

**Estudio Patológico En Los Muros De Contención De La Vía Bogotá - Villeta Entre Los Km  
51+010 Y Km 51+119**

Ing. Juan Diego Riaño Forero, Arq. Laura Sofía Marín Mendoza e Ing. Edgar Fernando Triana

Zambrano

Facultad de Ciencias y Tecnologías, Universidad Santo Tomás

Decanatura de División Abierta y a Distancia

Especialización en Patología de la Construcción

Ing. Msc. Olga Lucia Vanegas Alfonso

12 de diciembre de 2022

## Tabla de contenido

1	Resumen.....	6
2	Introducción .....	10
3	Planteamiento del problema.....	11
4	Justificación .....	12
5	Objetivos.....	13
5.1	General.....	13
5.2	Específicos .....	13
6	Antecedentes .....	14
6.1	Antecedentes Internacionales.....	15
6.2	Antecedentes Nacionales .....	18
7	MARCO REFERENCIAL.....	21
7.1	MARCO GEOGRÁFICO.....	21
7.2	MARCO LEGAL.....	24
7.3	MARCO TEÓRICO.....	27
7.4	MARCO HISTÓRICO.....	38
8	ALCANCES Y LIMITACIONES .....	40
9	METODOLOGÍA.....	42
9.1	DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE.....	50
9.2	PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO: .....	50
9.2.1.	Inspección preliminar del paciente .....	50
9.2.2.	Recopilación de información necesaria para el estudio .....	52
9.2.3.	Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente .....	55
9.2.4.	Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración. ....	55
9.2.5.	Definición de los medios para realizar la exploración.....	55
9.3.	HISTORIA CLÍNICA.....	56
9.3.1.	RESPONSABLES DEL ESTUDIO .....	56
9.3.2.	FECHA DE REALIZACIÓN DEL ESTUDIO .....	56
9.3.3.	DATOS GENERALES DEL PACIENTE:.....	56
9.3.4.	En la Edificación y/o construcción civil: .....	64
9.3.5.	Aplicación patológica: .....	66
9.3.6.	Datos específicos de las lesiones .....	69
9.3.7.	Descripción de la patología más relevante en el paciente.....	71
9.3.8.	Clasificación y origen de las patologías.....	71
9.3.9.	Datos generales del entorno .....	72
9.3.10.	Estructura (Descripción general) .....	76
9.3.11.	Suelos y Cimentaciones .....	77
9.4.	DIAGNÓSTICO .....	81

9.4.1.	Lesiones mecánicas, físicas y químicas (origen, causa, evolución y estado actual de las lesiones) .....	81
9.4.2.	Ensayos destructivos y no destructivos.....	88
10	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	92
10.1.	Ubicación del paciente en la microzonificación sísmica .....	92
10.2.	Determinación de la zona sísmica, el valor de Aa y Av .....	97
10.3.	Matriz de Vulnerabilidad .....	98
11	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN .....	103
12	Diseño Metodológico.....	114
12.1.	Enfoque metodológico .....	114
12.2.	Tipo de Investigación - Cuantitativa.....	115
12.3.	Fases.....	115
13	PRESUPUESTO.....	116
13.1.	PRESUPUESTO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 1 .....	118
13.2.	PRESUPUESTO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 2 .....	124
13.3.	PRESUPUESTO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 3 .....	127
14	PROGRAMACIÓN .....	134
14.1.	PROGRAMACIÓN PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 1 .....	134
14.2.	PROGRAMACIÓN PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 2 .....	135
14.3.	PROGRAMACIÓN PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 3 .....	136
15	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	136
16	Conclusiones y recomendaciones .....	143
17	Bibliografía .....	145
18	Anexos .....	146

### Índice de Tablas

1	Tabla No. 1 – Marco Normativo.....	24
2	Tabla No. 2 - Metodología.....	43
3	Tabla No. 3 - Matriz de Síntesis y Descripción Vulnerabilidad Sísmica .....	98
4	Tabla No. 4 Propuesta de Intervención No. 1 .....	106
5	Tabla No. 5 – Propuesta de Intervención No. 2.....	111
6	Tabla No. 6 – Propuesta de Intervención No. 3.....	113
7	Tabla No. 7 – Presupuesto Intervención No. 1 .....	118
8	Tabla No. 8 – Presupuesto Intervención No. 2 .....	124
9	Tabla No. 9 – Presupuesto intervención No. 3 .....	127

### Índice de figuras

1	Ilustración No. 1 - Esquema árbol de problemas.....	12
2	Ilustración No. 2 - Lectura de densidades del paciente. ....	15
3	Ilustración No. 3 - Ensayo de compresión no confinada, muestra del paciente. ....	16
4	Ilustración No. 4. - Deslizamiento carretera Düzce-Zonguldak. ....	17
5	Ilustración No. 5. Deslizamiento por la Carretera Düzce-Zonguldak. ....	18
6	Ilustración No. 6. - Plantación de vegetación sobre paciente. ....	19
7	Ilustración No. 7 - Vista panorámica deslizamiento El Espino. ....	20
8	Ilustración No. 8 - Inicio y final del Corredor Vial. ....	21
9	Ilustración No. 9- Localización en el corredor vial y acceso del Muro de contención.....	22
10	Ilustración No. 10 - Localización exacta del Muro de Contención. ....	23
11	Ilustración No. 11 - Tipos de deslizamientos.....	29
12	Ilustración No. 12 – Tipos de fallas.....	30
13	Ilustración No. 13 – Tipos de deslizamientos.....	31
14	Ilustración No. 14 – Deslizamientos rotacionales.....	31
15	Ilustración No. 15 – Deslizamientos traslacionales.....	32
16	Ilustración No. 16 – Esparcimiento lateral.....	32
17	Ilustración No. 17 – Tipos de deslizamientos.....	33
18	Ilustración No. 18 – Descripción avalancha.....	34
19	Ilustración No. 19 -Construcción del paciente e inicio de patologías.....	39
20	Ilustración No. 20. -Soporte Visita ANLA y Suministro de información.....	41
21	Ilustración No. 21- Descripción de composición de un Proceso Patológico.....	49
22	Ilustración No. 22. Localización y acceso del Muro de contención. ....	51
23	Ilustración No. 23. Kilómetros 51-52 de la autopista Bogotá - Villeta. ....	51
24	Ilustración No. 24. Patologías de la estructura de contención.....	52
25	Ilustración No. 25. Patologías de la estructura de pavimento.....	53
26	Ilustración No. 26. Localización del paciente.....	58
27	Ilustración No. 27. Localización del paciente.....	59
28	Ilustración No. 28. Sistema Constructivo del Muro. ....	60
29	Ilustración No. 29. Técnica constructiva.....	60
30	Ilustración No. 30. Detalle de construcción de dados de anclaje.....	61
31	Ilustración No. 31. Imagen del sector de influencia.....	62
32	Ilustración No. 32. Fotografía del sector.....	63
33	Ilustración No. 33. Aplicación patológica forense.....	67
34	Ilustración No. 34. Aplicación patológica preventiva.....	68
35	Ilustración No. 35. Aplicación patológica preventiva.....	69
36	Ilustración No. 36. Fotografía de la topografía del sector.....	73
37	Ilustración No. 37. Valores de peso unitario y compresión simple de las muestras por perforación. ....	73
38	Ilustración No. 38. Registro de temperaturas y precipitaciones. ....	74
39	Ilustración No. 39. Registro de dirección y velocidad de vientos. Rosa de los vientos. ....	75
40	Ilustración No. 40. Perfil Geotécnico de la composición del suelo del tramo objeto de estudio. 77	
41	Ilustración No. 41. Perfil Geológico Zona de ubicación de la estructura No. 1. ....	78
42	Ilustración No. 42. Perfil Geológico Zona de ubicación de la estructura No. 3. ....	78

43	Ilustración No. 43 - Detalle Viga cabezal .....	79
44	Ilustración No. 44. Detalle Caissons.....	80
45	Ilustración No. 45 - Desplazamientos de los Muros .....	82
46	Ilustración No. 46 Hundimientos de la calzada .....	83
47	Ilustración No. 47 Desprendimientos de concreto del Muro .....	84
48	Ilustración No. 48 Grietas y Fisuras en Muro.....	85
49	Ilustración No. 49. Grietas en estructura de Pavimento.....	86
50	Ilustración No. 50. Humedad en el Muro de Contención .....	87
51	Ilustración No. 51 Medición de grietas y fisuras .....	88
52	Ilustración No. 52 Medición Esclerometría .....	89
53	Ilustración No. 53 Instalación de placas fijas .....	89
54	Ilustración No. 54 Levantamiento Topográfico.....	90
55	Ilustración No. 55 Ensayo de Ultrasonido .....	91
56	Ilustración No. 56. Zonas de Amenaza Sísmica de Colombia.....	92
57	Ilustración No. 57. Localización Municipios noroccidentales de Cundinamarca .....	93
58	Ilustración No. 58. Localización autopista Bogotá - La Vega - Villeta (Sector La Vega) ...	93
59	Ilustración No. 59. Nivel de amenaza sísmica del sector de influencia (Municipio de la Vega)	94
60	Ilustración No. 60. Sismos históricos presentados cercanos al área de influencia (municipio de Nocaima).....	94
61	Ilustración No. 61. Sismos históricos presentados cercanos al área de influencia (municipio de Sasaima).....	95
62	Ilustración No. 62. Índice de vulnerabilidad sísmica de Colombia .....	96
63	Ilustración No. 63. Factores Aa, Av y índice de amenaza sísmica del Municipio donde está localizada la estructura.....	97
64	Ilustración No. 64 - Planos de Perfil y Planta de la Estructura.....	102
65	Ilustración No. 65 - Estratigrafía del Muro de Contención .....	103
66	Ilustración No. 66. - Registros Inclínómetros Periodo noviembre 2021 Vs Julio 2022 .....	104
67	Ilustración No. 67 - Falta de elementos hidráulicos Muro de Contención .....	105
68	Ilustración No. 68 – Fisuras presentadas en el módulo del muro contención.....	107
69	Ilustración No. 69. - Registros Inclínómetros Periodo noviembre 2021 Vs Julio 2022 .....	108
70	Ilustración No. 70 - Estratigrafía del Muro de Contención .....	109
71	Ilustración No. 71 - descripción diseño metodológico .....	114
72	Ilustración No. 72 - Lecturas Ensayo esclerometría .....	136
73	Ilustración No. 73 - Representación gráfica valores máximos y mínimos Esclerometría ..	137
74	Ilustración No. 74- Resultados Índice esclerométrico promedio.....	138
75	Ilustración No. 75 - Correlación muestra promedio para obtención de F´C.....	138
76	Ilustración No. 76 - Cantidad de mediciones de ultrasonido y resultados de velocidad. ...	139
77	Ilustración No. 77 - Tipo de Medición ultrasonido (Directa o Indirecta).....	139
78	Ilustración No. 78 - Velocidad de propagación y recepción de Onda .....	140
79	Ilustración No. 79 - Resultados promediados y corregidos definitivos .....	140
80	Ilustración No. 80 - Fórmulas de Conversión a Resistencia MPA .....	141
81	Ilustración No. 81 - Estratigrafía del Muro de Contención .....	142
82	Ilustración No. 82. - Registros Inclínómetros Periodo Noviembre 2021 Vs Julio 2022 .....	142

## 1 Resumen

Las estructuras funcionales han servido para el desarrollo de la humanidad desde la edad media, época en la que se empezó la creación de elementos y estructuras que facilitaban labores y la conexión de las civilizaciones. El presente trabajo se desarrolla en una de las principales estructuras viales de Colombia; la Vía Bogotá-Villeta, en la que fue inaugurada después de la construcción de muros de contención en los laterales de la vía en el año 2016. Un año después, el módulo 2 del Km 51+010 y Km 51+119 empieza a presentar lesiones en el muro y en la estructura del pavimento que han avanzado al punto de comprometer la integridad del paciente y de los usuarios.

Es por la anterior que el presente trabajo se ejecuta como un estudio patológico desde un enfoque de investigación cuantitativa, es decir, tiene como base un estudio secuencial, compuesto inicialmente por un marco de investigación, el cual se sustenta bajo la recopilación de la información del paciente, planteamiento de hipótesis de las causas que afectan al paciente, construcción y detalle de la historia clínica del mismo y por ultimo los resultados obtenidos del desarrollo de ensayos de laboratorio.

Por otro lado con la investigación descriptiva se expone que el paciente presenta patologías tales como desplazamiento de las pantallas de contención y por ende de la malla vial, lo cual ha derivado en la ocurrencia y presencia de otras lesiones tales como desprendimientos, hundimientos y grietas en los módulos del muro y la vía; Es por estos análisis que se plantean dos hipótesis de falla, una de estas es la capacidad de resistencia del concreto y la otra

corresponde a asentamientos derivados de sobrecargas en la estructura de pavimento que soporta el Muro de Contención. Consecutivamente y Según la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio, se concluye que la resistencia del concreto es de 40 MPa aproximadamente, lo que asegura que este ítem no es el detonante de las patologías del Muro. Descartado tal planteamiento se desarrolló la segunda etapa del estudio patológico, la cual consta del planteamiento del diagnóstico de la causa de las lesiones y así mismo la realización de propuestas de intervención para solución de las mismas, así como las recomendaciones y conclusiones del caso de estudio.

Según esta investigación el muro cumple actualmente con el objetivo inicial de diseño que es contener la tierra en la que se edificó la malla vial, además se concluye que la estructura no presenta riesgos relevantes de colapso, sin embargo, se debe realizar una intervención integral con el fin de subsanar y mitigar el origen de nuevas lesiones que afecten la estabilidad e integridad del muro de contención.

### **Palabras claves**

Muro de contención, proceso patológico, lesiones.

## **Abstract**

Functional structures have served for the development of humanity since the Middle Ages, a time when the creation of elements and structures that facilitated work and the connection of civilizations began. The present work is developed in one of the main road structures of Colombia; the Vía Bogotá-Villeta, in which it was inaugurated after the construction of retaining walls on the sides of the road in 2016. A year later, module 2 of Km 51+010 and Km 51+119 begins to present injuries to the wall and the pavement structure that have advanced to the point of compromising the integrity of the patient and users.

It is for the above that the present work is carried out as a pathological study from a quantitative research approach, that is, it is based on a sequential study, initially composed of a research framework, which is supported by the collection of information from the patient, hypotheses of the causes that affect the patient, construction and detail of the patient's clinical history and finally the results obtained from the development of laboratory tests.

On the other hand, with the descriptive investigation, it is exposed that the patient presents pathologies such as displacement of the containment screens and therefore of the road network, which has led to the occurrence and presence of other injuries such as landslides, subsidence and cracks in the modules of the wall and the track; It is for these analyzes that two failure hypotheses are proposed, one of these is the resistance capacity of the concrete and the other corresponds to settlements derived from overloads in the

pavement structure that supports the Retaining Wall. Consecutively and According to the information obtained from the laboratory tests, it is concluded that the resistance of the concrete is approximately 40 MPa, which ensures that this item is not the trigger for the Wall's pathologies. Once such an approach was ruled out, the second stage of the pathological study was developed, which consists of the approach to the diagnosis of the cause of the lesions and also the realization of intervention proposals to solve them, as well as the recommendations and conclusions of the case study.

According to this investigation, the wall currently meets the initial design objective, which is to contain the land on which the road network was built, it is also concluded that the structure does not present relevant risks of collapse, however, a comprehensive intervention must be carried out with in order to correct and mitigate the origin of new injuries that affect the stability and integrity of the retaining wall.

### **Key Words**

Retaining wall, pathological process, injuries.

## 2 Introducción

El presente trabajo es el desarrollo de un estudio de caso de las patologías presentadas en los muros de contención de la Vía Bogotá-Villeta (Km 51+010 y Km 51+119) que fue inaugurada en el año 2016. Es a partir del año 2017 que se empiezan a evidenciar fallas, pero fue hasta el año 2019 cuando se agudizaron. Entre las lesiones que se han venido presentando se encuentran: desplazamientos, desprendimientos, hundimientos y grietas, tanto en módulos del muro, como en la estructura de pavimento. Algunas de estas han avanzado al punto de convertirse en procesos patológicos y empiezan a comprometer la integridad de los usuarios y del paciente, el cual, además de ser una importante estructura vial para la comunidad, conforma la primera parte del corredor que conecta el centro del país con la ciudad de Medellín y la costa.

Es así como el actual documento busca plantear una hipótesis de las causas del proceso patológico, desarrollar un diagnóstico apoyado con ensayos de laboratorio y finalmente, una propuesta de intervención que pueda ser utilizada para mitigar y reparar las lesiones que se vienen presentando. Lo anterior teniendo en cuenta la normatividad correcta y vigente para el paciente utilizado, brindando una propuesta económica y unas recomendaciones que puedan ser empleadas para la reparación del mismo y como insumo de información para identificar y solventar patologías en casos similares.

Por ultimo y de acuerdo con todos los análisis realizados frente al paciente objeto de estudio, respecto a la información obtenida y a los ensayos de laboratorio, desarrollados al mismo, se lograron concluir las causas de las lesiones existentes en el paciente, así como se realizaron propuestas de intervención para subsanar las patologías.

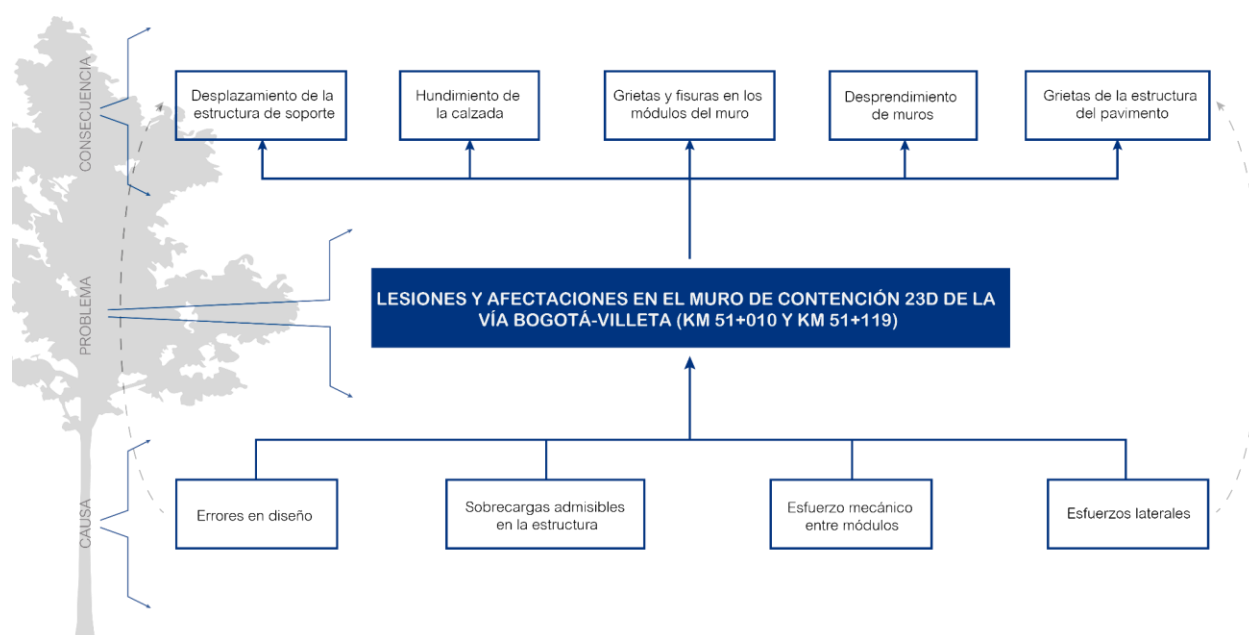
### **3 Planteamiento del problema**

Dentro de la búsqueda de garantizar redes viales que conectan al país, los proyectos Concesionados en Colombia que se han ejecutado han permitido avanzar en el objetivo de materializar la infraestructura necesaria para la conectividad y desarrollo del país. En concordancia con lo anterior, el eje vial Concesionado Bogotá - Villeta, corresponde a un proyecto vial en doble calzada y con una extensión aproximada a 82 kilómetros de longitud, los cuales se encuentran en operación desde el año 2016.

Sin embargo, según reportes de las empresas supervisoras del proyecto, desde el año 2017, se han evidenciado y reportado algunas afectaciones como presencia de fisuras en los muros de contención de la estructura de pavimento, así como hundimientos de la carpeta de rodadura del corredor vial en sectores cercanos al kilómetro 50 y kilómetro 52 (inmediaciones del Municipio de La Vega). Las mencionadas afectaciones pueden representar un riesgo directo a la seguridad, tanto de los usuarios que transitan por ese importante corredor vial, como de la comunidad aledaña al mismo.

Es por lo anterior que surge la necesidad de realizar un análisis a profundidad de las causas que generan las afectaciones presentes en las estructuras de contención localizadas en el sector anteriormente enunciado y así reducir la ocurrencia de hechos que afecte directa o indirectamente a cualquier persona que transite o resida en dicha ubicación.

### 1 Ilustración No. 1 - Esquema árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia. 2022

### 4 Justificación

Desde la Edad Media, los hombres empezaron a desarrollar la capacidad inventiva y fue hasta el renacimiento cuando la ingeniería se volvió una labor. La imaginación, la creación y el estudio han sido los pilares de la profesión, que además de llevar a cabo una estructura funcional y en cumplimiento a la normatividad vigente, busca garantizar la vida de los usuarios que utilizan y se benefician las obras de infraestructura.

Las superficies de rodamiento han servido para crear la humanidad, la conexión es parte fundamental en la vida del ser humano y realización de estos proyectos han traído progreso, lazos económicos, geográficos y políticos en todas partes del mundo, es así como se evidencia la importancia del presente proyecto, ubicado en una de las principales estructuras viales de Colombia, el cual, al presentar fallas, puede presentar un riesgo para la seguridad de las comunidades vecinas y afectando la vida útil del mismo.

Se propone entonces, desarrollar una propuesta de intervención basada en un diagnóstico patológico que pueda ser implementada para mitigar y reparar las lesiones que se vienen presentando en el paciente, acompañado de dos planteamientos económicos con su programación. Lo anterior para prevenir el colapso de una estructura vial importante para la conexión nacional del país.

## **5 Objetivos**

### **5.1 General**

Estudiar las patologías de la propuesta de intervención del Muro De Contención De La Vía Bogotá - Villeta Entre Los Km 51+010 Y Km 51+119.

### **5.2 Específicos**

- Identificar y realizar visita de campo para inspeccionar las posibles patologías presentadas.
- Realizar ensayos de laboratorio al paciente.

- Analizar resultados de los laboratorios e inferir posibles soluciones.
- Evaluar los resultados de los laboratorios de las patologías presentadas.
- Proponer dos intervenciones mediante las cuales se den soluciones a la afectación del paciente en estudio.

## **6 Antecedentes**

En la antigua Grecia y en el Imperio Romano se construyeron estructuras que tenían refuerzos como contrafuertes para ayudar a soportar las cargas y dirigirlas hacia el suelo. Desarrollaron sus propias técnicas de muros y materiales, el mejor conocido “Opus quadratum”.

Así mismo en el continente americano, específicamente la cultura Inca, construían muros de piedra para soportar el empuje de las cargas de tierra y poder sembrar y recoger fácilmente víveres y semillas haciendo de este modo la agricultura. Un claro ejemplo de la anterior explicación es Machu Picchu que fue diseñada con diferentes planicies soportadas por muros.

Actualmente los muros de contención son utilizados para diversas estructuras, se diseñan para sostener pendientes en calles, puentes, carreteras o edificios. Su uso principal es aislar el suelo y soportar la tierra para que no se hunda, estabilizando la presión.

## 6.1 Antecedentes Internacionales

### **DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN SECTOR LA AGUADA COMUNA DE CORRAL**

Ubicación: La Aguada, Comuna de Corral, Región de Los Ríos, Chile

Año: 2006

Proyecto ubicado en el área de La Aguada, Comuna de Corral, Región de Los Ríos, Chile. Para el momento de la realización del documento, el paciente presentaba problemas de estabilidad de taludes. Se hace evidente gran número de laderas en riesgo de falla, algunas naturales y otras causadas por la intervención de los habitantes de la zona. Lo anterior representa un riesgo inminente para la población y la conectividad del lugar, así como puede llegar a afectar o deshabilitar rutas existentes.

#### **2 Ilustración No. 2 - Lectura de densidades del paciente.**



Fuente: Rojas, S. (2009) Lectura de densidades. Digital

Primero, se realizó un estudio del área para determinar las pendientes que presentan riesgo de falla. Posteriormente, se realizó el muestreo, estudio topográfico en cada una de las laderas y prueba de la mecánica del suelo. Finalmente, como parte de las medidas de mitigación de deslizamientos (incluidas y detalladas en el documento), se elige la solución de muros de contención en voladizo, que se diseñan con base en el manual de carreteras del Ministerio de Obras públicas aprobado por la normativa del país donde se elaboró el trabajo.

### 3 Ilustración No. 3 - Ensayo de compresión no confinada, muestra del paciente.



Fuente: Rojas, S. (2009) Lectura de densidades. Digital

## ÇIÇEKPINAR CARRETERA D-655: FALLA DE MURO DE CONTENCIÓN EN LA CARRETERA EN DÜZCE ZONGULDAK EN TURQUÍA

Ubicación: Carretera D-655, Çiçekpınar, Düzce Zonguldak, Turquía

Año: 2021

Proyecto ubicado en la carretera D-655, Çiçekpınar, Düzce Zonguldak, Turquía, abierto al uso en el 2012. El paciente colapsó debido primeramente a las intensas lluvias presentadas en la región días antes de su falla. Se produjo un deslizamiento de tierra donde se derrumbaron 85 metros de carretera.

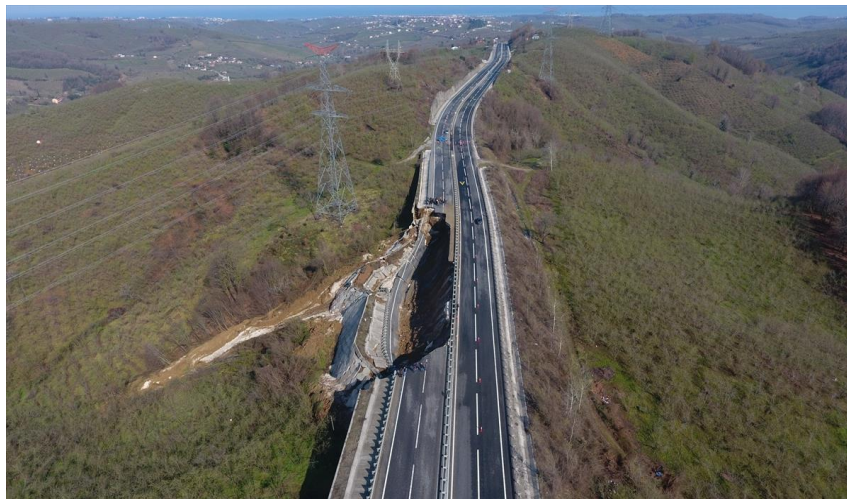
### 4 Ilustración No. 4. - Deslizamiento carretera Düzce-Zonguldak.



Fuente: Haber, I. (2021) KAYNAK. Digital. <https://cdn.karar.com/news/1353359.jpg>

Construida sobre una depresión topográfica, sobre un suelo de relleno, estabilizado mecánicamente. Dentro de la hipótesis se concluye una falla a través de los cimientos de la estructura (Presión de agua excesiva en relleno o falla por capacidad de carga), falla por error de diseño, construcción o mantenimiento (Esto último implicaría un drenaje inadecuado del relleno).

