COMENTARIOS SOBRE LAS LECTURAS REALIZADAS

CONTROL DE VIVIENDAS

Concluidas las campañas octava, novena y décima de control topográfico se determinó la magnitud, dirección y velocidad del desplazamiento de las viviendas seleccionadas para el monitoreo.

Durante los primeros 15 días del mes de mayo aumentó la magnitud del desplazamiento que sufren las viviendas 1 al 15 ubicadas en el barrio San Antonio, con valores que van desde los 40 hasta los 78 cm incrementándose considerablemente con respecto al mes de abril. En cuanto a la diferencia de cotas acumuladas estas difieren entre 0.33 – 0.07 cm con respecto a la primera lectura

Otras viviendas que se han desplazado considerablemente son las números 68, 69 y 70 ubicadas también en el sector de San Antonio hacia el costado sur – oriental, éstas se están desplazando con rumbo nor este con valores de 83, 71 y 76 cm respectivamente. Las cotas han disminuido entre 41 y 53 cm aproximadamente.

Durante la realización de las campañas 9 y 10 no se tomaron datos de las viviendas 35 y 36 ya que los puntos que se materializaron para el monitoreo fueron destruidos por el movimiento.
En la segunda quincena del mes de mayo la ladera tendió a estabilizarse pues las lecturas que se tomaron durante la campaña número 10 muestran un desplazamiento menor a los 5 cm en todos los puntos materializados.

CONTROL DE LADERA

El control topográfico de los diferentes mojones, GPS, y puntos de perforación ejecutado durante el mes de abril arrojó los siguientes resultados:

Una vez procesada la información del monitoreo topográfico y presentada en el formato 1 – L se observó que los mojones M1, M3, y M18 muestran los mayores valores de desplazamiento, el mojón 1 localizado en la parte baja de la zona de estudio mas exactamente en el barrio San Antonio se ha desplazado 50.75 cm con respecto a la lectura inicial, el mojón 3 se ha desplazado 24.04 cm y el mojón 18 se ha corrido 66.35cm. Las cotas de los anteriores puntos han disminuido entre 11.4 y 27.10 cm.

El desplazamiento máximo se observa en los sitios donde se instalaron el piezómetro 1 y el inclinómetro 1 con valores de 107 y 87 cm respectivamente. Las cotas han descendido 11.4 y 43.10 cm.

Los demás mojones instalados se mueven principalmente con rumbo nor - este con valores que van desde los 2 hasta 18.46 cm siendo el M PICO D – 10 el que presenta mayor desplazamiento.

Como se puede observar, en el formato 1 – L no aparecen valores para los mojones 2, 9, 14, 19 y Gps 017 debido a que estos puntos fueron destruidos por la misma comunidad y en el caso del mojón 19 por un vehículo. El mojón 5 fue tapado por el deslizamiento lo cual impide el seguimiento topográfico para este punto.

CONTROL MEDIANTE PIEZOMETROS E INCLINOMETROS

La información actualizada que contiene los formatos I – 2, I – 3 corresponde a las lecturas tomadas del 29 de abril al 27 de mayo del monitoreo de instrumentación la cual arrojó la los siguientes resultados:

Inclinómetro No 1

Las lecturas de éste inclinómetro no se están realizando como consecuencia de la ruptura de la tubería a una profundidad de 7 metros. Sin embargo, mediante el control topográfico se determinó la magnitud acumulada y dirección del movimiento siendo ésta de 86.90 cm con rumbo nor – este.

Inclinómetro No 2

La última lectura registró una deformación de 4.4 mm en la dirección del movimiento presentándose a 0.5 metros de profundidad. En general, en el mes de mayo éste inclinómetro no mostró desplazamientos de consideración.

La deformación Máxima acumulada se registra en la superficie del terreno con una magnitud 9.36 cm, ésta aumentó con respecto al mes anterior en 1.2 cm aproximadamente. El monitoreo topográfico que se esta llevando acabo en este punto muestra un desplazamiento del terreno de 12.01 cm con rumbo nor – este.

Inclinómetro No 3

La última lectura registró una deformación de 4.9 mm en la dirección del movimiento presentándose a 2.5 metros de profundidad realizada el 27 de mayo. En las campañas 11 y 14 se registraron los menores valores de deformación con cifras que oscilan entre 0.99 - 4.6 mm a una profundidad de 0.5 – 1.5 m aproximadamente.

