

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

GABRIEL LEONARDO GUARÍN LEYVA

000099298

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

ING. CIVIL

GIRARDOT

2018-1

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

GABRIEL LEONARDO GUARÍN LEYVA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

ALDEMARO GULFO

TUTOR DE GRADO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

ING. CIVIL

GIRARDOT

2018-1

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, primeramente a DIOS, porque me dio su favor de vivir, por esclarecer mi mente y darme fuerzas para seguir adelante.

A mi madre Brillid Leyva, y a mi padre Orlando Guarín, porque me dieron la vida, me han guiado por buenos caminos y siempre han estado para mí.

A mi esposa, Leidy Dayanna, que la amo infinitamente, es una de mis razones para salir adelante, es ella quien ha estado todo este tiempo apoyándome con su amor incondicional.

A mi abuelito Gabriel Guarín (QEPD), quien me inculco que la formación académica es muy importante para aportar a la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor de tesis, el ingeniero Aldemaro Gulfo, por su tiempo, disponibilidad y aporte académico, para la elaboración de este trabajo.

A mi esposa, te recuerdo nuevamente, sin ti no sería yo.

A la universidad, que por su enfoque social me permitió llegar a esta etapa de mi vida.

NOTA DE APROBACIÓN

Firma del Presidente Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	12
1. ANTECEDENTES.....	14
1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:	14
1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:	17
1.3. ANTECEDENTES REGIONALES.....	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:.....	22
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. OBJETIVOS.....	25
4.1. OBJETIVO GENERAL	25
4.2. OBJETIVO ESPECIFICO	25
5. MARCO DE REFERENCIA	26
5.1. MARCO TEÓRICO	26
5.2. MARCO CONCEPTUAL	27
5.3. MARCO LEGAL	39
5.4. MARCO INSTITUCIONAL	44
6. METODOLOGÍA	49
7.1. INSPECCIÓN PRELIMINAR DEL MURO DE CONTENCIÓN.	52
7.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	55
7.3. ENSAYO DE ESCLERÓMETRO	62
7.4. INSTALACIÓN DE TESTIGOS ESTRUCTURALES	66
7.5. ESTUDIO DE SUELO.....	67
7.6. CALCULO DE MURO.....	68
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	73
8.1. ANÁLISIS DEL ENSAYO ESCLERÓMETRO:	73
8.2. ANÁLISIS DE FALLAS	73
8.3. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS:	74
8.4. ANÁLISIS DEL CÁLCULO DE MURO.....	77
9. FORMULACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES	79
9.1. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN POR FISURAS.....	79
9.2. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN POR HUMEDAD	79

9.3. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN POR DESPRENDIMIENTO.....	79
10. CONCLUSIONES.....	80
11. RECOMENDACIONES.....	81
12. BIBLIOGRAFÍA.....	83
13. ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 ESPECIFICACIONES DEL MURO	55
TABLA 2 EVALUACIÓN DE REBOTE R	65
TABLA 3 ENSAYOS DE SUELOS.....	68
TABLA 4 DATOS MURO	68
TABLA 5 CHEQUEO DE LA SECCIÓN	70
TABLA 6 DESCRIPCIÓN.....	71
TABLA 7 EXCENTRICIDAD	71
TABLA 8 CHEQUEO DE TRACCIONES Y COMPRESIONES	71
TABLA 9 CHEQUEO AL VOLTEO	72
TABLA 10 CHEQUEO AL DESLIZAMIENTO.....	72
TABLA 11 PERFILES ESTRATÉGICOS	75
TABLA 12 ARCILLAS LIMOSAS CL.....	75
TABLA 13 ARCILLAS ML.....	75
TABLA 14 CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO	75
TABLA 15 NIVEL FREÁTICO.....	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 DETERIORO DEL MURO DEL RIO PAMPLONITA	18
ILUSTRACIÓN 2 FALLA POR VOLTEO.....	29
ILUSTRACIÓN 3 DESLIZAMIENTO LATERAL.....	30
ILUSTRACIÓN 4 TIPOS DE FISURAS Y GRIETAS	33
ILUSTRACIÓN 5 TIPOS DE MUROS DE CONTENCIÓN.....	35

ILUSTRACIÓN 6 MODELO SECUENCIA DE LOS PROCESOS QUE SIGUE LA PATOLOGÍA DEL CONCRETO	38
ILUSTRACIÓN 7 FACTORES DE SEGURIDAD BÁSICOS MÍNIMOS DIRECTOS.....	39
ILUSTRACIÓN 8 FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS SICPF MÍNIMOS. H.4.1.....	39
ILUSTRACIÓN 9 FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS MÍNIMOS.....	41
ILUSTRACIÓN 10 MAPA SATELITAL DE GIRARDOT	48
ILUSTRACIÓN 11 ÁRBOLES PLANTADOS.....	52
ILUSTRACIÓN 12 DRENAJES	53
<i>ILUSTRACIÓN 13 MURO DE CONTENCIÓN PRIMERA PARTE</i>	54
ILUSTRACIÓN 14 MURO DE CONTENCIÓN SEGUNDA PARTE (SECCIÓN GRANDE).....	55
ILUSTRACIÓN 15 EVIDENCIA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	56
ILUSTRACIÓN 16 VISTA EN PLANTA	56
ILUSTRACIÓN 17 GRAFICA EN CIVILCAD 3D	57
ILUSTRACIÓN 18 PERFIL.....	57
ILUSTRACIÓN 19 CALIBRADOR PIE DE REY	58
ILUSTRACIÓN 20 INSPECCIÓN DE ALGUNAS FISURAS.....	59
ILUSTRACIÓN 21 UBICACIÓN DE LAS FISURAS POR EL MAPA DE DAÑOS FISURAS	60
ILUSTRACIÓN 22 MODELACIÓN 3D O REINDER	62
ILUSTRACIÓN 23 MARTILLO DE REBOTE	63
ILUSTRACIÓN 24 LIMAR SUPERFICIE Y LIMPIAR.....	64
ILUSTRACIÓN 25 MUESTREO DEL CONCRETO	65
ILUSTRACIÓN 26 FISURAS CON TESTIGOS DE YESO	66
ILUSTRACIÓN 27 CÁLCULO DEL DISEÑO DE MURO.....	69

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de analizar el estado actual del muro de contención por gravedad ubicado en la carrera 7 entre calle 14 y 11 del municipio de Girardot/Cundinamarca, para determinar si presenta fallas en el concreto ciclópeo y así, plantear una posible solución.

Para ello se utilizó, el método que propone Antonio Aguado, apoyándose desde un enfoque cuantitativo, con un tipo de estudio no experimental- trasversal y el método es deductivo con alcance explicativo, el cual permite identificar las variables y contrastarlas, a partir de un estudio de suelos, levantamiento topográfico, posterior a eso modelación en 3D; un ensayo de laboratorio (esclerómetro) y un cálculo volumétrico.

Los resultados obtenidos en el ensayo de esclerómetro mostraron que la estructura a pesar de ser de tan avanzada vetustez, su resistencia se ha mantenido a lo largo del tiempo, lo cual no representa un factor determinante en cuanto a falla en el concreto ciclópeo; considerando que fue construido aproximadamente hace 88 años.

Por último, se pudo determinar que el sistema constructivo del muro de contención por gravedad cumple con las normas actuales y su estado es aceptable, pese que tiene una vetustez de más de 80 años. A su vez, el muro por su volumetría, peso y dimensiones cumplen con los factores de seguridad de muros de contención según la NSR- 10. Al igual, mantiene su geometría, conserva su resistencia según los ensayos realizados, debido que el concreto del muro tiene una resistencia de 210 MPa, lo cual cumple con los requerimientos de concreto simple.

Según esta investigación el muro aún cumple con el objetivo inicial al que fue diseñado, como contenedor de tierras, pero se debe resaltar que el sistema de contención presenta algunas fallas estructurales que deben ser reparadas oportunamente para que no sean un problema eventual.

Palabras claves: Muro de contención, fallas, concreto ciclópeo

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of analyzing the current state of the containment wall by gravity located in the 7th street between 14th and 11th streets of the municipality of Girardot / Cundinamarca, to determine if it presents faults in the concrete terrain and thus, to raise a possible solution.

To this end, the method as proposed by Antonio Aguado, supported by a quantitative approach, with a non-experimental-cross-sectional type of study and the method is deductive with explanatory scope, which allows to identify the variables and contrast them, from a soil study, topographic survey, after that 3D modeling; a laboratory test (sclerometer) and a structural calculation. The results obtained in the sclerometer test showed that the structure, despite being of such advanced age, its resistance has been maintained over time, which does not represent a determining factor in terms of failure in the cyclopean concrete; considering that it was built approximately 88 years ago.

Finally, it was possible to determine that the constructive system of the retaining wall by gravity complies with the current norms and its condition is acceptable, although it has an age of more than 80 years. In turn, the wall by its volume, weight and dimensions comply with the safety factors of retaining walls according to the NSR-10. Likewise, maintains its geometry, retains its strength according to the tests carried out, because the concrete of the wall It has a resistance of 210 MPa, which meets the requirements of simple concrete. According to this investigation, the wall still meets the initial objective to which it was designed, as a land container, but it should be noted that the containment system presents some structural faults that must be repaired in a timely manner so that they are not an eventual problem.

Key words: Retaining wall, faults, cyclopean concrete

INTRODUCCIÓN

Terzaghi, Peck y Mesri (1996) afirman que los muros de contención son estructuras destinadas al soporte de taludes escarpados de masas de suelo y rocas en macizos fracturados, o de arrumes de materiales heterogéneos que presentan pendientes ascendentes que su ángulo de reposo; a su vez, es una estructura lineal y vertical construida a modo de pared como elemento rígido. La función principal de los muros es la de servir como elemento de contención de un terreno, proporcionando seguridad al soportar las fuerzas y presiones que se ejercen sobre él.

Por consiguiente, este tipo de estructuras son utilizadas como protección en proyectos de ingeniería principalmente en carreteras, con el fin de evitar derrumbes; también se usan en lugares con desniveles o en sótanos, soportando los empujes de tierra y, en pequeñas represas soportando empujes de grandes masas de agua.

El trabajo de investigación que a continuación se presenta, tiene por objeto analizar el estado actual del muro de contención por gravedad ubicado en la carrera 7 entre calle 14 y 11 del municipio de Girardot/Cundinamarca, para determinar si presenta falla en el concreto ciclópeo y así, plantear una posible solución.

Para ello, es necesario determinar que las fallas son un rompimiento en la estructura de concreto y se pueden presentar desde una fisura o grieta, hasta un rompimiento total del elemento.

Harmsen (2002) clasifica las fallas en tres tipos: Falla por volteo o giro excesivo, Deslizamiento lateral del muro y Asentamiento de la estructura. Las fallas por volteo se dan por momentos desestabilizantes producidos por el empuje de la tierra y la sobrecarga. Deslizamiento lateral del muro, es una falla producida por un empuje excesivo de la tierra, el cual incrementa con la

sobrecarga que se pueda presentar en el terreno, ocasionando el deslizamiento del muro.

Asentamiento de la estructura, se presenta por el peso y el relleno colocado en la parte superior de la zapata del muro, causando un asentamiento, fisuras o el colapso total de la estructura.

Al igual, se puede establecer que las estructuras pueden presentar ineficiencia debido al efecto del ambiente, a los proyectos errados y de mala calidad; también, por problemas congénitos debido a una supervisión paupérrima durante la construcción, por falta de mantenimiento y, por supuesto, por la edad de las obras que se fueron construidas hace muchos años.

Por último, los fundamentos teóricos sobre las fallas que se presentan en los muros de contención, permiten analizar que estas se dan por diferentes factores, por la máxima deformación unitaria elástica, en tensión o compresión, que experimenta el material sujeto a esfuerzos; por la ruptura o el flujo plástico del material; por el máximo esfuerzo cortante o por el deslizamiento que ocurre a lo largo de la superficie particular en la que la relación de esfuerzo tangencial al normal alcance un cierto valor máximo.

1. ANTECEDENTES

Desde el inicio de las civilizaciones y en el desarrollo de la ingeniería, los muros de contención se han desempeñado como una de las estructuras más importantes y antiguas en la historia de la humanidad. Una muestra evidente son las construcciones de la cultura inca, donde se utilizaron muros de piedras, diseñados para soportar el empuje de la tierra y poder así dar paso a la agricultura, sembrar en ella sin generar derrumbes.

Del mismo modo, en la Grecia antigua y el Palatino romano, se ingeniaron el mismo tipo de estructuras, con refuerzos en contrafuertes para soportar los empujes del suelo y poder construir características obras que los sitúan en la historia. Estos ejemplos dan la idea de la importancia de la utilización de los muros de contención.

En la actualidad de la ingeniería civil los muros de contención son estructuras muy usadas en diferentes campos, se usa para el soporte del empuje de tierras en vías, obras con desniveles, sean viviendas, colegios, centros comerciales, centros mineros e inclusive en parques o ríos, se emplean muros que previenen posibles desastres

1.1. Antecedentes internacionales:

Nuevo muro de contención de lomo caballo en Islas Canarias, Gran Canaria.

El Cabildo de Gran Canaria y el Ayuntamiento de Ingenio llevaron una obra de construcción del nuevo muro de contención en concreto ciclópeo, ubicado en la vía de lomo caballo- villa de ingenio, por el derrumbe parcial del anterior muro de contención, el cual dejaba en mal estado la vía y era de bastante peligro circular por esta carretera.

La vía tenía una antigüedad de más de 30 años, y no había recibido mantenimiento oportuno, y por lo anterior, los habitantes del sector presentaron la queja ante los entes gubernamentales españoles.

Esta obra tuvo el respaldo del coordinador de la Consejería de Obras Públicas e Infraestructuras del Cabildo de Gran Canaria, Ramón Morales y el alcalde de la Villa de Ingenio, Juan Díaz Sánchez, en la cual hubo presencia de estudiantes técnicos de la institución insular.

El nuevo muro que sostiene esta vía, presenta cimentado en concreto ciclópeo y material filtrante y esta asfaltado en su completa totalidad. La nueva vía estaba incluida en el nuevo plan de maya vial.

El Coordinador de la consejería, Ramón Morales, recalcó que el deber de actuar en los mantenimientos de estas vías es del Cabildo de Gran Canaria, donde está construida. Esta vía es usada diariamente por los campesinos y lugareños del sector.

Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable Frente a Deslizamientos.

Se muestra los resultados del estudio cuantitativo de las debilidades del sistema de potabilización de agua del río Tuy, el cual es la fuente hídrica de la ciudad de Caracas Venezuela, en este trabajo se evidencia el énfasis sobre las causas y consecuencias de la inestabilidad en los taludes, su afectación en los procesos de potabilización y el producto final (agua potable), todo esto con el uso de la metodologías y procedimientos actuales en la ingeniería.

Es importante destacar que este trabajo incluye una lista para la identificación de taludes y terrenos de pendientes moderadas con inestabilidad latente; e incorpora la actividad sísmica y la evaluación del potencial de licuefacción de suelos.

Asimismo, La vulnerabilidad de los componentes del sistema se mide en términos estadísticos. Esto está compuesto por: (1) la estadística existente sobre los efectos conocidos en los elementos debido a sismos pasados; (2) los resultados de análisis dinámicos, en casos muy específicos, el desempeño estructural a los sismos y vientos máximos pronosticados para la región y; (3) retrocesos probabilísticos entre los movimientos máximos del terreno. Presenta una cadena de procedimientos para valorar la seguridad del sistema analizado, considerando el tiempo de recuperación y la elección de contextos.

Diseño de muros de contención sector la aguada comuna de corral

El objetivo de este informe es brindar una solución a los problemas de estabilidad de taludes presentes en el área de La Aguada, Comuna de Corral, Región de Los Ríos, Chile. Actualmente en el área designada se puede ver un gran número de laderas en riesgo de falla, algunas naturales y otras causadas por la intervención de los habitantes de la zona, que representan un riesgo inminente para esta población y para la conectividad del lugar desde ese secuestro. También podría afectar y deshabilitar algunas rutas existentes. En primer lugar, se realizó un estudio del área para determinar las pendientes que presentan un riesgo de falla.

Posteriormente, la recolección de los datos necesarios para el diseño, a través del muestreo y prueba de la mecánica del suelo, así como el estudio topográfico respectivo de cada una de las laderas en cuestión. Finalmente, como parte de las diversas medidas de mitigación de deslizamientos incluida y detallada en esta tesis, se elige la solución de muros de contención en voladizo, que se diseñarán sobre la base del manual de carreteras del Ministerio de Obras públicas.

1.2. Antecedentes nacionales:

Proyecto recuperación y construcción muros de contención paseo del río Pamplonita, casco urbano municipio de Pamplona, Norte de Santander.

Evidencia una insuficiencia pública al presentarse problemas estructurales en algunos sectores del paseo del río, provocando socavación de las bases estructurales de los muros de contención de concreto ciclópeo, corriendo el riesgo de un colapso de los mismos y posiblemente afectar a las personas que habitan en el sector circundante.