## 5 Ilustración No. 5. Deslizamiento por la Carretera Düzce-Zonguldak.



Fuente: Teknisite (2021) KAYNAK. Digital. <https://www.teknisite.com/wp-content/uploads/2021/03/188eb50f-6350-47f7-89bc-8765428ffc74.jpg>

### 6.2 Antecedentes Nacionales

#### **ANÁLISIS DE LAS FALLAS DEL MURO DE CONTENCIÓN DE LA CARRERA 7 CON CALLE 14 Y 11 DE GIRARDOT, CUNDINAMARCA**

Ubicación: Carrera 7 - Calle 14 y 11, Girardot, Cundinamarca, Colombia

Año: 2018

Proyecto ubicado en la carrera 7 entre calle 14 y 11 del municipio de Girardot/Cundinamarca.

Para el momento de la investigación se tiene como objeto analizar su estado actual. Se realiza una inspección visual y aunque se hace evidente vegetación parasitaria, fisuras y elementos faltantes, preocupan las plantaciones en la corona del muro que pueden influir en la reducción de la resistencia del muro. Seguido se realizan ensayos de esclerometría, instalación de testigos estructurales y ensayos de suelos, dando como resultado una resistencia del concreto de 210 MPA o 3000 psi, el cual cumple con la NSR-10 en cuanto al concreto simple y fisuras en muro de contención que no representan daños graves en la integridad del muro de contención.

#### **6 Ilustración No. 6. - Plantación de vegetación sobre paciente.**



Fuente: Guarín, G. (2018) Plantación vegetación. Digital

Finalmente se concluye que el muro no presenta ningún riesgo frente a las lesiones evidenciadas, pero si se dejan recomendaciones puesto que resaltan que el sistema de contención presenta algunas fallas estructurales que deben ser reparadas.

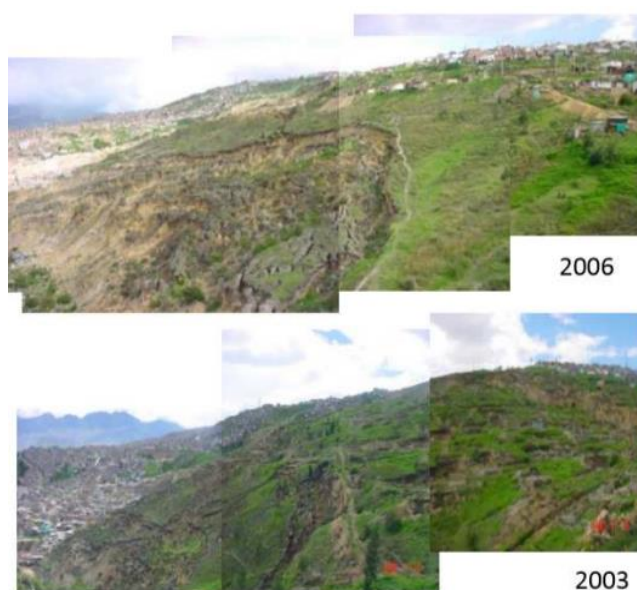
## **IDENTIFICAR AGENTES Y DAÑOS PATOLÓGICOS EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN REFORZADOS LOCALIZADOS EN EL SECTOR DE ALTOS DE LA ESTANCIA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C**

Ubicación: Altos de la Estancia, Ciudad Bolívar, Bogotá, Colombia

Año: 2018

El trabajo se realiza como seguimiento de un fenómeno de remoción en masa en el sector Altos de la Estancia, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá. En estos terrenos se proyecta la construcción de un parque para la comunidad. Anteriormente existían viviendas que tuvieron que desalojarse por el fenómeno de remoción en masa que afectó estructuralmente las viviendas.

### **7 Ilustración No. 7 - Vista panorámica deslizamiento El Espino.**



Fuente: Vargas, J.; Yaya, Y. Guarín, G. (2018) Vista panorámica deslizamiento El Espino.

Digital

Nota: Las entidades distritales realizaron intervenciones en las zonas aledañas al sector, guiados por estudios geotécnicos y monitoreo estructurales en el que se visualizaron los daños y vulnerabilidad en las viviendas y su entorno.

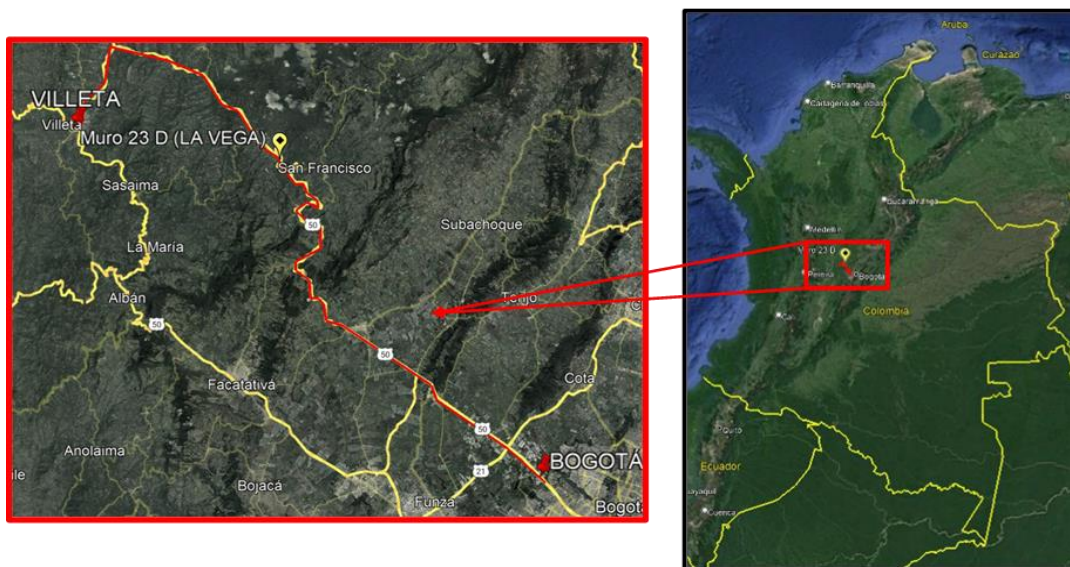
Se recopila información de un proyecto de monitoreo anterior y se inicia uno nuevo dando una evaluación patológica de los muros de contención. Después de la evaluación, los resultados de los monitoreos (relacionados con los efectos de esfuerzos: fisuras y grietas), hacen evidente que la estructura funciona bajo los rangos de diseño, basados en su inactividad.

## **7 MARCO REFERENCIAL**

### **7.1 MARCO GEOGRÁFICO**

El paciente objeto de estudio, es el denominado muro de contención 23D (según los módulos de los muros realizados por la Concesión) y este se encuentra localizado en K51+010 a K51+119, Vía Bogotá-Villeta, en el departamento de Cundinamarca tal y como se ilustra a continuación:

## **8 Ilustración No. 8 - Inicio y final del Corredor Vial.**



Fuente: Google Earth - Edición Propia

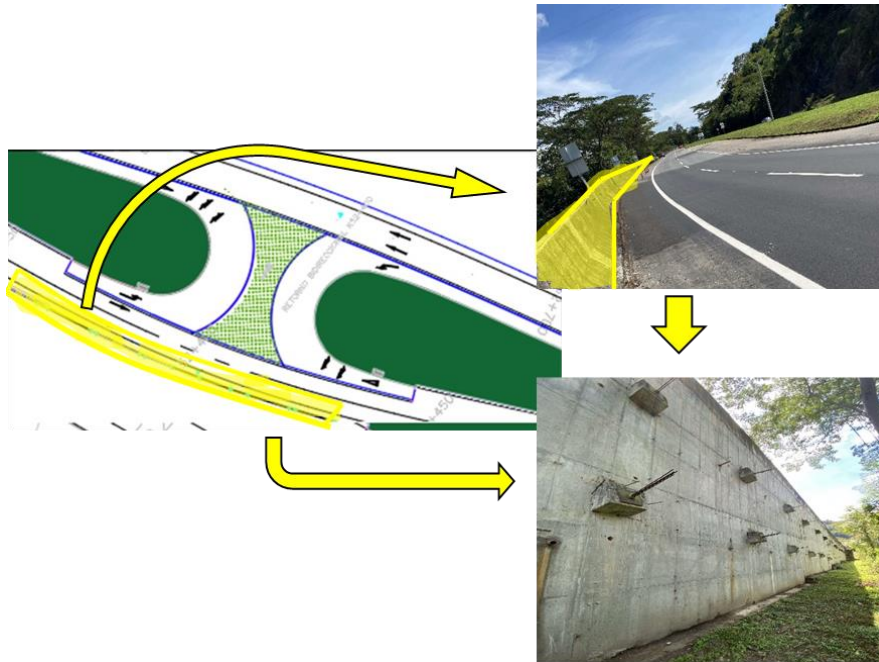
*Nota: En rojo se resalta el corredor vial Concesionado Bogotá - Villeta, el cual conecta la ciudad de Bogotá (por la calle 80) con el municipio de Villeta - Cundinamarca.*

### 9 Ilustración No. 9- Localización en el corredor vial y acceso del Muro de contención.

	<b>PROYECTO</b> MUROS DE CONTENCIÓN ENTRE LOS KM 51+010 Y 51+119	<b>FECHA DE CONSTRUCCIÓN</b> 2015	<b>FUERZA OBRERA</b> 321 personas	<b>OBSERVACIONES</b> Los muros de contención se ubican en la vía Bogotá-Villeta entre las kilómetros 50 y 52. La temperatura promedio de la zona es de 20.4°C. La precipitación es 6 mm. Los vientos con dirección norte (S 21°N) y occidente (74.4°O) con velocidad promedio 4.8 kilómetros por hora.
	<b>LOCALIZACIÓN</b> TRAMO 3- EL CHIGUÁ - LA VEGA AUTOPIA BOGOTÁ - VILLETA	<b>REGISTRO PROYECTUAL</b> Muro de contención	<b>FUERZA TIENDÓN</b> 40 personas	
<b>FICHA DIAGNOSTICO HISTORIA CLÍNICA</b>		<b>MURO ANALIZADO</b> 280	<b>ALTURA</b> 9 m aprox.	
<b>TIPO DE FICHA:</b> Localización y contexto		<b>FECHA:</b> 25-dic-22	<b>ESPACIO:</b> MURO CONTENCIÓN 280	
				
<b>EQUIPO DE TRABAJO:</b> Juan Diego Rifoño Edgar Hernández Triana Juliana Sofía Matín	<b>FICHA NO.:</b> 1	<b>ELABORÓ:</b>	<b>FICHA DIAGNÓSTICO</b>	

Fuente: Elaboración propia

### 10 Ilustración No. 10 - Localización exacta del Muro de Contención.



Fuente: Elaboración Propia.

*Nota: Una vez delimitado el corredor vial, por medio de las presentes imágenes, se realiza un acercamiento a detalle en donde se visualiza tanto el eje vial como el Muro que soporta la estructura de pavimento del mismo.*

Adicional a lo anterior y de acuerdo con las condiciones geográficas de la zona, se puede exponer que el paciente de estudio está ubicado en una zona rural en donde se destaca la presencia de vegetación, con un suelo homogéneo y también se descarta una falla geológica regional, esto último en razón a las condiciones geológicas estudiadas y de la información obtenida, la cual será discriminada en el desarrollo del presente trabajo.

## 7.2 MARCO LEGAL

### 1 Tabla No. 1 – Marco Normativo

<b>Muros de Contención de la calzada Bogotá - Villeta Km 51 al Km 52</b>		
<b>Ley/Norma</b>	<b>Resumen Objeto</b>	<b>Vigencia</b>
NSR – 10 - Título A - REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE	<p>A través del presente capítulo, se realiza una descripción de los coeficientes de espectros de sismo resistencia al igual que las microzonificaciones de Colombia para cada una de sus regiones, estos coeficientes se deben considerar para el diseño óptimo y seguro de las estructuras.</p> <p>Adicionalmente a ello también se establecen los métodos de análisis respecto al comportamiento de las estructuras frente a la acción de un sismo.</p>	Actualmente vigente
NSR – 10 - Título B - CARGAS	<p>En el capítulo en cuestión, se establecen y clasifican los tipos de cargas que interactúan en una estructura, y los diferentes tipos de combinaciones de las mismas, las cuales actúan sobre las estructuras y que si no se consideran pueden afectar de manera directa la estabilidad de las estructuras.</p>	Actualmente vigente
NSR – 10 - Título C - CONCRETO ESTRUCTURAL	<p>En el presente título, se hace una adaptación del reglamento para concreto estructural realizado por la ACI (American Concrete Institute), para Colombia, es por ello que en este se determinan las características, requisitos y demás parámetros que se deben tener presentes para el concreto que conforma las estructuras y elementos de las obras de infraestructura a construir.</p>	Actualmente vigente

<p>NSR – 10 - Título H - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS</p>	<p>En el presente apartado, se enuncian las consideraciones y criterios que se deben considerar para el desarrollo de estudios del suelo e inclusive establece recomendaciones respecto a las características particulares respecto a ciertos tipos de resultados determinados para diferentes tipos de suelos.</p>	<p>Actualmente vigente</p>
<p>Código Colombiano de Puentes CCP - 14</p>	<p>Mediante el presente código, se realiza la interpretación y adaptación de la Norma internacional AASHTO a las especificaciones colombianas, donde el diseño se enfoca para diferentes estructuras incluidas las que están asociadas a proyectos viales, pues en esta se contemplan todas las metodologías de análisis de cargas vehiculares y también realiza un énfasis en el diseño y modelación en software de las mismas.</p> <p>También es de Enunciar que la sección 3 y 11 del citado código, establece los criterios específicos para construcción de “<i>Muros, Estribos y Pilas</i>”.</p>	<p>Actualmente vigente</p>
<p>Manual de Estudios y Diseños para mejoramiento de Carreteras - INVIAS</p>	<p>En este Manual, se establecen todas las consideraciones de realización de estudios previo a la elaboración de los diseños para la realización de actividades de mejoramiento en corredores viales Nacionales, como lo es el presente caso.</p>	<p>No Vigente, más sin embargo sí lo estuvo al momento de realizar las consideraciones para la ejecución del corredor vial.</p>
<p>Ley 80 de 1993</p>	<p>Es una de las leyes más importantes en el sector de la infraestructura y la construcción en Colombia, pues en esta se regulan diversos aspectos tales como requisitos de procesos de contratación y criterios contractuales de proyectos de infraestructura (entre ellos Concesiones), en pro a garantizar la fiabilidad y seguridad de los proyectos a ejecutar así como establecer los</p>	<p>Vigente</p>

	mecanismos de resolución de divergencias jurídico - contractuales entre las entidades contratantes y los contratistas de los proyectos de infraestructura.	
Ley 1150 de 2007	En el Acto administrativo en cuestión, se amplían los alcances establecidos en la ley 80 de 1993, así como define de manera más clara la asunción de riesgos establecidos en los procesos contractuales de contratación de proyectos de infraestructura.	Vigente
Ley 1229 de 2008	Ley por medio de la cual se establecen los requisitos mínimos de diseño, construcción y supervisión técnica de estructuras que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas. En esta además se regula y exige la supervisión técnica de un interventor para asegurar la calidad de los procesos constructivos de las estructuras.	Vigente
Decreto 2525 de 2010	Mediante el presente acto administrativo, se regula, Adopta y entra en vigencia la aplicación del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR 10, como requisito para los procesos constructivos de infraestructura.	Vigente
Ley 1523 de 2012	A través de la ley en mención, se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres, en donde los municipios y las empresas deben obrar en pro al adecuado manejo de desastres y riesgos que se puedan presentar, dentro de sus respectivos marcos y responsabilidades.	Vigente

### 7.3 MARCO TEÓRICO

La patología en la construcción se define como la ciencia que estudia los problemas o enfermedades presentes en las edificaciones integrando soluciones viables o como bien lo define la Real Academia de la Lengua Española, es el “*Constr. Estudio de los defectos y problemas que presenta una construcción.*” (Fiol, F., 2014, P 13)

Para la realización de un debido estudio de patología, se debe realizar una indagación sobre su proceso constructivo, identificar el origen, causas, evolución en una línea de tiempo, los síntomas y su estado actual, sin embargo, para el correcto desarrollo del estudio, se maneja una secuencia inversa, donde lo primero que se observa es la lesión final y de allí se parte con la indagación. Para el diagnóstico y rehabilitación del paciente, se hace necesaria la evaluación de cada elemento físico que lo constituye, esto, dada sus características físicas, químicas, geométricas y mecánicas, y que a su vez pertenecen a un sistema estructural o constructivo propio del paciente. (Broto, C., 2005, P. 31).

Para el caso de estudio que corresponde a diferentes patologías encontradas en el muro de contención, se busca comprender las diferentes variables técnicas que puedan dar claridad a las lesiones presentadas, por consiguiente, es preciso ahondar en la representación teórica y conceptual del comportamiento de las masas de tierra, así mismo, en los determinantes a considerar dentro de la construcción y por consiguiente en el proceso constructivo, por lo anterior se trabaja con la teoría encontrada en el libro “*Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales*” del Ing. Jaime Suarez Diaz

## **1. Caracterización de los movimientos.**

Debido a la geografía colombiana, los movimientos en masa presentados en su gran mayoría cumplen cuatro criterios que comúnmente conllevan a que se presente un deslizamiento o una falla.

- Primero, la topografía, toda vez que el trazado de carreteras del país tiene variables de distancia y desnivel, conforme al origen destino del recorrido, lo cual hace que los trazados sean generados por cadenas montañosas la cuales infieren en las pendientes, cortes y rellenos los cuales deben ser soportados por taludes estabilizados mediante diferentes tipos de mecanismos, como es en este caso, que es un muro de contención anclado.
- Segundo, la sismicidad, se presenta por las fallas geológicas activas dentro del país y las causadas por la zona de subducción del pacífico, definido como el Cinturón de fuego del Pacífico.
- Tercero, la meteorización, siendo una condición propia del suelo presente en la región, toda vez, que la descomposición del macizo se presenta en la superficie, generando gran inestabilidad en los taludes.

- Cuarto, las lluvias, la precipitación anual en el municipio de la Vega Cundinamarca es de 3003 mm, siendo catalogada como alta, dentro del análisis básico que se puede realizar al comportamiento de una masa de tierra, las lluvias saturan el material generando una mayor presión de poros y así producir un empuje mayor que se refleja hacia el exterior de la cara de los taludes o mecanismos de contención.

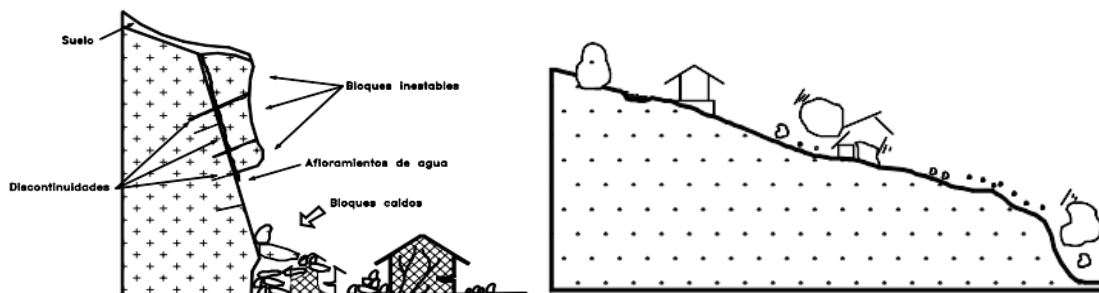
## 2. Clasificación de los movimientos en masa.

Suarez menciona en su libro que de acuerdo con la tipificación de los tipos de movimientos se pueden identificar dos grupos, cuando son movimientos por procesos de deterioros o cuando son componentes del movimiento del talud, dado esto, se definirá los componentes principales del movimiento.

- Caído, corresponde a los desprendimientos del talud que generalmente se presentan en alta inclinaciones, sin embargo, cuando la meteorización en el sector de estudio es especial, se puede presentar tal desprendimiento a baja inclinación tal como se pone de ejemplo en las siguientes ilustraciones.

-

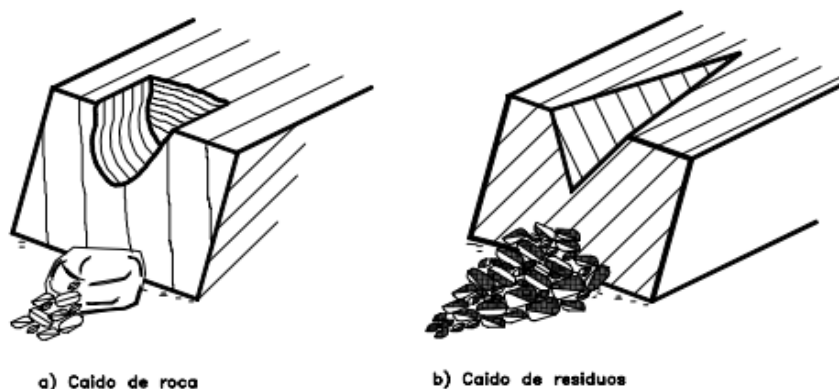
### 11 Ilustración No. 11 - Tipos de deslizamientos



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

- Inclinación o volteo, su comportamiento suele ser similar al anterior, con el determinante que consiste en la rotación hacia adelante de la cara externa del talud con un volumen determinado correspondiente a la falla y/o deformación que lo genera.

## 12 Ilustración No. 12 – Tipos de fallas



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

- Reptación, en su gran mayoría corresponde a las alteraciones generadas a causa del clima, por consiguiente, se presentan movimientos evidenciados en centímetros que afectan grandes extensiones de afectación, pero que son generadas en el suelo superficial.
- Deslizamiento, son los movimientos de corte generados en diferentes puntos de la superficie de falla, no necesariamente se presenta de manera simultánea en toda la superficie de estudio, por lo cual se esperan movimientos de toda la masa o diferenciados en varios sectores.

### 13 Ilustración No. 13 – Tipos de deslizamientos

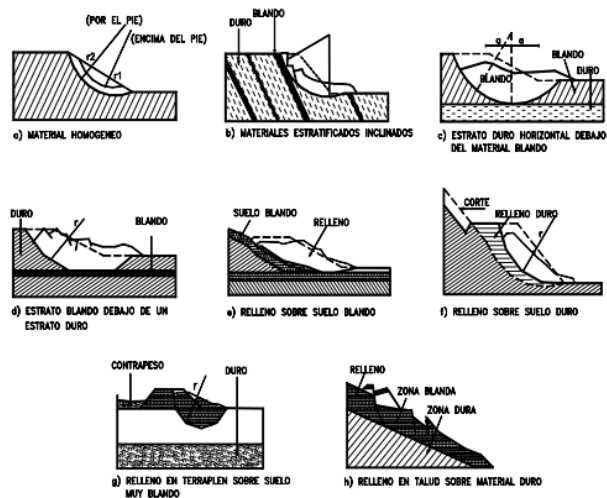


Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

Así mismo, por la naturaleza de la falla, se pueden subdividir en diferentes tipos correspondiente a deslizamientos, las cuales pueden ser deslizamientos rotacionales y traslacionales.

Los **deslizamientos rotacionales** se presentan o se identifican cuando la superficie de falla es curva, dentro del análisis es generado dentro del radio de giro de acuerdo al centro de gravedad de la masa en movimiento.

### 14 Ilustración No. 14 – Deslizamientos rotacionales



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

Los **movimientos traslacionales** se reflejan a lo largo de una superficie ligeramente plana y con una concavidad menor a la presentada en la falla rotacional

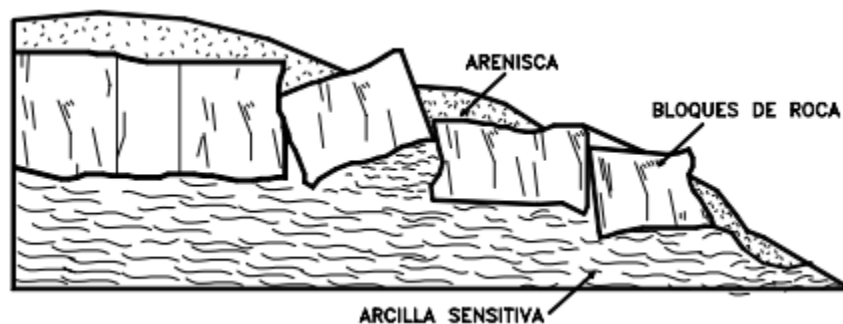
### 15 Ilustración No. 15 – Deslizamientos traslacionales



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

- Esparcimiento lateral, estos movimientos no son fáciles de identificar, toda vez que los determinantes actuantes generalmente se presentan en masas de roca que pueden estar sobre una superficie de falla de un suelo plástico.

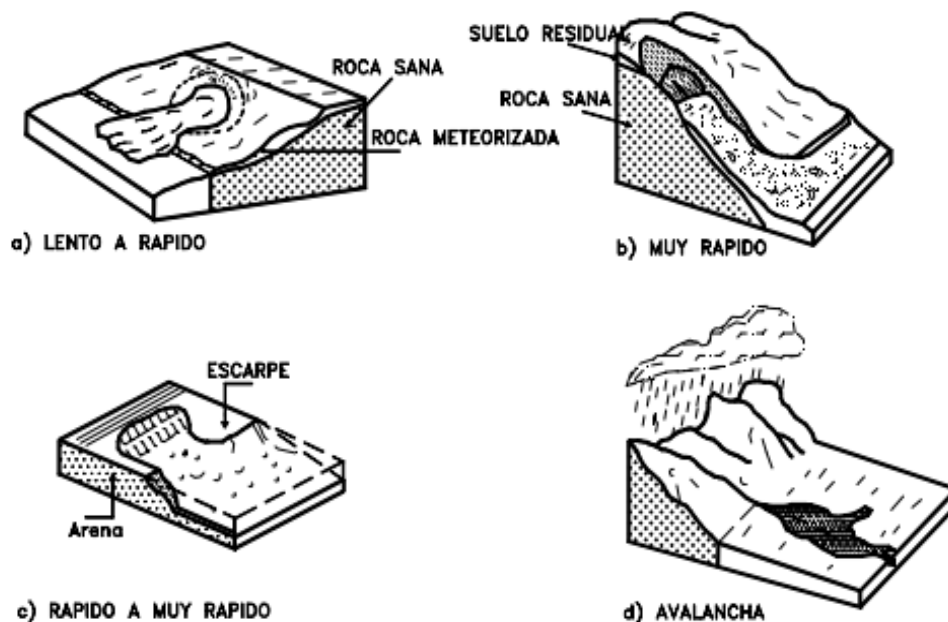
### 16 Ilustración No. 16 – Esparcimiento lateral



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

- Flujo, esta tipificación se representa las características propias de los anteriores procesos descritos, toda vez que, sus características de falla pueden ser rápida o lenta, así como también, secos o húmedos compuestos de diferentes materiales como roca o suelo, sin embargo, en su generalidad, se presenta debido a la saturación superficial de la masa en la cual actúa el objeto de estudio, a continuación se muestra en la ilustración el comportamiento de los movimientos propios de la falla por flujo.

### 17 Ilustración No. 17 – Tipos de deslizamientos



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

- Las Avalanchas, se estima que la falla es demasiado rápida, formando en la superficie ríos de material granular, suelo y roca, que por lo general representan una mayor área de afectación en comparación con las demás tipologías de estudio. Estos son generados por las precipitaciones del sector y como es el caso de estudio, el volumen anual es bastante considerable por la región tropical que lo afecta. Esta falla se presenta por la combinación de diferentes sucesos los cuales implican diferentes deslizamientos en el origen, volumen de agua en un cuerpo hídrico mayor a los históricos presentados y la geología propia del macizo que soporta los diferentes factores actuantes. De acuerdo con el Ing. Suarez, dentro de los datos relevantes, se estima que la velocidad de una avalancha puede alcanzar hasta los 20 metros por segundo es casos específicos, por lo cual se considera la falla con mayor afectación que se presenta dentro de los movimientos en masa.

