

LÍNEA BASE AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR

Contenido


1	IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.1	ANTECEDENTES DEL ÁREA	4
1.1.1	Condiciones generales del predio	5
2	LÍNEA BASE ETAPA CONSTRUCCIÓN PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR	8
2.1	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 (GIBRALTAR)	8
2.1.1	INTRODUCCIÓN.....	8
2.1.2	OBJETIVOS DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	9
2.1.3	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
2.1.4	GEOLOGÍA.....	10
2.1.5	HIDROLOGÍA Y RECARGA POTENCIAL.....	24
2.1.6	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	28
2.1.7	GEOFÍSICA	30
2.1.8	CALIDAD DEL AGUA.....	33
2.1.9	EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDRÁULICA	35
2.1.10	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL-MHC.	35
2.2	CLIMATOLOGÍA.....	42
2.3	HIDROLOGÍA	43
2.3.1	MÉTODOS Y MATERIALES	43
2.3.2	HIDROLOGÍA GIBRALTAR.....	45
2.4	PERFORACIONES, INSTALACIÓN DE POZOS DE MONITOREO, MONITOREO DE NIVELES, NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA	52
2.4.1	Perforaciones exploratorias y construcción de Pozos, en el Área sur del predio. Producto 4 Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019.	55

2.4.2	Pruebas de Pulso (Slug).....	58
2.5	SUELO.....	64
2.6	AGUA SUBTERRÁNEA Y LIXIVIADOS.....	69
2.6.1	Agua Subterránea.....	72
2.6.2	Lixiviados.....	78
2.7	COBERTURA SUPERFICIAL.....	87
2.7.1	Condiciones Ambientales.....	89
2.8	GASES.....	89

1 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Según la Ventanilla Única de la Construcción – VUC, en su Certificación Catastral, el área de estudio, Parque Metropolitano Porvenir (Gibraltar) se encuentra localizado en la localidad de Kennedy y está compuesto por 3 predios propiedad de la EAAB. En la siguiente tabla, se presenta la información catastral de cada predio que compone el área.

Tabla 1. Información catastral del predio Gibraltar


LOCALIZACIÓN	ÍTEM	PREDIO
	MATRÍCULA INMOBILIARIA	050S40273245
	PROPIETARIO	EAAB
	DIRECCIÓN	KR 91 43 20 SUR
	CHIP	AAA0138ZKFZ
	ESTRATO	0
	TIPO DE PROPIEDAD	DISTRITAL
	USO ACTUAL	OFICIAL
	DESTINO CATASTRAL	RECREACIONAL PÚBLICO
	ÁREA	613.978,3 m ²

Fuente: Certificación Catastral (VUC). 2021

LOCALIZACIÓN	ÍTEM	PREDIO
	MATRÍCULA INMOBILIARIA	050S40230108
	PROPIETARIO	EAAB
	DIRECCIÓN	KR 91 43 08 SUR
	CHIP	AAA0138ZKBS
	ESTRATO	0
	TIPO DE PROPIEDAD	DISTRITAL
	USO ACTUAL	-
	DESTINO CATASTRAL	ESPACIO PÚBLICO

	ÁREA	20.257,5 m ²
---	------	-------------------------

Fuente: Certificación Catastral (VUC). 2021

LOCALIZACIÓN	ÍTEM	PREDIO
	MATRÍCULA INMOBILIARIA	050S40230107
	PROPIETARIO	EAAB
	DIRECCIÓN	KR 91 43 08 SUR IN 1
	CHIP	AAA0138ZKCN
	ESTRATO	0
	TIPO DE PROPIEDAD	DISTRITAL
	USO ACTUAL	-
	DESTINO CATASTRAL	ESPACIO PUBLICO
	ÁREA	26.150,2 m ²

Fuente: Certificación Catastral (VUC). 2021

1.1 ANTECEDENTES DEL ÁREA

Como antecedentes, se describe información relacionada con las actividades de disposición de residuos durante la década de los años 80's en el predio Gibraltar y la situación actual del mismo, dentro de lo que se destaca lo siguiente:

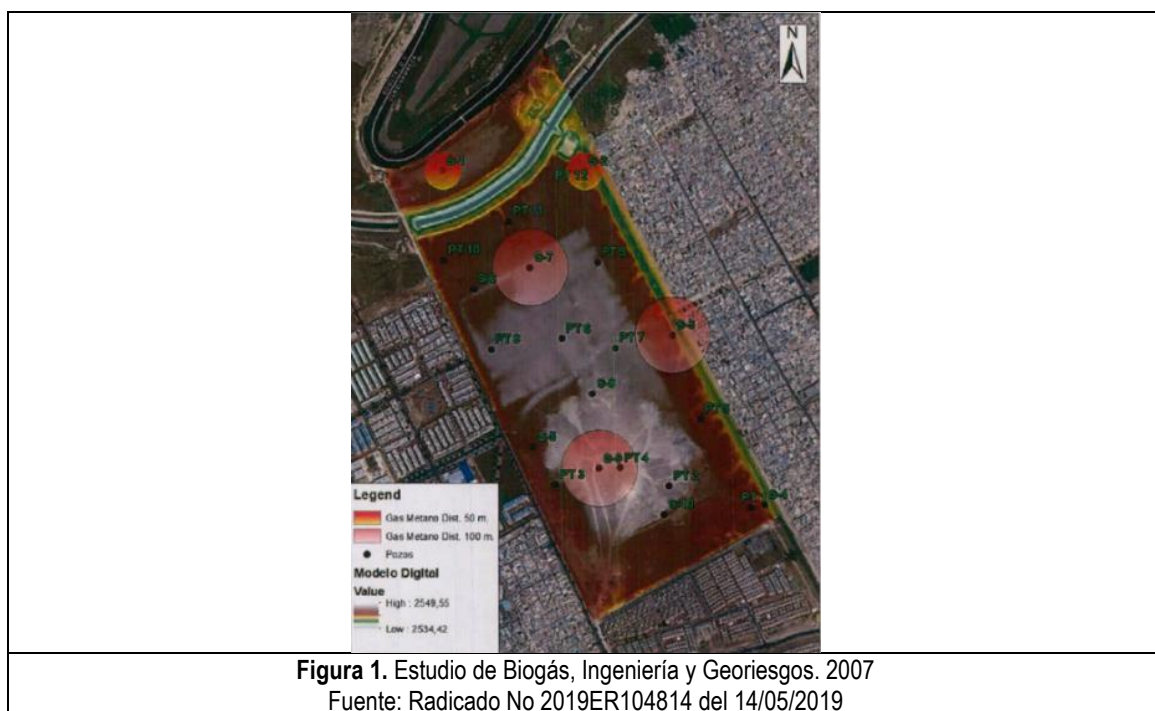
- Hacia 1985, la tasa de disposición de residuos fue de aproximadamente 3.400 ton/día.
- En operación por aproximadamente 10 años, hasta agosto de 1988, ante apertura del relleno sanitario Doña Juana.
- Disposición de residuos a cielo abierto, sin ningún tipo de control, tales como impermeabilización de fondo, sistema de drenaje, control de gases, control de lixiviados, entre otros.
- Durante 1989 y 1990 se observan lixiviados descargados al río y vallado sur.
- Predio dividido en dos áreas; la norte, de alrededor de 20 hectáreas, se encuentra clausurada y la zona sur donde se realizaron, por parte de la EAAB-ESP, actividades de manejo de residuos generados en el mantenimiento del sistema de alcantarillado de la ciudad.
- La EAAB presenta informe en el año 2000 donde se indica, entre otras: *"De acuerdo al monitoreo del agua, el agua subsuperficial analizada corresponde a lixiviado con un poder contaminante de 17 veces al de una agua residual doméstica, medidos en términos de carga orgánica..." "...EL relleno no presenta sistema de extracción de lixiviados ni de gases, tampoco cobertura final impermeable..."*
- Durante 2005 y 2006 se evidencian lixiviados en el talud oriental del predio Gibraltar (calle 49 sur).
- Durante 2014 y 2015, la comunidad aledaña remite quejas por olores ofensivos y vertimiento de lodos a cielo abierto.
- En enero de 2016 se finaliza la disposición de lodos provenientes del sistema de alcantarillado de la ciudad por parte de la EAAB.

Adicionalmente se señala que “El predio de acuerdo con el actual Plan de Ordenamiento Territorial (POT) compilado por el Decreto 190 de 2004, se encuentra incluido dentro del sistema de espacio público construido, ya que según el artículo 244 de este instrumento de planeación, esta área está definida como Parque Metropolitano – PM-10 El Porvenir (Gibraltar), por tanto, deberá ser habilitado para este uso futuro.”

1.1.1 Condiciones generales del predio

A continuación, se presentan las condiciones generales del predio Gibraltar según la información presente en la Secretaría Distrital de Ambiente.

- Según el estudio geotécnico y análisis multitemporal realizado por la empresa Ingeniería y Georiesgos en el año 2006, el predio Gibraltar fue una zona inundable del río Bogotá, hasta los años 80's cuando el predio fue destinado para la disposición de residuos sólidos, así como la instalación de canales perimetrales (Canal Cundinamarca y Tintal), que permitió el cambio de la morfología del terreno.
- El monitoreo de gases realizado por la empresa Ingeniería y Georiesgos en el 2007, indica concentraciones de gas metano en diferentes áreas del predio, tal y como se muestra en la Figura 1.



- Los análisis de exploraciones presentadas mediante radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 reportan que el relleno antrópico se encuentra distribuido de la siguiente manera (Ver Figura 2):

- Hacia el costado sur, entrada del predio, existe la presencia de residuos altamente descompuestos, se observa una masa similar a la arcilla con alto grado de plasticidad y humedad, presenta aprox. 10 - 20% de plástico, tela y papel, contenido de materia orgánica 80 %.
- Hacia la parte central del predio, se observa residuos caracterizados por tener el 50% por material orgánico en descomposición, con presencia de 20 - 50% de plástico, tela, papel, caucho.
- Hacia la zona Norte, área donde se encuentra el río Bogotá y hasta el Canal Cundinamarca, se observan residuos bastante preservados, donde predomina el plástico, tela, papel, caucho, madera, vidrio, en una matriz heterogénea de tipo limoarcilloso, con contenido de materia orgánica estimado del 30% basados en los rípos de perforación obtenidos.

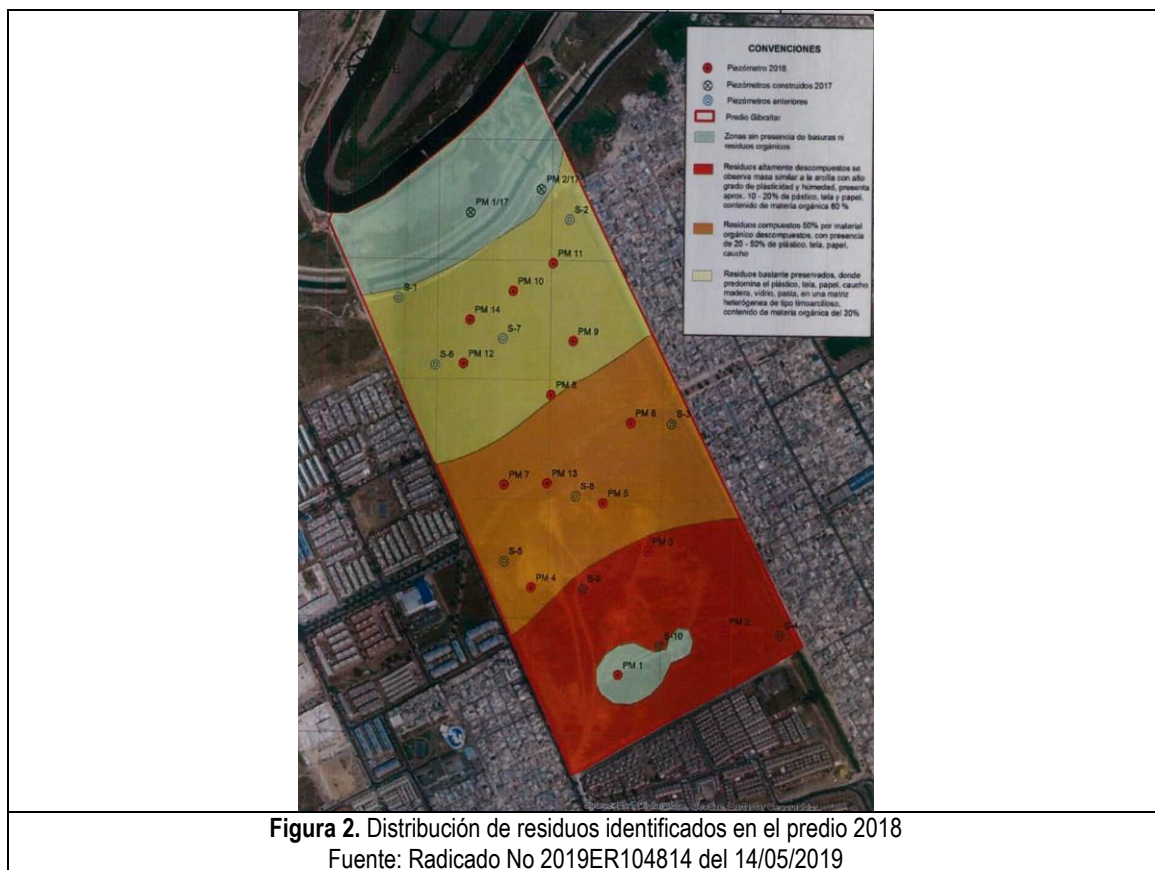


Figura 2. Distribución de residuos identificados en el predio 2018

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

- El Concepto Técnico 066 del 08/01/2009 indica que existe una conexión hidráulica entre los lixiviados que se generan en la masa de residuos y el agua subterránea del sitio, presentándose una posible afectación del recurso hídrico subterráneo.
- Se manifiesta en el radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 que durante la ejecución de perforaciones realizadas en el año 2015, los pozos de monitoreo fueron instalados con tubería ranurada para la totalidad

del piezómetro, sin tramos ciegos, generando una posible conexión entre el relleno antrópico y al acuífero somero.

- En atención al oficio 2016EE202407 del 17/11/2016, con el objetivo de verificar la extensión de la posible pluma de afectación proveniente del predio Gibraltar, la EAAB mediante radicado 2017ER267715 del 29/12/2017, por medio de la empresa SIAM S.A.S. ejecutó la perforación y construcción de 8 pozos de monitoreo teniendo en cuenta factores determinantes como la conexión hidrogeológica y descripción litológica, concluyendo la necesidad de realizar un Análisis de Riesgos con el fin de valorar si las concentraciones reportadas de los compuestos de interés pueden generar peligro a la salud humana.
- Por medio del radicado 2018ER223732 del 24/09/2018 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá informa sobre convenio suscrito con el IDRD (Instituto de Recreación y Deporte) con el objetivo de realizar estudios preliminares necesarios para la construcción del parque El Porvenir Gibraltar.
- **Área sur del predio.** Con base en los estudios realizados, la EAAB identifica un área aproximada de 5 ha ubicada al costado sur del predio, que indica, tiene características de menor restricción ambiental, dadas sus condiciones, aludiendo que en dicha zona, se presentan menores espesores de relleno antrópico (basuras) con respecto al resto del predio, así como bajas concentraciones de COVs y LEL. De igual forma, indica que la cobertura superficial se encuentra en el orden de 2 m y debido a su ubicación alejada al río Bogotá, se realizaron valoraciones geotécnicas y ambientales a fin de establecer la zona como óptima para la construcción del Centro Felicidad, planteado por el IDRD para el futuro parque metropolitano PM – 10, El Porvenir. (Ver Figura 3).



2 LÍNEA BASE ETAPA CONSTRUCCIÓN PARQUE METROPOLITANO PM 10 EL PORVENIR

Mediante los radicados 2019ER104814 del 14/05/2019, 2019ER180582 del 09/08/2019 y 2019ER184547 del 13/08/2019 la EAAB-ESP remite informes del contrato de consultoría No 2-02-24200-0721-2018 firmado entre la empresa SIAM S.A.S. y la EAAB con el objeto de Realizar Diagnóstico, selección de medidas de Manejo Ambiental y sus Diseños detallados de Ingeniería que permitan planificar la construcción del parque metropolitano PM 10 el Porvenir, en el predio Gibraltar, (Carrera 91 43-20 Sur).

2.1 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DEL PARQUE METROPOLITANO PM 10 (GIBRALTAR)

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Como parte del análisis hidrogeológico integral del sitio “Gibraltar”, la Secretaría Distrital de Ambiente-SDA ha desarrollado, a partir de información recopilada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAAB y del Modelo Hidrogeológico Conceptual del Acuífero Subsuperficial o Somero en el Perímetro Urbano Del Distrito Capital, un modelo hidrogeológico conceptual del área sobre la que se localiza esta zona de interés.

En este contexto, este trabajo busca describir cada uno de los pasos y procedimientos tenidos en cuenta para estructurar el modelo hidrogeológico conceptual con el objetivo de realizar una aproximación del movimiento de solutos y analizar las condiciones ambientales tanto del recurso hídrico superficial, así como la potencial afectación de la comunidad.

Finalmente, es importante resaltar que los resultados obtenidos son una herramienta fundamental para la toma de decisiones sobre las medidas de manejo a implementar en el predio.

2.1.2 OBJETIVOS DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

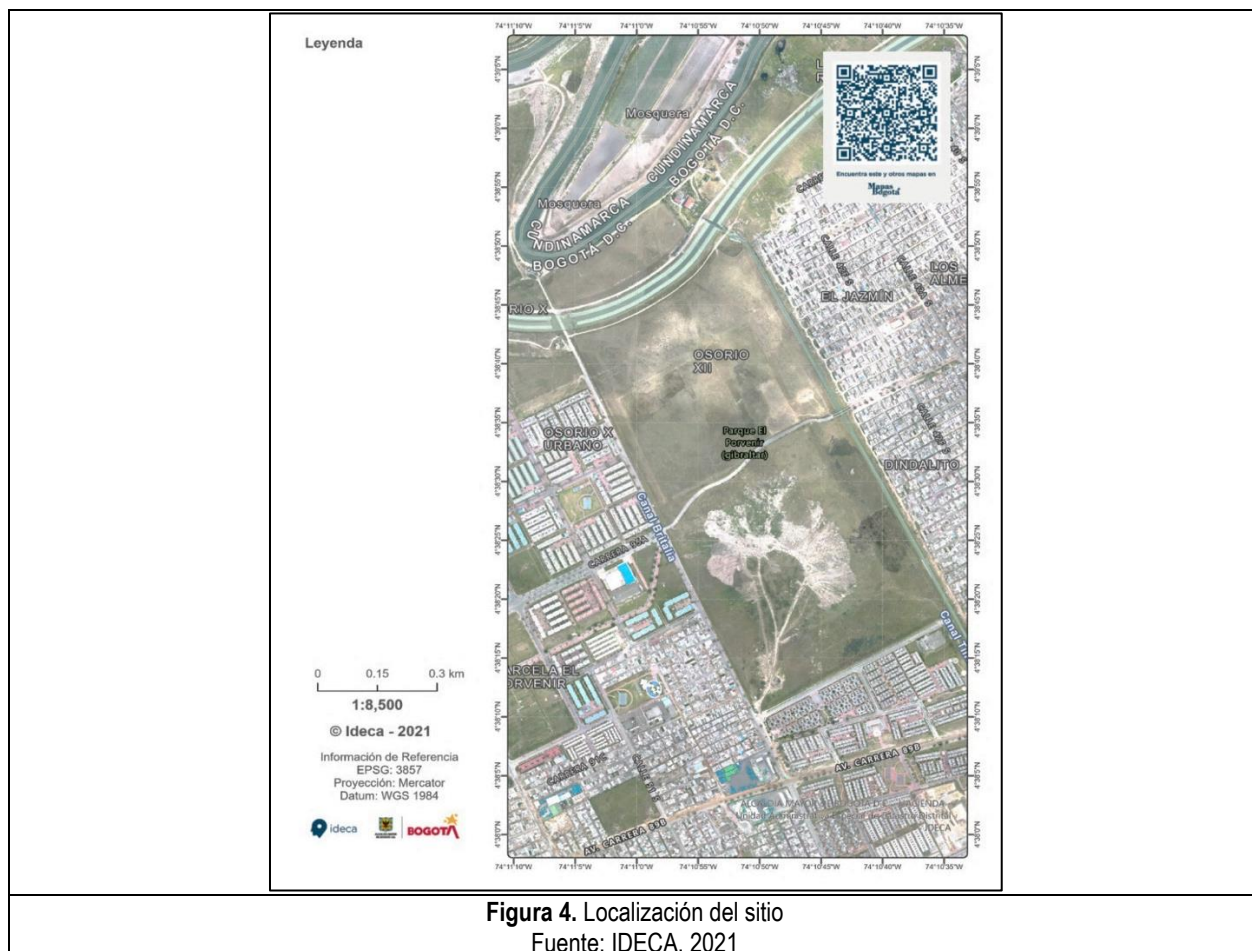
Implementar un modelo hidrogeológico conceptual donde se evalué el comportamiento hidráulico del sistema hidrogeológico somero que comprende la zona de acumulación de residuos.

2.1.2.1 Objetivos específicos.

- Evaluar y analizar variables como geología, hidrogeología, hidráulica, hidrogeoquímica, geofísica, calidad del agua y dinámica del agua subterránea.
- Desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual.
- Evaluar las posibles rutas de migración de sustancias contaminantes ubicadas en el predio Gibraltar.

2.1.3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El sitio “Parque Gibraltar” se localiza en la dirección Kr. 91 # 43-20 Sur (CHIPs AAA0138ZKFZ, AAA0138ZKBS, AAA0138ZKCN, AAA0162DKLW, AAA0173DWCX, AAA0173DWDW) de la localidad de Kennedy, tal como se muestra en la siguiente figura.



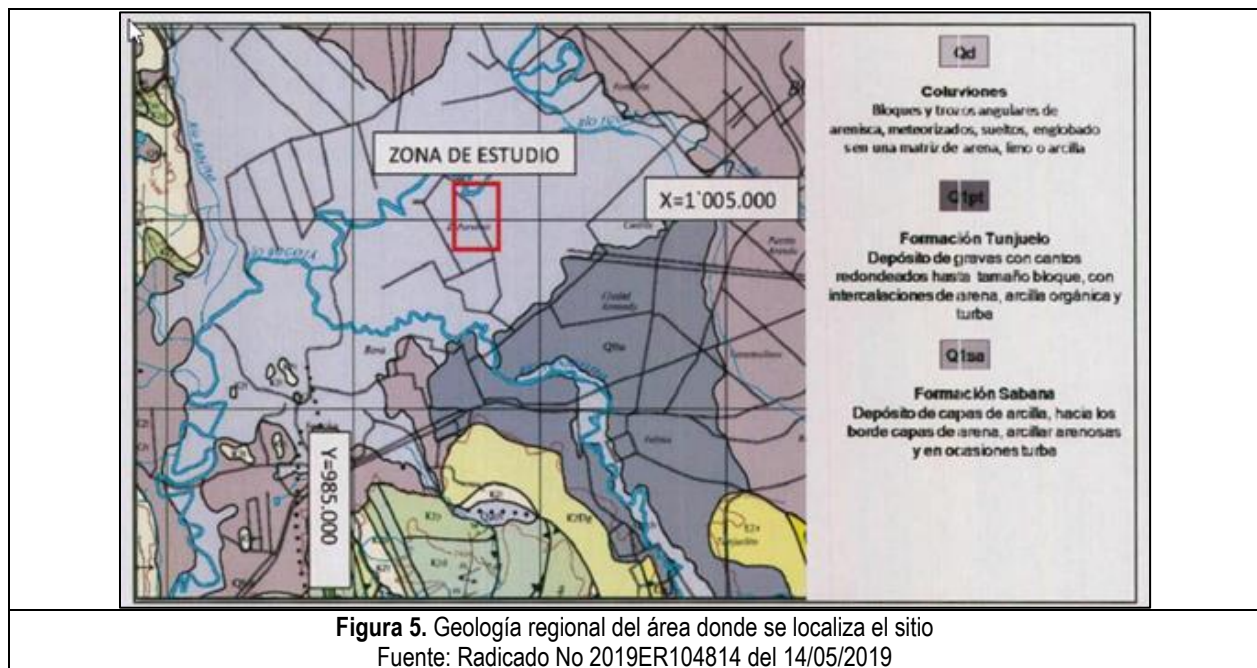
2.1.4 GEOLOGÍA.

La información analizada y procesada por parte de la SDA, para la caracterización litoestratigráfica del sitio proviene principalmente de la información allegada por la EAAB en los radicados No 2019ER104814 del 14/05/2019 y 2019ER184547 del 13/08/2019.

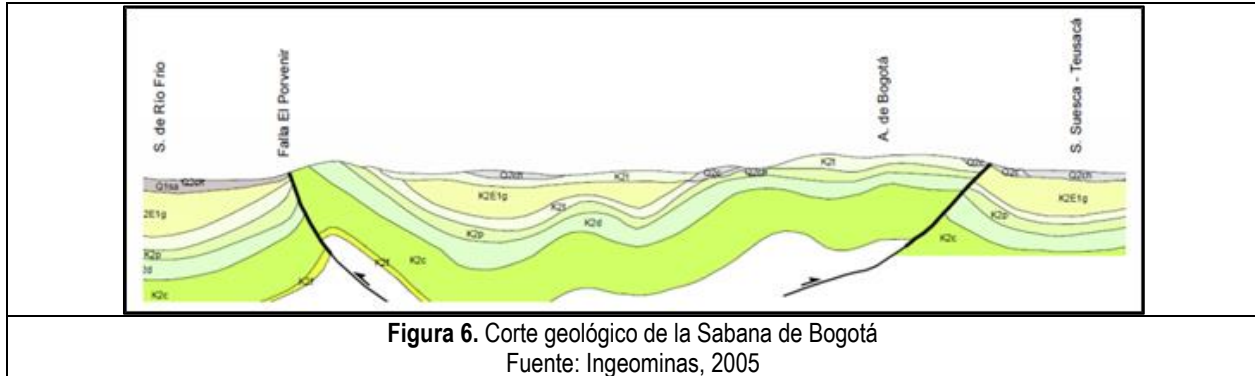
2.1.4.1 Geología regional.

En el radicado 2019ER104814 del 14/05/2019 se presentó una descripción estructural y litoestratigráfica regional de las formaciones que son relevantes en el predio Gibraltar, entre ellas Formación Sabana (Qsa), Formación Tunjuelo (Qpt) y Coluviones (Qd) la cual puede ser interpretada como Formación Chía. La Formación Sabana presenta un

origen de ambiente lacustre y se encuentra constituida, predominantemente, por capas poco consolidadas de arcilla, arcillas arenosas y lentes de turba; por su parte, la Formación Tunjuelo es un complejo de conos fluvio-glaciares de las principales corrientes hídricas de la Sabana de Bogotá, esta unidad se caracteriza por estar constituida, predominantemente, por gravas con cantos a bloques redondeados, en muchos casos se encuentran intercalaciones de arena, arcilla y turba; por último, la Formación de Coluviones se localiza en las laderas de los cerros orientales de Bogotá, se encuentra constituida, en su mayoría, por gruesos cantos a bloques angulosos con una matriz arenosa, limo o arcilla. En la **Figura 5** se muestra un mapa geológico regional a escala 1:100000, de la zona donde se localiza el sitio.