La deformación Máxima acumulada en dirección del movimiento se registra en la superficie del terreno con una magnitud 11.95 cm, ésta aumentó con respecto al mes anterior en 1.04 cm aproximadamente.

PIEZOMETROS

El nivel del agua ha permanecido constante durante el tiempo que lleva de ejecución el proyecto, esto se puede observar mediante las lecturas que se ejecutan semanalmente.

Piezómetro No 1

A partir de la octava campaña se suspendió la toma de lecturas del nivel piezométrico, en la actualidad este piezómetro no funciona ya que fue destruido por el fenómeno de remoción que se presenta en este lugar.

Piezómetro No 2

Al igual que en el mes de Abril en este piezómetro no se encontró el nivel del agua. La tubería continúa colmatada a una profundidad de 6 m con arenas y lodo.

Piezómetro No 3

Durante el mes de Mayo se notó un ligero ascenso del nivel freático en este sitio. Con respecto al mes anterior éste ascendió 4 cm (lectura tomada el 20 de mayo); en la última semana del mes se estabilizó a una profundidad de 5.77m

CONTROL ESTRUCTURAL

Ejecutadas las campañas de control estructural programadas para el mes de Mayo se nota un aumento considerable en las dimensiones de las grietas que se están controlando en las viviendas ubicadas en la parte baja de la zona de estudio. Las viviendas 13, y 14 fueron las más afectadas en su estructura ya que se evidenció un aumento en las dimensiones de las grietas, los valores oscilan entre 17 y 45 mm.

La casa referenciada con el número 9 y localizada en el barrio de Santa Helena fue destruida por el deslizamiento que en la actualidad se está presentando en esta zona; Justo por el andén de la vivienda se produjo un escarpe de falla de aproximadamente 1.5 m, Como consecuencia de lo anterior no es posible continuar con el monitoreo estructural que se le venía siguiendo a esta vivienda.

En cuanto a las viviendas seleccionadas y ubicadas en los barrios de Santa Viviana y Santo Domingo, no se evidencia cambio alguno de las estructuras a las cuales se les esta llevando el monitoreo estructural; en el formato 8CE están numeradas del 1 al 8.

ANALISIS DE LA INFORMACION

Luego de realizadas 15 campañas de monitoreo de inclinómetros y piezómetros y 10 campañas de monitoreo topográfico es pertinente analizar la situación que se presenta hasta el 31 de mayo del presente.

1. Sistema de monitoreo

El método que más ha aportado al conocimiento de los movimientos sucedidos en el terreno es el monitoreo topográfico, pues si bien los errores topográficos son evidentes, en un rango de unos 5 cm debido a múltiples factores, lo cierto es que donde se presenta desplazamiento del terreno más allá de la cifra mencionada, este es claramente determinada con sus magnitudes y direcciones.

Los inclinómetros, como era de esperarse proporcionan información confiable sobre ubicación de superficies de falla. Los datos sobre magnitud de los desplazamientos superficiales son exactos pero lamentablemente son muy puntuales. Esta última información es útil combinándola con el monitoreo topográfico.

Los piezómetros realmente han aportado poco pues no presenta variación de los niveles inicialmente captados, concluyéndose que no suceden variaciones del comportamiento de las aguas subterráneas con la presencia de lluvias y que los niveles de agua son constantes, proporcionados por las infiltraciones de aguas domésticas, pues allí no aparecen posibilidades de recarga de otro origen.

Dada la alta magnitud de los desplazamientos en algunos sitios el monitoreo estructural de grietas pierde función cuando son visibles las destrucciones de viviendas. Sin embargo en la parte alta el monitoreo de grietas ha permitido comprobar el buen comportamiento del terreno.

2. Evaluación de movimientos

Teniendo en cuenta los resultados de los diferentes sistemas de monitoreo implementados, es posible comprobar que en todo el área existen dos zonas bien definidas por su grado de estabilidad:

a) **Zona inferior.**

Delimitada en la parte baja y lateral por las quebradas Rosales Y Carbonera.
La parte superior está claramente limitada por el escarpe que se ha formado como consecuencia de los desplazamientos del terreno. Este escarpe actualmente se extiende desde la Quebrada La Carbonera hasta la Quebrada Rosales y tiene una altura que llega hasta los 2.8 m. En esta parte se encuentran los barrios San Antonio Y Mirador, con parte del barrio de Santa Helena.