### 18 Ilustración No. 18 – Descripción avalancha



Fuente: “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales” del Ing. Jaime Suarez Diaz

### 3. Métodos de estabilización de taludes (Muros de contención)

En consecuencia con las definiciones anteriores y con el método de estabilización del talud del objeto de estudio, que corresponde a un muro de contención, para el análisis estructural se debe identificar las tipologías de los muros de contención, que de acuerdo con la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14 - INVIAS se identifican los siguientes tipos:

- Muros de contención convencionales: entre los cuales encontramos los muros rígidos de gravedad de concreto simple, los de concreto reforzado, los muros de semigravedad con contrafuertes de concreto reforzado y los muros de semigravedad en voladizo de concreto reforzado, los cuales son utilizados mayormente en subestructuras de puentes o separación de taludes.
- Muros tipo pantalla - Voladizo: es utilizado como contención de masas de suelo y roca, el cual está embebido dentro de la altura de soporte del elemento vertical.
- Muros Anclados: se utilizan para proveer apoyo a la contención de masas de suelo y roca. Para su uso se debe determinar el tipo de material y así conocer el esfuerzo por adherencia de los anclajes.
- Muros de suelo estabilizado mecánicamente: este tipo de muro es considerado en los mismos casos que se consideran muros de contención convencional o de gravedad, ya que sus solicitudes no son altas.

#### 4. Conceptos patológicos

Dado lo anterior, se hace necesario definir los diferentes conceptos que influyen en el objeto de estudio y como tal en el desarrollo del proyecto:

- Lesiones: Son las manifestaciones observadas en un paciente como el síntoma final de un proceso patológico, estas lesiones se pueden dividir en tres; lesiones físicas, lesiones mecánicas y lesiones químicas, las cuales tienen características y tipología diferenciales entre ellas, siendo así que, las lesiones físicas son generadas como consecuencia de un fenómeno físico, siendo las causas más comunes la humedad, la erosión y la suciedad; las lesiones mecánicas guardan cierta similitud con las físicas, sin embargo, se caracterizan por la predominancia de un esfuerzo mecánico, como lo son las deformaciones, las grietas, las fisuras, desprendimientos y las erosiones mecánicas; las lesiones químicas guardan gran diferencia con las dos anteriores, ya que éstas se producen por la presencia de agentes especiales tales como las sales, ácidos y álcalis, las cuales se pueden dividir en grupos tales como las eflorescencias, oxidaciones y corrosiones, organismos (vegetales y/o animales) y erosiones. (Broto, C., 2005, P. 32-35) De igual manera, las lesiones se dividen en dos tipologías, las lesiones primarias y las lesiones secundarias, siendo así que la lesión secundaria surge como consecuencia de la lesión primaria. (Fiol, F., 2014, P 15)
- Causas: Es el origen de las lesiones, así mismo, cada lesión puede tener una o más causas, mientras existan esas causas no se resuelve el proceso patológico, así que es imprescindible asignarla a alguno de los dos grupos; causas directas, que son el origen

primario del proceso patológico y las causas indirectas, son las que de una u otra manera se pueden llegar a tratar de manera preventiva para que su afectación no sea mayor.

(Broto, C., 2005, P. 32-35)

- Intervención: son el conjunto de actividades con el fin de dar funcionalidad o habilitar la estructura evaluada, se pueden dividir en cuatro grandes grupos que son la reparación, la restauración, la rehabilitación y la prevención, todas con el fin de eliminar las causas directas de los procesos patológicos.
- Proceso Patológico: es al cual se le debe dar solución dentro del estudio de patología a realizar, se proyecta su descripción debidamente documentada, con sus respectivas causas identificando el origen de la lesión.
- Patología Estructural: éste es el estudio del comportamiento estructural del caso a intervenir, allí se evalúa las posibles afectaciones que puedan incurrir en la vulnerabilidad sísmica, ya sea por deficiencias en el diseño, deficiencias constructivas, esfuerzos y/o accidentes a los cuales haya sido sometida la estructura para lo cual no se tenía previsto en los diseños o estimaciones.

De acuerdo a lo expresado por la Arq. Ana María Elguero en su Libro Patología Elementales, el 75% de las patologías son por fallas de diseño y falta de control de obra, el 22% corresponde a la falta de mantenimiento del paciente y solo el 3% a fenómenos accidentales, así mismo, los procesos patológicos detectados pueden ir desde lo más leve como lo son los aspectos

estéticos, hasta lo más grave, que puede desencadenar en colapsos de los elementos que componen el paciente. (Elguero, A., 2004, P. 9). Por lo anterior, se considera analizar e identificar a cuál de estos tres grandes grupos pertenecen las causas de las lesiones presentadas en el paciente de estudio.

#### **7.4 MARCO HISTÓRICO**

El Instituto Nacional de Vías - INVIAS- en el año 1994, suscribió el contrato de Concesión No. 447, por medio del cual adjudicó la rehabilitación, mejoramiento y construcción en doble calzada de la Vía que conecta a la ciudad Bogotá con el municipio de La Vega.

Posterior a ello en el año 2008 el INVIAS subrogo y cedió el citado contrato de Concesión a la supervisión directa del Instituto Nacional de Concesiones INCO, esto a raíz de un tribunal de arbitramento en el cual se modificaron los esquemas financieros y los alcances contractuales del citado contrato al igual que se delegaron y asignaron nuevas funciones a cada Entidad, según su naturaleza jurídica.

A partir de lo anterior se tiene que el proyecto vial aumentaría su alcance conectando la ciudad de Bogotá con el Municipio de Villeta (Cundinamarca) y es a partir de tales modificaciones y resolución de problemas jurídico - contractuales que se continuó con las actividades constructivas a partir del año 2013 y culminando las mismas en el año 2016.

Dentro de la cronología de las fallas, se vislumbra que las mismas iniciaron en algunos módulos adyacentes al muro objeto de estudio, aproximadamente en el año 2017, donde adicional a la aparición de grietas, se registraron también deformaciones verticales en los muros los cuales con el transcurso del tiempo alcanzaron desplazamientos hasta de 0.40 m, lo que generó una alerta a los usuarios frecuentes y a las entidades encargadas de la seguridad y vigilancia del tramo vial. En el año 2019 se empiezan a presentar grietas de mayor longitud y profundidad, así mismo se empiezan a presentar hundimientos en la carpeta asfáltica y desplazamientos en la estructura del paciente que se estudia en el presente documento.

Derivado de todo lo anterior, la Concesión realizó algunas intervenciones de reforzamiento en muros estructurales cercanos al elemento al cual se le está desarrollando el estudio patológico en cuestión, al igual que se instalaron inclinómetros en la totalidad de los muros, con la finalidad de supervisar directamente el comportamiento de las estructuras con respecto a los desplazamientos, para en caso de algún evento relevante, proceder a ejecutar acciones inmediatas para evitar afectaciones a la seguridad vial.

### 19 Ilustración No. 19 -Construcción del paciente e inicio de patologías.



Fuente: Elaboración propia

Nota: se ilustra las modificaciones con respecto a los procesos constructivos desarrollados en el paciente objeto de estudio, al igual que el inicio de la aparición de las patologías en el mismo.

## **8 ALCANCES Y LIMITACIONES**

El alcance principal del presente Trabajo Profesional Integrado – TPI- es la realización de un diagnóstico integral de las patologías existentes en un muro estructural localizado en el kilómetro 51 del proyecto vial Bogotá -Villeta.

Este diagnóstico se encuentra estructurado por la información histórica y legal (normas aplicables) de la estructura objeto de estudio, los registros adquiridos en razón a las visitas realizadas al paciente, acompañado del respectivo análisis de la información recolectada en campo como lo es la inspección visual y ensayos de laboratorios con los cuales se busca identificar todas las demás patologías existentes en el Muro de Contención de la vía.

También se elaboraron diferentes fichas técnicas de acuerdo con los registros adquiridos de las visitas realizadas por el equipo de trabajo y demás información obtenida durante el proceso investigativo.

Por último, se establecen las conclusiones de las afectaciones presentes, con las alternativas y/o propuestas de solución a las mismas, desarrolladas por el equipo de trabajo.

Complementario a esto también se anunciarán y describirán los ensayos tanto destructivos (pistola de Windsor), como los no destructivos (esclerometría, topografía, placas fijas y fisurómetros) requeridos para el proceso de identificación de las causas que originan las patologías de la estructura en cuestión.

La información de apoyo, como lo son diseños, informes, reportes y estudios geológicos y de suelos, reposa en los expedientes ambientales de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales - ANLA - (LAM 4972 y LAM 5387), adicionalmente se destaca que dicha documentación es de acceso y consulta pública en tal Entidad.

En la siguiente ilustración se consolida el soporte de visita y obtención de información asociada al proyecto de estudio con la ANLA.

## 20 Ilustración No. 20. -Soporte Visita ANLA y Suministro de información

**Gmail** Juan Diego Riaño Forero <jdiegoforero@gmail.com>

---

**LAM5387**

Juan Diego Riaño Forero <jdiegoforero@gmail.com> 19 de septiembre de 2022, 02:14  
 Borrador para: juan.riano@ustadistancia.edu.co

De: **anexoachat** <anexoachat@anla.gov.co>  
 Date: vie, 16 sept 2022 a la(s) 11:32  
 Subject: LAM5387  
 To: ingsrodriguezbonilla@hotmail.com <ingsrodriguezbonilla@hotmail.com>, jdiegoforero@gmail.com <jdiegoforero@gmail.com>

Se remite información según visita desarrollada el día 16 de septiembre de 2022

**Grupo de Atención al Ciudadano**  
 Subdirección de Mecanismos de Participación Ciudadana Ambiental  
 Carrera 13A No 34-72 piso 10  
 Bogotá, Colombia  
 (601) 2540100  
[www.anla.gov.co](http://www.anla.gov.co)

**ANLA**  
 AUTORIDAD NACIONAL  
 DE LICENCIAS AMBIENTALES

**Great Place To Work**  
 Certified 2021-2022  
 COLOMBIA

El ambiente es de todos Minambiente

Fuente: Agencia Nacional de Licencias Ambientales

Por otro lado, la realización de visitas en campo, así como la ejecución de los ensayos anteriormente enunciados, constituyen una limitación, toda vez que se requiere una autorización por parte de la empresa operadora del proyecto vial. Es por ello que, para solventar tal situación, se realizó ante la Concesión Sabana de Occidente S.A.S., la radicación de la solicitud de autorización para el desarrollo de las actividades previamente mencionadas y este soporte se encuentra debidamente adjunto en los anexos del presente documento.



## **9 METODOLOGÍA**

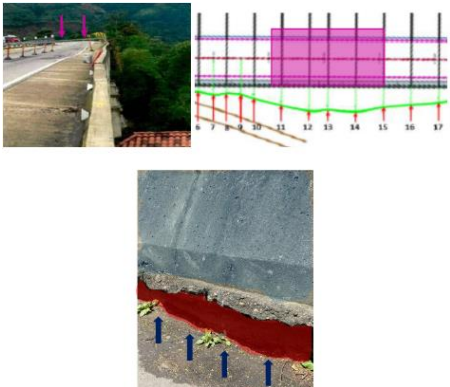


Para poder realizar un diagnóstico del paciente se debe realizar un estudio patológico para detectar, identificar e independizar procesos.

El equipo realizó algunas visitas técnicas para reconocer al paciente y sus lesiones, durante los meses de abril, mayo, agosto y septiembre del presente año. En esta revisión se identificaron lesiones en el muro de contención en el kilómetro 51 del proyecto vial Bogotá - Villeta.

Por último y con la finalidad de realizar el diagnóstico preciso de las lesiones del paciente en mención, se desarrollarán los ensayos de laboratorio que se enuncian en la siguiente tabla:

## 2 Tabla No. 2 - Metodología

METODOLOGÍA		
<p><b>Actividad General - Estudiar las patologías de la propuesta de intervención del Muro De Contención De La Vía Bogotá - Villeta Entre Los Km 51+010 Y Km 51+119.</b></p>		
<p><b>Objetivo 1</b></p>		
<p><b>Identificar y realizar visita de campo para inspeccionar las posibles patologías presentadas.</b></p>		
No.	Actividad	Registro Fotográfico
1	<p><b>Visita 1</b> Identificar lesiones significativas que sugieren un estudio a profundidad de sus causas.</p>	 <p>En esta visita se realizó la identificación preliminar del paciente.</p>
2	<p><b>Visita 2</b> De acuerdo con el registro fotográfico de la primera visita, se inspecciona el muro de contención a detalle para identificar las patologías y así caracterizarlas según su tipo.</p>	 <p>Posteriormente, se realizó una visita donde se detalló más a profundidad las lesiones existentes en la estructura.</p>

3	<p style="text-align: center;"><b>Visita 3</b></p> <p>Una vez caracterizadas las patologías, se identifica en el plano de lesiones en campo la ubicación de cada una de ellas ajustadas al registro fotográfico.</p>	 <p>La explicación de cada una de las lesiones se encuentra en el capítulo 8.4 del presente documento</p>
<b>Objetivo 2</b>		
<b>Realizar ensayos de laboratorio al paciente.</b>		
No.	Actividad	Registro Fotográfico
1	<p style="text-align: center;"><b>Visita 1.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensayo 1. Medición de grietas y fisuras.</li> <li>- Ensayo 2. Instalación de placas fijas.</li> <li>- Ensayo 3. Fisurómetro.</li> <li>- Ensayo laboratorio de Suelos datos proporcionados por la Concesión</li> </ul>	 <p>Los demás registros Fotográficos se encuentran en el capítulo 8.4.2</p>
2	<p style="text-align: center;"><b>Visita 2.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensayo 4. Levantamiento topográfico y verificación de cotas.</li> <li>- Ensayo 5. Esclerometría.</li> </ul>	 <p>Con respecto a los demás registros fotográficos y la explicación de los ensayos, estos se encuentran en el capítulo 8.4.2</p>

3

**Visita 3.**  
 - Ensayo 5. Esclerometría  
 - Ensayo 6. Ultrasonido



**Objetivo 3**

**Analizar resultados de los laboratorios realizados y sus posibles soluciones.**

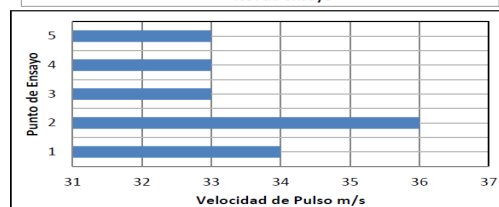
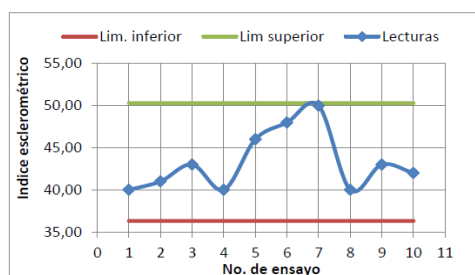
No.

Actividad

Registro Fotográfico

1

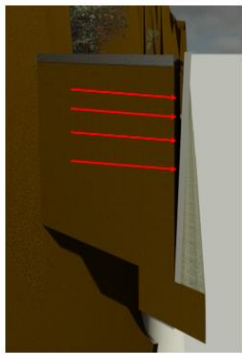
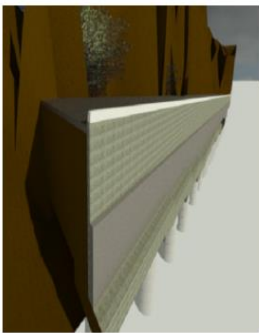
Analizar los datos obtenidos de los laboratorios



Los resultados en cuestión se describen de mejor manera en el capítulo 14 del presente documento


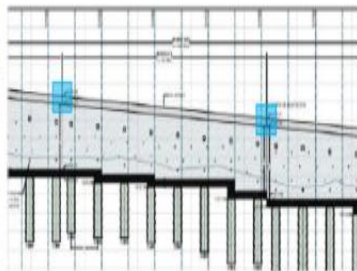
2

De acuerdo a las lesiones, causas y los resultados analizados, se proponen posibles soluciones a las patologías encontradas.

Modelación BIM, comparativa estado actual Vs Propuesta de Intervención No. 1	
Estado Actual	Propuesta de Intervención No. 1
	
Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.	Propuesta de reemplazo de Material que conforma la estructura de Pavimento para reducir cargas y por ende desplazamientos.

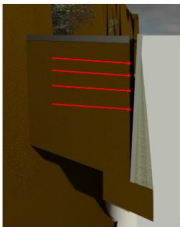
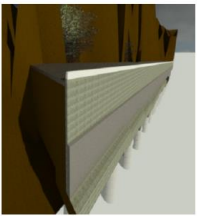
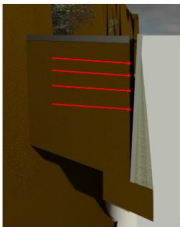
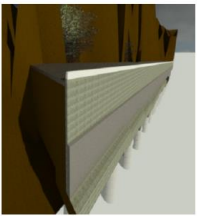
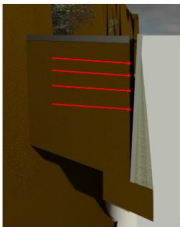
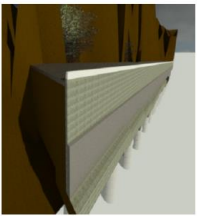
**Objetivo 4**

**Evaluar los resultados de los laboratorios de las patologías presentadas.**

No.	Actividad	Registro Fotográfico
1	Caracterizarlos según su gravedad y tipología.	<p><i>Desprendimientos de concreto del Muro</i></p>   <p>Los demás registros Fotográfico se encuentra en el capítulo 8.4</p>
2	Evaluar la gravedad según aporte a la vulnerabilidad de la estructura.	El análisis en cuestión se encuentra descrito en el Capítulo 9 del presente documento.

### Objetivo 5

**Proponer dos intervenciones mediante las cuales se den soluciones a la afectación del paciente en estudio.**

No.	Actividad	Registro Fotográfico						
1	Una propuesta de intervención, buscando mantener la integridad de la estructura sin realizar una intervención muy invasiva.	<div data-bbox="927 583 1370 919" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; font-size: small;">Modelación BIM, comparativa estado actual Vs Propuesta de Intervención No. 1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; font-size: x-small;">Estado Actual</td> <td style="width: 50%; text-align: center; font-size: x-small;">Propuesta de Intervención No. 1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.</td> <td style="font-size: x-small;">Propuesta de reemplazo de Material que conforma la estructura de Pavimento para reducir cargas y por ende desplazamientos.</td> </tr> </table> </div> <p>Las propuestas de intervención se describen en el capítulo 10 del presente documento.</p>	Estado Actual	Propuesta de Intervención No. 1			Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.	Propuesta de reemplazo de Material que conforma la estructura de Pavimento para reducir cargas y por ende desplazamientos.
Estado Actual	Propuesta de Intervención No. 1							
								
Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.	Propuesta de reemplazo de Material que conforma la estructura de Pavimento para reducir cargas y por ende desplazamientos.							
2	Según los datos obtenidos, si se observa una problemática grave, se propone una intervención invasiva o total de la estructura, con el fin de obtener los coeficientes de seguridad exigidos por las normas que lo rigen.	Las propuestas de intervención se describen en el capítulo 14 del presente documento.						
3	De acuerdo con lo anterior, si los datos no son concluyentes, se plantean posibles ensayos, estudios y revisión de diseños, con el sustento técnico detallado, los cuales serán realizados por el cliente mediante otro proceso de investigación.	Las propuestas de intervención se describen en el capítulo 15 del presente documento.						

Fuente: elaboración propia

Se diligenciaron las fichas de inspección visual para identificar lesiones primarias y secundarias. Una vez se complementa la información de la visita con la información preliminar que se tenía se pudieron reconocer las causas de las lesiones y su evolución. Lo anterior ayudó para determinar una hipótesis sobre los diferentes laboratorios que se requieren para poder llevar a cabo un diagnóstico sólido sobre el paciente.

Es de enunciar que todos los registros y documentos de soporte tales como las fichas de diagnóstico, junto con los planos, registros fotográficos y resultados de ensayos, se adjuntan como anexo al presente trabajo educativo.

#### 1. OBSERVACIÓN:

- Localización e identificación de la zona.
- Identificación medioambiental.
- Identificación socioambiental.
- Detectar la lesión.
- Identificación y selección de las lesiones según su origen.

#### 2. TOMA DE DATOS:

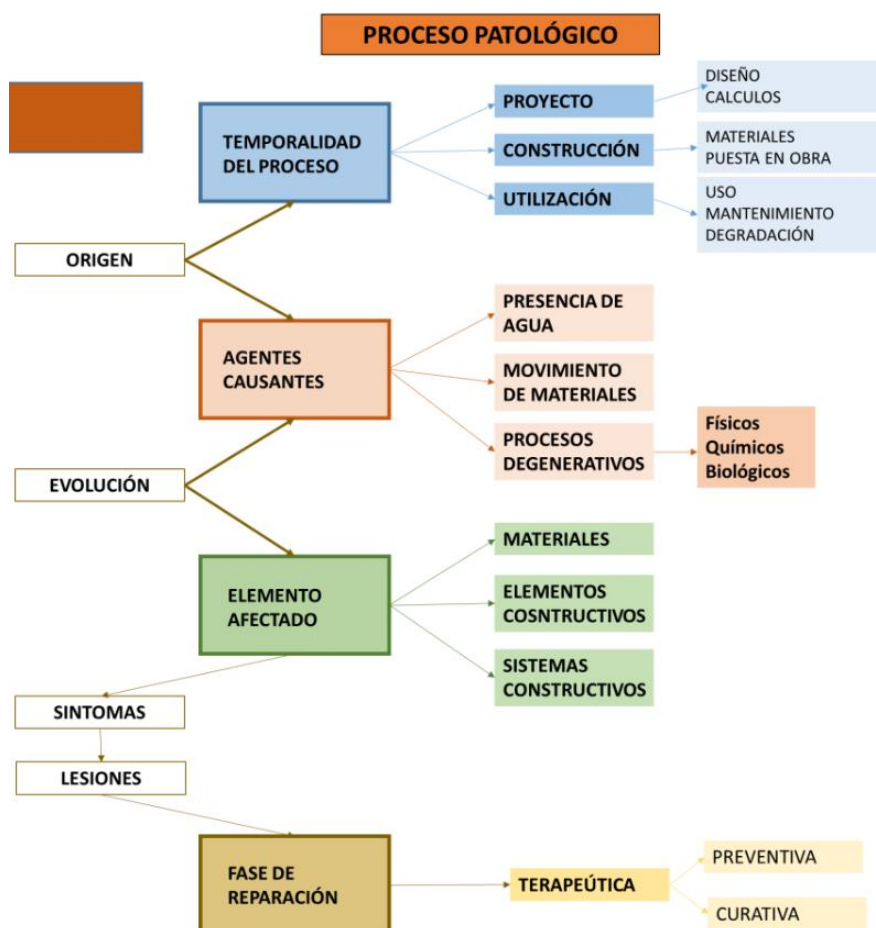
- Identificar la lesión
- Sistemas constructivos
- Contexto

### 3. ANÁLISIS DEL PROCESO - DIAGNÓSTICO:

- Causas
- Evolución
- Estado actual

### 4. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

#### 21 Ilustración No. 21- Descripción de composición de un Proceso Patológico



Fuente: Presentación Metodología, Historia Clínica. Esp. Patología de la construcción 2022

Los procesos patológicos si bien no cuentan con un procedimiento estándar y normativo para el desarrollo de cualquier proyecto, siempre se deben considerar las etapas mínimas como las asociadas en la Ilustración No 21, donde siempre se indaga y estudia el origen de los procesos patológicos, para finalizar con un diagnóstico y una propuesta de intervención.

## **9.1 DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE**

El paciente a estudiar es un muro de contención de la calzada norte de la autopista Bogotá - Villeta, el cual se encuentra localizado entre el Km 51 al 52 del citado corredor vial.

Esta estructura tiene como objetivo soportar las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento del eje vial que conecta la salida de la ciudad de Bogotá por la calle 80, con el Municipio de Villeta y que conforma la primera parte del corredor que conecta el centro del país con la ciudad de Medellín y la costa.

## **9.2 PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO:**

Es de mencionar que las fichas por medio de las cuales se extraen las siguientes ilustraciones, se encuentran adjuntas como anexos del presente documento.

### **9.2.1. Inspección preliminar del paciente**

A continuación, se evidencia la localización general del proyecto:

## 22 Ilustración No. 22. Localización y acceso del Muro de contención.

	PROYECTO	MUROS DE CONTENCIÓN ENTRE LOS KM 51+010 Y KM51+119	FECHA DE CONSTRUCCIÓN	2015	FUERZA TENSIÓN	20 toneladas	<b>OBSERVACIONES</b> Los muros de contención se ubican en la vía Bogotá- Villavieja entre los kilómetros 50 a 52. La temperatura promedio de la zona es de 20.4°C. La precipitación 5.6 mm. Los vientos con dirección norte (3.01%) y occidente (74.47%) con velocidad promedio 4.6 kilómetros por hora.
	LOCALIZACIÓN	TRAMO 3 – EL CHUSCAL – LA VEGA AUTOPISTA BOGOTÁ - VILLETÁ	REGISTRO PROBLEMÁTICA	2017	FUERZA TENSIÓN	40 ton por costado	
			EPO ESTRUCTURAL	Muro de contención	LONGITUD	38.40 m aprox.	
			MURO ANALIZADO	23D	ALTURA	7 m aprox.	
<b>MUROS DE CONTENCIÓN ENTRE LOS KM 51+010 Y KM51+119</b>							
<b>FICHA DIAGNOSTICO HISTORIA CLÍNICA</b>		TIPO DE FICHA:	FECHA:	ESPACIO:			
		Localización y contexto	25-abr-22	MURO CONTENCIÓN 23D			
							
<b>GRUPO DE TRABAJO:</b> Juan Diego Muñoz Edgar Hernandez Triana Laura Sofía Matán	FICHA No.	ELABORÓ:	PRE-DIAGNÓSTICO				

Fuente: propia

## 23 Ilustración No. 23. Kilómetros 51-52 de la autopista Bogotá - Villeta.



Fuente: Google maps

De acuerdo con la localización anterior y por medio de los aplicativos de consulta abierta se identifica que el área de estudio se encuentra en las coordenadas 4.987380, -74.325183 ± 100 metros de proximidad.

### 9.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio

A continuación, se expone el registro visual y fotográfico tanto interno como externo de la misma, en donde ilustran las problemáticas más evidentes:

#### 24 Ilustración No. 24. Patologías de la estructura de contención



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la ilustración 4, el paciente presenta fisuras y desplazamientos que son evidenciadas en la unión de los módulos de los muros de contención contiguos. Estas lesiones se encuentran ubicadas en el módulo 1 del muro de contención y la lesión visible se ubica hacia el corredor vial. Los muros son diseñados para resistir una presión lateral del macizo directamente afectado o por el empuje del material granular retenido, como es en este caso de estudio. Dentro de la Ilustración se evidencia en las imágenes superior izquierda, superior derecha y en la inferior izquierda en desplazamiento del módulo 1 y 2 del muro de contención en comparación con los módulos contiguos, se evidencia un desplazamiento desde los 15 cm hasta los 40 cm. Así mismo, se evidencia desprendimiento de material producto de la fricción entre módulos, que a su vez se representa en fisuras y grietas.

