BOGOTÁ

INFORME DE ANÁLISIS DE ALCANCE DE ESTUDIOS, SECTOR DIVINO NIÑO

A continuación se presenta un resumen de los antecedentes y necesidades actuales de complementos de estudios. El sector corresponde al barrio Divino Niño y específicamente al sitio ubicado en la Carrera 16 entre calle 80A-Bis Sur (al sur) y calle 79 A bis Sur (al norte), donde se desarrollaron estudios y diseños para reducción de riesgo por movimientos en masa, se construyó una fase de obra de emergencia, se construyeron las obras del sector 2 y se prevé continuar la intervención del sector.

ANTECEDENTES

En abril de 2019 ocurrió un movimiento en masa en el sector Divino Niño, el cual generó afectaciones directas a las ocupaciones existentes en dos manzanas y en la vía Carrera 16 entre calle 80A-Bis Sur y calle 80 A Sur, se observó riesgo inminente para las viviendas ubicadas en la manzana superior adyacentes y posible ampliación o propagación del movimiento hacia la manzana lateral y superior.

Este fenómeno está descrito en los diagnósticos técnicos número DI-13029, DI-13357, DI-13421 de 2019, emitidos por la Subdirección de Análisis de riesgos y Efectos de Cambio Climático del IDIGER. Dada la emergencia, el día 2 de Agosto de 2019 mediante la Resolución 411 de 2019, en su artículo primero, el IDIGER declaró "*la urgencia manifiesta con el fin de celebrar los contratos necesarios para atender la emergencia que se presenta actualmente en el barrio Divino Niño de la Localidad Ciudad Bolívar de Bogotá D.C., Calle 80 Bis A Sur y Calle 80 A Bis A Sur, y su área de influencia de conformidad con lo expuesto en la parte motiva de este documento*".

En la parte resolutiva del mencionado acto administrativo, ordenó para la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar, entre otras recomendaciones, *"desde su competencia le corresponde adelantar las acciones administrativas tendientes a realizar el seguimiento de las recomendaciones impartidas mediante este diagnóstico técnico con el objeto de proteger la integridad física de los vecinos y transeúntes del sector*". Es por ello que la Alcaldía Local ha continuado con esta gestión de seguimiento.

Es por ello que se solicitó a los consultores del contrato 180 de 2019 que tenía por objeto "Elaboración de estudios y diseños de obras de Emergencia en sitios de intervención prioritaria en la ciudad de Bogotá D.C", contrato en curso en la fecha de ocurrido el evento y que tenía la finalidad de atender estos casos, realizar el respectivo análisis y planteamiento de las medidas requeridas para la reducción del riesgo. El consultor realizó los estudios temáticos y sectorizó el área en dos: sector 1 donde se generaron daños en dicha fecha y sector dos donde se observan grietas de tracción que indicaban posible propagación del movimiento en masa.