El área se caracteriza por la presencia de un sistema compresional sinclinal – anticlinal, donde las estructuras más relevantes son el sinclinal de Bogotá y el anticlinal del mismo nombre y al norte el sinclinal de Usme. El anticlinal de Bogotá tiene una extensión aproximada de 25 km de largo, es asimétrico y estrecho, cuya orientación predominante es N-S a NNE – SSW y cabeceo en dirección al norte en el sector de Usaquén, en el núcleo se encuentra la falla inversa del Alto del Cabo y en su flanco Oriental se encuentra la falla de Bogotá, así mismo se encuentran fallas normales, inversas y de rumbo con una orientación en su mayoría NW-SE.

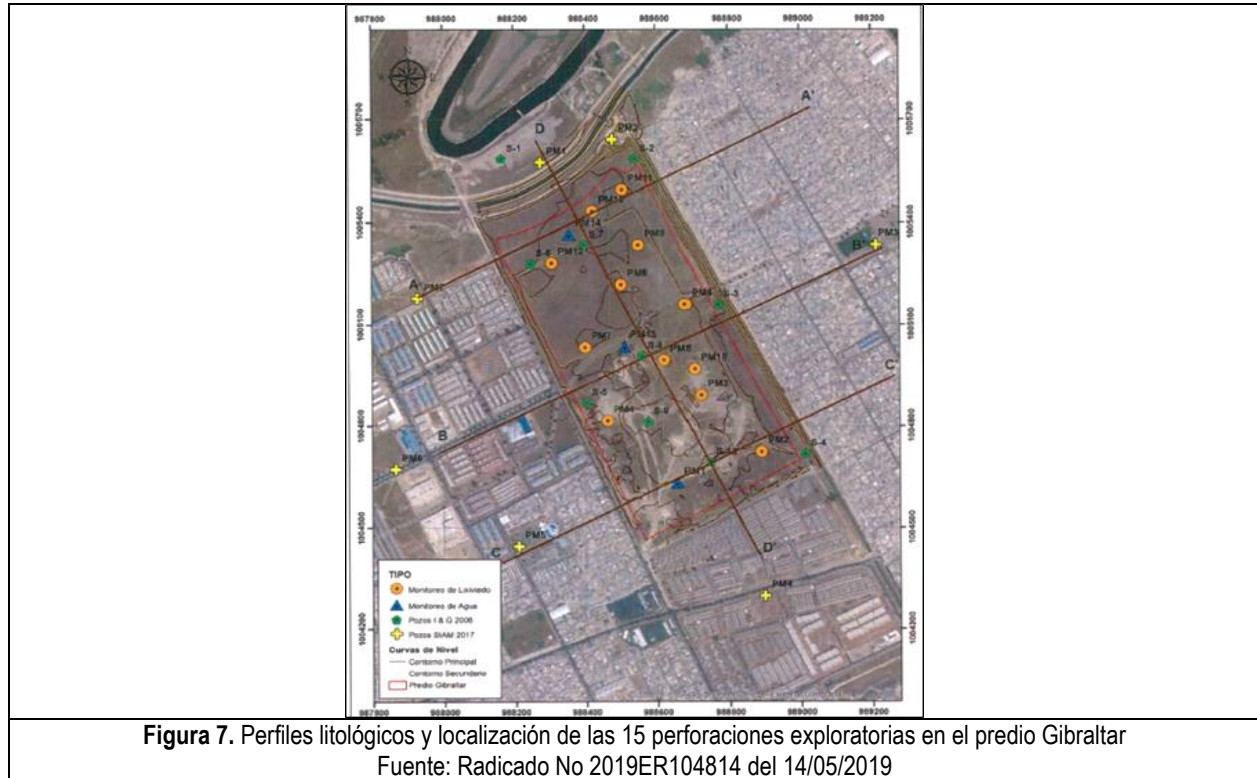


2.1.4.2 Geología local.

A partir de la información allegada en el radicado 2019ER104814 del 14/05/2019, la cual contiene datos obtenidos de quince (15) perforaciones, se definió la geometría y extensión de las diferentes capas reconocidas en el subsuelo sobre el que se ubica el área de estudio. En el análisis de la geología local del predio Gibraltar se presentan 4 perfiles litológicos, tres (3) en sentido transversal al predio (NE-SW) y uno longitudinal. Se identificaron cuatro (4) capas, la cuales, por su posición estratigráfica, pueden ser pertenecientes a depósitos aluviales cuaternarios de la cuenca de los ríos Bogotá y Tunjuelo, las cuales se describen a continuación:

- **Capa 1:** con un espesor de 0 – 3m, hace alusión al “... suelo natural limo arcilloso a arcillo limoso, mezclado en diferentes proporciones con material de relleno compuesto por escombros y recebo cuyo porcentaje puede variar entre un 10% a un 30%, con fragmentos de ladrillo y gravas de 1 – 3 cm de diámetro; presenta baja plasticidad y generalmente es compacto”.
- **Capa 2:** tiene un espesor que varía entre 2.5 – 13m, es un “...relleno antrópico compuesto por basuras que varían tanto en espesor como en el tipo de residuos existentes, esto debido posiblemente a que durante la época que estuvo activo el relleno, este contaba con diferentes sectores de disposición final...”.
- **Capa 3:** presenta un espesor entre 3.5, a 3.9 m, es una “...secuencia de arcillas grises a gris verdosas..., de alta plasticidad y humedad moderada con matriz tipo limo a arena de grano muy fino en proporción de hasta un 30% aproximadamente, algunas veces con presencia de óxidos de hierro, que sirve de sello al depósito antrópico de basuras que se encuentra suprayaciendo la secuencia...”, un aspecto relevante es que en la zona donde se localizan los pozos PM 6, 9 y 11 no se encontró esta capa arcillosa, de manera que, lateralmente, no hay continuidad.
- **Capa 4:** tiene un espesor entre 1.3 a 4 m, hace alusión a una “... secuencia de arenas de grano fino a grano medio cuarzosas..., ...con matriz tipo arcilla (29% en promedio), saturadas. Dicha secuencia se observa que es granocreciente hacia la base...”.

En la **Figura 7** se muestra la localización espacial de las perforaciones exploratorias realizadas y la localización de los perfiles estratigráficos generados dentro del sitio.



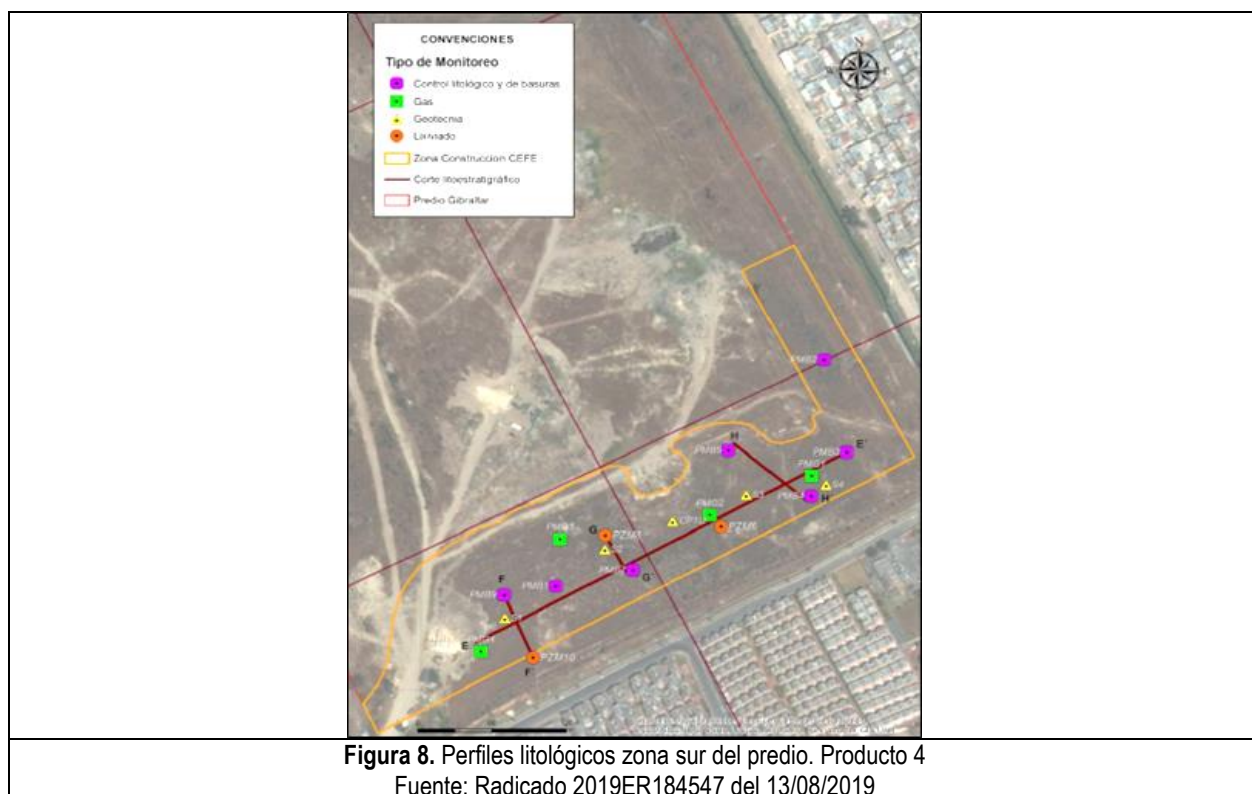
2.1.4.3 Geología Zona sur del predio. Producto 4.

La EAAB presentó mediante el producto 4, radicado 2019ER184547 del 13/08/2019, la valoración Geotécnica – ambiental en la zona sur del predio, a fin de determinar su viabilidad para la construcción de la infraestructura del parque metropolitano PM-10. Para dicho análisis, se presentan las condiciones geológicas locales conforme a lo indicado de estudios en el área de interés, a partir de perforaciones y perfiles lito-estratigráficos de los cuales se establecen las siguientes capas:

- **Capa 1 (0 – 1,5m):** Suelo natural de tipo limo arcilloso a arcillo limoso, con coloración pardo a pardo oscuro, estructura granular a presencia de guijarros.
- **Capa 2 (1,5 – 5,0m):** Relleno antrópico compuesto por basuras que varían tanto en espesor como en el tipo de residuos existentes.
- **Capa 3 (3,4 – 5,8m):** Secuencia de arcillas de alta plasticidad y humedad moderada, con condiciones de baja permeabilidad y porosidad que permiten su comportamiento de sello entre el acuífero somero del área y el depósito de basuras. Se resalta que en ciertas áreas no se presenta la capa mencionada.

- **Capa 4 (1,3 – 4.0m):** Secuencia de arenas de grano fino a grano grueso cuarzosas con matriz arcillo limosa, presenta colores que varían de pardo oscuro a marrón, en algunos casos con presencia de óxidos de hierro.

La localización espacial de los sondeos realizados en la zona sur del predio Gibraltar se presentan en la **Figura 8**.



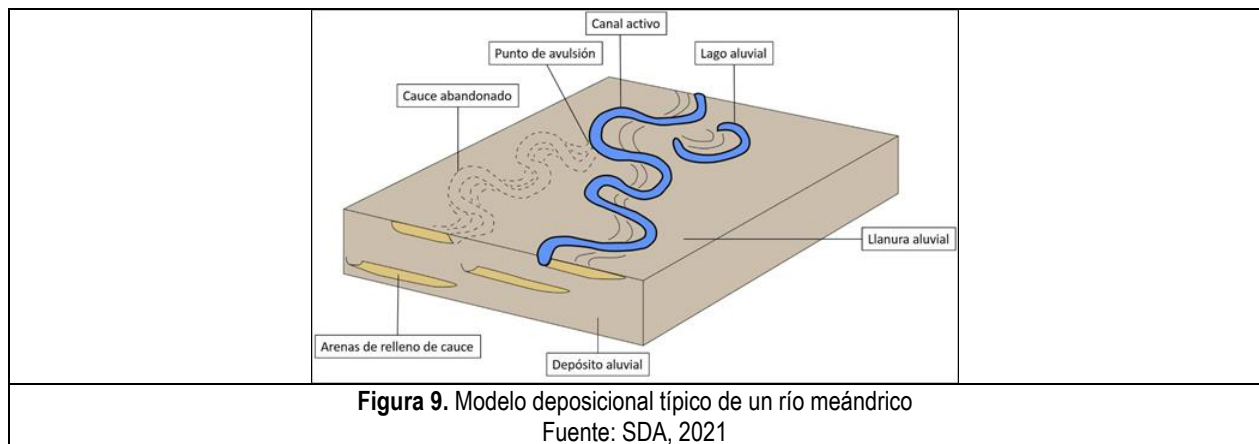
2.1.4.4 Análisis ambiente sedimentario.

La identificación del ambiente sedimentario en el que se realizó la deposición es importante para la adecuada interpretación de la información litoestratigráfica. A nivel conceptual es fundamental establecer a priori posibles secuencias estratigráficas – sedimentológicas que permitan realizar apropiadas correlaciones en los lugares en los que no se cuenta con sondeos y desarrollar un modelo que represente las características litológicas y estratigráficas del sitio.

A partir de la información geológica (lito-estratigráfica) extraída de todas las perforaciones, así como las observaciones realizadas directamente en campo por parte de la SDA, se establece que el ambiente sedimentario que determinó las condiciones lito - estratigráficas del sitio, es de ríos o corrientes hídricas meándricas. De acuerdo con Nicols G, 2009^[1],

sedimentológicamente los ríos meándricos se caracterizan por transportar una carga mixta, que, de acuerdo con la energía existente dentro del flujo, hace que se generen depósitos con diferente granulometría. Así mismo señala que el registro estratigráfico de este ambiente deposicional se caracteriza por la presencia de depósitos de desbordamiento (*overbank deposits*) y depósitos de canal (*channel deposits*). Los depósitos de desborde exhiben material fino como lodos, arcillas y arenas finas y los de canal, sucesiones de arenas, gravas, etc., que sufrieron procesos de acreción lateral (por la migración lateral del cauce), que, dependiendo de su tamaño y duración en el tiempo, pueden encontrarse como paleo - cauces bien definidos o a veces como capas que pueden ser discontinuas horizontalmente, dependiendo de la ocurrencia de procesos de avulsión^[2]. En la siguiente figura se muestra un modelo generalizado de la arquitectura típica de un sistema sedimentario de río meándrico.

Estas características sedimentológicas y lito – estratigráficas son esenciales para determinar el tipo de sucesión que existe bajo la unidad de basura (importante para la interpretación de cualquier tipo de información, geofísica, etc., del subsuelo). Además de lo anterior, permite evidenciar que existen capas o unidades de material grueso, expresados en el registro sedimentario a través de capas o paleo – cauces que pueden generar rutas de flujo preferencial tanto del agua subterránea y contaminantes como en el caso del predio analizado.



[1] Nicols G., 2009, Sedimentology and Stratigraphy, Second Edition, Wiley-Balckwell.

[2] La avulsión es el abandono de una parte o la totalidad de un cinturón de canales a favor de un nuevo curso. Tomado de: Allen JRL (1965) A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. Sedimentology 5:89–101.

2.1.4.5 Síntesis modelo geológico.

Para establecer la información litológica allegada como producto 1 y 4 es adecuada, la SDA implementó un modelo litoestratigráfico a partir de quince (15) perforaciones exploratorias (**Figura 8**). La información que se tuvo en cuenta para este análisis son las columnas estratigráficas generadas directamente en campo entre el 24 de septiembre al 30 de octubre de 2018. En las siguientes figuras se presenta la información litoestratigráfica tomada en campo.

Tabla 2. Descripción litológica PM1 y PM2.

PM1	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 2,5	Relleno
2,5 - 4,1	Arcilla marrón
4,1 - 4,7	Arcilla gris
4,7 - 5,7	Arcilla marrón
5,7 - 7,0	Arena muy fina
7,0 - 7,5	Arena fina
7,5 - 8,7	Arena muy fina
8,7 - 12,0	Arena fina
PM2	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 1,5	Relleno
1,5 - 3,9	Residuos
3,9 - 4,3	Arcilla gris
4,3 - 5,4	Arena muy fina
5,4 - 6,0	Arena fina

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Tabla 3. Descripción litológica PM3 y PM4.

PM3	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 2,3	Relleno
2,3 - 11,8	Residuos
11,8 - 13,0	Arcilla gris
PM4	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 1,5	Relleno
1,5 - 8,6	Residuos
8,6 - 10,5	Arcilla gris
10,5 - 11,6	Arena muy fina
11,6 - 12,0	Arena fina

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Tabla 4. Descripción litológica PM5 y PM6.

PM5

Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 0,3	Relleno
0,3 - 2,0	Arcilla café
2,0 - 10,3	Residuos
10,3 - 12,5	Arcilla gris
12,5 - 13,5	Arena fina
PM6	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 4,1	Relleno
4,1 - 11,5	Residuos
11,5 - 13,0	Arena media

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Tabla 5. Descripción litológica PM7 y PM8.

PM7	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 0,2	Relleno
0,2 - 12,4	Residuos
12,4 - 14,5	Arcilla gris
PM8	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 1,5	Relleno
1,5 - 10,4	Residuos
10,4 - 11,0	Arcilla gris
11,0 - 12,2	Arena fina

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Tabla 6. Descripción litológica PM9 y PM10.

PM9	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 0,2	Relleno
0,2 - 11,5	Residuos
11,5 - 12,0	Arena fina
PM10	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 1,5	Relleno
1,5 - 7,5	Residuos

7,5 - 9,0	Arcilla gris
-----------	--------------

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Tabla 7. Descripción litológica PM11 y PM12.

PM11	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 1,5	Relleno
1,5 - 9,0	Residuos
9,0 - 10,5	Arena fina
PM12	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 0,1	Relleno
0,1 - 3,0	Arcilla
3,0 - 10,0	Residuos
10,0 - 12,0	Arcilla

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Tabla 8. Descripción litológica PM15.

PM15	
Rango profundidad (m)	Litología
0,0 - 0,6	Relleno
0,6 - 1,4	Arcilla
1,4 - 1,5	Relleno
1,5 - 9,0	Arcilla negra
9,0 - 11,0	Arcilla gris

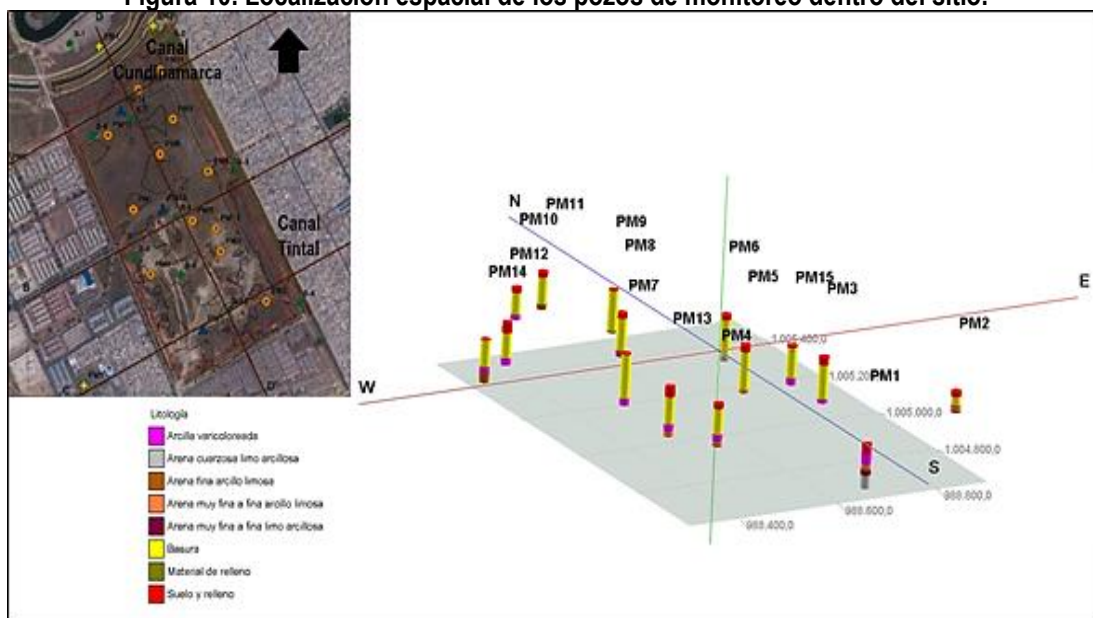
Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Como resultado del procesamiento de la información, se generó un modelo donde se identificaron ocho (8) capas de material, entre arenas (se encontraron con granulometría variable, de grano muy fino a fino), con matriz arcillo limosa, arcilla varicoloreada, material de relleno y suelo. En la **Figura 10** se muestra la localización espacial de los pozos junto con su respectiva litología, la distribución espacial dentro del sitio tiende a ser equidistante y cubre toda el área de interés.

En términos generales, el subsuelo del sitio está constituido por una sucesión estratigráfica que de base a techo se encuentra conformada por capas de arenas de grano fino a muy fino con una matriz arcillo limosa, seguida por una capa de arcilla que no tiene continuidad lateral en toda el área analizada, ya que no se encontró registro de esta unidad en los pozos PM6, PM9 y PM11, posteriormente una capa de basuras y finalmente el material de relleno y suelo. El

tipo y disposición espacial del material es coherente con el ambiente de deposición, pues el sitio está localizado sobre la llanura de inundación del río Bogotá, de manera que los sedimentos generados naturalmente tienden a ser finos.

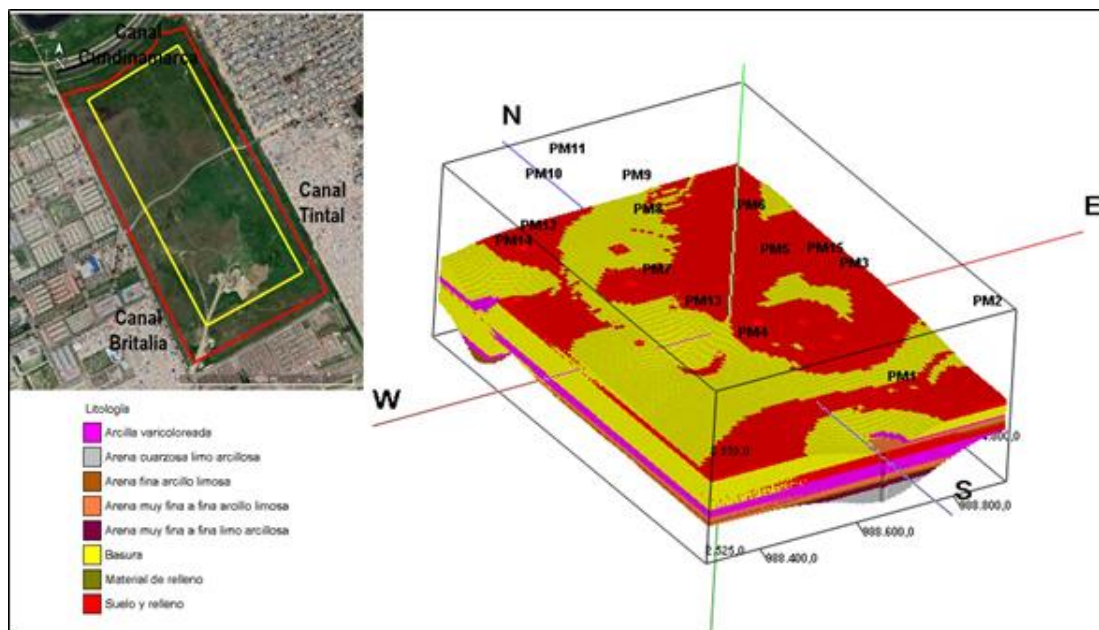
Figura 10. Localización espacial de los pozos de monitoreo dentro del sitio.



Fuente: SDA, 2021.

En la **Figura 11** se presenta el modelo litoestratigráfico a través de un bloque diagrama en vista panorámica 3D, donde aprecia la distribución y localización de cada una de las unidades modeladas. El comportamiento de la capa de basura, la cual cubre gran parte del área analizada, se puede describir de la siguiente manera: lateralmente está en contacto con las capas de arena y arcilla, estando confinada en su base por una capa de arcilla; en la parte superior de la sucesión se encuentra el suelo que en varias zonas llega ser muy delgado (en la discretización del modelo no se tienen en cuenta espesores inferiores a 0.1 m), de manera que por las características de esta unidad y su bajo espesor (en algunos lugares) no es posible establecer la existencia de una capa de baja permeabilidad que limite el flujo de sustancias desde la superficie hacia la capa de basura.

Figura 11. Modelo estratigráfico, vista panorámica 3D.

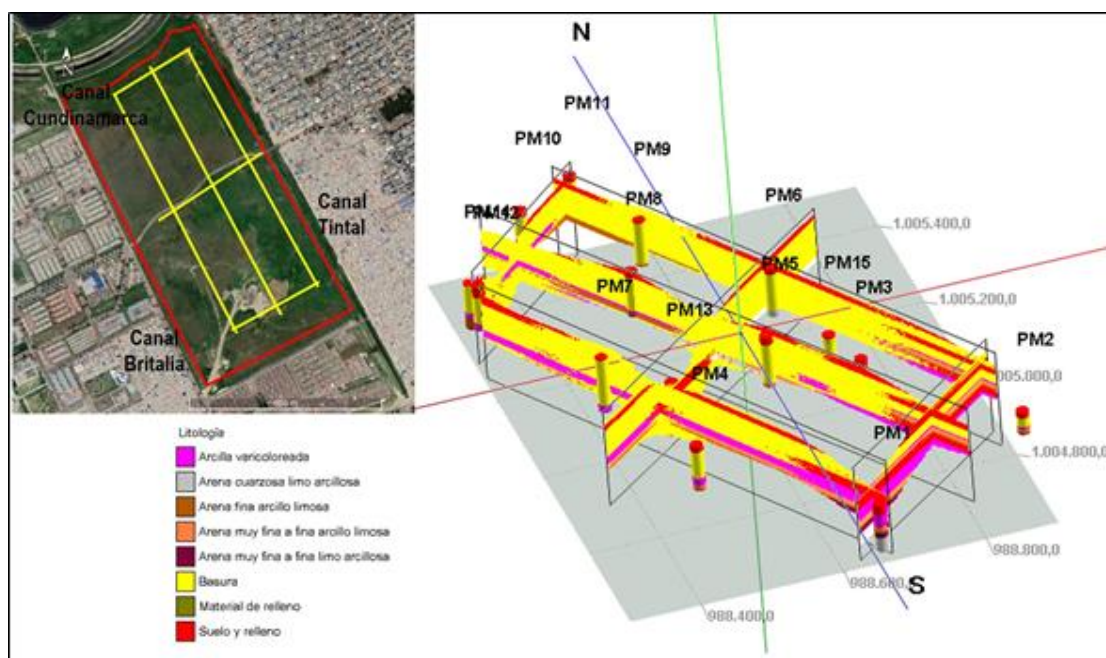


Fuente: SDA, 2021.

2.1.4.6 Perfiles estratigráficos.

A partir del modelo lito-estratigráfico construido de la información allegada en los radicados 2019ER104814 del 14/05/2019, esta autoridad realizó la implementación de cinco (5) cortes en 3D. Se encontró que la capa de basuras está en contacto lateral hacia el sur y en profundidad hacia la zona donde se localizan los pozos PM6, PM9 y PM11 con las arenas, pues en esta zona específica no se encontró presencia de la capa de arcilla. Hacia el oeste se observa que la capa de arcilla tiende a ser constante y confina la unidad de basura, tal como se muestra en la **Figura 12**.