Este proyecto se pasó a la oficina de infraestructura de la municipalidad para seguir con las regulaciones del PBOT del municipio, que está incluido en los planes de mejoras de la administración de turno en el año 2013.

Cabe resaltar que esta socavación en las bases estructurales de los muros de contención del paseo del río pamplonita, son de cauce natural, y se entiende como desgaste normal, teniendo una edad aproximada de 75 años cuando se realizó el estudio pertinente y al día de hoy de 80 años.

El deterioro de los muros de contención del río, se presenta en el 65 % de las estructuras, como se aprecia en la siguiente imagen:

Ilustración 1 Deterioro del muro del rio Pamplonita



Fuente: Alcaldía Municipal de Pamplona disponible de: http://pamplona-nortedesantander.gov.co/Proyectos/Documentos_Detalles_Proyectos/Proyecto%20Recuperaci%C3%B3n%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20muros%20de%20contenci%C3%B3n%20del%20Paseo%20del%20R%C3%ADo%20Pamplonita.pdf

En este proyecto se plantearon las siguientes soluciones:

- Reducción de las corrientes secundarias por medio de mecanismos de disipación de velocidad y fuerza de las aguas del rio Pamplonita
- Construcción de nuevas obras de tipo muros de contención, en concreto ciclópeo o armado según criterio de los proyectistas, en los puntos críticos de erosión en los taludes.
- Refuerzo de las estructuras existentes mediante recalques en concreto ciclópeo o armado, según criterio del proyectista.

Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y voladizo

En este trabajo se observa el análisis realizado a 120 muros de contención. Los cuales presentan diferencias en alturas y aceleración pico efectivas, para la realización de este análisis se requirió la elaboración de programas en Excel y modelación en SAP 2000, lo cual permitió la determinación de las regresiones en el volumen del concreto tanto simple como ciclópeo, además de analizar otra variable como los kilogramos de esfuerzo, lo que permite la formulación de ecuaciones para determinar el costo para la construcción de estructuras de contención en gravedad y voladizo, teniendo en cuenta que en Colombia los movimientos telúricos son frecuentes y es una de las principales preocupaciones de la ingeniería civil, el construir estructuras que permitan minimizar los riesgos.

Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdós, basados en un programa de cómputo

Esta tesis de grado presenta un estudio práctico y dinámico sobre la estabilización de taludes a través de muros de contención por medio de contrafuertes.

Los muros de contención se definen a toda estructura continua que puede ser de forma activa o inactiva produce una estabilidad sobre el terreno al proporcionarle soporte, estos pueden ser por gravedad, semi-gravedad, voladizo, contrafuerte.

Por otra parte los muros de voladizo pueden presentar una modificación al aumentar la altura, por lo que es necesario aumentar los espesores del muro, estos son los muros con contrafuertes.

Para aclarar conceptos sobre el problema que tratamos, debemos analizar lo siguiente:

- La estabilización de un suelo consiste en minimizar o evitar la libertad de movimiento de este, la cual resulta indeseable para el uso que queremos darle.

- Existen diferentes formas para estabilizar un suelo, en la actualidad la forma más segura de tratar un suelo es con la contención que ofrece una estructura, en este caso un muro de contención con contrafuerte.
- Muros de contención. Se define como muro de contención a Toda estructura continua, que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno al proporcionarle a este, soporte lateral.

1.3. Antecedentes regionales

El proyecto se enfoca principalmente en las posibles fallas que pueden presentarse en el muro de contención por gravedad en concreto ciclópeo, ubicado en la carrera 7 entre calle 14 y 11 de la ciudad de Girardot/Cundinamarca. Según la oficina de planeación e infraestructura de la Alcaldía municipal, no cuentan con ningún registro de la estructura, dado que fue construido en los años 30, para así, poder conocer reseña histórica, fecha exacta de su elaboración, planos y constructora.

Además, no se encontraron estudios o documentos de trabajos de grado, postgrados, resultados de investigaciones institucionales, ponencias, conferencias, congresos, revistas especializadas, que se refieran al tema tratado en la región, esencialmente en el municipio.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según (Peck, 1983) Los muros de contención son estructuras que proporcionan soporte lateral a una masa de suelo y deben su estabilidad principalmente a su propio peso y al peso del suelo que está situado directamente arriba de su base.

La función principal de los muros es la de servir como elemento de contención de un terreno, proporcionando seguridad al soportar las fuerzas y presiones que se ejercen sobre él. (Escobar, 2017)

Sin embargo, en los muros también se presentan patologías, las cuales muestran la vulnerabilidad de las estructuras, y ocasionan múltiples efectos, que van desde una pequeña grieta, hasta las grandes fallas que pueden acabar en la caída total del muro de contención.

Las patologías en las construcciones tienen diversas causas, lo cual, dificulta identificar con precisión los motivos por los que se presentan en las estructuras, el origen de las patologías se pueden clasificar: por Defectos, las cuales surgen por un mal diseño de las estructuras, materiales inapropiados o deficientes o falta de mantenimiento

Por otro lado existen patologías asociadas a los Daños, esas ocurren durante o después de la ocurrencia de una fuerza o agente externo a la estructura.

Los daños que se presentan en los muros de contención, pueden ser causa de un evento natural, un sismo, inundación, derrumbe o colapso total de la estructura; entre otros. A su vez, ocurren por daños propios en las estructuras, por el uso inadecuado de las mismas. (Astroga & Rivero, 2009)

Por último existe una tercera categoría en la que se puede agrupar las patologías de las construcciones, las originadas por el Deterioro de la estructura. Las obras de infraestructura son diseñadas para tener una vida útil determinada, por lo que a través del tiempo se van presentando varias manifestaciones, las cuales deben ser atendidas en la medida que se presentan para evitar daños mayores.

La exposición al medio ambiente, los ciclos continuos de lluvia y sol, el contacto con sustancias químicas presentes en el agua, en el aire, en el entorno; hacen que la estructura se debilite continuamente (Astroga & Rivero, 2009)

La diversidad y causas de las fallas que se pueden presentar en los muros de contención son diversas, tales como el desplazamiento directo, volcamiento, capacidad de soporte, falla en el talud, además de la baja resistencia de los rellenos, por la extensión o la deformación que se desplaza hacia abajo lo que produce la falla, la extracción y la rotura de los refuerzos del muro de contención.

2.2. Pregunta de investigación:

¿Cuál es el estado actual del muro de contención de la carrera 7 entre calle 14 y 11 en el municipio de Girardot/ Cundinamarca?

3. JUSTIFICACIÓN

Revisar los muros de contención con estructuras de concreto y sus posibles patologías, constituyen una prioridad que debe ser analizada por entidades de infraestructura y planeación. Entendiendo que los sistemas estructurales con concreto, pueden presentar fallas, que son derivados por factores como: sustancias químicas, componentes físicos, elementos ambientales, esfuerzos, inexactitudes en diseño y malos procesos constructivos.

Estas causas pueden desatar fallas que afectan directamente al muro, ocasionando inseguridad, afectando su vida útil y convirtiéndose en riesgo para las comunidades aledañas.

En la ciudad de Girardot, Cundinamarca; sobre la carrera 7 entre calles 14 y 11 está ubicado un muro de contención por gravedad en concreto ciclópeo con aproximadamente 80 años de vetustez; se observa que el muro ha sufrido grietas que han sido rellenadas, lo cual generó temor a la comunidad, porque presumen que se encuentra en un estado de deterioro. Cabe resaltar, que esta investigación ha sido de mi interés, dado que vivo en el sector y he sabido que mi bisabuelo formó parte de la construcción del mismo.

Los muros de contención por gravedad actúan por acción de su propio peso oponiendo resistencia a las fuerzas actuantes (empujes del suelo), es decir, por esfuerzos normales al plano de su sección. Su diseño y construcción son sencillos puesto que son estructuras mäsicas que no requieren refuerzo. Por consiguiente son menos susceptibles a los agentes químicos. (Escobar, 2017)

Ante esta situación se toman en consideración los conocimientos adquiridos en el proceso de formación profesional para establecer las condiciones de contexto y entorno que, de acuerdo con

el marco de referencia teórica y conceptual permitan analizar las fallas que pueden presentarse en los muros de contención por gravedad.

Por último, Esta investigación permitirá tener un resultado veraz y crítico del estado actual de esta estructura, se clarificara si es necesaria la intervención de entes gubernamentales, tales como planeación o infraestructura, los cuales podrían, a partir de esta investigación tomar cartas en el asunto y resolver la problemática. Además, habrá un aporte social significativo y contribuirá a potencializar las capacidades, habilidades y competencias; como a fortalecer y desempeñar diferentes roles y funciones, haciendo que el profesional ponga en práctica lo aprendido en la academia desde el ver, actuar, juzgar y la devolución creativa.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Analizar el estado actual del muro de contención por gravedad ubicado en la carrera 7 entre calle 14 y 11 del municipio de Girardot/Cundinamarca, para determinar si presenta fallas en el concreto ciclópeo y así, plantear una posible solución.

4.2. Objetivo específico

- Ejecutar un ensayo no destructivo en el concreto para identificar la resistencia del mismo.
- Realizar un levantamiento topográfico para dimensionar volumetría, medidas y posteriormente elaborar una modelación 3D para obtener un mapa de daños.
- Examinar un estudio de suelos del sector con el fin de conocer las características físicas, químicas y mecánicas del mismo.
- Elaborar un cálculo para saber si las dimensiones visibles de la estructura son aceptables para el diseño de un muro de contención actual.
- Formular una posible solución si se encuentran fallas en el concreto del muro de contención.

5. MARCO DE REFERENCIA

En el marco referencial, se articulan; los marcos: institucional, teórico, legal, conceptual, contextual y metodológico; que fundamentan la investigación mediante sustentos teóricos – conceptuales, sobre las fallas que se presentan en muros de contención por gravedad, así como la normatividad que lo regulan y, por último, la metodología implementada para cumplir con el adecuado proceso de investigación.

5.1. Marco teórico

Terzaghi, Peck y Mesri (1996) afirman que los muros de contención son estructuras destinadas al soporte de taludes escarpados de masas de suelo y rocas en macizos fracturados, o de arrumes de materiales heterogéneos que presentan pendientes ascendentes que su ángulo de reposo; a su vez, es una estructura lineal y vertical construida a modo de pared como elemento rígido. La función principal de los muros es la de servir como elemento de contención de un terreno, proporcionando seguridad al soportar las fuerzas y presiones que se ejercen sobre él.

Los daños que se presentan en los muros de contención, pueden ser causa de un evento natural, un sismo, inundación, derrumbe o colapso de la estructura; entre otros. A su vez, ocurren por daños propios en las estructuras, por el uso inadecuado de las mismas. (Astroga & Rivero, 2009)

Teoría de la deformación unitaria máxima (Saint-Venant)

Esta teoría determina que la deformación unitaria máxima, se presenta cuando el material experimenta un estado de tensión o compresión, alcanzando su valor igual a la acción inelástica del material expuesto a esfuerzo.

Teoría del máximo esfuerzo normal (Rankine)

La falla ocurre, cuando la rotura o el flujo plástico de un cuerpo alcanza un valor igual a la máxima tensión normal, es decir, su esfuerzo es principal y no depende de los otros esfuerzos.

Teoría de Guest

La rotura del elemento o el comportamiento inelástico es la condición de falla, la cual puede presentarse en cualquier parte del mismo, debido a múltiples estados de tensiones, ya que el máximo esfuerzo cortante o diferencia entre los esfuerzos cortantes límite

Teoría de Coulomb

En 1733 estableció una teoría que también es conocida como teoría de la presión activa de tierras. Se usa tanto en ingeniería geotécnica, como en ingeniería civil, en estructuras. Plantea que la combinación de los esfuerzos normales y cortantes son las causas de las fallas por fractura de los materiales.

Teoría de Mohr

Basa su teoría en el trazo de círculos hallados de forma algebraica y trigonométrica, la cual pronostica que si un material cruza la zona delimitada por estos círculos, tiene como resultante una falla del mismo.

5.2.Marco conceptual

Concreto ciclópeo

Proviene de la construcción antigua llamada Construcción ciclópea. Es un concreto con una granulometría grande, donde se emplea roca y ésta aporta sus características; sus rocas deben presentar un tamaño de 15 y 30 cm aproximadamente, estar en un estado limpio, libres de

fracturas, ser durables, no fertilizada, ni sucias; ya que, se someterá a las especificaciones del agregado grueso.

A su vez, sus rocas deben quedar totalmente envueltas de pasta cementante, la distancia mínima entre dos rocas debe ser la adecuada, ya que no pueden quedar pegadas a la otra roca o a la formaleta. Por último, deben quedar bien acomodadas dentro de la masa de concreto. (Arqhys arquitectura, 2013)

Desprendimiento de Concreto

El desprendimiento del concreto es la separación del material de acabado al soporte donde esta aplicado, esto ocurre por la falta de adherencia de los dos componentes. Es importante destacar que el desprendimiento del concreto es consecuencia de una falla previa, como humedades, deformaciones o grietas.

Estudio de suelo

Es el que permite conocer el tipo de cimentación idónea para transmisión de cargas al suelo, dependiendo de las características físicas, mecánicas y geológicas del suelo, para diferenciar capas y espesor, la capacidad de resistencia de un suelo o roca y la profundidad del nivel del agua subterránea; también, conocer los establecimientos de la estructura en relación al peso que va a soportar.

Fallas estructurales

Son una rotura en la estructura de concreto, se pueden presentar por una fisura o grieta y por un colapso total del elemento, ocasionado por la inadecuada función de la estructuras.

Tipos de fallas en muros de contención

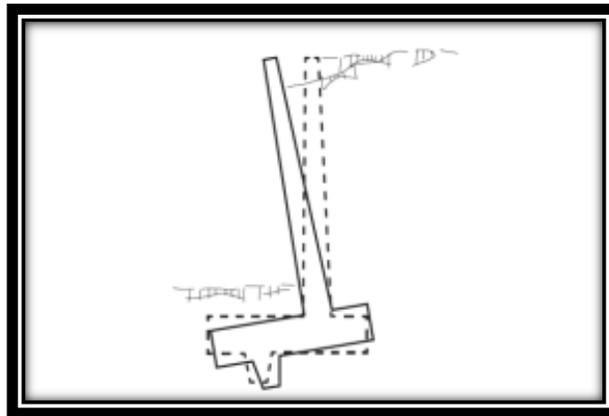
Es importante conocer los distintos motivos por los cuales se producen las fallas. Según Harmsen (2002), el principal objetivo de un muro es soportar empujes laterales, a pesar de ello puede soportar cargas verticales adicionales; por lo que afirma que el colapso o la estabilidad del muro dependen especialmente del suelo, el cual tiene contacto directo sobre su base y el peso del muro.

A continuación se expondrá los distintos tipos de fallas:

- **Falla por volteo o giro excesivo**

Se origina por momentos desestabilizantes, por los empujes producidos por la tierra y la sobrecarga de peso.

Ilustración 2 Falla por volteo

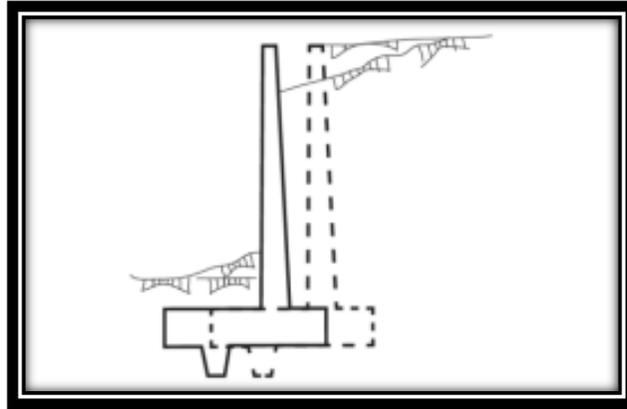


Fuente: Harmsen (2002)

- **Deslizamiento lateral del muro**

Es una falla producida por un empuje excesivo de la tierra, el cual incrementa con la sobrecarga que se pueda presentar en el terreno, generando el deslizamiento del muro.

Ilustración 3 Deslizamiento lateral



Fuente: Harmsen (2002)

- **Asentamiento de la estructura**

Se presenta, debido al peso del muro y al relleno colocado en la parte superior de la zapata es posible que el muro sufra un asentamiento, pudiendo producir fisuras en la estructura o en algunos casos el colapso de la estructura.

Fallas de las estructuras de concreto

Las fallas en las estructuras de concreto se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Fallas durante la concepción y diseño del proyecto**

Por ausencia de cálculos o por no valorar las cargas y condiciones de servicio; Falta de diseño arquitectónico apropiado; El diseño estructural debe incluir los conceptos arquitectónicos y viceversa; Falta de drenajes apropiados; Falta de proyección de juntas, de contracción, de dilatación o de construcción; Por no calcular de manera apropiada los esfuerzos y/o confiarse en los programas de computador; Por no dimensionar apropiadamente los elementos estructurales y/o disponer apropiadamente el refuerzo; Por imprecisiones en los métodos de

cálculos o en las normas; Por no especificar la resistencia y características apropiadas de los materiales que se emplean; Por falta de detalles constructivos en los planos.