### **25 Ilustración No. 25. Patologías de la estructura de pavimento.**





Fuente: Elaboración propia

Las lesiones presentadas en la ilustración 5 son de segundo grado, provenientes del desplazamiento del módulo del muro de contención. Ubicadas entre el módulo 1 y 2, en el costado vial. Los hundimientos presentados son generados por el desplazamiento del módulo, ya que, de la misma manera, el material granular retenido se desplaza, generando los hundimientos y grietas presentadas en la vía, que, según lo observado, no son producto de un fenómeno superficial, si no que se presentan por la problemática del caso en estudio.

De la misma manera se llevarán a cabo reuniones presenciales con los representantes de la Concesión Sabana de Occidente S.A.S., con el fin de recibir información y explicaciones técnicas de todas las situaciones o aristas que influyen en el presente caso.

Con lo anterior se refleja que la estructura actualmente presenta afectaciones de importante relevancia, que se catalogan más adelante.

### **9.2.3. Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente**

Para la obtención de los permisos necesarios para las visitas y ensayos, se realizaron acercamientos directos con la Concesión Sabana de Occidente S.A.S. (empresa operadora del Corredor vial Bogotá - Villeta), los cuales manifestaron que existe un límite en la realización de ensayos destructivos que involucren la remoción de gran cantidad de material o que requiera de un espacio considerable para su realización. Así mismo, al momento de cualquier interacción o ejecución de toma de muestras, se deberá contar con la supervisión de algún representante que la empresa designe.

Así mismo como soporte de lo anterior, el equipo de trabajo radicó en las oficinas de la Concesión una carta solicitando la autorización formal para la ejecución de los ensayos anteriormente enunciados.

### **9.2.4. Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.**

Como equipo de trabajo para la exploración se emplearon los siguientes insumos:

- Fichas de caracterización de patologías
- Cámara Fotográfica
- Flexómetro

### **9.2.5. Definición de los medios para realizar la exploración**

Para todas las actividades de exploración e identificación de las patologías, se utilizaron medios propios.

### **9.3. HISTORIA CLÍNICA**

#### **9.3.1. RESPONSABLES DEL ESTUDIO**

Los profesionales responsables del estudio son el Ing. Juan Diego Riaño Forero, la Arq. Laura Sofía Marín Mendoza y el Ing. Edgar Fernando Triana Zambrano.

#### **9.3.2. FECHA DE REALIZACIÓN DEL ESTUDIO**

El estudio se inició el día 13 de mayo del 2022

#### **9.3.3. DATOS GENERALES DEL PACIENTE:**

**NOMBRE:** MURO DE CONTENCIÓN VÍA BOGOTÁ - VILLETA

**LOCALIZACIÓN:** VÍA BOGOTÁ - VILLETA ENTRE LOS KM 51+010 Y KM 51+119.

**FECHA DE CONSTRUCCIÓN:** Entre el año 2013 al 2016 se realizó tanto el inicio de los estudios como la construcción de los muros y la estructura de pavimento que soporta el mismo.

**IMPORTANCIA DEL PACIENTE:** Es de gran importancia esta estructura puesto que conforma o hace parte de la integridad de la infraestructura del Eje vial, el cual es un corredor vial por medio del cual transita un importante flujo de vehículos toda vez que conecta el centro con la ruta de la costa norte del país.

**SISTEMA ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO:** Muro de contención anclado, según lo mencionado en el Numeral 4.1 del presente documento.

**NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN:**

- Norma sismo resistente 2010 NSR – 10. TÍTULO H.
- NORMA INVIAS
- Código Colombiano de Puentes - CCP14

**NOMBRE**

Muro de contención 23D localizados en el sector del Chilin entre las abscisas K51+010 a K51+119, Vía Bogotá-Villeta.

**LOCALIZACIÓN (DEPARTAMENTO, MUNICIPIO, VEREDA)**

El muro de contención 23D se encuentra localizado en K51+010 a K51+119, Vía Bogotá-Villeta.



## 27 Ilustración No. 27. Localización del paciente.



Fuente: Google Maps.


### FECHA DE CONSTRUCCIÓN

A finales del año 2013 se empezó las labores para realizar los muros de contención entre el Km 50+010 al 51+119 vía Bogotá - Villeta, los trabajos culminan el 2016, mismo año donde se hace entrega oficial de la obra. A partir del 2017 se empiezan a evidenciar lesiones, mayormente grietas y desplazamientos.

### SISTEMA CONSTRUCTIVO

La estructura está compuesta por módulos contiguos, los cuales se soportan por pilotes, todo esto se refuerza a través de la instalación de pernos anclados, lo cual une el muro de contención con la estructura de pavimento y completa la estructura en sí.

## 28 Ilustración No. 28. Sistema Constructivo del Muro.

	PROYECTO	MUROS DE CONTENCIÓN ENTRE LOS KM 51+010 Y KM51+119	FECHA DE CONSTRUCCIÓN	2016	PURTA DISEÑO	35 ton por cable	<b>DESCRIPCIÓN</b> La estructura esta compuesta por módulos contiguos, los cuales se soportan por pilotes, todo esto se refuerza a través de la instalación de pernos anclados, lo cual une el muro de contención con la estructura de pavimento y completa la estructura en sí.
	LOCALIZACIÓN	TRAMO 3 "EL CHUSCAL - LA VEGA" AUTOPISTA BOGOTÁ - VILLETÁ	REGISTRO PROBLEMÁTICA	2017	FUERZA TENSIÓN	40 ton por cable	
		TIPO ESTRUCTURA		Muro de contención	LONGITUD	28.40 m aprox.	
		MURO ANALIZADO		230	ALTURA	9 m aprox.	
<b>MUROS DE CONTENCIÓN ENTRE LOS KM 51+010 Y KM51+119</b>							
FICHA DIAGNOSTICO HISTORIA CLÍNICA		TIPO DE FICHA:	FECHA:	ESPACIO:			
		SISTEMA CONSTRUCTIVO	25-abr-22	MURO CONTENCIÓN 230			

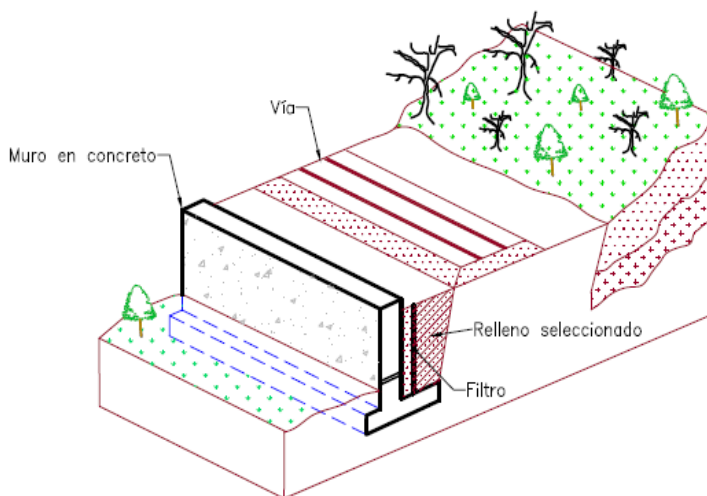


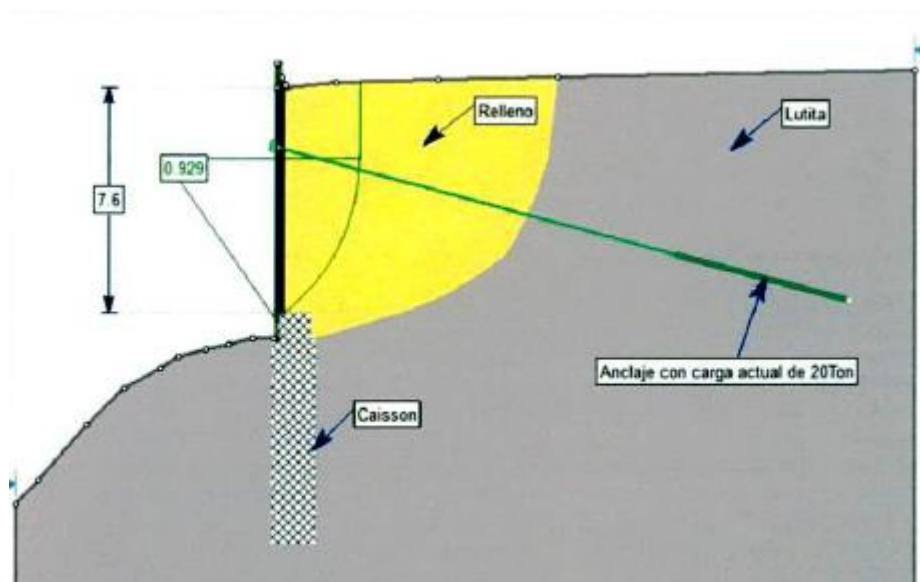
Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

## TÉCNICA CONSTRUCTIVA

La estructura objeto de estudio corresponde a un muro de concreto, cimentado por pilotes y adherido a la estructura de pavimento por medio de anclajes activos.

## 29 Ilustración No. 29. Técnica constructiva

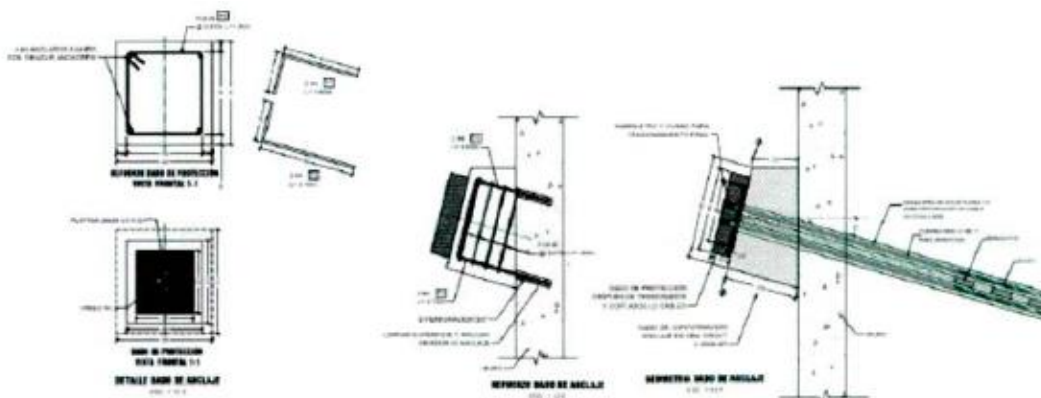




Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

Como se observa en la Ilustración 9, la técnica constructiva utilizada para el muro de contención como caso de estudio, corresponde a un muro anclado que es cimentado con Caisson, el cual contiene un relleno de material granular proveniente de la región.

### 30 Ilustración No. 30. Detalle de construcción de dados de anclaje



Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

En la Ilustración 10, se evidencian detalles de los datos de anclaje utilizados en el módulo del caso de estudio, los cuales evidencian el acero utilizado en los dados y el acero del cable utilizado en los anclajes.

## USO ACTUAL Y PREVISTO DEL SECTOR

El sector o zona de influencia corresponde al municipio de la Vega cuya actividad principal es el turismo. Lo anterior influye directamente con la cantidad de tránsito vehicular y así mismo las cargas a las que se encuentra sometido el paciente.

### 31 Ilustración No. 31. Imagen del sector de influencia



Fuente: Google Maps

El área de influencia es alta, toda vez que como se indica en la ilustración 11, el objeto de estudio se encuentra a aproximadamente 650 metros del casco urbano del municipio de La Vega Cundinamarca.

## IMPORTANCIA DEL PACIENTE

El paciente se describe como un muro de contención que permite sostener la tierra para realizar la construcción de vías de comunicación terrestre. Es por eso que su importancia radica en la potencialización de la infraestructura del país, básica para el crecimiento económico del país, pues permite optimizar procesos logísticos que reducen tiempos y costos de envío, de este modo se impulsa la economía pues permite la integración de bienes y servicios y la integración de mercados de insumos locales, nacionales e internacionales.

### 32 Ilustración No. 32. Fotografía del sector



Fuente: Elaboración propia

## **NORMATIVA ACTUAL QUE LO RIGE**

La normativa a aplicar es el Título A - *“Requerimientos generales de diseño y construcción sismo resistente”* del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes - NSR-10 específicamente el Capítulo A.10 *“Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”*

La NSR-10 es la norma actual vigente que da los parámetros mínimos para las construcciones mediante 11 Capítulos con diferentes temas, los cuales fueron prescritos en el Artículo 47 de la Ley 400 de 1997. Así mismo, dentro de las Normas Sismo Resistentes Colombianas a trabajar se encuentran la Ley 400 de 1997 “por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes.” la cual fue modificada mediante la Ley 1229 de 2008 “por la cual se modifica y adiciona la Ley 400 del 19 de agosto de 1997”.

### **9.3.4. En la Edificación y/o construcción civil:**

- **Tipo de Cimentación:**

El muro de concreto se compone de diversos módulos contiguos, los cuales como base tienen una viga cabezal y todo el conjunto estructural de cada módulo está soportado a su vez sobre 8 Caissons de diámetro 1.20 m, distanciados a 5 m y con una profundidad variable de 6 a 7 m.

- **Altura:** 7.6 m

- **Área:** 289m<sup>2</sup>

- **Estado General de construcción:**

Se tiene que el Muro se encuentra construido y finalizado desde el año 2016, si bien se evidencia un “funcionamiento correcto” de la estructura, se resalta que las patologías evidenciadas y descritas en los capítulos subsiguientes del presente documento, cobran gran relevancia toda vez que pueden afectar la estabilidad completa del muro y por ende el soporte de la calzada norte del corredor vial en el sector localizado.

- **Información existente:**

A través de la Concesión Sabana de Occidente S.A.S, se logró la entrega de información directa de los procesos constructivos de las diferentes mediciones tales como planos, estudios geológicos y de suelos, resultados de medición de desplazamientos y antecedentes de procesos constructivos, la cual es indispensable para el proceso de análisis e identificación de las patologías existentes en la estructura.

- **Fidelidad de los planos:**

Se tiene que la información recolectada es veraz y concisa, toda vez que la misma fue suministrada directamente por el contratista que realizó la construcción de la infraestructura civil, resaltando que la misma fue aprobada por la interventoría de la época. Por tanto, se resalta la correcta fidelidad de todo el conjunto de información (planos y demás), recolectada por el equipo de trabajo.

- **Constatación del estado del paciente:**

De acuerdo con las visitas realizadas y con la información recolectada, se tiene que, si bien el paciente se encuentra actualmente en operación, se deben realizar visitas de inspección rutinarias al igual que el monitoreo de los desplazamientos mensuales que pueda sufrir esta, ya que presenta diversas patologías las cuales pueden influir en la estabilidad completa del Muro de contención objeto del presente análisis.

### **9.3.5. Aplicación patológica:**

A continuación, se exponen las dos aplicaciones patológicas que se presentan en el paciente a valorar.

#### **Forense:**

Esta aplicación se emplea en edificaciones que ya fallaron y esta clase de patologías se evidencia en el presente paciente, ya que a causa de deformaciones y/o agrietamientos y debido a fenómenos naturales o malas prácticas constructivas, ha desarrollado la degradación del concreto armado.

- Investigación de daños causados por deterioro y colapso de estructuras. Búsqueda de evidencias.
- Investigación de daños causados por deterioro y colapso de obras de tierra.
- Determinación de las causas que originaron el problema.
- Determinación de responsabilidades con absoluta imparcialidad.

### 33 Ilustración No. 33. Aplicación patológica forense



Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 33, se evidencian las cabezas de los anclajes, las cuales no se observa alguna alteración en su estructura por fallas de las mismas. Estas cabezas se encuentran ubicadas a lo largo del cuerpo del muro de contención por el costado del talud.

#### **Preventiva:**

La aplicación preventiva se emplea en edificaciones recientes en donde surgen lesiones que empiezan a aparecer por fallas en el proceso de diseño, proceso constructivo o en consecuencia de accidentes o fenómenos naturales. Se podría decir que son patologías primarias que si no se controlan pueden producir lesiones importantes.

Se evidencia en el presente paciente, lesiones como grietas, abombamientos y desplazamientos de la estructura son derivados por la ausencia de la verificación en el cálculo de los esfuerzos (en procesos de diseño) y por variación de las cargas del suelo producto de la infiltración de agua en las capas que conforman la estructura de pavimento que soporta el muro estructural (fenómenos naturales).

- Minimizar errores constructivos
- Creación de protocolos para obra
- Identificación y prevención de patologías
- Creación de manuales de mantenimiento

#### **34 Ilustración No. 34. Aplicación patológica preventiva**



Fuente: Elaboración propia

### 35 Ilustración No. 35. Aplicación patológica preventiva



Fuente: Elaboración propia

Se identifican lesiones superficiales a la estructura del módulo del muro de contención, tal como se observa en las ilustraciones 14 y 15, hay presencia de suciedad y erosión superficial a causa de las condiciones ambientales del sector. En las dos imágenes laterales izquierdas, las lesiones se encuentran ubicadas en el costado vial, sobre el primer módulo, Las dos imágenes laterales derechas se ubican sobre el costado del talud sobre el módulo 2.

#### 9.3.6. Datos específicos de las lesiones

##### - **Afectaciones**

- **Hundimiento:** Se presenta por el desconfinamiento de la estructura granular que sirve de soporte para la capa asfáltica. El desplazamiento del muro genera así mismo el movimiento de la capa granular disminuyendo la sección de la estructura, esto causa el hundimiento superficial de la capa de rodadura. Se identifica como una lesión secundaria.

- Desplazamiento: En la imagen del estudio de caso se observa el desplazamiento de los muros de contención, estos desplazamientos afectan la Vía Bogotá a Villeta entre los Km 51+010 y Km 51+119 generando desniveles en la superficie de la malla vial.
  
- Desprendimiento: Para el estudio de caso se presenta por una acción mecánica generada por el movimiento de un módulo, el movimiento de un muro genera el desprendimiento de concreto del elemento estructural contiguo. Se identifica como una lesión secundaria.
  
- Grietas en muro: Las fisuras observadas en los muros de contención se generan debido a los esfuerzos laterales aplicados a la estructura.
  
- Grietas en asfalto: Fisuras en la capa de rodadura que se encuentra sobre el muro: Las fisuras que se presentan en la carpeta asfáltica son debido a la pérdida de confinamiento a causa del desplazamiento del muro.
  
- **Localización y levantamiento de datos**  
Muros de contención vía Bogotá - Villeta: Los muros de contención se ubican en la vía Bogotá- Villeta entre los kilómetros 50 a 52. La temperatura promedio de la zona es de 20.4 °C. La precipitación fue de 5.6 mm. Los vientos con dirección norte (5.01°N) y occidente (74.47°O) con velocidad promedio 4,8 kilómetros por hora.
  
- La localización de las lesiones se encuentran en los anexos presentados como fichas técnicas.

- **Evaluación física y mecánica y composición y estructuras del concreto y/o materiales**

En el capítulo “Diagnóstico” se encuentra la evaluación de las lesiones en tres grandes familias, que pueden ser de carácter físico, mecánico y químico, según corresponda el proceso patológico.

### **9.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente**

El desplazamiento horizontal del muro de contención, resulta ser el proceso patológico más relevante del paciente, ya que está generando el desconfinamiento de la estructura de la calzada y así generando hundimientos en ella. La determinación de las causas del desplazamiento del muro de contención, derivan en la solución de todas las patologías y lesiones secundarias presentes en el muro, como las fisuras en el asfalto, las fisuras en el muro y la erosión o desprendimiento presente en los muros de contención.

### **9.3.8. Clasificación y origen de las patologías**

En el capítulo “Diagnóstico” se encuentra la evaluación de las lesiones en tres grandes familias, que pueden ser de carácter físico, mecánico y químico, según corresponda el proceso patológico. Así mismo, se encuentran explicadas las causas y las observaciones con sus respectivas fichas patológicas para entender el origen de las lesiones y su clasificación.

### **9.3.9. Datos generales del entorno**

#### **Edificaciones u obras vecinas**

En el Km 51 + 119 de la vía Bogotá - Villeta, no se encuentra alguna obra o edificación vecina que se vea afectada directamente por el caso de estudio, solo se ve afectada directa e indirectamente la integridad infraestructura vial y accesos de la región.

#### **Medio ambiente**

- **Topografía y suelo**

Se tiene que la topografía del terreno conforma un sector de estructura montañosa toda vez que se determinó que la pendiente promedio es del 6.2%. Según el estudio geológico y geotécnico realizado por la Concesión Sabana de Occidente en el año 2021, el terreno se caracteriza por ser homogéneo y se descartaron probables fallas regionales o seccionales.

Según el estudio perfiles estratigráficos de las perforaciones #1, 3 y 4 realizado por la concesión se puede concluir que las rocas predominantes actualmente en el sector de los muros son limolitas, lutitas y arcillolitas.

\*Revisar ilustraciones Perfil Geotécnico de la composición del suelo del tramo objeto de estudio, Perfil Geológico Zona de ubicación de la estructura No. 2 y 3.

### 36 Ilustración No. 36. Fotografía de la topografía del sector



Fuente: Elaboración Propia

La ilustración 36 corresponde a una panorámica realizada al muro de contención desde la parte baja de la vía a 1 km de la Vega Cundinamarca.

### 37 Ilustración No. 37. Valores de peso unitario y compresión simple de las muestras por perforación.

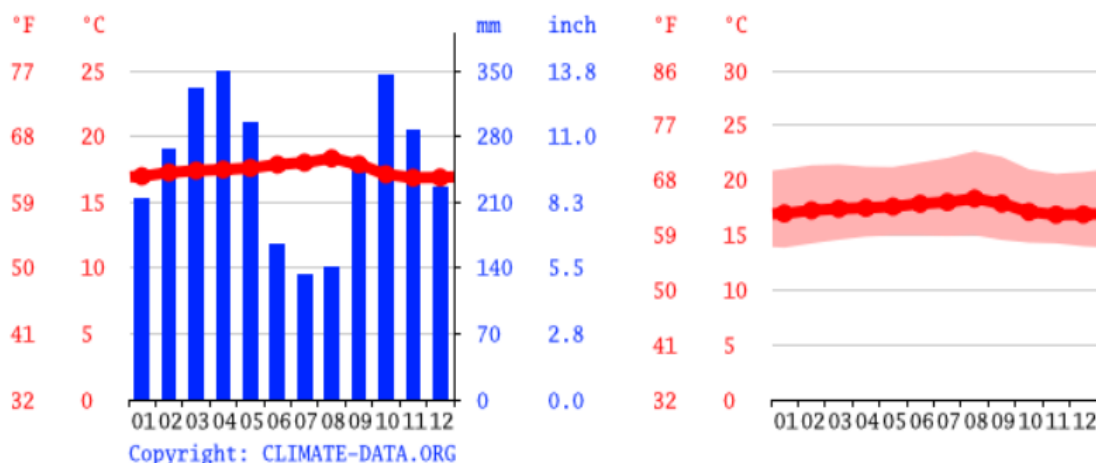
Perforación #	Tipo de roca	Peso unitario, ton/m <sup>3</sup>	Compresión simple, kg/cm <sup>2</sup>
1	Limolita	2.34 – 2.35	24.4 – 25.1
	Arcillolitas y lutitas	2.12 – 2.13	27.0 – 27.5
	Lutitas	2.17	27.0 – 27.1
3	Limolita	2.175 – 2.177	144.3 – 147.6
	Limolita laminada	2.133 – 2.134	70.1 – 78.1
	Limolita y lutita	2.130 – 2.131	103.3 – 107.5
4	Limolita con lutita	1.912 – 1.917	77.9 – 78.4
	Limolita con intercalaciones de lutita	1.854 – 1.857	42.2 – 42.8
	Lutitas	1.788 – 1.789	38.9 – 39.6

Fuente: Elaboración propia

- **Temperatura y precipitaciones**

La temperatura promedio de la zona en la que se encuentra el paciente es de 17.5 °C, el clima generalmente es cálido y templado, sin embargo, La Vega tiene una cantidad significativa de lluvia durante el año, incluso en el mes más seco que es julio. La precipitación anual es de 3003 mm.

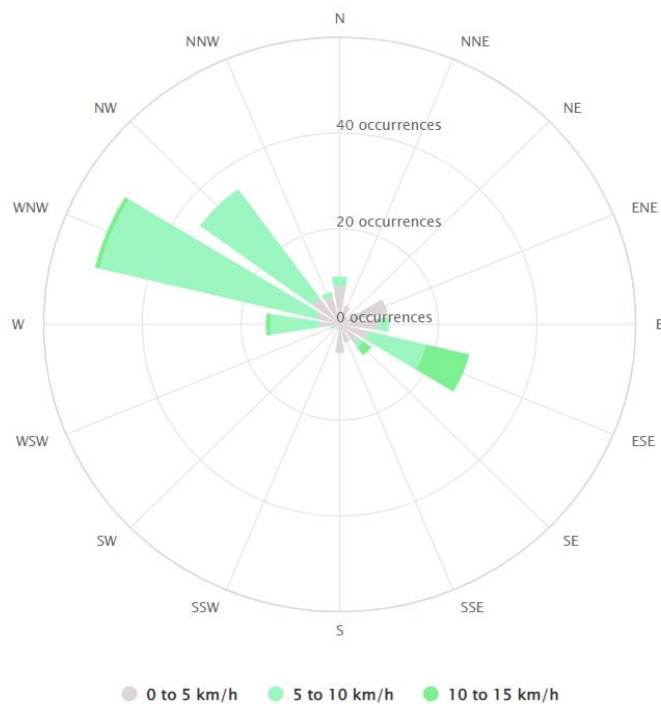
### 38 Ilustración No. 38. Registro de temperaturas y precipitaciones.



Fuente: Elaboración propia

Según MeteoBlue la velocidad del viento en promedio es de 10 km/h, en general el viento tiene una dirección hacia el noroeste la mayoría del tiempo.

**39 Ilustración No. 39. Registro de dirección y velocidad de vientos. Rosa de los vientos.**



Fuente: Elaboración propia

- **Nivel freático y escorrentías**

El nivel freático y la demás información que se remite a las aguas subterráneas y/o fuentes hídricas colindantes, se encuentran en los repositorios que la Concesión manifiesta suministrará en cuanto se realicen las visitas programadas con el equipo de trabajo.

### 9.3.10. Estructura (Descripción general)

#### **Calificación o clasificación de la estructura:**

La normativa a aplicar es el Título A - “Requerimientos generales de diseño y construcción sismo resistente” del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes - NSR-10 específicamente el Capítulo A.10 “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”

La NSR-10 es la norma actual vigente que da los parámetros mínimos para las construcciones mediante 11 Capítulos con diferentes temas, los cuales fueron prescritos en el Artículo 47 de la Ley 400 de 1997. Así mismo, dentro de las Normas Sismo Resistentes Colombianas a trabajar se encuentran la Ley 400 de 1997 “por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes.” la cual fue modificada mediante la Ley 1229 de 2008 “por la cual se modifica y adiciona la Ley 400 del 19 de agosto de 1997”.

De acuerdo al título A de la NSR-10 en el capítulo A.10.2.2 donde se califica el estado del sistema estructural, se da una calificación como malo para el sistema estructural, toda vez que el desplazamiento de un muro de contención no debería presentar alteraciones hasta de 45 cm, por lo tanto, la deficiencia de calidad del diseño, el proceso constructivo y/o los materiales empleados, no garantizan un buen estado del sistema estructural.

