

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS -
SIMAC**

Red de Estaciones de Monitoreo de Aguas Subterráneas (REMAS)



Diciembre de 2020

Boletín anual No. 1

Diciembre de 2020

Documento producido por el Instituto de estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, con la participación de:

Jeannette Zambrano Nájera, I. C., Ph. D., directora del IDEA, directora del SIMAC y Profesora del departamento de Ingeniería Civil

Fernando Mejía Fernández, I. C., M. Sc., Profesor jubilado U. N., Asesor del IDEA

Cristian Camilo Patiño V., I. C., Operador de redes de monitoreo en el SIMAC

En representación del IDEA y de su grupo de trabajo:



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	3
TABLA DE FIGURAS.....	3
1 PRESENTACIÓN	4
1.1 ¿QUÉ ILUSTRA ESTE BOLETÍN?	4
1.2 ANTECEDENTES.....	5
1.3 ¿CUÁL ES LA IMPORTANCIA DE LA REMAS?	5
1.4 ¿CÓMO ESTÁ COMPUESTA LA REMAS?	7
1.5 MEDICIÓN DEL NIVEL DE AGUAS FREÁTICO	8
1.6 DESCARGA DE DATOS	9
1.7 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	9
2 ANÁLISIS GRÁFICO DE LAS SERIES HISTÓRICAS DE LA RED	10
3 CONCLUSIONES.....	17

TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1 FASES DEL CICLO HIDROLÓGICO.	6
FIGURA 2 LOCALIZACIÓN DE LOS DOCE POZOS DE MONITOREO DE LA REMAS BARRIO	7
FIGURA3 INSTALACIÓN DE LOS SENSORES (FREATÍMETROS).	7
FIGURA 4 DIMENSIONES Y CONFIGURACIÓN DEL POZO EST-01.	8
FIGURA 5 CONFIGURACIÓN DIVER Y BARO - DIVER DENTRO DE UN POZO DE MONITOREO.	8
FIGURA 6 INTERFAZ DEL SOFTWARE DIVER OFFICE.	9
FIGURA 7 CONSULTAS A LA BODEGA DE DATOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. FUENTE: CDIAAC	10
FIGURA 8 CORRELACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN Y EL NIVEL DE AGUAS FREÁTICO BARRIO LA ESTRELLA. FUENTE PROPIA.	11
FIGURA 9 CORRELACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN Y EL NIVEL DE AGUAS FREÁTICO, BARRIO PALERMO. FUENTE PROPIA.	12
FIGURA 10 FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO DE LAS ESTACIONES UBICADAS EN EL BARRIO ESTRELLA. FUENTE PROPIA.	13
FIGURA 11 FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO DE LAS ESTACIONES UBICADAS EN EL BARRIO PALERMO. FUENTE PROPIA.	14
FIGURA 12 TRANSECTO CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD DE POZO BARRIO PALERMO. ADAPTADA DE GOOGLE EARTH	15
FIGURA 13 TRANSECTO CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD DE POZO BARRIO LA ESTRELLA. ADAPTADA DE GOOGLE EARTH	16

1 PRESENTACIÓN

El Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas SIMAC bajo la dirección del Instituto de Estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, es financiado y respaldado por entidades del orden regional y municipal como Corpocaldas, Gobernación de Caldas, Alcaldía de Manizales, CHEC – EPM, Aguas de Manizales y la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS, desarrolla actividades de operación y el mantenimiento de diversas redes de monitoreo (hidrometeorológico, sísmico, de calidad del aire y de aguas subterráneas), lo cual permite la obtención sistemática de información abundante y valiosa en tiempo real sobre variables físicas asociadas a estos fenómenos, información que evidentemente es de interés para autoridades y tomadores de decisión del municipio de Manizales en temas cruciales como la planificación territorial, la ordenación ambiental, la gestión integral del riesgo de desastres, la mitigación y adaptación al cambio climático y a los efectos de la variabilidad climática, pero también, entre otros, resulta de interés de la comunidad en general como actora fundamental de estos procesos.

Pensando en ello, se presenta aquí el primer boletín anual de monitoreo de aguas subterráneas del SIMAC para el año 2020, como un primer paso para lograr difundir la información que se logra obtener con el equipo de trabajo asociado a la Red de monitoreo de las aguas subterráneas en la ciudad de Manizales. Se busca, además, dar a conocer cómo funciona y opera la red hasta lograr obtener la información organizada proveniente de los sensores de monitoreo, y por último, se muestra un análisis del comportamiento del nivel de aguas freáticas a partir de la información histórica recogida por la Red. Se espera que el contenido aquí divulgado sea de interés para la academia y el público en general.

1.1 ¿Qué ilustra este boletín?

En este primer boletín de la Red de Estaciones de Monitoreo del Agua Subterránea de Manizales – REMAS se hace una presentación sobre la importancia de la información obtenida por la red y su posible utilidad en diferentes campos de la ingeniería, luego se da a conocer cómo es el trabajo de operación y funcionamiento de la red, mencionando entre otras cosas, los equipos y sensores con los que cuenta la Red, y finalmente, se presenta un análisis gráfico de los valores históricos que hasta la fecha se han obtenido del nivel de aguas freáticas en las doce estaciones de monitoreo realizando un análisis comparativo entre la cantidad de lluvia contabilizada por las estaciones Meteorológicas y el nivel de aguas freáticas durante un periodo de tiempo.