De acuerdo con el monitoreo topográfico, en este terreno se presentan desplazamientos superficiales de 12 a 16 cm/mes, el cual es clasificado por Varnes (Landslides, R. Schuster, J. Krizek, 1978) como lento, pero en las circunstancias en que se presenta, con decenas de casas encima, tiene realmente características muy preocupantes, con peligro de ser catastróficas sino se evacuan pronto las familias.

De acuerdo con el inclinómetro No. 1, instalado en esta zona, la masa en movimiento en ese punto a la profundidad de 7 metros, que fue el sitio donde se rompió el inclinómetro y donde se sitúa la superficie de falla más activa. Sin embargo, si se tiene en cuenta que en la última lectura que se pudo hacer a todo el inclinómetro se aprecian unos valores negativos, no se descarta que a mayores profundidades se estén presentando también desplazamientos.

El punto del inclinómetro, desde febrero hasta mayo ha tenido un desplazamiento horizontal de 87 cm y un asentamiento de 43 cm. El piezómetro No. 1 que se encuentra próximo ha tenido un desplazamiento horizontal de 1.07 m y un asentamiento de 47 cm.

Por su magnitud y buzamiento de la roca base el movimiento debe ser traslacional pero hacia la pata, en la confluencia de las quebradas se nota levantamiento del terreno, registrados con el monitoreo topográfico en magnitud que llega hasta 39 cm. Así que en la parte baja hay una oposición del terreno que le da el movimiento de carácter rotacional.

b) Zona superior

Hacia la parte superior del área, delimitada en el lado inferior por el escarpe, los movimientos que se aprecian son de muy poca magnitud y parecen ocurrir en sitios donde se hicieron rellenos para conformación de las viviendas en antiguos caños o depresiones. También se observan algunos desplazamientos en proximidades al escarpe inferior, probablemente generados por el desconfinamiento que está sucediendo.

El inclinómetro No. 2 muestra un movimiento continuo, el cual es más notorio hasta 1.0 m de profundidad. En superficie el desplazamiento desde febrero ha acumulado 9 cm.

El inclinómetro No. 3 también muestra movimiento, el cual es más notorio hasta la profundidad de 2.5 m. En superficie el desplazamiento total ha acumulado una cifra de 12 cm.

Esto indica que parece estar ocurriendo un fenómeno de reptación en toda esta área de transición próxima al escarpe, pues los inclinómetros están instalados a pocos metros de este.

3. Conclusiones

De lo anterior es posible obtener algunas conclusiones que nos permitan formarnos un concepto sobre lo que ocurre en el área monitoreada.

- En terreno se delimitan claramente dos áreas por su grado de desplazamiento: La zona inferior corresponde a una masa muy grande en movimiento (aproximadamente medio millón de metros cúbicos), lo cual debido a su volumen no es posible detener con obras de estabilización por descarga o contención a precios razonables. La zona superior, aunque presenta algunos desplazamientos estos no son significativos.

- Si se tiene en cuenta que la principal causa de los desplazamientos es la presencia de agua subterránea, posiblemente en su mayoría de las infiltraciones de aguas domésticas, es posible mitigar la velocidad de movimiento si se controlan efectivamente esas aguas.

- Es de importancia tener en cuenta que la zona inferior no es apta para vivienda, motivo por el cual es necesario evacuarla completamente.

- La masa en movimiento tendrá que taponar tarde o temprano las quebradas Carbonera y Rosales. Dado que el movimiento es lento es posible emprender acciones para destaponarlas a medida que se cierren.

- El monitoreo es necesario continuarlo en toda el área, pues aunque la parte superior tiene una estabilidad aceptable, no se descarta que por la afluencia de aguas y desconfinamiento inferior se generen movimientos que puedan ser retrogresivos.

- Con el fin de conocer la ubicación y forma de la superficie de falla en toda la masa en movimiento, es necesario investigar el terreno mediante sondeos geosísmicos y perfilado geoeléctrico, tanto longitudinalmente como transversalmente.

- Con esta información y la del monitoreo es posible realizar cálculos de estabilidad y sensibilidad con el fin de determinar los grados de estabilidad que se pueden alcanzar con la disminución del agua subterránea u otra medida como descarga, recarga o contención.

A continuación se presentan los diferentes formatos que contienen los resultados obtenidos durante el mes mayo del control topográfico, control mediante inclinómetros y piezómetros y control estructural. El plano anexo contiene la dirección y magnitud de los vectores resultantes del movimiento de toda la ladera, de acuerdo con el último monitoreo topográfico.