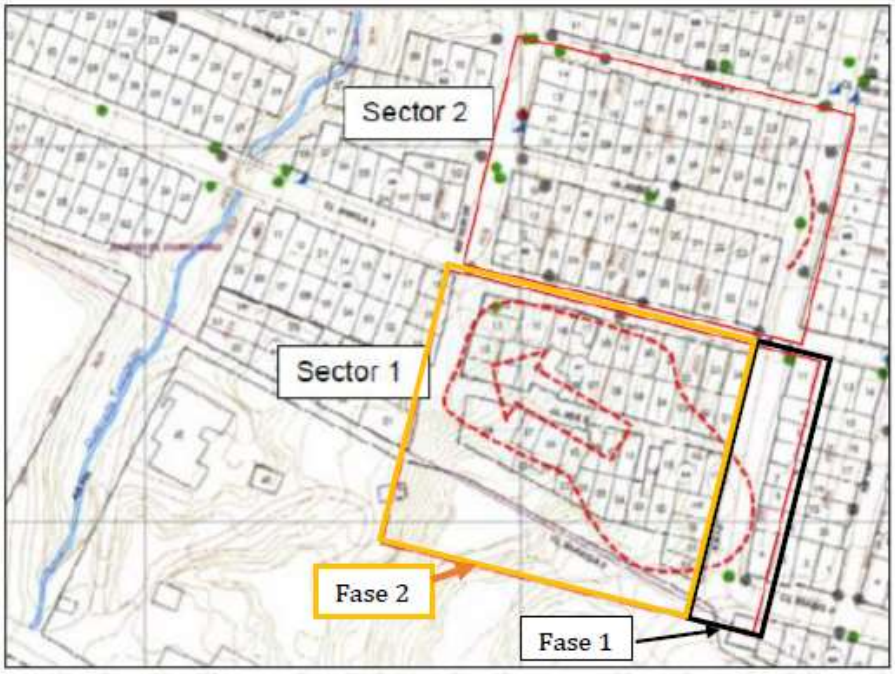


Ilustración 1Ubicación polígono de estudio

Bajo dicha resolución de urgencia manifiesta, el IDIGER, realizó el Contrato de obra No. 488 de 2019 (Detalle del Proceso SECOP I Número: 488-2019), con objeto "Construcción de obras de emergencia para la mitigación del riesgo por remoción en masa presentado en el barrio Divino Niño, en el sector comprendido entre la Calle 80 bis A Sur y la Carrera 16 y la quebrada Trompeta Sector 1, Fase 1 y 2 y su área de influencia en la localidad Ciudad Bolívar de Bogotá D. C., en el marco de la resoluciones 411 y 650 de 2019.", por medio del cual se ejecutaron la mayoría de las obras del SECTOR 1 Fase 1, con excepción de las obras hidráulicas de escorrentía

Además, en dicho contrato también se desarrollaron actividades de la FASE 2 del SECTOR 1, específicamente: Localización y replanteo, Excavación Mecánica en Material Común, Perforación, suministro e instalación de drenes horizontales de diámetro de 2" en tubería PVC, siembra de grama (incluye suministro e instalación y 10 cm de tierra negra), quedando sin ejecutar los movimientos de tierras de la parte media y baja del talud, las obras hidráulicas superficiales, y la implementación de los diseños paisajísticos aprobados por el Jardín Botánico de Bogotá. Es importante resaltar que en este contrato se ejecutaron movimientos de tierras que modificaron la topografía original, es decir la realizada en los estudios de abril y mayo de 2019.

El constructor generó las siguientes recomendaciones, según el informe final de obra:

- Se recomienda a la entidad realizar los estudios pertinentes que permitan establecer un sistema constructivo en la parte media y baja del talud, por medio del cual se estabilice el mismo y se frenen los movimientos evidenciados durante el desarrollo de las actividades de obra objeto del contrato 488 de 2019 y una vez finalizadas las

mismas. Esto teniendo en cuenta que dentro del alcance técnico del contrato de obra anteriormente mencionado no se estableció medidas u obras que permitiesen mitigar el riesgo presentado en dicho sector del talud. Así mismo estas obras requieren de una asignación presupuestal adicional con la cual no se contaba al momento de finalizar las actividades constructivas del contrato 488 de 2019.

- Se debe monitorear periódicamente el estado del talud teniendo en cuenta el movimiento en masa que se registra en la parte media y baja del mismo, a fin de garantizar o prevenir que se generen fallas estructurales por el movimiento en la viga cabezal ya que este elemento en conjunto con los micropilotes de cimentación y los anclajes son el mecanismo de mitigación del riesgo al movimiento en masa que se había presentado en el sector desde la carrera 16 hacia la parte alta del barrio y que una vez construido el sistema se pudo evidenciar que desde la viga cabezal hacia arriba el movimiento en masa dejo de generarse y con este sistema se logró salvaguardar la seguridad en cuanto a posibles desastres por movimientos en masa de la parte alta del barrio Divino Niño, específicamente entre las calles 80 bis a Sur y 80 a bis Sur entre carreras 15 y 16.

Finalmente, el contrato 488 de 2019 fue recibido a satisfacción. Es importante anotar que en la parte baja del SECTOR 1 FASE 2, se encuentran viviendas que no han acogido la recomendación de reasentamiento y esto fue otro de los factores que impidió la construcción de la totalidad de las obras.

Respecto al SECTOR 2, el IDIGER adelantó el proceso licitatorio y contrató la construcción de obra mediante contrato 188-2021, cuyo objeto es “CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA PRESENTADO EN EL BARRIO DIVINO NIÑO SECTOR DOS, EN LA LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR DE BOGOTA D. C.”. En este contrato se ejecutó completamente sin cambios en los diseños; estas obras están en proceso de liquidación de contrato.