- **Fallas por materiales**

Las fallas por materiales se presentan por selección inapropiada o falta de control de calidad de los ingredientes de la mezcla; por no diseñar o dosificar inadecuadamente la mezcla; por no respetar las tolerancia permisibles en el asentamiento de la mezcla; por utilizar agregados de tamaño equivocado; por utilizar exceso de aire incluido; por adicionar agua a pie de obra, sin control; por bajas resistencias en el concreto, que causa fatigas prematuras o detrimento de la durabilidad; por no hacer control de calidad del concreto, por lo que se desconoce su capacidad resistente y su comportamiento.

- **Fallas por construcción**

Por no calcular y diseñar la formaleta; por defectos o deformación de la formaleta; por no respetar las tolerancia dimensionales permisibles en los elementos; por no inspeccionar la formaleta antes del vaciado; por interpretar ineducadamente los planos; por malas prácticas de manejo, colocación y compactación del concreto y por picar y abrir huecos en la estructura para soportar o conectar instalaciones anexas a la estructura.

- **Fallas por operación de las estructuras**

La vida útil de servicio puede acabar antes del tiempo previsto por abuso de la estructura; por el incremento de las cargas permitidas o acción de fenómenos accidentales como impactos, explosiones, inundaciones, fuego u otras; o por el cambio de uso, como cambios de carga de servicio, cambios de condiciones de exposición.

- **Fallas por falta de mantenimiento**

Por no realizar inspecciones rutinarias para diagnosticar la necesidad de un mantenimiento, reparación, rehabilitación o refuerzo de la estructura; por no realizar inspección preliminar después de la puesta de servicio de la estructura y no elaborar el manual de mantenimiento, el cual puede ser preventivo, correctivo o curativo según el deterioro o defectos que exhiba la estructura.

Fisuras

Son aberturas alargadas que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo, tiene similitud a las grietas, pero su avance y su principio son bastante distintos. Muchas veces las fisuras son consideradas una etapa preliminar a la aparición de la grieta.

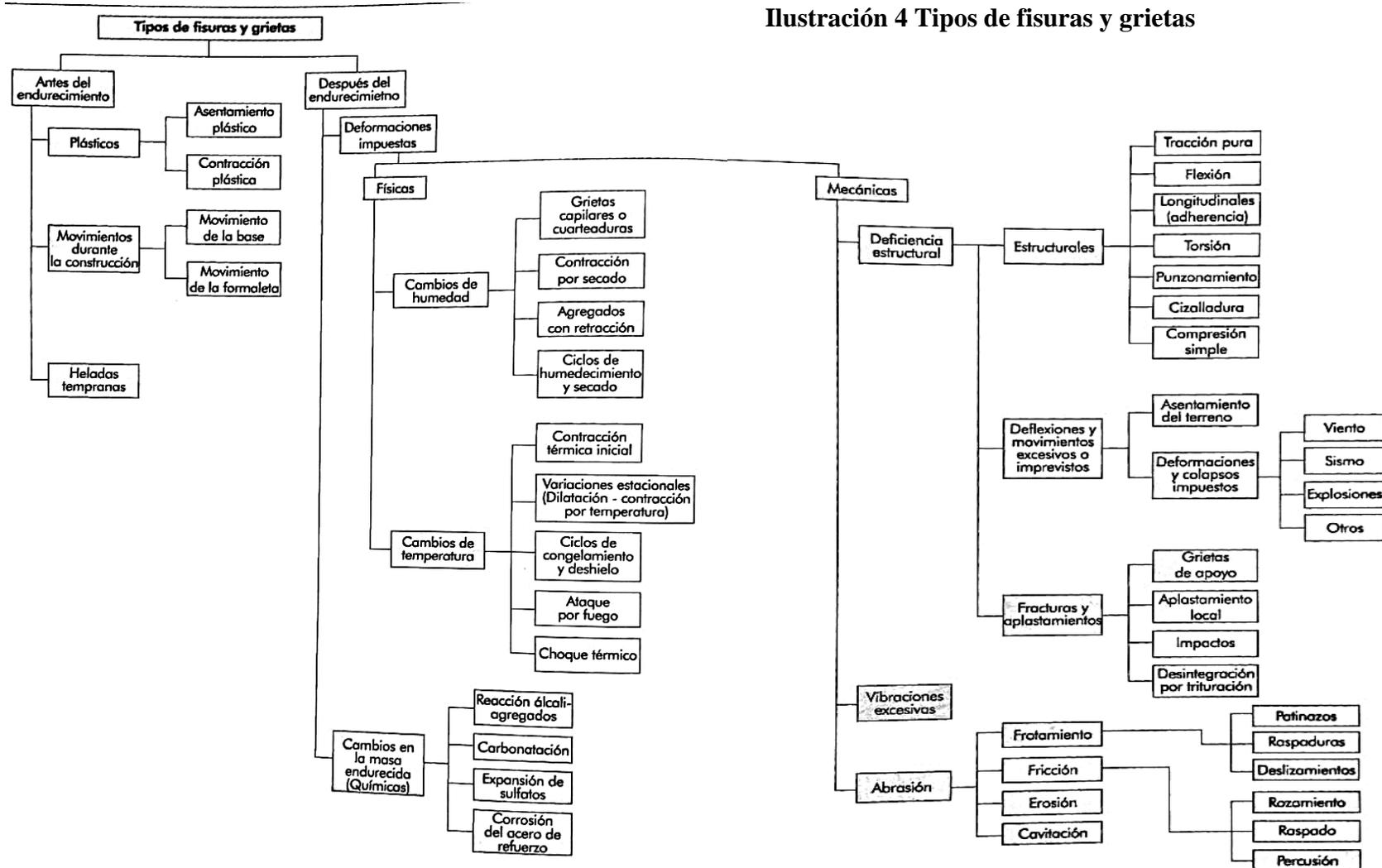
La fisuración puede deberse en su totalidad y casi exclusivamente a las siguientes causas:

- a) Curado deficiente
- b) Retracción
- c) Entumecimiento
- d) Variaciones de temperatura
- e) Ataque químicos
- f) Excesos de carga
- g) Errores de proyecto
- h) Errores de ejecución
- i) Asentamientos diferenciales

Grietas Es una abertura más profunda de mayor dimensión que generalmente afecta todo el espesor del elemento, estructura o de cerramiento. (Enciclopedia Brito)

En la siguiente ilustración se identifica los tipos de fisuras y grietas:

Ilustración 4 Tipos de fisuras y grietas



Fuente: Durabilidad y patología del concreto

Humedad en el concreto

Se produce cuando hay un mayor porcentaje de agua en el concreto que no es admisible para las condiciones físicas o mecánicas aptas del mismo. La humedad puede producir el cambio de las características físicas del concreto. Se conocen 5 causas de la humedad:

- Humedad capilar
- Humedad de filtración
- Humedad de condensación
- Humedad accidental
- Humedad de obra

Levantamiento topográfico

Es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, que examina la superficie, donde se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones, se denomina a este acopio de datos o plano que refleja al detalle y sirve como instrumento de planificación para edificaciones y construcciones.

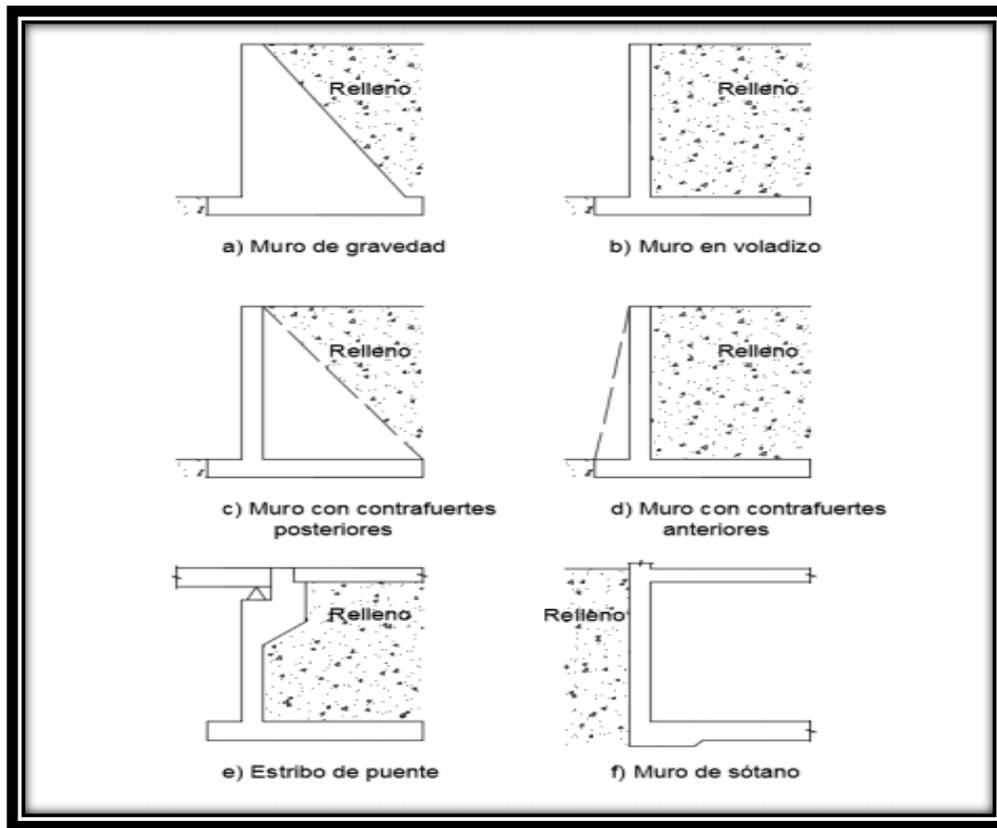
Muros de contención

Un muro de contención es una estructura destinada al soporte de taludes escarpados de masas de suelo y rocas en macizos fracturados, o de arrumes de materiales heterogéneos que presentan pendientes mayores que su ángulo de reposo; a su vez, es una estructura lineal y vertical construida a modo de pared como elemento rígido. (Terzaghi, Peck y Mesri 1996)

Tipos de muros de contención

Los muros de contención y sus tipos varían dependiendo al uso del mismo, los cuales son:

Ilustración 5 tipos de muros de contención



Fuente: Harmsen 2002

- **Muros de gravedad**

Se caracterizan por ser construidos en concreto ciclópeo o concreto simple. El peso propio del muro y el suelo donde está apoyado son los factores que proporcionan la estabilidad del mismo. Como anteriormente se menciona, el concreto usado para este tipo de muro es de bajas especificaciones y su altura de diseño debe ser moderada, son bastante requeridos en infraestructura, puesto que el presupuesto de su construcción es bajo y no disponen de refuerzo alguno.

- **Muros en cantiléver o en voladizo**

Comúnmente llamados muros en ménsula. Son muros construidos en concreto armado, la sección transversal de este tipo de muro es delgada y su diseño incorpora una cimentación tipo losa o zapata. La estabilidad del este tipo de muro se debe a que su perfil tiene forma de “T”, de tal manera que resisten el empuje de tierras y la tierra ubicada en la parte trasera de cimentación ayuda a contrarrestar el vuelco y amplía la fricción entre el suelo y la estructura, esto aumenta el factor de seguridad de deslizamiento del muro.

- **Muros con contrafuertes**

Los muros con contrafuertes son bastante similares a los muros en voladizo. Se caracterizan por tener elementos que unen transversalmente los cimientos al muro, los cuales están distanciados regularmente y cumplen con la tarea de disminuir los momentos flectores y las fuerzas de corte.

- **Muros de sótano**

Estos tipos de muros trabajan de dos formas: soportan el empuje lateral del suelo y en muchas ocasiones transmiten las cargas de compresión. Cabe destacar que a mayor cantidad de sótanos que halla en un edificio, mayor profundidad se alcanzará, entonces los muros inferiores aguantaran mayores cargas, laterales y verticales que los muros superiores.

- **Estribo de puente**

Estos tipos de muros cumplen con la tarea de soportar la fuerza lateral de los terraplenes y las cargas de la superestructura, como son muros de contención, pueden ser de diversos tipos, en concreto armado o simple.

- **Muros de suelo reforzado**

Los muros de suelo reforzado incorporan a su estructura capas horizontales de materiales de refuerzo como acero o geo textiles. En este orden de ideas, se logra un suelo con masa reforzada que actúa por su propio peso, resistiendo las fuerzas laterales de la tierra y las cargas adicionales en la cara posterior del muro.

- **Muros anclados**

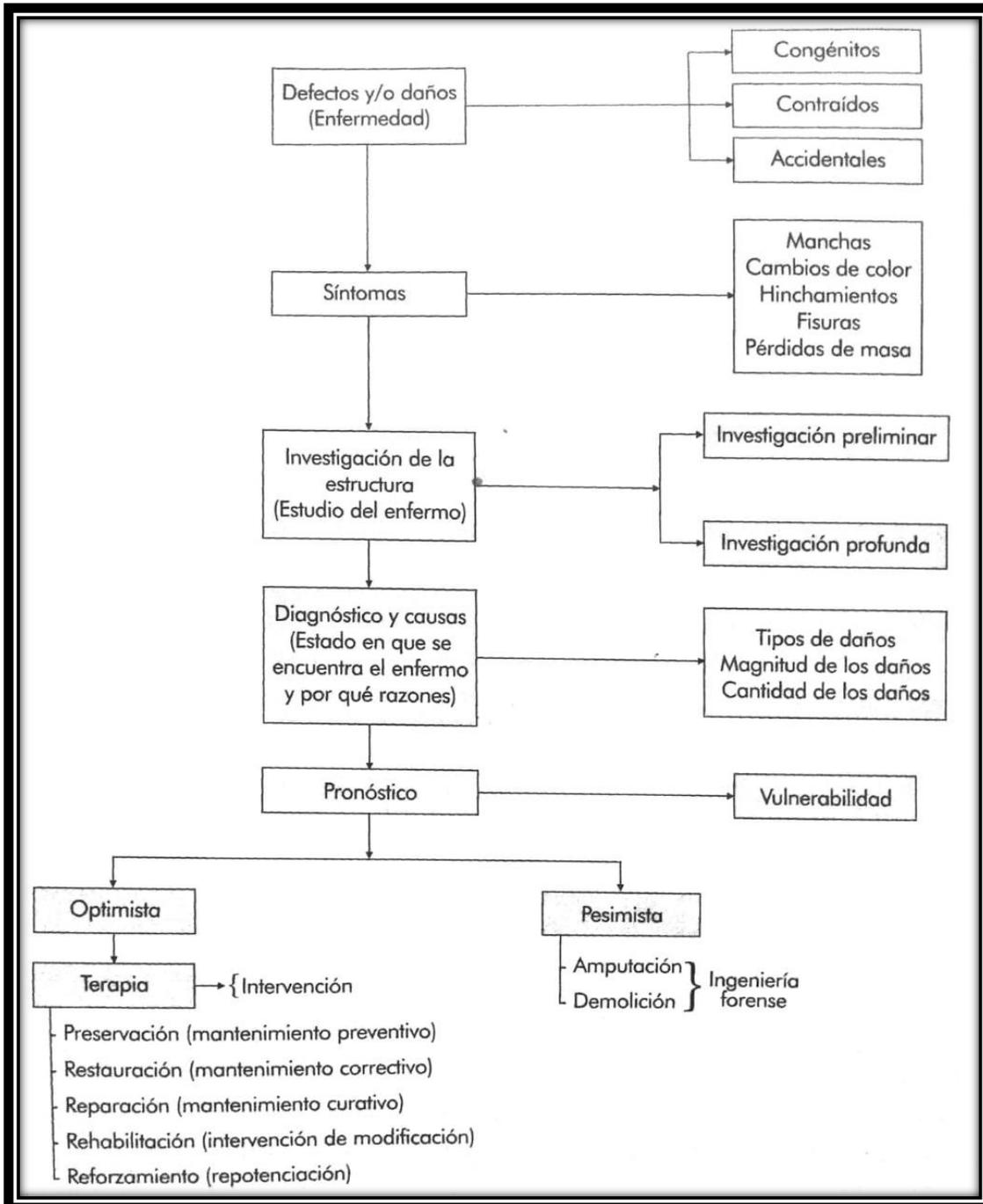
Los muros anclados tienen en su sección una pantalla de concreto armado y cables que son anclados al suelo, que son tensados cuando el concreto haya endurecido. En el proceso constructivo de estos muros se realizan excavaciones secuenciales y se sella con concreto lanzado, luego se arma el refuerzo y se funden las pantallas.

- **Patología**

Es el estudio sistemático de los procesos y características de las enfermedades y de los defectos y daños que puede sufrir el concreto que alteran su estructura interna y su comportamiento sus causas. Algunas de ellas pueden ser congénitas, es decir, que estuvieron presentes desde su concepción y/o construcción; otras pueden haberse contraído durante alguna etapa de su vida útil; y otras pueden ser consecuencias de accidentes.

Según el modelo de proceso de Fernández Cánovas, las enfermedades se manifiestan mediante unos síntomas que están representados por fenómenos que exhibe el concreto, tales como: manchas, cambio de color, hinchamientos, fisuras, pérdidas de masas, u otros; como se indica en la siguiente ilustración.