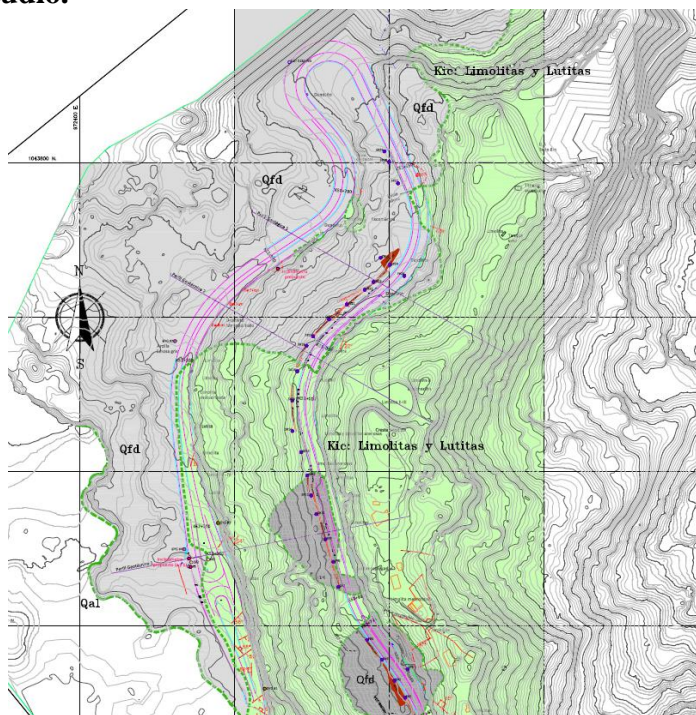
### 9.3.11. Suelos y Cimentaciones

- **Geología general del paciente**

#### Rasgos morfológicos del tramo de ladera y Estudio de Suelos

Se tiene que la Concesión Sabana de Occidente en el año 2021, realizó un estudio geológico y geotécnico del sector en donde se localiza la infraestructura objeto de estudio, como resultado se evidenció que el terreno es homogéneo y también se descartó probables fallas regionales o seccionales, entendiéndose que las problemáticas que actualmente se están analizando corresponden a procesos constructivos y no a procesos de fallas naturales del sector.

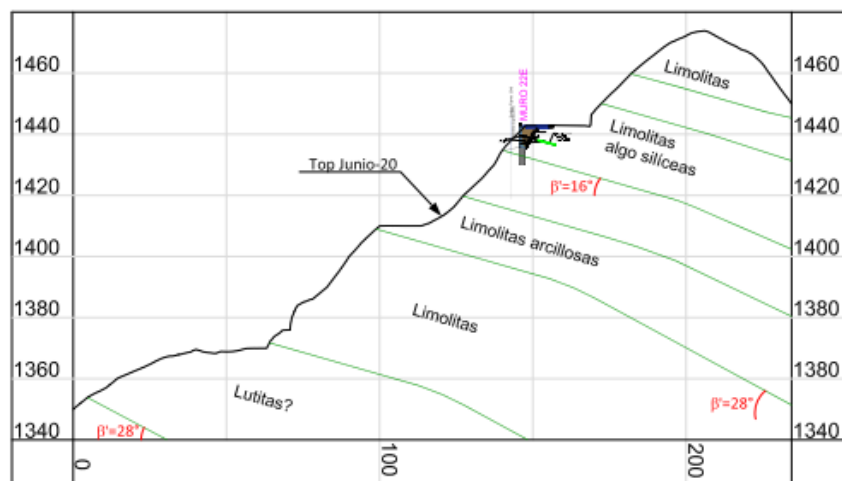
#### **40 Ilustración No. 40. Perfil Geotécnico de la composición del suelo del tramo objeto de estudio.**



Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.

41 Ilustración No. 41. Perfil Geológico Zona de ubicación de la estructura No. 1.

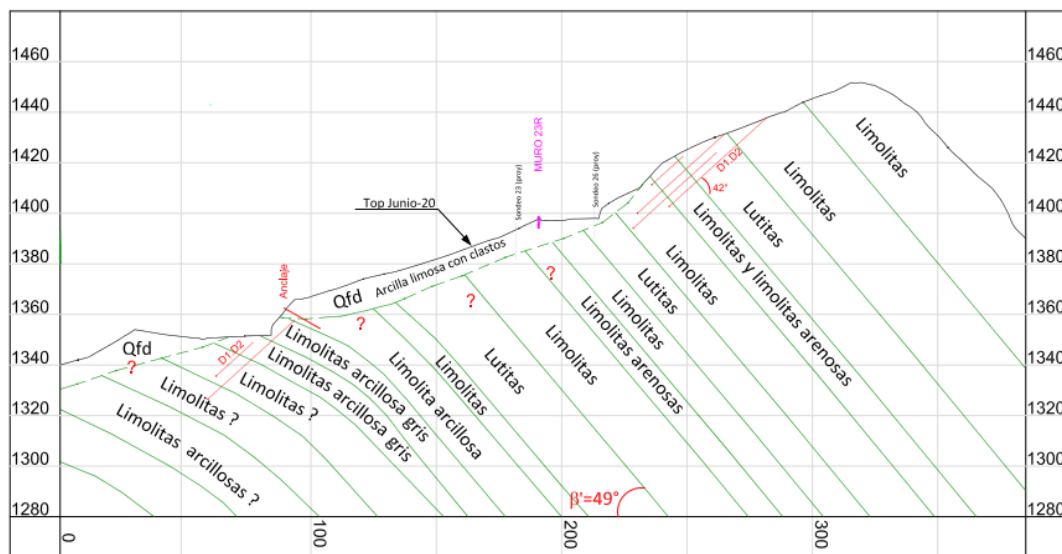
### PERFIL GEOLÓGICO 0



Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.

42 Ilustración No. 42. Perfil Geológico Zona de ubicación de la estructura No. 3.

### PERFIL GEOLÓGICO 3



β' = buzamiento aparente

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.

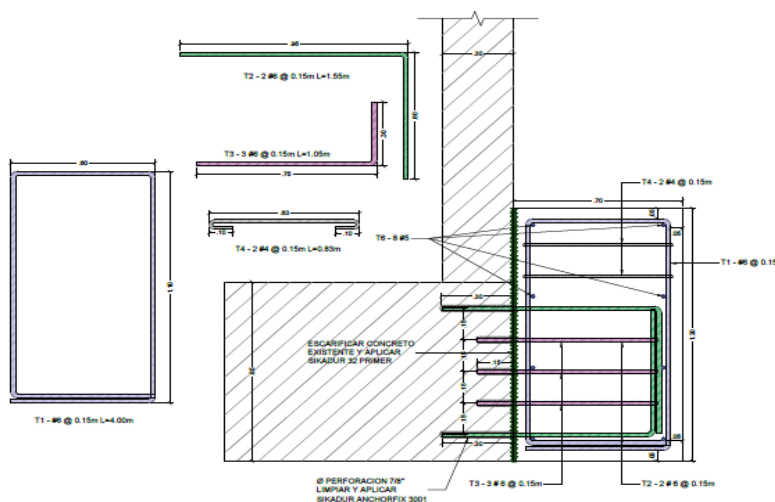
- **Estudio de suelos realizado en el paciente**

Como medida inicial de análisis se realizó la propuesta de realización de sondeos, sin embargo, se tiene que la firma Concesionaria ya ha ejecutado estos ensayos en el sector objeto de estudio, sin embargo, para respaldar la información recolectada, se propondrá la ejecución de algunos de estos sondeos en la zona de influencia del muro estructural estudiado.

- **Tipo de cimentación realizada**

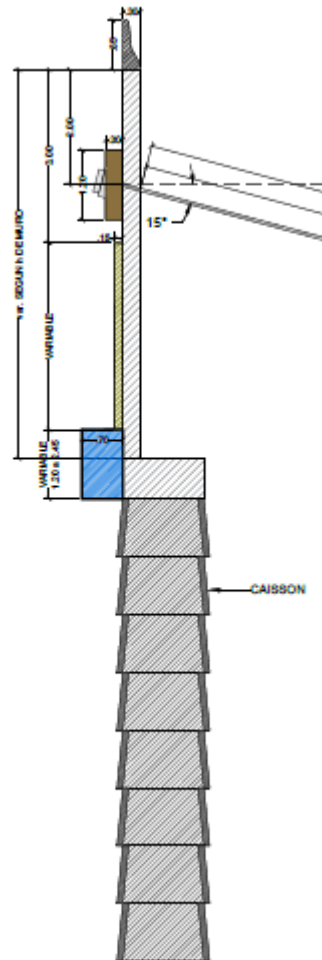
Se tiene que los muros de contención de la calzada del eje vial Bogotá - Villeta, comprendidos entre el Km 51+010 al 51+119, se encuentran soportados por una viga cabezal corrida de un ancho de 1.40 m y una altura de 0.85 m, cada módulo que conforma los muros en tal sector, se encuentran apoyados sobre 8 caissons de diámetro 1.20 c/u y con una profundidad variable de entre 6 a 7 m, estos se encuentran distanciados cada 5 m.

### 43 Ilustración No. 43 - Detalle Viga cabezal



Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.

## 44 Ilustración No. 44. Detalle Caissons



Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

## **9.4. DIAGNÓSTICO**

### **9.4.1. Lesiones mecánicas, físicas y químicas (origen, causa, evolución y estado actual de las lesiones)**

Por la información obtenida, se puede plantear como prediagnóstico, que las patologías anteriormente enunciadas, tienen como origen los sobre esfuerzos presentados por la estructura de pavimento a los muros de contención de la misma.

Esto debido a que se han evidenciado filtraciones de agua las cuales podrían causar una saturación del suelo y por ende aumentar el peso de la misma, generando la falla de los anclajes pasivos que unen los módulos del muro con la estructura de pavimento y así mismo generando los desplazamientos y demás afectaciones derivadas de tales efectos.

Aunado a lo anterior se han evidenciado casos similares en zonas aledañas lo cual reafirma la hipótesis planteada y así mismo da lineamientos de los siguientes pasos a seguir para la reafirmación y definición concreta de las patologías a través del desarrollo de los ensayos descritos en los anteriores capítulos del presente documento.

### **DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES**

Observación: Se presentó un sobre esfuerzo en el terreno por la saturación del mismo lo que generó la falla de los pernos de anclaje. Como se observa en las ilustraciones a continuación, la Causa Patología: Causa indirecta: Errores en el diseño.

#### 45 Ilustración No. 45 - Desplazamientos de los Muros



Fuente: Elaboración propia

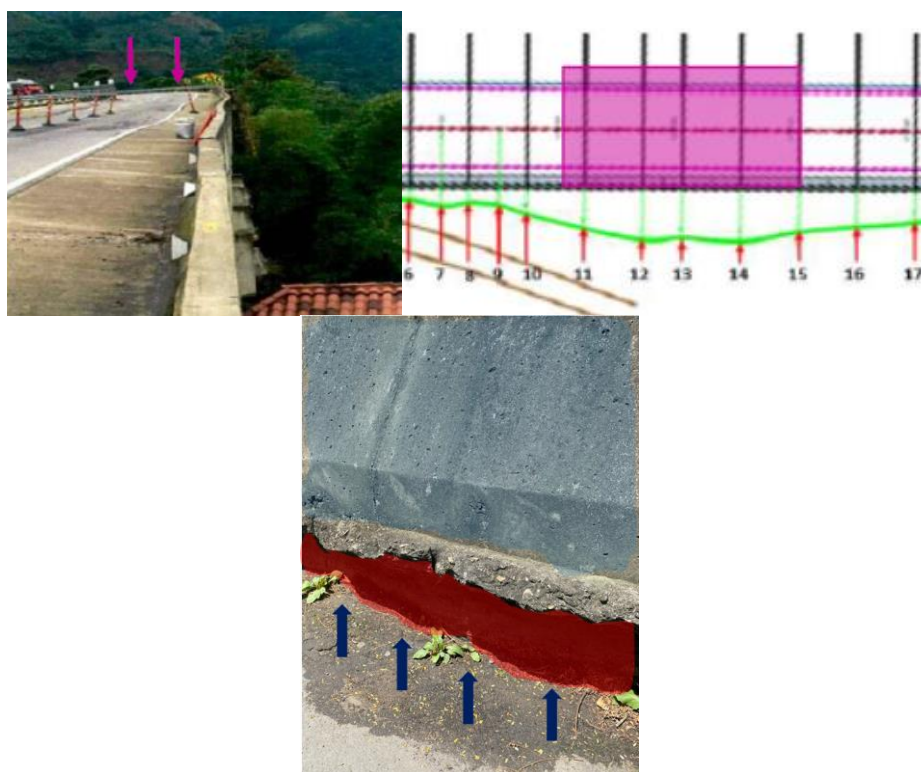
Nota: Como se puede observar, las flechas resaltan la magnitud de los desplazamientos que presenta el Muro de Contención del corredor vial, los cuales son bastante considerables, con registros de desplazamientos de hasta 0.40m.

## HUNDIMIENTOS

Observación: Se presenta por el desconfinamiento de la estructura granular que sirve de soporte para la capa asfáltica.

Causa Patología: Causa directa: por desplazamiento de la estructura de soporte.

### 46 Ilustración No. 46 Hundimientos de la calzada



Fuente: Elaboración propia

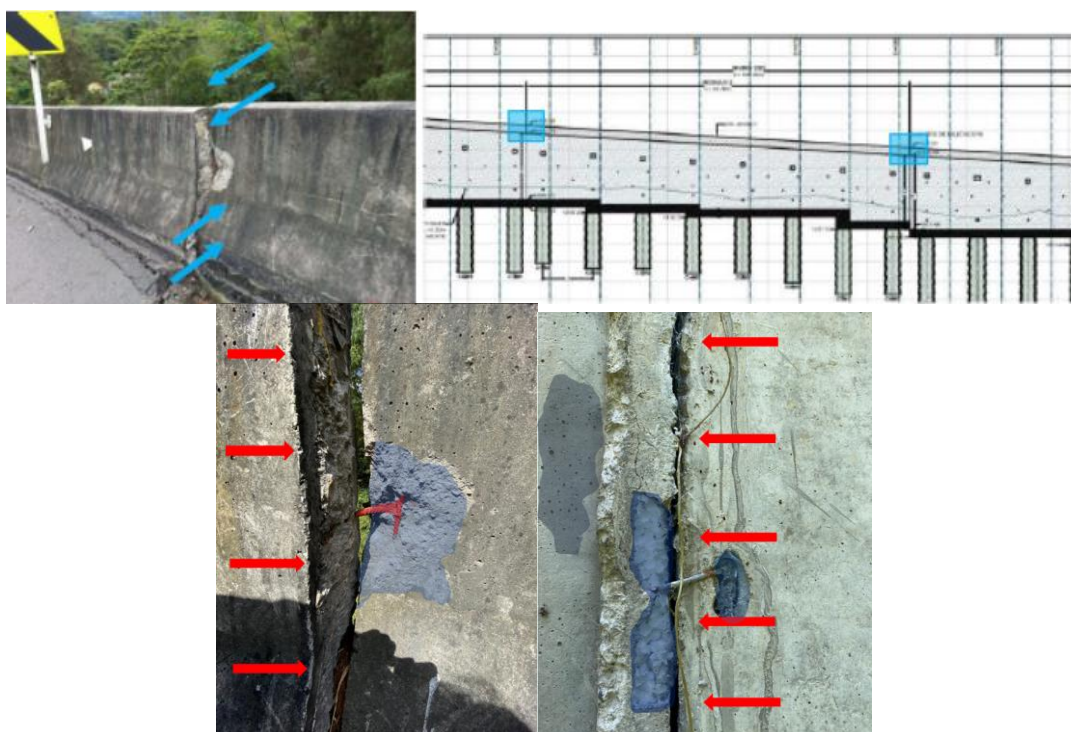
Nota: Como bien se aprecia en el registro fotográfico, se vislumbran los hundimientos de la carpeta de rodadura del corredor vial, lo que implica la falta de adherencia y confinamiento entre el corredor vial y la estructura del Muro de contención de la misma. Esta lesión está ubicada sobre la calzada, sobre el módulo 2 del muro de contención.

## DESPRENDIMIENTOS

Observación: Se presenta un movimiento lateral que genera un esfuerzo mecánico entre los módulos, causando los desprendimientos.

Causa Patología: Causa directa: esfuerzos mecánicos entre módulos.

### 47 Ilustración No. 47 Desprendimientos de concreto del Muro



Fuente: Elaboración propia

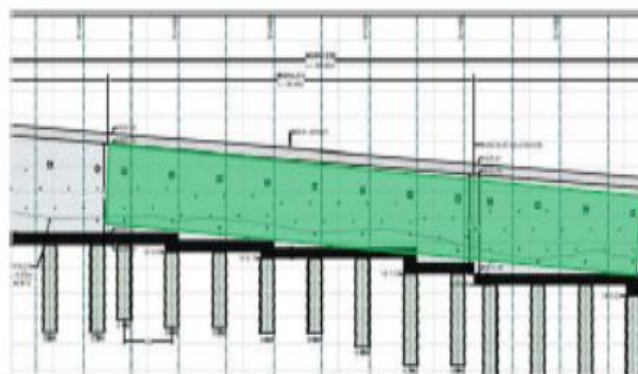
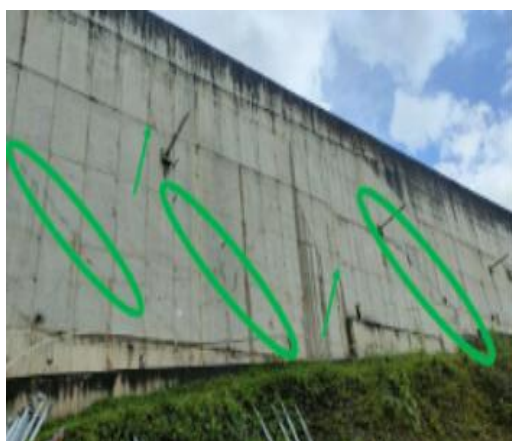
Nota: En sintonía de la visualización de las afectaciones, en las ilustraciones de esta afectación, se corrobora la desintegración y falta de conexión entre los elementos que componen al Muro, ocasionando el desprendimiento del concreto en la parte superior de este. La lesión se ubica en las juntas de los módulos del muro de contención. Las uniones del muro de contención 2 y 3.

## GRIETAS EN LOS MÓDULOS DEL MURO

Observación: Se evidencia la aparición de grietas en los módulos que conforman el muro que soporta la estructura de pavimento del proyecto vial concesionado

Causa Patología: Causa directa: esfuerzos laterales

### 48 Ilustración No. 48 Grietas y Fisuras en Muro



Fuente: Elaboración propia

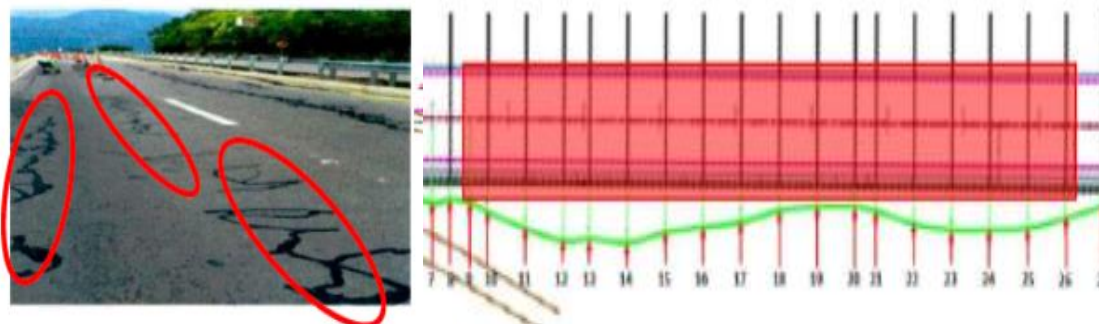
Nota: Como se identifica en la Ilustración 48, las grietas y fisuras presentadas en toda la cara expuesta del módulo del muro de contención no son mayores a 4mm, sin embargo, en la parte superior del muro si se identifican mayores a 20 mm - 40 mm. La lesión se encuentra mayormente ubicada sobre el primer módulo del muro de contención.

### **GRIETAS EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

Observación: Se evidencia la aparición de grietas en capa de rodadura de la estructura de pavimento del proyecto vial concesionado

Causa Patología: Causa directa: esfuerzos laterales

#### **49 Ilustración No. 49. Grietas en estructura de Pavimento**



Fuente: Elaboración propia

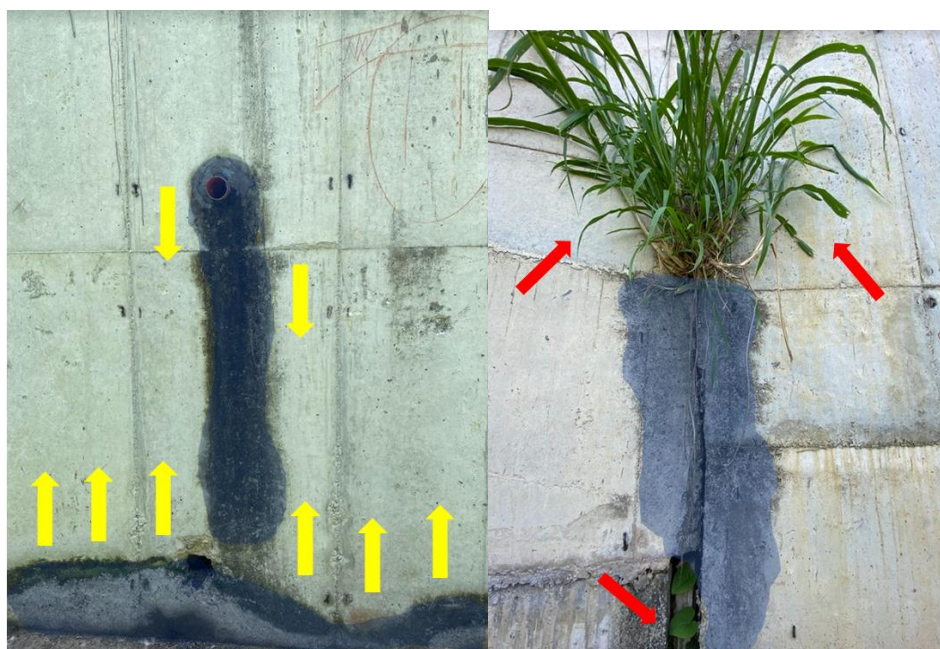
Nota: En la presente ilustración, se visualiza la presencia de grietas en la estructura de pavimento del corredor vial, las cuales fueron selladas por la empresa operadora del mismo. La lesión se encuentra ubicada a lo largo de la calzada vial.

## HUMEDADES

Observación: Se evidencia la acumulación de humedad en el Muro de Contención, producto de la filtración de agua y del no funcionamiento de los elementos hidráulicos que permiten la canalización de la misma al exterior del Muro.

Causa Patología: Causa directa: Fisuras.

### 50 Ilustración No. 50. Humedad en el Muro de Contención



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la ilustración 50 se evidencia la presencia de humedad y el origen de especies vegetales sobre el muro, toda vez que, por las fisuras presentadas en el muro, permite que partículas de agua o humedad circulen en la cara expuesta del muro. La lesión se encuentra ubicada en su mayoría cercana

### 9.4.2. Ensayos destructivos y no destructivos

#### Ensayos no destructivos

Para la recopilación de la información en este ítem, se propondrán los siguientes ensayos:

- **Medición de grietas y fisuras:** Se deben instalar los medidores de deformación en las grietas de los muros de contención para poder determinar si es una lesión activa o inactiva, así mismo determinar las dimensiones de las grietas presentes.

#### 51 Ilustración No. 51 Medición de grietas y fisuras



Fuente: Elaboración propia

- **Esclerometría:** Para medir la resistencia del hormigón, se propone realizar un ensayo esclerometrico (Ensayo no destructivo) relacionando la dureza del hormigón y su resistencia a partir del índice de rebote.

### 52 Ilustración No. 52 Medición Esclerometría



Fuente: Elaboración Propia

- **Instalación de placas fijas:** Se realiza la instalación de unas placas fijas en las juntas de construcción con respecto a los otros muros, con las cuales se busca identificar los posibles movimientos del muro de contención en comparación con los módulos anteriores y posteriores.

### 53 Ilustración No. 53 Instalación de placas fijas



Fuente: Elaboración propia

- **Medición de Topografía:** Se propone realizar una medición topográfica en la calzada vial para verificar si existe diferencia de puntos en la misma posición geográfica y así corroborar si el desplazamiento del muro ha afectado la altura y ubicación vial. Para esta verificación se utilizará una estación total y se verificarán las cotas.

#### 54 Ilustración No. 54 Levantamiento Topográfico



Fuente: Elaboración propia

- **Ultrasonido:** El ensayo de ultrasonido en el concreto (Ensayo no destructivo) estima la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas en el hormigón para así poder analizar su calidad, uniformidad y, además, grietas, fisuras o algún tipo de alteración en el tiempo. Esto además determina el módulo de elasticidad, uno de los valores más importantes en el diseño de estructuras de concreto reforzado porque influye en la rigidez de una estructura y en sus deflexiones.

### 55 Ilustración No. 55 Ensayo de Ultrasonido



Fuente: Elaboración propia

### Ensayos Destructivos

Para la recopilación de la información en este ítem, se propondrán los siguientes ensayos:

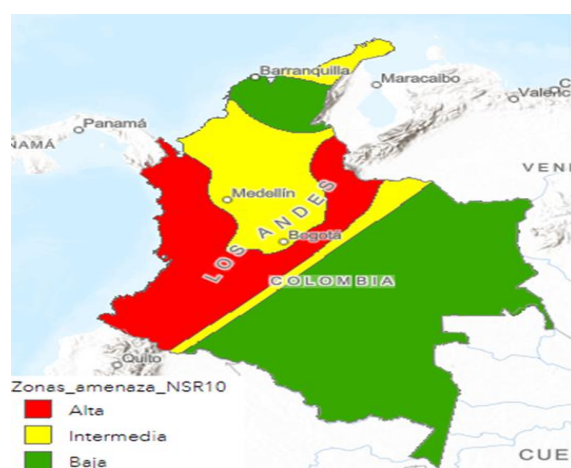
- **Pistola de Windsor:** Como Medida inicial, el equipo de trabajo propuso el desarrollo del ensayo de pistola de Windsor (el cual corresponde a un ensayo levemente destructivo), en aras de obtener las resistencias del concreto, sin embargo y como se indicó anteriormente, el ensayo no se pudo desarrollar debido a la falta de disponibilidad del mismo, es por ello que se reemplazó por el ensayo de ultrasonido anteriormente explicado.

## 10 ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

### 10.1.Ubicación del paciente en la microzonificación sísmica

Se realizó un análisis de la información existente en el servicio geológico colombiano, en donde se encontraron los índices de riesgo por vulnerabilidad sísmica de las diferentes partes del país, los cuales se reflejan en los siguientes mapas:

#### 56 Ilustración No. 56. Zonas de Amenaza Sísmica de Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano y edición propia

Como se observa en la ilustración anterior y en vista que el objeto de estudio se encuentra localizado en la coordenadas 4.987380, -74.325183 +- 100 metros de proximidad, la zona de amenaza según la NSR-10 es de nivel Intermedio, lo que nos indica que los valores de  $A_a$  (coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva) y  $A_v$  (coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva) son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede el valor de 0.20, esto, dentro de los criterios de diseño a ser tenidos presentes.

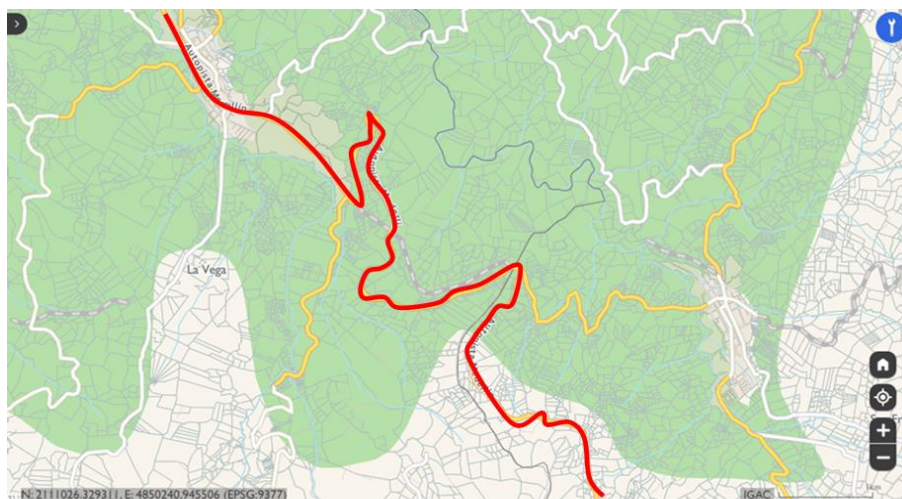
### 57 Ilustración No. 57. Localización Municipios noroccidentales de Cundinamarca



Fuente: Servicio Geológico Colombiano

Nota: Mediante la presente se visualiza los municipios colindantes a la zona objeto de estudio.