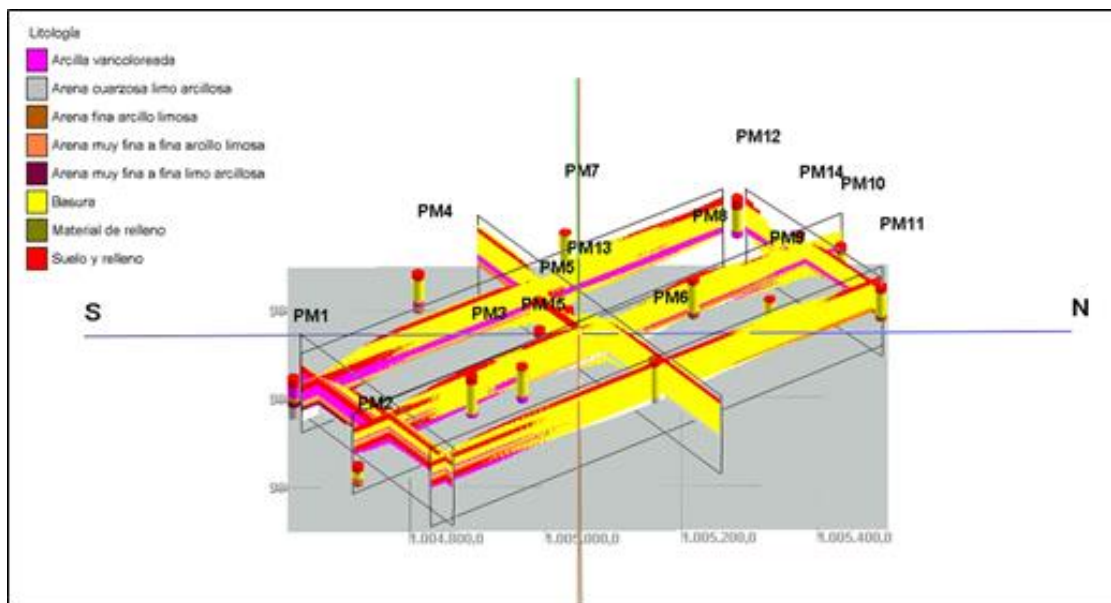
Figura 12. Perfiles estratigráficos vista panorámica en 3D.



Fuente: SDA, 2021.

En la **Figura 13** se presenta otra vista panorámica 3D en sentido sur – norte, donde se destacan las características del apilamiento estratigráfico hacia el Este. Se observa que la capa de basura tiene una extensión que cubre prácticamente la totalidad del área modelada. Lateralmente, hacia el sur, está en contacto con unidades arenosas al igual que en profundidad hacia la zona donde se localizan los pozos PM6, PM9 y PM11, de manera que se establece que la capa de basura no está confinada en profundidad, ni lateralmente, lo cual es consecuente con el tipo de ambiente sedimentario del sector, donde las dinámicas fluviales históricas hacen que las diferentes capas no cuenten con continuidad lateral.

Figura 13. Perfiles estratigráficos vista panorámica en 3D.



Fuente: SDA, 2021.

2.1.4.7 Modelo de isopacas para la capa de arcilla.

La SDA realizó el modelo de isopacas a partir del modelo estratigráfico 3D desarrollado con anterioridad a través del software RockWorks®. La importancia de determinar de manera precisa el espesor de la capa de arcilla, radica en que es el material que puede generar el confinamiento necesario para impedir que el flujo de agua - lixiviados a nivel vertical, hacia la unidad arenosa.

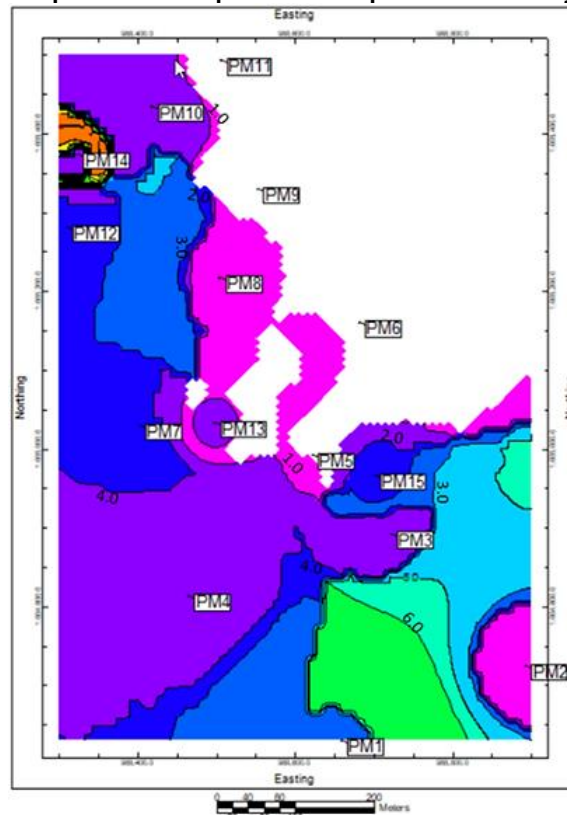
El modelo de isopacas obtenido (**Figura 14**), muestra que los espesores de menor magnitud se localizan en dirección noreste del modelo, donde hay zonas muy delgadas en las que la capa de arcilla tiende a desaparecer alrededor de los pozos PM5 y PM13. En la zona donde se localizan los pozos PM6, PM9 y PM11, la capa de arcilla desaparece por completo. El espesor medio de la unidad de arcillas es de alrededor 5.0 m.

Desde el punto de vista litoestratigráfico se identificaron los siguientes aspectos relevantes:

- La capa de suelo identificada en la parte superior de la sucesión y que en el modelo planteado por la EAAB tiene inicialmente con un espesor que varía entre 0 a 3m, de acuerdo con los registros de perforación no es suelo natural y se puede dividir en una delgada capa de suelo limo arcilloso de 0 a 0.25 m de espesor y, bajo esta, una capa de material de relleno.
- Hay continuidad lateral de la capa de Basura en la mayor parte del área evaluada.

- En la zona donde se ubican los pozos PM9, PM6 y PM11 no existe la capa de arcilla que subyace la unidad de basura. La ausencia de arcilla en esta zona hace que, en profundidad, esté en contacto directo la capa de basura y el paquete arenoso.
- Existen zonas muy delgadas donde prácticamente la capa de arcillas desaparece como hacia el PM5 y alrededor del PM13.

Figura 14. Mapa de isopacas de la capa de arcilla que se localiza bajo la capa de basura.



Fuente: SDA, 2021.

En conclusión, el tipo y disposición espacial del material es coherente con el ambiente de deposición, pues el sitio está localizado sobre la llanura de inundación del río Bogotá, de manera que los sedimentos generados naturalmente tienden a ser finos. Bajo las actividades de perforación y registros litológicos realizados en el predio Gibraltar, se puede establecer que se presenta una continuidad lateral de la capa de relleno antrópico (basura).

Luego del análisis de los registros litológicos realizados por la EAAB, en la capa que infrayace el relleno antrópico (basuras), se observa la existencia de zonas muy delgadas de matriz arcillosa hacia el PM5 y alrededor del PM13. Así

mismo en la zona donde se ubican los pozos PM9, PM6 y PM11 no se identificó material arcilloso, como se observa en el documento, de manera que la capa de relleno antrópico (basuras) se encuentra en contacto directo con la unidad arenosa inferior. También, se observa que los espesores más pequeños de la capa de arcilla se localizan en dirección noreste; en la zona donde se localizan los pozos PM6, PM9 y PM11 la capa de arcilla desaparece por completo. Existen zonas muy delgadas donde la capa de arcilla presenta un espesor mínimo, específicamente hacia donde se ubica el pozo PM 5 y alrededor del pozo PM13. El espesor medio de la unidad de arcillas es de alrededor 5 m.

2.1.5 HIDROLOGÍA Y RECARGA POTENCIAL.

En el Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019, se describe y caracteriza la hidrología del área de influencia del predio Gibraltar, basándose en información del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAB ESP) y Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

Se identificaron las cuencas hidrográficas del área de influencia del predio Gibraltar, donde se destaca la cuenca media del Río Bogotá y la cuenca El Tintal, al interior del perímetro urbano.

Tabla 9. Cuencas de hidrográficas del área de influencia del predio Gibraltar

IDEAM 2013			Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 190 de 2004)		
Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Cuenca	Jurisdicción	Ordenamiento
Magdalena - Cauca (2)	Alto Magdalena (21)	Río Bogotá (2120)*	Canal El Tintal	Cuenca Urbana jurisdicción SDA	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá, (Res. 3194 de noviembre 23 de 2006.

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

De la cuenca media del río Bogotá hacen parte grandes subcuencas importantes para la ciudad, como lo son la del río Tunjuelo, el río Fucha y el río Salitre, las cuales drenan desde el oriente al occidente de la capital. Entre las demás subcuencas, la de interés por pertenecer a el área de influencia del predio, es la cuenca El Tintal, la cual se encuentra comprendida entre los ríos Tunjuelo y Fucha, hasta el occidente de Bogotá, comprendiendo el canal Cundinamarca, el cual se encuentra construido de forma paralela a la dirección del río Bogotá.

El sistema de drenaje principal en el área de influencia se encuentra comprendido por el río Bogotá, canal Cundinamarca, canal Tintal II y el canal Britalia. Los últimos dos canales mencionados, vierten sus aguas, dentro de sus cursos rectilíneos, al canal Cundinamarca, el cual, a su vez, lo hace sobre el río Bogotá, en un punto de conexión más adelante.

Figura 15. Sistema de drenaje área de influencia.



Fuente: Google Earth, Modificado SDA, 2021.

En cuanto al balance hídrico del sector, en este mismo radicado se analizó mediante el Método de Thornthwaite, a partir de los registros de precipitación y evapotranspiración potencial, desde el último mes del periodo seco del año. Dicho análisis se realizó para tres distintos escenarios, dependiendo de los registros de evapotranspiración potencial de la estación climatológica Aero El Dorado.

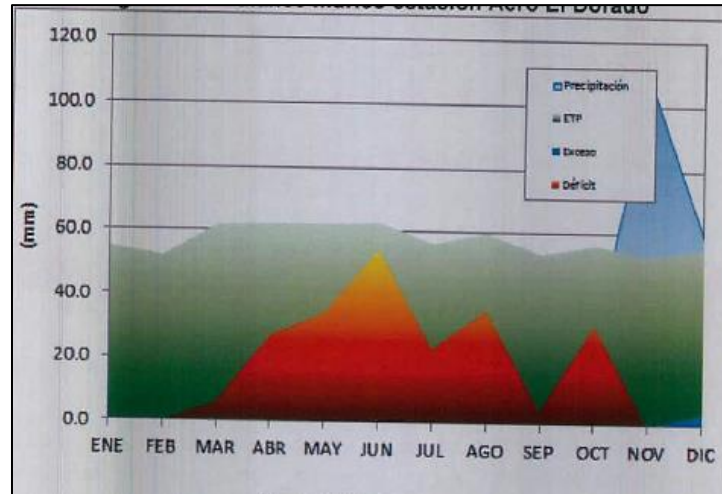
Tabla 10. Comportamiento de la evapotranspiración en el área de estudio.

ESTACIÓN	ETP (mm)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Aero El Dorado Seca	54.6	51.8	61.5	62.0	62.1	62.6	56.2	59.7	53.5	56.3	53.0	55.2
Aero El Dorado – Humeda	54.0	50.7	55.6	59.0	63.1	60.2	58.4	60.2	55.6	55.6	54.0	59.0
Aero El Dorado - Media	54.0	51.3	57.9	58.5	60.8	57.9	57.3	56.8	54.6	55.7	54.1	54.6

Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

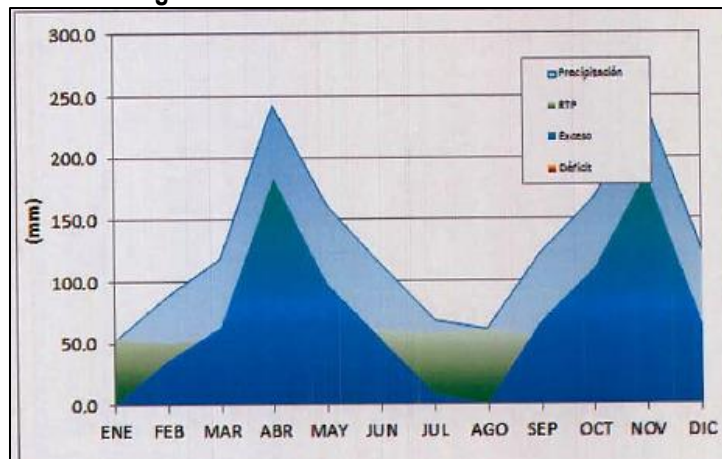
El balance hídrico para año seco, húmedo y medio es el siguiente:

Figura 16. Balance Hídrico - Año Seco.



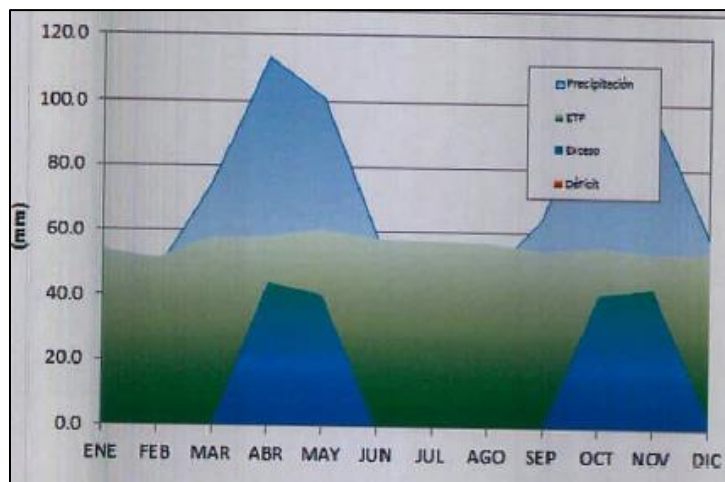
Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

Figura 17. Balance Hídrico - Año Húmedo.



Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

Figura 18. Balance Hídrico - Escenario Medio.



Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

Posterior a este análisis y para poder entender la dinámica de la hidrología en el sector, se realizó el cálculo de infiltración, donde se pudo observar que en el año seco la mayor infiltración se daría entre noviembre y diciembre, en año húmedo entre marzo y abril, y en el Escenario Medio los meses de abril y octubre.

Tabla 11. Valores de infiltración estimada del predio Gibraltar.

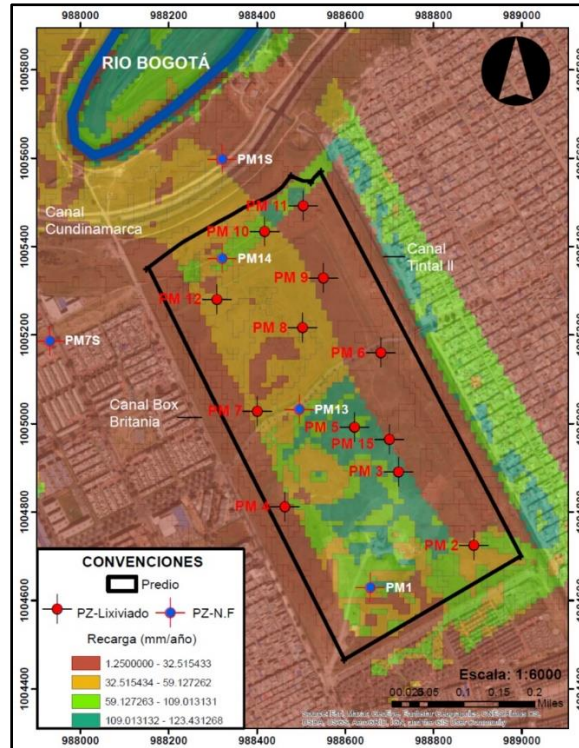
ESCENARIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AÑO SECO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.29	3.825	59.12
AÑO HUMEDO	0	12.95	50.33	85.92	0.16	0	0	0	22.47	33.2	54.51	0	259.5
AÑO MEDIO	0	0	16.66	54.85	33.84	0	0	0	10.4	54.32	38.81	0	208.9

Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

2.1.5.1 Recarga potencial

Según el “Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero subsuperficial o somero en el perímetro urbano del distrito capital, Convenio de asociación No SDA-CV 20161264., noviembre de 2018”, en el área de estudio, la recarga potencial varía entre 1.25 mm/año a 123 mm/año, donde los valores más bajos predominan, debido a que el predio está rodeado por una zona urbana. En la siguiente figura se puede observar la distribución de la recarga potencial en el área de estudio.

Figura 19. Distribución de la recarga potencial en el área de estudio.



Fuente: SDA, 2021.

Esta recarga puede variar debido a las condiciones locales del relleno, las cuales impiden que el proceso se ejecute de forma natural, induciendo una alta variabilidad del nivel freático. Del mismo modo, es importante resaltar que el nivel freático también cambia dependiendo del comportamiento del Río Bogotá.

En conclusión, en el área de estudio existe una fuente superficial conformada por el Río Bogotá que tiene un caudal medio mensual multianual de mínimo 18 m³/día y máximo 31 m³/día, su régimen es de tipo bimodal y se comporta como un río perdedor en relación al acuífero que lo infrayace. Esta condición bimodal permite que la recarga promedio, a partir de una precipitación total anual de 1223.12 mm/año, varíe de 0.0 mm/año a 123 mm/año.

2.1.6 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.

Inicialmente, en el área de estudio se instalaron, en el año 2017, 8 piezómetros para monitorear el nivel freático; de estos puntos, 3 se encuentran dentro del predio Gibraltar. Posteriormente en el año 2018 se perforan 15 puntos, de los cuales 12 son piezómetros y 3 pozos para el monitoreo de gas. En las siguientes figuras y tablas se puede observar la ubicación de los 20 piezómetros más la posición del nivel freático y lixiviados.

Figura 20. Ubicación de los puntos de monitoreo del nivel freático y lixiviados.



Fuente: SDA, 2021.

Tabla 12. Nivel freático.

Pozo	N(m)	E(m)	Nivel (m)
PM1	1004630.19	988657.48	7.00
PM13	1005033.54	988496.17	10.63
PM14	1005373.90	988322.18	9.77
PM1S	1005598.36	988321.26	5.00
PM3S	1005330.48	989217.06	3.96
PM5S	1004447.64	988200.74	3.24
PM6S	1004677.51	987862.11	5.28
PM7S	1005187.52	987930.85	5.69

Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

Tabla 13. Nivel lixiviado.

Pozo	N(m)	E(m)	Nivel lixiviado (m)
------	------	------	---------------------

PM 2	1004725.00	988891.80	1.58
PM 3	1004892.40	988720.90	2.48
PM 4	1004813.40	988463.20	2.58
PM 5	1004992.50	988620.50	2.50
PM 6	1005160.77	988680.17	5.84
PM 7	1005029.80	988401.30	3.58
PM 8	1005217.50	988503.10	3.59
PM 9	1005330.50	988551.00	10.33
PM 10	1005434.90	988417.00	2.57
PM 11	1005493.50	988504.70	4.83
PM 12	1005281.90	988308.97	2.50
PM 15	1004966.30	988699.90	3.57

Fuente: Radicado No. 2018ER201248 del 29/08/2018.

Es importante resaltar que los puntos que captan el nivel freático presentan un diseño mecánico donde los filtros inician, como mínimo, a partir de los 7.5 m de profundidad como sucede con el piezómetro PM1. Del mismo modo se evidencia que la zona no saturada tiene una profundidad que varía entre un mínimo de 3.24 m a un máximo de 10.63 m, como es el caso del PM13, ubicado en el centro del predio.

Como complemento a lo anterior, se revisa en la base de datos de la SDA los puntos de agua subterránea inventariados y concesionados, que hacen parte de la red de monitoreo, encontrando que no existen pozos, en un radio de por lo menos 2.0 Km del predio, que capten agua subterránea de los paquetes arenosos del acuífero Formación Sabana a una profundidad mínima de 100 m.

En conclusión, los puntos de agua ubicados en el área de estudio permiten caracterizar la dinámica subterránea y ubicación de los lixiviados para un solo escenario de tiempo, como se expone en el modelo hidrogeológico conceptual. Ahora bien, resulta fundamental mencionar que no existe seguimiento al nivel freático en el tiempo, condición que no permite verificar las variaciones de la carga hidráulica en relación a las condiciones de frontera como el Río Bogotá y la recarga.

2.1.7 GEOFÍSICA

Como parte de la prospección geofísica del sitio, la EAAB realizó una tomografía geoeléctrica en el año 2018, esta información se encuentra en el radicado 2019ER104814 del 14/05/2019. La localización de la línea geoeléctrica realizada tiene una dirección N 05° E, con coordenada inicial X:988747 m.E., Y:1005161 m.N., tal como se presenta en la **Figura 21**. La longitud del arreglo es de 336 m y una profundidad de investigación de 35 m. Para realizar la interpretación geológica del modelo de resistividad se tuvieron en cuenta los valores de referencia para diferentes tipos de material litológico.

Figura 21. Localización de la tomografía realizada en el sitio.



Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

A continuación, se presentan algunos aspectos fundamentales para una adecuada interpretación de la información geoelectrica.

- Para realizar una adecuada interpretación de la información geofísica obtenida en campo, es importante definir el comportamiento litoestratigráfico del sitio (este proceso está restringido por la posibilidad de acceder a afloramientos, etc.).
- A partir de los registros litológicos obtenidos de los sondeos exploratorios, se evidencio que la zona se caracteriza por la presencia de una estratificación que tiende a ser plano - paralela continua, lo cual es coherente con el ambiente sedimentario aluvial identificado en el área.

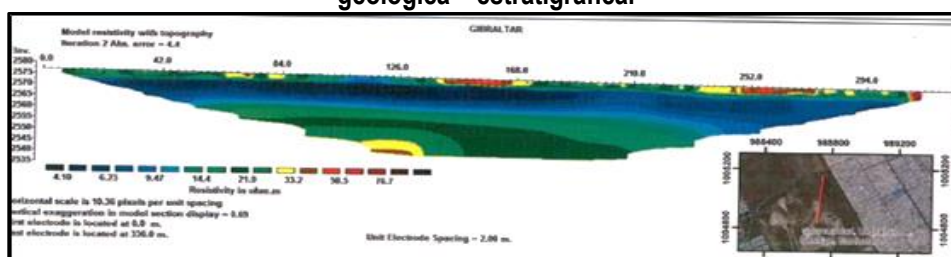
En la **Figura 22** se muestra el modelo de resistividades generado en la tomografía geoelectrica. De acuerdo con el análisis realizado se encuentran cuatro (4) capas, que de techo a base corresponden al suelo arcilloso, con un espesor de 0 – 2.5 m, luego la unidad de basura, cuyo espesor de 9 m, infrayaciendo a esta última se encuentra la capa de arcilla, con un grosor medio aproximado de 5 m y en la base de la sucesión la unidad arenosa.

Tabla 14. Propiedades de los materiales analizados a través de la tomografía.

MATERIAL	ESPESOR (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	0 - 2.5	9.47 - 76.7	Suelo arcilloso
2	2.5 - 11.9	4.10 - 14.4	Relleno de basuras mezclado en matriz arcillosa a limosa
3	11.9 - 18.5	14.4 - 21.9	Arcillas
4	18.5 - 35	21.9 - 48.0	Arenas

Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

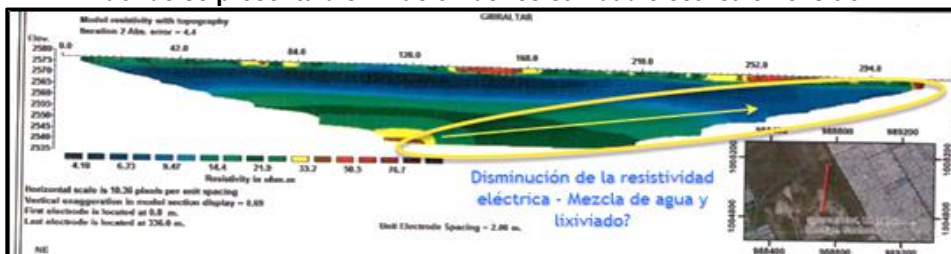
Figura 22. Modelo de resistividades obtenido a través de la tomografía y su respectiva interpretación geológica – estratigráfica.



Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

Por otro lado, como se muestra en la **Figura 23** hacia el noroeste existe una disminución de la resistividad eléctrica, lo cual es un indicio del aumento en la cantidad de iones disueltos en el fluido que se encuentra en el sistema hidrogeológico, este comportamiento puede ser el resultado de la mezcla entre lixiviado y agua subterránea en la unidad arenosa, es importante mencionar que el cambio o contraste en la resistividad se inicia aproximadamente entre los 8 a 12 m de profundidad.

Figura 23. Modelo de resistividades obtenido a través de la tomografía e identificación de la zona y dirección donde se presenta disminución de resistividad eléctrica en el sitio.



Fuente: SDA, 2020, modificado del Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

En síntesis, y de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica a través de la tomografía geoelectrica, se encontró que hacia el noroeste existe una disminución de la resistividad eléctrica, escenario que coincide con las perforaciones exploratorias. Esta información es usada para ajustar el modelo hidrogeológico conceptual.

2.1.8 CALIDAD DEL AGUA

En relación a la calidad del agua, se determina mediante el radicado 2017ER267715 del 29/12/2017, 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017 que, los parámetros Plomo y Cadmio se encuentran por encima de la norma de referencia (Massachusetts de USA) elegida para agua subterránea en los puntos de monitoreo PM1 para cadmio – PM1S, PM3, PM4, PM5 y PM7 para plomo.

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de las muestras de agua subterránea tomadas en el año 2017.

Tabla 15. Resultados de las muestras de agua subterránea.