1.2 Antecedentes

En el año 2017 durante el mes de abril se presentó en Manizales un fuerte aguacero que dejó grandes afectaciones en varios barrios de la ciudad debido a los movimientos de tierra de un suelo inestable y también un aumento en los niveles de los ríos como el Chinchiná. La catástrofe acabó con la vida de 14 personas y generó varias afectaciones en las viviendas de la comunidad.

El deterioro en las laderas provocadas por las fuertes lluvias es responsable de procesos de movimientos de tierra que atentan con la integridad de los habitantes de la ciudad, así, se hace menester conocer cómo varía el nivel freático en el tiempo debido a las lluvias y a la actividad humana, pudiendo incluso caracterizar un suelo al identificar cuán susceptible es ante un incremento de su nivel freático.

1.3 ¿Cuál es la importancia de la REMAS?

El agua se encuentra en constante movimiento debido a las actividades que desarrollan los seres humanos y la naturaleza en general, plantas, animales y todo ser vivo tienen al agua como un elemento principal para su existencia. Por otro lado, fenómenos geológicos y climáticos también son responsables de los constantes cambios (fases) por los cuales pasa el agua. A pesar de estos procesos la cantidad de agua en el planeta no cambia pues solo se encuentra en circulación pasando por distintas fases. Esta circulación y conservación de agua en la Tierra se llama ciclo hidrológico, o ciclo del agua.

En la Figura 1 se muestra el ciclo del agua cuyas fases principales son: evaporación, condensación, precipitación, escorrentía, interceptación, infiltración y circulación subterránea.



Figura 1 Fases del Ciclo Hidrológico.

Es interesante puntualizar que, durante el ciclo hidrológico, el agua ha sufrido un fraccionamiento del total presente en la tierra, concentrándose en los ríos, glaciares, acuíferos entre otros, por ello, es muy posible establecer una correlación entre la cantidad de agua que llega a la superficie de la tierra por medio la precipitación y el agua que se infiltra en el suelo y subsuelo.

En el contexto del municipio de Manizales, la ciudad está expuesta a fenómenos de lluvias intensas que afectan la estabilidad de las laderas y generan un alto riesgo a sus habitantes ante procesos de deslizamiento de tierra, por ello, se decidió implementar la primera Red de monitoreo del nivel de aguas subterráneas con el objetivo de obtener información acerca de cómo varía la capa freática del suelo y poder ser aprovechada en la investigación hidrogeológica, para aportar al conocimiento de las amenazas geotécnicas y para hacer parte del diseño de sistemas de alerta temprana y la gestión del riesgo.

Así nace la Red de Estaciones de Monitoreo del Agua Subterránea de Manizales (REMAS), la que actualmente se encuentra enlazada al Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas (SIMAC), donde se articulan todas las estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas, sísmicas y de calidad del aire de la ciudad.

1.4 ¿Cómo está compuesta la REMAS?

La red cuenta con doce pozos de monitoreo del nivel freático los cuales se ubican en los barrios Palermo y la Estrella ya que allí se identificaron rellenos hidráulicos, ver En cada pozo se instaló un sensor sumergible digital que se encarga de hacer mediciones de presión y temperatura dado un intervalo de tiempo.

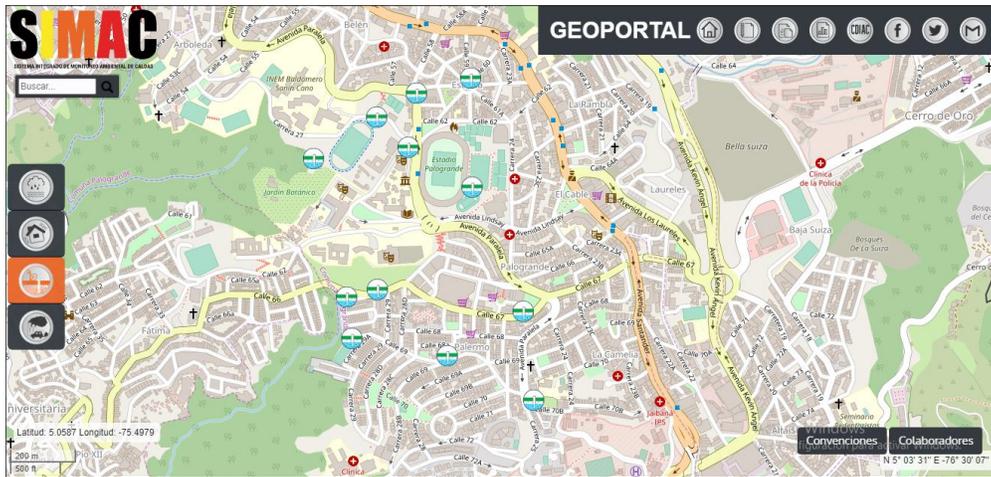


Figura 2 Localización de los doce pozos de monitoreo de la REMAS barrio

En la Figura3 se observa una de las estaciones de monitoreo en la cual se instala el sensor (freatímetro) que se encarga de medir los cambios del nivel freático. Para su construcción, en cada estación se perforó un pozo de 15 cm de diámetro con profundidades que varían entre los 6 y 18 m. Cada uno cuenta con una tubería insertada en su interior y sujeta con arena para permitir la entrada del agua.



