



El sitio monitoreado se encuentra en el sector Planta de acueducto vereda San José, corregimiento de San Antonio de Prado, sur de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de instrumentación remota por medio de 2 acelerómetros, el primero instalado (566) el 12/01/2021 y el segundo (594) el 27/04/2022. 1 cable TDR (100553) instalado el 07/05/2021, 1 sensor de humedad (568) del suelo instalado el 01/12/2021 y un pluviómetro (565) instalado el 01/12/2021 (Figura 1). No se han realizado más sobrevuelos en el sector.

Figura 1. Ortofoto del sitio monitoreado, en la esquina inferior izquierda se encuentra la planta de acueducto de la vereda San José.

Se reporta la actualización de las lecturas desde el 13 de julio hasta el 31 de julio del 2022.

El pluviómetro 565 se encuentra ubicado dentro de la planta de tratamiento de agua de la vereda San José y registró una precipitación acumulada superior a 160 mm, además, durante este periodo de tiempo se registraron eventos significativos de alta intensidad que están por encima de los 40 mm/h (Figura 2).

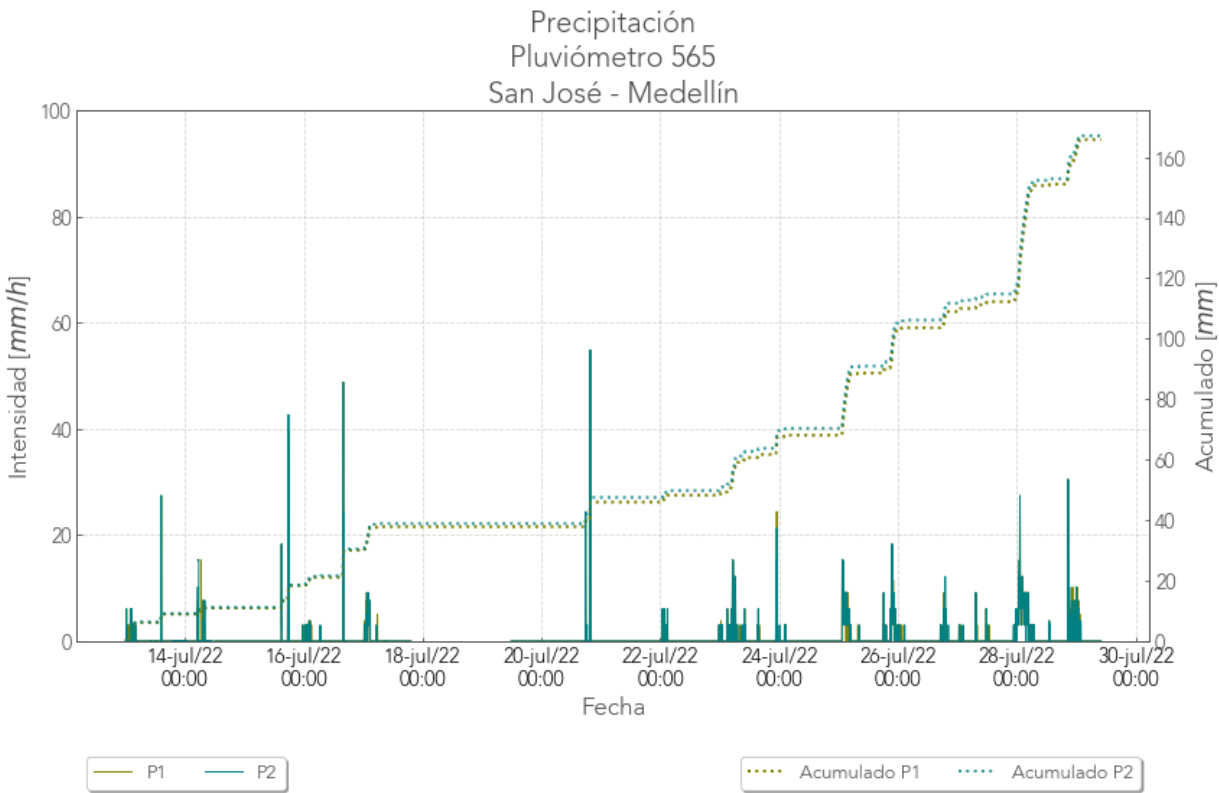


Figura 2. Registro pluviómetro 565 San José-Medellín.