ACTIVIDADES REALIZADAS EN LOS ESTUDIOS 2019

Las actividades realizadas fueron:

- Recolección, revisión y análisis de información existente
- Levantamiento Topográfico
- Estudios temáticos: Evaluación geológica, Geomorfología, Hidrogeología, Hidrología y evaluación del drenaje superficial, Sismología, Análisis de la cobertura y los usos del suelo,
- Investigación Geotécnica, 7 sondeos entre 10 y 20 metros de profundidad distribuidos en todos los sectores.
- Determinación del modelo geológico – geotécnico
- Análisis de Estabilidad
- Planteamiento de alternativas.
- Diseños del drenaje y subdrenaje, Estudios y diseños estructurales de drenaje y contención, estudios y diseño geotécnicos, geométricos, urbanísticos y otros.
- Estudio predial
- Planos, proceso constructivo, cantidades de obra y análisis unitarios
- Especificaciones técnicas para la ejecución de las obras
- Especificaciones particulares

- Presupuesto y programación de obra
- Inventario Forestal
- Formulación de plan de manejo ambiental
- Trámites ambientales y permisos
- Plan de gestión social
- Formulación de plan de manejo de tránsito
- Trámites

Este contenido indica un estudio integral, que generó soportes para construcción, con información técnica que se mantiene vigente como la geología, hidrología, hidrogeología, sismología, parcialmente el modelo geológico geotécnico, todos de tipo interdisciplinar.

PLANTEAMIENTO DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS EN 2019

El estudio y diseño se realizó en el año 2019 y generó las siguientes recomendaciones por sectores:

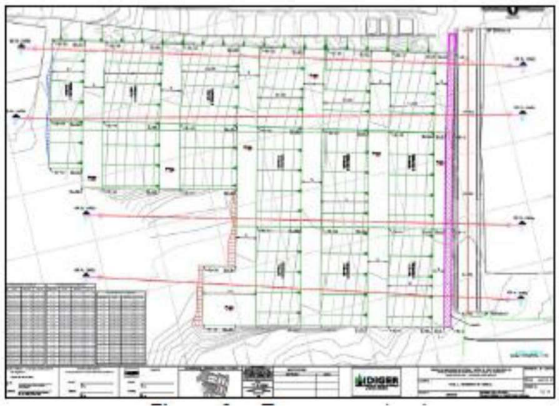
Sector 1 – Fase 1

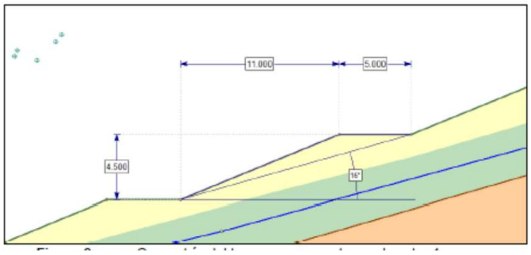
• Construcción de una obra de emergencia que busca mitigar el efecto del deslizamiento sobre la manzana vecina al deslizamiento, con construcción de pilotes metálicos de 8 pulgadas de diámetro, 15 metros de longitud, material SCH 40, separación entre pilotes de 1 m, dos filas de pilotes separadas 1.0 m, pilotes preexcavados e hincado en arcillolita (9 metros de empotramiento, los 6 metros superficiales son en relleno y suelo residual). La ubicación de los pilotes es en el borde externo de la vía.
• Los pilotes son arriostrados con viga cabezal donde se colocan anclajes de 40 toneladas, 30 m de longitud de los cuales 15 son de bulbo, pendiente respecto a la horizontal de 15 grados y separación entre anclajes de 3 m

Como complemento a las obras de estabilización se propone colocar temporalmente, hasta que se construya la fase dos de este sector, una zanja revestida con geomembrana atravesando la vía, un tanque plástico de 2000 lt de capacidad y dos tubos de 6” RDE 21 que entreguen el agua que drena desde la parte alta de la ladera a la quebrada trompetas, sin generar infiltración de agua de escorrentía al talud.

Sector 1 – Fase 2

- Construcción de obras de drenaje superficiales para manejo de aguas de escorrentía, incluye red de canales en la parte superior de los pilotes de fase 1, es decir que cubre de forma definitiva el sector 1.
- De acuerdo con la exploración de subsuelo el nivel freático se encuentra a nivel de superficie por lo cual se plantea la construcción de drenes horizontales y obras tipo filtro.
- Canales rectangulares por la parte exterior y canales triangulares sobre las terrazas como receptores de aguas drenadas de las laderas
- Terraceo del sector deslizado, la pendiente propuesta de la ladera (general) es de 16 grados, con la siguiente geometría:





- Implementar el diseño paisajístico, aprobado por el Jardín Botánico.