Figura3 Instalación de los sensores (freatímetros).

1.5 Medición del nivel de aguas freáticas

Todos los sensores establecen la altura de una columna de agua (CA) midiendo la presión del agua con el sensor de presión integrado (freatímetro). Mientras el sensor no está sumergido en el agua mide la presión atmosférica como si fuera un barómetro. Una vez sumergido empieza a registrar la presión del agua más la presión atmosférica, mientras más alta sea la columna de agua, mayor será la presión medida. La altura de la columna de agua por encima el sensor se determina en función de la presión medida. En la figura 4 y 5 se muestra una configuración de los sensores dentro del pozo.

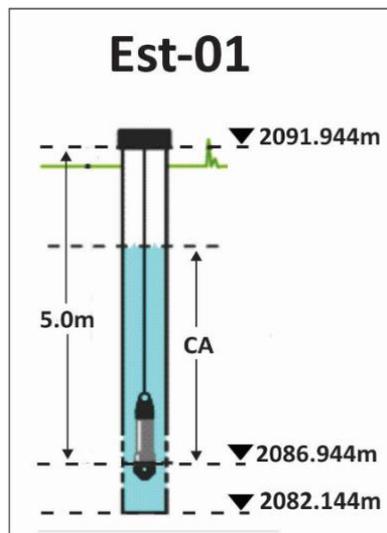


Figura 4 Dimensiones y configuración del pozo Est-01.

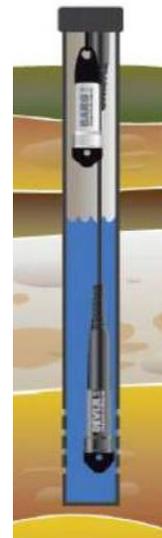


Figura 5 Configuración Diver y Baro - Diver dentro de un pozo de monitoreo.

Para medir las variaciones en la presión atmosférica, se instaló un Baro-Diver, información necesaria para realizar la compensación barométrica para estas variaciones en la presión atmosférica. Este proceso se logra posteriormente utilizando el paquete de software Diver-Office. Los valores compensados se pueden relacionar con un punto de referencia, como la parte superior del pozo de monitoreo, o con un nivel de referencia vertical.

1.6 Descarga de datos

En la actualidad la red no posee sistema de telemetría para el monitoreo y descarga de datos, por lo cual se realiza de manera manual cada 30 días por lo general.

Este descargue de datos se realiza retirando el sensor (Diver) del pozo para luego conectarlo a través del lector óptico con un datalogger, bien sea el Pocket (sistema de descarga de mano) o computador portátil.

El software Diver-Office permite comunicarse con los Divers para gestionar su programación en la medición y descargue de la información. En la Figura 6. se muestra la interfaz del software.



Figura 6 Interfaz del software Diver Office.

1.7 Presentación de la información

Las series de datos temporales se organizan en un libro de cálculo de Excel para ser luego enviadas al personal encargado de gestionar la base de datos de las redes de monitoreo del SIMAC para finalmente ser almacenadas en el Centro de datos e Indicadores Ambientales de Caldas – CDIAC, ver figura 7. Esta es una plataforma online que permite visualizar la información ambiental del departamento de Caldas. (Página CDIAC: <http://cdiac.manizales.unal.edu.co>).



Figura 7 Consultas a la bodega de datos de aguas subterráneas. Fuente: CDIAC

link de consulta CDIAC:

<http://cdiac.manizales.unal.edu.co/indicadores/public/SearchGroundWater>

2 Análisis gráfico de las series históricas de la red

A continuación, se presentan las variaciones mensuales promedio del nivel freático junto con la lluvia promedio mensual reportada por la estación Meteorológica de Posgrados asociada al SIMAC. Se tiene los datos para el año 2020 para cada sector.

CORRELACIÓN PRECIPITACIÓN – NIVELES FREÁTICOS

Debido a la escala y las unidades de cada variable identificar las fluctuaciones en el nivel freático es difícil en la medida que en ocasiones puede llegar a escasos milímetros, sin embargo, permite identificar la continuidad en la información de cada estación.