La precipitación registrada entre el 13 de julio y 31 de julio (Figura 2) muestra una suma de agua en el sector. Esta lluvia aumenta el contenido de humedad y saturación del suelo, además, del flujo de agua continuo que hay en el sector por los cuerpos de agua ubicados en el área.

La Figura 3 muestra el registro histórico del pluviómetro 565, donde, se observó una precipitación acumulada superior a 2000 mm desde su instalación hasta el 31 de julio, junto a diferentes eventos diarios con intensidades que superan los 100 mm/h.

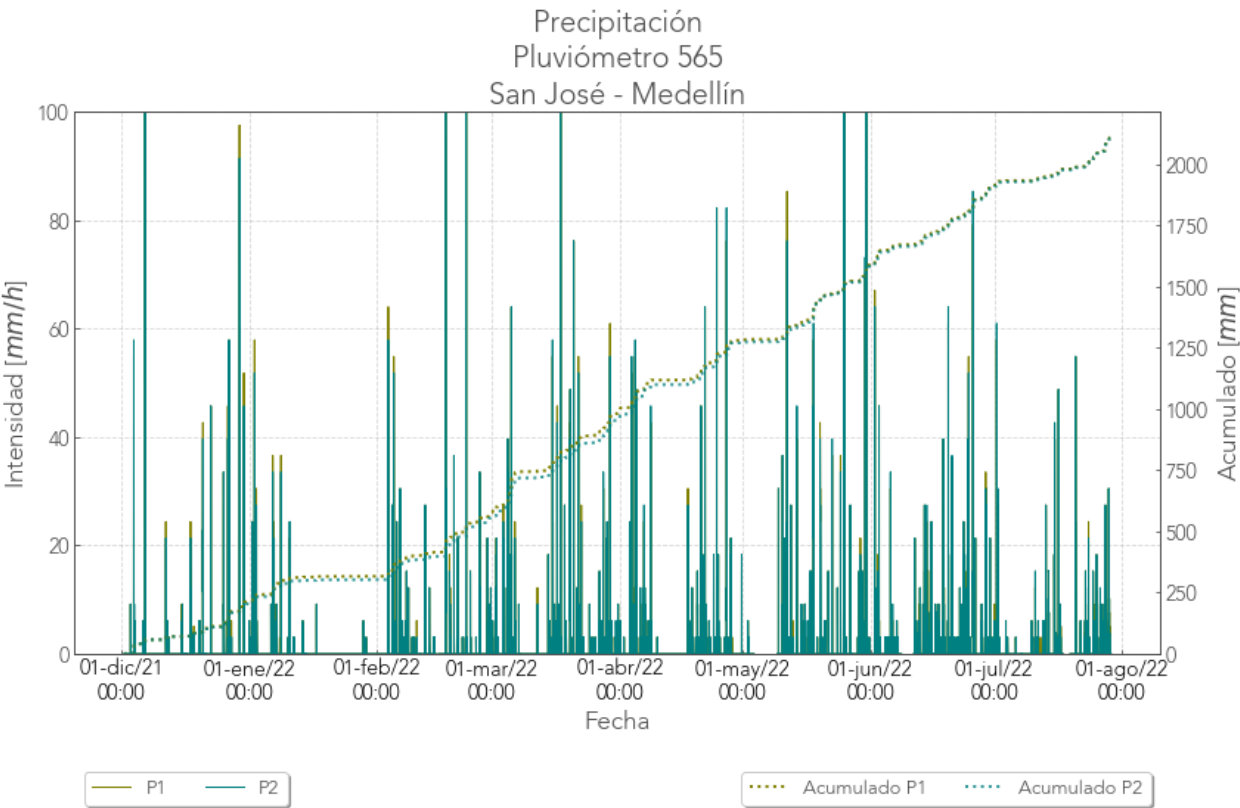


Figura 3. Histórico pluviométrico 565. Tanque vereda San José.

