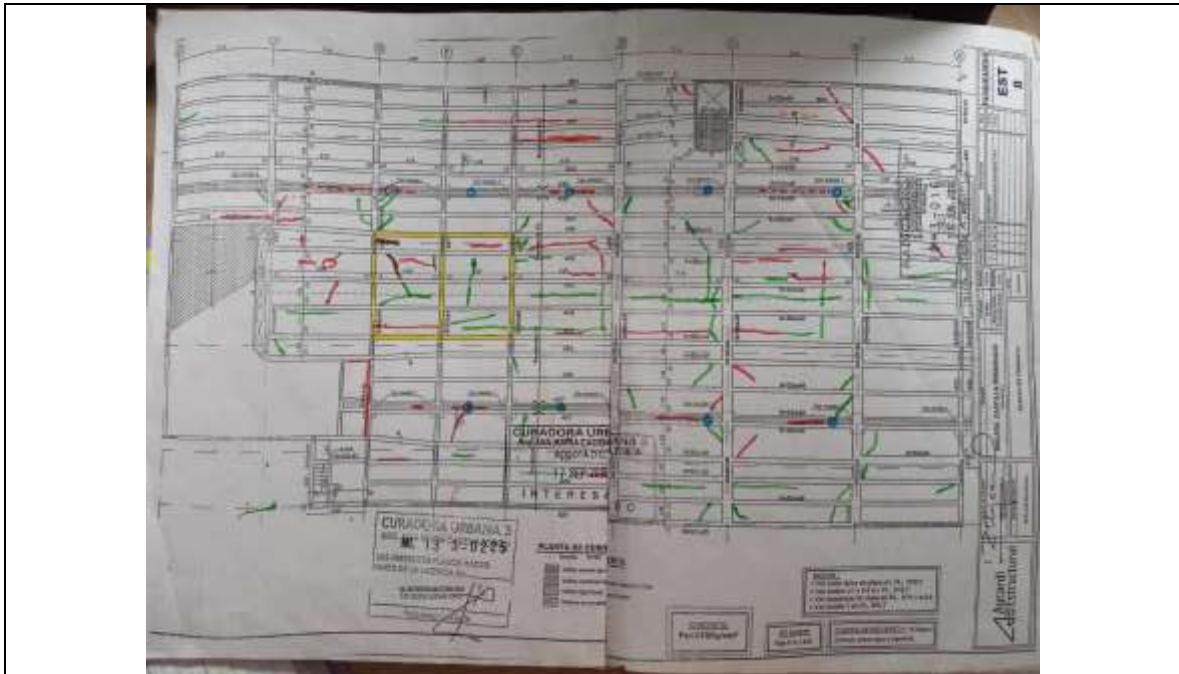




PISO 5



PISO 6 - CUBIERTA

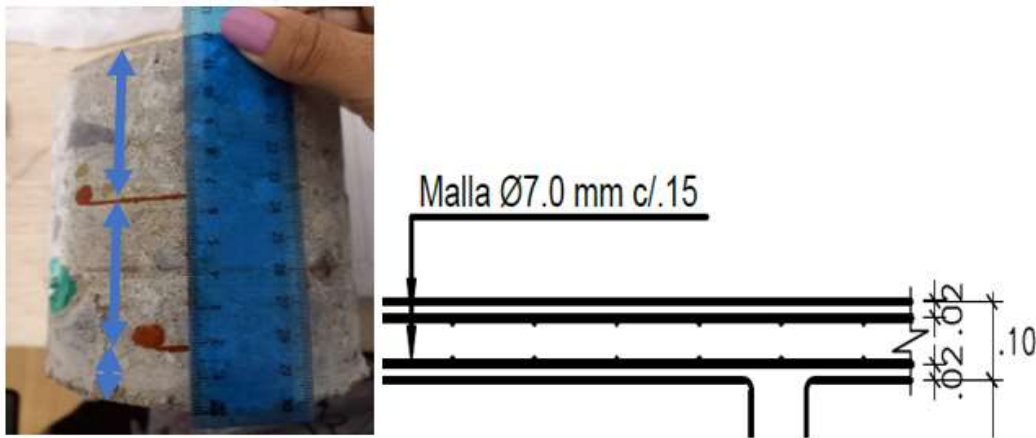


Levantamiento de fisuras realizado por los autores.

Se evidencia con dicho levantamiento, que las fisuras presentadas en las placas no corresponden a un proceso de asentamiento diferencial del edificio, por lo cual se descarta que sea problemas estructurales. Por tanto, al validar el estado de las fisuras de la placa de cubierta con la extracción del núcleo de concreto se evidencian dos temas el primero corresponde a que las fisuras pasantes se encuentran en las zonas por donde pasa la tubería de conducción eléctrica, es decir se encuentra una concentración de esfuerzos por una inadecuada instalación de la tubería incitando el fisuramiento. Como segunda medida, se evidencia una errónea ubicación de la malla electrosoldada superior de la placa, la cual no cumple con el posicionamiento solicitado por el diseñador generando diferentes tipos de fisuras entre las cuales están: por retracción plástica, asentamiento plástico y por origen térmico. Al permitir que el boque de concreto presente más concentraciones de flexión al no contar con el acero de refuerzo encargado de asumirla permitiendo fácil fisuramiento.

Figura 43

Ubicación errónea del acero de refuerzo en la placa de cubierta.



Comparación de dimensiones de núcleo de cubierta

Adicional a eso se evidencian la ausencia de desarrollo de las siguientes actividades necesarias para garantizar la calidad del elemento:

- Procedimiento adecuado de curado del concreto al encontrarse en contacto directo con los cambios de temperatura del ambiente (Incluye protección con barreras de viento, aplicación de agua constante durante 7 días).
- Ausencia de fibras sintéticas para controlar la fisuración por contracción y asentamiento plástico del concreto durante la colocación. Esta adición de calidad del concreto debió ser realizada por parte de diseñador como de trabajar con un concreto con relación de agua cemento menor a 0.45 para prevenir el fisuramiento del elemento de acuerdo con sus condiciones al cual va a estar expuesto.

La **lesión No 5** está representada por la propagación de un agente vegetal como el musgo, el cual al absorber la humedad procedente del estancamiento del agua en estas zonas se reproduce, generando la creación de manchas y un aspecto visual antiestético. Esto causado por la ausencia de la pendiente correspondiente de la placa como por la ausencia de medias

cañas alrededor de los muros de cerramiento de la placa de cubierta, quienes permiten el paso del agua fácilmente por la fachada.

Figura 44

Fotografía de muro con musgo



Fotografía tomada por los autores

Para la **lesión No 6** es necesario definir que la aplicación de la pintura del paso peatonal fue realizada desde hace más de dos (2) años, por tanto, el desgaste producido es por el paso constante de los carros el cual queda identificado en las dos franjas que corresponden a la distancia entre las llantas de los carros. Si se verifica un poco más a profundidad el desgaste del concreto en esta zona, se evidencia que no existe un desprendimiento de material granular ni la generación de fisuras.

Figura 45

Fotografía de desgaste de pintura en piso



Montaje por parte de los autores

Para la **lesión No 7** es posible evidenciar una humedad por filtración del ducto de ventilación la cual está generando una eflorescencia por sales en la fachada. Al verificar un poco más a profundidad, se encuentra que dicha humedad se presenta por la falta de la tapa superior ubicada en cubierta del ducto de ventilación, el cual está generando que cada vez que llueve el agua pase por dentro del ducto y sea absorbida por la mampostería en bloque.

Figura 46

Fotografía de muro con humedad y eflorescencia.



Fotografía tomada por los autores

Para la **lesión No 8**, se evidencia un fisuramiento en la zona de las rampas del parqueadero en donde hay presencia de una junta de construcción y adicionalmente la ubicación perimetral de muros y columnas, en donde las cargas dinámicas realizan un punzonamiento a la placa para transferir los esfuerzos presentados. Se evidencia la ausencia de juntas de dilatación las cuales se deben diseñar a lo largo de las columnas y muros para permitir el movimiento de los elementos al largo de la placa y ayudar aliviar los esfuerzos. “*se usan para separar la losa de cualquier estructura adyacente tal como losas, muros, columnas, edificaciones adyacentes o cualquier accesorio de la losa*” (ACI, 2011. P. 100).

Figura 47

Fotografía de fisuramiento de rampa vehicular

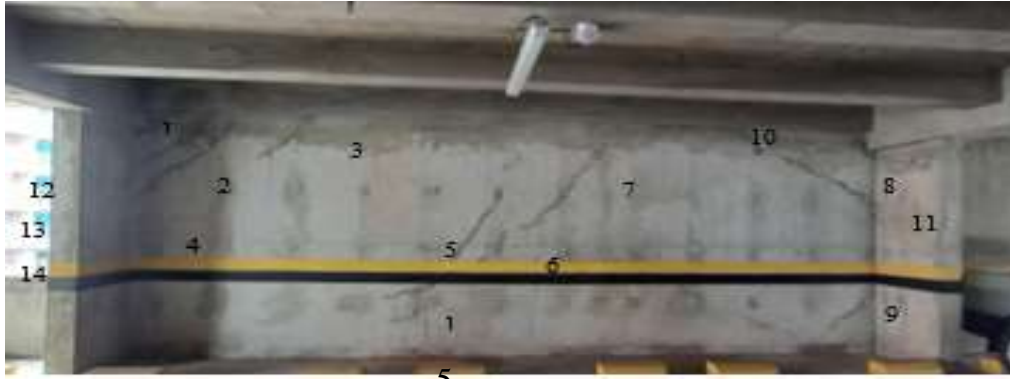


Fotografía tomada por los autores

Para la **lesión No 9** se presenta una fisuración en el muro de concreto ubicado en el costado lateral derecho del edificio de parqueaderos, este muro se desarrolla desde el piso 1 hasta el piso 5 con las mismas dimensiones. Sin embargo, su acero de refuerzo cambia al igual que la resistencia del concreto en cada piso. Para este caso se evidencia, que la fisuración correspondiente únicamente al muro del piso 5 como un caso aislado. Al verificar con los testigos frágiles dejados durante un tiempo de 3 meses se confirma que dichas fisuras están inactivas. Y que el comportamiento de los materiales corresponde a lo diseñado. Como que no se presentan asentamientos diferenciales por fuera de lo estipulado, con lo cual se descarta problemas tanto de calidad de materiales como por temas de problemas estructurales. Se estima que las fisuras presentadas en el muro corresponden a un error en el momento de vaciado del muro generando la conformación de juntas frías.

Figura 48

Levantamiento de fisuras presentes en el muro pantalla del piso 5



Registro tomado por los autores

Para la **lesión No 10** se evidencia una corrosión localizada en el barandal perimetral de la cubierta del edificio de parqueaderos, esta corrosión se presenta como una erosión del ambiente por la lluvia, el viento, el material particulado y el sol. Este tipo de corrosión en el momento no ha generado daños evidentes como desgastamiento o descamación. Para este caso solo hay presencia de calamina y se puede relacionar como un tipo B, es decir, *“superficie de acero con oxidación residencial y donde la calamina comienza a desprenderse, se debe a una atmosférica medianamente corrosiva durante 2 o 3 meses”* (Casto, 2020, p. 79). No se evidencia problemas estructurales que comprometan la estabilidad del elemento. Su lesión es determinada por la mala calidad de la pintura aplicada como del menor espesor aplicado en la zona.

Figura 50

Mapa geológico de la zona de estudio en la zona de Bogotá, localidad Kennedy.



Mapa geológico de la ciudad de Bogotá, se observa la zona donde está ubicado el paciente bajo estudio. Tomado de la microzonificación sísmica de Bogotá.

Para el caso particular de la ubicación del paciente, este está asentado sobre una llanura de inundación en donde su conformación corresponde a depósitos aluviales jóvenes pertenecientes a los ríos Bogotá, Tunjuelito y sus afluentes. En ellos predominan las arcillas y limos.