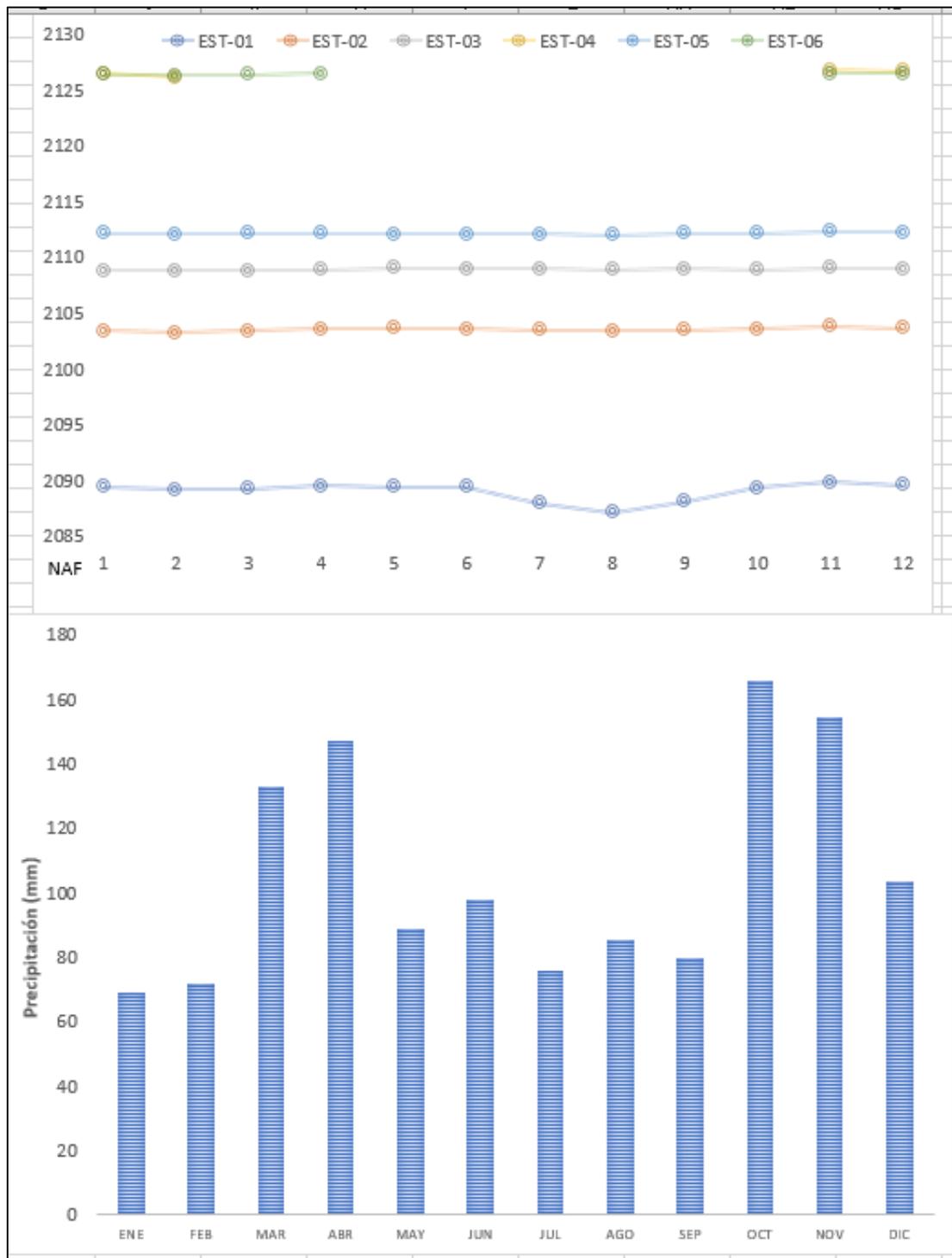


Figura 8 Correlación mensual de la precipitación y el nivel de aguas freáticas barrio la Estrella. Fuente propia.