El acelerómetro o sensor de movimiento inercial es un instrumento capaz de medir la inclinación respecto al eje gravitacional. Estos instrumentos son instalados en el terreno y son capaces de medir cambios en la inclinación de este, los cuales representan movimientos en el terreno. El instrumento mide la inclinación en dos direcciones perpendiculares, representadas en cabeceo y balanceo. Ambos equipos se encuentran instalados dentro de la planta de tratamiento de agua de la vereda San José.

Del 13 al 31 de julio de 2022 el acelerómetro 566 registró cambios en la inclinación del cabeceo y balanceo después del 24 de julio. El primero registró actividad de aproximadamente 1° durante estas fechas. Para el balanceo se observó cambios de hasta 1° que coinciden con las mismas fechas del cabeceo (Figura 3).

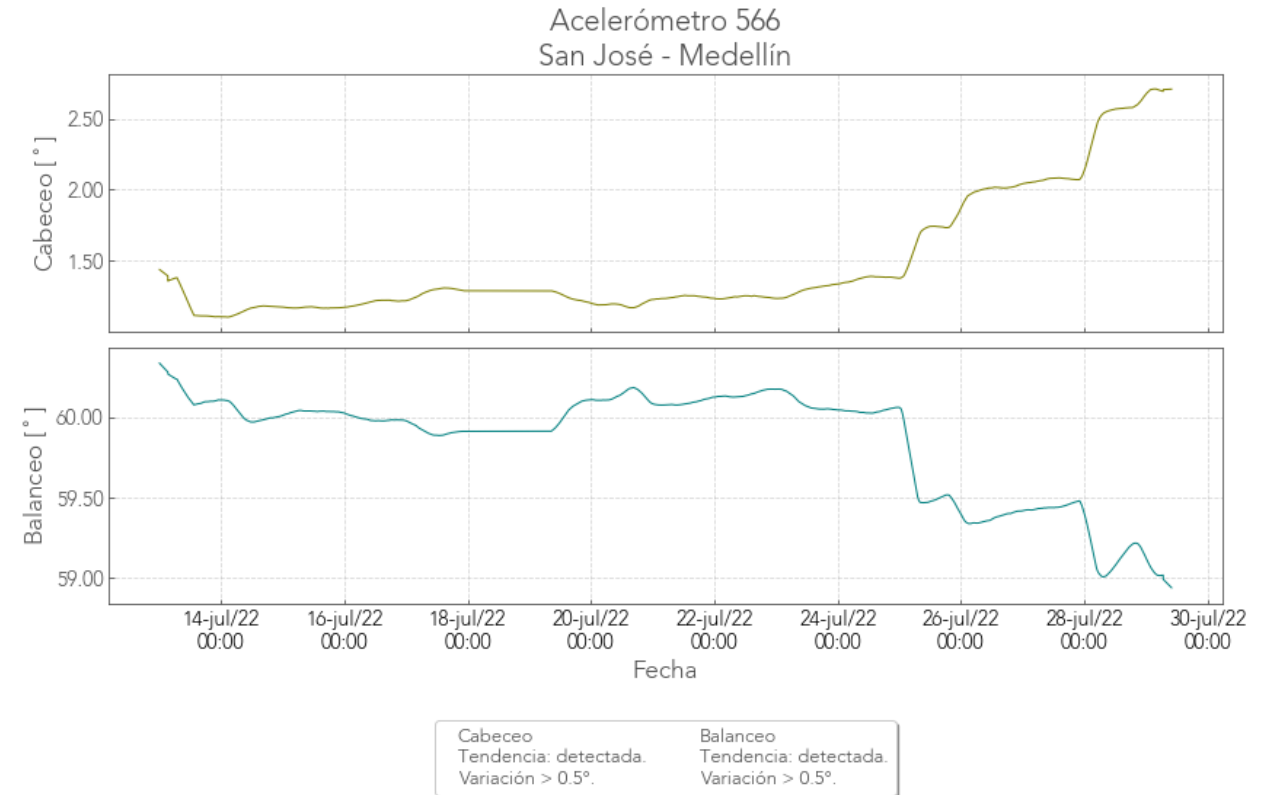


Figura 4. Registro del acelerómetro 566 San José-Medellín.