8.2 Fallas geológicas

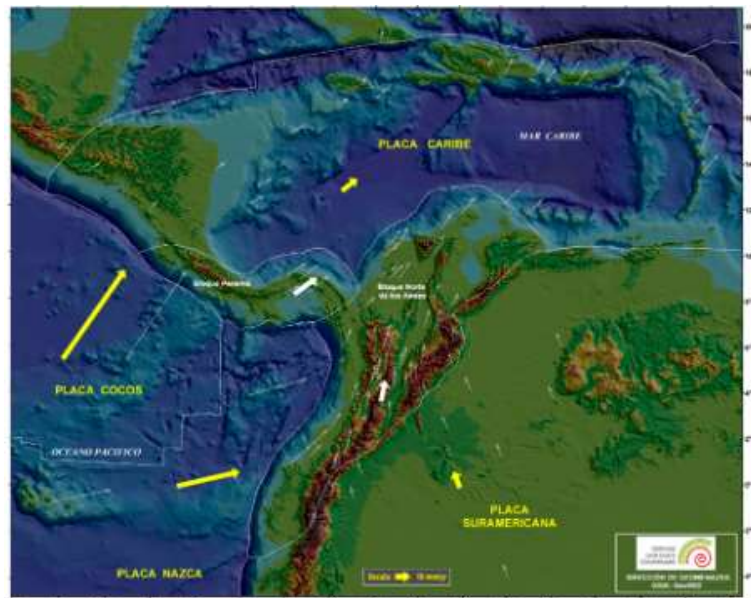
Colombia se encuentra ubicada en una zona de alta de actividad sísmica, esto dado que está rodeada de cuatro (4) grandes placas tectónicas denominadas Placa Suramericana, Placa del Caribe, Placa de Cocos y Placa de Nazca, las cuales al año generan movimientos entre sí liberando energía y la generación de otros sistemas de falla al interior del país, esta zona es denominada como el cinturón de fuego zona activa y propensa a sismos. De acuerdo Chicangana et al, 2015

“Como resultado de esta convergencia, en la litosfera colombiana se presentan dos principales zonas de sismicidad que incrementan la amenaza sísmica para Colombia:

la zona de sismicidad intermedia (con sismos que se originan en profundidades que varían de 50 a 160 km; y la sismicidad superficial con sismos que se originan en profundidades que varían de 0 a 50 km. Esta última es resultado de la constricción de las placas Caribe y continental, por el empuje que produce la placa Nazca al subducir al occidente y al noroccidente, mientras que la sismicidad intermedia es resultado de la colisión de la placa, ya subducida, de Nazca con la placa previamente subducida denominada Farallón..., en Colombia la sismicidad superficial es la que produce los sismos con mayores pérdidas económicas y de vidas”

Figura 51

Mapa del Grupo GeoRED de las placas tectónicas en los Andes.



Tomado de Los Andes colombianos navegan hacia el noreste, INGEOMINAS, 2018

Para el caso particular de la ciudad de Bogotá, la posible afectación en caso de presentarse algún movimiento sísmico puede deberse al movimiento de varias fallas tectónicas que en el pasado han representado algún riesgo para la sabana de Bogotá, entre están:

Tabla 14*Fallas geológicas presentes cerca de la ciudad de Bogotá.*

| Zona Oriental | Zona Occidental |
|--|--|
| Falla de Suralá • Falla Chocontá – Pericos • Falla de Guatavita • Sistema de fallas de Villapinzón (Farasia y Villapinzón) • Falla de Nemocón • Falla de Teusacá • Falla de Bogotá • Falla de Río Tunjuelo • Fallas del piedemonte llanero • Falla Romeral • Falla Salinas • Falla Alto de Trigo • Falla de Cocorá Falla del Guaicáramo | Falla de Sutatausa • Sistema de Carupa • Falla el Porvenir • Falla Subachoque • Sistema de fallas de Soacha (Falla de Soacha, Falla de Cajitas, Falla de Sibaté) • Fallas de Tequendama • Falla de Honda • Falla de Ibagué • Falla de Magdalena • Falla del piedemonte llanero (frontal de la cordillera Oriental o Falla Guaicáramo) |

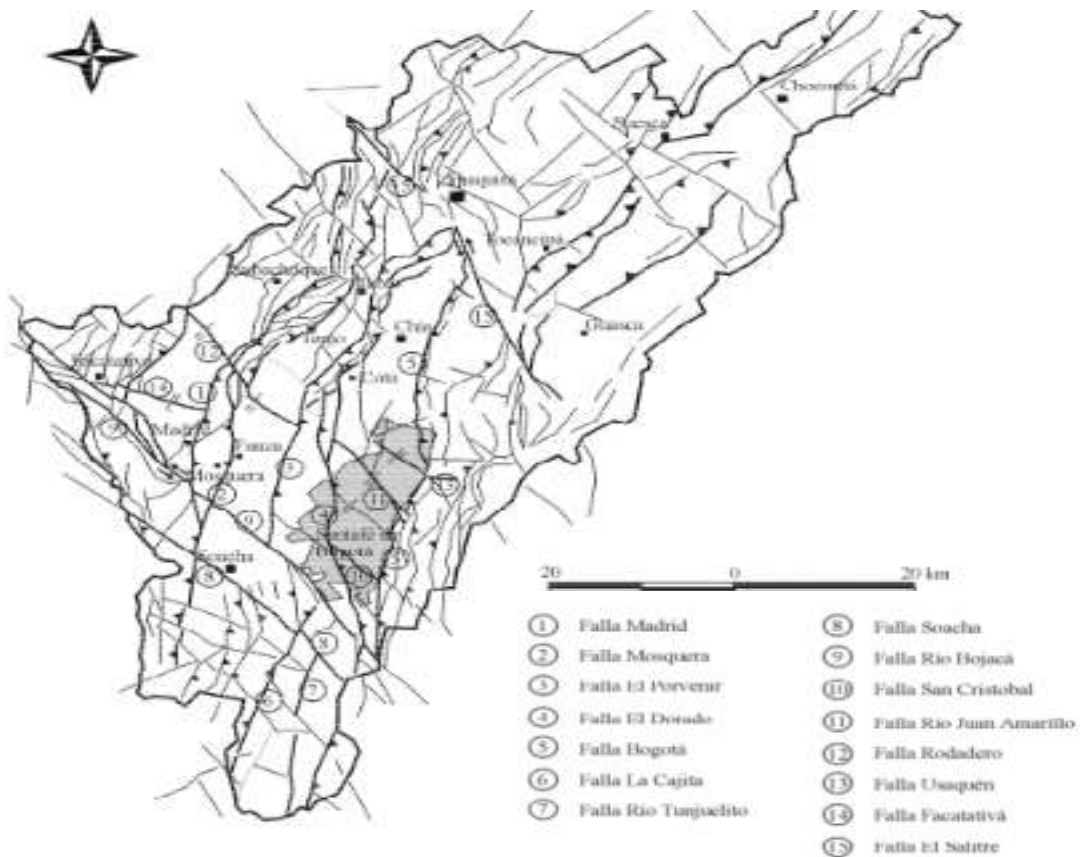
Tabla realizada por los autores

De acuerdo con varios expertos en el tema, las siguientes fallas son consideradas más activas o propensas a generar una fuente alta de sismicidad para la ciudad de Bogotá:

- Región Suroriental - Falla del Piedemonte Llanero (Servita – Santa María, Guaricáramo y Yopal)
- Región Noroccidental - Falla de Ibagué, Falla de Honda, Falla del Magdalena, Falla Cucuana y Falla Romeral
- Región Central – Falla de la Cajita, Falla de Bogotá,

Figura 52

Trazas idealizadas de los sistemas de fallamiento en la sabana de Bogotá



Esquema estructural de la sabana de Bogotá con sus correspondientes fallas longitudinales y transversales. Tomado de fallas longitudinales y transversales en la sabana de Bogotá, Colombia de Velandia Patiño.

Como se evidencia al realizar una búsqueda más específica de las fallas encontradas en la Ciudad de Bogotá, se evidencian varias de ellas que tienen poca afectación a nivel de sismos provocados por su desplazamiento. Como se verá más adelante, los sismos presentados en Bogotá corresponden a desplazamientos generados por fallas más grandes con epicentros ubicados fuera de la ciudad.

Sin embargo, cerca de la zona de estudio del paciente, este se encuentra próximo sobre la falla de San Cristóbal la cual “controla el curso del río del mismo nombre, en los cerros

orientales de la Sabana. Su prolongación hacia el sureste se manifiesta por una serie de rasgos topográficos y drenajes alineados. La prolongación de su traza hacia el NW parece limitar el borde sur de la depresión de Funza, y de manera aproximada con el límite sur del relieve plano del valle de la sabana. Esta falla junto con el sistema de fallas de Facatativá, marca la frontera sur de la cuenca de la Sabana de Bogotá las cuales probablemente ejercieron control tectónico, que sirvió de barrera estructural e impidió la depositación hacia el sur.” (INGEOMINAS, 1997, p. 38). La cual puede en algún momento desarrollar un tipo de movimiento que genere un daño a la estructura existente, aún más al conocer que dicha zona de estudio se encuentra en un suelo blando capaz de aumentar las ondas en caso de sismo.

Figura 53

Mapa de ubicación de fallas cerca de la zona de estudio.



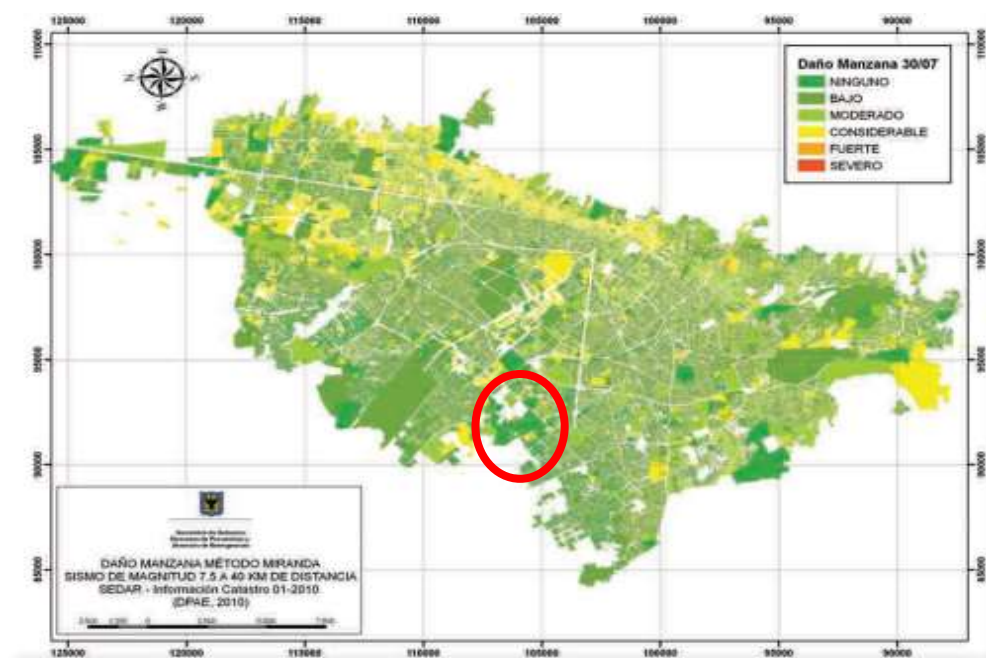
Mapa geológico de la ciudad de Bogotá, se observa la zona donde está ubicada el paciente bajo estudio. Tomado de la microzonificación sísmica de Bogotá.

8.3 Estudios de vulnerabilidad sísmica

En la ciudad de Bogotá, se han realizado varios estudios de vulnerabilidad enfocados a tomar medidas para mitigar los posibles daños causados a las construcciones o evitar la pérdida o posibles lesiones a la vida. Para este caso, se realiza un análisis del informe generado por parte del FOPAE del año 2010 “...no es fácil decir cuáles áreas de la ciudad tienen mayor amenaza sísmica, dependerá del tipo de elemento expuesto: una casa, un edificio bajo o alto. Por ello es necesario seguir en la ruta del conocimiento y pasar a revisar la vulnerabilidad de las construcciones, con lo cual se pueden llegar a estimar los daños frente a un sismo y de esta manera se pueden determinar las áreas con mayor riesgo sísmico”

Figura 54

Mapa de índice de daño de las edificaciones por manzana en la ciudad de Bogotá, por sismo magnitud 7.5



Plano del índice de vulnerabilidad de la ciudad de Bogotá, indicando las zonas de amenaza. Tomado de FOPAE Bogotá frente al riesgo sísmico 2010

En este mapa, se evidencia la baja afectación que puede presentarse en las estructuras al momento de generarse un sismo, entre ellos la ubicación del sitio de estudio se encuentra localizada como de baja o moderada afectación. Sin embargo, *“la experiencia de terremotos pasados ha demostrado que los impactos de un desastre aumentan si la población no cuenta con adecuados niveles de preparación, organización, conocimiento del problema, ingresos...
...El riesgo está asociado, por un lado, a la amenaza que genera la ocurrencia de un sismo y por otro, a la vulnerabilidad o susceptibilidad de tales construcciones de ser afectadas por éste. En el tipo de riesgo mencionado, su disminución se puede lograr mediante la reducción de la vulnerabilidad, abordada en dos direcciones diferentes, conforme al momento de realizar las intervenciones sobre las construcciones: preventivamente para las nuevas, y curativamente, sobre las existentes, en cumplimiento de las normas de construcción sismo resistente... (FOPAE, 2010, p. 39)*

8.4 Historia de sismos en la zona de estudio

Según la información recopilada, en la ciudad de Bogotá se tienen reportados 3 sismos con afectaciones de daños severos, los cuales sucedieron en los años 1785, 1827 y 1917, con epicentros correspondientes en zonas cercanas y cuatro sismos con daños intermedios en los años 1743, 1826, 1928 y 1967. Sin embargo, estos no son los únicos movimientos telúricos sentidos en la ciudad, pero si corresponden a los de mayor intensidad con los cuales se realizan las estadísticas de estudio. Con la información recolectada del desarrollo de estos sismos se ha evidenciado que en la ciudad de Bogotá se presenta:

- ✓ Comportamiento no homogéneo del suelo.
- ✓ Acumulación de daños por réplicas de los sismos.
- ✓ Licuación del suelo en ciertas zonas.