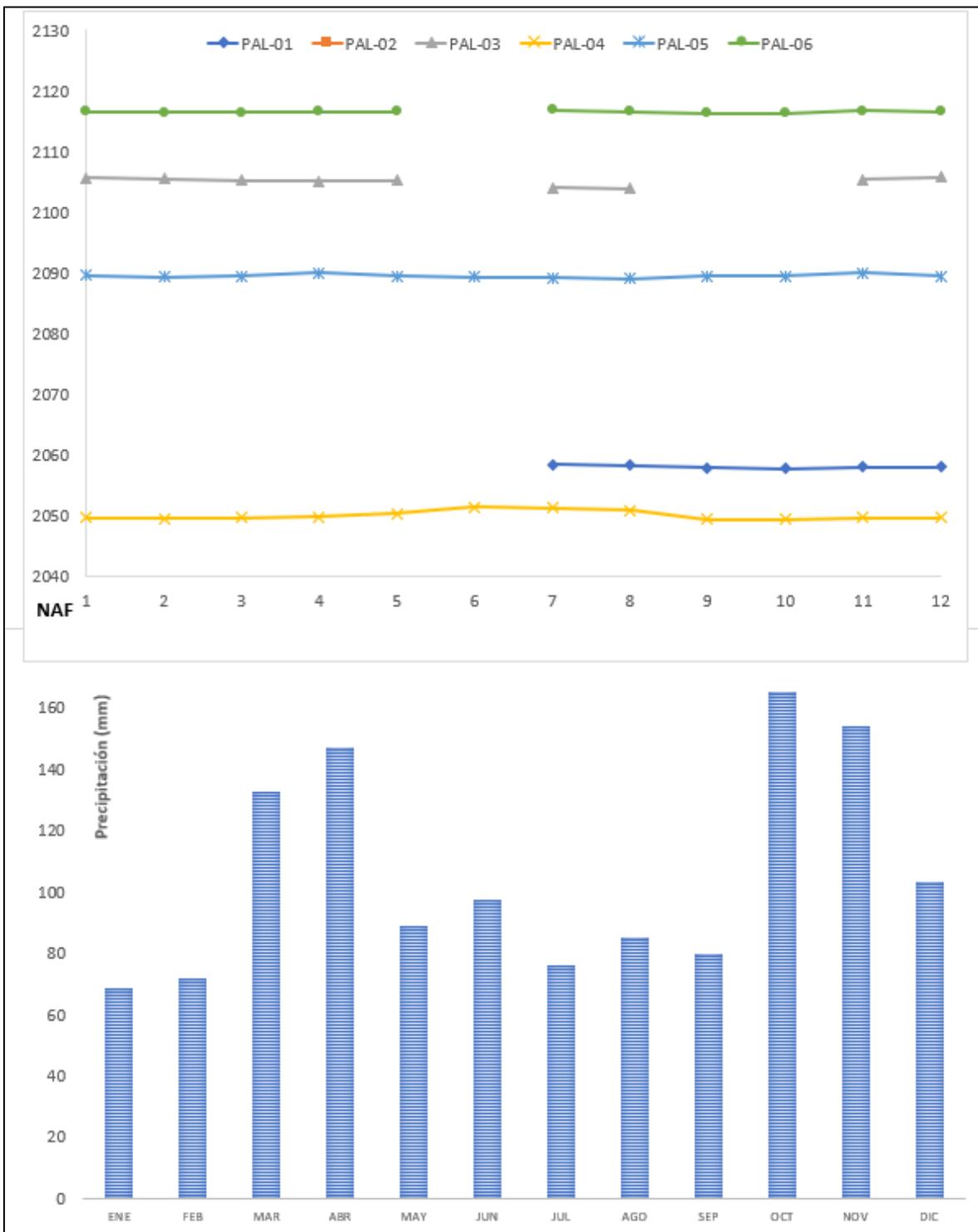


Figura 9 Correlación mensual de la precipitación y el nivel de aguas freáticas, barrio Palermo. Fuente propia.

Para observar mejor los cambios en el nivel de aguas freáticas (NAF) se ilustran los datos de cada estación.