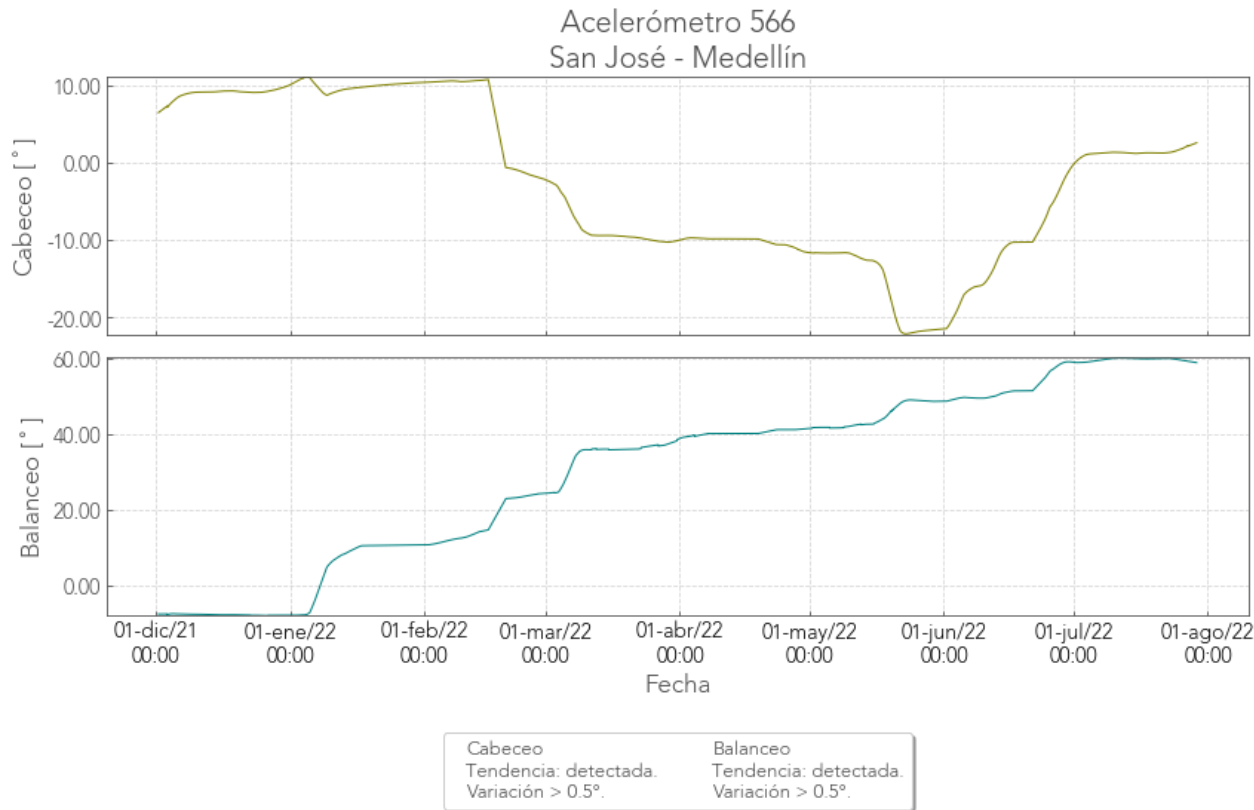


Figura 5. Histórico acelerómetro 566. Tanque vereda San José.

Entre el 13 y 31 de julio se han registrado variaciones significativas en el cabeceo ($>0.5^\circ$) y el balanceo ($>0.5^\circ$) del acelerómetro 566 (Figura 4).

Comparado con el registro histórico (Figura 5), se observó una inclinación contraria a la registrada inicialmente ($\geq 10^\circ$) para el cabeceo desde la instalación del equipo hasta finales de mayo del 2022. Para el balanceo se observó cambios significativos ($>40^\circ$) que actualmente siguen en aumento. Estas variaciones sugieren desplazamiento del terreno en distintos intervalos de tiempo.

Sin embargo, a partir del 1 de junio de 2022 se observa un cambio en el sentido de la inclinación del terreno, el cual sigue siendo constante en el registro quincenal. Por esta razón se recomienda una visita al sector para revisar el estado de los equipos y las estructuras.

Este movimiento se clasifica de tipo rotacional por sus superficies de falla definidas.