- Además, instalación de instrumentación, la cual marcará la necesidad de avanzar o no en la construcción de las obras del sector 2.

Sector 2

- Construcción de la continuación de la doble fila de micropilotes del sector uno, micropilotes de 8” de diámetro SCH 40, longitud 15 metros. Separados cada 1.0 metro y distribuidos en tres bolillo. Esta doble fila de micropilotes es arriostrada por una viga cabezal de 1.70 metros de ancho y 0.50 metros de espesor (no anclada). La longitud de este muro es de 61,48 metros aproximadamente.
- Con el fin de mantener el nivel freático por debajo de los suelos potencialmente inestables, se propone la instalación de drenes sub horizontales de 20 metros de longitud, distribuidos en la parte baja, media y alta de la ladera. Incluyendo esta

medida de drenaje subsuperficial no se afectarán las casas incluidas en las dos manzanas de este sector.

Los diseños contaban con los documentos soportes requeridos para construcción (planes, planos, especificaciones, presupuesto, etc)

Con base en dichos estudios, se construyeron las obras estructurales del Sector 1 - Fase 1 y los terraceos y drenes horizontales del Sector 1 – Fase 2, en diciembre de 2019 terminadas en 2020. Según información del líder de obras de IDIGER, no se construyó la totalidad de las obras hidraúlicas del Sector 1 Fase 1, no se ha construido las obras hidráulicas y algunos movimientos de tierras y paisajismo del Sector 1 Fase 2. A la fecha, se está liquidando el contrato de las obras del Sector 2.

OBSERVACIONES DE LOS AVANCES DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

El 4 de junio de 2021 se realizó un recorrido en el sitio donde se encuentra la obra de emergencia construida, es decir el sector 1 Fase 1, continuó hacia la calle limítrofe entre los sectores 1 y 2 y por último se avanzó por la carrera 16 hacia el norte.

Se observó el avance del movimiento en masa en la parte inferior de la estructura de pilotes, en forma progresiva y con deformaciones verticales del cuerpo del deslizamiento, dejando al descubierto la viga cabezal en su totalidad y un tramo de pilote de 0.5 a 1.0m de altura. Allí también se observan que se está generando pérdida del material adyacente a los pilotes, es decir erosión, causada posiblemente por el arrastre del suelo de relleno que genera la escorrentía superficial.



Ilustración 2 Vista del avance del movimiento en masa

Los pilotes, viga cabezal y anclajes están en funcionamiento, condición identificada porque no se observan nuevas viviendas o estructuras afectadas y además cada pilote fue diseñado como un elemento flexible con 9 metros de empotramiento y los metros restantes

con soporte de empujes, sin embargo, si continúa la erosión superficial se puede generar pérdida de soporte completo de la viga cabezal y por ende mal funcionamiento del sistema pilote – viga- anclajes. Además, en el diseño se considera el pilote embebido en suelo en toda su longitud y más en el suelo ente pilotes ya que este genera el efecto de arco que garantiza el funcionamiento en grupo de los mismos.

Como condición particular, el delegado de la Empresa de Acueducto mencionó que en continuas oportunidades se ha generado obstrucción de las redes y encuentra el material "sedimentado", condición que reafirma el hallazgo de agua superficial tanto lluvias como residuales, y es coherente con el lavado de material observado. Precisamente en el anclaje que coincide geográficamente con la confluencia de las vías Calle 80 A Bis Sur con carrera 16, se observa una pérdida importante de material, desnivel marcado, empozamiento de agua y humedecimiento del anclaje. Es importante anotar que las aguas lluvias se concentran especialmente en dicho punto por ser el más bajo en cota y porque allí confluyen todos los drenajes, de tal manera que es el punto de obligatorio manejo de aguas.



Así entonces, el manejo inadecuado de aguas lluvias y residuales posiblemente está causando pérdida de material de soporte y disminución de la resistencia de los materiales ubicados detrás de los pilotes y bajo la vía.