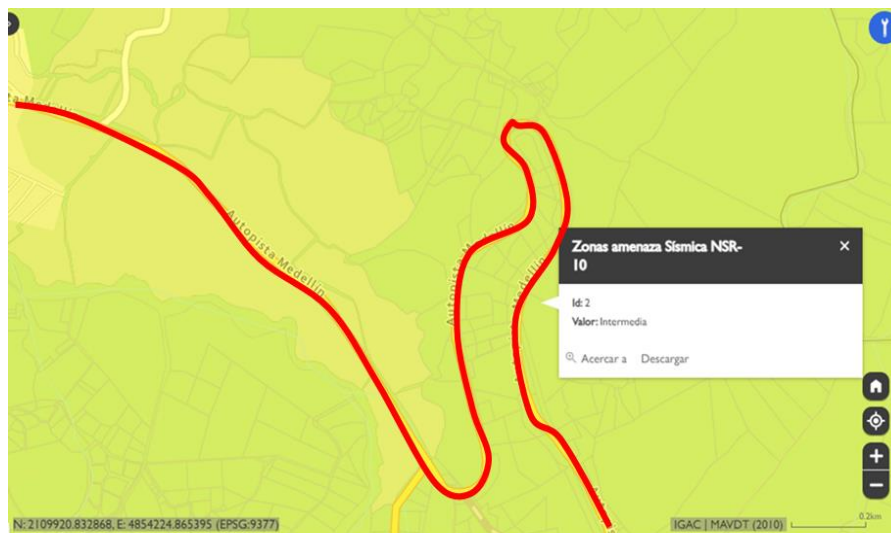
### 58 Ilustración No. 58. Localización autopista Bogotá - La Vega - Villeta (Sector La Vega)



Fuente: Servicio Geológico Colombiano y Elaboración propia.

Nota: En color rojo se realiza la delimitación del corredor vial Concesionado

**59 Ilustración No. 59. Nivel de amenaza sísmica del sector de influencia (Municipio de la Vega)**



Fuente: Servicio Geológico Colombiano

Nota: Se Destaca que el área cercana al corredor vial tiene un nivel de amenaza sísmica Intermedio, de conformidad a la clasificación del Servicio Geológico Colombiano

**60 Ilustración No. 60. Sismos históricos presentados cercanos al área de influencia (municipio de Nocaima).**



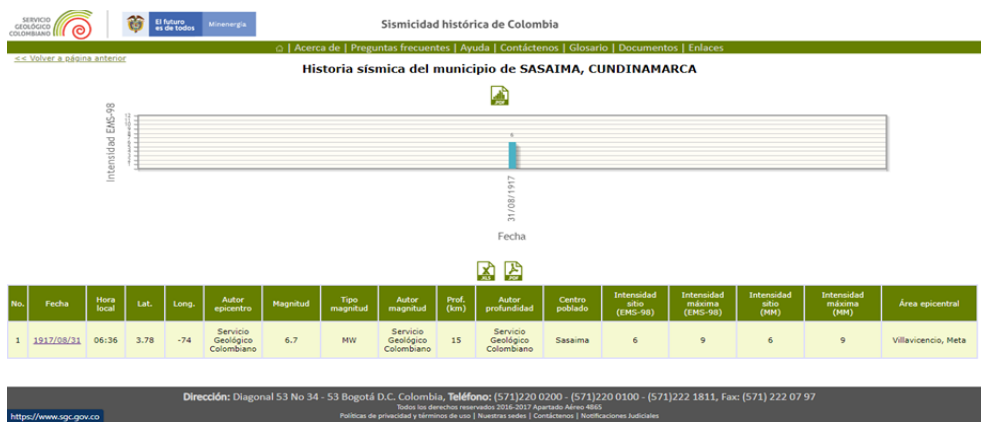


Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Nota: Dentro de las consideraciones a tener presente, se encuentra el registro de un evento sísmico de magnitud 6.1 en la escala de Richter, en el municipio de Nocaima, el cual se encuentra alrededor de 30 a 40 kilómetros de distancia al Municipio de la Vega (sector en el cual se localiza la estructura objeto de estudio) y cuya fecha de ocurrencia data del 16 de junio de 1805.

### 61 Ilustración No. 61. Sismos históricos presentados cercanos al área de influencia (municipio de Sasaima)

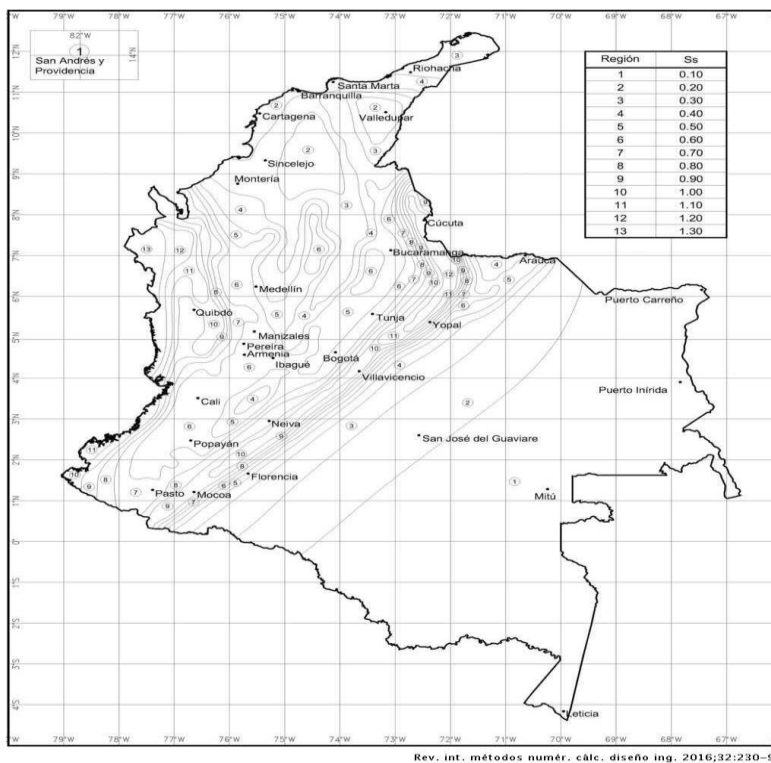




Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Nota: Al igual que en la ilustración anterior, en la presente imagen, se representa el registro histórico de un sismo en el municipio de Sasaima, cuya magnitud fue de 6.7 en la escala de Richter y cuya fecha de ocurrencia data del 31 de agosto de 1917.

### 62 Ilustración No. 62. Índice de vulnerabilidad sísmica de Colombia



Fuente: Norma Sismo Resistente - NSR 10.

## 10.2.Determinación de la zona sísmica, el valor de $A_a$ y $A_v$

En primera instancia y por la localización del paciente, se tiene que la zona tiene un riesgo de amenaza sísmica intermedio, adicional a ello se deben aclarar que para un análisis integral es necesario verificar algunos coeficientes propios del terreno, tales como:

- Parámetro  $A_a$ : Este parámetro *“caracteriza los movimientos sísmicos del terreno causados por sismo relativamente cercanos en el rango de períodos de vibración de las edificaciones comprendido entre 0.1 y 0.5 s lo cual corresponde en general a edificaciones entre uno y cinco pisos de altura.”* (Apéndice A-4, Título A - NSR 10).
- Parámetro  $A_v$ : Por otro lado, también la normativa existente expone que *“El parámetro  $A_v$  caracteriza los movimientos sísmicos de sismos fuertes ocurridos a distancia moderadas a través de períodos de vibración de aproximadamente 1s, lo cual corresponde a edificaciones de 10 pisos”* (Apéndice A-4, Título A - NSR 10).

Estos parámetros del terreno en donde se encuentra localizada la estructura objeto de análisis son:

### 63 Ilustración No. 63. Factores $A_a$ , $A_v$ y índice de amenaza sísmica del Municipio donde está localizada la estructura




Departamento de Cundinamarca				
Municipio	Código Municipio	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica
La Vega	25402	0.15	0.20	Intermedia

Fuente: Norma Sismo Resistente - NSR 10 y ajuste propio.

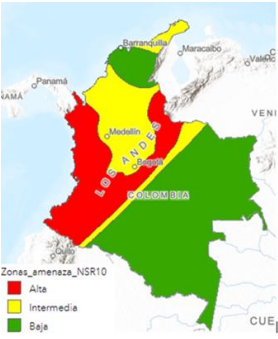


Complementario al análisis anteriormente realizado para el presente capítulo, se desarrolló la siguiente matriz de evaluación sísmica con la cual se sintetiza e ilustra la información atinente al caso:




### 10.3. Matriz de Vulnerabilidad

3 Tabla No. 3 - Matriz de Síntesis y Descripción Vulnerabilidad Sísmica

<b>MATRIZ DE VULNERABILIDAD</b>			
<b>Estudio Patológico En Los Muros de Contención De La Vía Bogotá - Villeta Entre los Km 51+010 y Km 51+119</b>			
<b>Estructura Muro 23 D</b>			
<b>Fotografía</b>			
<b>Localización</b>	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
<b>Descripción</b>	La zona del módulo 1 del muro de contención 23D, está bajo cobertura vegetal (árboles) lo cual genera mayor contacto con el desprendimiento de materiales orgánicos y exposición limitada con los rayos UV.	Es el módulo en estudio, el cual se encuentra afectado por las fisuraciones y desplazamientos en la cabeza del vástago del muro de contención	Es el módulo contiguo al módulo dos en estudio, por lo cual se tiene por referencia dado que es un indicador del desplazamiento identificado en el módulo dos.

<b>Barrera de contención en concreto (New Jersey)</b>			
<b>Fotografía</b>			
<b>Localización</b>	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
<b>Descripción</b>	Las barreras de contención se encuentran en la cabeza del vástago del muro de contención, por los desplazamientos se encuentran desprendimientos en las juntas entre módulos.	Las barreras de contención se encuentran en la cabeza del vástago del muro de contención, por los desplazamientos se encuentran desprendimientos en las juntas entre módulos.	Las barreras de contención se encuentran en la cabeza del vástago del muro de contención, por los desplazamientos se encuentran desprendimientos en las juntas entre módulos.
	<b>Carpeta Asfáltica</b>	<b>Suelos</b>	<b>Materiales</b>
<b>Fotografía</b>			
<b>Localización</b>	Módulo 2	Caracterización geológica Municipio de La Vega	Todos los Módulos

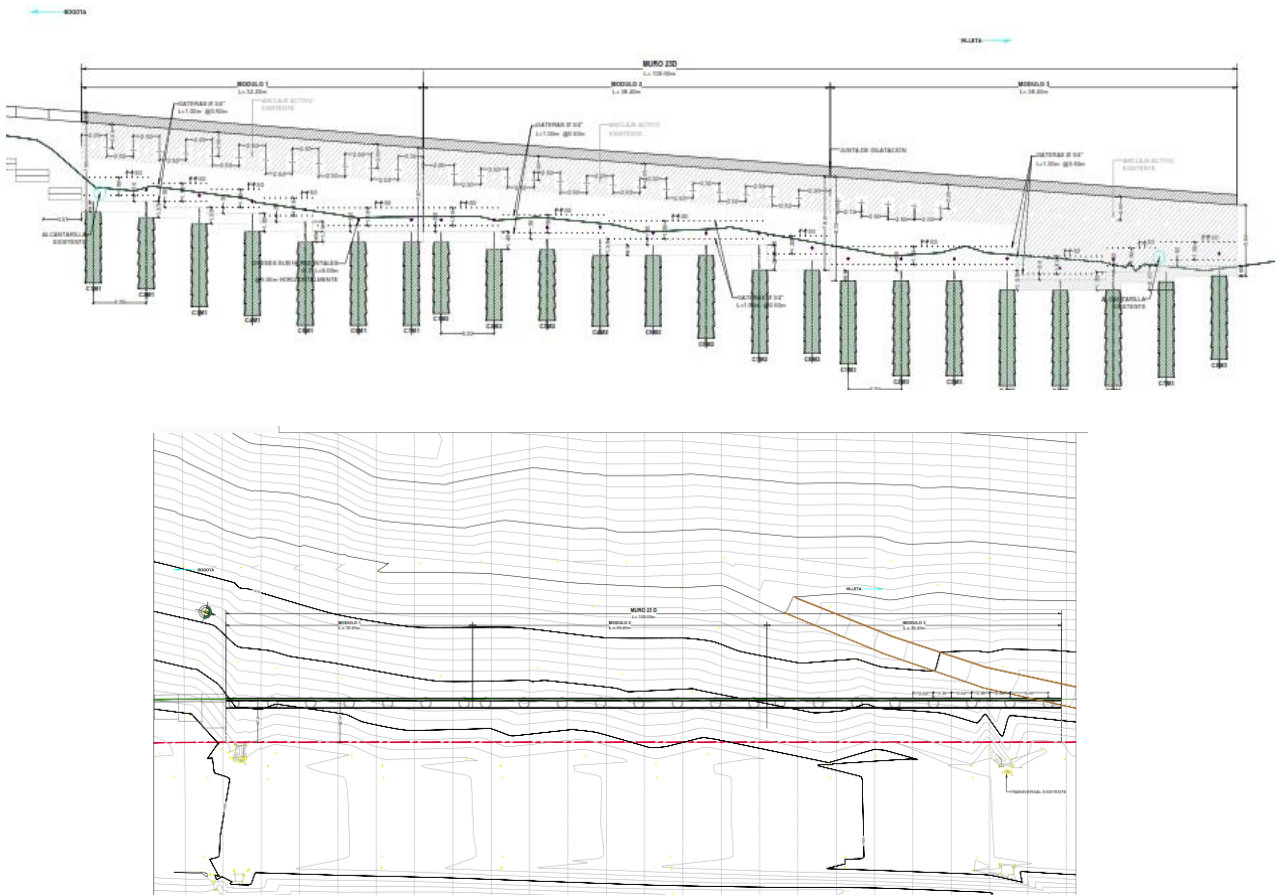
<p><b>Descripción</b></p>	<p>En la superficie de la carpeta asfáltica se visualiza la presencia de fisuras en la estructura de pavimento del corredor vial, las cuales fueron selladas por la empresa operadora de este, sin embargo, se identifica que son posiblemente producto de los hundimientos.</p>	<p>Se identifican lutitas y limolitas en el sector de estudio.</p>	<p>Muros de concreto reforzado con anclajes activos.</p>
	<p><b>Sismo</b></p>	<p><b>Fisuras</b></p>	<p><b>Hundimientos</b></p>
<p><b>Fotografía</b></p>			
<p><b>Localización</b></p>	<p><b>Mapa de Nivel de Amenaza Sísmica por departamento</b></p>	<p><b>Módulo 2</b></p>	<p><b>Módulo 2</b></p>
<p><b>Descripción</b></p>	<p>El objeto de estudio se encuentra localizado en las coordenadas 4.987380, -74.325183 +- 100 metros de proximidad, la zona de amenaza según la NSR-10 es de nivel Intermedio</p>	<p>Las fisuras presentadas en toda la cara expuesta del módulo del muro de contención no son mayores a 4mm. Sin embargo, se identifica un mapeo en toda la cara expuesta.</p>	<p>Se identifican hundimientos de la carpeta de rodadura del corredor vial, lo que implica la falta de adherencia y confinamiento entre el corredor vial y la estructura del Muro de contención de esta.</p>

	<b>Desprendimientos</b>	<b>Humedades</b>	<b>Organismos Vegetales</b>
<b>Fotografía</b>			
<b>Localización</b>	Módulo 1	Módulo 1	Módulo 1
<b>Descripción</b>	Se evidencia la desintegración y falta de conexión entre los elementos que componen al Muro, ocasionando el desprendimiento del concreto en la parte superior de este.	Se evidencia la presencia de humedades, por las fisuras presentadas en el muro.	Se evidencia la presencia y origen de especies vegetales sobre el muro, toda vez que, por las fisuras presentadas en el muro, permite que partículas de agua (humedad) circulen en la cara expuesta del muro.

Fuente: Elaboración Propia

Adicional a lo anterior, también se elaboraron planos donde se grafican las condiciones actuales del Muro, tanto en su planta como en su perfil, estos son:

### 64 Ilustración No. 64 - Planos de Perfil y Planta de la Estructura



Fuente: Elaboración Propia

**Nota Descriptiva:** Los planos en cuestión se encuentran dentro de los documentos anexos al presente trabajo, en razón a su tamaño.

En estos se aprecia las características esenciales de altura y dimensiones de la estructura, así como las deformaciones que se perciben en esta.

## 11 PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

### Propuesta No. 1:

De acuerdo con la información obtenida, con respecto a la capacidad portante del suelo, registros de mediciones de inclinómetros instalados en el Muro (estudio geológico y de suelos y demás información aportada por la Concesión), así como los datos recopilados en campo a través del levantamiento topográfico, la cual detalla de mejor manera a continuación:

- Información Estudios Geológicos:

Derivado de todo lo expuesto en los capítulos precedentes, como consecuencia del desarrollo del estudio geológico entregado por la Concesión, la estratigrafía del relleno del Muro son los siguientes:

### 65 Ilustración No. 65 - Estratigrafía del Muro de Contención

Material	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (kPa)	Phi (°)
Lleno	20	1	35
Deposito Qfd	18	14	33.2

Tabla 5.2. Resultados de la caracterización física y geomecánica deposito Qfd y Kic.

Deposito (Qfd)											
Muestra	Tipo	Humedad (%)	LL (%)	LP (%)	LP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Clasif.	Cohesión (kPa)	Phi (°)
M-1	Suelo	8	47	27	20	30.10	14.6	55.3	CL	14	33.8
M-2	Suelo	12	44	28	16	27.5	24.8	47.7	GM	19	33.2
Promedio		10	45.5	27.5	18	28.8	19.7	51.5		16.5	33.5

Kic (Limolitas y Lutitas)									
Muestra	Tipo	Peso Unitario Total (KN/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario seco (KN/m <sup>3</sup> )	Esfuerzo máximo (Mpa)	Carga Puntual I <sub>50</sub> (Mpa)	Relación I <sub>50</sub> -UCS (MPa)	Cohesión (kPa)	Phi (°)	
M-1	Bloque	21.42	20.64		3.578	82.29	16	31.3	
M-2	Bloque	22.17	21.82				22	33.7	
M-3	Bloque	20.27	19.67		1.23	28.29	26	34	
M-4	Bloque	19.92	19.31	42.09					
M-5	Bloque	20.57	19.69		2.152	49.50	11	28.3	
M-6	Bloque	18.94	17.79		1.318	30.31			
M-7	Bloque	17.85	16.47			18.52			

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.

- Por otra parte, y con respecto a los movimientos de la estructura, la Concesión Suministro los siguientes datos, correspondientes a los registros de los inclinómetros instalados en tal infraestructura:

**66 Ilustración No. 66. - Registros Inclinómetros Periodo noviembre 2021 Vs Julio 2022**

ABSCISADO PTO. CONTROL	DESPLOME MURO REGISTRO (m) 28 NOVIEMBRE 2021	DESPLOME MURO REGISTRO (m) 25 MAYO 2022	DESPLOME MURO REGISTRO (m) JULIO 2022
K51+0,535	0.151	0.155	0.158
K51+0.609	0.052	0.055	0.058
K51+0,711	0.032	0.056	0.059
K51+076,4	0.012	0.018	0.024
K51+083,1	0	0.001	0.002
K51+086,8	0.025	0.027	0.031
51+088,9	0.150	0.154	0.156
51+096,3	0.112	0.119	0.124
51+101,10	0.097	0.099	0.099

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

Nota Aclaratoria: Con los registros expuestos, se evidencia que la estructura en cuestión no ha presentado variaciones significativas, con respecto a desplazamientos durante el último año, con lo que se podría inferir que la misma no tiene un riesgo alto de desplome o colapso a corto plazo.

- Aunado a lo anterior, también se aprecia falta de instalación de elementos hidráulicos en la estructura tal y como se evidencia en las siguientes imágenes:

**67 Ilustración No. 67 - Falta de elementos hidráulicos Muro de Contención**

Fuente: Elaboración Propia

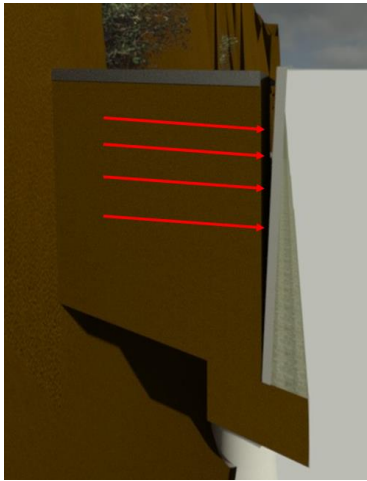
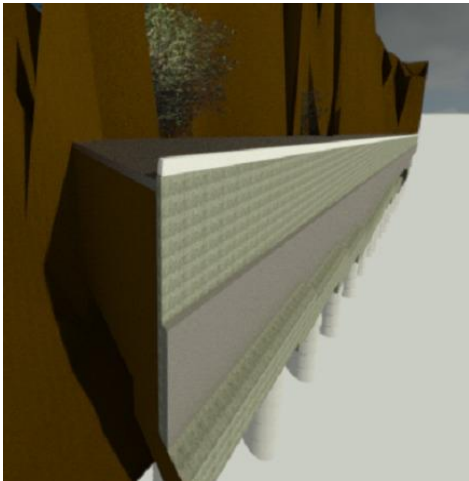
Por todo lo anterior, se deduce y en consideración a la localización del paciente, se puede deducir que el material de relleno que conforma la estructura de Pavimento presenta alta saturación (esto en gran medida por la falta de elementos hidráulicos), por lo que como primera solución se propone realizar:

1. Reemplazo del material de relleno, toda vez que las características de cohesión se han visto afectadas por la saturación del mismo.
2. Refuerzo de la Viga de Cimentación, para corregir las deformaciones y aumentar la resistencia estructural del Muro.

3. Verificación de anclajes pasivos, ya que así mismo por la pérdida de cohesión y la suma de las cargas tanto del suelo saturado como de los vehículos que transitan por el corredor, pudieren afectar la eficacia de estos elementos estructurales.
4. Adicionalmente se requiere la instalación de elementos hidráulicos (comúnmente llamados lloraderos), que permitan realizar una correcta evacuación del agua y demás fluidos que se llegaren a infiltrar en la estructura de pavimento del corredor vial.

Para denotar de mejor manera el planteamiento, a continuación, se expone la comparación gráfica del estado actual Vs la intervención de la propuesta No. 1 desarrollada por el equipo de trabajo.

#### 4 Tabla No. 4 Propuesta de Intervención No. 1

<b>Modelación BIM, comparativo estado actual Vs Propuesta de Intervención No. 1</b>	
Estado Actual	Propuesta de Intervención No. 1
	
Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.	Propuesta de reemplazo de material que conforma la estructura de pavimento para reducir cargas y por ende desplazamientos.
Fuente: Elaboración Propia	

## Propuesta No. 2

Partiendo de los datos obtenidos del suelo en el área de estudio y en vista que las fallas presentadas en el muro de contención, que se representan en los desplazamientos horizontales del mismo, no generan fisuras mayores a los 2 milímetros, se determina que la falla no es producto de las características propias del elemento estructural, si no como tal, de la resistencia del módulo frente al movimiento del macizo.

### 68 Ilustración No. 68 – Fisuras presentadas en el módulo del muro contención.



Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la necesidad de hacer un reforzamiento de la estructura actuante del muro de contención se deben analizar a variables que lo afectan, tales como:

**69 Ilustración No. 69. - Registros Inclínómetros Periodo noviembre 2021 Vs Julio**

**2022**

ABSCISADO PTO. CONTROL	DESPLOME MURO REGISTRO (m) 28 NOVIEMBRE 2021	DESPLOME MURO REGISTRO (m) 25 MAYO 2022	DESPLOME MURO REGISTRO (m) JULIO 2022
K51+0,535	0.151	0.155	0.158
K51+0.609	0.052	0.055	0.058
K51+0,711	0.032	0.056	0.059
K51+076,4	0.012	0.018	0.024
K51+083,1	0	0.001	0.002
K51+086,8	0.025	0.027	0.031
51+088,9	0.150	0.154	0.156
51+096,3	0.112	0.119	0.124
51+101,10	0.097	0.099	0.099

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

Con la información aportada y presentada en la anterior gráfica, se estima que los movimientos presentados inicialmente en el muro donde se observa un cabeceo de 40 cm a comparación de los módulos colindantes se deben a movimientos activos inmediatos a la construcción del muro de contención, por lo cual, se estima que el comportamiento de los movimientos del muro, al día de hoy son pasivos. En la tabla se observan desplazamientos menores que a corto plazo no afectarían la seguridad de la vía nacional, sin embargo, y en vista de que es un comportamiento a corto plazo, se deben tomar medidas a largo plazo que a función de la integridad vial se obtenga una seguridad constante, por lo cual se plantea una segunda alternativa, que, a su vez, busca la menor afectación en el servicio de la infraestructura vial.

Así mismo, con la estratigrafía a continuación presentada, se identifican aspectos de los materiales propias para tomar determinaciones que conlleven a la solución. Toda vez, que se necesitará un material cementante que se adhiera a la granulometría existente y el comportamiento propio de los minerales del sector afectado (Limolitas y Lutitas)

### 70 Ilustración No. 70 - Estratigrafía del Muro de Contención

Material	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (kPa)	Phi (°)
Lleno	20	1	35
Deposito Qfd	18	14	33.2

Tabla 5.2. Resultados de la caracterización física y geomecánica deposito Qfd y Kic.

Deposito (Qfd)												
Muestra	Tipo	Humedad (%)	L.L (%)	LP (%)	LP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Clasif.	Cohesión (kPa)	Phi (°)	
M-1	Suelo	8	47	27	20	30.10	14.6	55.3	CL	14	33.8	
M-2	Suelo	12	44	28	16	27.5	24.8	47.7	GM	19	33.2	
Promedio		10	45.5	27.5	18	28.8	19.7	51.5		16.5	33.5	

Kic (Limolitas y Lutitas)								
Muestra	Tipo	Peso Unitario Total (KN/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario seco (KN/m <sup>3</sup> )	Esfuerzo máximo (Mpa)	Carga Puntual I <sub>50</sub> (Mpa)	Relación I <sub>50</sub> -UCS (MPa)	Cohesión (kPa)	Phi (°)
M-1	Bloque	21.42	20.64		3.578	82.29	15	31.3
M-2	Bloque	22.17	21.82				22	33.7
M-3	Bloque	20.27	19.67		1.23	28.29	26	34
M-4	Bloque	19.92	19.31	42.09				
M-5	Bloque	20.57	19.69		2.152	49.50	11	28.3
M-6	Bloque	18.94	17.79		1.318	30.31		
M-7	Bloque	17.85	16.47			18.52		

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

Dados los datos anteriores y como análisis de las diversas variables para el mantenimiento del servicio en la calzada nacional, se plantea realizar el reforzamiento del comportamiento del muro de contención con anclajes, los cuales, buscan garantizar la integridad del muro de contención y al tiempo, evitando el desplazamiento horizontal del mismo.