El segundo acelerómetro se encuentra instalado en una pared del tanque fuera del proceso de inestabilidad. Con el fin de monitorear la estructura. Este equipo registró movimientos oscilatorios en el cabeceo y balanceo entre 0.1° y 0.5° que son propios de la estructura en la que se instaló el equipo. (Figura 6). Sin embargo no representan desplazamientos significativos.

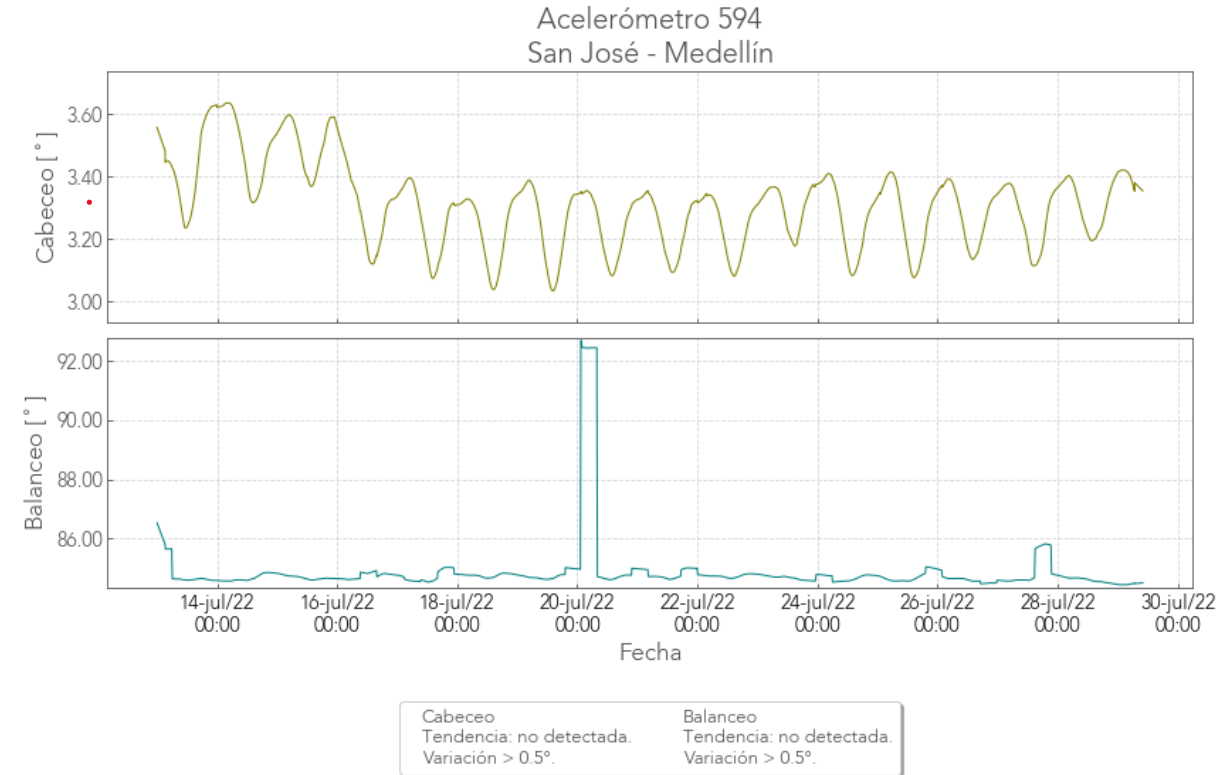


Figura 6. Registro acelerómetro 594 San José-Medellín.

Entre el 13 y 31 de julio el acelerómetro 594 registró variaciones significativas en el balanceo y cabeceo (Figura 6); Sin embargo, se observó que la gráfica tiene un patrón que se refleja de manera oscilatoria durante el monitoreo.

Este patrón también se puede observar en el registro histórico (Figura 7) con ventanas de tiempo más extensas. Las oscilaciones son asociadas a intervenciones externas o cambios diurnos y nocturnos que no reflejan el comportamiento del terreno, por lo tanto, no se han registrado variaciones resultantes de movimientos en masa o caída de la estructura dónde se encuentra instalado.