Hacia la masa deslizada, se observan continuos escalonamientos y fisuras, así como material suelto y trasladado. Aunque al parecer en obra se había efectuado algún movimiento de tierras en la zona aledaña a los pilotes para nivelación, dichos trabajos ya no son evidentes tanto por el movimiento en masa como por el crecimiento de la vegetación. No se observaron las obras hidráulicas de recolección superficial de aguas lluvias tanto en

la vía como en el área adyacente a los pilotes, por ello las aguas no están siendo conducidas hasta la quebrada sino quedan empozadas en la parte baja de la obra.

Respecto al recorrido de la vía colindante entre el sector 1 y 2, en ella no se observaron evidencias de inestabilidad que indiquen una ampliación lateral del movimiento. Por último, se realizó reconocimiento de la vía carrera 16 hacia el norte donde se identificó el área donde se tiene proyectada la estructura en pilotes del sector 2, encontrando que se mantienen las condiciones topográficas y morfodinámicas identificadas en el estudio.

La alcaldía local ha continuado su monitoreo con iguales resultados.

ANALISIS SOBRE LAS CAUSAS Y ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO EN MASA ENTRE 2019 Y 2022

La actividad del movimiento en masa se debe a los aportes de aguas lluvias que provienen de la parte alta y que confluyen en el polígono del SECTOR 1, el cual se configura como el detonante del deslizamiento. Se revisó la información disponible y según los registros de la red meteorológica del IDIGER, área de monitoreo del riesgo, en la zona de Divino Niño hay dos estaciones pluviométricas cercanas: Colegio El Tesoro de la Cumbre Sede C (IED) y Colegio Antonio García (IED) ver figura, cuyos registros permiten caracterizar el comportamiento de las lluvias del sector.

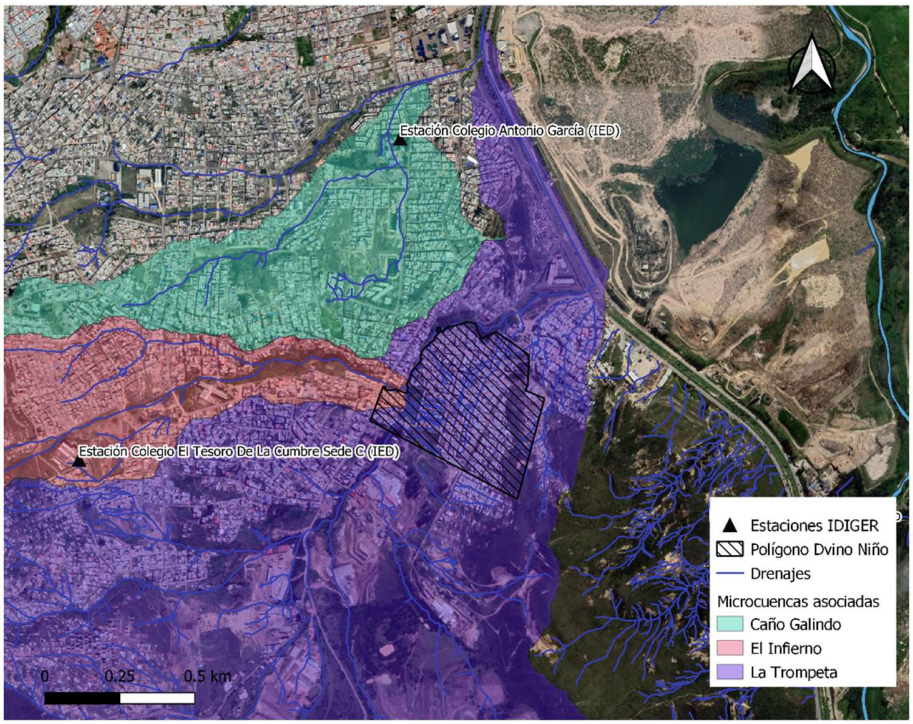
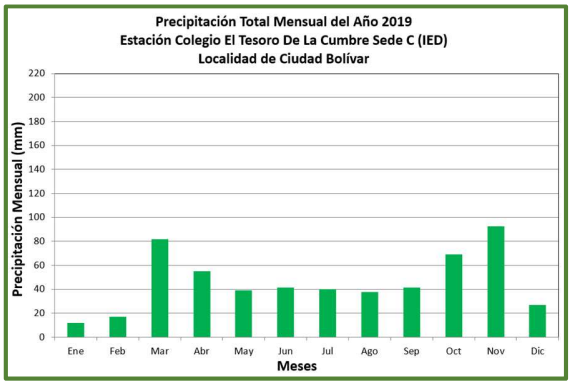
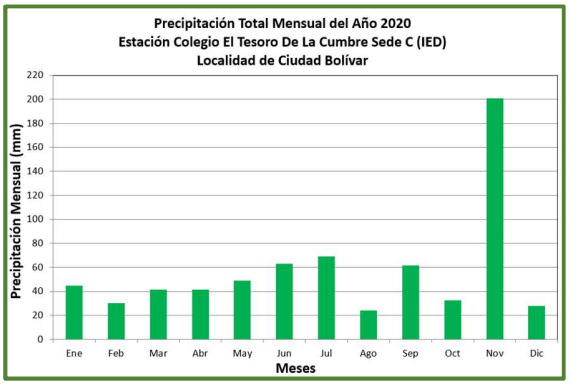