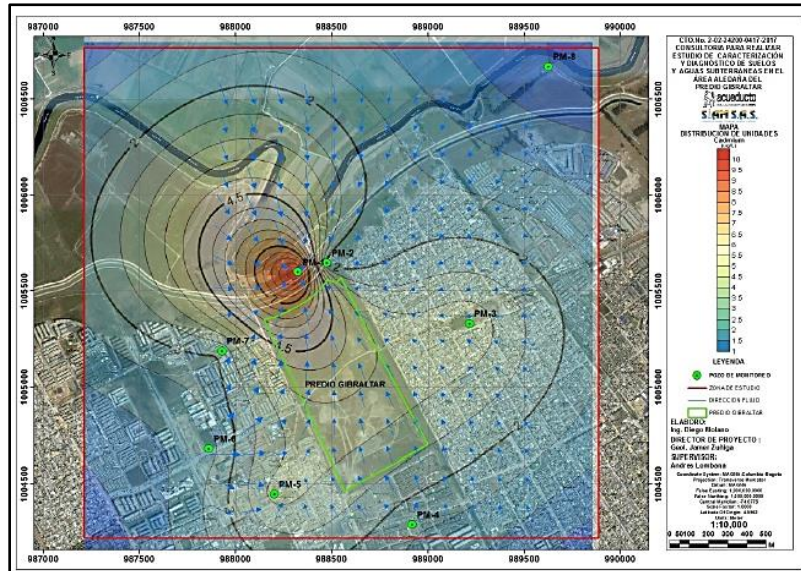
COMPUESTO	Units	Norma Massachusetts GW2	POZO DE MONITOREO PM1	POZO DE MONITOREO PM2	POZO DE MONITOREO PM3	POZO DE MONITOREO PM4	POZO DE MONITOREO PM5	POZO DE MONITOREO PM6	POZO DE MONITOREO PM7	POZO DE MONITOREO PM8
Method: 8260C - Volatile Organic Compounds by GC/MS										
Benzene	ug/L	1000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.3
Ethylbenzene	ug/L	20000	ND	0.62	0.82	ND	ND	0.51	0.51	ND
Acetone	ug/L	50000	ND	ND	ND	ND	11	ND	ND	15
Carbon disulfide	ug/L	10000	0.73	ND	ND	ND	ND	ND	0.58	0.66
Styrene	ug/L	100	ND	ND	1.9	ND	ND	ND	ND	ND
Method: 8270D - Semivolatile Organic Compounds (GC/MS)										
2-Methylnaphthalene	ug/L	2000	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.2
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	ug/L	100	0.46	0.27	ND	ND	ND	0.22	ND	ND
2-Chloronaphthalene	ug/L	100000	0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Nitroaniline	ug/L	100000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	44
4-Nitrophenol	ug/L	10000	ND	ND	ND	ND	ND	7.5	ND	ND
Benzaldehyde	ug/L	10000	ND	ND	ND	ND	ND	0.82	ND	ND
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	ug/L	50000	4	6.3	3.6	50	22	19	35	ND
Caprolactam	ug/L		ND	ND	ND	ND	9.1	ND	ND	ND
Naphthalene	ug/L	700	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	250
Method: 6010C - Metals (ICP)										
Nitrobenzene	ug/L	50000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	93
Method: 7470A - Mercury (CVAA)										
Arsenic	ug/L	900	14	ND	4.1	6.2	5.7	ND	ND	ND
Cadmium	ug/L	4	9.8 M	1.6	3.4	1.6	3.2	1.3	2.1	ND
Chromium	ug/L	300	26	6.6	8.3	27	25	10	15	4.6
Lead	ug/L	10	42 M	7.2	14 M	17 M	10 M	ND	17 M	3
Method: 8015B - Gasoline Range Organics - (GC)										
Mercury	ug/L	20	ND	ND	ND	0.18	0.18	ND	ND	ND
Diesel Range Organics [C10-C28]	ug/L	5000	260	210	210	2800	1500	910	310	2100

M Supera el límite de referencia de la norma Massachusetts

Fuente: Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017.

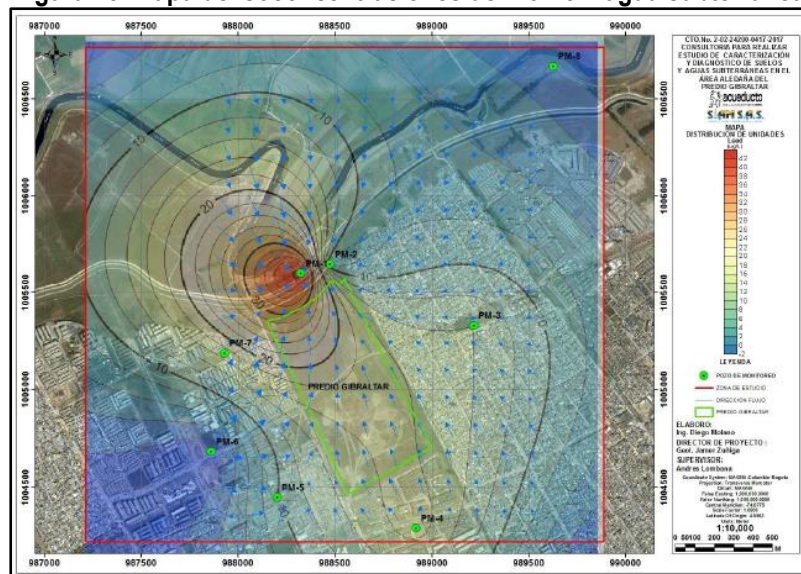
Como complemento a la anterior tabla se puede observar a continuación la distribución de las concentraciones asociadas a cadmio y plomo. Es importante destacar que las máximas concentraciones se acumulan donde convergen las direcciones de flujo.

Figura 24. Mapa de isoconcentraciones de Cadmio – agua subterránea.



Fuente: Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017.

Figura 25. Mapa de isoconcentraciones de Plomo – agua subterránea.



Fuente: Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017.

En conclusión, del análisis de calidad de lixiviados se tiene que efectivamente las aguas subsuperficiales dentro del predio de Gibraltar están compuestas por lixiviados, los cuales se han ido degradando y mineralizando a una tasa más baja que la basura. Esta baja degradación se debe a la condición de confinamiento y a la falta de aireación principalmente. El lixiviado, presenta un alto potencial de contaminación debido a las altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno amoniacal, sales, entre otras sustancias que demanda tratamiento antes de disponerlas o verterlas.

2.1.9 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDRÁULICA

A partir de los piezómetros que captan el nivel freático y lixiviado en el área de estudio se calculan los parámetros hidrodinámicos (conductividad hidráulica) implementando pruebas slug como se describe a continuación:

Tabla 16. Resultados de conductividad hidráulica.

PZ	Cond. Hidráulica (m/día)	Unidad Hidrogeológica	Método de Interpretación	Tipo de Suelo	Tubería ciega (m)	Filtros (m)
PM-1	1.21E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arenas	0.0-7.5	7,5-12,0
PM-2	7.09E-02	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0-1.2	1.2-4.2
PM-3	3.06E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0-7.2 y 11.7-13.2	7.2-11.7
PM-4	1.79E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0-4.3	4.3-8.8
PM-5	1.97E-02	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0- 6.0	6.0-10.5
PM-6	8.81E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0-7.3	7.3-11.8
PM-7	7.26E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0-5.8 y 11.8-13.3	5.8-11.8
PM-8	6.08E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos	0.0 -4.4	4.4-10.4

Fuente: Adaptado de los Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017.

Teniendo en cuenta el registro litológico y estado mecánico de los puntos de monitoreo se puede concluir que la conductividad hidráulica de las arcillas y los residuos sólidos varía entre 1.79E-01 a 7.09E-02 m/día. La única prueba ejecutada en arenas es en el piezómetro PM-1 con un valor de 1.21E-01 m/día.

2.1.10 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL-MHC.

A modo general, para realizar un análisis de riesgo en un área contaminada, es necesario el MHC para la evaluación, caracterización y potencial restauración del sitio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2008). Por este motivo y según lo anterior, el MHC en el presente informe busca describir la dinámica subterránea con el objetivo de identificar, antes de las simulaciones numéricas, los posibles receptores naturales y de exposición humana. De esta manera y con la anterior información se estructura el MHC.

Así las cosas, el predio Gibraltar está ubicado sobre una capa continua de arcillas y limos con una profundidad de máximo 14 m en el sector occidental; suelos finos con un alto contenido de humedad en comparación con suelos

arenosos, que disminuyen su espesor a medida que se acercan al canal Cundinamarca. Bajo esta capa conformada por finos se encuentran suelos de composición principalmente arenosa con algunas intercalaciones de finos.

Es importante resaltar que las arcillas tienden a disminuir su espesor a medida que se acercan al Río Bogotá, conectando el lecho del río con arenas del Depósito Aluvial. De igual forma, es importante a mencionar que hacia el sector Nor-Este, donde están ubicados los piezómetros PM 6, PM 9 y PM 11, la capa de arcilla desaparece (**Figura 33**), poniendo en contacto las arenas con los residuos sólidos. En la siguiente figura se observa donde se pinchan las arcillas que suprayacen a las arenas.

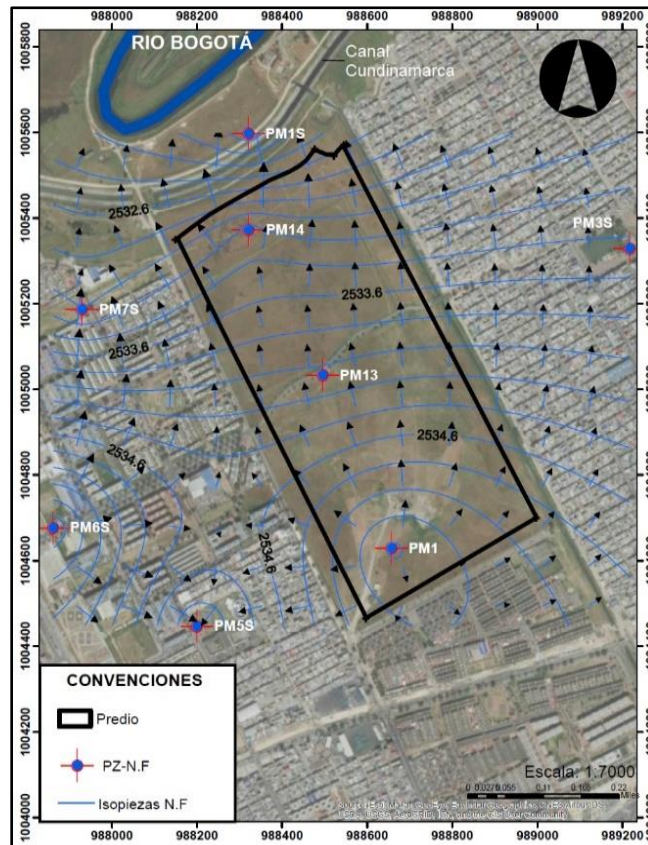
Figura 26. Distribución real donde no existe la unidad arcilla sello-Predio Gibraltar.



Fuente: Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019.

En relación con la dinámica subterránea se determina que, a partir del nivel freático medido en 8 piezómetros, el flujo del agua subterránea presenta una dirección Norte-Noroeste, es decir hacia el río Bogotá, el cual se comporta como afluente, ya que recibe agua subterránea del acuífero que lo infrayace. En la siguiente figura, se puede observar las líneas equipotenciales y las direcciones de flujo del agua subterránea del área de estudio.

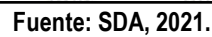
Figura 27. Equipotenciales y direcciones de flujo del agua subterránea.



Fuente: SDA, 2021.

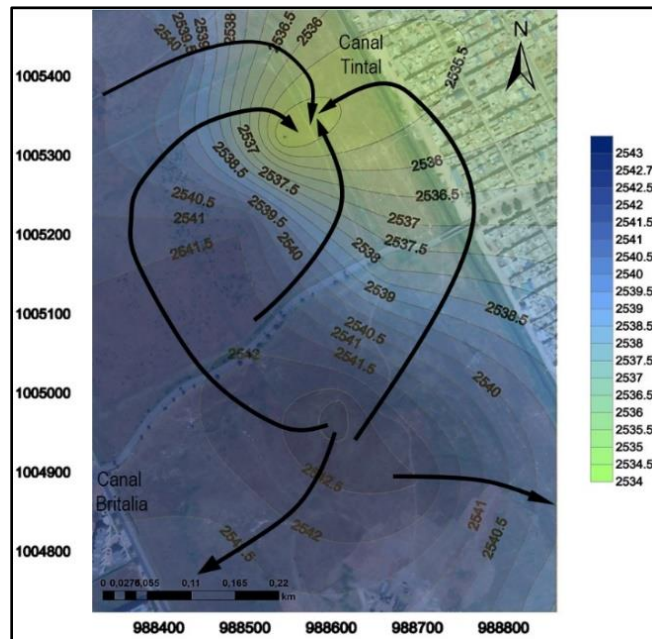
Ahora bien, en el predio se encuentran depositados residuos sólidos que aumentan la topografía, modificando en las primeras capas las direcciones de flujo y almacenando lixiviados, que se dispersan en el nivel freático. Así las cosas y teniendo en cuenta la **Tabla 16**, se realiza el mapa de isopiezas de los lixiviados como se observa la siguiente figura.

Figura 28. Equipotenciales y direcciones de flujo del lixiviados.



En la siguiente figura se resumen los vectores de flujo del lixiviado ubicado en el montículo de residuos.

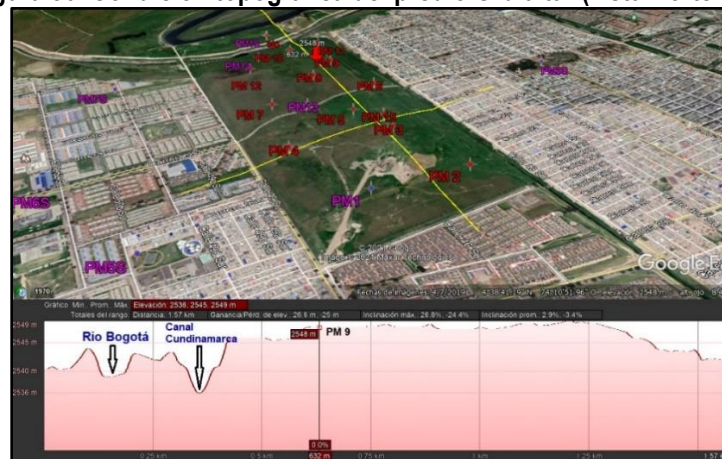




Fuente: SDA, 2021.

Como complemento a lo anterior, se construyen dos (2) perfiles, donde se puede evidenciar que los residuos depositados generan un cambio en la topografía que condiciona el flujo de los lixiviados. Los perfiles con dirección Norte-Sur y Este-Oeste se pueden observar en las siguientes figuras.

Figura 30. Condición topográfica del predio Gibraltar (vista Norte-Sur).



Fuente: SDA, 2021.

Figura 31. Condición topográfica del predio Gibraltar (vista Este-Oeste).



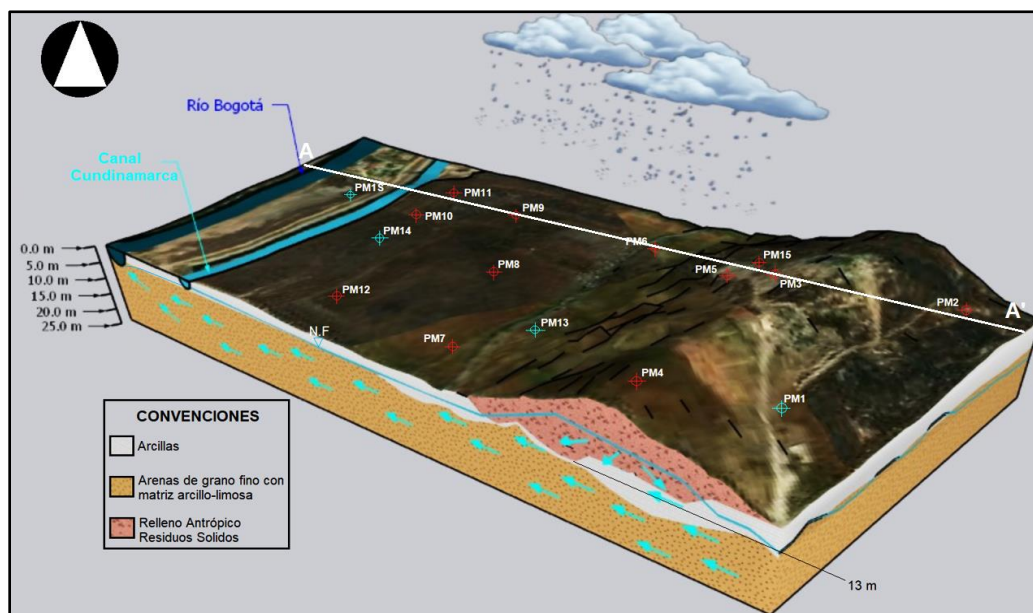
Fuente: SDA, 2021.

A partir de la anterior información, se puede determinar que el nivel freático se encuentra en el contacto entre las arenas de grano fino y las arcillas, aumentando las cargas hidráulicas hacia el Río Bogotá, con una velocidad promedio de 0.121 m/día (**Figura 32**). Cabe aclarar que las condiciones de frontera de flujo, en el área de estudio, están conformadas por el Río Bogotá y la recarga generada por precipitación; sin embargo, existen canales perimetrales que rodean el predio y están anclados a 6.0 m de profundidad, restringiendo la migración del contaminante en la zona no saturada.

Ahora bien, se debe aclarar que, de acuerdo con el capítulo de calidad del agua, se resume que los lixiviados que conforman la pluma de contaminación ya migraron en dirección al río Bogotá, afectando el agua subterránea con concentraciones de cadmio, hierro y plomo por encima de la norma, como se detecta en el piezómetro PM1S. Esto, se debe posiblemente al tiempo de residencia de los residuos y a que estos se encuentran en contacto directo con las arenas (**Figura 30**).

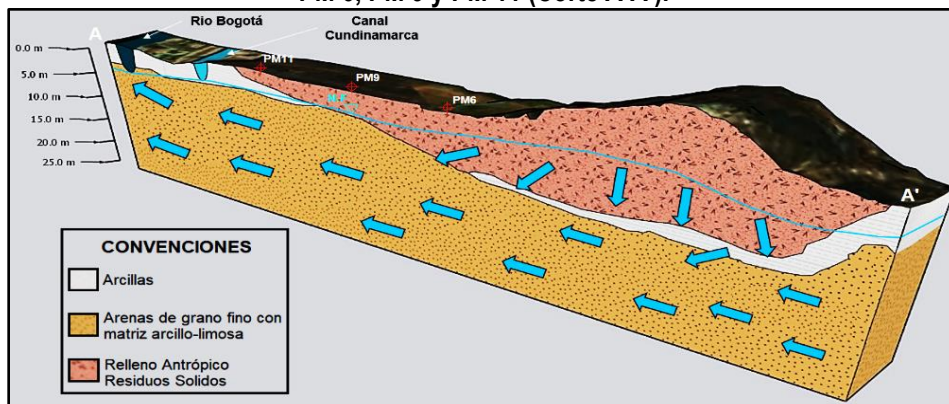
En la siguiente figura se resumen las anteriores consideraciones mediante un bloque diagrama y un corte Sur-Norte que representa el modelo hidrogeológico conceptual.

Figura 32. Modelo Hidrogeológico Conceptual-MHC.



Fuente: SDA, 2021.

Figura 33. Dinámica de flujo en el contacto entre los residuos y las arenas en el sector de los piezómetros PM 6, PM 9 y PM 11 (Corte A-A').



Fuente: SDA, 2021.

En conclusión, con la información analizada, la SDA determina que los residuos sólidos ubicados en el predio Gibraltar están contaminando el agua subterránea. Los lixiviados generados impregnan tanto la zona no saturada como la zona saturada migrando hacia el Norte – Noroeste, es decir hacia el río Bogotá. Por este motivo, es de vital importancia

mantener una red de monitoreo del recurso hídrico subterráneo en las diferentes etapas de desarrollo de construcción del parque.

2.2 CLIMATOLOGÍA

Acorde con la información presentada por medio del radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 se tuvieron en cuenta para las variables climatológicas identificadas las siguientes estaciones meteorológicas.

Tabla 17. Estaciones Meteorológicas.

Nombre	Código	Tipo	Localidad Municipio	Coordenadas*		Altitud (msnm)	Datos Disponibles
				Latitud	Longitud		
TIBAITATA	21205420	AM	Madrid	85.407,97	110.530,52	2543	1954 - 2016
AEROPUERTO EL DORADO	21505790	SP	Fontibón (Bogotá D.C.)	91.882,55	112.097,34	2547	1972 - 2016

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

- Temperatura

En cuanto a la variable temperatura se indica en el documento evaluado que las más altas temperaturas se registran en los meses de enero y mayo con valores que oscilan entre los 13,2 °C y 14,2 °C.

- Precipitación

Se señala que para los meses de abril y octubre se presentan precipitaciones de 113,6 mm y 110,2 mm, altas comparadas con las registradas en enero y julio con valores de 30,5 mm y 44.5 mm.

- Humedad Relativa

Con relación al régimen de humedad relativa se menciona que el valor máximo es de 84% en noviembre y mínimo de 78% en julio.

- Evaporación

En cuanto al comportamiento de la evaporación, dicho parámetro fluctúa entre 1063,4 mm y 103,7 mm

- Nubosidad

Con respecto a la nubosidad se indica que para el predio Gibraltar se entre 4 octas y 8 octas

- Brillo Solar

El brillo solar tiene valores promedio de 132,4 horas a 135,7 horas, presentándose dos épocas de gran intensidad de brillo solar en los meses de junio, julio y agosto y diciembre y enero.

- Velocidad y Dirección del viento

De acuerdo con la información reportada, la dirección predominante del viento es al noreste y con rangos de 1,6 m/s a 3,3 m/s

Con referencia a la zonificación climática se tomó en cuenta las variables meteorológicas más importantes para la caracterización de un ecosistema, los cuales son la temperatura y la precipitación, acorde con la clasificación del IDEAM e IGAC, se señala que el predio se clasifica como Clima Frio Muy Seco.

2.3 HIDROLOGÍA

2.3.1 MÉTODOS Y MATERIALES

2.3.1.1 Balance hídrico mensual

A partir de los datos de precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP) se puede conocer el balance de agua a lo largo de un año, a nivel mensual. Dentro de un balance se considera que el total de agua que ingresa al sistema deber ser igual a la sumatoria de las salidas más la diferencia entre los almacenamientos final e inicial. De esta manera, la siguiente ecuación representa el balance en un suelo con vegetación :

$$P = ET - E - I - VR \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde ET es la evapotranspiración real, E es escorrentía, I infiltración, VR es la variación de la reserva, dada por la diferencia entre $R_i - R_{i-1}$, donde R_i es la reserva final y R_{i-1} es la reserva inicial o del mes anterior.

El método del paso directo propuesto por Thornthwaite y Matter (1955) estipula que en condiciones de déficit de precipitación, se consume agua almacenada (o reservada) en el suelo a una tasa proporcional, suficiente para abastecer la demanda de la ETP, hasta agotar esta reserva.

Dentro del método mencionado en el párrafo anterior existen otras variables relacionadas con las entradas, salidas y almacenamientos del balance, como son el déficit (D) y el exceso (Ex), que también serán descritas, enfatizando las características necesarias para su aplicación según el método. La siguiente descripción se realiza con base en el documento Índice de Disponibilidad Hídrica (2006) del IDEAM (IDEAM, 2006).

2.3.1.2 Precipitación

Esta variable se debe obtener de las estaciones climatológicas que dispongan de una serie larga de datos igual o superior a 30 años. Los valores pueden tabularse a nivel mensual. Esta información es obtenida de los registros pluviométricos diarios locales o cercanos al área, que nos permitan asumir los mismos valores para la zona estudiada. Es importante resaltar que se definieron tres balances para el año más húmedo, el más seco y un promedio mensual

multianual. Los años de los dos primeros balances fueron seleccionados con base al valor total anual de la precipitación.

2.3.1.3 Evapotranspiración potencial

La evaporación de una superficie extendida de un cultivo verde corto que sombrea completamente el suelo ejerce poca o insignificante resistencia al flujo de agua y siempre está bien abastecido de agua. Esta variable se puede obtener a partir de los evapotranspirómetros o calculándolo por las diferentes fórmulas empíricas para los períodos escogidos de la precipitación. En este caso se empleará modelo ETP propuesto por Hargreaves y Samani (1985) que depende de datos de temperatura (T) y de Radiación Solar extraterrestre (R_0).

$$ETP = 0.0023(T_{med} + 17.78)R_0(T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde ETP es la evapotranspiración potencial diaria, mm/día, T_{med} temperatura media diaria, °C, R_0 es la Radiación solar extraterrestre, en mm/día, T_{max} temperatura diaria máxima y T_{min} temperatura diaria mínima.

Los datos de R_0 fueron obtenidos de las tablas desarrolladas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en inglés *FAO*) y que están relacionadas en la referencia (Allen et al., 1998).

2.3.1.4 Variación de la reserva en el suelo (VR)

De acuerdo con el balance entre P y ETP se puede tomar un periodo como seco ($P - ETP < 0$) o húmedo ($P - ETP > 0$) dependiendo si la diferencia es negativa o positiva. Cuando en un periodo se produzcan más entradas que salidas, es decir $P > ETP$ el agua sobrante pasará a engrosar las reservas del suelo. Si las salidas son mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo.

Por otra parte, frente a la máxima capacidad de retención de agua se genera un “exceso” que se puede perder por infiltración o por infiltración profunda. De acuerdo con esto se incluye en el balance el termino de “reserva máxima” (R_m) o cantidad de agua por unidad de superficie en milímetros que el suelo es capaz de almacenar en su perfil.

2.3.1.5 Capacidad de almacenamiento de agua del suelo ($R_{máx}$)

Es la cantidad de agua aprovechable por las plantas que puede almacenar el suelo, y depende fundamentalmente de la textura del suelo y de su profundidad. Por lo general, el valor más usado en estudios de drenaje es de 100 mm, pero se puede adoptar 50 mm si se trata de suelos con baja capacidad de almacenamiento y volúmenes bajos de precipitación ó 150 mm si predominan los suelos profundos con excedentes de agua a lo largo del año (IDEAM, 2016). Para este caso fue seleccionado una $R_{máx}$ de 100 mm.

2.3.1.6 Ecuaciones del balance hídrico a escala mensual

A nivel mensual los balances se calculan utilizando como aportes los valores probables de precipitación, considerando solo dichos aportes de agua. Las demandas siempre estarán representadas por la ETP. Las pérdidas en el almacenamiento de agua del suelo se calculan a una tasa proporcional, dependiendo de la fracción de agua almacenada en el suelo. A continuación, se muestran las ecuaciones para el cálculo del balance para el periodo "i":

$$VR_i = (ETP_i - P_i)R_{i-1}/(R_{max} + (ETP_i - P_i)/2)$$

Ecuación 3.

$$R_i = R_{i+1} - VR_i$$

Ecuación 4.

$$ET_i = P_i + VR_i \text{ cuando } P_i < ETP_i$$

Ecuación 5.

$$D_i = ETP_i - ET_i$$

Ecuación 6.

$$Ex_i = R_{i-1} + (P_i - ETP_i)$$

Ecuación 7.

$$Dre_i = f * (Dre_{i-1} - Ex_i)$$

Ecuación 8.

Escorrentía (Dre), f = factor de drenaje $f = 0.5$

$$IDH = \left(ET + 0.25 * \frac{Ex}{ETP} \right) * 100$$

Ecuación 9.

Índice de Disponibilidad Hídrica

$$Inf = P_i - ET_i - Dre_i$$

$$\text{cuando } P_i > ETP_i \text{ y } (R_{i-1} + P_i) > (ETP_i + R_{max})$$

Ecuación 10.

Infiltración (Inf)

2.3.1.7 Datos de entrada en el balance hídrico

La búsqueda de las estaciones climatológicas cercanas al predio Gibraltar, y con información disponible a nivel diario (mínimo un registro de 30 años) de precipitación y temperatura, se realizó en la plataforma DHIME y en el catálogo de estaciones del IDEAM. La estación sinóptica llamada Aeropuerto El Dorado (21205790) cumple los aspectos antes mencionados, y se localiza en la localidad de Fontibón, Bogotá a una altitud de 2547 msnm. Esta estación cuenta con datos desde el año 1972 en el caso de la variable P y para la T desde el año 1977 y finalizan su periodo de registros en el año 2016.