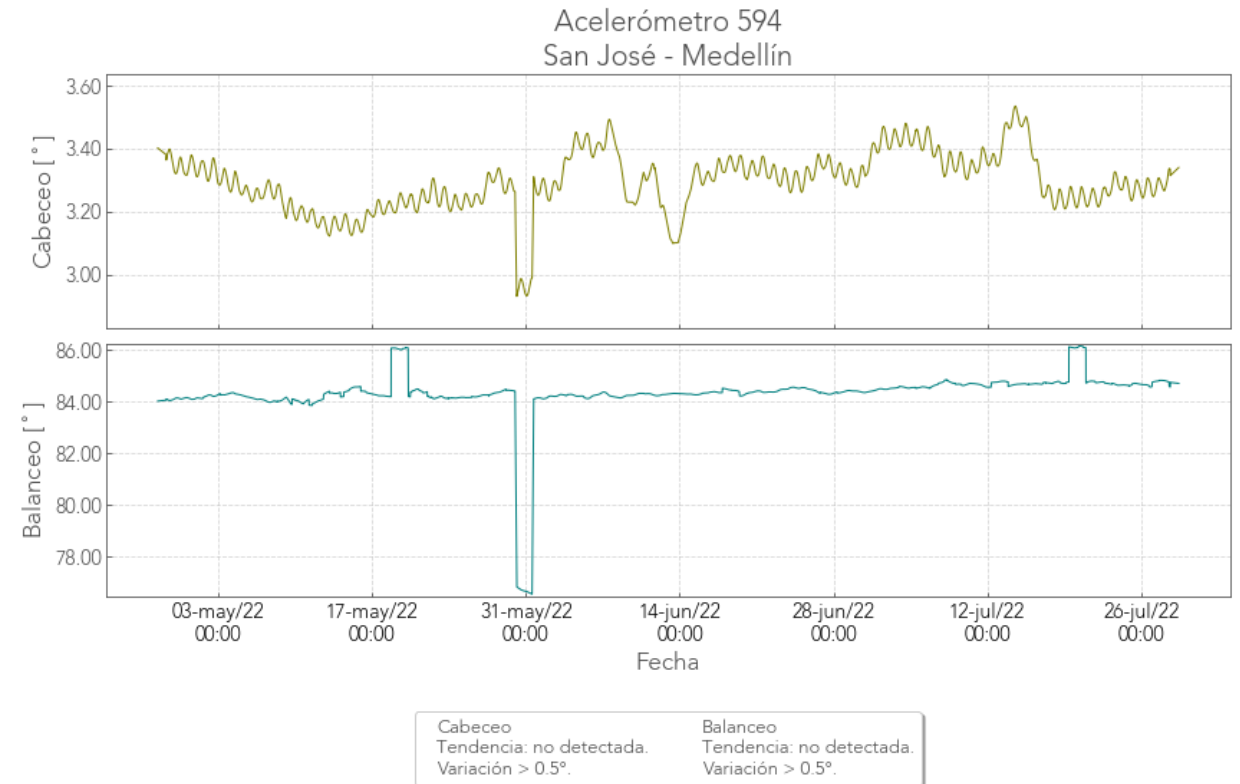


Figura 7. Histórico acelerómetro 594. Tanque vereda San José.

El cable TDR genera un pulso electromagnético de corto tiempo de subida (el tiempo de subida es el tiempo que necesita una onda para pasar del 10% al 90% del valor final, puede ser desde micro a picosegundos, en este caso ≤ 85 ps), que se aplica a un cable coaxial para medir la deformación de una masa de suelo. Este equipo se ha usado durante los últimos años en el proyecto para estudiar los desplazamientos horizontales en profundidad de los movimientos en masa en sus superficies de falla, complementando así la información obtenida con los sensores en superficie. En la Figura 8 se observa el esquema de instalación de un sensor TDR en un movimiento en masa