Tabla 15

Sismos reportados como sentidos en Bogotá con intensidad máxima a 7 desde el 2008 a hoy.

|  Sismos sentidos Intensidad Escala (EMS -98) | | | | | | | | |
|--|------------|---------|----------|----------|----------------|------------|-------------------|---------------------------------------|
| Sismos reportados como sentidos del municipio BOGOTÁ, D.C., BOGOTÁ D. C. al 28/08/2022 12:33:17 | | | | | | | | |
| Fecha del sismo | Hora local | Latitud | Longitud | Magnitud | Centro poblado | Int. Sitio | Intensidad Maxima | Area epicentral |
| 2008/05/24 | 14:20 | 4.44 | -73.81 | 5.9 | Bogotá | 5 | 8 | Quetame, Cundinamarca |
| 2013/02/09 | 09:16 | 1.11 | -77.56 | 7 | Bogotá | 4 | 7 | Guaitarilla, Nariño |
| 2015/03/10 | 15:55 | 6.825 | -73.134 | 6.3 | Bogotá | 5 | 7 | Los Santos, Santander |
| 2019/01/28 | 16:07 | 3.00 | -75.96 | 5.6 | Bogotá | 4 | 7 | Planadas - Tolima, Colombia |
| 2019/03/23 | 14:21 | 4.63 | -76.29 | 6.1 | Bogotá | 4 | 7 | Versalles - Valle del Cauca, Colombia |
| 2020/04/15 | 5:59 | 9.02 | -74.49 | 5.8 | Bogotá | 2 | 7 | Pinillos - Bolívar, Colombia |



Sismos sentidos en la ciudad de Bogotá, tabla realizada con la información actual del servicio geológico colombiano. Tomado de Servicio Geológico Colombiano. Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia [En línea]. Disponible en: <http://sish.sgc.gov.co/visor/> [Fecha de consulta: 28/08/2022].

De esta manera, se puede evidenciar que a pesar de que dichos sismos sean sentidos en la ciudad de Bogotá a la fecha no se ha presentado el epicentro en la ciudad, sin embargo, se debe recordar *“la ciudad se ha desarrollado hacia los terrenos de la Sabana, los cuales están conformados por suelos blandos de origen lacustre, que tienen la propiedad de amplificar la respuesta del subsuelo cuando es afectado por un par de ondas sísmicas, de tal manera que la intensidad de los daños que puede ocasionar un sismo a las construcciones localizadas en ellos puede ser considerablemente mayor a la que se registren en terreros*

duros o rocosos. (INGEOMINAS & ANDES, 1997, pg. 15)”, de esta manera es tan importante, poder construir las nuevas edificaciones cumpliendo con las características existentes del terreno con la finalidad de mitigar a lo mejor posible el daño de las estructuras y la posible pérdida de vidas humanas.

8.5 Estudio de suelos realizado en el paciente

El estudio de suelos fue realizado por la empresa Alfonso Uribe y CIA, bajo el número AUS 1211915-1 y en el se realizaron un total de 12 perforaciones con profundidades entre los 6m a 45m bajo la superficie.

De igual manera, se realizaron los ensayos veleta de corte de campo, ensayos de resistencia a la penetración estándar STP, ensayos de consolidación, humedad, límites de Attemberg como de una inspección visual llevada a cabo con la recolección de muestras inalteradas en tubos Shelby, todo esto con la finalidad de corroborar la información obtenida del terreno en estudio.

Figura 55

Ubicación de las perforaciones o sondeos del edificio de parqueaderos



Nota: Ubicación de perforaciones del edificio de parqueaderos. Tomado del estudio de suelos realizado por Urbanizadora Marin Valencia SA

Con la información anteriormente hallada, se puede determinar un perfil estatigráfico identificado de la siguiente manera:

Tabla 16

Perfil estratigráfico de la zona de estudio

| DESCRIPCIÓN | PROFUNDIDAD |
|--|--------------------------------------|
| Rellenos arcillosos y arenosos con escombros y piedras | 0 m |
| | Nivel freático: -2.3m a -4.2m |
| | -3.9m |
| Arcillas y arcillas arenosa de color café y gris verdoso. Intercalados con lentes de arena, con consistencia media a dura. | -10.2m |
| Arcillas cafés | -32.30m |
| Arenas finas de color gris con grava, con densidad media a compacta | -40.5m |
| Arcillas y limos arcillosos de color café con lentes de arena consistencia media | -45m |

Nota: Perfil estratigráfico del suelo de acuerdo a las perforaciones realizadas en sitio.
Tomado del estudio de suelos realizado por la empresa Alfonso Uribe y CIA

Al validar la información y con la corroboración de la Norma Sismo Resistente 2010, se puede definir el tipo de perfil de suelo como **Tipo F**, con el cual se determina la necesidad de la realización de estudios más profundos para determinar los parámetros de diseño. Razón por la cual, se adoptan los parámetros de diseño de acuerdo con la microzonificación sísmica determinada en el año 2010 para la ciudad de Bogotá.

Figura 56

Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo NSR 10

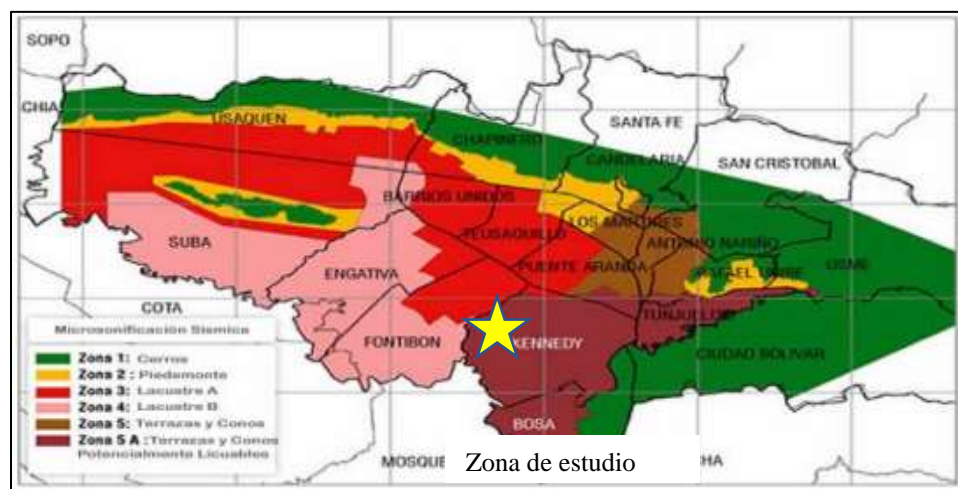
| Tipo de perfil | Descripción | Definición |
|----------------|---|---|
| A | Perfil de roca competente | $\bar{V}_s \geq 1500$ m/s |
| B | Perfil de roca de rigidez media | $1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760$ m/s |
| C | Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360$ m/s |
| | perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios | $\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²) |
| D | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180$ m/s |
| | perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones | $50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$ |
| E | Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$ |
| | perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas | $IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$ |
| F | <p>Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p>F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p>F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75)</p> <p>F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)</p> | |

Nota: Tomado de la Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo NSR-2010

De acuerdo con el Decreto 523 de 2010, Bogotá se divide en 5 zonas de microzonificación sísmica, las cuales están determinadas en la figura 29. A partir de cada zona de sismicidad en la ciudad de Bogotá se definen ciertas condiciones del suelo las cuales deben ser adoptadas en el diseño para poder predecir el comportamiento del suelo en caso de presentarse un sismo.

Figura 57

Mapa de microzonificación sísmica en la ciudad de Bogotá



Mapa de microzonificación sísmica de ciudad de Bogotá. Tomado FOPAE

Al validar ubicación del predio, se encuentra que dicha zona está determinada como una Zona tipo 5A la cual presenta una exposición de terrazas y conos potencialmente licuables “*las características predominantes de las arenas limpias, finas y superficiales, combinadas con la posibilidad de niveles freáticos altos redundan en una alta susceptibilidad a la licuación ante la ocurrencia de un sismo intenso. Debe evaluarse específicamente el potencial de licuación cuando se deseen adelantar construcciones en esta zona*” (INGEOMINAS & ANDES, 1997, p. 81)

Para este caso, el ingeniero geotécnico genera diferentes recomendaciones, las cuales son:

- ✓ La cimentación debe de trabajar por fricción, es decir, pilotes fundidos in situ.
- ✓ Resistencia no menor a 3000PSI y con una longitud mínima de 24m para los pilotes.
- ✓ De igual manera, se define una tabla con las cargas mínimas que debe resistir cada pilote, con la finalidad de que el calculista las tenga en cuenta en su diseño estructural.
- ✓ La placa del primer piso se deberá diseñar tipo aéreo.

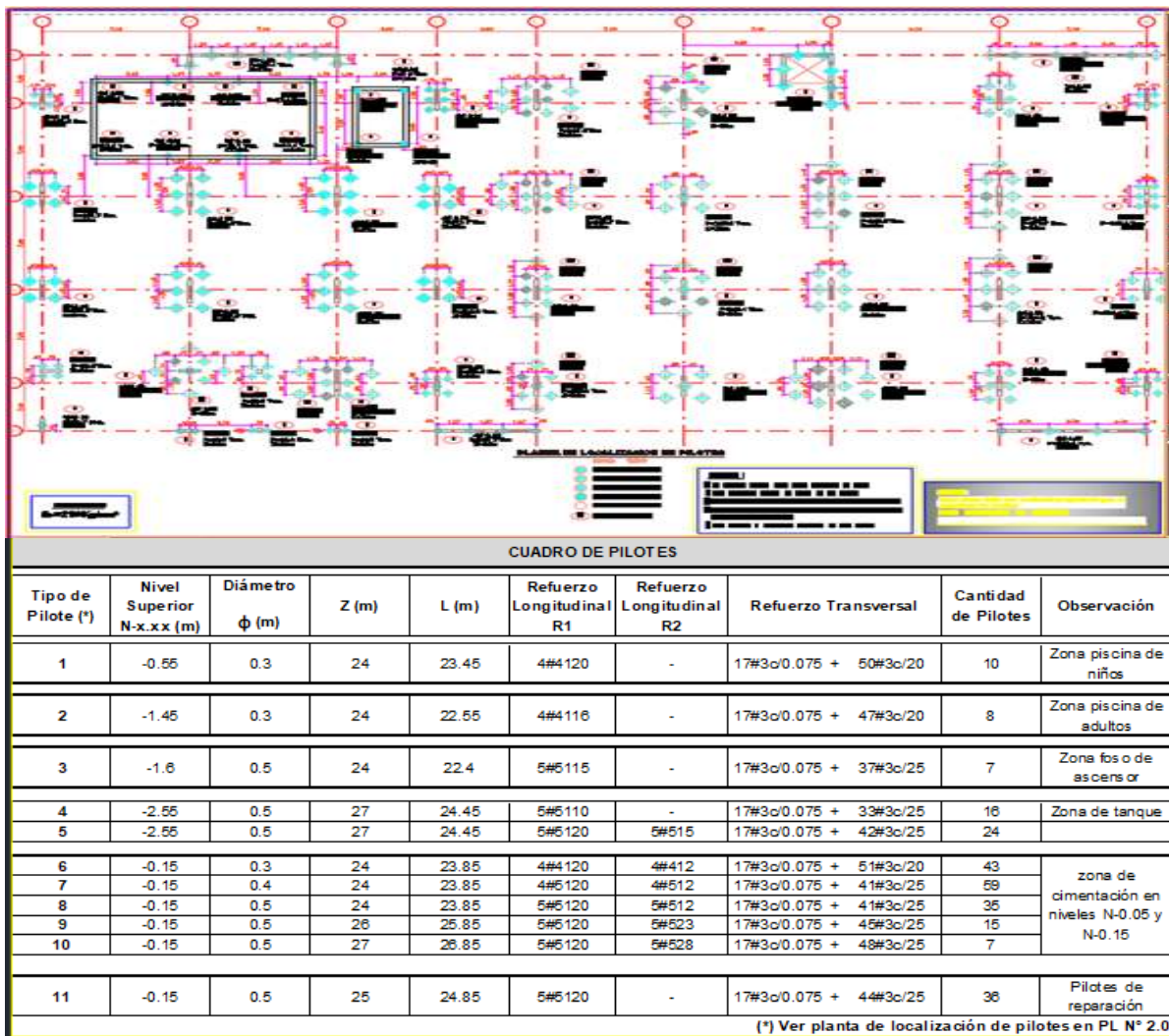
- ✓ Se utilizarán uno o varios pilotes por columnas y en caso de ser varios serán del mismo diámetro y quedarán separados por una distancia como mínimo de 1.5 veces su diámetro entre bordes.
- ✓ Sobre los pilotes se hará dados que llevaran las cargas a vigas de amarre que trasladaran la carga de las columnas a los pilotes.
- ✓ Corroborar los perfiles topográficos y sobre todo las arenas finas de color gris de densidad media a compacta.