Ilustración 6 Modelo secuencia de los procesos que sigue la patología del concreto



Fuente: Durabilidad y patología del concreto.

5.3.Marco legal

Norma sismo resistente 2010 NSR – 10

Tiene como objeto regular el diseño, construcción y supervisión de las edificaciones en el territorio nacional, para reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas y defender en lo posible el patrimonio del estado y de los ciudadanos.

H.2.4. — Factores De Seguridad

Ilustración 7 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	Nº se permite	Nº se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	Nº se permite	Nº se permite

Fuente: Norma sismo resistente NSR – 10

H.4.7.1 — Capacidad portante de cimientos superficiales y capacidad portante de punta de

Cimentaciones profundas

Para estos casos se aconsejan los siguientes valores:

Ilustración 8 Factores de Seguridad Indirectos SICPF Mínimos. H.4.1.

Condición	F _{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

| **Fuente: Norma sismo resistente NSR – 10**

Capítulo H. 5 - Excavaciones y estabilidad de taludes

H.5.1.2 — Estados límite de falla

La verificación de la seguridad respecto a los estados límite de falla incluirá la revisión de la estabilidad de los taludes o paredes de la excavación con o sin entibado y del fondo de la misma. La sobrecarga uniforme mínima a considerar en la vía pública y zonas libres próximas a excavaciones temporales será de 15 kPa (1.5 t/m²).

Capítulo H. 6. Estructuras de contención

H.6.7. Capacidad ante falla

Debe verificarse la estabilidad al deslizamiento, la estabilidad al volcamiento, la capacidad portante del suelo de apoyo, la estabilidad general del conjunto terreno-estructura de contención y la estabilidad propia intrínseca de la estructura de contención.

En cuanto a los muros de gravedad o voladizo:

- a) La base del muro deberá desplantarse cuando menos a 1 m bajo la superficie del terreno enfrente del muro y debajo de la zona de cambios volumétricos estacionales y de rellenos.

- b) La estabilidad contra deslizamiento deberá ser garantizada sin tomar en cuenta el empuje pasivo que puede movilizarse frente al pie del muro. Si no es suficiente la resistencia al desplazamiento, se podrá emplear 1 o varios de los siguientes procedimientos: (1) cambiar la inclinación de la base del muro colocándola hacia adentro, (2) aumentar la rugosidad en el contacto muro-suelo, (3) colocar dentellones reforzados, (4) anclar o pilotear el muro. (5) Profundizar la base del muro; o (6) ampliar la base del mismo.
- c) La capacidad de carga de la base del muro se deberá revisar por los métodos indicados en las presentes normas para cimentaciones superficiales.

H.6.9. factores de seguridad indirectos

Los valores del factor de seguridad indirecto para las diversas verificaciones de comportamiento establecidas en H.5.1.2. Y siguientes deben ser, como mínimo los indicados en la ilustración 9.

Ilustración 9 factores de seguridad indirectos mínimos

Condición	Construcción	Estático	Sismo	Seudo estático
Deslizamiento	1.60	1.60	Diseño	1.05
Volcamiento: el que resulte más crítico de				
Momento Resistente/ Momento Actuante	≥ 3.00	≥ 3.00	Diseño	≥ 2.00
Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	$\leq 1/6$	$\leq 1/6$	Diseño	$\leq 1/4$
Capacidad portante	Iguales a los de la Tabla H.4.1			
Estabilidad intrínseca materiales térreos (reforzados o no)	Iguales a los de la Tabla H.2.1			
Estabilidad intrínseca materiales manufacturados	Según material (Concreto-Título C; Madera-Título G; etc.)			
Estabilidad general del sistema:				
Permanente o de Larga duración (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
Temporal o de Corta duración (< 6 meses)	1.20	1.30	50% de Diseño	1.00
Laderas adyacentes (Zona de influencia > 2.5H)	1.20	1.50	Diseño	1.05

Fuente: Norma sismo resistente NSR – 10

Norma INVIAS

El Instituto Nacional de Vías, Invías, tiene como objeto la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial Nacional de carreteras y de la infraestructura marítima, de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Transporte.

Sección 100 – Suelos

Hace referencia a los métodos por medio de los cuales se pueden determinar las condiciones de suelos, rocas y agua freáticas.

INV E – 112 – 13 Exploración y Muestreo de Suelos Mediante Barrenas

Incluye los equipos y los procedimientos para el uso de barrenas en exploración geotécnica de poca profundidad. Mediante su ejecución, se obtienen muestras alteradas del terreno; además, son de utilidad para determinar la posición del nivel freático y para detectar los cambios de estrato en el perfil; así como para el avance de perforaciones para la ejecución de ensayos de penetración normal y muestreo con tubo partido

INV E – 125 - Determinación del Límite Líquido de los Suelos

Se refiere a la determinación del límite líquido de un suelo interviene en varios sistemas de clasificación de suelos, dado que contribuye en la caracterización de la fracción fina de los suelos. El límite líquido, solo o en conjunto con el límite plástico y el índice de plasticidad, se usa con otras propiedades del suelo para establecer correlaciones sobre su comportamiento ingenieril, tales como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactibilidad, los procesos de expansión y contracción y la resistencia al corte.

INV E – 126 – Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

INV E – 152 - Compresión Inconfinada en Muestras de Suelos

El objeto de esta Norma es indicar la forma de realizar el ensayo para determinar la resistencia a la compresión inconfinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas o remoldeadas, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia controlada o deformación controlada. Este ensayo se emplea únicamente para suelos cohesivos, ya que en un suelo carente de cohesión no puede formarse una probeta sin confinamiento lateral.

Sección 200 Agregados pétreos

INV E – 211 - Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznable en los Agregados

Este método se refiere a la determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas deleznable (friables) en los agregados. Este ensayo es de importancia fundamental para aceptar el empleo de agregados destinados a la elaboración de concretos de cemento Portland.

INV E 213 Análisis Granulométrico De Agregados Gruesos Y Finos

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. Este método también se puede aplicar usando

mallas de laboratorio de abertura redonda, y no se empleará para agregados recuperados de mezclas asfálticas.

Sección 400 Concreto hidráulico

INV – E- 413 – Método para Determinar el Índice Esclerométrico en el Concreto Endurecido

Este método establece el procedimiento para determinar el índice Esclerométrico del concreto endurecido empleando un martillo de acero impulsado por un resorte. No se debe aplicar para determinar resistencias del concreto, por lo tanto no es alternativo a ninguno de los ensayos normales de compresión y tracción, y en ningún caso se debe emplear como base para la aceptación o rechazo del concreto.

Por otra parte, La Norma Sismo Resistente NSR-10, presenta alternativas que permiten evaluar los resultados que tengan resistencias bajas. Inicialmente podemos aplicar los ensayos de laboratorio de tipo no destructivo y con base en los resultados obtenidos luego de estas pruebas, la alternativa siguiente se basa en la toma de ensayos de tipo destructivo.

Básicamente los ensayos como martillos de rebote (esclerómetro), y velocidad del pulso ultrasónico, pueden ser útiles para verificar los niveles de resistencia que puede tener ese elemento en específico, y son de tipo no destructivo. En la actualidad pueden existir otros métodos, sin embargo, este es el que se necesita emplear para medir la resistencia del concreto.

5.4.Marco Institucional

Hace referencia a la institución involucrada para llevar a cabo el proceso investigativo, la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede regional Girardot.

Corporación Universitaria Minuto de Dios

El sistema universitario (Uniminuto) inspirado en el Evangelio, el pensamiento social de la Iglesia, la espiritualidad Eudista y el carisma del Minuto de Dios, tiene como propósito:

- Ofrecer educación superior de alta calidad y pertinente con opción preferencial para quienes no tienen oportunidades de acceder a ella, a través de un modelo innovador, integral y flexible.
- Formar excelentes seres humanos, profesionales competentes, éticamente orientados y comprometidos con la transformación social y el desarrollo sostenible.
- Contribuir, con nuestro compromiso y nuestro testimonio, a la construcción de una sociedad fraterna, justa, reconciliada y en paz.

Nuestra visión (mega)

En el 2019, Uniminuto es reconocida, a nivel nacional e internacional, como una institución de educación superior que, desde su modelo educativo inspirado en el Humanismo Cristiano, forma personas íntegras que, como profesionales competentes y emprendedores, abiertos a la búsqueda de Dios y al servicio del hombre, contribuyan al desarrollo de sus comunidades y de una sociedad equitativa.

Uniminuto se caracteriza por ser una institución incluyente y sostenible, soportada en una cultura de alta calidad, con una oferta educativa amplia y pertinente, gran cobertura, fácil acceso, uso de nuevas tecnologías, promoción de la innovación social y de iniciativas de cooperación para el desarrollo.

Nuestra política de calidad

El Sistema Universitario Uniminuto, en cumplimiento de su misión, se compromete, dentro de la normatividad legal existente, a ofrecer y entregar servicios de Educación Superior de Calidad

reconocida, con alto impacto en el desarrollo de Colombia, a fortalecer una cultura organizacional enfocada al servicio, a satisfacer las necesidades de sus grupos de interés, mediante el uso eficiente de recursos y el mejoramiento continuo de sus procesos, con personal competente, infraestructura adecuada y sistemas de información de excelencia.

Nuestros objetivos de calidad

- Lograr Acreditaciones de programas e institucional o Seguimiento a las fases de autoevaluación periódica de programas.
- Lograr reconocimiento de los grupos de investigación o Lograr que los grupos de investigación sean reconocidos por Colciencias.
- Impactar a comunidades -Proyección Social o Número de CERES, Centro Regionales y Centros Tutoriales creados a nivel nacional. o Cumplimiento de la meta establecida en el plan de desarrollo de fondos. o Cumplimiento de proyectos establecidos.
- Desarrollar una cultura de servicio y satisfacción de los grupos de interés o Lograr que la satisfacción general de los grupos de interés este por encima del 80%. o Los principales grupos de interés (partes interesadas - ISO 9000:2005 Numeral 3.3.7) establecidos son: estudiantes, egresados, graduados, profesores, administrativos, empleadores, entes contratantes y proveedores.
- Mejorar permanentemente los procesos o Cantidad de acciones de mejoramiento implementadas cumpliendo el tiempo acordado para su implementación.
- Desarrollar las competencias del personal o Porcentaje de cumplimiento de las actividades establecidas en el Plan Individual de Desarrollo para el Desempeño (PIDD)

- Modernizar y mantener la infraestructura y sistemas de información o Mantenimiento de los sistemas de información de UNIMINUTO. o Adecuaciones de infraestructura física. O Títulos de materiales bibliográficos adquiridos.

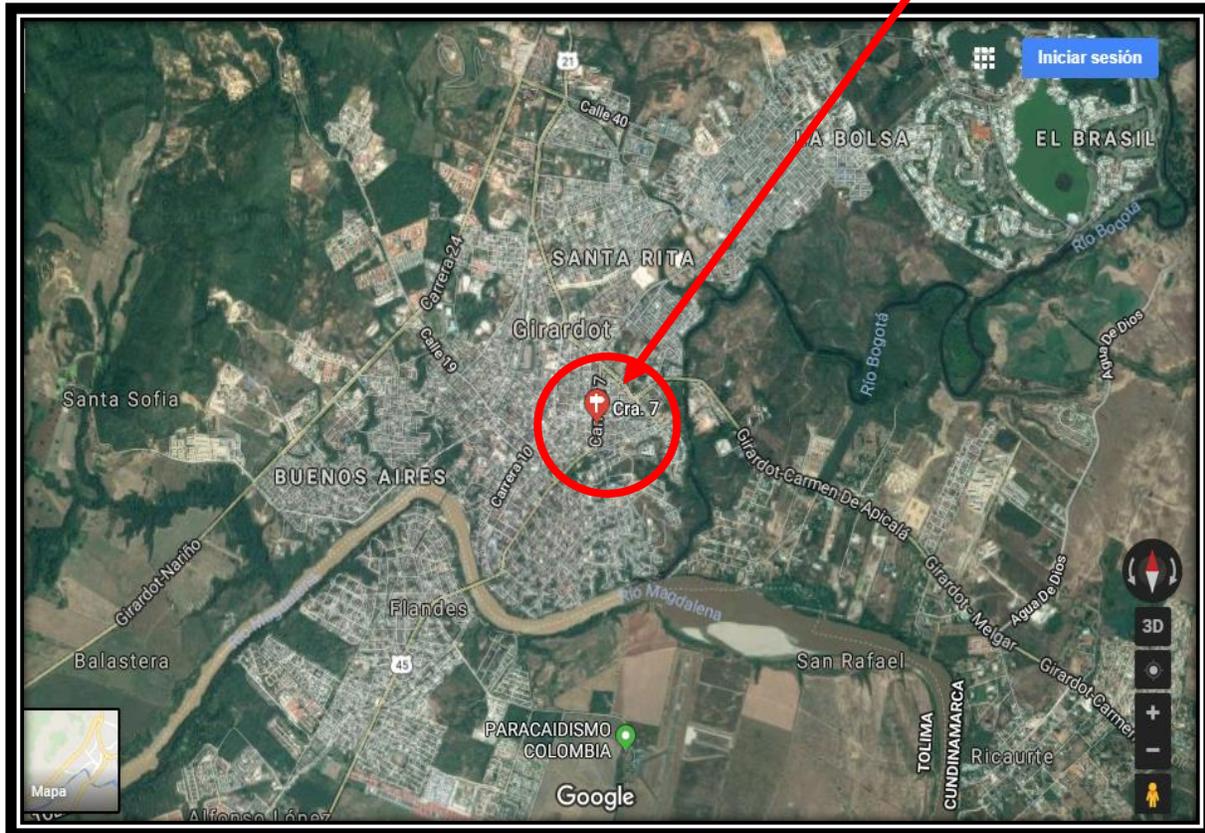
5.5. Marco contextual

El trabajo de investigación se realiza en la ciudad de Girardot la cual se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, provincia del alto Magdalena de las cuales es la capital, esta limita al norte con el municipio de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flandes y el Río Magdalena, al oeste con el río Magdalena y el municipio de Coello y al este con el municipio de Ricaurte y el Río Bogotá.

Girardot por su clima cálido es una ciudad diseñada especialmente para el turismo, y por su ubicación geográfica es un corredor vial el cual conecta el centro del país y se encuentra a 290 msnm, su territorio es de 150km, abarca 70% de relieve montañoso que alcanza 1.000 msnm, esta se encuentra en un vértice de la Cordillera Oriental Colombiano, uno de los puntos característicos de la ciudad se destaca el barrio Alto de la Cruz el cual se encuentra 300 metros sobre el nivel del mar.

La investigación se está llevando a cabo en la vía Panamericana, en la carrera 7 entre calles 14 y 11, donde está construido un muro de contención por gravedad en concreto ciclópeo.

Ilustración 10 Mapa satelital de Girardot



Fuente: Google maps disponible en:

<https://www.google.com.co/maps/place/Girardot,+Cundinamarca/@4.3113081,-668m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e3f28ec54308e5f:0xad9e09275aa20260!8m2!3d4.3045959!4d-74.8031414>

6. METODOLOGÍA

Es una investigación que pertenece a la **línea del sistema Innovaciones sociales y productivas**, esta pretende transformar y descubrir nuevas formas de mejorar la sociedad, construir ciudades y regiones de conocimientos, mediante la innovación y la producción, ya que el país está en constante evolución y a diario afronta los nuevos impactos globales, como las innovaciones tecnológicas, sociales, organizacionales y ambientales.

Además, la relación entre territorio, población y tecnología es sumamente importante para el proceso de construcción, mejoras y restauración de estructuras y edificaciones; mediante un enfoque de responsabilidad social, pedagogía ambiental e innovación, con el fin de prevenir desastres ambientales, accidentes, muertes o pérdidas materiales por una inadecuada implementación de procesos de construcción. (Uniminuto, 2016)

De igual modo, se enmarca en la **interface de Salud y Medio ambiente**, el cual busca orientar el quehacer investigativo y de proyección social del estudiante mediante el análisis de los factores que afectan el entorno ambiental y la salud de la población. Es por esto, que se pretende analizar las posibles fallas que puede presentarse en el concreto ciclópeo del muro de contención, debido a que una patología en la edificación puede acarrear daños en las estructuras circundantes, al medioambiente; como también, puede ocasionar accidentes, pérdidas humanas y de bienes materiales, ya que la estructura está situado en una vía principal y encima de su construcción, hay viviendas habitadas. Es por eso que es importante verificar si el muro se encuentra en un estado óptimo y no presenta ningún riesgo a la ciudadanía. (Uniminuto, 2015)

Por otra parte, la Metodología implementada para desarrollar la investigación es el **método** propuesto por, Antonio Aguado, y sus cuatro fases, los cuales permiten analizar las características

generales de la edificación y su estado actual, hasta el diagnóstico sobre el fenómeno que origina el daño.