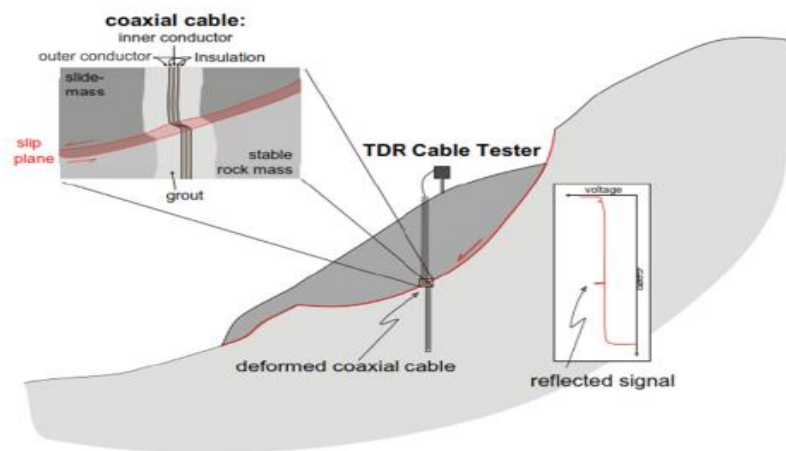


Figura 8. Esquema de instalación de un cable TDR.

Figura 9. Registro histórico del cable 1 TDR 5 instalado en el sector Tanque San José.

Actualmente se encuentra instalado un cable de 30 m en el terreno (Figura 9). El registro consta de una posición inicial (líneas negras) y la forma de ese cable en diferentes momentos, lo cual permite ver los cambios de este a través del tiempo e identificar la magnitud y momento en el cual ocurrió la deformación subsuperficial del terreno.

Actualmente existe una zona de deformación comprendida entre 0 y 10 m de profundidad con tres zonas de rotura identificadas a 4, 7 y 10 m.

La primera profundidad (4 m) no registró cambios dentro de este último periodo de monitoreo, para la segunda (7 m) se observó un aumento de 2 cm aproximadamente. Finalmente a los 10 m de profundidad se observa un aumento de 4 cm.

La deformación que se observa a 2 m de profundidad está relacionada a una adición de metros de cable en el sensor TDR. Razón por la cual no se ajusta a la primera lectura realizada el día de la instalación, Tampoco se relaciona a algún desarrollo de una nueva superficie de falla.

La Figura 10 es un acercamiento de la gráfica de desplazamiento máximo acumulado durante el periodo de monitoreo que se encuentra incluida en la Figura 9.

Figura 10. Registro del desplazamiento máximo cable 1 TDR 5 instalado en el sector Tanque San José.

El registro de la estación de humedad instalado en el sector San José se muestra en la Figura 11. El sensor de humedad es capaz de medir contenido volumétrico de agua a partir de la conductividad eléctrica. Durante el 13 y 30 de julio se registraron únicamente variaciones del volumen de agua a 0.6 m de profundidad a partir del 25 de julio, que oscilan entre el 52.5% y el 57%, antes de esta fecha se mantuvo en un valor constante de 51%. Mientras que a 1.1 m se mantiene constante hasta el 26 de julio, después de este periodo de tiempo no se generó registro de datos (Figura 7).

Esto puede indicar que el suelo en superficie se encontraba cercano a saturación desde el 13 hasta el 30 de julio y por eso no se observaron cambios durante este periodo de tiempo.

Sin embargo se recomienda una revisión a este sensor ya que durante este periodo de tiempo ocurrieron precipitaciones en el sector (Ver Figura 2)



Figura 11. Registro de estación de humedad 568 San José-Medellín.