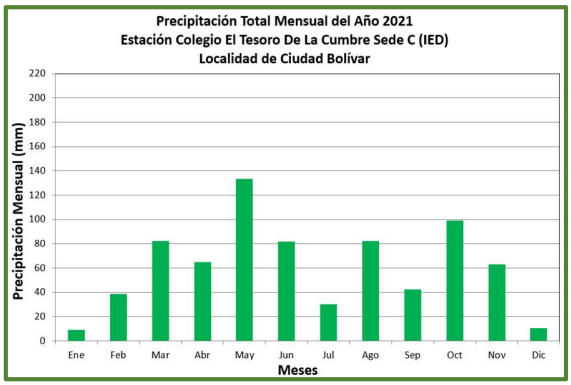
Figura 1. Estaciones IDIGER cercanas al polígono Divino Niño, localidad Ciudad Bolívar.

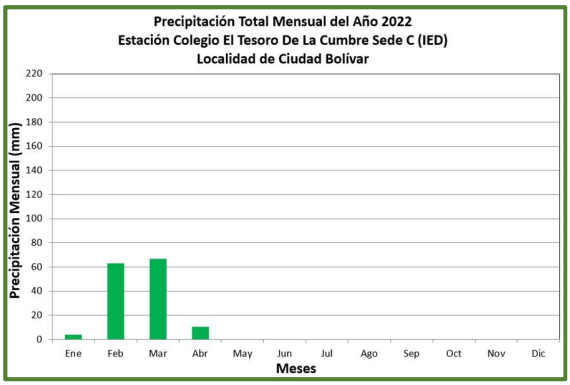
Para la estación de Colegio El Tesoro de la Cumbre Sede C (IED), en el año 2019 las precipitaciones más altas se presentaron en el mes de marzo con 82 mm y noviembre con 93mm; para el año 2020 se destacó la precipitación del mes de noviembre dado que alcanzó

los 201 mm, muy por encima que los otros meses del año y para el año 2021 se destaca la bimodalidad que presentó la precipitación mensual, con valores máximos en el mes de mayo con 133 mm y octubre con 99mm. En lo que va corrido de este año 2022 con corte 12 de abril, el mes de enero presentó lluvias con menor valor que en los años mencionados con anterioridad, por el contrario, el mes de febrero se destacó por tener mayores valores con un rango de 63 mm, y en el mes de marzo se presentó una disminución con respecto al año anterior dado que se tuvo un acumulado mensual de 67mm, en contraste a los 82 mm presentados para el año 2021 (Ver Figura 2).