8.6 Cimentación utilizada

La cimentación del edificio de parqueaderos esta conformada por pilotes pre excavados fundidos en situ, con diámetro de 0.30 m a 0.50 m y una longitud entre 24 m a 27 m, con dados o cabezales que transportaran las cargas de los elementos estructurales a las vigas de amarre. La resistencia de cada pilote corresponde a 3000 PSI .

Figura 58

Plano de ubicación de pilotes en edificio comunal y cuadro pilotes



Nota: Plano estructural con la ubicación de los pilotes para el edificio de parqueaderos, como de las especificaciones de los pilotes propuestos. Tomado de los diseños estructurales

Para la placa del primer piso esta fue diseñada como una placa aérea, la cual esta soportada por vigas de amarre unidas entre los dados de los pilotes. Se planean asentamientos teóricos máximos de 3cm con este tipo de cimentación.

Figura 59:

Plano de cimentación propuesta para el edificio de parqueaderos Málaga



Nota: Plano estructural con la ubicación de los pilotes para de la cimentación del edificio de parqueaderos Tomado de los diseños estructurales elaborados por la empresa Aycardi Estructural SA, documentación suministrada por Urbanizadora Marín Valencia. Ver planos de detalle anexos al documento.

8.7 Controles topográficos - Asentamientos:

De acuerdo con la información recolectada con la constructora y el récord de datos de topografía, se evidencia un asentamiento promedio de 2.7 cm en el edificio de parqueaderos, el cual se encuentra dentro del límite definido para este tipo de cimentación.

Figura 60

Control de asentamientos edificio de parqueaderos Conjunto Málaga





Nota: Plano de ubicación de las niveletas del edificio de parqueaderos Tomado del control de asentamientos elaborado por la empresa Rol Precision Construcciones SAS , documentación suministrada por Urbanizadora Marín Valencia

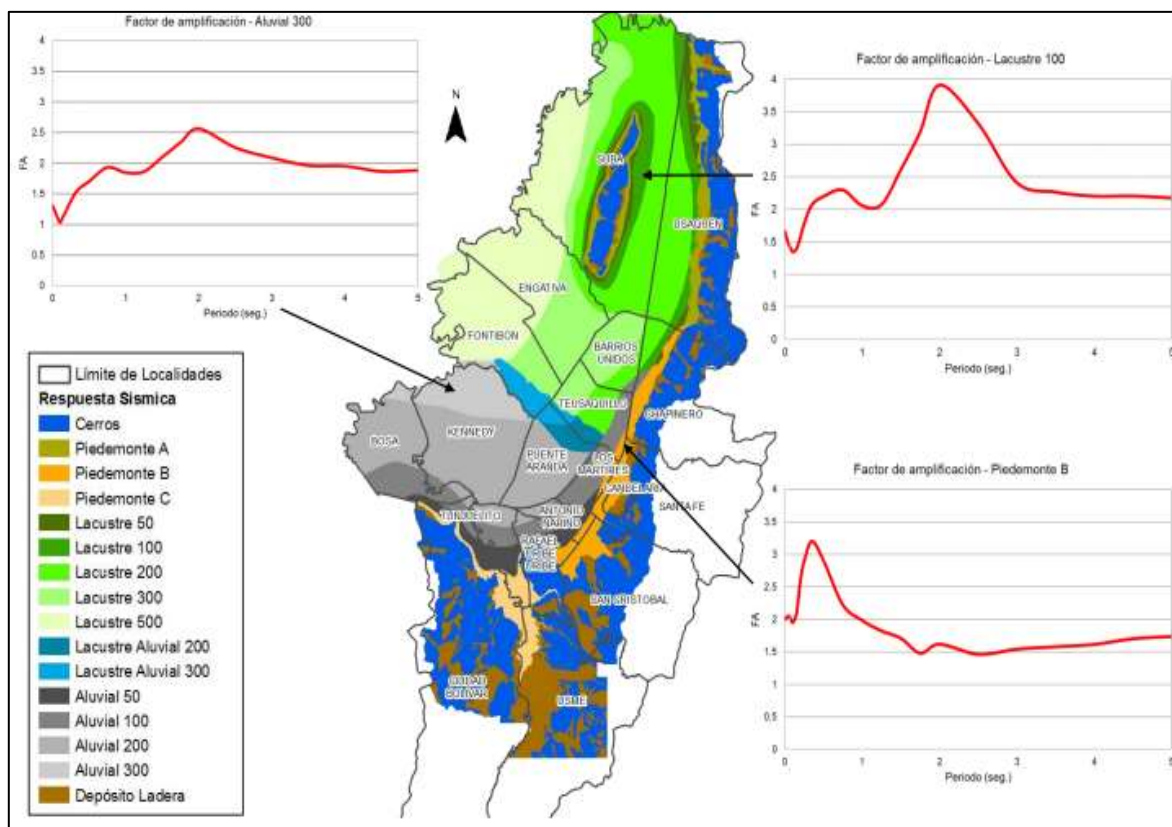
8.8 Mapa de ubicación del paciente en la microzonificación sísmica de la ciudad

Para el caso de estudio, la ciudad de Bogotá se encuentra en una zona de amenaza sísmica Intermedia o Moderada, y al ser la capital del país con más de 100000 habitantes deben contar con su propio estudio de microzonificación sísmico con la finalidad de poder determinar cuál es el efecto sobre las construcciones a través de los suelos subyacentes. Es por este motivo que la ciudad de Bogotá debe ser diseñada bajo los parámetros determinados en el Decreto 523 del año 2010 de la Microzonificación sísmica, en la cual a partir de la definición del suelo encontrado en la zona de estudio se deberán asumir los valores allí determinados.

Para nuestro caso de estudio, el edificio de parqueaderos se encuentra ubicado en una zona *Aluvial denominada 300* donde se pueden presentar lesiones de licuación y amplificación, al estar el suelo conformado por materiales aluviales duros como arcillas limosas o arenas arcillosos o limos arenosos, como de arenas limpias con humedad natural del terreno entre el 20% al 50%.

Figura 61

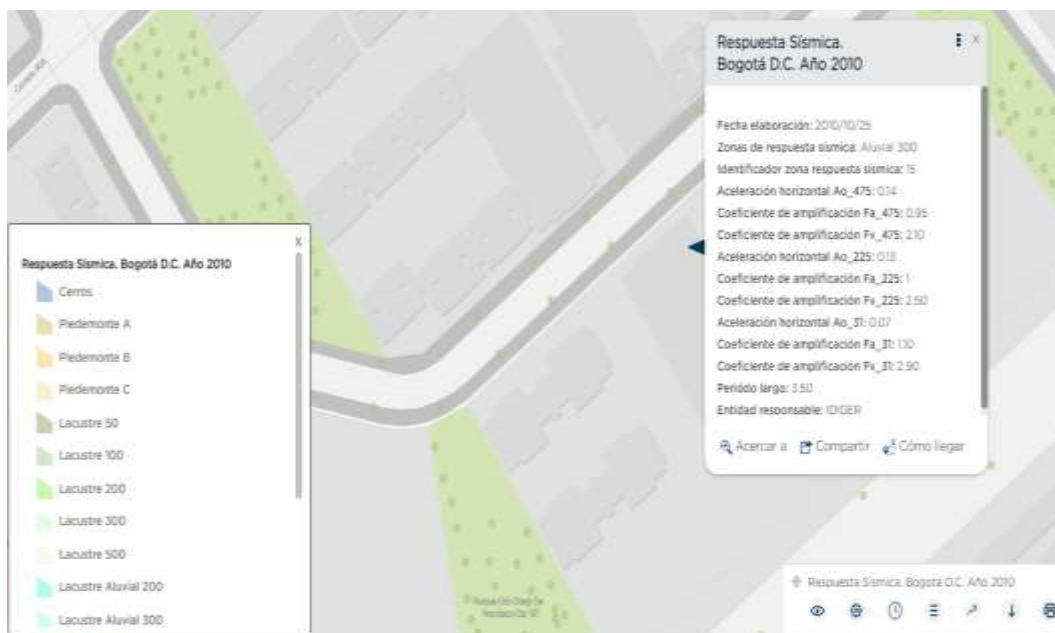
Mapa de zonas geotécnicas de la ciudad de Bogotá



Nota: Zonas geotécnicas– Microzonificación Sísmica de Bogotá2010. Tomado de Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER

Figura 62

Mapa de respuesta sísmica del paciente



Respuesta sísmica del paciente ubicado en la ciudad de Bogotá. Tomado de <https://mapas.bogota.gov.co/?l=7983&e=-74.24463339912987,4.464679122461003,-73.58545371163075,4.785324616848814,4686&b=7256#>

De la misma manera, se evidencia que dicho suelo puede contener espesores que van desde los 50m a 250m de profundidad.

Tabla 17

Descripción de las zonas de respuesta sísmica en la ciudad de Bogotá.

| Nombre | Geotecnia | Geología | Geomorfología | Composición principal | Comportamiento geotécnico general | Espesor |
|-----------|------------------------------|--|---------------|---|--|-------------|
| Aluvial | Suelo aluvial grueso a medio | Terraza Baja - Aluvial y Complejo de Conos Aluviales | Planicie | Arenas arcillosas sueltas a compactas | Suelos de mediana a alta capacidad portante poco compresibles, susceptibles a licuación e inestables en excavaciones a cielo abierto | 50 - 250 m |
| Llanura A | Suelo de llanura - lacustre | Llanura de Inundación | Llanura | Arenas sueltas y arcillas limosas blandas | Suelos de moderada capacidad portante y compresibles, susceptibles a licuación | 200 - 500 m |
| Llanura B | Suelo de llanura - aluvial | | | Arenas sueltas y arcillas arenosas duras | | |

Aparte de las zonas geotécnicas de la ciudad de Bogotá. Tomado del decreto del 523 de 2010 Microzonificación Sísmica

8.9 Análisis de vulnerabilidad sísmica del paciente

Para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica del paciente, es necesario la obtención de datos como se informa en el procedimiento descrito en la Tabla A.1.3-1 de la NSR-10.