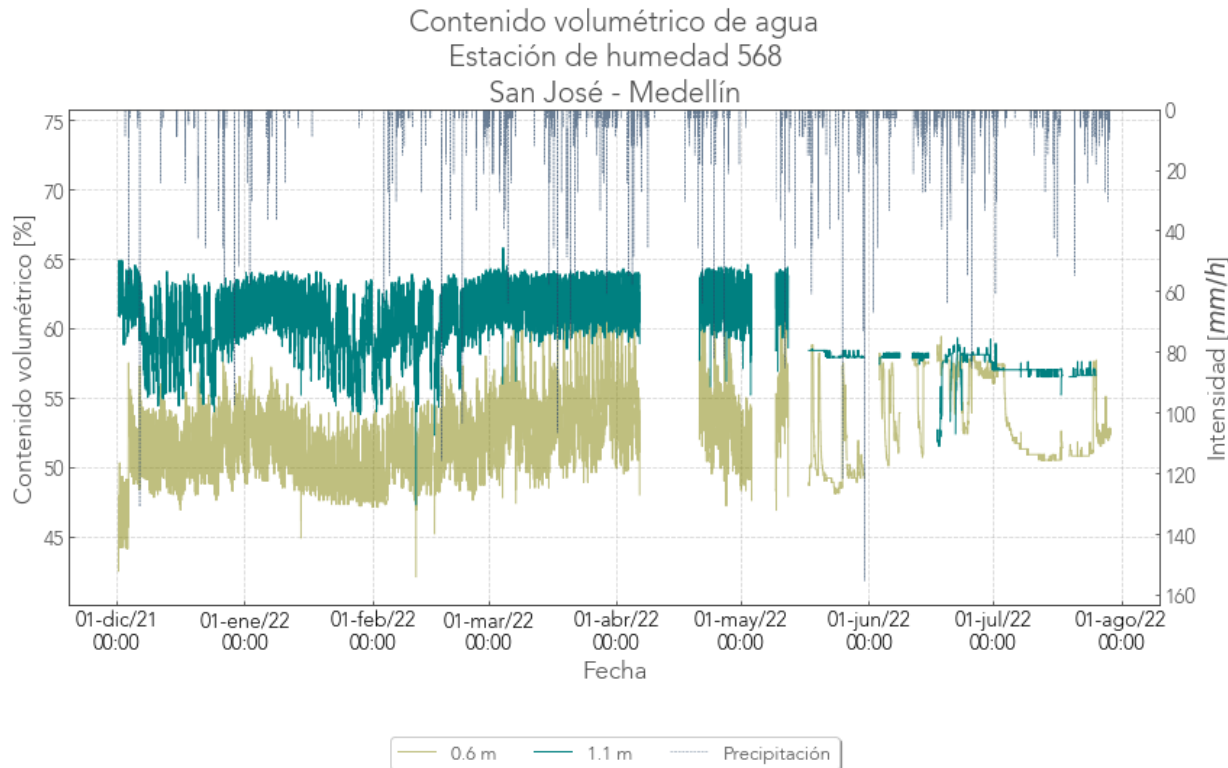


Figura 12. Registro histórico del sensor de humedad 568. Tanque vereda San José.

Entre el 13 y 31 de julio el inventario de la estación de humedad 568 (Figura 11) registró poca variación en el contenido de agua del suelo.

El registro histórico (Figura 12) de estos sensores tiende a ser estable en ambas profundidades. A 1.1 m de profundidad muestra variaciones temporales del contenido volumétrico de agua entre el 55% y 65%, mientras que a 0.6 m de profundidad los valores se mantienen entre el 55% y 47% desde su instalación hasta el inicio del mes de abril de 2022. También se observa una pérdida en el set de datos durante el mes de abril por fallas intermitentes en la transmisión de información que se relaciona por pérdida de señal en el área. Para solucionar este problema en el mes de mayo se cambió la tarjeta Raspberry del sensor, mejorando la calidad de la información transmitida.

Sin embargo se recomienda la revisión del equipo ya que al final del periodo los valores son constantes pero están por debajo de los máximos históricos del sensor.

Finalmente el suelo superficial de este sector se interpreta como un suelo saturado, debido a la cercanía de un canal con flujo de agua continuo y las altas precipitaciones que han ocurrido.

Conclusiones

- Debido a que la precipitación fue constante durante el periodo de monitoreo, no se encontró una correlación directa de esta con la instrumentación instalada que se pueda relacionar con el aumento de los movimientos. Sin embargo no se descarta que esto ayude a los procesos erosivos.
- Realizar una visita de campo al sector para ver el estado del tanque, además, de una revisión del estado del sensor de humedad y acelerómetro (566) debido a las anomalías que muestran.
- A partir de los registros de cada sensor se puede concluir que el movimiento sigue activo y se puede clasificar como un movimiento de tipo rotacional.

Nota: El seguimiento de este monitoreo se realizara de manera quincenal para cada mes.
Los registros históricos se mostraran desde su fecha de instalación hasta la fecha de entrega de cada informe.