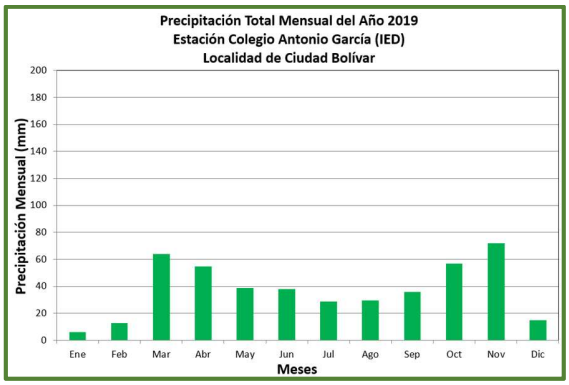


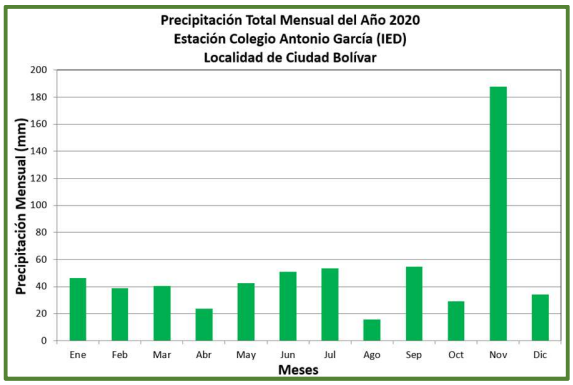


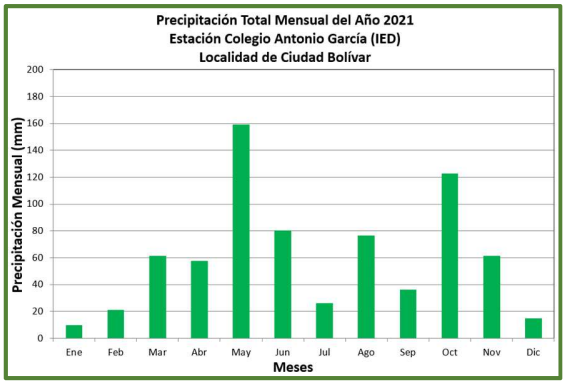
Es importante anotar que, según los registros de esta estación y además de las precipitaciones mensuales, también se presentan altas precipitaciones diarias, por ejemplo, se destaca en el año 2019 los valores en el mes de marzo y noviembre con rangos cercanos a los 40 mm, para el año 2020 los valores más altos se registraron en el mes de enero y noviembre con registros de 29 mm y 34 mm respectivamente y en año 2021 el mayor valor de precipitación diaria se presentó en el mes de mayo con un registro de 31mm. Esto básicamente indica que se presentan altas precipitaciones en corto periodo de tiempo, lo que puede generar acumulaciones de aguas en el terreno aumentando la actividad de los movimientos en masa.

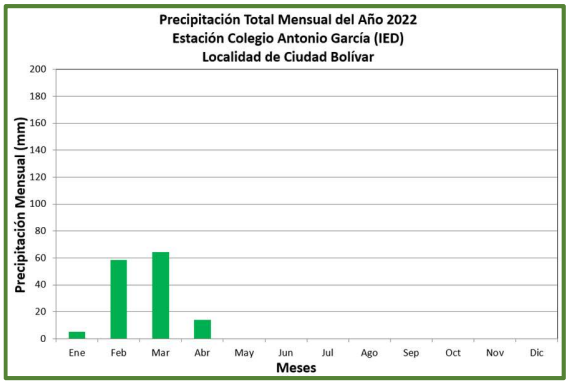
Por otra parte, para la estación Colegio Antonio García (IED), para el año 2019 se tuvieron valores mensuales máximos en marzo y noviembre con 64 mm y 72 mm respectivamente; para el año 2020, como se evidenció igualmente en la estación Colegio El Tesoro de la Cumbre Sede C (IED), el mes de noviembre presentó un incremento significativo en el

acumulado mensual llegando hasta los 188 mm y para el año 2021 los meses con mayores lluvias fueron mayo con 159 mm y octubre con 123 mm. En lo transcurrido del año 2022 se evidenció que enero presento menores valores que los años analizados anteriormente, teniendo una lluvia acumulada de 5,5 mm y que los meses de febrero y marzo presentan un valor similar de precipitación cercano a los 60 mm.









En esta misma estación y revisando las precipitaciones diarias máximas en 24 horas, se puede evidenciar que los valores más altos registrados se asocian a 38mm en el mes de noviembre pare el año 2019, 30 mm en enero para el año 2020, 52 mm en mayo para el año 2021 y 35 mm en octubre para el mismo año, en similar tendencia a lo observado en la estación Colegio El Tesoro y reafirmado que se presentan altas precipitaciones en corto periodo de tiempo.

CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE COMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO Y DISEÑO

Bajo estas observaciones, es necesario:

- Dar prioridad a la complementación y/o construcción de las obras definitivas de drenaje (obras hidráulicas) planteadas para el sector 1, las cuales cubren tanto la fase 1 como la fase 2 y que se encuentran incluidas en los diseños de la fase 2,

especialmente la recolección de aguas lluvias por medio de zanjas desde la Carrera 15 F con calle Calle 80 A Bis Sur y entregarla hasta la quebrada, completando la implementación de los diseños.