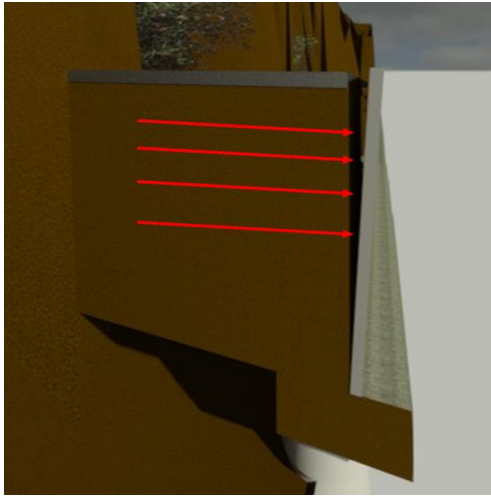

Se plantea la instalación de anclajes de varilla que contrarresten el movimiento del macizo soportado, por lo cual se recomienda:

- Realizar las perforaciones en horas de la noche, cuando el tráfico haya bajado, para que se puedan controlar los movimientos y vibraciones en el talud y así controlar la dirección de la perforación.
- Después de realizada la perforación, con las puntas y el punto de la cuña listo, se procede a inyectar el material cementante epóxico.
- Para sostener los anclajes se debe construir una cabeza de soporte en concreto, por lo cual, para mayor reforzamiento del muro de contención, se plantea realizar una sobre placa en la superficie del muro y sobre ella se funde la cabeza. Una vez vertido en concreto, desde ese punto se realiza el tensionamiento de los torones, varillas o claves, según el diseño.
- Se plantea que la profundidad de las cuñas de anclaje sea superior a los 15 metros, y que es el sitio donde se presenta la superficie de falla del talud.
- Se recomienda continuar con el monitoreo del movimiento del muro de contención, toda vez que se debe constatar que la solución fue inmediata.
- Se plantea la construcción de anclajes en cuadrícula, separados cada dos metros entre ejes, tal y como se muestra en la modelación presentada en el esquema explicativo de la propuesta.

- La placa de sobre muro, sirve para dar mayor rigidez a toda la pantalla del muro de contención y estabiliza los movimientos en el pie del muro, así como también, permiten la distribución de las cargas actuantes del tensionamiento producto del anclaje.

Para la comprensión gráfica de la propuesta, a continuación, se presenta la explicación del estado actual de la estructura de soporte, frente a la propuesta de intervención No.2.

### 5 Tabla No. 5 – Propuesta de Intervención No. 2

<b>Modelación REVIT, comparativo estado actual Vs Propuesta de Intervención No. 2</b>	
Estado Actual	Propuesta de Intervención No. 2
	
Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.	Se propone la instalación de anclajes de varilla o tendones, fijados mediante una cuña anclada.
Fuente: Elaboración Propia	

### **Propuesta No. 3**

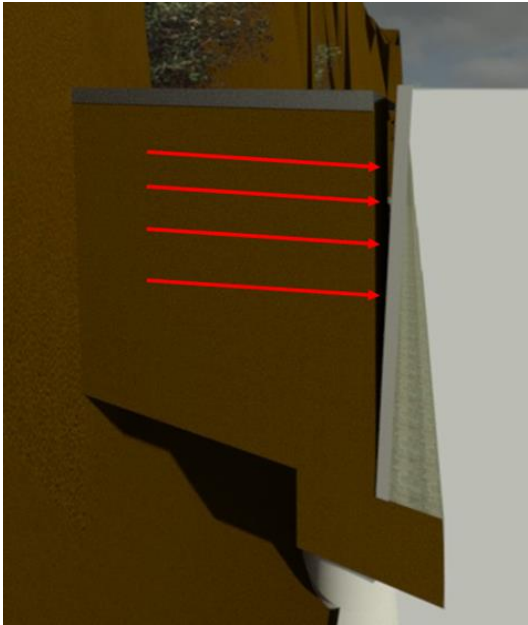
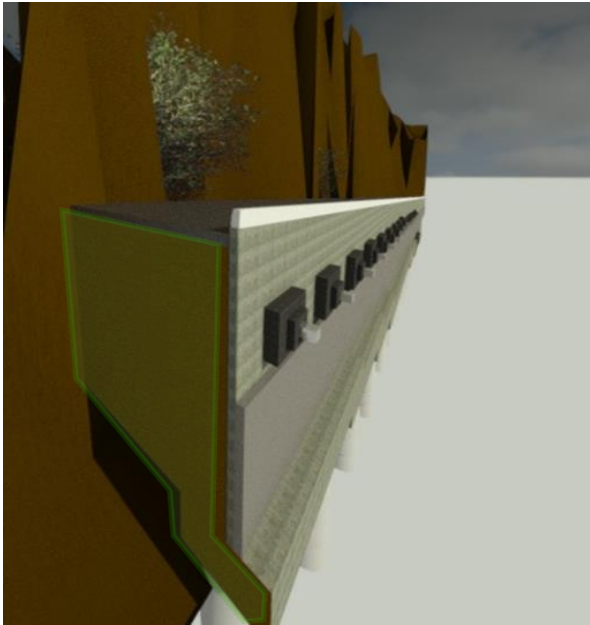
Las propuesta de intervención se plantea para desarrollar una vida útil superior a los 50 años de servicio, es por lo anterior que se plantea realizar el reemplazo del material de relleno, toda vez que las características de cohesión se han visto afectadas por la saturación del mismo, reforzar la Viga de Cimentación, para corregir las deformaciones y aumentar la resistencia estructural del Muro, se requiere la instalación de elementos hidráulicos (comúnmente llamados lloraderos), que permitan realizar una correcta evacuación del agua y demás fluidos que se llegaren a infiltrar en la estructura de pavimento del corredor vial.

Aunado a lo anterior, se debe realizar la instalación de anclajes de varilla que contrarresten el movimiento del macizo soportado, se realiza la perforación a través del muro de contención y luego se procede a inyectar el material cementante epóxico. Para sostener los anclajes se debe construir una cabeza de soporte en concreto, por lo cual, para mayor reforzamiento del muro de contención, se plantea realizar una sobre placa en la superficie del muro y sobre ella se funde la cabeza. Una vez vertido en concreto, desde ese punto se realiza el tensionamiento de los torones, varillas o claves, según el diseño.

Se debe realizar la construcción de los anclajes en cuadrícula, separados cada dos metros entre ejes, tal y como se muestra en la modelación presentada en el esquema explicativo de la propuesta.

Para la comprensión gráfica de la propuesta, a continuación, se presenta la explicación del estado actual de la estructura de soporte, frente a la propuesta de intervención No. 3.

**6 Tabla No. 6 – Propuesta de Intervención No. 3**

Modelación REVIT, comparativo estado actual Vs Propuesta de Intervención No. 3	
Estado Actual	Propuesta de Intervención No. 3
 <p>A 3D Revit model of a retaining wall. The wall is shown in a brownish-grey color. Four red arrows point horizontally from the left side of the wall towards the right, indicating the direction of displacement or movement. The wall is situated on a sloped ground surface.</p>	 <p>A 3D Revit model of the proposed retaining wall. The wall is shown in a light grey color. It features a series of dark grey rectangular blocks along its top edge, representing reinforcement or anchors. The wall is situated on a sloped ground surface, similar to the current state model.</p>
<p>Descripción de los desplazamientos actuales del Muro de Contención.</p>	<p>Propuesta de reemplazo de material que conforma la estructura de pavimento para reducir cargas y por ende desplazamientos, así mismo, se realiza la instalación de anclajes de varilla o tendones, fijados mediante una cuña anclada.</p>
<p>Fuente: Elaboración Propia</p>	

## 12 Diseño Metodológico

Los estudios patológicos o procesos de estudio de procesos patológicos en las edificaciones colombianas no están reglamentados por alguna normativa vigente o por un decreto de que los rija, tampoco se incluye un anexo en la NSR-10 “NORMA DE CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTES”, por lo cual el desarrollo de los estudios de patología se basan en metodologías expuestas por diferentes instituciones que no se encuentran normalizadas o por diferentes autores de la rama de las ciencias investigativas, donde dan criterios de evaluación para lograr evaluar las procesos patológicos, por lo tanto, desde las lesiones se indaga y estudia el origen de los procesos patológicos, para finalizar con un diagnóstico y una propuesta de intervención.

### 12.1.Enfoque metodológico

#### 71 Ilustración No. 71 - descripción diseño metodológico

DISEÑO METODOLÓGICO DE ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLETA ENTRE LOS KM 51+010 Y KM 51+119					
FASE	OBJETIVOS	TIPO DE INVESTIGACIÓN	DATOS RECOGIDOS	ESTRATEGIA DE ANÁLISIS	RESULTADOS
1	Identificar y realizar visita de campo para inspeccionar las posibles patologías presentadas.	<b>Cuantitativo:</b> La investigación cuantitativa tiene un enfoque de estudio secuencial, donde las precedencias llevan al estudio en cadena detallado y probatorio del paciente. Este tipo de investigación o enfoque de carácter cuantitativo se delimita a la configuración de fases de seguimiento o procesos, los cuales están derivados de los objetivos específicos de investigación y conforme a las diferentes preguntas para el planteamiento de la investigación.	Fichas de inspección - Mapeo de las lesiones - Plano - Fotografías de las lesiones presentadas	Comparación y análisis de datos recogidos durante la visita de campo a partir de la realización de fichas	En la visita de campo se evidencian las lesiones y se deduce que los desplazamientos presentados por el modulo 1 - 2 del muro de contención se pueden dar por la resistencia del concreto o por asentamientos que se están generando causa de el tipo de suelo presente en el sector
2	Realizar ensayos de laboratorio al paciente.		10 Mediciones de Indices esclerométricos - 5 Mediciones de ultrasonido	Se obtuvieron los datos por medio de los cuales se procedió a realizar la graficación de los valores obtenidos	A partir de los ensayos realizados se procede a realizar un análisis graficando los resultados de las tomas en donde se empiezan a ver valores en rangos normales
3	Analizar resultados de los laboratorios realizados y sus posibles soluciones.		Valores maximos y minimos obtenidos - Mediciones de ultrasonido y resultados de velocidad	Graficación de valores maximos y minimos obtenidos - Graficación de mediciones de ultrasonido y resultados de velocidad	A partir de los ensayos se define que el concreto empleado en la estructura es de gran resistencia y por tanto se descarta que dicho material sea el factor detonante de las patologías previamente expuestas
4	Evaluar los resultados de los laboratorios de las patologías presentadas.		Fichas de calificación - Diagnóstico	Análisis y conclusiones realizadas a partir de la información obtenida	Se define que la posible causa principal de los asentamientos y desplazamientos evidenciados puede tratarse de una anomalia generada en el suelo
5	Proponer dos intervenciones mediante las cuales se den soluciones a la afectación del paciente en estudio.		3 Propuestas de intervención - 3 Presupuestos - 3 Programaciones	Realización de propuestas de intervención con presupuesto y programación a partir del diagnóstico	Existen diferentes formas de solucionar la patología evidenciada, para esté estudio se peresentan tres propuestas, una a mediano plazo y dos a largo plazo. Las propuestas dependen netamente de las decisiones de la conseción en cuanto a la gestión, mantenimiento y presupuesto que se maneje de manera interna

Fuente: Elaboración propia

## **12.2. Tipo de Investigación - Cuantitativa**

La investigación cuantitativa tiene un enfoque de estudio secuencial, donde las precedencias llevan al estudio en cadena detallado y probatorio del paciente. Debido a lo evidenciado en el planteamiento del caso de estudio y según las etapas y/o fases de estudio, se debe tener un paso a paso riguroso, donde no se pueden pasar por alto diferentes pasos estimados en el proceso investigativo.

Este tipo de investigación o enfoque de carácter cuantitativo se delimita a la configuración de fases de seguimiento o procesos, los cuales están derivados de los objetivos específicos de investigación y conforme a las diferentes preguntas para el planteamiento de la investigación.

Así mismo, la configuración teórica presente, conlleva a un desarrollo secuencial y de hallazgos cuantitativos que nos infiere la información correspondiente a las causas de la presencia de las patologías existentes. Durante el desarrollo de las diferentes actividades y fases de investigación, se consolidan una serie de hipótesis y variables durante los levantamientos preliminares, las cuales se van resolviendo conforme a los diferentes métodos o ensayos los cuales miden la magnitud de los procesos patológicos.

## **12.3. Fases**

Para estudiar las patologías de la propuesta de intervención del Muro De Contención De La Vía Bogotá - Villeta Entre Los Km 51+010 Y Km 51+119, se realiza la consolidación de tres fases de investigación, las cuales cuentan con diferentes componentes específicos de investigación, que se consolidan en la respuesta a las preguntas de investigación y en específico, con el planteamiento de los objetivos.

**Fase 1.** Identificar y realizar visita de campo para inspeccionar las posibles patologías presentadas.

**Fase 2.** Realizar ensayos de laboratorio al paciente.

**Fase 3.** Analizar resultados de los laboratorios realizados y sus posibles soluciones.

**Fase 4.** Evaluar los resultados de los laboratorios de las patologías presentadas.

**Fase 5.** Proponer dos intervenciones mediante las cuales se den soluciones a la afectación del paciente en estudio.

### **13 PRESUPUESTO**

Actividades inmersas en los presupuestos y cronogramas:

- **Demolición de Estructuras Existentes:**

Consiste como su nombre lo indica, en realizar la demolición de la estructura superior (cresta del Muro), así como los elementos que cumplen con la función de conectar la pantalla del muro con la estructura de pavimento la Viga de Cimentación.

- **Excavación de material común:**

Mediante esta actividad se realiza la extracción del material que conforma la estructura de pavimento (Carpetas, Base y Sub-base).

- **Conectores de Cortante:**

Para aumentar la resistencia de la cimentación, se realiza la instalación de elementos de acero adicionales, con los cuales incremente el nivel de refuerzo de este elemento estructural.

**- Instalación de Drenes:**

De acuerdo a las consideraciones expuestas previamente, se realiza la instalación de más elementos que permitan realizar una correcta captación y extracción del agua y demás fluidos que entren en contacto con el eje vial y su infraestructura anexa.

**- Armado Acero Viga y Muro:**

Una vez adosados los conectores de cortante, se procede a realizar la conexión y amarre de dichos elementos con las piezas que unen a la cimentación con la pantalla del muro.

**- Fundida Viga y Muro:**

Corresponde a la inyección y colado del concreto que conforma como tal el elemento nuevo adosado.

**- Instalación de Relleno, Sub-Base y Base:**

Corresponde a la reinstalación de las capas de estratos más ligeros que conformarán la nueva estructura de pavimento.

**- Instalación de Carpeta Asfáltica:**

Se entiende como la instalación de la capa de rodadura, la cual es la parte superior de la estructura de pavimento que conforma el eje vial como tal.

**- Instalación de Señalización:**

Por último y no menos importante, se procederá con la reinstalación de toda la señalización vial necesaria para garantizar la seguridad de todos los usuarios que transitan por el corredor vial.

**13.1.PRESUPUESTO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 1**

**7 Tabla No. 7 – Presupuesto Intervención No. 1**

PRESUPUESTO No. 1 - ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLETA ENTRE LOS KM 51+010 Y KM 51+119					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1. PRELIMINARES</b>					
1,1	Localización, trazado y replanteo del proyecto. Se utilizará equipo de precisión, personal experto. Se hará con la frecuencia que lo indique la interventoría. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, corte de piso, libretas, planos.	Día	6	\$ 620.000,00	\$ 3.720.000,00
1,2	Construcción de Cerramiento provisional en tela verde serán altura 2.10 m. Incluye poste de madera cada 2 metros hincado.	ml	110	\$ 24.750,00	\$ 2.722.500,00
1,3	Suministro e Instalación de Campamento Provisional con contenedor de 6m <sup>2</sup> . 4m <sup>2</sup> , 4m,	Mes	3	\$512.000,00	\$ 1.536.000,00

	Incluye transporte hasta la obra, instalación, su alquiler y retiro una vez finalizadas las obras.				
1,4	Alquiler de Baño Provisional Portátil, Incluye transporte hasta la obra, mantenimiento, instalación, su alquiler y retiro una vez finalizadas las obras.	Mes	3	\$ 377.000,00	\$ 1.131.000,00
2. DEMOLICIONES					
2,1	Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada, con martillo neumático compresor, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.	M <sup>2</sup>	390	\$ 7.642,00	\$ 2.980.380,00
2,2	Demolición de muro de concreto armado, con medios manuales, martillo neumático y equipo de oxicorte, y carga manual sobre camión o contenedor.	M <sup>3</sup>	64,4	\$ 187.600,00	\$ 12.081.440,00
3. EXCAVACIONES					
3,1	Excavación mecánica a cielo abierto en suelo conformado para la constitución de la calzada.	M <sup>3</sup>	3120	\$ 9.850,00	\$ 30.732.000,00

3,2	Excavación mecánica de roca para extracción de todo material de relleno proveniente de la zona.	M <sup>3</sup>	23	\$ 470.500,00	\$ 10.821.500,00
<b>4. LLENOS Y ASFALTOS</b>					
4,1	Llenos con material de préstamo, compactados mecánicamente hasta obtener una densidad del 95% de la máxima obtenida en el ensayo del Proctor modificado. Incluye el suministro, transporte, colocación de la arenilla, la compactación de la misma y transporte interno. Y su medida será en sitio ya compactado.	M <sup>3</sup>	2874,82	\$ 38.414,00	\$ 110.433.335,48
4,2	Subbase granular con zahorra natural caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% del Proctor Modificado de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, para mejora de las propiedades resistentes del terreno.	M <sup>3</sup>	119,6	\$ 62.340,00	\$ 7.455.864,00

4,3	Base granular realizada mediante relleno a cielo abierto, con zahorra natural caliza, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 100% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.	M <sup>3</sup>	89,7	\$ 48.380,00	\$ 4.339.686,00
4,4	Pavimento de 12 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, con agregado granítico de 12 mm de tamaño máximo.	M <sup>2</sup>	390	\$ 22.852,00	\$ 8.912.280,00
<b>5. OBRAS DE DRENAJE</b>					
5,1	Construcción de Filtro tipo francés con geotextil NT 1600, Triturado de 3/4 a 1", Tubería de filtro de 4" de 3.80 de altura y 30 cm de Ancho. Incluye todo lo necesario para su correcta instalación.	ml	30	\$184.565,00	\$ 5.536.950,00
5,2	Suministro e instalación de drenes (lloraderos) d=4" en tubería sanitaria pvc. Incluye todos los materiales y accesorios necesarios para realizar su instalación.	ml	104	\$ 24.348,00	\$ 2.532.192,00
<b>6. ESTRUCTURAS</b>					

6,1	Construcción de viga y/o dados en concreto de 35 Mpa, para instalación y soporte de los anclajes del muro. Con impermeabilizante integral tipo plastocrete dm o equivalente. Incluye el suministro y transporte del concreto, mano de obra, vibrado, protección y curado, para estructuras de acuerdo con las diferentes dimensiones establecidas en los planos y diseños. Incluye acarreo interno. No incluye refuerzo.	M <sup>3</sup>	5,4	\$793.850,00	\$ 4.286.790,00
6,2	Construcción de muro de contención en concreto de 21 MPA., espesor de 0,25 a 0,50 m., adicionado con fibra y con impermeabilización integral tipo plastocrete dm o equivalente calidad. Incluye suministro, transporte y colocación del concreto, formaleta completa, vibrado protección curada, y todos los demás elementos necesarios para su correcta construcción. El refuerzo se pagará en su ítem respectivo.	M <sup>3</sup>	65	\$ 1.314.550,00	\$ 85.445.750,00

6,3	Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO FY= 420 Mpa-60000 PSI, corrugado. Incluye transporte con descarga, transporte interno, alambre de amarre, certificados y todos los elementos necesarios para su correcta instalación, según diseño y recomendaciones estructurales.	kg	5984	\$ 7.432,00	\$ 44.473.088,00
		Subtotal			\$ 339.140.755,48
		Administración		20%	\$ 67.828.151,10
		Imprevistos		3%	\$ 10.174.222,66
		Utilidad		5%	\$ 16.957.037,77
		IVA		18%	\$ 3.052.266,80
		Total			\$ 437.152.433,81

Fuente: Elaboración propia

## 13.2.PRESUPUESTO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 2

## 8 Tabla No. 8 – Presupuesto Intervención No. 2

PRESUPUESTO No. 2 - ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLETA ENTRE LOS KM 51+010 Y KM 51+119					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES					
1,1	Localización, trazado y replanteo del proyecto. Se utilizará equipo de precisión, personal experto. Se hará con la frecuencia que lo indique la interventoría. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, corte de piso, libretas, planos.	Día	3	\$ 620.000,00	\$ 1.860.000,00
1,2	Construcción de Cerramiento provisional en tela verde serán altura 2.10 m. Incluye poste de madera cada 2 metros hincado.	ml	55	\$ 24.750,00	\$ 1.361.250,00
1,3	Suministro e Instalación de Campamento Provisional con contenedor de 6m <sup>2</sup> .4m <sup>2</sup> ,4m, Incluye transporte hasta la obra, instalación, su alquiler y retiro una vez finalizadas las obras.	Mes	1,5	\$ 512.000,00	\$ 768.000,00
1,4	Alquiler de Baño Provisional Portátil, Incluye transporte hasta la obra, mantenimiento, instalación, su alquiler y retiro una vez finalizadas las obras.	Mes	1,5	\$ 377.000,00	\$ 565.500,00
2. ESTRUCTURAS					

2,1	<p>Construcción de viga y/o dados en concreto de 35 MPA, para instalación y soporte de los anclajes del muro. Con impermeabilizante integral tipo plastocrete dm o equivalente. Incluye el suministro y transporte del concreto, mano de obra, vibrado, protección y curado, para estructuras de acuerdo con las diferentes dimensiones establecidas en los planos y diseños. Incluye acarreo interno. No incluye refuerzo.</p>	M <sup>3</sup>	2	\$ 793.850,00	\$ 1.587.700,00
2,2	<p>Construcción de muro de contención en concreto de 21 MPA., espesor de 0,25 a 0,50 m., adicionado con fibra y con impermeabilización integral tipo plastocrete dm o equivalente calidad. Incluye suministro, transporte y colocación del concreto, formaleta completa, vibrado protección curada, y todos los demás elementos necesarios para su correcta construcción. El refuerzo se pagará en su ítem respectivo.</p>	M <sup>3</sup>	4	\$ 1.314.550,00	\$ 5.258.200,00
2,3	<p>Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO FY= 420 Mpa-60000 PSI, corrugado. Incluye transporte con descarga, transporte interno, alambre de amarre, certificados y todos los elementos necesarios para su correcta instalación, según diseño y recomendaciones estructurales.</p>	kg	540	\$ 7.432,00	\$ 4.013.280,00

## 3. OBRAS DE DRENAJE

3,1	Suministro e instalación de drenes (lloraderos) d=4" en tubería sanitaria pvc. Incluye todos los materiales y accesorios necesarios para realizar su instalación.	ml	104	\$ 24.348,00	\$ 2.532.192,00
-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----	--------------	-----------------

## 4. ANCLAJES

4,1	Anclaje permanente de muro pantalla al terreno, con inclinación de 30° respecto al plano horizontal, hasta 17,5 m de longitud, para asegurar la estabilidad del muro pantalla. Incluye todos los materiales y accesorios necesarios para realizar su instalación.	ml	140	\$ 203.527,00	\$ 28.493.780,00
-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----	---------------	------------------

		SubTotal			\$ 46.439.902,00
		Administración		20%	\$ 9.287.980,40
		Imprevistos		3%	\$ 1.393.197,06
		Utilidad		5%	\$ 2.321.995,10
		IVA		18%	\$ 417.959,12
		Total			\$ 59.861.033,68

### 13.3.PRESUPUESTO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 3

#### 9 Tabla No. 9 – Presupuesto intervención No. 3

PRESUPUESTO No. 3 - ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLETA ENTRE LOS KM 51+010 Y KM 51+119

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES					
1,1	Localización, trazado y replanteo del proyecto. Se utilizará equipo de precisión, personal experto. Se hará con la frecuencia que lo indique la interventoría. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, corte de piso, libretas, planos.	Día	6	\$ 620.000,00	\$ 3.720.000,00
1,2	Construcción de Cerramiento provisional en tela verde sarán altura 2.10 m. Incluye poste de madera cada 2 metros hincado.	ml	110	\$ 24.750,00	\$ 2.722.500,00
1,3	Suministro e Instalación de Campamento Provisional con contenedor de 6m <sup>2</sup> .4m <sup>2</sup> ,4m, Incluye transporte hasta la obra, instalación, su alquiler y retiro una vez finalizadas las obras.	Mes	3	\$ 512.000,00	\$ 1.536.000,00
1,4	Alquiler de Baño Provisional Portátil, Incluye transporte hasta la obra, mantenimiento, instalación, su alquiler y retiro una vez finalizadas las obras.	Mes	3	\$ 377.000,00	\$ 1.131.000,00

2. DEMOLICIONES					
2,1	Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada, con martillo neumático compresor, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.	M <sup>2</sup>	390	\$ 7.642,00	\$ 2.980.380,00
2,2	Demolición de muro de concreto armado, con medios manuales, martillo neumático y equipo de oxicorte, y carga manual sobre camión o contenedor.	M <sup>3</sup>	64,4	\$ 187.600,00	\$ 12.081.440,00
3. EXCAVACIONES					
3,1	Excavación mecánica a cielo abierto en suelo conformado para la constitución de la calzada.	M <sup>3</sup>	3120	\$ 9.850,00	\$ 30.732.000,00
3,2	Excavación mecánica de roca para extracción de todo material de relleno proveniente de la zona.	M <sup>3</sup>	23	\$ 470.500,00	\$ 10.821.500,00
4. LLENOS Y ASFALTOS					

4,1	Llenos con material de préstamo, compactados mecánicamente hasta obtener una densidad del 95% de la máxima obtenida en el ensayo del Proctor modificado. Incluye el suministro, transporte, colocación de la arenilla, la compactación de la misma y transporte interno. Y su medida será en sitio ya compactado.	M <sup>3</sup>	2874,82	\$ 38.414,00	\$ 110.433.335,48
4,2	Subbase granular con zahorra natural caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% del Proctor Modificado de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, para mejora de las propiedades resistentes del terreno.	M <sup>3</sup>	119,6	\$ 62.340,00	\$ 7.455.864,00
4,3	Base granular realizada mediante relleno a cielo abierto, con zahorra natural caliza, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 100% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.	M <sup>3</sup>	89,7	\$ 48.380,00	\$ 4.339.686,00

4,4	Pavimento de 12 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa continua en caliente de composición densa, con agregado granítico de 12 mm de tamaño máximo.	M <sup>2</sup>	390	\$ 22.852,00	\$ 8.912.280,00
<b>5. OBRAS DE DRENAJE</b>					
5,1	Construcción de Filtro tipo francés con geotextil NT 1600, Triturado de 3/4 a 1", Tubería de filtro de 4" de 3.80 de altura y 30 cm de Ancho. Incluye todo lo necesario para su correcta instalación.	ml	30	\$ 184.565,00	\$ 5.536.950,00
5,2	Suministro e instalación de drenes (lloraderos) d=4" en tubería sanitaria pvc. Incluye todos los materiales y accesorios necesarios para realizar su instalación.	ml	104	\$ 24.348,00	\$ 2.532.192,00
<b>6. ESTRUCTURAS</b>					
6,1	Construcción de viga y/o dados en concreto de 35 Mpa, para instalación y soporte de los anclajes del muro. Con impermeabilizante integral tipo plastocrete dm o equivalente. Incluye el suministro y transporte del concreto, mano de obra, vibrado, protección y curado, para estructuras de acuerdo con las diferentes dimensiones establecidas en los planos y diseños. Incluye acarreo interno. No incluye refuerzo.	M <sup>3</sup>	7,4	\$ 793.850,00	\$ 5.874.490,00

6,2	Construcción de muro de contención en concreto de 21 mpa., espesor de 0,25 a 0,50 m., adicionado con fibra y con impermeabilización integral tipo plastocrete dm o equivalente calidad. Incluye suministro, transporte y colocación del concreto, formaleta completa, vibrado protección curada, y todos los demás elementos necesarios para su correcta construcción. El refuerzo se pagará en su ítem respectivo.	M <sup>3</sup>	69	\$ 1.314.550,00	\$ 90.703.950,00
6,3	Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO FY= 420 Mpa-60000 PSI, corrugado. Incluye transporte con descarga, transporte interno, alambre de amarre, certificados y todos los elementos necesarios para su correcta instalación, según diseño y recomendaciones estructurales.	kg	7034	\$ 7.432,00	\$ 52.276.688,00
7. ANCLAJES					
7,1	Anclaje permanente de muro pantalla al terreno, con inclinación de 30° respecto al plano horizontal, hasta 17,5 m de longitud, para asegurar la estabilidad del muro pantalla. Incluye todos los materiales y accesorios necesarios para realizar su instalación.	ml	140	\$ 203.527,00	\$ 28.493.780,00

	SubTotal		\$ 353.790.255,48
	Administración	20%	\$ 70.758.051,10
	Imprevistos	3%	\$ 10.613.707,66
	Utilidad	5%	\$ 17.689.512,77
	IVA	18%	\$ 3.184.112,30
	Total		\$ 456.035.639,31

**- Personal requerido para desarrollo de las propuestas**

**Equipo de trabajo de intervención**

Para el equipo de trabajo se dividen las áreas encargadas para el total de la intervención y se llevará el registro en los siguientes cuadros. Se debe llenar el total del equipo que laboró durante los procesos para llevar a cabo la obra.