De este modo, el tipo de estudio es **no experimental – transversal**, porque no se va a modificar la realidad del fenómeno estudiado, se va a observar el muro de contención y la falla que éste presenta; no se puede influir sobre las variables porque ya ocurrió, al igual que los efectos de esta. Es por esto que se debe trabajar sobre los datos existentes, con un **método deductivo**, donde se aborda los diferentes tipos de fallas que se pueden presentar en el concreto de los muros de contención, siendo esto el tema general y lo particular es la identificar la falla real del fenómeno estudiado, mediante pruebas de laboratorios, estudios de suelos y levantamientos.

A su vez, se elige el **enfoque cuantitativo**, porque permite arrojar datos por procesos de prueba de laboratorio con el fin de responder la pregunta de investigación; y su **Alcance explicativo**, porque aborda un fenómeno físico, se va a centrar la investigación en explicar el estado actual del muro, por qué se presentan las fallas del muro de contención, en qué condiciones se manifiestan y como se relacionan las variables entre sí, las cuales permiten identificar las causas y consecuencias del fenómeno estudiado.

Las fases para contestar las variables expuestas en la investigación según Aguado son:

1. Fase de recopilación de información previa posible (proyecto original, historia de cargas, modificaciones, usos, elementos colindantes, condiciones de contorno)
2. Fase realizar ensayos, pruebas y levantamientos; medidas e instrumentación para conocer, estudiar y analizar las variables que hayan podido influir en los daños. Análisis teórico, modelando el comportamiento del elemento, para justificar científicamente la causa.

3. Fase resultados de las causas a partir de la información previa, la toma de datos, los esquemas de daños, los ensayos, las medidas, la instrumentación y los estudios teóricos.
4. Fase conclusiones y recomendaciones en función del conocimiento adquirido, y las consecuencias de un nuevo error.

7. PROCESO

7.1. Inspección preliminar del muro de contención.

El muro de contención por gravedad en concreto ciclópeo, fue construido en la década de 1930 cuando se abrió paso a la vía panamericana que conecta con el departamento del Tolima. No hay datos de la constructora que desarrollo el proyecto, ni procesos constructivos.

Tiene una longitud de 182.66 mts, una altura máxima de 7.50 mts y un ancho visible de 54 cms. Visualmente, no se ve muy afectado por el paso del tiempo. Presenta algunos montículos en su corte de fuste, la cual llama la atención, porque puede haber sufrido algún cambio leve en su forma.

En la parte de la corona del muro, se evidencia que la población plantó árboles, los cuales están de gran tamaño y por sus raíces pueden acarrear problemas de resistencia del muro.

Ilustración 11 Árboles plantados



Fuente: fotografía propia

Además, se evidencia que en el trasdós tiene presencia vegetal, por condiciones de humedad y rugosidad.



Fuente: fotografía propia

Cuenta con una vía interior, escalonada, de piedra y concreto de 8.28 mts de ancho, la cual es peatonal pero circulan algunas motos de los habitantes del sector.

Es muy importante señalar que el muro de contención cuenta con (43) drenajes los cuales sirven para drenar la presencia de agua y no provocar humedades en el interior de la estructura, a su vez, estos permiten que los materiales no pierdan calidad o durabilidad por esta situación.

Ilustración 12 Drenajes



Fuente: fotografía propia

Por medio de la revisión visual, se lleva a la conclusión que el muro levantado hoy día, se construyó en dos partes diferentes.

La parte inferior del muro (ilustración 6), aparentemente fue la primera en construirse, tiene medidas de 33.45 mts de ancho y alcanza una altura de 3.30 mts de alto. La sección de las rocas tipo bola, usadas para el concreto ciclópeo tiene medidas promedio de 200 mm. Se observa que hacen falta algunas rocas que debían estar incrustadas en el concreto. En cuanto al concreto se evidencia que sobresale de la roca

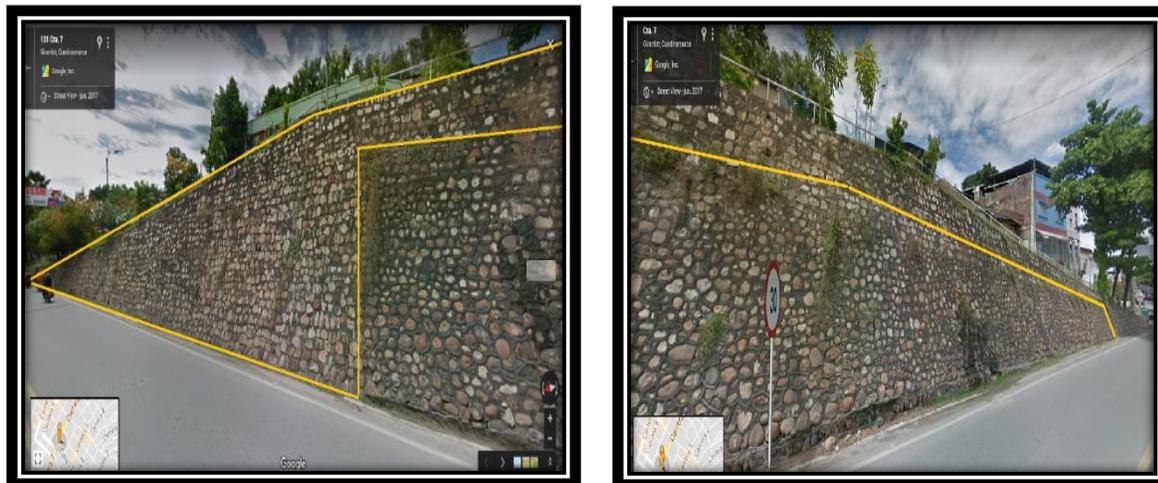
Ilustración 13 Muro de contención primera parte



Fuente: Google maps

La segunda sección, es la parte más grande del muro, la cual completa la extensión total del mismo, como se evidencia en las fotografías, la roca usada en esta del muro es de sección plana y más cuadrada, el concreto esta aplicado a ras de la roca, y se presume que se construyó para cumplir las necesidades que en su momento se exigían.

Ilustración 14 Muro de contención segunda parte (sección grande)



Fuente: Google maps

7.2. Levantamiento topográfico

Por medio de un levantamiento topográfico, se logró tener medidas, dimensiones, volumen y peso exactos del muro, se midieron las fisuras que éste presenta con el uso de una tarjeta tipo fisurometro, se hizo la modelación en 3D del muro y un mapa de daños, los cuales se registraron de la siguiente manera:

Tabla 1 especificaciones del muro

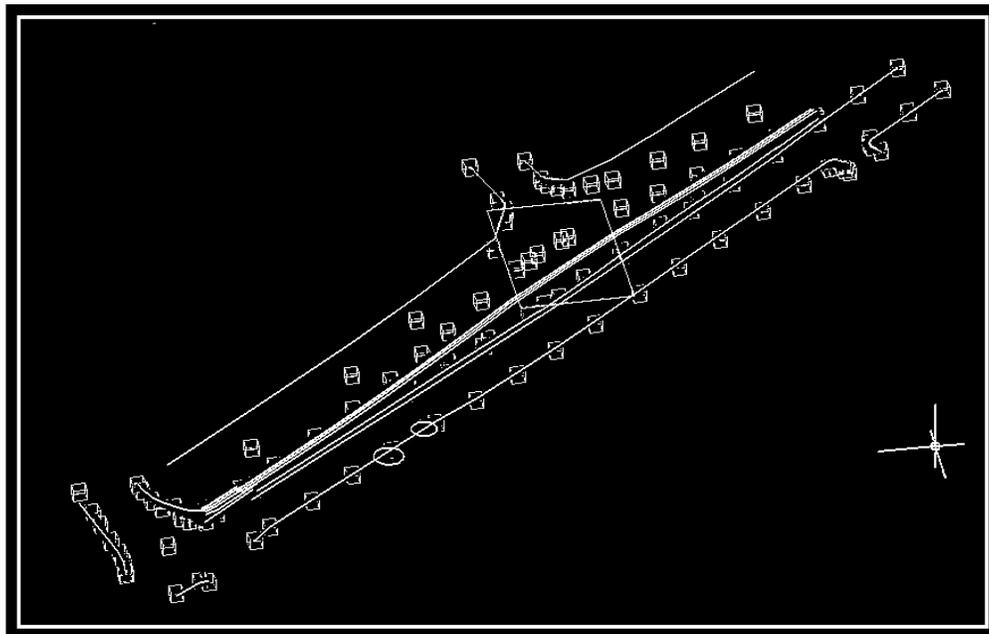
Altura máxima cuerpo	7.50 m
Longitud	182.66 m
Volumen	592,44 m³
W:	13033 KN
Masa	1303 Toneladas
Área de trasdós	680, 97 m²
Corona muro	0.54 m
ancho promedio	0,87 m

Ilustración 15 evidencia de levantamiento topográfico



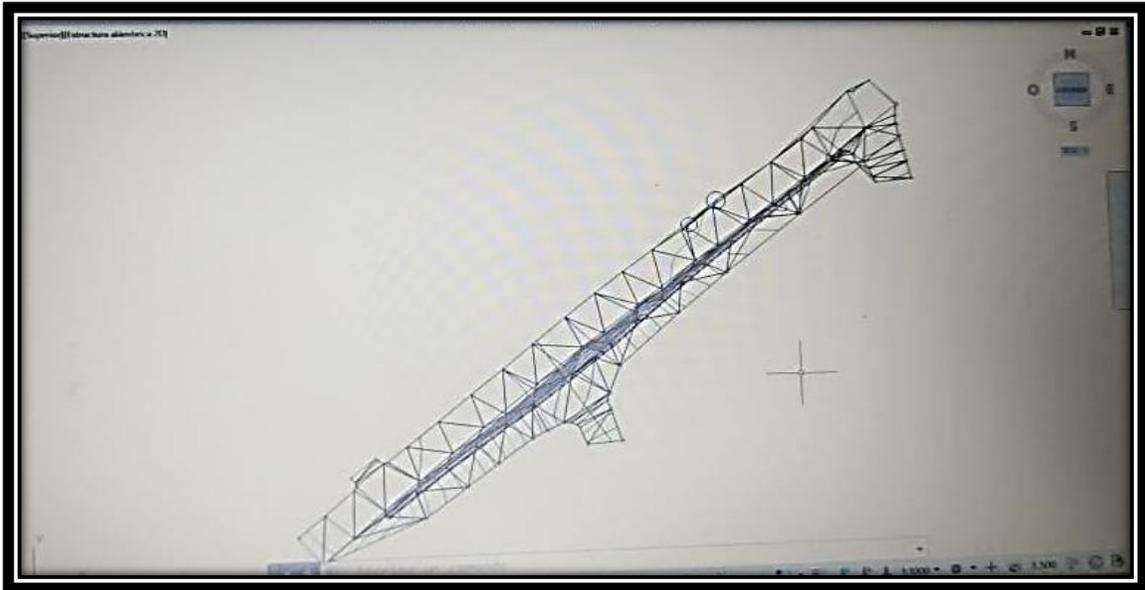
Fuente: fotografías propias

Ilustración 16 vista en planta



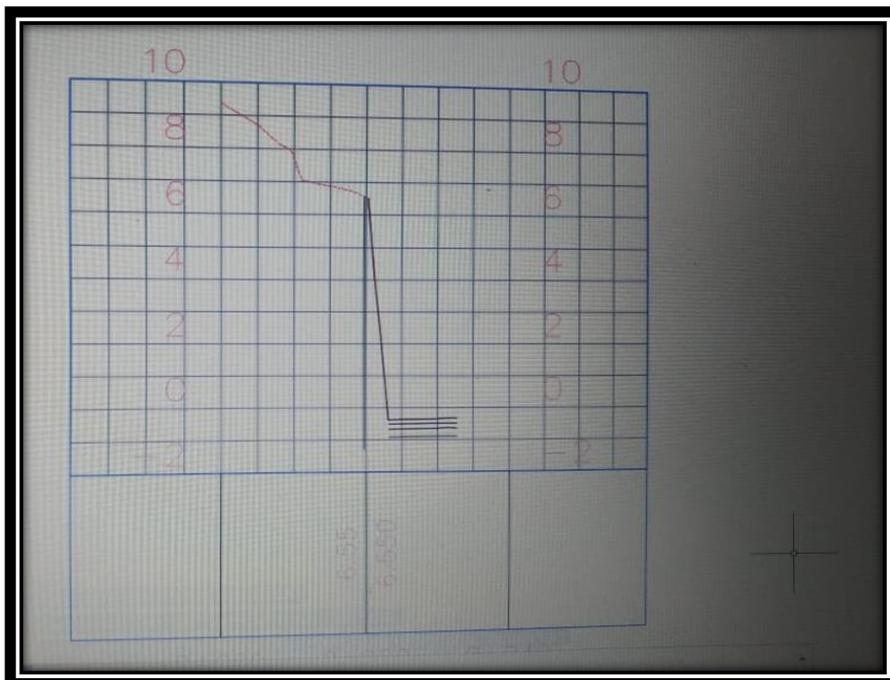
Fuente: Elaboración propia de AutoCAD 2016

Ilustración 17 grafica en civilCAD 3D



Fuente: Diseño propia civilCAD 3D

Ilustración 18 Perfil



Fuente: Diseño propio

7.2.1. Descripción de fisuras

El levantamiento de fisuras debe realizarse indicando su dirección, posición, longitud, y dimensión de su ancho.

Las fisuras se midieron con el instrumento de calibrador tipo pie de rey, ver (ilustración 18) el cual sirve para medir milímetros de ancho y fondo.

Ilustración 19 Calibrador pie de rey



Fuente: fotografía propia

Por otra parte, Halvorsen (1987), argumenta que los anchos de fisura comprendidos entre 0.15 a 0.30mm se podrían considerar inaceptables desde el punto de vista estético, ya que estos anchos son detectables a simple vista y generan una sensación de inseguridad o de “falla estructural inminente”.

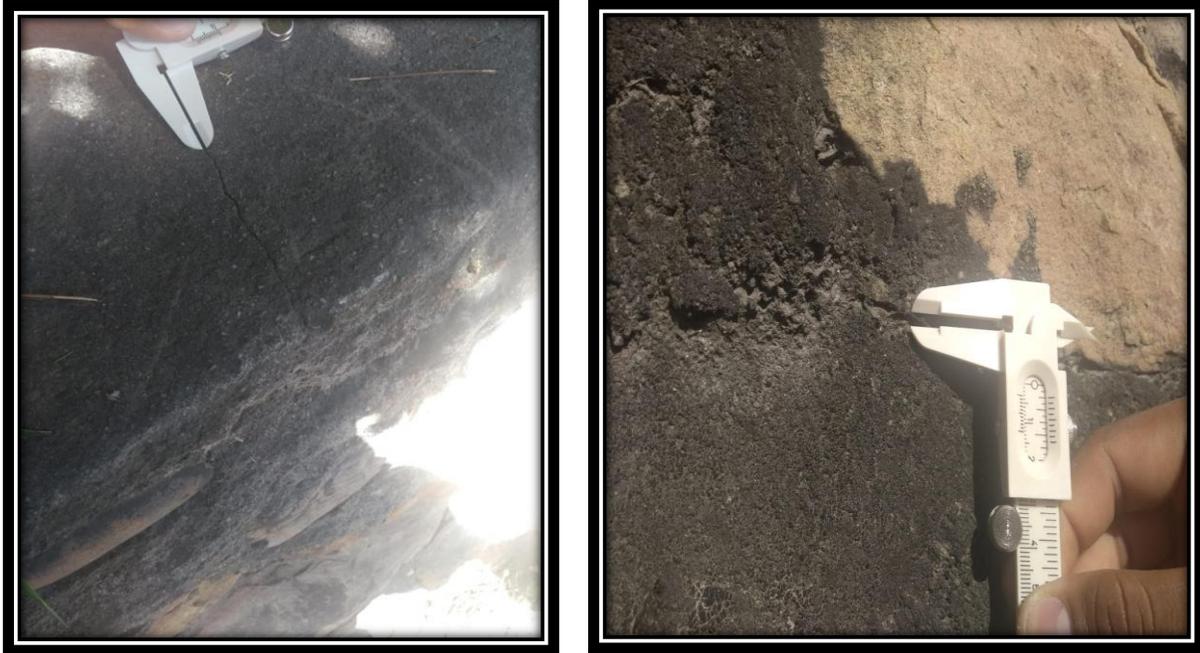
A su vez, dice que hay tres rangos de anchos de fisuras que son usados: Angosto: Generalmente es menor a un 1mm, Medio: Está entre 1 a 2 mm, Amplio: Más de 2 mm

- ✚ Fisura uno (1), 34 cm de largo de forma irregular; vertical 4 mm de grosor.
- ✚ Fisura dos (2), 90 cm de largo de forma irregular; vertical 4 mm de grosor, profundidad más o menos de 0.5 cm.