2.3.2 HIDROLOGÍA GIBALTAR

Se destaca la cuenca media del Río Bogotá y la cuenca El Tintal al interior del perímetro urbano (Tabla 18).

Tabla 18. Cuencas Hidrográficas predio Gibraltar

IDEAM 2013			Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 190 de 2004)		
Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Cuenca	Jurisdicción	Ordenamiento
Magdalena Cauca (2)	Alto Magdalena (21)	Rio Bogotá (2120)*	Canal El Tintal	Cuenca Urbana jurisdicción SDA	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Rio Bogotá, (Res. 3194 de noviembre 23 de 2006)

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

Se presenta en el Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019, los resultados del modelo hidráulico (HEC-RAS) de la entrega del canal Tintal II al canal Cundinamarca, donde se estima la lámina de agua generada por caudales a diferentes periodos de retorno.

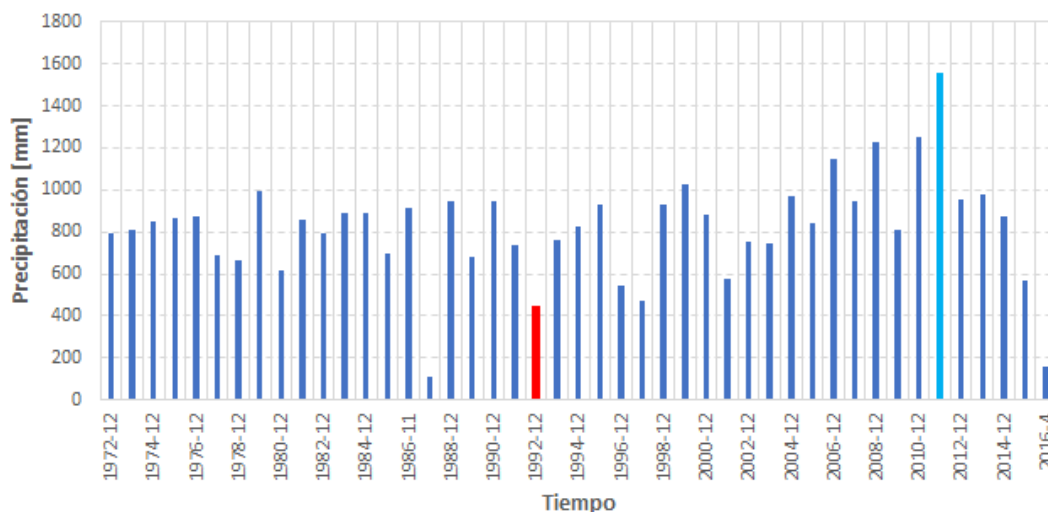
Tabla 19. Resultados modelación Hidráulica Canal Tintal II

Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude Chl
Tr 3	8.200	2534,400	2539,941	2539,941	0,000001	0,043	210,859	81,840
Tr 5	11.100	2534,400	2539,941	2539,941	0,000001	0,058	210,883	81,857
Tr 10	15.200	2534,400	2539,942	2539,943	0,000002	0,079	211,006	81,944
Tr 25	20.800	2534,400	2539,944	2539,945	0,000004	0,108	211,151	82,048
Tr 50	25.000	2534,400	2539,946	2539,947	0,000006	0,130	211,298	82,153
Tr 100	29.400	2534,400	2539,949	2539,950	0,000009	0,153	211,543	82,326

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

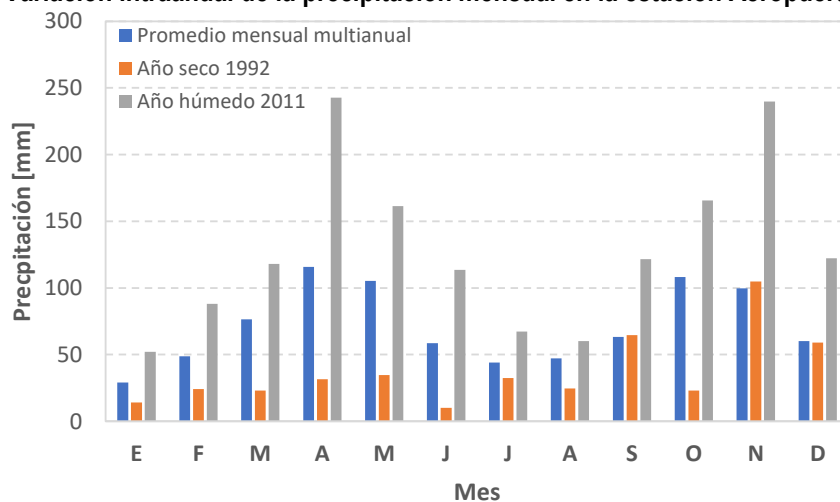
Con base en los datos diarios de P fueron calculados los totales anuales que se presenta en la Figura 4. Es importante resaltar que en el eje horizontal de la gráfica aparecen los años del periodo de análisis y separado con un guion la cantidad de meses con datos usados en el cálculo. Por otra parte, la barra de color azul corresponde al año más húmedo del periodo de análisis (2011, $P = 1552.90 \text{ mm año}^{-1}$) y la barra de color rojo el año seco (1992, $P = 445.90 \text{ mm año}^{-1}$). Finalmente, el valor promedio de P total anual fue $856.38 \text{ mm año}^{-1}$.

Figura 34. Precipitación total anual desde el año 1979 al 2016 en la estación Aeropuerto El Dorado



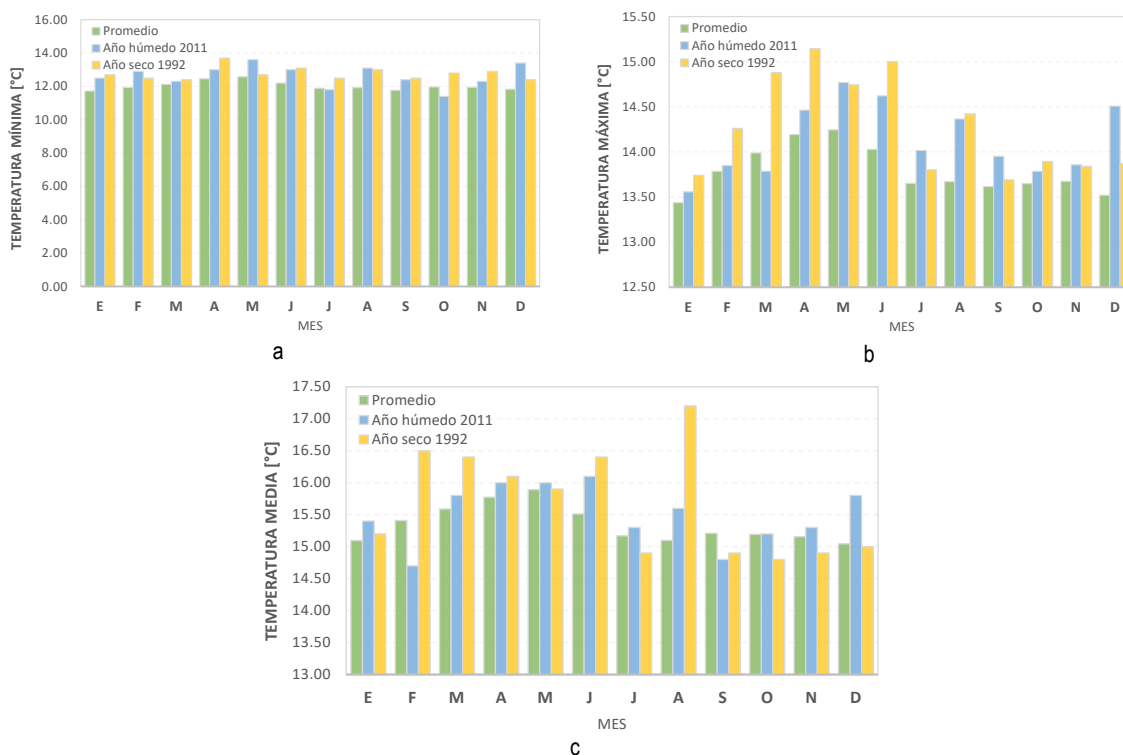
A partir de la selección de los tres periodos de análisis, se presenta en la Figura , la variación intraanual de la P. En general se observan dos momentos del año donde predominan la condición húmeda en los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre. Durante estos meses en el periodo húmedo la P presentó valores superiores a 240 mm mes^{-1} , mientras que en el periodo seco no superaron los 110 mm mes^{-1} . Las condiciones secas que predominan en los meses de junio a agosto con valores de P entre 10 mm mes^{-1} a 113 mm mes^{-1} que corresponden al periodo más seco y húmedo, respectivamente.

Figura 35. Variación intraanual de la precipitación mensual en la estación Aeropuerto El Dorado



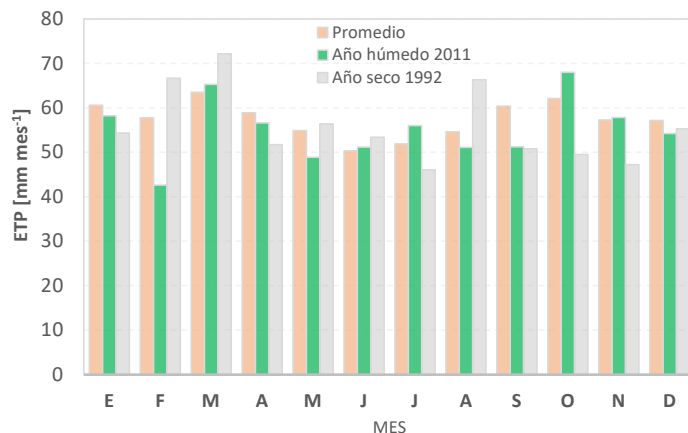
A partir de los datos diarios de T desde el año 1979 hasta el año 2016 fue calculado el valor medio multianual, como se muestra en la Figura c. De otra parte, con la misma información fue calculado para cada mes en los periodos seco y húmedo las temperaturas media, máxima y mínima necesarias para el cálculo de la ETP por medio del modelo de Hargreaves y Samani (1985). Con respecto a la dinámica de la T mínima se observó que sus valores oscilaron entre 11 °C y menores a 14 °C (ver Figura a). Frente a la T máxima se observó un rango mucho más amplio, ya que sus valores en los tres periodos de análisis fueron superiores a 13.25 °C y menores a 15.25 °C. Cabe resaltar que las temperaturas más altas se presentaron durante los meses de marzo a junio de 1992 (ver Figura b) y que las más bajas no se presentaron en el año húmedo sino caracterizaron el año promedio (barras de color verde).

Figura 36. Temperaturas promedio, máxima y mínima mensual para los tres periodos de análisis en la estación Aeropuerto El Dorado



Con base en los datos de temperatura, fue calculada la ETP de cada periodo y sus resultados son presentados en la Figura . En cinco de los doce meses del año los valores de ETP del periodo seco fueron superiores a los otros dos periodos y se presentan en el primer semestre del año. La ETP del periodo promedio osciló entre 50 y 64 mm mes⁻¹ donde los valores más altos se presentaron en los meses húmedos.

Figura 37. ETP mensual en la estación Aeropuerto El Dorado para los tres periodos de análisis



2.3.2.1 Cálculo del balance

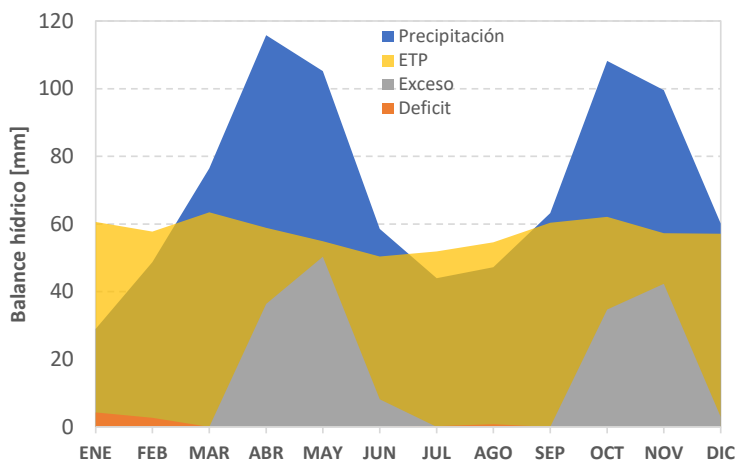
En las siguientes tres tablas se presentan los resultados del balance hídrico a escala mensual para cada uno de los periodos evaluados. Las filas de color azul son las variables principales que se usan en el cálculo de las demás variables del balance (filas de color amarillo) y en color gris se calcula si el periodo fue Seco (S) o Húmedo (H).

En la condición promedio, se evidenció que se genera un exceso (Ex) cuando la P es superior a 60 mm mes⁻¹ y que el déficit hídrico es inferior a 5 mm mes⁻¹ durante los meses secos, como se muestra en la Tabla y la Figura . Por otra parte, la infiltración en los meses húmedos no superó el 30 % de la precipitación total mensual (por ejemplo, el mes de abril).

Tabla 20. Balance hídrico para el año promedio en la estación Aeropuerto El Dorado

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P	29.06	48.76	76.50	115.80	105.25	58.59	44.01	47.25	63.25	108.21	99.59	60.12
ETP	60.60	57.77	63.50	58.87	54.91	50.37	51.92	54.63	60.40	62.15	57.30	57.17
P - ETP	-31.54	-9.01	13.00	56.93	50.34	8.22	-7.91	-7.38	2.85	46.07	42.29	2.95
PERIODO	S	S	H	H	H	H	S	S	H	H	H	H
R	72.76	66.49	79.48	100.00	100.00	100.00	92.39	85.81	88.67	100.00	100.00	100.00
VR	27.24	6.27	0.00	0.00	0.00	0.00	7.61	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00
ET	56.30	55.03	63.50	58.87	54.91	50.37	51.62	53.82	60.40	62.15	57.30	57.17
D	4.30	2.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	36.41	50.34	8.22	0.00	0.00	0.00	34.73	42.29	2.95
Dre	8.36	4.18	2.09	19.25	34.80	21.51	10.75	5.38	2.69	18.71	30.50	16.72
IDH	92.91	95.26	100.00	115.46	122.92	104.08	99.42	98.53	100.00	113.97	118.45	101.29
Inf	0.00	0.00	10.91	37.68	15.55	0.00	0.00	0.00	0.16	27.36	11.79	0.00

Figura 38. Déficit y exceso en el balance hídrico mensual del año promedio en la estación Aeropuerto El Dorado

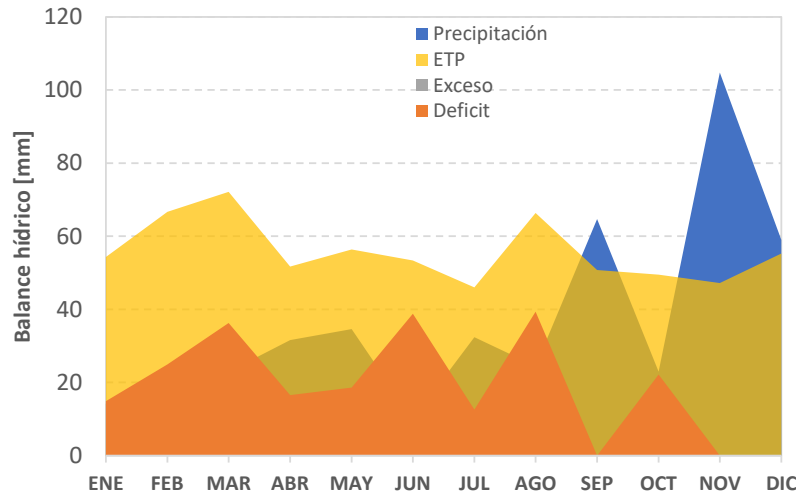


En el año de 1992 donde se presentó la condición más seca conforme a la menor cantidad de precipitación en el periodo de estudio, se caracterizó por presentar déficits en promedio de 18 mm mes⁻¹ y cero excesos a lo largo del año, incluso en la condición más húmeda de ese año ocurrió en los meses de noviembre y diciembre (ver Tabla y Figura). Al respecto, como consecuencia de la reducción de la P la cantidad de agua en suelo se redujo y por lo tanto la P de noviembre y diciembre se infiltra sin generar excesos, ya que no supera el $R_{\text{máx}}$ de 100 mm.

Tabla 21. Balance hídrico para el año seco (1992) en la estación Aeropuerto El Dorado

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P	14.20	24.10	23.00	31.60	34.60	10.00	32.40	24.50	64.70	23.00	104.80	59.00
ETP	54.37	66.68	72.19	51.73	56.42	53.41	46.04	66.35	50.80	49.50	47.21	55.31
P - ETP	-40.17	-42.58	-49.19	-20.13	-21.82	-43.41	-13.64	-41.85	13.90	-26.50	57.59	3.69
PERIODO	S	S	S	S	S	S	S	S	H	S	H	H
R	50.30	32.64	19.75	16.14	12.96	8.34	7.27	4.76	18.66	14.29	71.89	75.58
VR	25.28	17.66	12.89	3.61	3.18	4.62	1.07	2.52	0.00	4.37	0.00	0.00
ET	39.48	41.76	35.89	35.21	37.78	14.62	33.47	27.02	50.80	27.37	47.21	55.31
D	14.89	24.92	36.30	16.52	18.64	38.79	12.58	39.33	0.00	22.14	0.00	0.00
Ex	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IDH	72.62	62.62	49.71	68.07	66.95	27.38	72.68	40.72	100.00	55.28	100.00	100.00
Inf	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.90	0.00	57.59	3.69

Figura 39. Déficit y exceso en el balance hídrico mensual del año seco (1992) en la estación Aeropuerto El Dorado

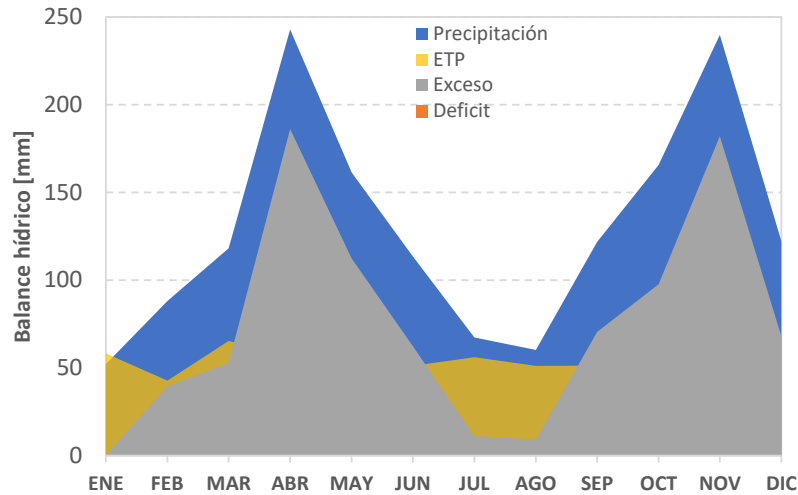


Finalmente, en el periodo más húmedo (año 2011) se evidenciaron los mayores excesos que ocurrieron durante los meses de abril y noviembre (superior a 180 mm mes⁻¹). De forma opuesta al periodo seco, el déficit durante todo el periodo húmedo fue igual a cero mm mes⁻¹ como secuencia de las precipitaciones que se generaron durante todo el año, como se puede observar en la Figura . El periodo seco se caracterizó por presentar infiltraciones de mayor magnitud durante los meses de abril y noviembre, con respecto a los otros meses y a los otros periodos de análisis.

Tabla 22. Balance hídrico para el año húmedo (2011) en la estación Aeropuerto El Dorado

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P	52.10	88.00	118.10	242.80	161.30	113.50	67.20	60.20	121.70	165.60	239.80	122.30
ETP	58.21	42.63	65.27	56.65	48.89	51.17	55.99	51.10	51.22	68.00	57.85	54.21
P - ETP	-6.11	45.37	52.83	186.15	112.41	62.33	11.21	9.10	70.48	97.60	181.95	68.09
PERIODO	S	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
R	94.07	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
VR	5.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ET	58.03	42.63	65.27	56.65	48.89	51.17	55.99	51.10	51.22	68.00	57.85	54.21
D	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ex	0.00	39.44	52.83	186.15	112.41	62.33	11.21	9.10	70.48	97.60	181.95	68.09
Dre	48.99	44.21	48.52	117.34	114.87	88.60	49.91	29.50	49.99	73.80	127.87	97.98
IDH	99.69	123.13	120.24	182.15	157.47	130.45	105.01	104.45	134.40	135.88	178.63	131.40
Inf	0.00	1.16	4.31	68.81	0.00	0.00	0.00	0.00	20.49	23.80	54.08	0.00

Figura 40. Déficit y exceso en el balance hídrico mensual del año húmedo (2011) en la estación Aeropuerto El Dorado



2.4 PERFORACIONES, INSTALACIÓN DE POZOS DE MONITOREO, MONITOREO DE NIVELES, NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA

Entre el 28 de septiembre y el 24 de octubre de 2018, la EAAB registra las actividades de perforación relacionadas en el Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019 Producto No 1, en las cuales fueron instalados en el predio de interés 25 pozos para el monitoreo de lixiviados, aguas subterránea y gas divididos de la siguiente manera:

- 12 pozos de monitoreo de lixiviados.
- 3 pozos de monitoreo de agua subterránea
- 10 pozos de monitoreo de gas.

En la Figura 41 se presenta la ubicación de cada uno de los pozos instalados.

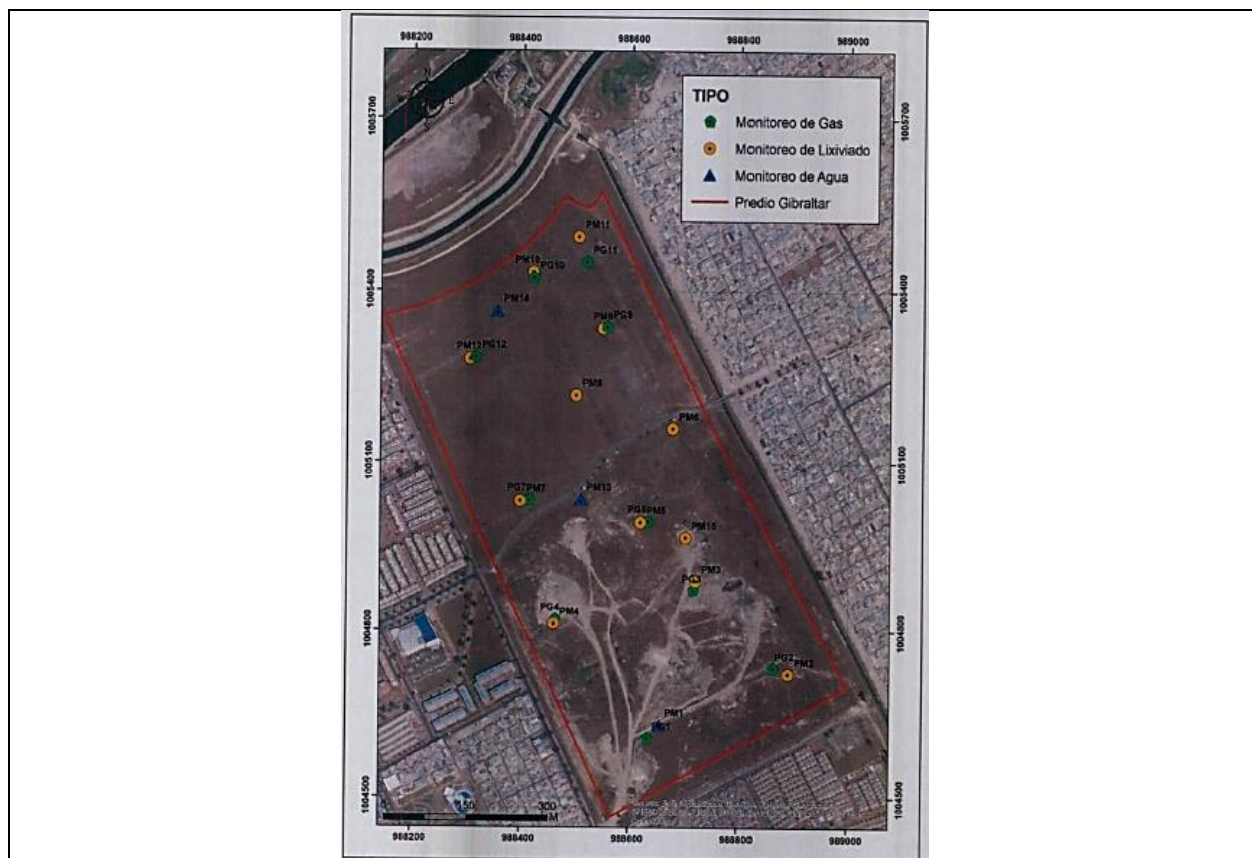


Figura 41. Ubicación pozos de lixiviados, agua subterránea y gas
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Las actividades de perforación asociadas a la construcción de los distintos pozos de monitoreo (agua, lixiviados y gas) fueron realizadas de forma mecánica con equipo geoprobe (modelo 6620DT), mediante métodos de empuje directo (DPS) y/o barrenos huecos (Hollow Stem Auger).

En la siguiente tabla se presentan las características de construcción de los pozos, teniendo en cuenta el objetivo de cada uno. Se realizó instalación de tubería ranurada (filtro) hasta la capa de arcilla identificada posterior al relleno antrópico (basuras) para el monitoreo de lixiviados y colocación de filtro posterior a esta arcilla en los pozos de agua subterránea.

Tabla 23. Características de diseño pozos de monitoreo lixiviados y agua subterránea

Pozo	Tipo de monitoreo	Tubería (pulg)	Profundidad entubada (m)	Tubería ciega (m)	Filtros (m)	Zona grava (m)	Zona bentonita (m)
PM1	Agua	2	12	0,0-7,5	7,5-12,0	2,0-12,5	0,3-2,0

Pozo	Tipo de monitoreo	Tubería (pulg)	Profundidad entubada (m)	Tubería ciega (m)	Filtros (m)	Zona grava (m)	Zona bentonita (m)
PM2	Lixiviado	2	4,5	0,0-1,2	1,2-4,2	0,9-4,5	0,3-0,9
PM3	Lixiviado	2	13,5	0,0-7,2 y 11,7-13,2	7,2-11,7	2,0-13,5	0,3-2,0
PM4	Lixiviado	2	9	0,0-4,3	4,3-8,8	1,2-9,0	0,3-9,0
PM5	Lixiviado	2	10,5	0,0-6,0	6,0-10,5	3,0-11,0	0,3-3,0
PM6	Lixiviado	2	12	0,0-7,3	7,3-11,8	1,2-12,5	0,3-1,2
PM7	Lixiviado	2	13,5	0,0-5,8 y 11,8-13,3	5,8-11,8	1,2-14,0	0,3-1,2
PM8	Lixiviado	2	10,5	0,0-4,4	4,4-10,4	1,5-11,0	0,3-1,5
PM9	Lixiviado	2	12	0,0-5,8 y 10,3-11,8	5,8-10,3	1,2-12,0	0,3-1,2
PM10	Lixiviado	2	9	0,0-2,8 y 7,3-8,8	2,8-7,3	1,2-9,0	0,3-1,2
PM11	Lixiviado	2	9	0,0-4,3	4,3-8,8	1,2-9,0	0,3-1,2
PM12	Lixiviado	2	12	0,0-5,7 y 10,2-11,7	5,7-10,2	1,2-12,0	0,3-1,2
PM13	Agua	2	13	0,0-9,7	9,7-12,7	9,7-13,0	0,3-9,7
PM14	Agua	2	12	0,0-9,0	9,0-12,0	9,0-12,5	0,3-9,0
PM15	Lixiviado	2	10,5	0,0-6,0	6,0-10,5	0,5-11,0	0,3-0,5

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Cabe señalar que durante la perforación del pozo PM-1 (pozo de agua subterránea) no se evidenció presencia de residuos, por lo cual se diseñó a partir de nivel freático identificado en este punto.