8.9.1 Determinación de parámetros de diseño

Con la información anteriormente determinada, al tener la ciudad de Bogotá un estudio de microzonificación sísmica, se deben trabajar con dichos parámetros para la determinación de los valores de diseño, dado que este estudio muestra por cada tipo de suelo sus propias características arrojando un valor más cercano con las posibles fallas en la zona de estudio, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 18

Descripción de las zonas de respuesta sísmica de la ciudad de Bogotá

| Zona | Espesor del depósito (m) | Periodo fundamental del suelo (s) | Descripción Geotécnica General | Velocidad onda promedio 50 m Vs (m/s) | Humedad Promedio 50 m Hn (%) | Efectos de sitio relacionados |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Aluvial-200 | 100-200 | 1.2-2.5 | sectores se encuentran lentes de arenas limpias | | | Amplificación, licuación |
| Aluvial-300 | 200-300 | 2.5-4.0 | | | | Amplificación, licuación |
| Depósito Ladera | 6-25 | < 0.3 | Depósitos de ladera con espesores superiores a 6 m de composición variable. | Variable según depósito | Variable según el tipo de depósito | Topográfico |

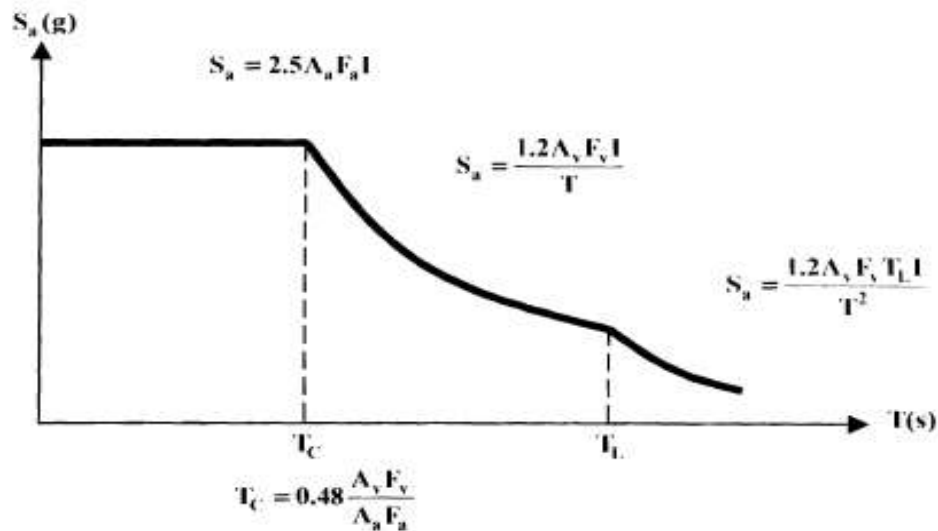
Tomado del decreto 523 del 2010 Microzonificación sísmica de Bogotá

Tabla 19

Coefficientes y curva de diseño para la ciudad de Bogotá

| Zona | F_a (475) | F_v (475) | T_C (s) | T_L (s) | A_0 (475) (g) |
|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------------|
| ALUVIAL-300 | 0.95 | 2.10 | 1.41 | 3.5 | 0.14 |

3.2. Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del crítico



Parámetros.

- A_a = Aceleración horizontal pico efectiva de diseño. $A_a = 0.15$ g
- A_v = Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño. $A_v = 0.20$ g
- A_0 = Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (g)
- F_a = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos
- F_v = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios
- I = Coeficiente de importancia
- S_a = Aceleración espectral (g)
- T = Periodo de vibración (s)
- T_C = Periodo corto (s)
- T_L = Periodo largo (s)

Tomado del decreto 523 del 2010 Microzonificación sísmica de Bogotá

Con esta información se determinan los parámetros de diseño de la siguiente manera:

Aa: Aceleración horizontal pico efectiva de diseño Aa: 0.15g

Av: Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño Av:0.20





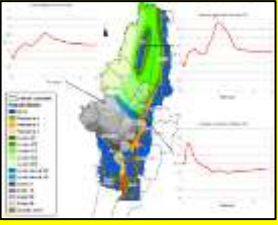

8.10 Matriz de vulnerabilidad

A continuación, se realiza la matriz de vulnerabilidad del edificio de parqueaderos, en donde se evalúan 16 parámetros que van desde la calidad de los materiales pasando por la resistencia de los elementos estructurales como la afectación de la edificación en caso de sismo.

Tabla 20

Matriz de vulnerabilidad del edificio de parqueaderos

| AFECTACIONES | OBSERVACIONES | CALIFICACIÓN | IMAGEN |
|----------------------------|---|--------------|---|
| ENTORNO | | | |
| Movimiento de tierra | No se presentan laderas inestables | BAJO |  |
| Afectaciones hidrostáticas | Se encuentra ubicado en una zona de inundación alta del Río Bogotá | ALTA |  |
| Clima | No se presentan afectaciones climatológicas que afecten la estabilidad de la estructura como tornados, huracanes o altas temperaturas | BAJO |  |
| ESTRUCTURA | | | |
| Fachada | Se presente ensuciamiento por dilataciones generadas por cambios de materiales | BAJA |  |
| Placa | Se presenta fisuramiento en la placa de la cubierta por cambios volumétricos del concreto. | MEDIA |  |
| Columnas | Se encuentran en buen estado, no se evidencia fisuramiento, desprendimiento o corrosión. | BAJA |  |

| | | | |
|-----------------------|---|-------|---|
| Vigas | Vigas se encuentran en buen estado, no se evidencia fisuramiento, desprendimiento o corrosión. | BAJA |  |
| Muros | Presencia de fisuras a 45° en el muro del piso 5, se realiza marcas de control con testigos de yeso. | MEDIO |  |
| Materiales | Materiales utilizados de calidad no se evidencia proceso de desgaste o falla de los materiales | BAJO | <p>✓ <u>Concreto:</u> Cimentación – Vigas y Placas: 210 kg/cm² Muros: 280 kg/cm²</p> <p>✓ <u>Acero:</u> Para D ≥ 3/8” – fy= 4200 kg/cm². Para D < 3/8” – fy= 2400 kg/cm².</p> |
| Sistema estructural | Se cumplen con los requisitos de diseño de la NSR 10 | BAJO |  |
| SUELOS | | | |
| Perfil estratigráfico | Suelo donde predominan las arcillas limosas con densidad media a dura | MEDIO |  |
| Suelos | Suelos de mediana a alta capacidad portante poco compresibles, susceptibles a licuación e inestables en excavaciones a cielo abierto. | MEDIO |  |
| ORGANISMOS | | | |
| Vegetales | Presencia de musgo en ciertos costados del piso de cubierta por empozamiento de agua | BAJA |  |
| SISMICO | | | |




| | | | |
|------------------------|---|-------|---|
| Amenaza sísmica | Construcción ubicada en zona media o moderada de amenaza sísmica | MEDIO |  |
| Propagación de la onda | Suelo aluvial con riesgo de amplificación de ondas en caso de sismo y de licuación. | MEDIA |  |
| Sismo reportado | Después de la construcción de la estructura se han presentado 3 sismos en la zona sin presentar algún tipo de lesión en la edificación. | BAJA |  |

Tabla realizada por los autores

Dado el anterior análisis, de los dieciséis (16) elementos calificados, se obtuvo una (1) calificación con nivel Alto, seis (6) ítems con calificación media y nueve (9) calificaciones bajas. Por tanto, se concluye que el paciente muestra una tendencia de vulnerabilidad predominante media-baja, en donde es necesario poder solucionar las problemáticas del edificio que afectan su uso para que la estructura pueda cumplir con su vida de uso propuesta en el diseño.

9 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Para este caso se realiza una revisión de la información encontrada y de esta manera se define la metodología de la intervención, la cual está definida para realizar desde el arreglo de la estructura y posterior a eso, instalaciones y acabados.

Tipos de lesión a nivel estructural – Fisuras:

a) Lesión N 9 – Fisuras en muro de Piso 5:

Se solicita la restitución monolítica del muro estructural mediante el sellado a presión de las fisuras, este sello se deberá realizar por una empresa certificada para su fin, entre los materiales a usar se pueden aplicar Euco inyección 100 o Sikadur-35 Hi Mod LV, o un producto de similares características.

Razones para el sello de las fisuras:

- Proporciona una durabilidad mayor al evitar el ingreso de agentes externos al acero como el agua y con ello evitar procesos de corrosión, o carbonatación.
- Restituir el comportamiento monolítico del elemento recuperando su rigidez para soportar las cargas de servicio.

Para realizar el sellado de una fisura se debe tener en cuenta las siguientes condiciones, para poder escoger el material a utilizar.

- Ancho de la fisura: Se permite como mínimo en fisuras de 0.15mm a 6mm
- Movimiento de la fisura: Se debe determinar si es activo o inactiva
- Condición de humedad: Verificar si la fisura se encuentra en zonas de humedad para así mismo definir su material a usar.

Figura 64

Foto de ejemplo de inyección de fisuras de manera vertical en muros



Reparación de fisura en muro de concreto mediante el proceso de inyección a presión.
Fotografía de los autores.

b) Lesión No 4 – Fisuras en placa de cubierta e impermeabilización:

Alternativa A:

En las lesiones de la placa de cubierta tipo fisuras, se distinguen dos tipos: Fisuras por retracción por secado (generadas en el estado endurecido del concreto) y fisuras por retracción plástica (generadas en el estado fresco del concreto). Partiendo de estos dos tipos de lesiones en las losas se proponen realizar la intervención mediante el sello con Vulkem 116 o Vulkem 45SSL o productos similares.

Para el sello de las fisuras se deberá hacer una profundización superficial mediante el rayado longitudinal de la fisura con un disco diamantado de 4" con la finalidad de obtener una profundidad de la fisura al menos de 5 mm, posterior a esto se deberá limpiar la fisura con aire a presión hasta retirar cualquier material no deseado, aplicación de Vulkem 191 Primer y posterior a ellos se coloca el sellante a base de poliuretano con pistola de calafateo.

Figura 65

Tipos de fisuras – Estado endurecido – Retracción por secado

Fisuras por retracción por secado – En estado endurecido:



Intervención propuesta por los autores

Alternativa B:

Como alternativa definitiva a las lesiones 4 y 8 en la losa del último piso del edificio de parqueaderos se plantea la impermeabilización total a la cubierta de concreto mediante resinas de poliuretano monocomponente utilizado como sistema de recubrimiento e impermeabilización para cubiertas transitables como solución a los posibles efectos que pueda ocasionar el agua en los diferentes tipos de fisuras presentes en la cubierta. Este tipo de recubrimientos se caracteriza por tener excelentes propiedades de resistencia al impacto, a la abrasión y por tener una muy buena adherencia.

Se destaca como característica principal que este tipo de uretano se adhiere al concreto limpio y seco, siendo capaz de soportar grietas en el sustrato de 2 mm (Vulkem 350 NF), este producto se combina junto con una capa intermedia de uretano de dos componentes tipo

Vulkem 345 que es el sustrato donde se puede agregar arena de cuarzo para aumentar sus características de abrasión y rugosidad, finalizando con una capa de Vulkem 346 de poliuretano alifático dando propiedades de resistencia a la abrasión, resistencia a rayos ultravioleta y resistencia química.

Figura 66

Proceso de aplicación de la cubierta de impermeabilización.



Foto de aplicación de membrana de poliuria. Tomado de How to Apply Vulkem® 350NF/346/346. https://www.youtube.com/watch?v=2M2Ssy8_7Lg

Nota: Esta capa final del Vulkem 346 está disponible por el proveedor en diferentes colores, para este caso se colocará una capa color Gray. Y es resistente adicionalmente a productos tal como líquido de frenos, aceite de motor, y agua, entre otros.

c) Lesión No 8 – Fisuramiento en rampas de acceso:

La intervención para esta lesión deberá contemplar la generación de las juntas de dilatación de la estructura correspondientes para permitir el libre movimiento de la estructura generado por las cargas dinámicas, el asentamiento propio de la edificación, las cargas de sismo y el movimiento entre los diferentes materiales.

Para el caso particular de la edificación, al estar esta ya construida se deberán generar mediante corte las juntas de dilatación faltantes procurando intervenir en las mismas zonas donde ya se presentaron las fisuras en la placa, sabiendo de ante mano *“el concreto endurecido también se contrae en la medida que se seca, continúa expandiéndose y contrayéndose durante toda la vida cuando las temperaturas suben y bajan y durante ciclos de humedecimiento y secado”* (ASCC, 2011, pág. 96) y el sello de las juntas *“contribuye a evitar el ingreso de partículas incompresibles en la unión que puedan llevar al desportillamiento de labios, roturas de esquinas y evitar la filtración de agua por las juntas, lo que puede afectar las barras de amare o deteriorar las capas inferiores”* (Gómez Leonardo, 2022, pág. 51)

Para la realización de la junta de dilatación se debe tener en cuenta:

- La profundidad deber ser al menos 1/3 del espesor de la losa.
- El ancho del corte no debe exceder la especificación del material a usar como sello.
- Se debe realizar una limpieza adecuada, eliminando el exceso de polvo para la aplicación del sellado de la junta.
- El material usado para el sello de las juntas deberá ser elástico con propiedades adherentes en el concreto, y deberá permitir el movimiento de la junta permitiendo expandirse y contraerse.

- Seguir las recomendaciones del proveedor del sello.
- El sello deber contar con propiedades elastómericas, resiliencia, estabilidad a UV y grado de tráfico.