- ✚ Fisura tres (3), 64 cm de largo de forma irregular; resanada con un material de color blanco.
- ✚ Fisura cuatro (4), 27 cm de largo de forma irregular; horizontal 2 mm de grosor.
- ✚ Fisura cinco (5), 47 cm de largo de forma irregular; horizontal 2 mm de grosor.
- ✚ Fisura seis (6), 1.27 m de largo de forma irregular; horizontal 2 mm de grosor, profundidad más o menos de 0.5 cm.
- ✚ Fisura siete (7), 54 cm de largo de forma irregular; vertical 2 mm de grosor.
- ✚ Fisura ocho (8), 61 cm de largo de forma irregular; horizontal.
- ✚ Fisura nueve (9), 2.10 m de largo de forma irregular; vertical, resanada con material blanco
- ✚ Fisura diez (10), 98 m de largo de forma irregular; horizontal, resanada con material blanco.
- ✚ Fisura once (11), 1.24 m de largo de forma irregular; horizontal, resanada con material blanco.
- ✚ Fisura doce (12), 73 cm de largo de forma irregular; horizontal, 4 mm de grosor.
- ✚ Fisura trece (13), 62 cm de largo de forma irregular; horizontal.

Ilustración 20 Inspección de algunas fisuras





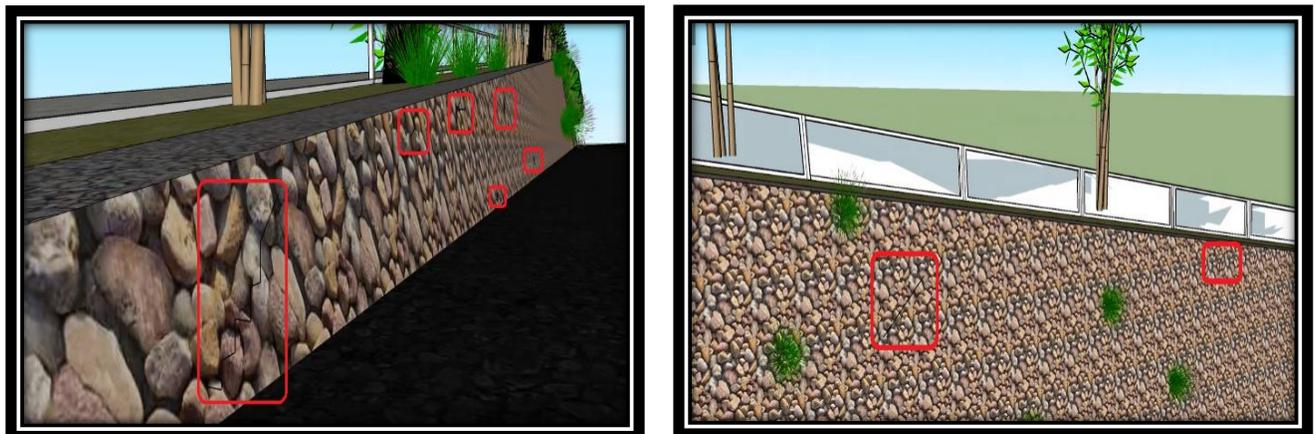
Fuente: fotografía propia

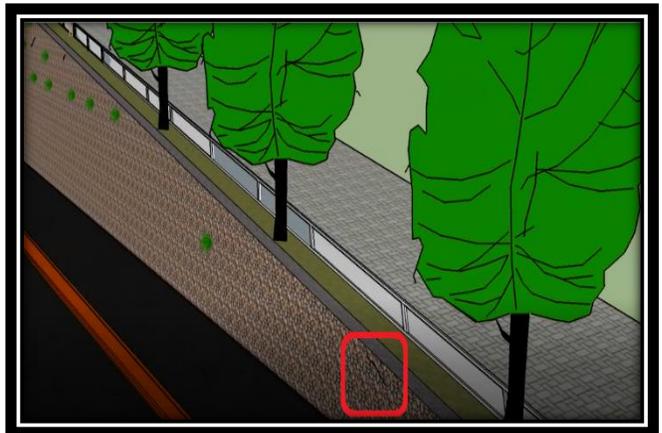
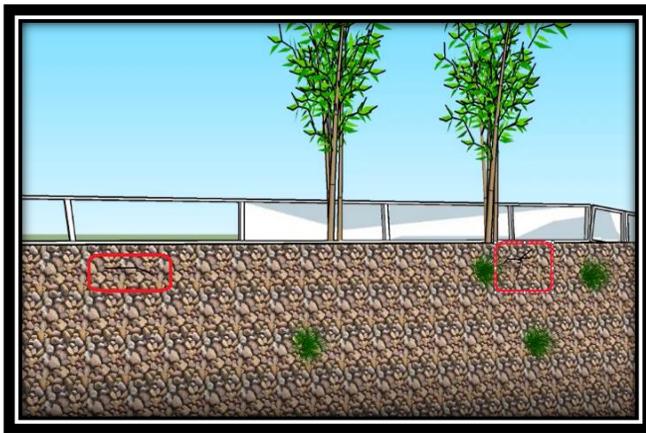
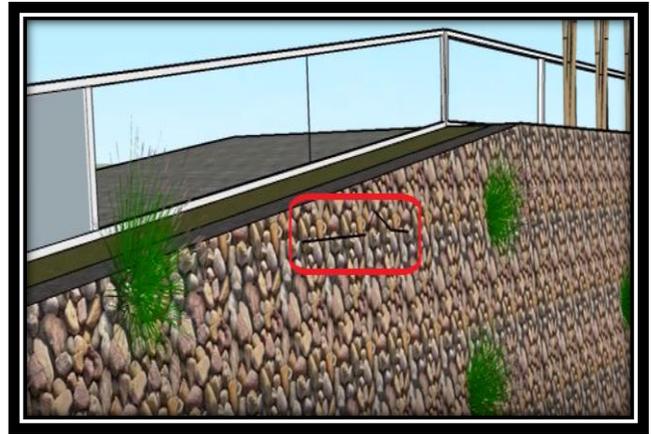
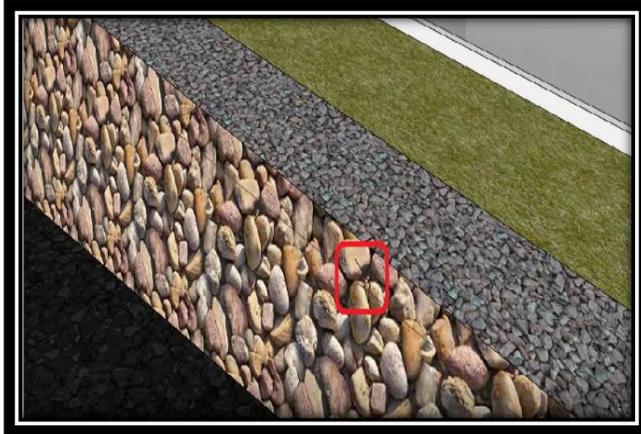
7.2.2. Mapa de daños

Se realiza mapa de daños para analizar, la influencia de las grietas.

A continuación se ilustra donde están ubicadas las fisuras:

Ilustración 21 ubicación de las fisuras por el mapa de daños fisuras





Fuente: diseño propio

7.2.3. Modelación 3D

Después de realizar el levantamiento topográfico, se hace una representación tridimensional del muro por medio de un renderizado, el cual permite tener una simulación realista de la estructura, su posición sobre el espacio.

Ilustración 22 Modelación 3D o Reinder



Fuente: Diseño propio AutoCAD 2016

7.3. Ensayo de esclerómetro

El ensayo de esclerómetro se realizó el día 13 de abril con el laboratorio bajo la supervisión del laboratorio Estudios, Diseños y Construcciones Carlos Nieto S.A.S (EDICONTS), el cual alquiló los instrumentos necesarios para realizar la prueba de Esclerómetro.

Para llevar a cabo el ensayo, se emplea un martillo de rebote, que es una barra de acero (émbolo), el cual recibe el impacto de una pieza de acero impulsada por un resorte y este impacto se transmite a la superficie de concreto, de acuerdo a la resistencia del mismo, la pieza rebota y su desplazamiento máximo es registrado en una escala lineal fija al cuerpo del instrumento.

Ilustración 23 Martillo de rebote



Fuente: fotografía propia

El ensayo de esclerómetro que se realizó al muro de contención, tiene como fin conocer de una forma segura, y sin dañar la estructura, la resistencia del concreto presente en el muro, de esta manera se logra relacionar la dureza superficial del concreto con su resistencia de modo experimental.

Este ensayo está regulado bajo la norma INV- E- 413-13, en la cual se tomó como ejemplo de procedimientos. Se realizó lo siguiente:

- Se situaron estratégicamente tres puntos de muestreo para abarcar de una forma proporcional las dimensiones de la estructura. como anteriormente se ha descrito, el muro se construyó en dos secciones diferentes, se procedió a situar un punto de muestreo en cada sección.
- La superficie de muestra debe estar entre los 150 mm a 200 mm de diámetro.
- Se limo la superficie con la piedra abrasiva que indica la normatividad, por tratarse de una superficie áspera.
- Se realizó 30 disparos en tres partes del muro, las cuales fueron situadas en las dos secciones.

- El ángulo de toma de muestra fue de 0° con respecto a la horizontal.
- Se llenó el formato de toma de muestras y se promedió cada punto de muestreo, arrojando la escala de esclerometria, el cual determina la resistencia
- Los resultados de la prueba son entregados por EDICONTS, oportunamente.

Ilustración 24 limar superficie y limpiar



Fuente: fotografía propia

Ilustración 25 muestreo del concreto



Fuente: Fotografías propias

A continuación, los resultados del ensayo:

Tabla 2 Evaluación de rebote R

N° impactos	1	2	3
Ubicación e Identificación	Muro ciclópeo k0 + 030	Muro ciclópeo k0 + 090	Muro ciclópeo k0 + 150
1	28	28	28
2	28	30	30
3	30	28	28
4	34	28	32
5	28	30	28
6	30	30	28
7	30	30	30
8	32	30	32
9	28	30	29
10	28	32	31
Promedio	29,6	29,6	29,6
A impacto	0°	0°	0°
In-kgf/cm2	210	210	210

In- lb/pul2	3000,0	3000,0	3000,0
Año de fundida:	1930	1930	1930

Edad: 88

Terminación: si

Tipo martillo: Martillo rebote N/P ht 225

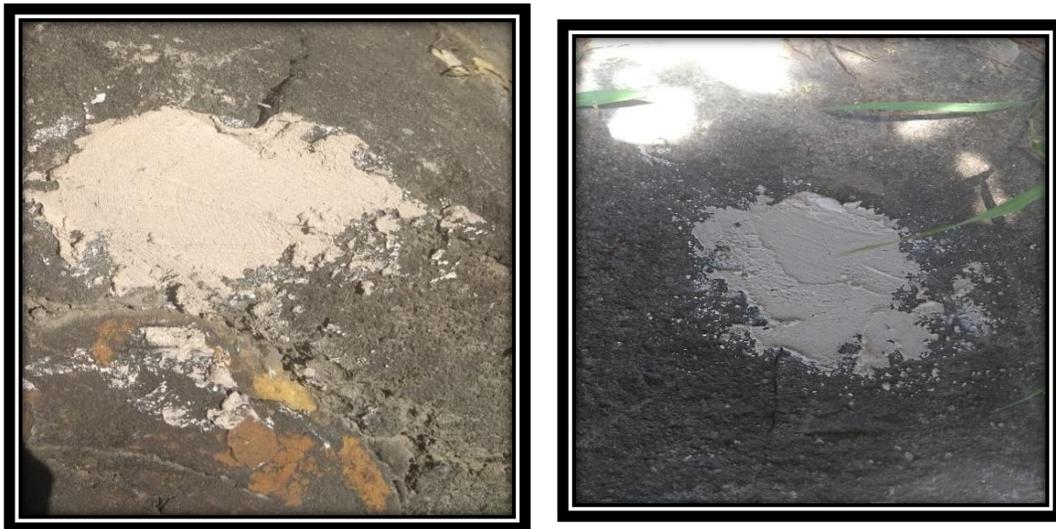
Observaciones: Muro ciclópeo de longitud 182.66

7.4. Instalación de testigos estructurales

El día 16 de abril del presente año, se realizó la instalación de testigos estructurales en yeso, los cuales se iban analizar durante un tiempo de 15 días; con el fin, de valorar el estado de las fisuras, para conocer si son pasivas o activas; puesto que es de suma importancia saber la velocidad e impacto en el que se produce la deformación.

A continuación se evidencia en las ilustraciones diferentes momentos de testigos en yeso:

Ilustración 26 fisuras con testigos de yeso





Fuente: fotografía propia

7.5. Estudio de suelo

El estudio tiene como objeto revisar las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del sector, que permita identificar si garantiza el adecuado comportamiento y funcionamiento de la estructura.

Se realizó solicitud a la oficina de planeación para el suministro de un estudio de suelos del sector adyacente al muro de contención, debido a que el suelo comprometido en la estructura está construido a su totalidad y no cuenta con espacios libres para llevar a cabo los ensayos pertinentes mediante la normas NSR – 10 / INVIAS – 13.

Oficina de planeación facilito el estudio de suelos realizado en el predio ubicado en la calle 14 # 7 – 23 Alto del Rosario, ubicado a 10 mts de la pata del muro, donde se llevó a cabo el estudio de suelos el día 01 de febrero presente año, mediante 3 sondeos y cinco (5) resultantes por ensayos de laboratorios, que permiten conocer las características y propiedades, mecánicas reales del suelo; los cuales son:

Tabla 3 Ensayos de suelos

Ensayo	Norma Invías	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3
Humedad natural:	E-112	4	4	3
Límites de consistencia	E-125/126	4	4	4
La vado tamiz no. 200	E-213/214	4	4	4
Peso unitario	E-152	5	3	4
Compresión inconfiada	E-152	N/a	2	N/a
Ensayo SPT valor N	E-211	6.20 mts	6.15 mts	6.10 mts

7.6. Calculo de muro

Se realiza el cálculo para relacionar las medidas e indagar las dimensiones y proporciones de la parte no visible del muro, con el fin de saber si el muro cumple con los factores de seguridad para un muro de contención por gravedad.

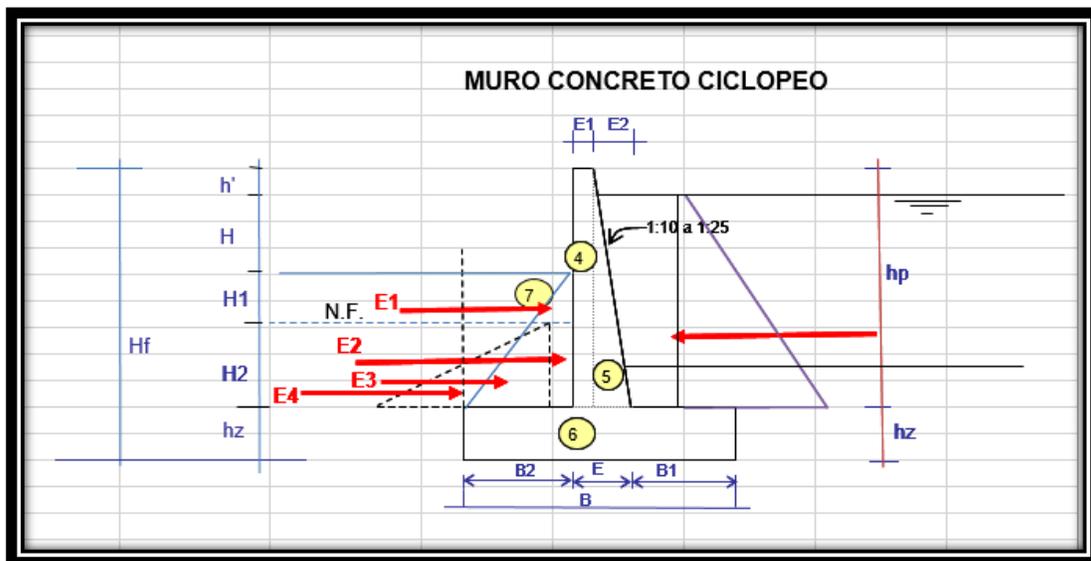
Este cálculo está basado bajo la NSR 10, capítulo H.6.9-1 factores de seguridad.

Tabla 4 Datos muro

DESCRIPCION		SIMBOLOS	VALORES	
Resist. del terreno :		s =	2,000	Kg/cm ²
Angulo de fricción:		f =	27,00	°
Coef. de fricción		f _i =	0,510	
Concreto pantalla, zapatas		f'c =	210,0	Kg/cm ²
Peso específico del agua		g _w =	1.000,0	Kg/m ³
Peso específico del concreto		g _c =	2.200,0	Kg/m ³
Peso específico del Relleno		g _r =	1.900,0	Kg/m ³
Peso específico del terreno Sumergido		g _r ' =	900,0	Kg/m ³
Espesor parcial placa – pantalla 1		E1 =	0,540	m
Espesor parcial placa – pantalla 2	~ 1 : 10	E2 =	1,600	m

Espesor inferior placa - pantalla : $E=E1+E2\sim 0,3H$		$E =$	2,500	m
Profundidad del Estribo		$H_f =$	10,000	m
Altura de zapata		$h_z =$	1,600	m
Altura del suelo seco		$H_1 =$	0,900	
Altura del suelo sumergido		$H_2 =$	0,000	
Altura placa – pantalla		$h_p =$	8,400	M
				M
Largo de zapata		$B =$	5,000	M
Pie de zapata		$B_1 =$	1,200	M
Talón de zapata		$B_2 =$	1,300	M
Coef. de fricción: Albañ./albañ.		$f_{alb/alb} =$	0,700	
Coef. de fricción : albañ./arcilla seca		$f_{alb/arc} =$	0,500	
Angulo de estabilidad del talud 1:	1,50	$b =$	0,00	°
				°

Ilustración 27 cálculo del diseño de muro



Fuente: Diseño de Muro de contención en Concreto ciclópeo.