Durante las perforaciones de pozos de lixiviados fueron recuperadas muestras en tramos de 1,50 metros mediante liners, llevando a cabo descripción litológica de estas. Así mismo, al realizar ampliación de los pozos con barrenos, se recolectaron muestras cada 0.5 m para medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Igualmente se lleva a cabo descripción litológica en las perforaciones correspondientes a pozos de monitoreo de agua subterránea. En los anexos 5 y 6 del documento remitido se presentan columnas litológicas levantadas en campo y estados mecánicos de pozos construidos.

Los pozos de monitoreo de gas fueron construidos en tubería de PVC de 1/2" a profundidades de 4 m, tomando como referencia la norma ASTM D7663-12. Los filtros, son perforaciones circulares de 2 mm realizadas con taladro en las tuberías. Se instalaron manómetros en cada uno.

Tabla 24. Características de diseño pozos de monitoreo de gas

Pozo	Tubería (pulg)	Profundidad (m)	Tubería ciega (m)	Filtros (m)	Zona grava (m)	Zona bentonita (m)
PG1	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG2	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG3	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG4	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG5	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG6	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG7	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG8	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5
PG9	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5

Pozo	Tubería (pulg)	Profundidad (m)	Tubería ciega (m)	Filtros (m)	Zona grava (m)	Zona bentonita (m)
PG10	1/2	4	0,0-0,3	0,3-4,0	0,5-4,0	0,0-0,5

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Para la determinación de las características hidráulicas de los acuíferos presentes en el predio Gibraltar, se llevaron a cabo 12 pruebas slug, 11 en pozos de monitoreo de lixiviado y 1 en el PM1 para agua subterránea. Por otro lado, se realizó seguimiento a niveles estáticos por alrededor de 35 días consecutivos comenzando el 09/10/2018 a excepción de PM13, PM14 y PM15, los cuales fueron construidos posteriormente, siendo monitoreados por un menor tiempo.

Tabla 25. Niveles promedio y variación máxima nivel de agua

NIVEL	POZO		
	PM 1	PM 13	PM 14
NIVEL PROMERIO	7,00	10,63	9,77
NIVEL MÁXIMO	7,23	11,41	11,00
NIVEL MÍNIMO	6,22	5,82	4,99
VARIACIÓN MÁXIMA NIVEL	1,01	5,59	6,01

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Tabla 26. Niveles promedio y variación máxima nivel de lixiviado (pozos instalados)

NIVEL	POZO											
	PM 2	PM 3	PM 4	PM 5	PM 6	PM 7	PM 8	PM 9	PM 10	PM 11	PM 12	PM 15
PROMEDIO	1,58	2,48	2,58	2,50	5,84	3,58	3,59	10,33	2,57	4,83	2,50	3,57
NIVEL MÁXIMO	1,64	2,74	2,63	2,58	6,60	3,63	3,65	11,50	2,66	4,86	2,56	3,73
NIVEL MÍNIMO	1,48	2,24	2,42	2,41	5,70	3,35	3,40	10,23	2,21	4,78	2,46	3,46
VARIACIÓN NIVELES	0,16	0,50	0,21	0,17	0,90	0,28	0,25	1,27	0,45	0,08	0,10	0,27

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

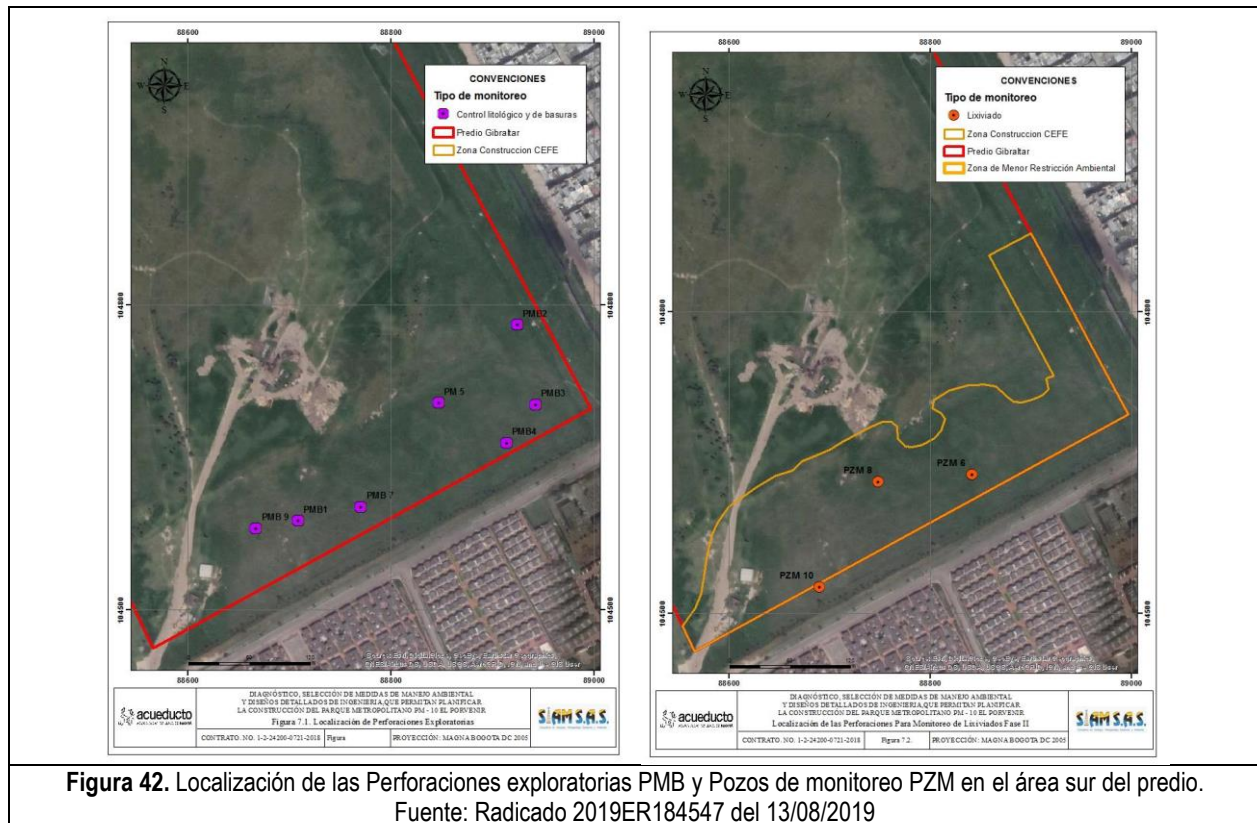
Se ejecutaron tareas de nivelación topográfica, obteniendo coordenadas y cotas de los pozos de monitoreo construidos (agua subterránea, lixiviados y gas) con un equipo GPS RTK S9III Plus marca Stonex, que incluye dos antenas RTK.

Las actividades de perforación e instalación de pozos de monitoreo de lixiviados, agua subterránea y gas, así como las pruebas slug, contaron con acompañamiento por parte de profesionales de la Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo (SRHS) de la SDA, de acuerdo a lo descrito en el Informe Técnico 0162 del 31 de enero de 2019.

2.4.1 Perforaciones exploratorias y construcción de Pozos, en el Área sur del predio. Producto 4 Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019.

Mediante documento remitido Producto 4 Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019, en el cual se presenta la valoración geotécnica – ambiental en el área sur del predio, la EAAB reportó la ejecución de actividades de perforación y levantamiento en campo en el mes de marzo de 2019, las cuales fueron acompañadas por funcionarios de la SDA.

Dentro de los trabajos realizados se reporta la ejecución de siete (7) perforaciones exploratorias identificadas como PMB y la construcción de tres (3) pozos de monitoreo de lixiviado reconocidas como PZM. Su ubicación espacial se presenta en la Figura 42.



Se realizó la perforación y construcción de cuatro (4) piezómetros con una profundidad de cuatro metros identificados como PMG para el monitoreo de gas en el área sur del predio. Su ubicación espacial se presenta en la Figura 43.

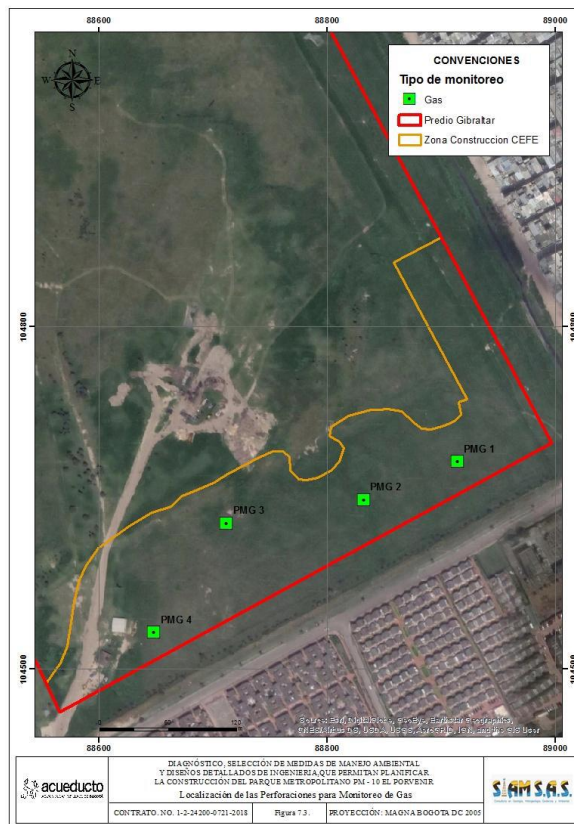


Figura 43. Localización de las Perforaciones exploratorias y pozos de monitoreo de Gas PMG en el área sur del predio.

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

Las actividades de perforación asociadas a la construcción de los pozos de monitoreo (gas y agua), fueron realizados de forma mecánica con equipo geoprobe (modelo 6620DT), mediante métodos de empuje directo (DPS) y/o barrenos huecos (HSA).

Durante las perforaciones exploratorias fueron recuperadas muestras, en tramos de 1,5 m mediante liners, realizando la descripción litológica. Así mismo durante la ampliación de las perforaciones para la instalación de los pozos, cada 0,5 m se midieron concentraciones de COV, descripción litológica y gases LEL, H₂S, O₂ y CO, mediante un equipo calibrado para tal fin, cuyos certificados de acreditación se encuentran anexos al radicado del Producto 4. En los documentos remitidos en el Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019, se presentan las columnas litológicas levantadas en campo y los estados mecánicos de los pozos, así como el registro de COV y gases.

En las siguientes tablas, se presentan las características de construcción de los pozos de monitoreo de gas y de lixiviados, teniendo en cuenta que estos últimos fueron perforados e instalados con tubería ranurada hasta la arcilla identificada posterior a la capa de relleno antrópico.

Tabla 27. Características de diseño pozos de monitoreo de lixiviados

ID Piezómetro	Tipo de monitoreo	Ø Entubado (")	Prof. perforación (m)	Prof. entubado (m)	Tubería ciega (m)	Filtros (m)	Zona de grava (m)	Zona de bentonita (m)
PZM 6	Lixiviado	2	6	6	0 - 3	3 - 6	1 - 6	0,3 - 1
PZM 8	Lixiviado	2	6	6	0 - 3	3 - 6	1 - 6	0,3 - 1
PZM 10	Lixiviado	2	6	6	0 - 3	3 - 6	1 - 6	0,3 - 1

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

Tabla 28. Características de diseño pozos de monitoreo de gas

ID PIEZÓMETRO	Ø Entubado (")	PROF. PERFORACIÓN (m)	PROF. ENTUBADO (m)	TUBERÍA CIEGA (m)	FILTROS (m)	ZONA DE GRAVA (m)	ZONA DE BENTONITA (m)
PMG 1	½	4	4	0,0 – 0,3	0,3 – 4,0	0,5 – 4,0	0,0 – 0,5
PMG 2	½	4	4	0,0 – 0,3	0,3 – 4,0	0,5 – 4,0	0,0 – 0,5
PMG 3	½	4	4	0,0 – 0,3	0,3 – 4,0	0,5 – 4,0	0,0 – 0,5
PMG 4	½	4	4	0,0 – 0,3	0,3 – 4,0	0,5 – 4,0	0,0 – 0,5

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

Para determinar las características hidráulicas del acuífero antrópico en el área sur del predio se realizaron 2 pruebas SLUG en los pozos de monitoreo de lixiviado denominados PZM6 y PZM10. Por otro lado, se hizo el registro el seguimiento de niveles estáticos a los pozos de monitoreo de lixiviados por siete (7) días desde el 15 hasta el 28 de marzo de 2019 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 29. Registro niveles de fluido

NIVELES DE FLUIDO POZOS DE MONITOREO								
POZO DE MONITOREO	FECHA							NIVEL PROMEDIO
	15/03/2019	16/03/2019	18/03/2019	21/03/2019	22/03/2019	27/03/2019	28/03/2019	
PZM 6	1,38	1,36	1,36	1,37	1,4	1,4	1,36	1,38
PZM 8	4,79	5,24	5,47	5,01	5,72	5,79	5,8	5,40
PZM 10	4,82	4,78	5,21	4,65	4,46	3,88	4,62	4,63

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

2.4.2 Pruebas de Pulso (Slug)

Con relación a la determinación del valor de la conductividad hidráulica, en el radicado 2019ER104814 del 14/05/2019 se presenta información de doce (12) pruebas de pulso realizadas en el año 2018 en los pozos instalados dentro del predio, las cuales muestran las propiedades hidráulicas de la unidad donde se encuentra el lixiviado, así como ocho (8) pruebas ejecutadas en los pozos ubicados fuera del sitio, según el Radicado 2017ER267715 15/12/2017, donde se evalúan las características del acuífero somero. Adicionalmente en el área sur del predio se realizaron dos (2) pruebas en los pozos identificados como PZM6 y PZM10. En las tablas que se presentan a continuación, se muestran los valores de conductividad hidráulica calculados por la EAAB y en las figuras se muestran tres ejemplos del resultado gráfico de la interpretación realizada inicialmente para las pruebas dentro y fuera del sitio.

Para verificar la calidad de la información registrada en campo se tuvo en cuenta dos aspectos, el primero es el porcentaje de recuperación del nivel dinámico con relación estático el cual debe estar por encima del 90% y en segundo lugar que el volumen de agua desplazado sea como mínimo un 10% del volumen de la sección de monitoreo.

En la **Tabla** se presentan los valores del nivel de recuperación del nivel freático para cada una de las pruebas, donde se comprueba que la totalidad de las pruebas recupero más del 90% o está muy cerca; en la **Tabla** la relación entre el porcentaje desplazado de la columna de agua para cada uno de los pozos de monitoreo tenidos en cuenta. Se encontró que, con excepción de los pozos PM9, PZM10 y PM8*, los demás presentan un desplazamiento inferior al 10%. Aunque los criterios de calidad definidos anteriormente son un marco de referencia, también se tuvo en cuenta que los valores calculados de K sean coherentes con el tipo de litología.

Tabla 30. Relación entre cada pozo y el grado de recuperación del nivel freático.

Pozo	Prof. Nivel Estático (m)	Prof. Nivel dinámico final (m)	Diferencia nivel (m)	Recuperación (%)
PM-1	7.228	7.265	0.037	99.745
PM-2	1.716	1.718	0.002	99.942
PM-3	2.442	2.446	0.004	99.918
PM-4	2.776	2.779	0.003	99.946
PM-5	2.564	2.573	0.009	99.825
PM-6	6.062	6.068	0.006	99.951
PM-7	3.741	3.742	0.001	99.987
PM-8	3.734	3.736	0.002	99.973
PM-9	10.453	10.540	0.087	99.586
PM-10	2.735	2.740	0.005	99.909
PM-11	5.000	5.010	0.010	99.900
PM-12	2.400	2.410	0.010	99.792
PZM10	4.550	4.900	0.350	96.296
PM-1*	5.490	5.550	0.060	99.457
PM-2*	2.95	3.02	0.07	98.827
PM-3*	3.98	4.09	0.11	98.637
PM-4*	3.97	4.02	0.05	99.374
PM-5*	3.28	3.4	0.12	98.204
PM-6*	5.3	5.42	0.12	98.881

Pozo	Prof. Nivel Estático (m)	Prof. Nivel dinámico final (m)	Diferencia nivel (m)	Recuperación (%)
PM-7*	5.69	5.87	0.18	98.443
PM-8*	2.15	2.74	0.59	87.935

*Pozos por fuera del predio 2017

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

Tabla 31. Relación entre cada pozo y el porcentaje de desplazamiento de la columna de agua.

Pozo	Prof. Nivel Estático (m)	Prof. Nivel dinámico Inicial (m)	Profundidad del pozo (m)	Columna agua estática (m)	Desplazamiento columna de agua mínimo - 10% (m)	Columna agua dinámica inicial (m)	Diferencia Columnas de agua (m)	Desplazamiento columna de agua (%)
PM-1	7.228	7.555	12.000	4.772	0.477	4.445	0.327	6.852
PM-2	1.716	1.776	4.400	2.684	0.268	2.624	0.060	2.235
PM-3	2.442	2.474	13.500	11.058	1.106	11.026	0.032	0.289
PM-4	2.776	2.804	9.000	6.224	0.622	6.196	0.028	0.450
PM-5	2.564	2.590	10.700	8.136	0.814	8.110	0.026	0.320
PM-6	6.062	6.102	12.000	5.938	0.594	5.898	0.040	0.674
PM-7	3.741	3.771	13.500	9.759	0.976	9.729	0.030	0.307
PM-8	3.734	3.755	10.600	6.866	0.687	6.845	0.021	0.306
PM-9	10.453	10.904	12.000	1.547	0.155	1.096	0.451	29.153
PM-10	2.735	2.780	9.000	6.265	0.627	6.220	0.045	0.718
PM-11	5.000	5.100	9.000	4.000	0.400	3.900	0.100	2.500
PM-12	2.400	2.470	11.800	9.400	0.940	9.330	0.070	0.745
PZM10	4.550	5.012	6.500	1.950	0.195	1.488	0.462	23.692
PM-1*	5.490	5.550	7.500	2.010	0.201	1.950	0.060	2.985
PM-2*	2.950	3.020	6.000	3.050	0.305	2.980	0.070	2.295
PM-3*	3.980	4.090	7.500	3.520	0.352	3.410	0.110	3.125
PM-4*	3.970	4.020	7.500	3.530	0.353	3.480	0.050	1.416
PM-5*	3.280	3.400	7.500	4.220	0.422	4.100	0.120	2.844
PM-6*	5.300	5.420	7.500	2.200	0.220	2.080	0.120	5.455
PM-7*	5.690	5.870	7.500	1.810	0.181	1.630	0.180	9.945
PM-8*	2.150	2.740	7.500	5.350	0.535	4.760	0.590	11.028

*Pozos por fuera del predio 2017

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y No.2019ER180582 de 09/08/2019

Para realizar la verificación de la información la SDA realizó el cálculo de las pruebas de pulso para los pozos que captan agua de la unidad Aqc, PM1, PM7* y PM8* y los pozos PM9 y PM5 que captan lixiviado de la capa de basura. En las siguientes figuras se presentan los resultados gráficos y valor de K para cada prueba de pulso tenida en cuenta.

El método utilizado por esta autoridad para el cálculo de K en las pruebas a validar es el de Hvorslev. En las interpretaciones se realizó el ajuste a la segunda línea de tendencia que mostró el comportamiento del abatimiento estandarizado, de tal manera que se ajustó el modelo a la respuesta hidráulica de la unidad hidrogeológica y no del filtro de grava.

En la siguiente tabla se presentan los valores de K calculados y el tipo de material con el que se correlacionan para cada una de las pruebas analizadas. Los valores de conductividad hidráulica para la unidad acuífera Aqc se encuentra en promedio alrededor de 1 m/d, valor que se correlaciona con arenas medias a finas y para la unidad de basura, K tiende a 3.7E-02, que se correlaciona con una porosidad típica de un material limo-arcilloso.

Tabla 32. Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan, para cada una de las pruebas de pulso analizadas.

Pozo	K (m/d)	Tipo de material al que se correlaciona
PM1	3.84E-02	Limo - arcilla
PM7*	1.40 E+00	Arenas medias - Finas
PM8*	7.04E-01	Arenas medias - Finas
PM5	2.51E-02	Limo - arcilla
PM9	4.95E-02	Limo - arcilla

**Pozos por fuera del predio 2017*

Fuente: SDA., 2020 modificado de Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y 2019ER180582 de 09/08/2019

En las siguientes Figuras se presenta el resultado grafico de la interpretación de cada una de las pruebas de pulso analizadas por la SDA.

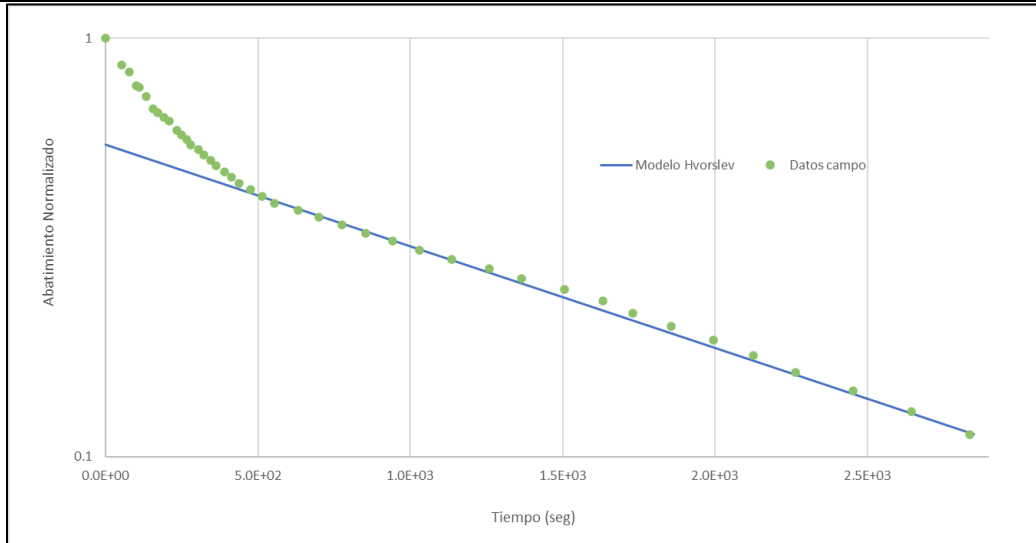


Figura 44. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM1. $K = 3.84E-02$ m/d
 Fuente: SDA, 2020

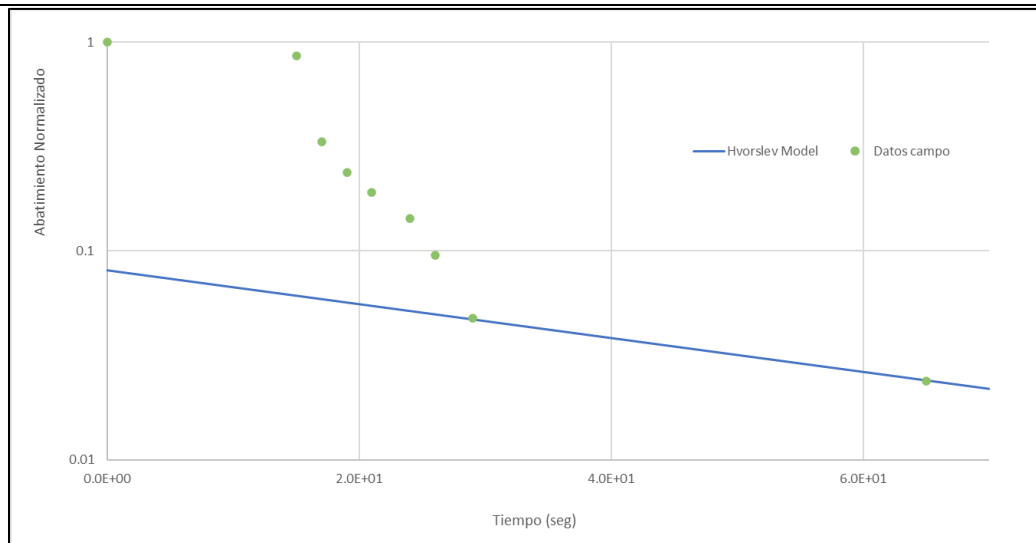


Figura 45. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM7*. $K = 1.40$ E+00 m/d
 Fuente: SDA, 2020

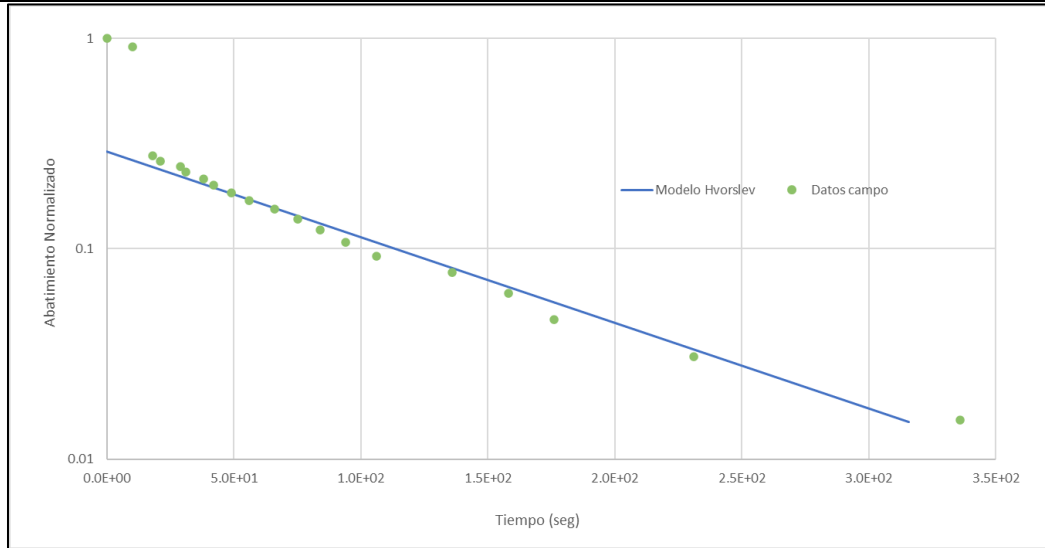


Figura 46. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM8*. $K = 7.04E-01$ m/d
 Fuente: SDA, 2020