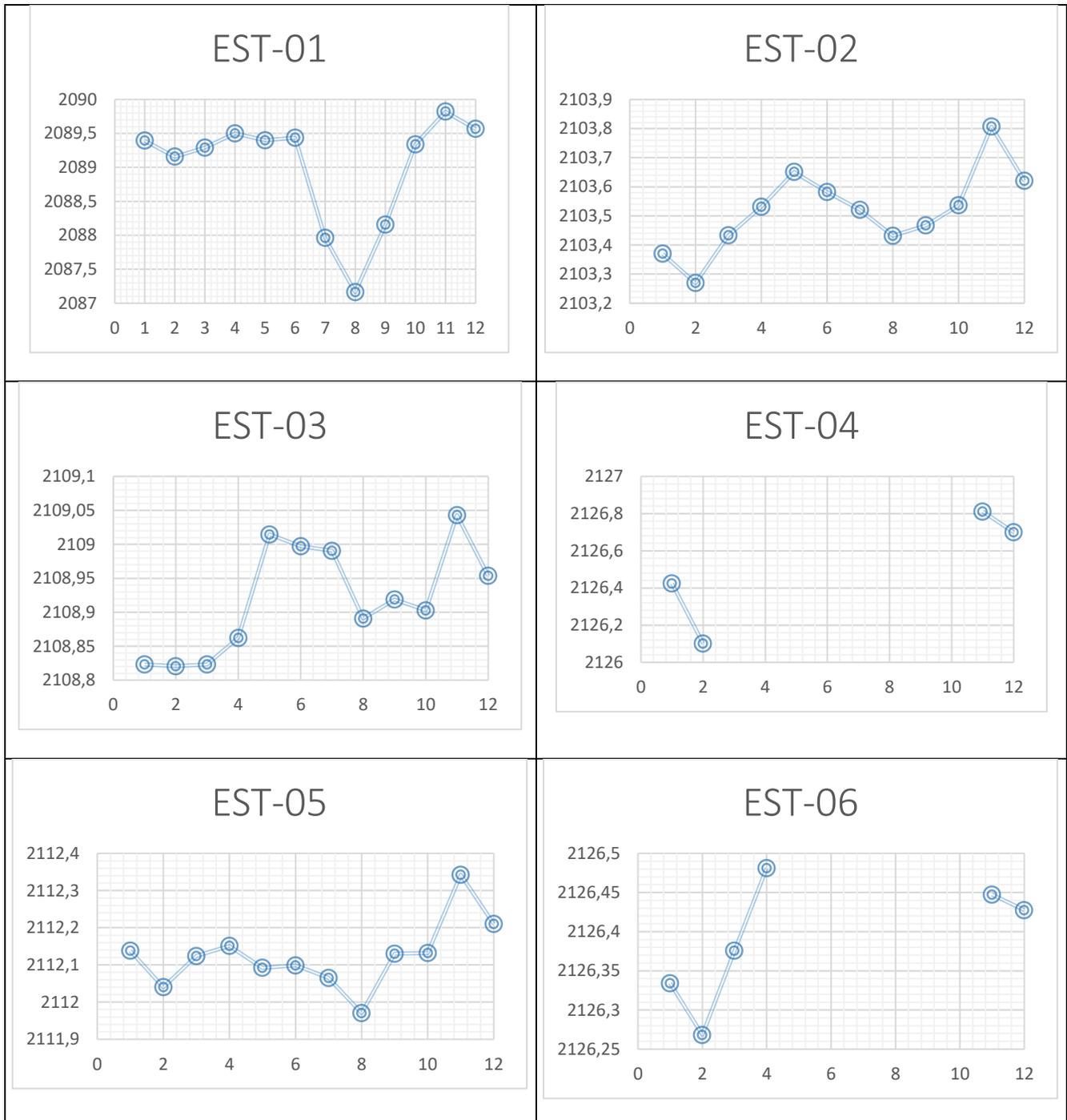


Figura 10 Fluctuación del nivel freático de las estaciones ubicadas en el barrio Estrella. Fuente propia.

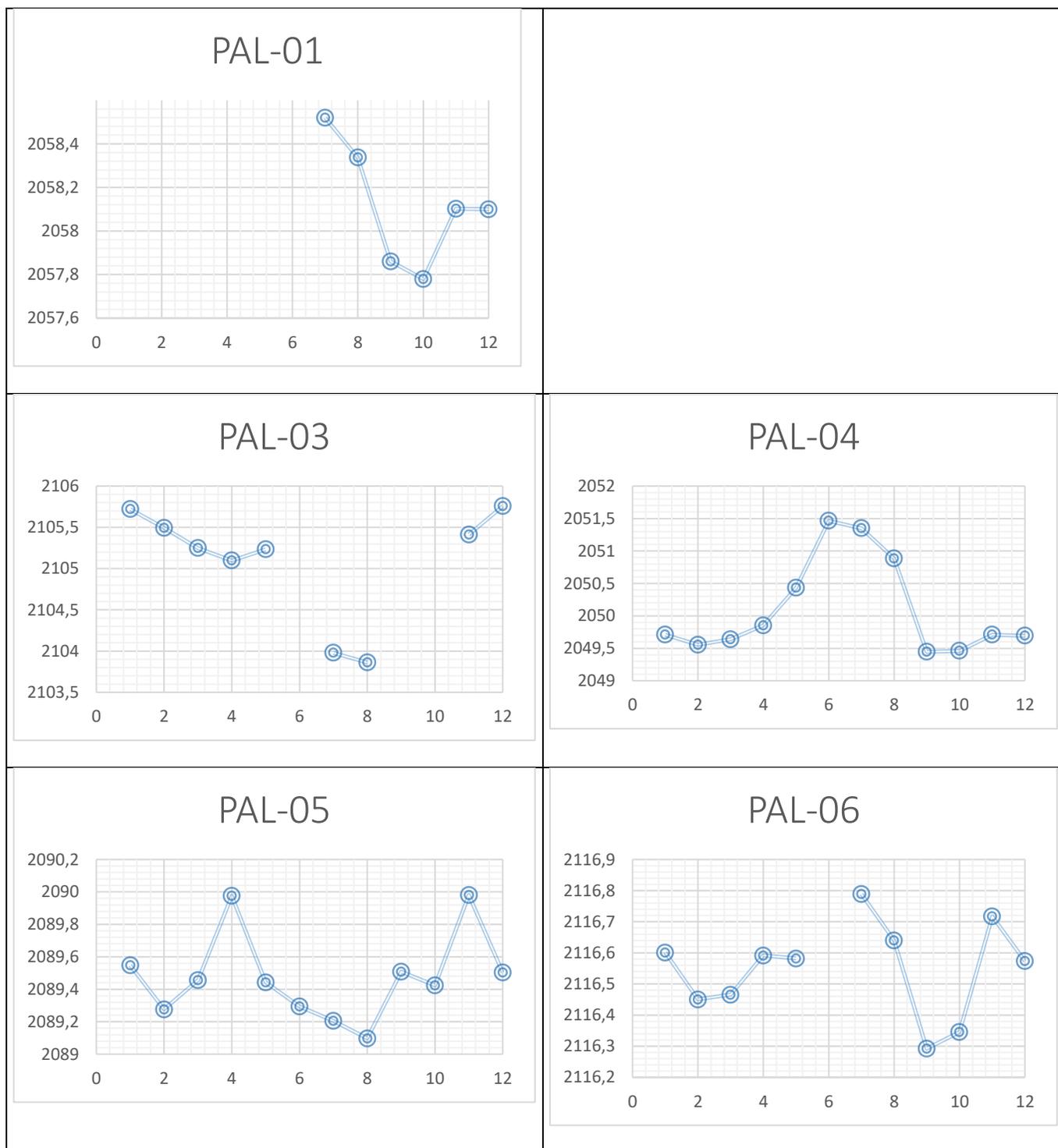


Figura 11 Fluctuación del nivel freático de las estaciones ubicadas en el barrio Palermo. Fuente propia.