Tabla 5 Chequeo de la sección

Fuerzas horizontales y verticales			
Empuje de tierras			
$E1 = (1/2) * g_r * H1 * (H1) * C$	H1 =	0,900	M
	C =	1,000	
$d = (H1/3)$	d =	0,300	M
$E1 = (1/2) * g_r * Hf * (Hf + 2 * h') * C$	E1 =	769,500	Kg
$EH = E * \text{Cos}(fw)$			
$Mv = EH * d$	Mv =	230,850	Kg-m/m
$E2 = g_r * H1 * (H2) * C$	H1 =	0,900	M
	H2 =	0,000	
	C =	1,000	
$d = (H2/2)$	d =	0,000	M
$E2 = g_r * Hf * (Hf + 2 * h') * C$	E2 =	0,000	Kg
$Mv = E2 * d$	Mv =	0,000	Kg-m/m
$E3 = 1/2 * g_w * H2 * (H2) * C$	H1 =	0,900	M
	H2 =	0,000	
	C =	1,000	
$d = (H2/2)$	d =	0,000	M
$E3 = g_r * H2 * (H2) * C$	E3 =	0,000	Kg
$Mv = E3 * d$	Mv =	0,000	Kg-m/m
$E4 = 1/2 * g_w * H2 * (H2)$	H1 =	0,900	M
	H2 =	0,000	
	C =	1,000	
$d = (H2/3) * ((H2 + 3 * h') / (H2 + 2 * h'))$	d =	0,000	M
$E4 = g_r * H2 * (H2) * C$	E4 =	0,000	Kg
$Mv = E4 * d$	Mv =	0,000	Kg-m/m

Tabla 6 Descripción

Descripción	FV	Xi	Mr	FH	Yi		Mv
	(Kg)	(m)	(Kg-m)	(Kg)	(m)		(Kg-m)
Empuje E 1				769,500	0,300		230,850
E2				0,000	0,000		0,000
E3				0,000	0,000		0,000
E4				0,000	0,000		0,000
(4) E1*hp*Yc	9.979,200	3,070	30.636,144				
(5) (1/2)*E2*hp*Yc	14.784,000	2,267	33.515,328				
(6) Zapata : B*hz*Yc	17.600,000	2,500	44.000,000				
(7) B2*(H1+H2)*Yr	2.223,000	4,350	9.670,050				
SUB-TOTAL	44.586,200		117.821,522	769,500			230,850

Tabla 7 Excentricidad

Excentricidad (e) :	B =	5,000	M	Xo=(Mr-Mv)/ΣFV	Xo =	2,637	m
e = B/2 - [(Mr-Mv)/Σ(FV)]	e =	e =	-0,137	M	ABS (e) =	0,137	m
e < B/6	0,137	<	0,833	VERDADERO	Bien		

Tabla 8 Chequeo de tracciones y compresiones

Chequeo de tracciones y compresiones (p)				p =	0,892		Kg/cm²
p1 = ΣFV/(B*L)*(1+6*e/B)	0,000	<	0,745	Kg/cm²	2,000		BIEN
p2 = ΣFV/(B*L)*(1-6*e/B)	0,000	<	1,038	Kg/cm²	2,000		BIEN

Tabla 9 Chequeo al volteo

Chequeo al volteo (cv)					
$C_v = M_r/M_v$		$C_v =$	510,381		
	510,381	\geq	2,000	VERDADERO	Bien

Tabla 10 Chequeo al deslizamiento

Chequeo al deslizamiento (cd)					
Coef. de fricción :		$f =$	0,500		
$C_d = \sum FV * f / \sum FH$		$C_d =$	28,971		
	28,971	\geq	1,500	VERDADERO	Bien

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. Análisis del ensayo esclerómetro:

El ensayo arrojó una resistencia del concreto de 210 MPA o 3000 psi, el cual cumple con la NSR-10 en cuanto al concreto simple se refiere.

El concreto a pesar de ser de tan avanzada vetustez, alcanza esta resistencia. Normalmente el concreto tiene una relación de resistencia vs tiempo, con tendencia al aumento de la resistencia, en el caso del concreto del muro de contención, presenta que se ha mantenido esta resistencia a lo largo del tiempo, lo cual no representa un factor determinante en cuanto a falla del concreto y que posiblemente el diseño de este concreto fue superior al diseño que realmente necesitaba.

8.2. Análisis de fallas

Fisuras

Siguiendo la medición, forma y dimensiones de las fallas visibles del concreto, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los testigos de yeso, se identifica que las fallas del muro citadas en el mapa de daños son fisuras pasivas y producidas por fisuración térmica, las cuales se han estabilizado en su crecimiento, por consiguiente, no representan daños graves en la integridad del muro de contención.

El conjunto de estas fisuras se manifestó por diferencia de temperatura dentro de la estructura de concreto. Esto ocurre por la presencia de humedad, exposición al calor y por condiciones climáticas, en la cual estas modificaciones de temperatura ocasionan tensiones de tracción que sobrepasan la capacidad de deformación por tracción del concreto del muro.

Humedad

Se analizó, que la humedad presente en el muro se debe a consecuencia de los drenajes que caen directamente al trasdós del elemento, entonces por no haber presencia de impermeabilización ayudo a la presencia de las fisuras citadas anteriormente y los desprendimientos del concreto.

Desprendimiento

Esta patología ocurrió por consecuencia de las dos fallas anteriores y por falta de mantenimiento preventivo oportuno, se encuentra en la parte inferior de la estructura; es importante mencionar que los desprendimientos no son grandes, pero si existen y así como todas las fallas que no tienen su corrección podría ocasionar daños más graves en el elemento.

8.3. Análisis del estudio de suelos:

Según los resultados del Ensayo de Penetración Standard SPT para los sondeos efectuados, presentan variación de capacidad de soporte entre los distintos actores del lote, de igual manera se presenta diferentes tipos de perfiles con características propias de cada una. Para los sondeos donde se presentaron arcillas con limos (promedio de 9 golpes/pie), el valor más bajo indica que el suelo posee una consistencia media con capacidad de soporte comprendida entre 1.00 a 1.4 Kg/cm², en una profundidad comprendida entre los 0.4 a 1 metros.

Para el segundo estrato conformado por limo arcillosos, se presenta (en promedio de 16 golpes/pies), indica que el suelo posee una consistencia semi dura, con una capacidad de soporte de 1.5 a 1.8 kg/cm², hasta una profundidad de 2.2 mts, a una profundidad de 5 mts, presenta una mayor consistencia del terreno, llegando hasta una capacidad de soporte de 2.3 kg/cm². Para los sondeos se presentaron arcillas limosas en promedio de 25 (golpes/pies), nos indica que el suelo

posee una consistencia dura con capacidad de soporte comprendida entre 2.12 A 2.70 Kg/cm². En una profundidad comprendida entre los 1.9 a 2.50 metros.

Tabla 11 Perfiles estratégicos

Profundidad	Clasificación usc
0-00 m – 0,30/m	Material relleno
0,10 / 4,50 m 6,00 m	CL – ML

Límites de consistencia y contenidos de humedad

Para estos límites se tienen la siguiente clasificación:

Tabla 12 Arcillas limosas CL

LL, %	LP, %	IP, %	W, %
40,7	18,1	22,5	5,3

Í El porcentaje de finos es mayor 33,2 A 59,1 la plasticidad presente es MEDIA en presentando una mínima plasticidad en sus finos.

Tabla 13 Arcillas ML

LL, %	LP, %	IP, %	W, %
30,5	11,9	18,6	8,5

El porcentaje de finos esta entre el 36,0 % 54,5 %, la plasticidad presente es medida debido a q son suelos de estructura homogénea

Tabla 14 Clasificación sísmica del suelo

Zona de riesgo sísmico	Intermedia
Aceleración Aa	0.20
Av	0.20
Ac	0.12

Ad	0:06
Perfil del suelo	E- perfil que contiene un espesor mayor de 3 mts de arcillas inorgánicas/ limos arcilloso
Coefficiente de sitio	1.5
Estructura de ocupación	
Coefficiente de importancia	I=1.00

Características del suelo

Analizando los resultados de los sondeos en los diferentes estratos en cada uno de los sondeos, se obtuvo los siguientes resultados:

Perfil del suelo:

El suelo en términos generales es homogéneo de perfiles de igual características, estando constituido por los siguientes estratos:

Placa de contra piso hasta. – 0.10 mts.

Capa de material Limoso SM – SC – CL de – 0.10 hasta 2.50 y 6.00 mts.

Nivel freático:

En el momento de los ensayos In situ NO SE identifico aguas subterráneas en cada sondeo relacionado con el siguiente cuadro:

Tabla 15 Nivel freático

Numero	Tipo	Profundidad de sondeo	Profundidad placa o suelo natural	Presencia de NAF
S 1	Barreno manual	-6.20 m	-0.30 m	No
S 2	Barreno manual	-6.10 m	-0.30 m	No
S 3	Barreno manual	-6.15 m	-0.30 m	No

Los cambios que el nivel de aguas freáticas sufre durante el año con las estaciones climáticas, se producen de preferencia en zonas bajas con escasas de escorrentía lateral. Los cambios de humedad que el suelo sufre por este motivo, depende tanto de la profundidad media del nivel de aguas freáticas, como la capilaridad del suelo. Sin embargo, este nivel corresponde a un valor puntual en el tiempo y puede variar según las condiciones de lluvia y manejo de aguas subterráneas.

La estratigrafía está definida por una primera capa 0,30 m en algunas ocasiones aparece suelo vegetal, seguido por el suelo firme tipo limos en tono Café claro con Arcillas limosas hasta los 2,50 m de profundidad.

8.4. Análisis del cálculo de muro.

Se tomaron los datos del terreno y el tipo de concreto que arrojó el ensayo de esclerómetro (210 kg/cm²) y se dimensionó a proporción las medidas internas del patín del muro, tomando en cuenta la altura descubierta del muro y el ancho de la corona, lo que permitió analizar lo siguiente:

- 1) En la zona no hay nivel freático.
- 2) Se entiende por fuerza E1 la acción que ejerce el terreno para evitar que el muro se deslice.
- 3) El peso propio del muro multiplicado por el coeficiente de fricción del suelo evitan junto con la fuerza E1 la falla por desplazamiento.
- 4) La excentricidad cumple con el parámetro de diseño ya que está dentro del tercio central de la base del muro.
- 5) El muro cumple con los requisitos de seguridad, tracción, compresión, volteo, deslizamiento.

- 6) Se realiza este procedimiento de cálculo bajo las normas estandarizadas internacionales para muros de contención por gravedad y la norma sismo resistente NSR-10, capítulo H

9. FORMULACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES

9.1. Alternativa de solución por fisuras

Se propone aplicar un sellador flexible, (epóxico) debido a que sus cualidades aportan resistencia al intemperie y a la alta exposición a rayos UV, ya que son diseñados para el sello de juntas con movimientos.

9.2. Alternativa de solución por humedad

Se propone aplicar impermeabilizantes tipo hidrófugos sobre la superficie donde se presenta la humedad, puesto que estos aditivos tienen como función obstruir los poros del concreto y transformar la humedad en una lámina superficial y que aporta protección, para que al contacto con el aire se evapore de manera rápida y no penetre el concreto.

Es importante destacar que estos tipos de aditivos no comprometen cambios a las características del concreto y para su aplicación se debe limpiar la superficie de todo tipo de material extraño o ajeno para asegurar su adherencia. En buenas condiciones de aplicación estos aditivos tienen duración de 2 a 3 años.

9.3. Alternativa de solución por desprendimiento

Se propone impermeabilizar la zona como se describió en la solución por humedad, es conveniente adherir cementos de muy buenas capacidades y resistencia siguiendo las especificaciones técnicas de productos para unión de concreto fresco a endurecido, creando un puente de adherencia entre esos dos. También, se debe instalar una capa de malla de carbono para adicionar resistencia y eventualmente no se desprenda.

10. CONCLUSIONES

Para concluir, se pudo determinar que el sistema constructivo del muro de contención por gravedad cumple con las normas actuales y su estado es aceptable, pese que tiene una vetustez de más de 80 años. A su vez, el muro por su volumetría, peso y dimensiones cumplen con los factores de seguridad de muros de contención según la NSR- 10. Al igual, mantiene su geometría, conserva su resistencia según los ensayos realizados, debido que el concreto del muro tiene una resistencia de 210 MPa, lo cual cumple con los requerimientos de concreto simple.

Según esta investigación el muro aún cumple con el objetivo inicial al que fue diseñado, como contenedor de tierras, pero se debe resaltar que el sistema de contención presenta algunas fallas estructurales que deben ser reparadas oportunamente para que no sean un problema eventual.

Por consiguiente, las patologías que se identificaron en el muro de contención son: fisuras pasivas con acción térmica, humedad por el agua que sale del drenaje de la estructura, desprendimiento del concreto por presencia de humedad y descascaro del mismo.

Por último, se debe resaltar que en Colombia las estructuras y construcciones públicas tienen bajos nivel de supervisión en cuanto mantenimiento y reparación, esto puede ocasionar el deterioro y colapso de estructuras. Además, que se deben estudiar, analizar y evaluar las condiciones actuales de las construcciones antiguas que prestan servicio y aún son necesarias para la comunidad.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las oficinas de planeación e infraestructura, o a los entes gubernamentales pertinentes, realizar mantenimientos preventivos periódicos, ya que al seguir omitiéndose puede ocasionar una pérdida importante de su estabilidad y en el momento que la estructura llegue a fallar, por ausencia del mantenimiento oportuno, acarrearía daño directo a la comunidad y construcciones circundantes; además, los costos de reparación serían muy altos.

También, se recomienda no modificar las cargas de ninguna índole que afecten o involucren la estructura de contención según (Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos, ilustración 7), porque puede presentar deformaciones o fallas en el muro que en el tiempo de esta investigación no se evidenciaron.

Se recomienda que para el mantenimiento de las fisuras presentes en el muro, se debe emplear un material de relleno flexible, debido a que sus cualidades de acomodo o acople puede alternar la contracción y la expansión en el futuro. Estas fisuras deben ensancharse muy cuidadosamente para que su relleno pueda acomodarse debidamente.

Sumado a esto, se debe instalar testigos estructurales de vidrio para evidenciar si en un lapso de tiempo más amplio que el ejecutado en la investigación, arroja movimiento de fisuras.

Por último, se recomienda realizar la remoción de los cultivos biológicos presentes en toda la estructura, ya que se trata de una superficie de textura rugosa, y está sometida a la intemperie, puesto que éstos dos factores son causantes de la proliferación de microorganismos que afectan el concreto no solo por las manchas o cambios de color que puede presentarse, sino también, porque su principal efecto desfavorable es la humedad en la superficie del concreto, que permite

el crecimiento de capa vegetal que afecta de forma directa la integridad del concreto de la estructura de contención.

12. BIBLIOGRAFÍA

Afanador N. y, Medina D. (2012) *Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y*

Voladizo. Obtenido de

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_40/recursos/04_v19_24/revista_20/05112012/14.pdf

Arqhys Arquitectura. (2013). *Concreto ciclópeo*. Obtenido de

<http://www.arqhys.com/construccion/concreto-ciclopeo.html>

Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (2010). *Norma colombiana de diseño y construcción sismo resistente, NRS – 10*. Obtenido de

<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Asociación Colombiana De Productores De Concreto (ASOCRETO) (2012) *Patologías comunes en muros de contención*, pp. 40-43. En: revista NOTICRETO, No111.

Broto, C. (2006). *Tratado Broto de Construcción. Patología de los materiales de Construcción*. Barcelona, España: Estructure.

Construcción, I. y. (s.f.). *Tipos de pavimentos de concreto*. Obtenido de

<https://civilgeeks.com/2011/12/11/tipos-de-pavimentos-de-concreto/>

Díaz, P. (2014) Trabajo de Grado: *Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia*. Obtenido de

<https://repository.javeriana.edu.co:8443/bitstream/handle/10554/12694/DiazBarreiroPatricia2014.pdf>

Gustavo G. H. (2013). *Diseño de muros de contención sector la aguada comuna de corral*.

Valdivia-chile 2009. Obtenido de

<https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/marco-teorico/>

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, I. (s.f.). *Especificaciones generales de construcción de vías*

. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/14/9589322824_Parte4.pdf

Harmsen, T. (2002) *Diseño de Estructuras en Concreto Armado*. 3ª.ed. Lima: PUCP.