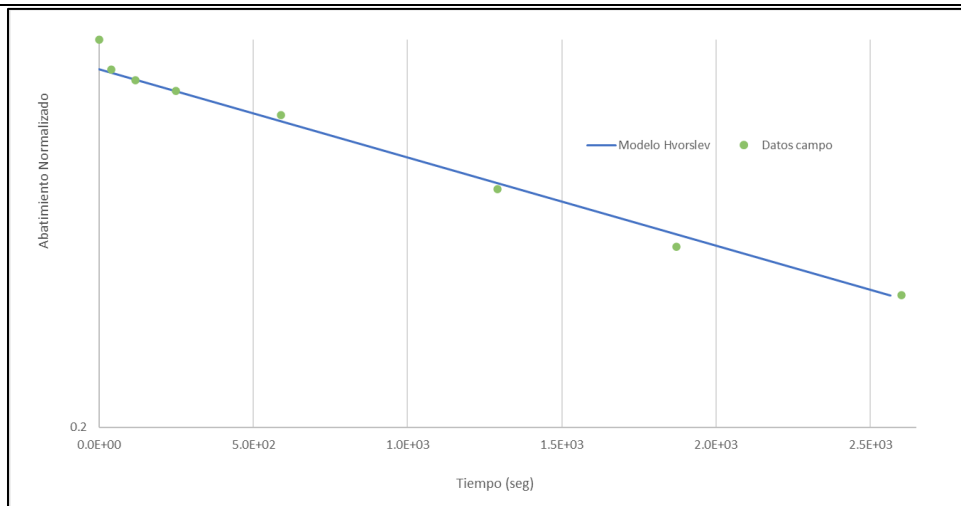
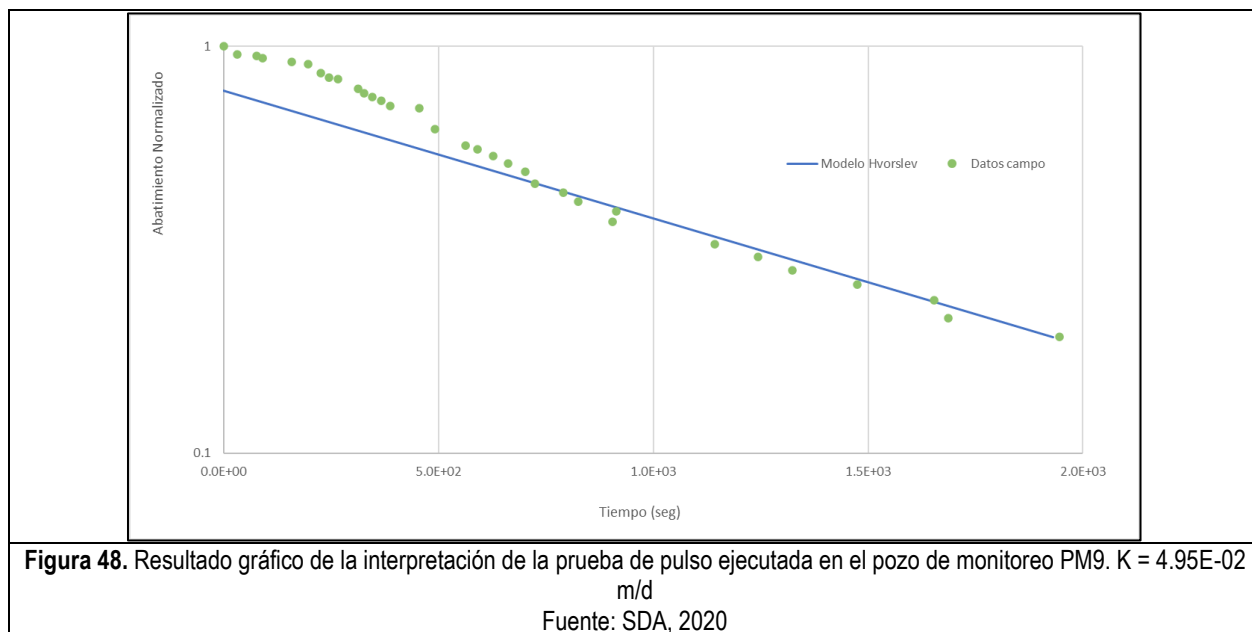


Figura 47. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM5. $K = 2.51E-02$ m/d
 Fuente: SDA, 2020



Los valores son correlacionables con la litología identificada en el sitio, para la capa de arenas se tiene ordenes de magnitud entre 0 a -1 y para el caso de la capa de basura -1 a -2 (se correlaciona con material limo-arcilloso – arenas finas – limosas), de acuerdo con Freeze y Cherry, 1979 y Fetter, 2014.

2.5 SUELO

Se cuenta con una caracterización fisicoquímica del suelo del predio, realizada a través de un monitoreo de suelo, en doce puntos en los cuales se efectuó instalación de pozos, recolectando una muestra de la arcilla existente en cada uno de estos sondeos, posterior a la capa de relleno antrópico (basura); a excepción de las perforaciones (PM6, PM9 y PM10) donde se evidenció material arenoso y del punto PM1 donde no se reporta la presencia de residuos durante la perforación (muestra tomada antes de nivel freático en PM1). La siguiente tabla muestra la profundidad a la que se hizo la toma de muestras, al tiempo que la figura 49 muestra la distribución de puntos de muestreo en el predio.

Tabla 33. Profundidades de muestras de suelo colectadas

ID. POZO	PROFUNDIDAD MUESTRA	ID. POZO	PROFUNDIDAD MUESTRA
PM 1	8.0 - 8.35 m	PM 7	14.1 - 14.4 m
PM 2	4.0 - 4,2 m	PM 8	10.4 - 10.6 m
PM 3	12.3 - 12.60 m	PM 9	11.5 - 11.7 m
PM 4	10.1 - 10.3 m	PM 10	8.5 - 8.8 m
PM 5	10.3 - 10.5 m	PM 11	10.0 - 10.3 m
PM 6	12.5 - 12.7 m	PM 12	10.0 - 10.4 m

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

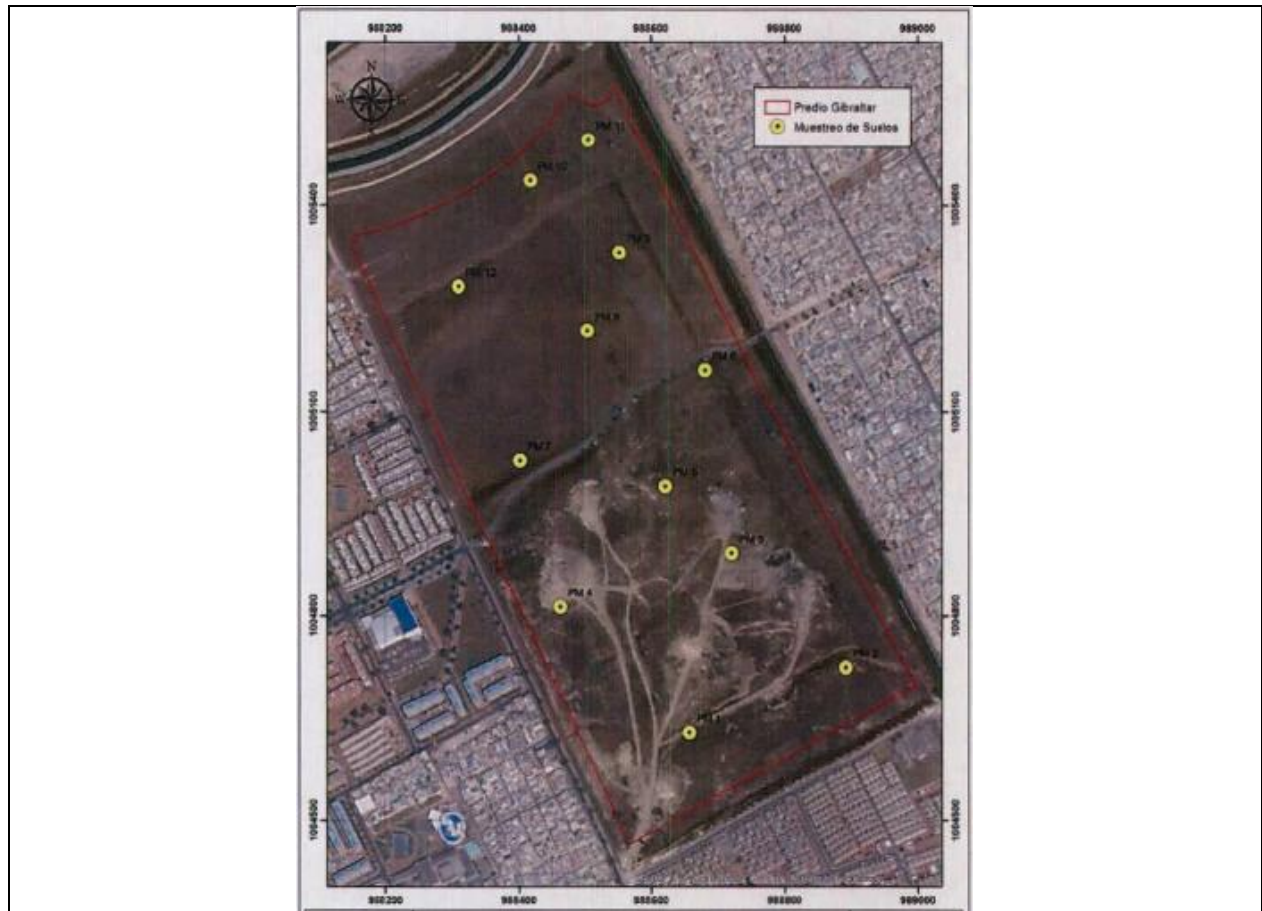
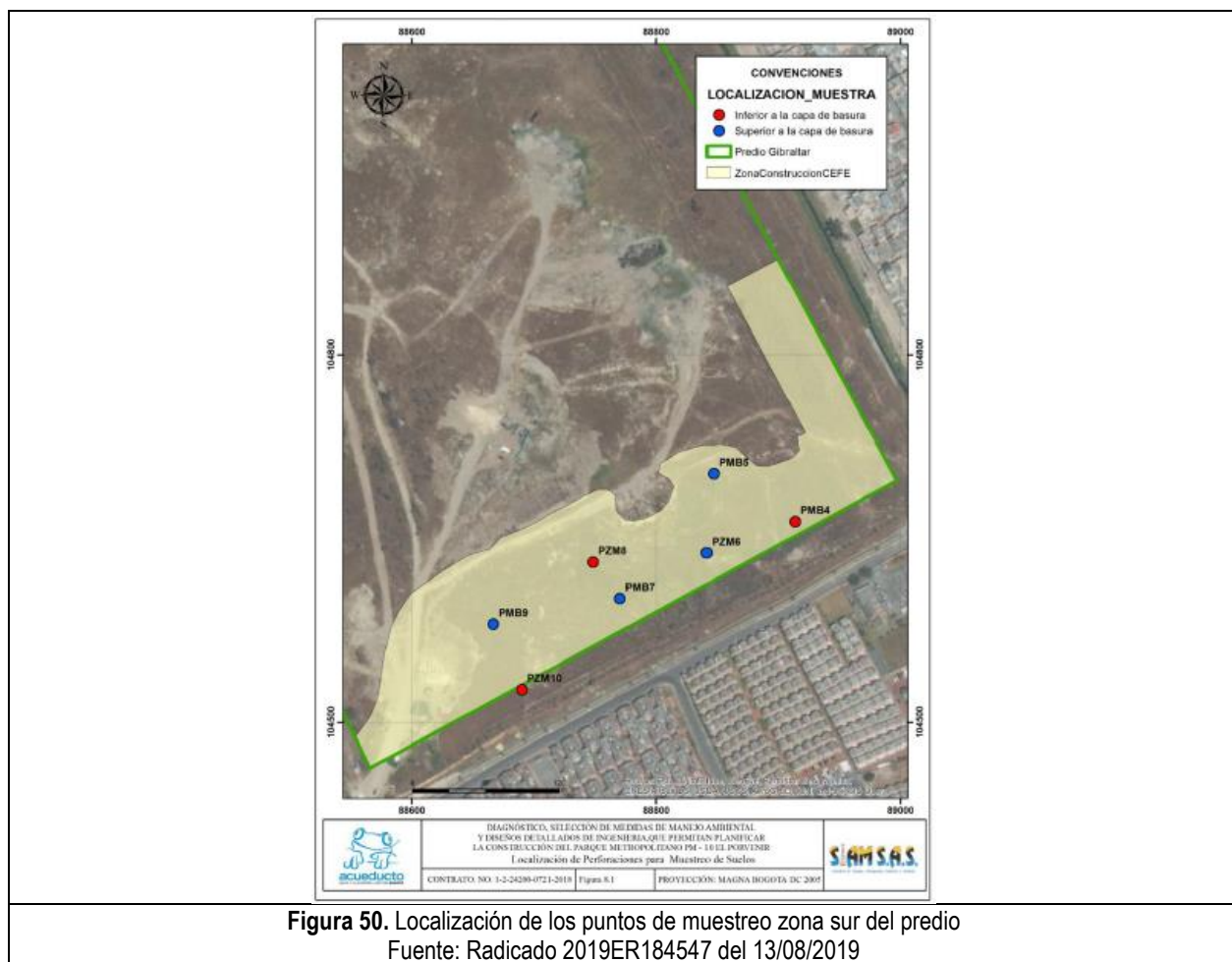


Figura 49. Distribución espacial de puntos de muestreo

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Adicionalmente, se realizaron unas inspecciones complementarias en el costado sur del predio ejecutando cuatro muestras de suelo de la capa que suprayace (por encima) el depósito antrópico y tres muestras de la capa que infrayace (por debajo) el mismo. Su localización se presenta en la siguiente figura:



En las Tablas 34 y 35 se presenta información acerca de parámetros analizados en las muestras de suelo, fechas de muestreo y recepción en laboratorio y reportes generados.

Tabla 34. Información muestras y análisis de laboratorio realizados en suelo

Punto de monitoreo	Parámetros Analizados	Laboratorio encargado análisis	Fecha muestreo	Fecha recepción laboratorio*	No. Reporte
PM1	- Metales (cadmio, cromo, mercurio y plomo) - Arsénico	TestAmerica Pensacola	25/09/2018	03/10/2018	400-160038-1
PM2			26/09/2018		
PM3			25/09/2018		
PM4			28/09/2018		
PM5			27/09/2018		
PM6			29/09/2018		
PM7			30/09/2018	10/10/2018	400-160392-1
PM8			05/10/2018		
PM9			02/10/2018		
PM10			06/10/2018		
PM11			06/10/2018		
PM12			03/10/2018		

* Fecha de recepción en laboratorio responsable de análisis

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Tabla 35. Información muestras de suelo y análisis de laboratorio realizados en el área sur del predio

Punto de monitoreo de suelo	Muestra Suprayace o Infrayace Relleno Basuras	Parámetros Analizados	Fecha muestreo	Fecha recepción laboratorio*	No. Reporte
PMB5	Suprayace	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – PAH	11/03/2019	19/03/2019	400-167488-1
PMB7	Suprayace	Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO)	11/03/2019	19/03/2019	400-167488-2
PMB9	Suprayace	Compuestos Orgánicos Volátiles – COV	11/03/2019	19/03/2019	400-167488-3
PZM6	Suprayace	incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)	11/03/2019	19/03/2019	400-167488-5
PMB4	Infrayace	Compuestos Orgánicos Semi-volátiles-SCOV	12/03/2019	19/03/2019	400-167488-4
PZM8	Infrayace	Metales (Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo)	12/03/2019	19/03/2019	400-167488-6
PZM10	Infrayace	Arsénico	12/03/2019	19/03/2019	400-167488-7

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

Los resultados obtenidos para las muestras de suelo tomadas por debajo de la capa de residuos (relleno antrópico), se relacionan en las Tablas 36, 37 y 38, dando claridad que se listan los parámetros considerados de importancia y aquellos que fueron detectados por el método establecido por el laboratorio.

Tabla 36. Resultados de análisis de laboratorio para las muestras de suelo Capa Inferior PM1 a la PM6 Predio Gibraltar

Punto de Muestreo		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
ID del Laboratorio		400-160 038-1	400-160 038-2	400-160 038-3	400-160 038-4	400-160 038-5	400-160 038-6
Análisis	Unidad	C 25/9/18	C 26/9/18	C 25/9/18	C 28/9/18	C 27/9/18	C 29/9/18
		R 03/10/18	R 03/10/18	R 03/10/18	R 03/10/18	R 03/10/18	R 03/10/18
Arsenic	mg/Kg	0.90	1.5	1.1	11	2.4	13
Cadmium	mg/Kg	0.17	0.32	0.39	0.51	0.17	0.25
Chromium	mg/Kg	15	35	24	20	32	13
Lead	mg/Kg	7.2	16	18	22	20	6.6
Mercury	mg/Kg	0.011	0.056	0.074	0.048	0.061	<0.098

C:d/m/a Fecha de Muestreo

R:d/m/a Fecha recepción Laboratorio

Fuente: 2019ER104814 del 14/05/2019

Tabla 37. Resultados de análisis de laboratorio para las muestras de suelo Capa Inferior PM7 a la PM12 Predio Gibraltar

Punto de Muestreo		PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
ID del Laboratorio		400-160 038-7	400-160 392-1	400-160 392-2	400-160 392-3	400-160 392-4	400-160 392-5
Análisis	Unidad	C 30/9/18	C 10/05/18	C 10/02/18	C 10/06/18	C 10/06/18	C 10/03/18
		R 03/10/18	R 10/10/18	R 10/10/18	R 10/10/18	R 10/10/18	R 10/10/18
Arsenic	mg/Kg	3.1	2.2	<0.42	2.7	1.6	2.3
Cadmium	mg/Kg	0.19	<0.11	0.22	0.77	0.68	0.39
Chromium	mg/Kg	34	20	4.4	31	7.1	19
Lead	mg/Kg	25	16	6.4	15	7.5	13
Mercury	mg/Kg	0.074	0.046	0.011	0.050	0.026	0.063

C:d/m/a Fecha de Muestreo

R:d/m/a Fecha recepción Laboratorio

Fuente: 2019ER104814 del 14/05/2019

Tabla 38. Resultados de análisis de laboratorio para las muestras complementarias de suelo Capa Inferior PMB4, PMB8 y PZM10 Zona sur Predio Gibraltar

Punto de Muestreo		PMB4	PZM8	PZM10
ID del Laboratorio		400-167488-4	400-167488-6	400-167488-7
Análisis	Unidad	C 12/03/19	C 12/03/19	C 12/03/19
		R 19/03/19	R 19/03/19	R 19/03/19
Benzene	mg/Kg	<0.00083	<0.00083	<0.00083
Ethylbenzene	mg/Kg	<0.00076	<0.00076	<0.00076
Toluene	mg/Kg	<0.0012	<0.0012	<0.0012
Xylenes, Total	mg/Kg	<0.0024	<0.0024	0.0037
Arsenic	mg/Kg	2.0	1.7	3.2
Cadmium	mg/Kg	0.50	0.69	0.59
Chromium	mg/Kg	32	27	29
Lead	mg/Kg	13	14	26
Mercury	mg/Kg	0.036	0.030	0.042
Gasoline Range Organics GRO (C6-C10)	mg/Kg	0.080	0.15	<0.060
Diesel Range Organics (C10-C28)	mg/Kg	79	27	80
Benzo[a]pyrene	mg/Kg	<0,039	<0,039	<0,039
Acetone	mg/Kg	0.021	0.071	0.041
Isopropylbenzene	mg/Kg	<0.0010	<0.0010	0.0011
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	mg/Kg	2.0	0.97	1.1

Punto de Muestreo		PMB4	PZM8	PZM10
ID del Laboratorio		400-167488-4	400-167488-6	400-167488-7
Análisis	Unidad	C 12/03/19	C 12/03/19	C 12/03/19
		R 19/03/19	R 19/03/19	R 19/03/19
Di-n-butyl phthalate	mg/Kg	<0,039	0.053	<0,039

C:d/m/a Fecha de Muestreo

R:d/m/a Fecha recepción Laboratorio

Fuente: 2019ER184547 del 13/08/2019

De igual manera, los resultados obtenidos para las muestras de suelo superficial, tomadas en la zona sur del predio Gibraltar, se muestran en la tabla 39.

Tabla 39. Resultados de análisis de laboratorio para las muestras complementarias de suelo Capa Superior PMB5, PMB7, PMB9 y PZM6 Zona sur Predio Gibraltar

Punto de Muestreo		PMB5	PMB7	PMB9	PZM6
ID del Laboratorio		400-167488-1	400-167488-2	400-167488-3	400-167488-5
Análisis	Unidad	C 11/03/19	C 12/03/19	C 12/03/19	C 12/03/19
		R 19/03/19	R 19/03/19	R 19/03/19	R 19/03/19
Benzene	mg/Kg	<0.00083	<0.00083	<0.00083	<0.00083
Ethylbenzene	mg/Kg	<0.00076	<0.00076	<0.00076	<0.00076
Toluene	mg/Kg	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012
Xylenes, Total	mg/Kg	<0.0024	<0.0024	<0.0024	<0.0024
Arsenic	mg/Kg	2.8	4.6	2.2	2.8
Cadmium	mg/Kg	0.4	1.4	0.35	0.50
Chromium	mg/Kg	44	48	25	35
Lead	mg/Kg	21	56	10	15
Mercury	mg/Kg	0.052	0.053	0.032	0.048
Gasoline Range Organics GRO (C6-C10)	mg/Kg	<0.060	<0.060	<0.060	<0.060
Diesel Range Organics (C10-C28)	mg/Kg	44	24	21	29
Benzo[a]pyrene	mg/Kg	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	mg/Kg	0.59	0.1	0.087	0.089
Di-n-butyl phthalate	mg/Kg	0.054	<0.038	<0.038	<0.038

C:d/m/a Fecha de Muestreo

R:d/m/a Fecha recepción Laboratorio

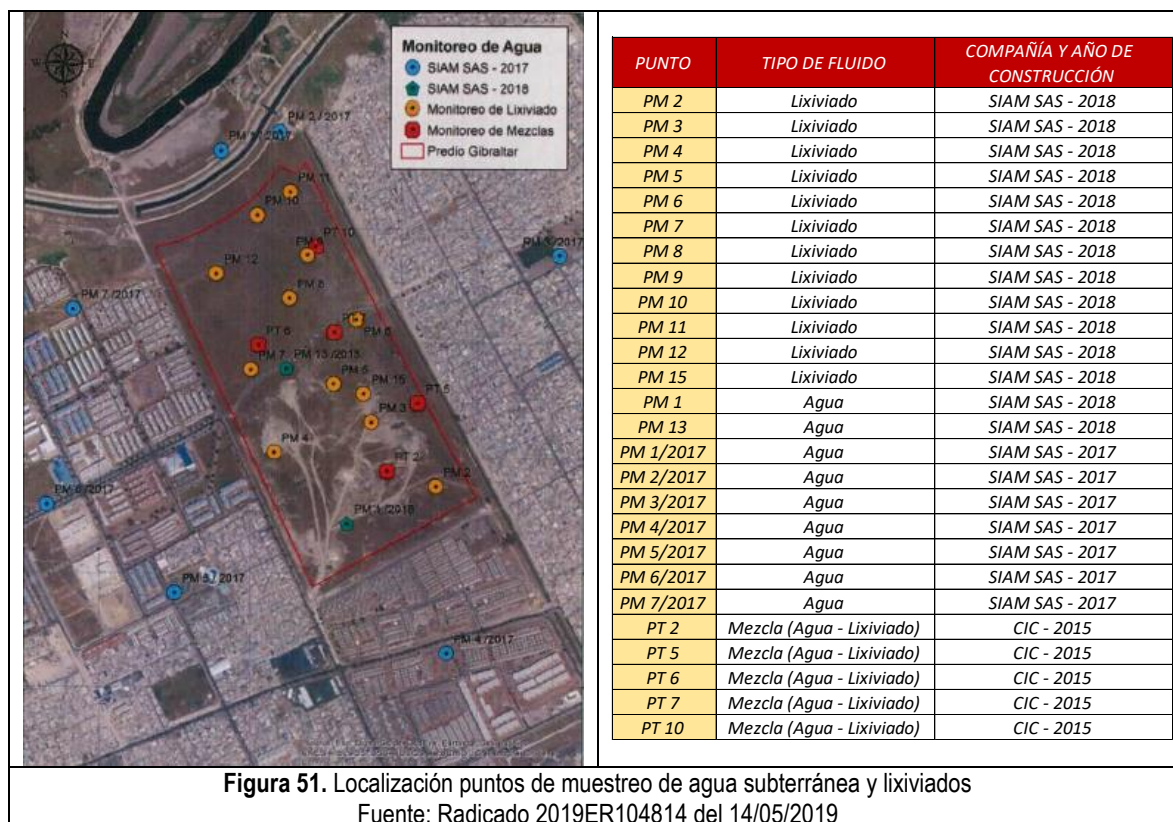
Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

2.6 AGUA SUBTERRÁNEA Y LIXIVIADOS

Debido a que dentro del predio se almacenaron durante años, residuos sólidos urbanos, es claro que el agua que haya podido entrar en contacto con esta masa de residuos inmediatamente se convierte en un lixiviado. La EAAB indica que realizó el muestreo de lixiviados y agua subterránea de la siguiente manera:

- 12 muestras de lixiviados en pozos construidos en el Producto 1 radicado 2019ER104814 del 14/05/2019
- 9 muestras de agua subterránea, en dos (2) de los pozos de monitoreo construidos y en siete instalados en el año 2017 en zonas aledañas al predio Gibraltar.

- 5 muestras de fluido acuosa (mezcla de lixiviados y agua subterránea) en pozos existentes previamente en el predio (instalados por CIC en el 2015), los cuales se encuentran instalados con filtros que captan el relleno antrópico y el acuífero infrayacente.



En la **Tabla** se presenta información acerca de parámetros analizados en las muestras de agua subterránea, lixiviado y mezcla, fechas de muestreo, recepción en laboratorio y reportes generados.

Tabla 40. Información muestras y análisis de laboratorio realizados en agua subterránea, Lixiviado y mezcla*

Punto de monitoreo	Parámetros Analizados	Laboratorio encargado análisis	Fecha muestreo	Fecha recepción laboratorio**	No. Reporte
PM1 (agua)	- Metales (cadmio, cobre, calcio, cromo, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plata, plomo, zinc, sodio, potasio)	Laboratorio EAAB	18/10/2018	18/10/2018	201810180203089
PM2 (lixiviado)			18/10/2018	18/10/2018	201810180203090
PM3 (lixiviado)			18/10/2018	18/10/2018	201810180203091

Punto de monitoreo	Parámetros Analizados	Laboratorio encargado análisis	Fecha muestreo	Fecha recepción laboratorio**	No. Reporte
PM4 (lixiviado)	- Cromo hexavalente - Carbono Orgánico Total - Cloruros, nitritos, nitratos, sulfatos. -pH, conductividad -DBO, DQO, dureza, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal -Hidrocarburos totales -PCBs -Coliformes totales y fecales		18/10/2018	18/10/2018	201810180203092
PM5 (lixiviado)			19/10/2018	19/10/2018	201810190203112
PM6 (lixiviado)			19/10/2018	19/10/2018	201810190203113
PM7 (lixiviado)			19/10/2018	19/10/2018	201810190203114
PM8 (lixiviado)			19/10/2018	19/10/2018	201810190203115
PM9 (lixiviado)			19/10/2018	19/10/2018	201810190203116
PM10 (lixiviado)			22/10/2018	22/10/2018	201810220203132
PM11 (lixiviado)			22/10/2018	22/10/2018	201810220203131
PM12 (lixiviado)			22/10/2018	23/10/2018	201810230203133

* Información de reportes de laboratorio presentados al interior del radicado 2019ER104814

** Fecha de recepción en laboratorio responsable de análisis

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

- **Monitoreo de agua subterránea y lixiviados en el área sur del predio.**

En dos (2) de los tres (3) pozos instalados PZM6 y PZM10, se realizó el muestreo de lixiviados. Según se informa, en el PMZ8, no fue posible captar la muestra debido a la falta de fluido depositado en el mismo.