Figura 67

Foto de fisuramiento de una placa de concreto y su posterior corte



Foto de fisuramiento de una palca de concreto y su posterior corte. Tomado de Giraldo D & Ruiz O diapositivas de serie internacional de capacitación patología de estructuras de concreto dictado por Procemco, 2022, pág. 14

d) Lesión No 1 - Filtración de agua:

Para dar solución definitiva a esta lesión y una vez revisada la información de los detalles constructivos de los elementos no estructurales y al no encontrarse ningún detalle, lo que infiere una omisión en los detalles de la construcción, específicamente en el manejo de juntas y dilataciones en antepechos. Se plantean los siguientes pasos y metodologías de reparación:

1. Recuperación de la pendiente de la losa: Con el objetivo de evitar el estancamiento del agua, se deberá recuperar la pendiente de diseño, no dejada en la fase constructiva para lo cual se plantea la escarificación de 2 cm de la losa (Previo corte con disco diamantado de

1 cm para limitar la zona a recalzar, superficie de rugosidad tipo CSP-5 según la ICRI), limpieza de la zona demolida con hidro lavadora (Remoción de partículas finas e hidratación del sustrato), con la posterior colocación de mortero de reparación impermeabilizante de tipo Sika top 122 o Eucopatch M. Se deben garantizar la conformación de la pendiente adecuada como se muestra en la imagen a fin de evitar la acumulación del agua en la esquina de la losa, seguir indicaciones de dosificación del proveedor del producto dispuestas en la ficha técnica. El acabado final será con llana metálica y debe coincidir con el corte diagonal hecho en la losa para que no se genere un resalto en la placa.

Figura 68

Esquema de los trabajos a realizar de lleno de placa y recuperación de la pendiente según planos.



Intervención propuesta por los autores.

2. Dilatación mediante hilo diamantado o corte con disco diamantado: Se procede como se esquematiza en la siguiente imagen, a realizar un corte en el muro de mampostería por los dos costados de este, con el objeto de generar la división del muro, posterior al corte, y garantizando que queden dos muros totalmente separados se coloca el sello flexible de Vulkem 116 o Sikaflex Construction (ver ficha técnica anexa).

Figura 69

Esquema de dilataciones y cortes a general en la zona de estudio.



Intervención propuesta por los autores

3. Lavado de fachada e impermeabilización de las dilataciones: Posterior a la generación de la dilatación vertical se procede con la conformación de la dilatación horizontal de la zona exterior, mediante el corte con pulidora con profundización de 2 cm x 1 cm de ancho. Luego se lava la fachada y las dilataciones con hidro lavadora, al secar se pinta con vinilo de exteriores y se impermeabilizan la fachada mediante el producto Superfachada de Corona, con la posterior impermeabilización de las dilataciones horizontales con el Vulkem 116 (Ver ficha técnica anexa) de Toxement.

4. Media caña perimetral interna dilatación e impermeabilización: Finalmente en la zona interna en la base del muro se genera un corte en la losa junto al muro para separar el muro

en mampostería de la reparación de la losa y así evitar futuras reparaciones. En el vértice se conforma la media caña para así evitar la futura acumulación de humedad y la proliferación de musgos. Esto realiza aplicando el producto Hyperdesmo (ver ficha anexa), el cual es una membrana líquida de poliuretano para impermeabilización y protección en exteriores y rayos ultravioleta.

Figura 70

Esquema de trabajos a desarrollados para la eliminación de la causa.



Intervención propuesta por los autores

e) **Lesión No 2** – Filtración de agua por fisuras:

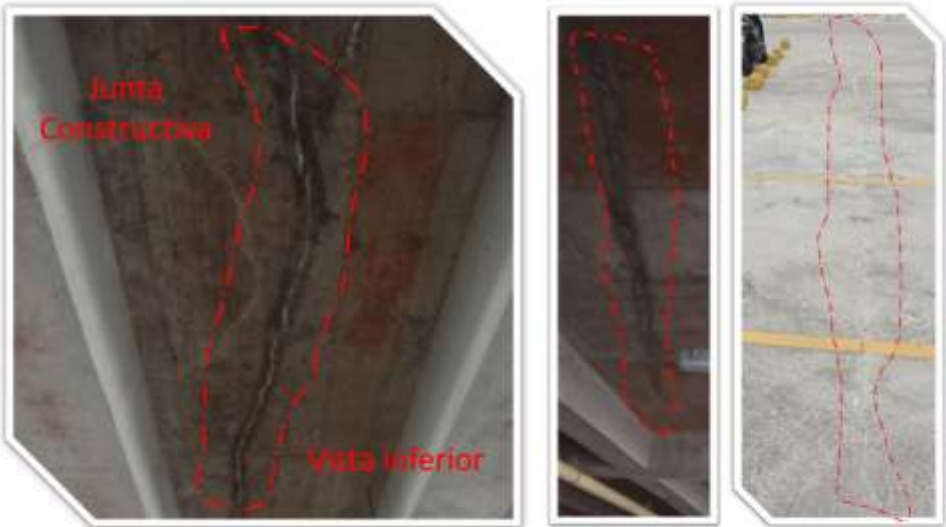
Al verificar con un test de carbonatación el concreto de la placa se evidencia la no existencia de carbonatación y por ende un proceso de corrosión por lo cual es necesario realizar la inyección con resina epóxica. Esta inyección se hará en toda la sección de la junta dado que la atraviesa la losa.

Para la aplicación de la resina Sikadur 52 Inyección o Dural 335, el proveedor recomienda hacer la instalación de los inyectores u obturadores en ángulo de 45° y separados igual al espesor de la losa, para este caso 10 cm. Las perforaciones consecutivas deben estar en

ángulos opuestos, tal como se muestra en el siguiente esquema, con una longitud estimada de perforación de 10 cm y con la garantía de cruzar la fisura.

Figura 71

Esquema de identificación de junta fría.



Vista inferior de la losa

Vista superior



Vista inferior de la losa



Vista superior

Intervención propuesta por los autores

Se debe garantizar una adecuada limpieza de la perforación eliminando el polvo de la perforación mediante un soplete para inyectar aire comprimido, previo a la inyección se procede con el sellado de las cara superior e inferior de la fisura, mediante la aplicación de Sikadur 31 EF para garantizar la subida de presión de la resina de inyección y la colmatación de la fisura. Finalmente se procede con la inyección de la resina mediante una bomba de inyección de resina mono componente garantizando que al inyectar una perforación salga resina por la perforación contigua, una vez cada uno de los obturadores contiguos se llene, se pasa al siguiente en orden avance (El objeto es llevar la resina por toda el área de fisura llenado todos los espacios o cavidades vacías, con el Sikadur 52 Inyección). Al llegar al siguiente inyector la resina, se cierra el anterior y se pasa al siguiente obturador hasta terminar con la fila de obturadores.

Finalizada la inyección se procede a retirar los obturadores instalados una vez fragüe la resina, así como los excesos de esta. Y así se da por finalizado el llenado e inyección de la junta fría.

f) Lesión No 3 – Dilatación en muro de mampostería:

Se plantea en primera instancia la conformación de la dilatación por el lugar adecuado en la junta losa muro. Para esto es necesario realizar la demolición del pañete en una franja de alrededor de 6m de largo por 0.1m de ancho. Zona identificada en la siguiente imagen.

Figura 72

Esquema general de replanteo de la dilatación en la unión o junta de materiales diferentes.



Intervención propuesta por los autores

Una vez se realice la demolición parcial del pañete, se procede a reconformar la dilatación con mortero de pañete convencional, validando dejar la dilatación en la zona de cambio de material, y profundizándola adecuadamente. Se procede con el lavado de la zona donde se presenta el ensuciamiento diferencial mediante agua a presión, aplicación de graniplast en la zona del nuevo pañete y la puntada del área e impermeabilización de este muro mediante el producto Superfachada de Corona.

Finalmente, en la dilatación horizontal creada, se procede con el llenado con el sello impermeable y flexible tipo Vulkem 116 o Sikaflex 1 A Constructor (ver ficha técnica anexa).

Figura 73

Esquema general conformación de la nueva dilatación.



Intervención propuesta por los autores

Tipo de lesión en acabados:

g) Lesión No 6 – Desgaste de pintura en cebrá peatonal:

Por el paso constante de los vehículos particulares de los propietarios se ha presentado un desgaste de la pintura ubicada en el ingreso del conjunto, para este caso se recomienda realizar un mantenimiento de la pintura, dado que la misma fue aplicada desde hace más de 1 año. Según el artículo 700 del instituto Nacional de Vías, para las líneas de demarcación y marcas viales se pueden utilizar “*pinturas de aplicación en frío (a base de agua o base de solventes), resinas termoplásticas, materiales prefabricados de larga duración o plásticos de dos componentes de aplicación que cumplan los requisitos de la Norma NTC 1360*”

Para este caso en particular, al no existir un paso vehicular por carros de gran cilindraje o de varios ejes, se recomienda realizar una aplicación de pintura en frío a base de solventes la cual es bastante comercial y usualmente se encuentra en el mercado como pintura para tráfico, se puede encontrar en colores amarillo, negro o blanco. Se sugiere seguir todas las recomendaciones del fabricante para su aplicación, con la finalidad de preservar el tiempo de

duración de la pintura. Como de realizar una limpieza en la superficie donde se va a aplicar este material, para permitir la adherencia de la pintura en la placa.

Figura 74

Fotografía de aplicación de pintura para tráfico en vía vehicular.



Fotografía tomada de Pintura tráfico: señalización y demarcación.

<https://www.pinturassuper.com/pintura-traffic-senalizacion-demarcacion/>

h) Lesión No 7 – Eflorescencia en muro de rampa Piso 4

Al validar la causa de la humedad en este muro, se evidencia una ausencia de la tapa superior del ducto de ventilación por donde el paso del agua lluvia es constante, por eso y para resolver a causa de esta lesión se recomienda realizar la instalación de la tapa superior usando un material resistente capaz de soportar los agentes externos (lluvia, viento, sol) como de ser capaz de resistir esfuerzos generados por cargas (peso de objetos). De igual manera, se debe tener cuidado de sellar correctamente las juntas de unión del material, al presentar una sección no uniforme y se deberá usar pinturas capaces de mejorar la durabilidad de la estructura a instalar.

Para este caso, se realiza por parte de la copropiedad la instalación de una lámina de alfajor de calibre 24, pintada en anticorrosivo y dos manos de pintura en esmalte, capaz de soportar las condiciones del ambiente agresivo.

Figura 75

Fotografía de lesión después de la intervención por temas filtración de agua.



Fotografía tomada por los autores después de la intervención.

De igual manera, es necesario realizar la limpieza de la eflorescencia presentada en el pañete para eliminar las sales presentes por la filtración de agua generada en el ducto, esta limpieza se debe realizar con jabón e hipoclorito (lejía) o en su defecto con agua y un cepillo de cerdas duras, hasta eliminar todas las posibles sales presentes.

Figura 76

Fotografía de lavado de muro para la eliminación de las eflorescencias en el muro.



Fotografía tomada por los autores del antes y después del lavado del muro.

i) Lesión No 10 – Oxidación en baranda en cubierta:

Para este tipo de lesión, se recomienda realizar un mantenimiento de las uniones de conexión de la soldadura en donde se evidencie problemas de fisuración. Y se recomienda la realización de una protección y recubrimiento en las zonas localizadas con puntos de corrosión, mediante la aplicación de un esmalte sintético tipo 1 con la utilización de un anticorrosivo fabricado a base de resina alquídica y pigmentos inhibidores de corrosión, esto con la finalidad para proteger las superficies metálicas en exteriores.

Figura 77

Foto de la intervención antes y después.



Fotografía tomada por los autores

j) Lesión No 5 – Musgo

Para este tipo de lesión se pueden realizar tres actividades, la primera corresponde a un lavado con jabón en polvo e hipoclorito de sodio (lejía) o la aplicación de productos especiales como fungicidas o musguicidas directo en la zona afectada. Como segunda opción, se deberá realizar un mejoramiento en la placa de concreto, la cual presenta empozamiento del agua y a su vez la proliferación de material vegetal. Finalmente, como tercera actividad se plantea la conformación de una media caña aplicando el producto HYPERDESMO (Ver ficha

anexa), el cual es una membrana líquida de poliuretano para impermeabilización y protección.

Figura 78

Esquema de reparación y propuesta de mejoramiento – Zonas con musgos y con encharcamiento de agua.



1. Lavado de la zona con agua a presión (Hidro lavadora) hasta remover toda la cobertura vegetal, posterior posterior aplicación de fungicidas y musguicidas.
2. Eliminación de la causa – Encharcamiento de agua. Escarificación y recuperación de la pendiente con morteros de reparación (Sika Top 122): = 3.75 m².