Helene, P. (2007). *Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto*. Sao Paulo: SIKA.
Obtenido de <http://www.phd.eng.br/rehabilitacion-y-mantenimiento-de-estructuras-de-concreto/>

Miera, L. F. (2001). *El agrietamiento en losas de concreto apoyadas sobre el suelo*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/cyt/diciembre03/agrietamiento.htm>

Muñoz, H. (2001) *Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto*. obtenido de https://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/Evaluacion_patologias_estructuras.pdf

Rivera, G. (s.f.). *Durabilidad del Concreto* . Obtenido de file:///C:/Users/Cosi_2/Desktop/Cap.%2007%20-%20Durabilidad.pdf

Rivera, G. (s.f.). *Resistencia del Concreto*. Obtenido de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%20202009/Cap.%2006%20-%20Resistencia.pdf>

Sánchez, D. (2011). *Durabilidad y patología del concreto*. Bogotá D.C., Colombia: Vargas impresores.

Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Obtenido de <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>

Vicerrectoría Académica de Sede UNIMINUTO (2015). Obtenido de <http://www.uniminuto.edu/documents/992038/4859085/Interfaz+Innovaci%C3%B3n+Social+Sept10de2015+pdf.pdf/8e1e91a4-b981-439f-b91c-2f314b9b990a>

Wiley, J. (1967) Allan Block Engineering Manual, *UBC 21 Unidades de mampostería de concreto con cojinetes de carga sólida y sólidos*. Obtenido de <http://www.allanblock.com/literature/PDF/EngManual.pdf>

13. ANEXOS

Anexo 13.1. Cronograma

El estudiante debe elaborar el cronograma de trabajo teniendo en cuenta cada una de las fases del proyecto con sus respectivas actividades asociando los recursos humanos, físicos y entre otros.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																	
N°	Actividad	Semanas															
		Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Visita al sitio de estudio y presentación de propuesta de grado.	■															
2	Recopilación de antecedentes.		■	■													
3	Elaboración y entrega de cartas a la oficina de planeación e infraestructura		■	■													
4	Formulación de objetivos (general y específicos) entrega avance			■													
5	Elaboración de planteamiento del problema, pregunta de investigación y justificación. Entrega avance.			■	■												
6	Elaboración de marco de referencia (teórico, conceptual, normatividad,					■	■	■									

	contextual e institucional y metodología) Entrega avance																		
7	Recolección de información del objeto de estudio (estudio de suelo del sector, levantamiento topográfico y ensayo de esclerómetro)																		
8	Instalación de testigos estructurales																		
9	Elaboración de moderación 3D para situar mapa de daños, cálculo volumétrico, análisis visual. Entrega avance																		
10	Análisis de resultados – entrega avance																		
11	Conclusiones y recomendación - Revisión final del documento																		
12	Entrega de trabajo de grado																		
13	Sustentación																		

Anexo 13.2. Presupuesto

El estudiante debe indicar los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Rubros	Efectivo
1. Personal	100.000.000
2. Equipos	160.000.000
4. Materiales e insumos	80.000.000
5. Salidas de campo	60.000.00
7. Propiedad intelectual y patentes	15.000.00
Total:	415.000.000

Anexo 13.3. Radicado de carta

Girardot, 03 de Abril de 2018

Señores:

Oficina de Infraestructura Municipal Girardot

E. S. D.

VENTANILLA UNICA DE
CORRESPONDENCIA

Fecha: 04 ABR 2018

No. de Folios: 2 Hora: 10:25am

Quien Recibe: [Firma]
"ALCALDÍA MUNICIPAL
DE GIRARDOT"

REF: solicitud información

Yo, Gabriel Guarín Leyva, identificado con la cc. 1070601413, de la ciudad de Girardot, solicito muy cordialmente a quien corresponda, suministrarme información (datos de la construcción, proceso constructivo) sobre el muro de contención en concreto ciclópeo, ubicado sobre la cra. 7ma entre calles 11 y 14, del barrio Alto De La Cruz, puesto que como estudiante de ingeniería civil, de la Universidad Minuto De Dios, estoy adelantando mi trabajo de tesis de grado referente al muro en mención. Esta información es de bastante importancia para el desarrollo de la investigación, y es necesaria de forma urgente.

Quedando altamente agradecido por su positivo apoyo,

Atentamente,



Gabriel Leonardo Guarín Leyva
c.c. 1070601413
cel: 3165150828
Estudiante de Ingeniería civil
Universidad Minuto de Dios
ID: 000099298

ción

Anexo 13.4. Carta planeación

Girardot, 03 de Abril de 2018

Señores:

Oficina de Planeación Municipal Girardot

E. S. D.

REF: solicitud información

VENTANILLA UNICA DE
CORRESPONDENCIA

Fecha: 04 ABR 2018

No. de Folios: 2 Hora: 10:25 am

Quien Recibe: [Firma]
"ALCALDÍA MUNICIPAL
DE GIRARDOT"

Yo, Gabriel Guarín Leyva, identificado con la cc. 1070601413, de la ciudad de Girardot, solicito muy cordialmente a quien corresponda, suministrarme un estudio de suelo del sector donde está ubicado el muro de contención en concreto ciclópeo en la cra. 7ma entre calles 11 y 14, del barrio Alto De La Cruz, puesto que como estudiante de ingeniería civil, de la Universidad Minuto De Dios, estoy adelantando mi trabajo de tesis de grado referente al muro en mención. Esta información es de bastante importancia para el desarrollo de la investigación, y es necesaria de forma urgente.

Quedando altamente agradecido por su positivo apoyo,

Atentamente,



Gabriel Leonardo Guarín Leyva
C.c. 1070601413
Cel: 3165150838
Estudiante de Ingeniería civil
Universidad Minuto de Dios
ID: 000099298

Anexo 13.5. Resultados de esclerómetro



ESTUDIOS
DISEÑOS Y
CONSTRUCCIONES
CARLOS NIETO S.A.S

Girardot, Abril 24 de 2018

Señor:

GABRIEL LEONARDO GUARIN LEYVA
Ciudad.

Respetado Señor Guarín:

Nos permitimos dar a conocer los resultados del Ensayo no destructivo (ESCLEROMETRO). Resistencia de Concreto Estructural cumpliendo con la norma INV-E-413-13, tomada directamente en el Proyecto, Trabajo de Tesis Corporación Universitaria Minuto de Dios, localizado en el Municipio de Girardot, Departamento de Cundinamarca.

Gustosamente atenderé cualquier inquietud al respecto.

Anexamos informe de resultados.

Cordialmente,

Ing. CARLOS ANDRÉS NIETO LAGUNA
Mat. 25202-190306 CND.
Ingeniero Civil
Especialista en Geotecnia
Especialista en Diseño y Construcción de Pavimentos
Representante Legal Edyconst S.A.S

OFICINA CENTRAL Y LABORATORIO DE MATERIALES
Diag 8 N° 32-36, B/Blanco, Girardot (Cund).
Tel. 8887452 Cel: 311-5571381. 317-5262303
E-mail: edyconst@hotmail.com – gerencia@edyconst.com.co

	MÉTODO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE REBOTE (ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO) EN EL CONCRETO ENDURECIDO INV E - 413 - 13	CÓDIGO: O15-R-020						
		EMISIÓN: 01/02/2017						
		VERSIÓN: 1						
		CONSECUTIVO: E07 N°001						
ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CARLOS NIETO S.A.S								
CONCRETO: <u>CICLOPEO</u>	LOCALIZACIÓN: <u>CARRERA 7 CALLE 11-16</u>							
CONTRATISTA: <u>GABRIEL LEONARDO GUARÍN LEYVA</u>	FECHA T: <u>25/04/2018</u>							
PROYECTO: <u>TRABAJO DE TESIS CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS</u>	FECHA C: <u>24/04/2018</u>							
EVALUACIÓN DE REBOTE R								
N° IMPACTOS	1	2	3					
UBICACIÓN Y IDENTIFICACIÓN	MURO Ciclópeo m0 + 050	MURO Ciclópeo m0 + 060	MURO Ciclópeo m0 + 090					
1	28	28	28					
2	28	30	30					
3	30	28	28					
4	24	28	32					
5	28	30	28					
6	30	30	28					
7	30	30	30					
8	32	30	32					
9	28	30	29					
10	28	32	32					
PROMEDIO	29,8	29,8	29,8					
σ IMPACTO	0'	0'	0'					
IN-R0P/CM2	210	210	210					
IN- LB/PUL2	3000,0	3000,0	3000,0					
AÑO DE FUNDIDA:	1930	1930	1930					
EDAD: <u>88 AÑOS</u>	TERMINACIÓN: <u>SI</u>	TIPO DE FORMALISTA: _____						
TIPO MARTILLO FABRICANTE	<u>MARTILLO DE REBOTE N°/P HT-325</u> <u>IMPORADÓ R&R</u>							
OBSERVACIONES: <u>MURO CICLOPEO DE LONGITUD 120 Mts</u>								
 ING. CARLOS ANDRÉS NIETO L. REPRESENTANTE LEGAL	 SGS CO170718	 LAURA MARICELA VELASCO C. DIRECTORA DE LABORATORIO						

Anexo 13.6. Acta de compromiso

PROGRAMA ACADEMICO
ACTA DE COMPROMISO SOBRE PROPIEDAD INTELECTUAL
PRESENTACION PROPUESTA PROYECTO DE GRADO

FECHA: 30 Mayo del 2018

PROGRAMA: Ingeniería Civil

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Gabriel Leonardo Guarín Leyva

ID: 000098298

TITULO DEL PROYECTO DE GRADO:

Al presentar la propuesta de Proyecto de Grado para evaluación y aprobación por parte del Comité, hago la siguiente declaración:

DECLARACION:

1. Soy consciente que cualquier tipo de fraude en este trabajo es considerado como una falta grave en la Universidad. Al firmar, entregar y presentar esta propuesta de proyecto de Grado, doy expreso testimonio de que esta propuesta fue desarrollada de acuerdo con las normas establecidas por la Universidad. Del mismo modo, aseguro que no participé en ningún tipo de fraude y que en el trabajo se expresan debidamente los conceptos o ideas que son tomadas de otras fuentes.
2. Soy consciente que el trabajo que realizaré incluirá ideas, conceptos del autor y del tutor o incluir material de cursos o trabajos anteriores realizados en la Universidad y por lo tanto, daré el crédito correspondiente y utilizaré este material de acuerdo con las normas de derechos de autor. Así mismo, no haré publicaciones, informes, artículos o presentaciones en congresos, seminarios o conferencias sin la revisión o autorización expresa del asesor o tutor, quién representará en este caso a la Universidad.


FIRMA:



NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Gabriel Leonardo Guarín Leiva

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 1.070.801.413

Anexo 13.7. Respuesta de infraestructura



Anexo 13.8. Cartera del levantamiento topográfico

1,1000,1000,300,D1, ,	
2,1010.399,1000.002,299.934,D2, ,	
10,969.949,987.234,300.908,PM, ,	
11,971.38,987.615,300.646,PM, ,	
12,971.878,987.759,300.619,PM, ,	
13,981.576,988.544,300.483,PM, ,	
14,990.78,989.333,300.242,PM, ,	
15,999.685,990.057,300.192,PM, ,	
16,1008.367,990.8,300.123,PM, ,	
17,1017.256,991.512,300.06,PM, ,	
18,1026.463,992.278,299.968,PM, ,	
19,1035.755,993.1,299.814,PM, ,	
20,1044.959,993.986,299.75,PM, ,	
21,1048.653,994.386,299.741,PM, ,	
22,1058.207,994.891,299.653,PM, ,	
23,1067.751,995.163,299.538,PM, ,	
24,1077.186,995.701,299.399,PM, ,	
25,1086.498,996.196,299.275,PM, ,	
26,1095.933,996.765,299.134,PM, ,	
27,1105.277,997.078,298.901,PM, ,	
28,1115.876,997.487,298.697,PM, ,	
29,1115.905,997.157,299.026,CM, ,	
30,1106.503,996.545,300.314,CM, ,	
31,1106.517,996.541,300.309,CM, ,	
32,1097.107,995.83,301.457,CM, ,	
33,1087.972,994.863,302.804,CM, ,	
34,1078.98,993.908,304.203,CM, ,	
35,1070.736,992.886,305.733,CM, ,	
36,1058.234,991.88,306.709,CM, ,	
37,1048.979,991.203,307.098,CM, ,	
38,1045.973,990.982,307.167,CM, ,	
39,1037.051,990.843,305.875,CM, ,	
40,1028.518,990.681,304.672,CM, ,	
41,1022.007,990.492,303.777,CM, ,	
42,1014.219,990.197,302.907,CM, ,	
43,1005.025,989.746,302.223,CM, ,	
44,995.925,989.176,301.77,CM, ,	
45,986.176,988.498,301.481,CM, ,	

46,978.197,987.932,301.327,CM, ,
47,971.73,987.459,301.1,CM, ,
48,971.305,987.428,301.075,CM, ,
49,970.076,987.129,301.106,CM, ,
50,948.966,987.18,300.942,VIA, ,
51,959.275,987.801,300.758,VIA, ,
52,968.348,988.212,300.59,VIA, ,
53,969.041,987.738,300.64,VIA, ,
54,967.566,986.944,300.678,VIA, ,
55,966.94,986.165,300.699,VIA, ,
56,966.669,984.935,300.974,VIA, ,
57,966.318,981.49,301.618,VIA, ,
58,966.646,979.445,302.038,VIA, ,
59,967.499,976.983,302.534,VIA, ,
60,968.189,975.676,302.781,VIA, ,
61,960.793,969.978,303.291,VIA, ,
62,958.3,974.277,302.429,VIA, ,
63,956.744,976.812,301.985,VIA, ,
64,954.661,980.324,301.379,VIA, ,
65,953.027,983.11,301.028,VIA, ,
66,951.45,985.053,300.925,VIA, ,
67,949.266,986.983,300.926,VIA, ,
68,949.345,996.467,300.771,VIA, ,
69,954.599,997.167,300.444,VIA, ,
70,955.392,998.142,300.174,VIA, ,
71,968.876,997.246,300.235,VIA, ,
72,973.056,997.032,300.367,VIA, ,
73,982.903,997.836,300.234,VIA, ,
74,992.421,998.641,300.136,VIA, ,
75,1001.623,999.441,300.03,VIA, ,
76,1011.834,1000.389,299.919,VIA, ,
77,1020.679,1001.666,299.886,VIA, ,
78,1030.216,1002.539,299.807,VIA, ,
79,1039.161,1003.299,299.787,VIA, ,
80,1048.741,1003.807,299.719,VIA, ,
81,1059.556,1004.378,299.661,VIA, ,
82,1069.358,1004.771,299.5,VIA, ,
83,1079.395,1005.265,299.355,VIA, ,
84,1089.875,1005.811,299.145,VIA, ,
85,1099.839,1006.352,298.904,VIA, ,
86,1105.83,1006.843,298.808,VIA, ,

87,1105.855,1006.857,298.808,VIA, ,
88,1106.722,1007.318,298.656,VIA, ,
89,1107.157,1008.843,298.487,VIA, ,
90,1107.173,1009.504,298.416,VIA, ,
91,1114.702,1010.135,298.318,VIA, ,
92,1114.758,1008.454,298.526,VIA, ,
93,1115.291,1007.686,298.604,VIA, ,
94,1116.385,1007.135,298.719,VIA, ,
95,1125.694,1007.411,298.63,VIA, ,
96,1134.082,1007.758,298.435,VIA, ,
97,1134.904,998.749,298.427,VIA, ,
98,1125.073,998.348,298.631,VIA, ,
99,1114.982,998.115,298.776,VIA, ,
100,1103.979,997.893,299.007,VIA, ,
101,1103.963,997.893,299.008,VIA, ,
102,1093.276,997.464,299.208,VIA, ,
103,1083.401,997.009,299.379,VIA, ,
104,1066.336,996.019,299.568,VIA, ,
105,1051.525,995.159,299.74,VIA, ,
106,1033.583,993.718,299.907,VIA, ,
107,1015.115,992.092,300.1,VIA, ,
108,997.825,990.437,300.22,VIA, ,
109,979.875,988.965,300.395,VIA, ,
110,971.349,988.315,300.52,VIA, ,
3,1051.36,991.043,307.003,D3, ,
4,1056.904,991.589,306.771,D4, ,
112,1062.278,970.573,309.508,VIA, ,
113,1058.385,978.566,308.35,VIA, ,
114,1057.36,980.774,308.132,VIA, ,
115,1055.503,981.791,307.274,VIA, ,
116,1068.896,984.211,306.845,VIA, ,
117,1067.676,982.904,307.621,VIA, ,
118,1067.098,981.495,307.941,VIA, ,
119,1067.22,980.422,308.149,VIA, ,
120,1069.001,976.034,309.062,VIA, ,
121,1073.285,985.476,305.765,VIA, ,
122,1077.372,986.581,304.799,VIA, ,
123,1087.651,987.687,303.133,VIA, ,
124,1097.049,988.647,301.653,VIA, ,
125,1109.744,989.923,300.384,VIA, ,
126,1048.506,985.103,307.259,VIA, ,

127,1028.165,984.978,304.763,VIA, ,
128,1012.01,984.396,302.865,VIA, ,
129,987.901,982.864,301.663,VIA, ,
130,967.873,982.902,301.484,VIA, ,