- Realizar en el corto plazo obras de terraceo, manejo hidráulico profundo (si aplica) y paisajístico proyectadas para el sector 1 Fase 2, ya que son elementos clave para evitar la continuación del avance de la masa deslizada, y además la terraza o elementos estructurales de la zona superior que den soporte al suelo que recubren los pilotes.

Ahora bien, vale la pena recordar que el polígono del sector 1 fase 2 en su parte alta, muestra hundimientos de más de un metro justo en la zona donde se acumula el agua (por debajo de la fila de pilotes sector sur), y muestra desniveles de más de un metro en la parte media, lo que indica que las obras de emergencia construidas en 2019 han funcionado pero el movimiento en masa sigue activo y avanzando; si el movimiento retoma su carácter retrogresivo, se puedan presentar afectaciones a las obras construidas.

Por otro lado, y dados los cambios topográficos, los diseños existentes pueden no estar adecuados completamente, tanto en planta como en perfil, especialmente las proyecciones de terraceo donde se prevé debe cambiarse su geometría; es importante además validar si la profundidad o configuración del movimiento en masa ha cambiado, por cambios en las propiedades de los suelos superficiales, y en tal caso, evaluar si se requieran de obras complementarias en la parte media o baja del talud dada la nueva forma del deslizamiento.

Así entonces, se debe aprovechar toda la información geológica, Hidrogeología, Hidrología y evaluación del drenaje superficial, Sismología, análisis de la cobertura y los usos del suelo y temática que se generó en el año 2019, que dió soporte a las obras ya realizadas y que por su naturaleza no cambia notablemente por la ocurrencia del fenómeno.

Un aspecto en particular es la exploración geotécnica, que en el diseño de 2019 se distribuyó en todos los sectores y fases, lo que permitió generar un modelo geológico geotécnico soportado que indicaba presencia de rellenos y suelos residuales de 5 metros de espesor en el sector 1 Fase 2, que a su vez fue validado con la construcción de obras que están en funcionamiento. Ahora bien, con la acción del agua si se pudieron generar cambios en las propiedades o reblandecimiento de los suelos superficiales, lo cual vale la pena validar con uno o dos sondeos.

Otro aspecto a considerar, es el uso de suelo del sector 1 fase 2, el cual no tiene uso para edificaciones sino tiene destino de uso en otro tipo de actividades, y los diseños planteados han considerado dicha condición, no existirían cambio en la conceptualización del tipo de medidas urbanas posibles. Si requerían ser ajustados a la topografía actual para que sean construibles.

En resumen, se prevé que puedan existir cambios en las propiedades de los suelos superficiales por reblandecimiento y se observan cambios en la topografía, por lo cual se requieren ajustes al diseño que consistirían en: la modificación geométrica planta perfil, sin cambiar el concepto original del diseño, pero con la inclusión de obras complementarias que atiendan las necesidades actuales de la zona, por lo que no requeriría de un nuevo diseño sino de ajuste del mismo.

CONCLUSIONES

Bajo lo expuesto, se observa la necesidad de realizar un **ajuste y complemento a los diseños** del año 2019 (hidráulicos, geotécnicos, geométricos), que respondan a las condiciones topográficas, geomorfológicas y de materiales actuales del sector uno Fase 2, y se requiere el ajuste de los diseños hidráulicos del sector Uno Fase 1, que permitan tener soportes actualizados para la construcción de las obras de reducción de riesgo en el Sector Uno.

No se requieren de estudios nuevos (partiendo de cero), ya que se cuenta con información temática de: geología, perfil de estratos, Hidrogeología, Hidrología y evaluación del drenaje superficial, Sismología, análisis de la cobertura que se generó en el año 2019 y que no cambia notablemente con el avance del fenómeno. Además, el modelo geológico geotécnico (validado en la construcción de las obras) se prevé que tenga cambios sólo en los suelos superficiales, asociados a la acción del agua, lo cual puede validarse con uno o dos sondeos y aprovechar el resto de información existente en profundidad.

En el diseño, esto se traducirá en la necesidad de ajustar geométricamente los terraceos a la nueva topografía y posiblemente incluir obras complementarias, sin que cambie el concepto de la solución.

Se recomienda que la información aquí descrita, así como las consideraciones, sea tenida en cuenta en el proceso de formulación de estudios y diseños.

Proyectó: Diana Carolina Moreno Moreno, Profesional Especializado