**• Diseños**

Director de consultoría
Coordinador de Diseños
Diseñador (es)
Apoyo a diseños
Diseño Estructuras en concreto
Estudio de Suelos
Diseños Especializados
Diseño acometido eléctrica
Asesor supervisión estructural
Estudio adecuación acometidas
Presupuesto General y Programación de Obra

- **Ejecución de Obra**

**Personal administrativo**

Gerente de Obras
Departamento Financiero
Contador – Revisor Fiscal
Recursos Humanos
Compras
Contabilidad
Apoyo SINCO
Sistemas
Sistema de Gestión y Calidad
Asesoría Jurídica

- **Personal técnico de Obra**

Director de técnico y administrativo de Obra
Residente de Obras
Residente de Estructuras
Presupuesto y Programación de Obras
Control de Obra
Coordinador HSEQ
Residente auxiliar de Obras
Maestro General de Obras
Jefe de Almacén
Elaboración de actas de vecindad
Gestión Permisos y licencias ambientales
Licencia de Construcción

- **Subcontratistas de obra**

Topografía
Cimentaciones Profundas
Demoliciones
Demoliciones y reforzamiento estructural
Cerramiento perimetral
Reforzamiento en cintas
Manejos de Escombros
Provisional eléctrica de obra y campamento
Estructuras en concreto y mamposterías
Instalaciones hidrosanitarias y redes contra incendios
Instalaciones Eléctricas y redes de voz y datos
Planta Eléctrica

Impermeabilizaciones
Sistema de especializados
Señalética
Perforaciones, anclajes y acabados
Vigilancia de Obra
Aseo Final de Obra y desinfección de áreas

## 14 PROGRAMACIÓN

### 14.1.PROGRAMACIÓN PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 1

CRONOGRAMA No. 1 - ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLETA ENTRE LOS KM 51+010Y KM 51+119													
		CRONOGRAMA											
		MES 1				MES 2				MES 3			
ITEM	DESCRIPCIÓN	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
<b>1. PRELIMINARES</b>													
1,1	Localización, trazado y replanteo del proyecto.												
1,2	Construcción de Cerramiento provisional.												
1,3	Campamento Provisional con contenedor de 6mx2.4mx2,4m.												
1,4	Baño Provisional Portatil.												
<b>2. DEMOLICIONES</b>													
2,1	Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada.												
2,2	Demolición de muro de concreto armado.												
<b>3. EXCAVACIONES</b>													
3,1	Excavación mecánica a cielo abierto.												
3,2	Excavación mecánica de roca.												
<b>4. LLENOS Y ASFALTOS</b>													
4,1	Llenos con material de préstamo.												
4,2	Lleno en Subbase granular.												
4,3	Lleno en Base granular.												
4,4	Pavimento de 12 cm de espesor.												
<b>5. OBRAS DE DRENAJE</b>													
5,1	Construcción de Filtro tipo frances.												
5,2	Suministro e instalación de drenes (lloraderos).												
<b>6. ESTRUCTURAS</b>													
6,1	Construcción de vigay/o dados en concreto de 35 Mpa.												
6,2	Construcción de muro de contención en concreto de 21 mpa.												
6,3	Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO.												

Fuente: elaboración propia

## 14.2.PROGRAMACIÓN PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 2

CRONOGRAMA No.2 - ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLET A ENTRE LOS KM 51+010 Y KM 51+119							
		CRONOGRAMA					
		MES 1				MES 2	
ITEM	DESCRIPCIÓN	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
<b>1. PRELIMINARES</b>							
1,1	Localización, trazado y replanteo del proyecto.						
1,2	Construcción de Cerramiento provisional.						
1,3	Campamento Provisional con contenedor de 6mx2.4mx2,4m.						
1,4	Baño Provisional Portatil.						
<b>2. ESTRUCTURAS</b>							
2,1	Construcción de viga y/o dados en concreto de 35 Mpa.						
2,2	Construcción de muro de contención en concreto de 21 mpa.						
2,3	Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO.						
<b>3. OBRAS DE DRENAJE</b>							
3,1	Suministro e instalación de drenes (lloraderos).						
<b>4. ANCLAJES</b>							
4,1	Anclaje permanente de muro pantalla al terreno.						

Fuente: Elaboración propia

### 14.3.PROGRAMACIÓN PROPUESTA DE INTERVENCIÓN No. 3

CRONOGRAMA No. 3 - ESTUDIO PATOLÓGICO EN LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE LA VÍA BOGOTÁ - VILLET A ENTRE LOS KM 51+010Y KM 51+119													
		CRONOGRAMA											
		MES 1				MES 2				MES 3			
ITEM	DESCRIPCIÓN	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
1	Localización, trazado y replanteo del proyecto.	■			■			■					■
2	Construcción de Cerramiento provisional.	■											
3	Campamento Provisional con contenedor de 6mx2.4mx2.4m.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Baño Provisional Portatil.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada.		■	■									
6	Demolición de muro de concreto armado.			■	■								
7	Excavación mecánica a cielo abierto.			■	■	■							
8	Excavación mecánica de roca.					■							
9	Construcción de vigay/o dados en concreto de 35Mpa.					■	■						
10	Construcción de muro de contención en concreto de 21 mpa.						■	■					
11	Suministro, transporte e instalación de ACERO DE REFUERZO FIGURADO.					■	■						
12	Construcción de Filtro tipo frances.						■	■	■				
13	Suministro e instalación de drenes (lloraderos).					■		■		■			
14	Anclaje permanente de muro pantalla al terreno.							■	■	■			
15	Llenos con material de préstamo.							■	■				
16	Lleno en Subbase granular.								■	■			
17	Lleno en Base granular.										■	■	
18	Pavimento de 12 cm de espesor.											■	■

## 15 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### ● Resultados Esclerometría

De acuerdo con la información obtenida se tienen los siguientes resultados:

#### 72 Ilustración No. 72 - Lecturas Ensayo esclerometría

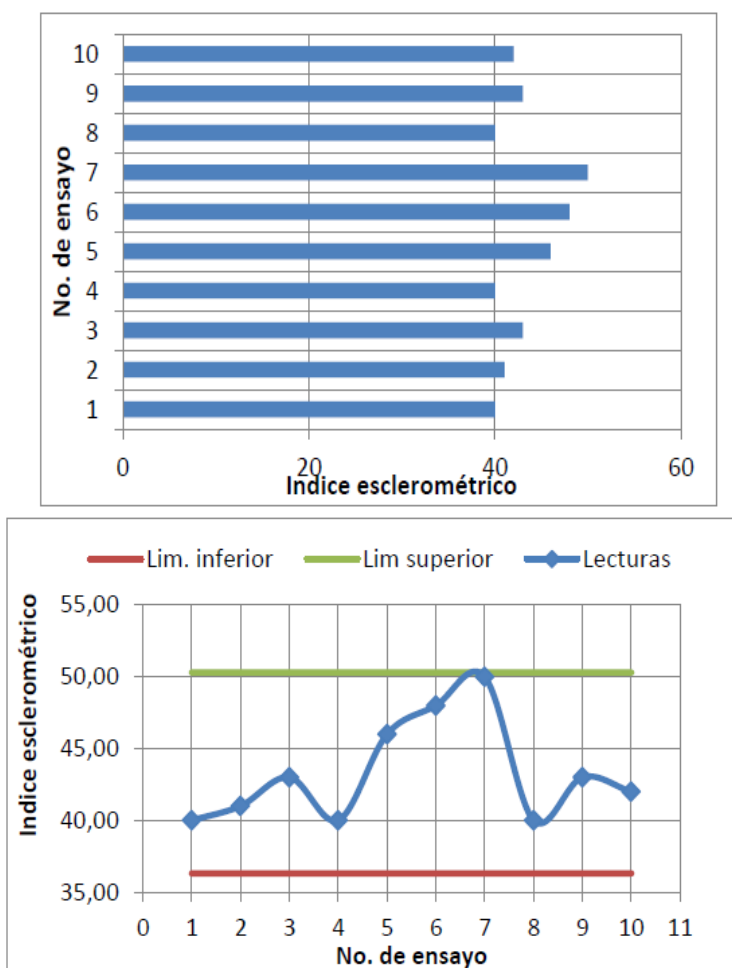
LECTURAS DEL ENSAYO				
40	41	43	40	46
48	50	40	43	42

Fuente: JML ensayos e Ingeniería

La Firma contratada para la realización de los ensayos, realizó un total de 10 mediciones del índice esclerométrico del concreto que conforma el Muro objeto de análisis, es por ello que, a partir de las lecturas realizadas, se obtuvieron los datos por medio de los cuales se procedió a realizar la gráfica de los valores máximos y mínimos obtenidos, estos se exponen a continuación:

### 73 Ilustración No. 73 - Representación gráfica valores máximos y mínimos

#### Esclerometría



Fuente: JML ensayos e Ingeniería

A partir de esto, se realizó el promedio de las mediciones realizadas, cuyo resultado corregido se vislumbra a continuación:

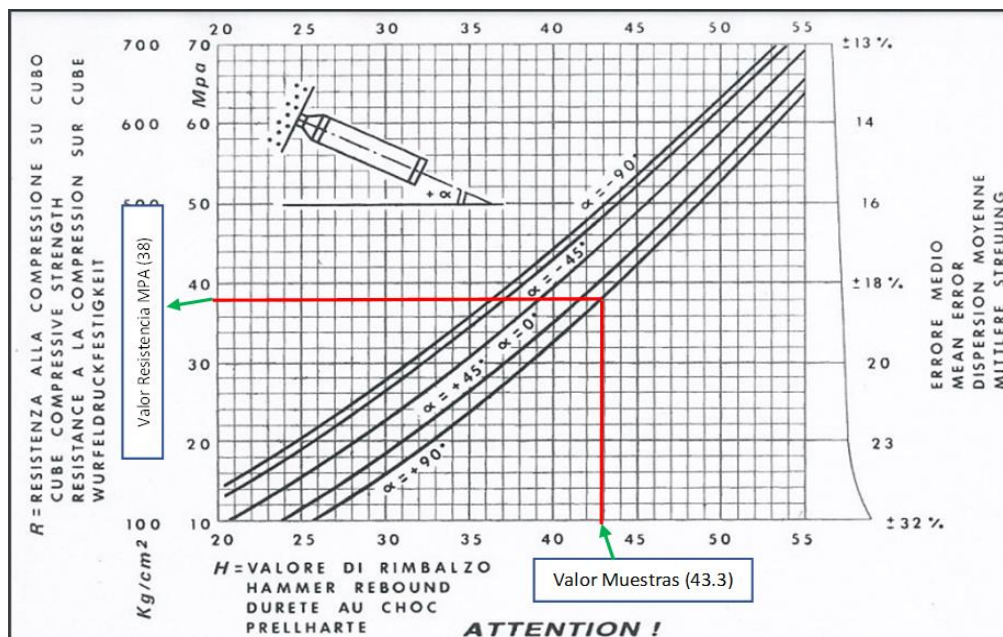
#### 74 Ilustración No. 74- Resultados Índice esclerométrico promedio

RESULTADOS	
Promedio ( $x_m$ )	43,3
Desv. estandar (s)	3,56
Coef. variación (CV)	8,2%
Lim. superior ( $x_m+7s$ )	46,86
Lim. inferior ( $x_m-7s$ )	39,74
Diferen del promedio	0
<b>VALOR PROM. AJUSTADO</b>	<b>43,30</b>

Fuente: JML Ensayos e Ingeniería

Una vez Corregidas las mediciones, se procede a efectuar la correlación en la gráfica de datos Vs Ángulo de toma de muestras de la siguiente manera:

#### 75 Ilustración No. 75 - Correlación muestra promedio para obtención de F'c



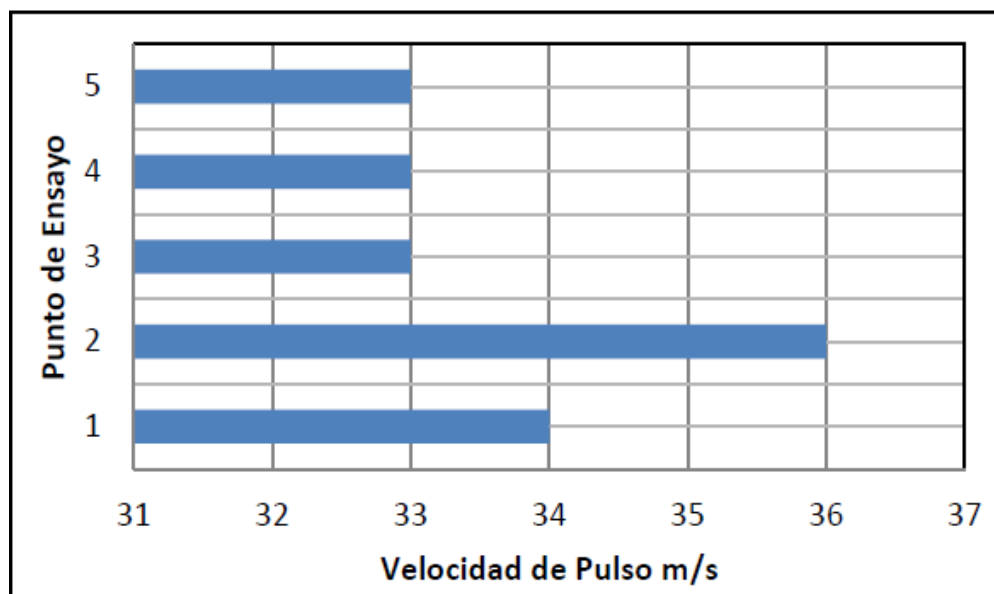
Fuente: Eurosit Building technology y edición propia

De acuerdo con el análisis realizado, se vislumbra que el F' C (coeficiente de resistencia del concreto) de la estructura objeto de estudio, es de 38 Mega Pascales - MPA -, con lo que se define que el concreto empleado en la estructura es de gran resistencia y por tanto se descarta que dicho material sea el factor detonante de las patologías previamente expuestas.

### **Resultados Medición Ultrasonido:**

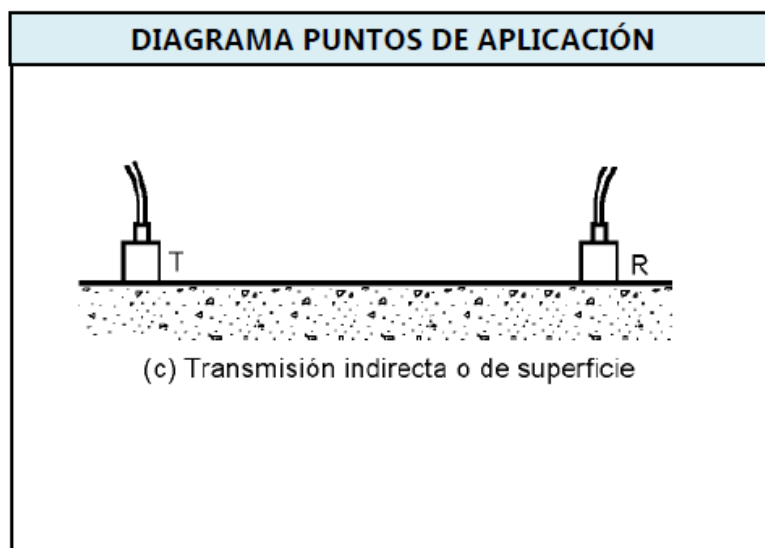
Teniendo en cuenta que no se logró obtener el permiso para la realización de ensayos destructivos, se procedió a realizar el ensayo de Medición ultrasónica, en aras de confirmar la resistencia del concreto o la existencia de elementos y/o fluidos que pudieran generar algún tipo de influencia sobre el dicho factor

#### **76 Ilustración No. 76 - Cantidad de mediciones de ultrasonido y resultados de velocidad.**



Fuente: JML Ensayos e Ingeniería

#### **77 Ilustración No. 77 - Tipo de Medición ultrasonido (Directa o Indirecta)**



Fuente: JML Ensayos e Ingeniería

**78 Ilustración No. 78 - Velocidad de propagación y recepción de Onda**

<b>LECTURAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Medición</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Tiempo (<math>\mu</math>s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
1	14,8	34,0	4352,9
2	14,8	36,0	4111,1
3	14,8	33,0	4484,8
4	14,8	33,0	4484,8
5	14,8	33,0	4484,8

Fuente: JML Ensayos e Ingeniería

**79 Ilustración No. 79 - Resultados promediados y corregidos definitivos**

<b>RESULTADOS</b>		
<b>Promedio</b>	4383,72	m/s
<b>Desv Std</b>	162,75	
<b>(Rango sup)</b>	4546,46	
<b>(Rango inf)</b>	4220,97	
<b>Vel. Ajustada</b>	<b>4.452</b>	<b>m/s</b>

Fuente: JML Ensayos e Ingeniería

### 80 Ilustración No. 80 - Fórmulas de Conversión a Resistencia MPA

$$E = \rho V^2 \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

$$f'c = \left( \frac{E}{4700} \right)^2 [MPa]$$

Fuente: Arkiludus

De lo anterior y según la información obtenida, se tiene que la resistencia del concreto según el informe en cuestión es de alrededor de 40 MPA, lo que corrobora la afirmación en la cual se indica que la resistencia del concreto no es la falla principal de infraestructura.

Cabe mencionar que, con este ensayo, no solo se puede confirmar la resistencia del concreto, sino localizar posibles grietas internas de gran tamaño en la estructura, así como posibles filtraciones y también la localización de las barras de acero en la estructura.

- Resultados complementarios

Tal y como se expuso en el capítulo **“10 Propuestas de Intervención”**, la información de estratigrafía y medición de desplazamientos con inclinómetros fue suministrada por la Concesión Sabana de Occidente S.A., la cual se resume nuevamente a continuación:

### 81 Ilustración No. 81 - Estratigrafía del Muro de Contención

Material	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (kPa)	Phi (°)
Lleno	20	1	35
Deposito Qfd	18	14	33.2

Tabla 5.2. Resultados de la caracterización física y geomecánica deposito Qfd y Kic.

Deposito (Qfd)											
Muestra	Tipo	Humedad (%)	LL (%)	LP (%)	LP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Clasif.	Cohesión (kPa)	Phi (°)
M-1	Suelo	8	47	27	20	30.10	14.6	55.3	CL	14	33.8
M-2	Suelo	12	44	28	16	27.5	24.8	47.7	GM	19	33.2
Promedio		10	45.5	27.5	18	28.8	19.7	51.5		16.5	33.5

Kic (Limolitas y Lutitas)								
Muestra	Tipo	Peso Unitario Total (KN/m <sup>2</sup> )	Peso Unitario seco (KN/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo (Mpa)	Carga Puntual I <sub>50</sub> (Mpa)	Relación I <sub>50</sub> -UCS (MPa)	Cohesión (kPa)	Phi (°)
M-1	Bloque	21.42	20.64		3.578	82.29	15	31.3
M-2	Bloque	22.17	21.82				22	33.7
M-3	Bloque	20.27	19.67		1.23	28.29	26	34
M-4	Bloque	19.92	19.31	42.09				
M-5	Bloque	20.57	19.69		2.152	49.50	11	28.3
M-6	Bloque	18.94	17.79		1.318	30.31		
M-7	Bloque	17.85	16.47			18.52		

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

### 82 Ilustración No. 82. - Registros Inclínómetros Periodo Noviembre 2021 Vs Julio

2022

ABSCISADO PTO. CONTROL	DESPLOME MURO REGISTRO (m) 28 NOVIEMBRE 2021	DESPLOME MURO REGISTRO (m) 25 MAYO 2022	DESPLOME MURO REGISTRO (m) JULIO 2022
K51+0,535	0.151	0.155	0.158
K51+0.609	0.052	0.055	0.058
K51+0,711	0.032	0.056	0.059
K51+076,4	0.012	0.018	0.024
K51+083,1	0	0.001	0.002
K51+086,8	0.025	0.027	0.031
51+088,9	0.150	0.154	0.156
51+096,3	0.112	0.119	0.124
51+101,10	0.097	0.099	0.099

Fuente: Concesión Sabana de Occidente S.A.S.

Por lo tanto y de acuerdo con los registros expuestos, se evidencia que la estructura en cuestión no ha presentado variaciones significativas, con respecto a desplazamientos durante el último año, con lo que se podría inferir que la misma no tiene un riesgo alto de desplome o colapso a corto plazo.

En sintonía de lo anteriormente expuesto, se concluye que las patologías del Muro en análisis corresponden a lesiones de por factores mecánicos, toda vez que esta estructura está sometida a esfuerzos a los cuales no fue diseñado. Dichas sobrecargas son producto de la saturación y aumento de presiones hidrostáticas de las capas de la estructura de pavimento que soporta el muro.

Por otro lado, se puede dar la certeza que actualmente esta estructura de contención no presenta riesgos relevantes de colapso, sin embargo, se debe realizar una intervención integral con el fin de subsanar y mitigar el origen de nuevas lesiones que afecten la estabilidad e integridad de esta.

## **16 Conclusiones y recomendaciones**

Por ultimo y en sintonía de toda la información y análisis previamente expuestos, se tienen las siguientes conclusiones:

Con la finalidad de identificar todas y cada una de las patologías existentes en el Muro de Contención, así como de los elementos y factores de influencia en su área de influencia, el equipo desarrollo a cabalidad las visitas de campo con las cuales aplico los conocimientos adquiridos para realizar el registro, identificación y descripción correcta y acertada de las mismas

Posterior a tales acciones, y una vez localizadas y registradas todas las lesiones de la estructura, se realizó el planteamiento de desarrollo de ensayos no destructivos tales como levantamientos topográficos, medición de profundidad de grietas, medición de resistencia al concreto con esclerómetro y Ultrasonido, con el fin de obtener la información necesaria para realizar la interpretación y diagnóstico del estado de los elementos que componen la estructura objeto de estudio.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos anteriormente mencionados, se realizó el respectivo análisis y evaluación de estos, con ello se determinó que el Concreto tiene una resistencia promedio de 40 MPA al igual las grietas no presentaban profundidades considerables y con el levantamiento topográfico, se corroboró que no existen asentamientos diferenciales en el paciente.

Por ello se descartó que las lesiones fueran originadas por errores en el diseño estructural del Muro, sin embargo de acuerdo con la información obtenida por la Concesión y a las inspecciones realizadas, se evidenció la falta de elementos hidráulicos así como sobrecargas, producto del peso de la estructura de pavimento, la cual es soportada por el Muro, esto deriva en que la estructura se encuentra sometida a esfuerzos superiores a los de diseño y esta es la causa principal de las patologías del paciente en cuestión.

En tal sentido, el equipo de trabajo realizó tres propuestas de solución con sus respectivos presupuestos, las cuales se resumen de la siguiente manera:

Propuesta 1 – Realizar una excavación y remplazo del material que conforma la estructura de pavimento, para alivianar las cargas a las que se encuentra sometido el Muro.

Propuesta 2 – Instalación de anclajes activos que otorguen mayor resistencia estructural a los módulos que conforman el Muro

Propuesta 3 – Corresponde al desarrollo combinado de las 2 propuestas anteriormente descritas, para realizar una intervención integral y brindando una solución que asegure una vida útil de más de 10 años, de la estructura objeto de análisis.

Adicionalmente se desarrolló un manual de mantenimiento de la estructura, el cual se anexa al presente trabajo, en el cual se imparten los lineamientos y acciones a llevar a cabo por el responsable de la estructura, para garantizar el correcto funcionamiento y estado del Muro y así mismo perdure de manera correcta durante el tiempo.

## 17 Bibliografía

- Fiol, O., (2014). Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios. Universidad de Burgos. Burgos, España.
- Elguero, A., (2004). Patologías Elementales. Nobuko. Buenos Aires, Argentina.
- Barlow, P., (2001). ACI 224. Control de la fisuración en estructuras de hormigón. Recuperado de:  
<https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-chile/hormigon-estructural/aci-224/11571430>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Recuperado de:  
<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Broto, C., (2005). Patología de la Construcción. Enciclopedia Broto. Ed. Links International.
- [Vv.Aa.](#), (1999). Tratado de Rehabilitación. Tomo IV: Patología Y Técnicas De Intervención. Ed. Munilla-Lería
- Información Obtenida de la CONCESIÓN SABANA DE OCCIDENTE

- Diaz, J. S. (1998). Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2015). Norma Colombiana de Diseño de Puentes - CCP14. Bogotá D.C.: AIS.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. Mexico D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Brandl H. (1996) “Stabilization of multiple progressive slope failures”. Proceedings of the Seventh International Symposium on landslides. Trondheim.
- Holtz R.D., Schuster R.L.(1996) “Stabilization of soil slopes”. Landslides investigation and mitigation. Special report 247. Transportation research Board. National research council

## 18 Anexos

**Los documentos anexos al presente trabajo son los siguientes:**

### **Carpeta No. 1 – Ensayos**

- Registros Inclínoímetros
- Resultados Esclerómetro
- Resultados Ultrasonido

### **Carpeta No. 2 – Modelación BIM Propuestas de Intervención**

### **Carpeta No. 3 – Información Concesión**

- Alzado Muro
- Informe Geológico

- Informe General

**Carpeta No. 4 - *Carta Permisos***

**Carpeta No. 5 – *Presupuestos y Cronogramas***

- Cronograma 1,2,3
- Presupuesto 1,2,3

**Carpeta No. 6 – *Planos y Fichas Historia clínica***

- Informe Historia Clínica y fichas
- Plano Alzado Muro de Contención D23
- Plano Planta Muro de Contención D23

**Carpeta No. 7 – *Matriz de Vulnerabilidad Sísmica***

**Carpeta No. 8 – *Manual de Mantenimiento***

**Carpeta No. 9 – *Diseño Metodológico***

**Carpeta No. 10 – *Registros Fotográficos Visitas***