Nota: estación Palermo 02 (PAL-02) se encuentra por fuera de funcionamiento debido a que no posee equipo de registro.

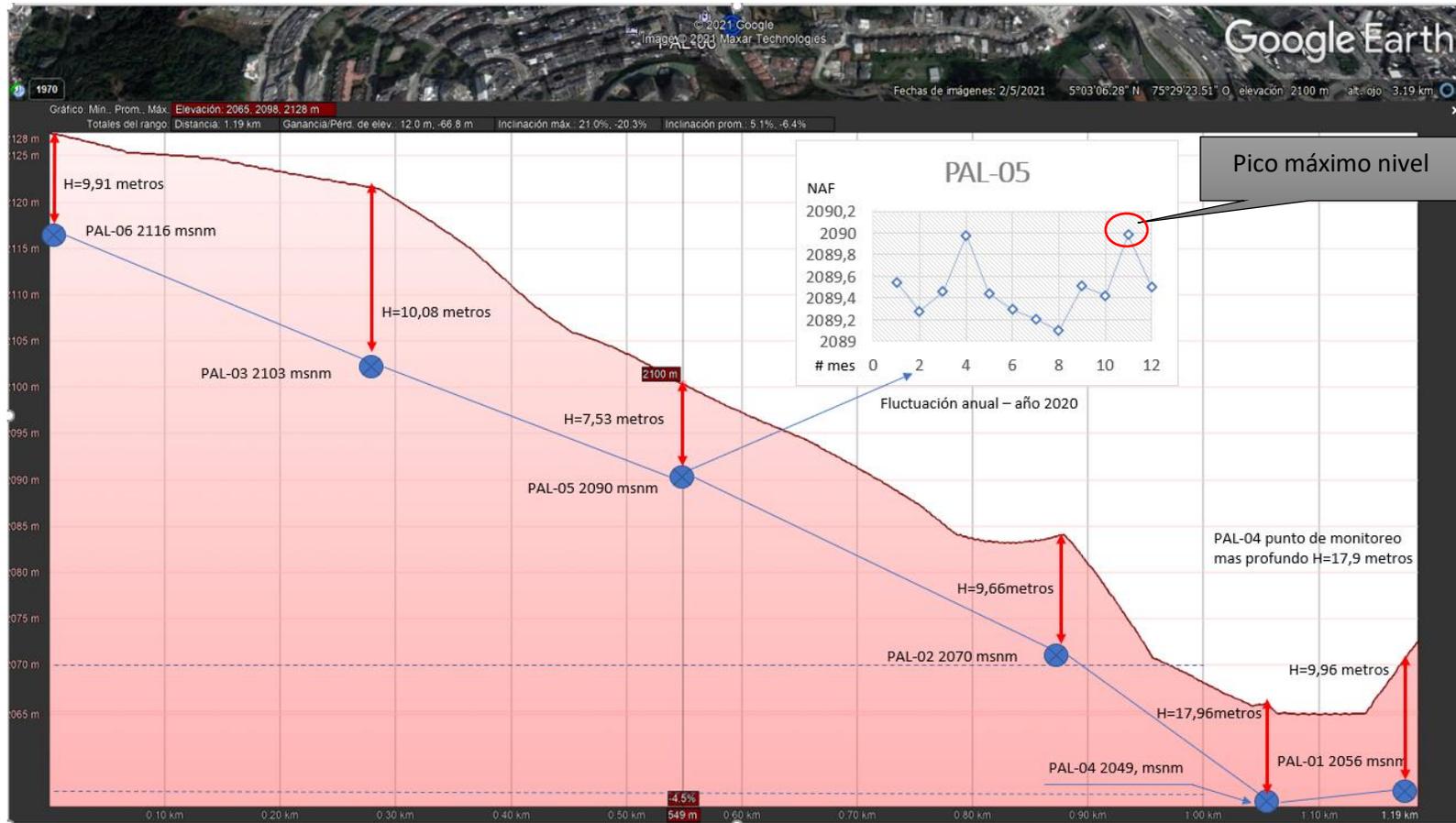


Figura 12 Transecto con respecto a la profundidad de pozo barrio Palermo. adaptada de Google Earth

Para un óptimo entendimiento del comportamiento se presenta el transecto en cuanto a la altura de la profundidad del pozo y los cambios niveles presentados de aguas freáticas, en este caso para la estación 05. Como se puede observar en la (Figura 12) se nota que el cambio de nivel para una escala de tiempo anual es del orden de +- 1.00 metro, llegando a un máximo de 2.20 metros en el pico del mes de noviembre (mes 11 en la gráfica que se incluye en el transecto actual) lo cual es consecuente con la lluvia acumulada en la transición del mes de octubre a noviembre en precipitación (ver Figura 9) donde se observa una precipitación promedio mensual por encima de los 160 mm.