3. Conformación de media caña, producto Hyperdesmo.

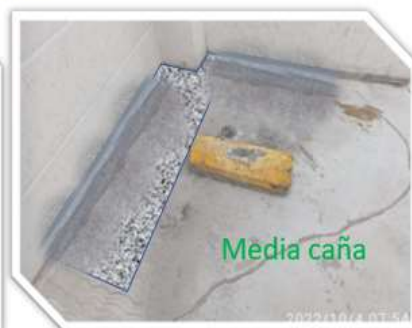


Figura 79

Fotografía de lesión antes y después de la intervención por temas de musgo.



Fotografía tomada por los autores, después de la intervención de la lesión de la losa, previo a la realización de la media caña.

10 PRESUPUESTO

De acuerdo a las intervenciones propuestas se define un valor económico para realizar las reparaciones del edificio de parqueadero:

Tabla 21

Presupuesto para las lesiones planteadas anteriormente.

| PRESUPUESTO INTERVENCIÓN EDIFICIO DE PARQUEADEROS MÁLAGA CASTILLA RESERVADA | | | | |
|---|-----------|----------------------------|------------|------------------------|
| ACTIVIDAD | UN | PRECIO UNITARIO | CAN | VALOR TOTAL |
| LESIÓN No. 1 | | | | |
| Corte de muro con disco diamantado | M2 | \$1,405,559 | 1.00 | \$1,405,559 |
| Transporte de equipo de corte | GL | \$1,200,000 | 1.00 | \$1,200,000 |
| Conformación de dilatación en mortero de pañete | ML | \$30,083 | 10.00 | \$300,826 |
| Fundida de sobre placa con mortero resistente al paso de vehículos | M2 | \$6,144 | 3.75 | \$23,040 |
| Abuzardado de placa en parqueadero para mejorar adherencia | M2 | \$1,250 | 3.75 | \$4,688 |
| Lavado de fachada | M2 | \$3,600 | 25.00 | \$90,000 |
| Aplicación de pintura graniplast por fachada para arreglo de fisura y limpieza de esta | M2 | \$7,247 | 25.00 | \$181,175 |
| Subtotal | | | | \$3,205,287 |
| Inyección de resina Tipo Sikadur 52 Inyección, instalación de obturadores, colocación de sello superior e inferior mediante sikadur 32, resane final y pulido. Incluye MO y operación de bomba de inyección de resina monocomponente, así como la instalación de inyectores superficiales y en profundidad cada 20 cm. Área de inyección de 40 m x 0.1 m espesor de fisura máximo de 2 mm - Consumo de 0,2 kg/m | ML | \$98,356 | 40.00 | \$3,934,240 |
| Movilización de equipos | UN | \$1,768,250 | 1.00 | \$1,768,250 |
| Subtotal | | | | \$5,702,490.00 |
| LESIÓN No. 3 | | | | |

| | | | | |
|---|----|-------------|-------|-----------------------|
| Corte mediante proceso mecánico de las juntas de dilatación, incluye replanteo y aseo | ML | \$2,070.00 | 6.00 | \$12,420.00 |
| Conformación de dilatación en mortero de pañete | ML | \$30,082.59 | 6.00 | \$180,495.54 |
| Lavado de fachada | M2 | \$3,600.00 | 50.00 | \$180,000.00 |
| Aplicación de pintura graniplast por fachada para arreglo de fisura y limpieza de la misma | M2 | \$7,247.00 | 50.00 | \$362,350.00 |
| Impermeabilización de muro | M2 | \$10,416.67 | 50.00 | \$520,833.33 |
| Subtotal | | | | \$1,256,098.87 |
| LESIÓN No. 4 alternativa A | | | | |
| Corte mediante proceso mecánico de fisuras para sellado, incluye replanteo y aseo | ML | \$2,070 | 80.00 | \$165,600 |
| Sellado de fisuras con Sello Vulkem 116 (Toxement) | ML | \$76,666 | 80.00 | \$6,133,309 |
| Subtotal | | | | \$6,298,909 |
| LESIÓN No. 5 | | | | |
| Lavado a presión con hidrolavadora. Incluye: Suministro de materiales fungicidas o lejía para la limpieza del musgo presente. | ML | \$2,300 | 166.8 | \$383,640 |
| Fundida de sobreplaca con mortero resistente al paso de vehículos | M2 | \$6,144 | 126.9 | \$779,674 |
| Abuzardado de placa en parqueadero para mejorar adherencia | M2 | \$1,250 | 126.9 | \$158,625 |
| Media caña en HYPERDENMO e = 20 cm | ML | \$45,595 | 166.8 | \$7,605,224 |
| Subtotal | | | | \$8,927,162 |
| LESIÓN No. 6 | | | | |
| Limpieza de líneas existentes de demarcación mediante un proceso mecánico por abrasión. | M2 | \$5,526 | 18.79 | \$103,845 |
| Demarcación de líneas de señalización | M2 | \$7,445 | 18.79 | \$139,906 |
| Subtotal | | | | \$243,751 |
| LESION No 7 | | | | |
| Suministro e instalación de flanche en lamina alfajor calibre 24 con dos capas de anticorrosivo y 3 manos de pintura en esmalte | ML | \$78,500 | 10.00 | \$785,000 |
| Limpieza de ducto mediante la aplicación de lejía. Uso de ayudante para la actividad | UN | \$65,235 | 1.00 | \$65,235 |
| Subtotal | | | | \$850,235 |
| LESION No 8 | | | | |
| Corte mediante proceso mecánico de las juntas de dilatación, incluye replanteo y aseo | ML | \$2,070 | 492.0 | \$1,018,440 |

| | | | | |
|---|----|-----------|-------|---------------------|
| Sellado de juntas de dilatación con material elastomérico tipo Vulkem 45SSL. Incluye: preparación de la superficie, aplicación de monolastic para sello de fisura, sello elástico con imprimante y material de relleno. | ML | \$25,000 | 492.0 | \$12,300,000 |
| Subtotal | | | | \$13,318,440 |
| LESION No 9 | | | | |
| Inyección epoxica mediante la aplicación de Euco Inyección 100 de Toxement, Incluye: Instalación de boquillas, confirmar la fisura, inyección con compresión el material, y pulido de la superficie | LT | \$435,000 | 8.00 | \$3,480,000 |
| Aplicación de pintura graniplast por fachada para arreglo de fisura y limpieza de la misma | M2 | \$7,247 | 118.2 | \$856,704 |
| Pintura de señalización en muro. Líneas amarillas y negras | M2 | \$4,101 | 7.10 | \$29,117 |
| Subtotal | | | | \$4,365,821 |
| LESION No 10 | | | | |
| Pintura de baranda con 2 manos de anticorrosivo y dos manos de esmalte. Incluye: lijado, arreglo de soldaduras y apretado de tornillería | ML | \$17,500 | 166.8 | \$2,919,000 |
| Subtotal | | | | \$2,919,000 |
| TOTAL | | | | \$47,087,195 |

Nota: Se plantea la alternativa 4B como solución definitiva a los temas de impermeabilización de la cubierta, esta solución reemplaza en el mediano plazo el mantenimiento de las diferentes fisuras en toda el área de cubierta y la posibilidad de deterioro de la losa por acción del agua en un largo plazo, tipos de lesiones como la carbonatación, la corrosión de acero de refuerzo y aparición de musgos pueden ser erradicadas definitivamente de la zona de cubierta.

| LESIÓN No. 4 - Alertativa B | | | | |
|--|-----------|------------------------|-------------|----------------------|
| ACTIVIDAD | UN | PRECIO UNITARIO | CANT | VALOR TOTAL |
| Preparación de superficie tipo CSP 2 o ICRS 2 - Desbastado mecánico. | M2 | \$5,035 | 1328 | \$6,686,480 |
| Vulken 171 Primer (Imprimante) - 14 m2/L | M2 | \$9,526 | 1328 | \$12,650,383 |
| Vulkem 350 NF Capa Base - 1.57m2/L | M2 | \$46,500 | 1328 | \$61,752,608 |
| Vulkem 346 Gris Capa Intermedia - 2.63 m2/L | M2 | \$43,054 | 1328 | \$57,176,370 |
| Filler Vehicular - 0.6 kg/m2 | M2 | \$3,965 | 1328 | \$5,265,601 |
| Vulkem 346 NF Capa Final 3.9 m2/L | M2 | \$29,034 | 1328 | \$38,557,398 |
| Mano de obra impermeabilización | M2 | \$26,850.00 | 1328 | \$35,656,800 |
| Subtotal | | | | \$217,745,641 |

11 PROGRAMACIÓN

11.1 Programa de auscultación y ensayos del paciente de estudio:

Los ensayos destructivos y no destructivos planteados en los numerales anteriores, con motivo de la investigación, verificación y diagnóstico de la paciente de estudio se realizaron en la semana del 17 al 21 de octubre de 2022.

11.2 Programa de intervención tentativo del paciente de estudio:

Tabla 22

Programación de reparaciones del paciente de estudio

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EDIFICIO MÁLAGA CASTILLA RESERVADO | | | | | | | |
|--|------------------|--|---|---|------------------|---|--|
| ACTIVIDAD | NOVIEMBRE | | | | DICIEMBRE | | |
| LESIÓN No. 1 | | | | | | | |
| Corte de muro con disco diamantado | | | | | | | |
| Conformación de dilatación en mortero de pañete | | | | | | | |
| Fundida de sobreplaca con mortero resistente al paso de vehículos | | | | | | | |
| Abuzardado de placa en parqueadero para mejorar adherencia | | | | | | | |
| Lavado de fachada | | | | | | | |
| Aplicación de pintura graniplast por fachada para arreglo de fisura y limpieza de la misma | | | | | | | |
| LESIÓN No. 2 | | | | | | | |
| Inyección de resina Tipo Sikadur 52 Inyección, | | | | | | | |
| LESIÓN No. 3 | | | | | | | |
| Corte mediante proceso mecánico de las juntas de dilatación. | | | | | | | |
| Conformación de dilatación en mortero de pañete | | | | | | | |
| Lavado de fachada | | | | | | | |
| Aplicación de pintura graniplast por fachada para arreglo de fisura y limpieza de la misma | | | | | | | |
| Impermeabilización de muro | | | | | | | |
| LESIÓN No. 4 alternativa A | | | | | | | |
| Corte mediante proceso mecánico de fisuras para sellado. | | | A | A | A | A | |
| Sellado de fisuras con Sello Vulkem 116 (Toxement) | | | A | A | A | A | |
| LESIÓN No. 4 Alternativa B | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---|---|
| Preparación de superficie tipo CSP 2 o ICRS 2 - Desbastado mecánico. | | | | | | | B | |
| Aplicación de productos Vulkem 171/350 NF | | | | | | | | B |
| LESIÓN No. 5 | | | | | | | | |
| Lavado a presión con hidrolavadora. | | | | | | | | |
| Fundida de sobreplaca con mortero resistente al paso de vehículos | | | | | | | | |
| Abuzardado de placa en parqueadero para mejorar adherencia | | | | | | | | |
| Media caña en HYPERDENMO e = 20 cm | | | | | | | | |
| LESIÓN No. 6 | | | | | | | | |
| Limpieza de líneas existentes de demarcación | | | | | | | | |
| Demarcación de líneas de señalización | | | | | | | | |
| LESION No 7 | | | | | | | | |
| Suministro e instalación de flanche metálico | | | | | | | | |
| Limpieza de ducto mediante la aplicación de lejía. | | | | | | | | |
| LESION No 8 | | | | | | | | |
| Corte mediante proceso mecánico de las juntas de dilatación | | | | | | | | |
| Sellado de juntas de dilatación con material elastomérico tipo Vulkem 45SSL. | | | | | | | | |
| LESION No 9 | | | | | | | | |
| Inyección epoxica mediante la aplicación de Euco Inyección 100 de Toxement. | | | | | | | | |
| Aplicación de pintura graniplast por fachada para arreglo de fisura y limpieza de la misma | | | | | | | | |
| Pintura de señalización en muro. Líneas amarillas y negras | | | | | | | | |
| LESION No 10 | | | | | | | | |
| Pintura de baranda con 2 manos de anticorrosivo y dos manos de esmalte. | | | | | | | | |

Nota: La lesión 4 y su alternativa de reparación B es una alternativa para limitar todos los problemas que se puedan llegar a presentar en un mediano y largo plazo, la cual consiste en la impermeabilización total de la losa de cubierta y parqueadero. Dicha alternativa es una propuesta adicional.