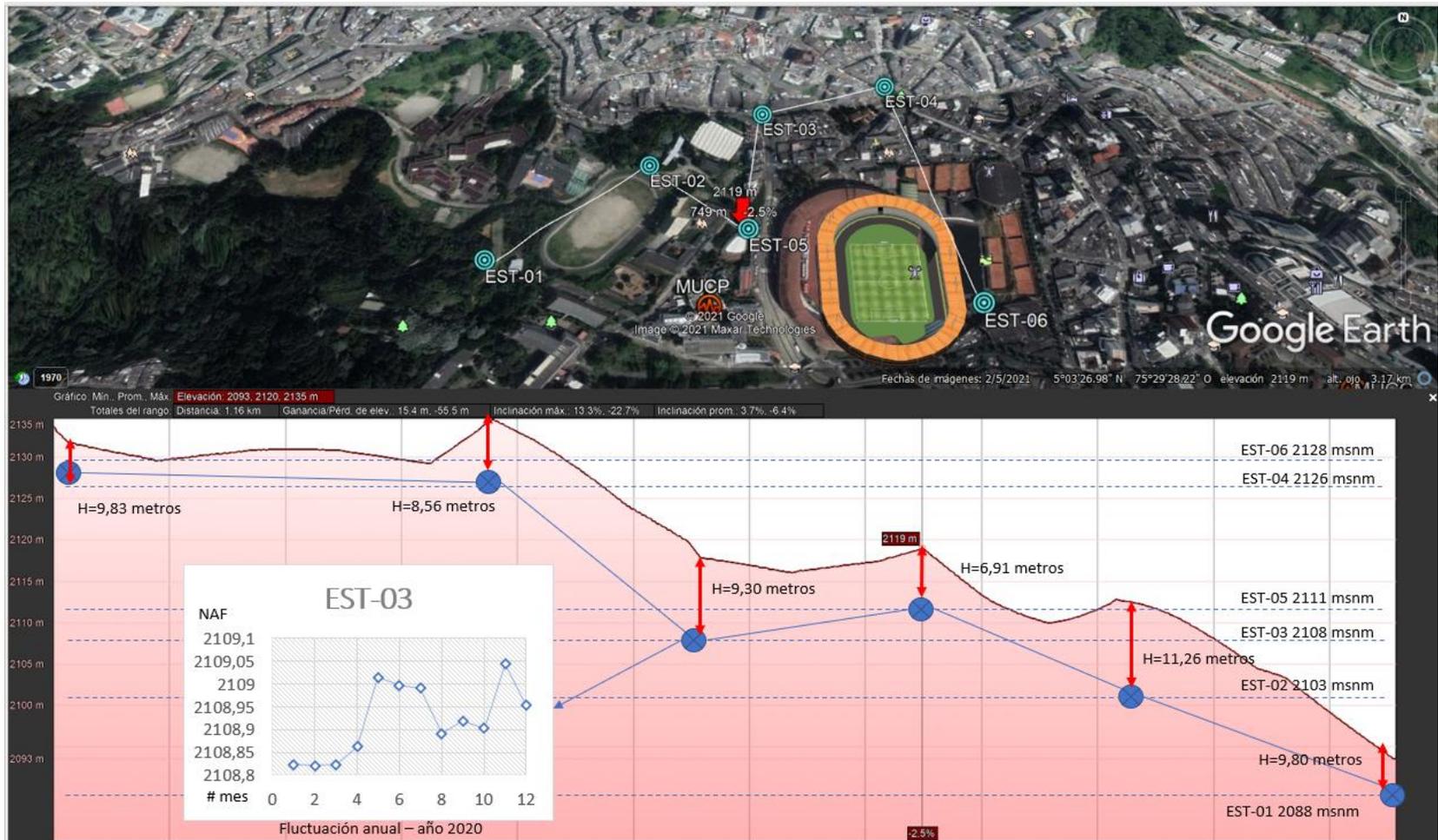


Figura 13 Transecto con respecto a la profundidad de pozo barrio la Estrella. adaptada de Google earth

De manera similar al transecto del barrio Palermo, se tiene un pico de nivel máximo de agua freática para el mes de noviembre de 3.00 metros sobre la altura de profundidad del pozo.

3 CONCLUSIONES

- Gráficamente se observa que existe una correlación entre las precipitaciones registradas y los niveles de agua subterránea medidos, lo cual señala, que es posible establecer una relación lineal entre los dos eventos.
- Para establecer una función que relacione los cambios en el nivel freático con las precipitaciones es necesario conocer otros factores como las variaciones en los niveles de los ríos cercanos que se abastecen de la cuenca, también se hace necesario conocer otras propiedades de los suelos, como el tipo de vegetación, su permeabilidad entre otros, para entender mejor el proceso de infiltración. A partir de dicho modelo se busca obtener proyecciones de los niveles freáticos ante posibles eventos de lluvia, información que es de gran valor para hacer parte del diseño de sistemas de alerta temprana y la gestión del riesgo.
- Se debe garantizar la continuidad de la red a fin de tener información continua de cada variable, como se puede observar en las tablas se tiene 5 estaciones de las 12 de monitoreo poseen vacíos de información de un tiempo considerable, además que una de las 12 estaciones Salió de funcionamiento perdiéndose así un punto de monitoreo.