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Durante el levantamiento de los daños en el paciente se evidenció la presencia de diferentes lesiones causadas por acciones mecánicas, físicas y químicas tanto de tipo primario como secundario en las cuales prevalece la presencia de fisuras (31%), humedades (19%), ensuciamiento por lavado diferencial con eflorescencia (13%) y por último la presencia de lesiones menores como lo son el musgo y la oxidación (6%). Todas estas lesiones generan un desmejoramiento en la edificación tanto en su calidad como en su funcionamiento desvalorizando los bienes de uso común.

- Las lesiones aquí expuestas obedecen principalmente a errores en el proceso constructivo, asociados a los procesos y procedimientos de ejecución de los elementos. Principalmente a una ausencia de control de actividades específicas tal como: Dilataciones y juntas en zonas no adecuadas (Zonas de cambio de material, donde la dilatación no se colocó en la intersección del cambio), ausencia de pendientes en losas en conformidad con el diseño o especificación, ausencia de diseño de dilataciones o juntas constructivas en losas para mitigar efectos de contracción del concreto y fisuración.

- De manera general, no se han presentado nuevas lesiones asociadas con un proceso de deterioro avanzado de la edificación debido a procesos como la carbonatación en el concreto o corrosión en el acero de refuerzo. No se identifican en los ensayos y alcances del presente documento riesgos asociados al uso de estas instalaciones del edificio Málaga Castilla Reservado. Se recomienda atender las recomendaciones del plan de reparación y

mantenimiento propuesto por los patólogos que analizaron el presente estudio, ya que en este se determinan e identifican de manera detallada las soluciones para prever lesiones futuras y evitar el deterioro de esta estructura pediátrica.

➤ Finalizado el seguimiento de las fisuras del muro M2, se evidencia que se hallan inactivas y sin ningún problema aparente a nivel estructural en la edificación, por tanto, se descarta una falla a cortante y flexión del elemento.

No se encuentran indicios de fisuras en otras zonas, por asentamiento diferencial que comprometa el comportamiento estructural de la edificación. Se determinó que el fisuramiento corresponde a un problema constructivo, desarrollado durante la colocación del concreto por la retracción plástica originada en las primeras horas posteriores al vaciado del muro, en donde según la literatura se pueden generar fisuras en un ángulo de 45° , paralelas y cerca de las esquinas. Sin que dichas fisuras repercutan estructuralmente.

➤ Se comprobó que el fisuramiento presentado en la placa de cubierta se debe a un error constructivo relacionado con la instalación de las redes eléctricas, en las cuales las fisuras pasantes están copiando el comportamiento y ubicación de la tubería. Se confirma que el recubrimiento mínimo solicitado por el diseñador estructural no es conforme en acuerdo con los planos y diseños.

➤ Los ensayos pre escritos en este documento generan el soporte y sustento de la buena calidad de los materiales utilizados en la construcción. Se verificó la calidad del concreto mediante la validación de la resistencia a la compresión mediante la extracción de núcleos y

su uniformidad con el ensayo de ultrasonido, es decir que no se presenta el fenómeno de fisuración debido a una mala calidad del concreto.

➤ Se corrobora con este estudio que la edificación según los registros y evidencias presentadas por la copropiedad, está amparada bajo el reglamento de construcción sismorresistente vigente a la fecha en Colombia (NSR-10).

➤ Se evidenció en el proceso constructivo, la ausencia de juntas de dilatación y contracción necesarias para permitir el movimiento del concreto por cambios térmicos propios del material, como del correcto manejo de las juntas de construcción dejadas por el constructor durante el vaciado de los elementos. Por consiguiente, es necesario realizar una reparación en las placas enfatizada en realizar un adecuado diseño de juntas (Y sus respectivos sellos) en elementos esenciales para la edificación.

➤ Se aconseja a la copropiedad hacer frente a las lesiones aquí descritas en un periodo no menor de 3 meses, para evitar el avance de estas, el objetivo es evitar a futuro, tener que realizar un nuevo estudio patológico para evaluar el estado de la edificación nuevamente. Los procesos o procedimientos empleados en cada una de las reparaciones planteadas deben estar supervisados por un profesional idóneo para la técnica.

➤ Como principal fuente potencial de daño o lesión para la edificación, se identifica la placa de cubierta. Donde es indispensable priorizar su intervención, siendo el área más expuesta a la intemperie de la estructura, y en la cual el deterioro tendrá una velocidad mayor. Se evalúan dos propuestas de intervención, una parcial para la cubierta con valor de

\$6,298,909 y la impermeabilización definitiva de **\$217,745,641 (Sistema de cubierta para impermeabilización y tráfico vehicular – Solo Alternativa 4B)**. La propuesta global de reparación incluyendo la alternativa 4A está por un valor de **\$45,476,596**.

13 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, (2010, 16 de diciembre) *Decreto 523 del 2010 Por el cual se adopta la microzonificación sísmica de Bogotá D.C*

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, (2021, 29 de diciembre) *Decreto 555 del 2021 Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.*

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS] (15 julio, 2010) *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Titulo A.*

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS] (15 julio, 2010) *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Titulo H.*

Asociación Colombiana de Productores de Concreto [ASOCRETO] *¿Como evitar la reacción álcali agregado?* <https://360enconcreto.com/blog/detalle/como-evitar-la-reaccion-alkali-agregado-1/>

Badilla Valeri, (2014) *Correlación de diferentes métodos de detección anomalías en el hormigón Detección visual, resistividad eléctrica velocidad ultrasónica y esclerómetro.* Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de construcciones y arquitectura. Trabajo de Maestría. Barcelona

Barrera Jully, Cardozo J, Fuentes D, (2018) *Análisis de la vulnerabilidad del plan de emergencias en los colegios públicos en Bogotá.* Volumen 4 - N° 44 dic./2018 ISSN: 2422-2216 <https://www.urosario.edu.co/Revista-Nova-Et-Vetera/Omnia/Analisis-de-la-vulnerabilidad-del-plan-de-emergenc/>

Builes R & Pardo M, (2016) *Correlaciones entre las resistencias obtenidas mediante ensayos de compresión y esclerometría en cilindros de concreto normal y modificados con fibra sintética y fibra de acero.* Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Civil. Bogotá Colombia

Broto Carles, (2006) *Tratado Broto de la construcción Patología de los materiales de construcción.* Ed. Links Internacional. Barcelona, España

Castro Rogelio (Marzo, 2020) *Curso metales y su patología*, Universidad Santo Tomás. Facultad de Ciencias Tecnológicas

Chicangana, Germán, Carlos Alberto Vargas-Jiménez, Andreas Kammer, Alexander Caneva, Elkin Salcedo Hurtado y Augusto Gómez Capera. 2015. "La amenaza sísmica de la Sabana de Bogotá frente a un sismo de magnitud $M > 7.0$, cuyo origen esté en el Piedemonte Llanero". Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 24 (2): 73-91. DOI: 10.15446/rcdg.v24n2.50207.

Congreso de Colombia, (2001, 03 agosto) *Decreto 675 del 2001 Por el cual se expide el régimen de propiedad horizontal* diario oficial 44.509 Castro Rogelio (Marzo, 2020) *Curso metales y su patología*, Universidad Santo Tomás. Facultad de Ciencias Tecnológicas

Dirección de Prevención y Atención de Emergencias [DPAE] (s.f.) *Terremotos Amenaza sísmica en Bogotá*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

Espinosa Baquero Armando (2004) *Historia sísmica de Bogotá*. Sociedad Geográfica de Colombia, Academia de Ciencias Geográficas

EUATM (2014) *Manual de patología de la edificación*. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Tecnología de la edificación. Madrid.

Euclid Group Toxement (2017) [Toxement] *Eflorescencia del concreto*. https://www.toxement.com.co/media/3396/eflorescencias_concreto.pdf

Euclid Group Toxement (2012) [Toxement] *Guía para la reparación de fisuras en muros y tanques de concreto*.

Euclid Group Toxement (2019) [Toxement] *Guía de especificación para el tratamiento de fisuras en el concreto*.

Fiol Olivan, F. (2014). *Manual de patología y rehabilitación de edificios*. Burgos, Spain: Editorial Universidad de Burgos. Recuperado de <https://elibro.net/en/ereader/usta/59487?page=14>. Broto Carles, (2006) *Tratado Broto de la construcción Patología de los materiales de construcción*. Ed. Links Internacional. Barcelona, España

Fondo de prevención y atención de emergencia [FOPAE] (2010) *Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

Fondo de prevención y atención de emergencia [FOPAE] (2010) *Bogotá, frente a la gestión integral del riesgo sísmico*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

García Wilson, (2013) *Dinámica de la construcción por usos Localidad de Kennedy 2002 – 2012* Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

Instituto Americano del Concreto (1 septiembre, 1993) [ACI] *Informe ACI 224 causas, evaluación y reparación de fisuras en estructuras de hormigón*, Washington D.C

Instituto Americano del Concreto (2011) [ACI] *Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad ASCC-1(10)*, Tercera edición. American Concrete Institute. Colombia

Instituto Colombiano de Geología y Minería & Universidad de los ANDES [INGEOMINAS & ANDES] (1997), *Microzonificación sísmica de Santa fe de Bogotá*,

Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS] (2018) *Los Andes colombianos navegan hacia el noroeste*.
<https://www2.sgc.gov.co/LibroGeologiaColombia/Paginas/los-andes-colombianos-navegan-hacia-el-noreste.aspx>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER] (2018) *Modelación del riesgo sísmico en edificaciones para la ciudad de Bogotá versión 2018 SISMARB*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER] (2019) *Caracterización climatológica de Bogotá, como un aporte al fortalecimiento de la red hidrometeorológica de Bogotá (RHB)*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER] (2022) *Caracterización general del escenario de riesgo por inundación en Bogotá*.
<https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER] (2022) *Caracterización general del escenario de riesgo sísmico en Bogotá*.
<https://www.idiger.gov.co/rsismico>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER] (2022) *Caracterización general del escenario de riesgo por movimiento en masa en Bogotá*. <https://www.idiger.gov.co/rmovmasa>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2004) *Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Río Tunjuelo*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2022) *Atlas climatológico de Colombia 1981 – 2010*. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

Martínez L & Rojas L, (2019) *Análisis de amenaza sísmica en la localidad de Usaquén, Bogotá D.C, Colombia*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Especialización en Gerencia de recursos Naturales. Bogotá. Colombia.

Montoya D & Reyes G (2005) *Geología de la Sabana de Bogotá*. Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS] Bogotá

Olivan F.F (2014) *Manual de patología y rehabilitación de edificios*. Burgos: Universidad de Burgos

Páez Jenny V, (2016) *Modelo de desarrollo local sostenible para las unidades de planeamiento zonal (UPZ) Calandaima y Tintal Norte, Localidad de Kennedy- Bogotá D.C.* [Trabajo de grado, Facultad de Ingeniería Geográfica y Ambiental] Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Colombia

Perupaint *Conoce el método de aplicación de pinturas tráfico* <https://perupaintgroup.com/2020/05/15/aplicacion-pinturas-trafico/>

Reinaguerra Sandra, (2019) *Tipos de ensayos para tipos de fallas: Recomendaciones de uso, aplicación e interpretación de resultados*. Asocreto Colombia

Sanjuán Carlos (2014) *Resistencia del hormigón mediante esclerómetro o índice de rebote (I)* Patología + Rehabilitación + Construcción web de información y formación para profesionales y estudiantes. <https://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-o-indice-de-rebote-1/>

Socialhizo, (s.f) Bogotá: Descripción geográfica.
<https://www.socialhizo.com/entretenimiento/turismo-al-dia/bogota-descripcion-geografica>

Toirac Corral José (1 Enero, 2004) *Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón: origen y prevención* Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo domingo, Republica Dominicana.

Solminihac T. H. D. & de Solminihac, H. (2013). Procesos y técnicas de construcción (5a. ed.). Editorial ebooks Patagonia - Ediciones UC.
<https://elibro.net/es/ereader/usta/67718?page=397>

Velandia Francisco (2000) *Informe del área de geología sobre los aspectos estructurales de la sabana de Bogotá dentro del proyecto de exploración de aguas subterráneas del área de minería*. Instituto de investigación e información geo científica, minero ambiental y nuclear [INGEOMINAS]. Bogotá

Velandia Francisco (2002) *Fallas longitudinales y transversales en la sabana de Bogotá. Colombia*. Boletín de Geología INGEOMINAS Vol. 24, No 39, Enero - Junio. Bogotá.

14 ANEXOS