En la **Tabla** se presenta la información acerca de parámetros analizados en las muestras de lixiviado, fechas de muestreo y recepción en laboratorio.

Tabla 41. Información muestras y análisis de laboratorio realizados en el lixiviado del área sur del predio.

Punto de monitoreo de Lixiviados	Parámetros Analizados	Fecha muestreo	Fecha recepción laboratorio	No. Reporte
PZM 6	Alcalinidad, Aluminio, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cloruros, Cobalto, Cobre, Cromo, DBO5, DQO Total, Dureza Cálctica, Dureza Total, Fenoles Colorimétrico, Fósforo Soluble, Fósforo Total, Litio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Plomo, Selenio, Sólidos Sedimentables, Sulfatos, Vanadio, Zinc, Acidez, Color Real, Hidrocarburos Totales, pH, Cianuro Total, Estaño, Nitrógeno Total, SAAM, Fenoles	22/03/2019	22/03/2019	201903220200613

Punto de monitoreo de Lixiviados	Parámetros Analizados	Fecha muestreo	Fecha recepción laboratorio	No. Reporte
PZM 10	Aluminio, Bario, Berilio, Boro Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Litio, Magnesio, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Vanadio Zinc.	22/03/2019	22/03/2019	201903220200614

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

El muestreo estuvo a cargo del laboratorio ANALQUIM y el análisis a cargo del laboratorio de la EAAB.

2.6.1 Agua Subterránea

En el radicado 2019ER104814 del 14/05/2019 Producto 1, se presentan los resultados de los análisis de calidad de agua subterránea con los respectivos soportes del laboratorio del pozo PM-1.

Tabla 42. Caracterización de Agua subterránea PM1.

ID Analquim Ltda.		PM1
ID EAAB		201810180203089
Análisis	Unidad	C 18/10/2018
		R 18/10/2018
Cadmio	mg Cd / L	0,02
Calcio	mg Ca / L	271,38
Carbón Orgánico Total	mg C / L	732,5
Cloruros	mg Cl- / L	1953
Cobre	mg Cu/L	0,7
Coliformes Totales	NMP/100 ml	16000
Conductividad Eléctrica	pS/cm	9610
Cromo	mg Cr / L	0,49
Cromo hexavalente Cr+6	mg Cr+6 / L	<0,01
DB05	mg O2/L	92
DQO Total	mg O2 / L	1661
Dureza Total	mg CaCO3/l	2614
Hierro	mg Fe / L	231,52
Magnesio	mg Mg/L	471,78
Manganeso	mg Mn / L	1,89
Mercurio	mg Hg / L	0,001
Níquel	mg Ni/L	0,37
Nitratos	mg NO3-N/L	<0,3
Nitritos	mg NO2-N/L	<0,010
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L	110
PCB No 101	mg/L	<0,00002
PCB No. 138	mg/L	<0,00002
PCB No. 153	mg/L	<0,00002
PCB No. 195	mg/L	<0,00002
PCB No 28	mg/L	<0,00002
PCB No. 44	mg/L	<0,00002

Página 72 de 89

ID Analquim Ltda.		PM1
ID EAAB		201810180203089
Análisis	Unidad	C 18/10/2018
		R 18/10/2018
PCB No. 52	mg/L	<0,00002
PCB No 8	mg/L	<0,00002
Plata	mg Ag/L	0,14
Plomo	mg Pb/L	0,12
Potasio	mg K/L	19,57
Sodio	mg Na/L	1147,73
Sulfatos	mg SO ₄	127
Zinc	mg Zn /L	1,13
Hidrocarburos Totales	mg/L	2,7
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/100 ml	1220
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg N/L	129
PCB No. 105	mg/L	<0,00002
PCB No. 151	mg/L	<0,00002
PCB No 18	mg/L	<0,00002
PCB No. 194	mg/L	<0,00002
PCB No. 70	mg/L	<0,00002
PCB No.180	mg/L	<0,00002
pH	Unidad de pH	7,8

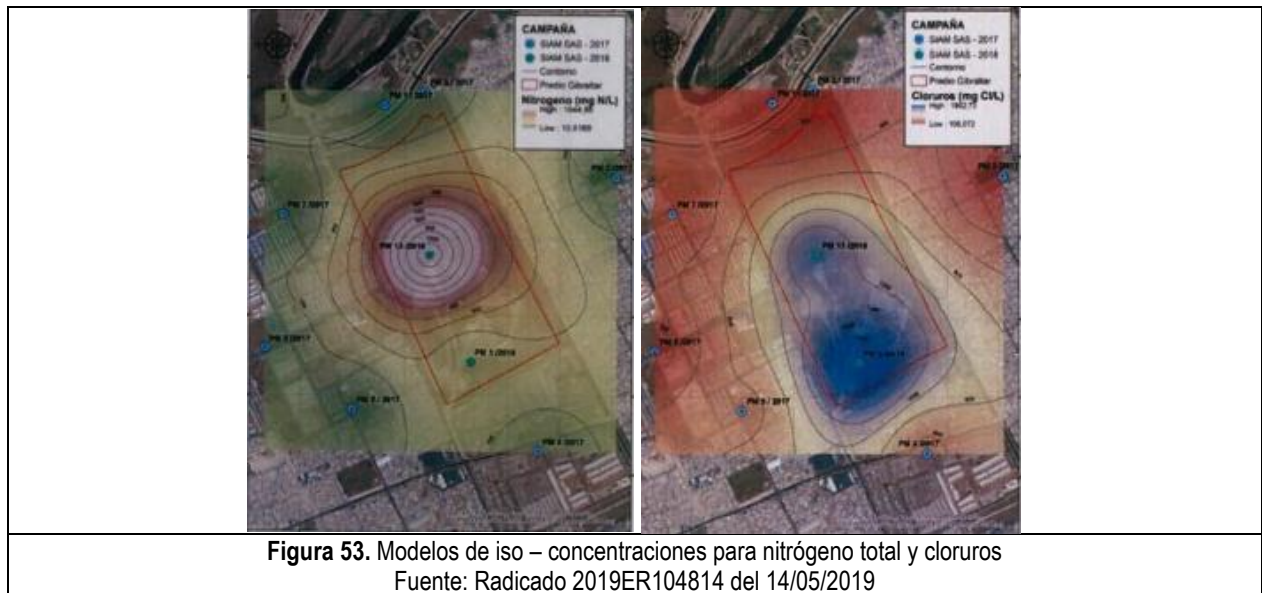
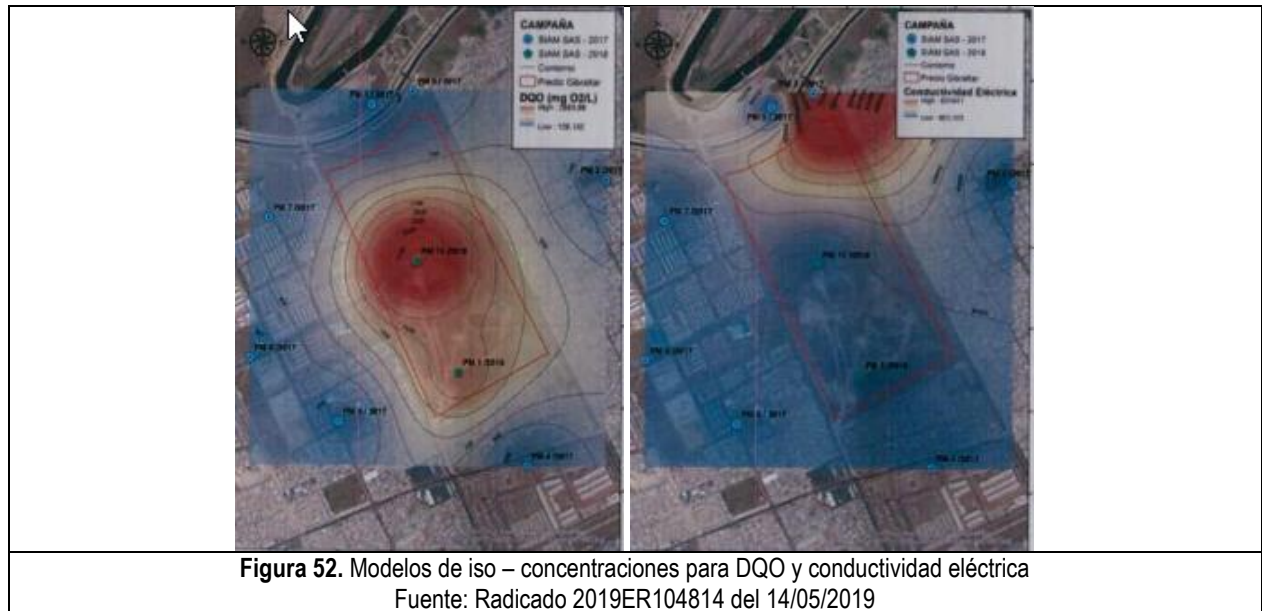
C:d/m/a Fecha de Muestreo
R:d/m/a Fecha recepción Laboratorio

Fuente: SDA 2022019ER104814 del 14/05/2019

En la muestra de suelo PM1, se observan concentraciones altas de DBO₅, DQO, metales, y sales indican una afectación directa de los lixiviados en el acuífero somero.

En las siguientes figuras se muestran los modelos de iso-concentraciones para cinco (5) sustancias que son, DQO, nitrógeno total, cloruros, sulfatos, hierro, dos (2) parámetros de calidad biológica, coliformes fecales, coliformes fecales totales y dos (2) parámetros fisicoquímicos en lixiviado, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.

El comportamiento espacial de los modelos de iso- concentraciones muestran que para el caso de DQO, nitrógeno total, cloruros, hierro, coliformes fecales y totales se presenta una elevación en la zona donde se localizan los pozos de monitoreo PM1 y PM13, siendo en algunos casos aun mayor hacia el PM13 y van disminuyendo hacia radialmente con dirección hacia los límites del predio. El comportamiento mostrado se correlaciona con el área donde el espesor de basura es mayor, de lo que se infiere posible conexión hidráulica entre la unidad Acan (basura) y Aqc.



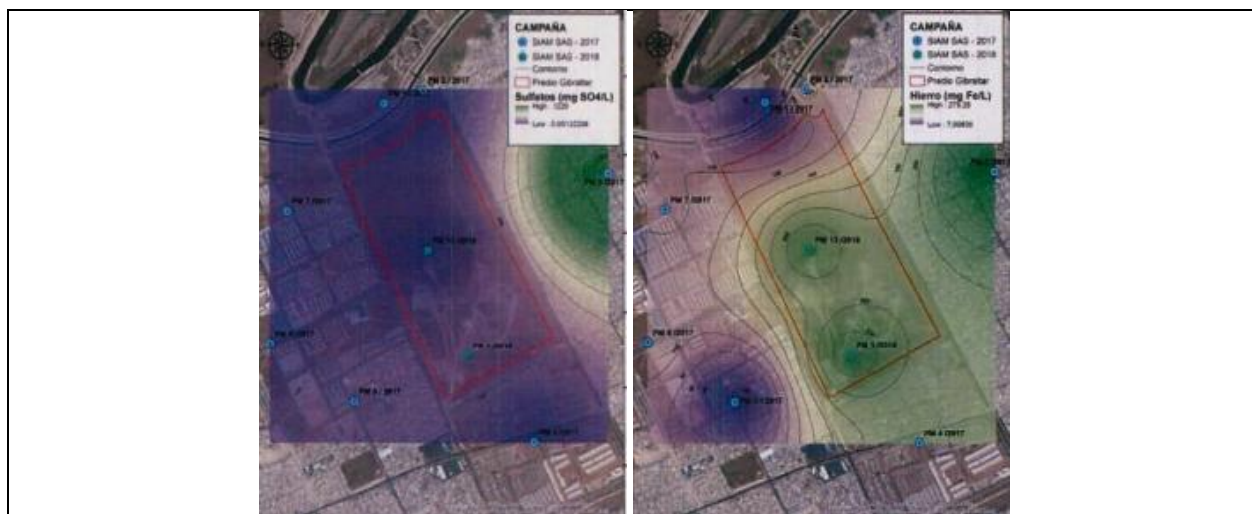


Figura 54. Modelos de iso – concentraciones para sulfatos y hierro
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

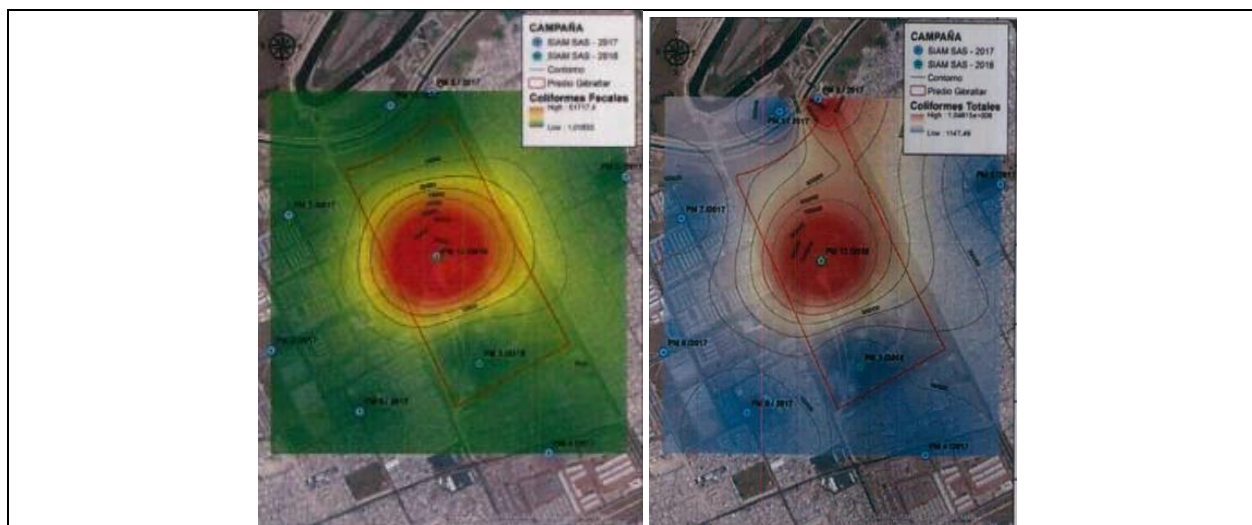


Figura 55. Modelos de iso – concentraciones para coliformes fecales y coliformes totales
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

La SDA realizó la implementación de cuatro (4) modelos de iso - concentración para Cl-, Plomo, DQO Total y Cr a partir de la información que se encuentra en el Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019. Para la interpolación espacial de los datos, teniendo en cuenta que el número de muestras es bajo para hacer uso de un modelo geoestadístico, se utilizó una triangulación simple.

En las siguientes figuras se muestran los resultados de los modelos de iso – concentraciones implementados por la SDA. Especialmente se encontró que existe un aumento en las concentraciones de Cl^- , Cr y DQO en la zona donde se localizan los pozos de monitoreo PM1 y PM13, que es el área donde la capa de basura tiende a ser más espesa, mostrando una disminución radial con una forma similar a los límites sur, este y oeste del predio; para el caso del Pb se evidenció el aumento de concentración en la mitad del predio, hacia el PM13 y una disminución en dirección sureste y noroeste.

Los modelos de iso – concentración generados sugieren una posible conexión vertical entre la capa de basura (Acan) y el acuífero Aqc. Existe una alta correlación entre la localización de la zona con mayor espesor de basura y el aumento de concentración en gran parte de las sustancias analizadas, que puede ocurrir debido a la posible conexión hidráulica entre la capa de basura y la unidad Aqc, generando el paso de lixiviado al piso hidrogeológico inferior, además la disminución de dicha concentración tiende a seguir la misma dirección que mostró el modelo de isopiezas para la unidad Aqc, es decir hacia el noroeste – río Bogotá y el sureste.

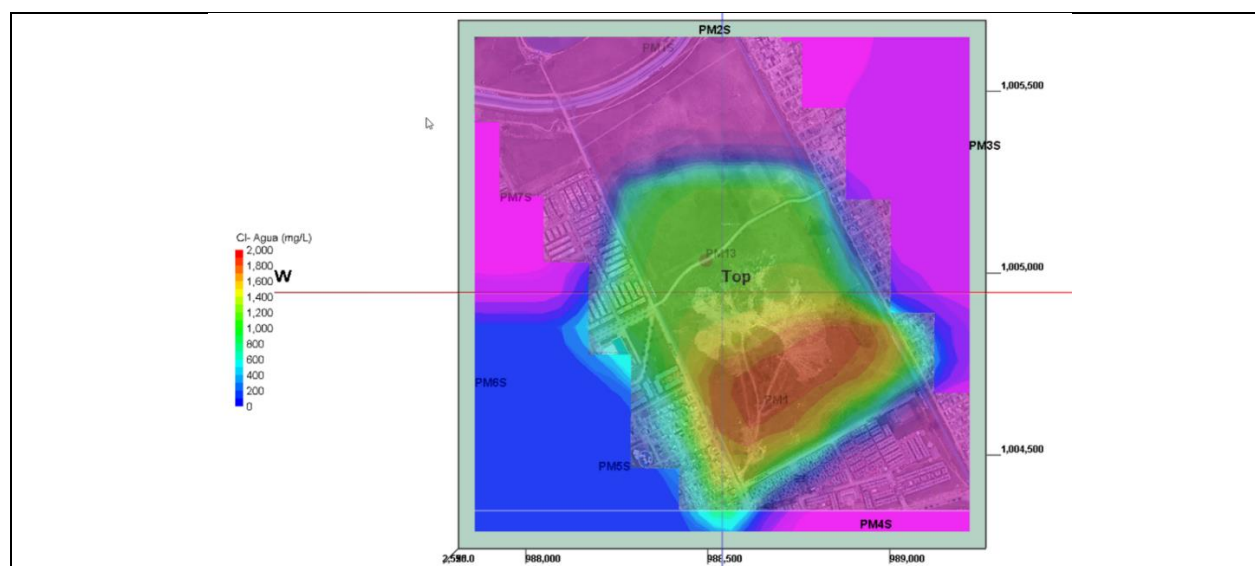
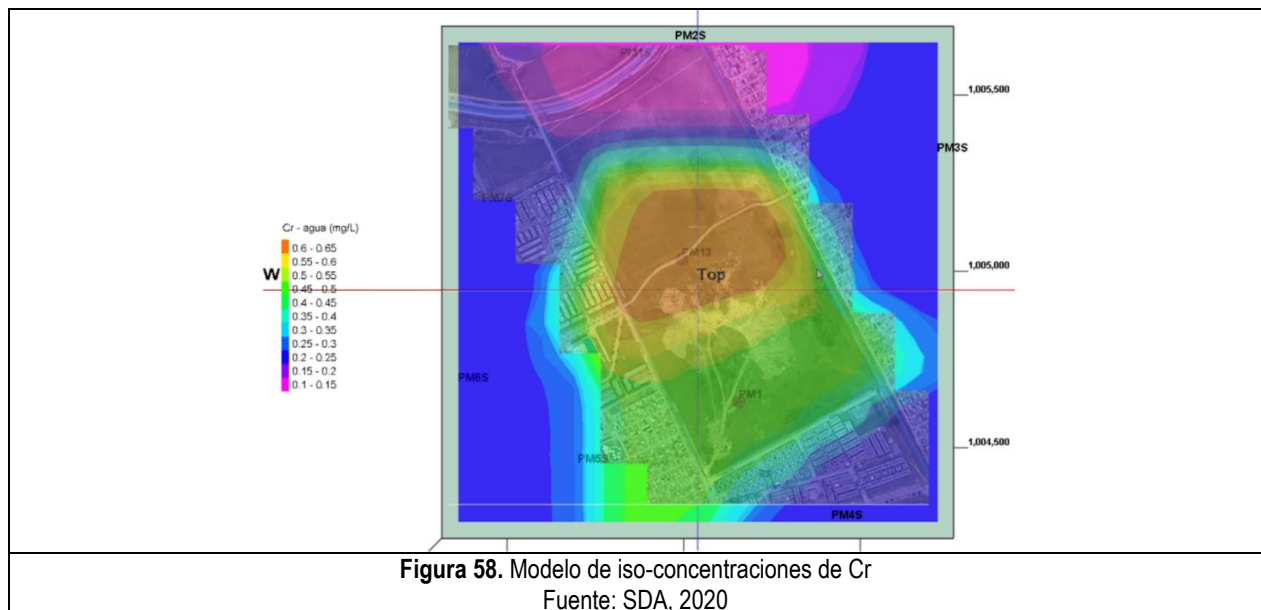
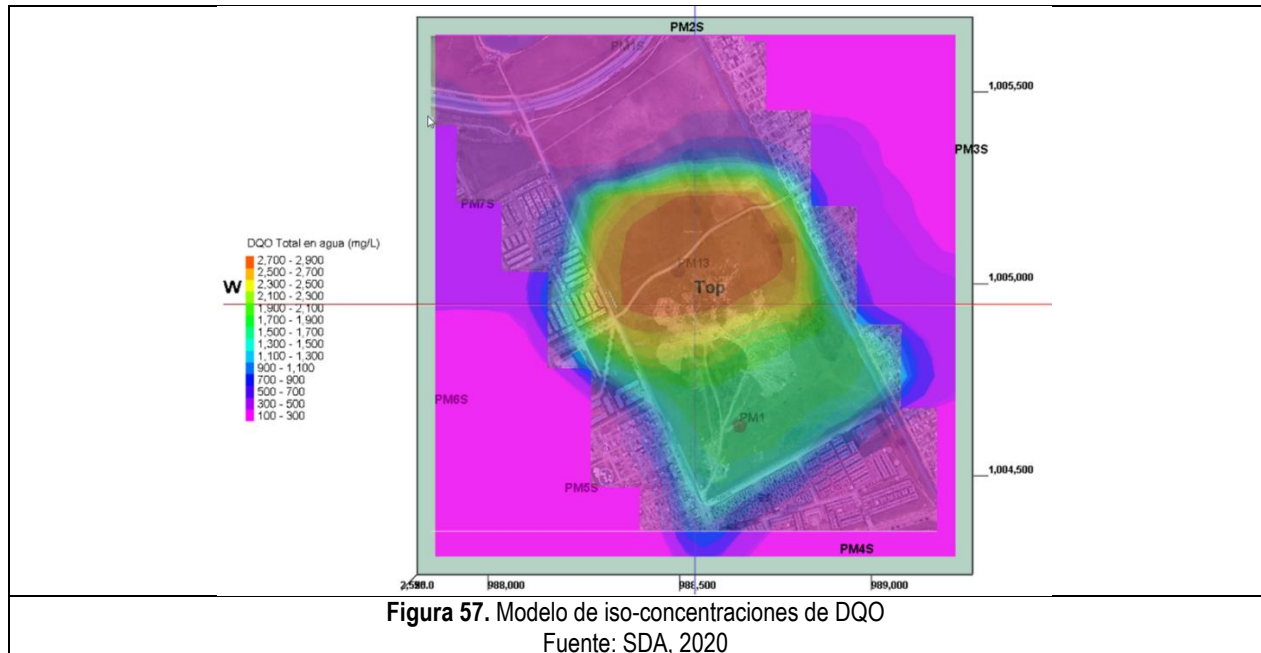
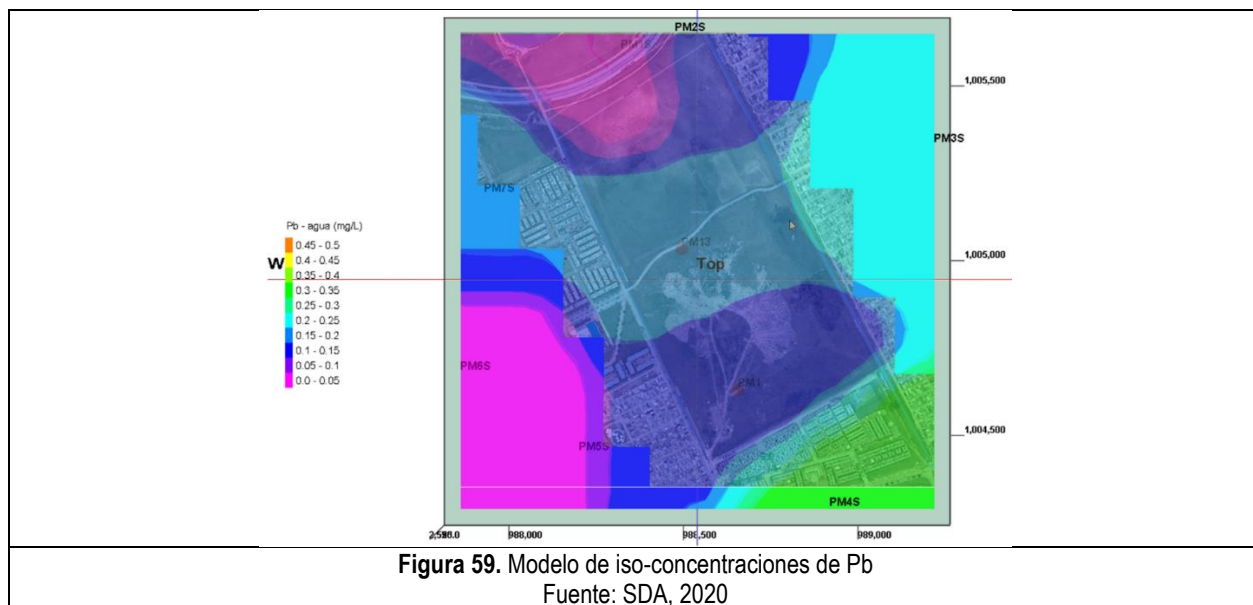


Figura 56. Modelo de iso-concentraciones de cloruros

Fuente: SDA, 2020





2.6.2 Lixiviados

De acuerdo con análisis realizados por el laboratorio de la EAAB a muestras de lixiviados tomadas en el sitio, se obtuvieron los siguientes resultados, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 43. Caracterización de Lixiviados predio Gibraltar

Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
ID del Laboratorio		2018101 80 203090	2018101 80 203091	20181018 0 203092	20181019 0 203112	20181019 0 203113	20181019 0 203114	20181019 0 203115	20181019 0 203116	20181022 0203132	20181022 0203131	20181023 0203133
Análisis	Unidad	C 18/10/20 18	C 18/10/20 18	C 18/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 22/10/201 8	C 22/10/201 8	C 22/10/201 8
		R 18/10/20 18	R 18/10/20 18	R 18/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 22/10/201 8	R 22/10/201 8	R 23/10/201 8
		0,01	1,01	2,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01
Calcio	mg Ca / L	191,33	429,45	553,5	463,36	40,16	36	98,52	196,24	73,51	46,7	323,66
Carbono Orgánico Total	mg C /L	603,2	390,6	311,7	805,5	1316	996,5	1033	1413	1039	1301	382,4
Cloruros	mg Cl- / L	2719	399	320	1919	3622	1909	2539	3110	1449	2655	1398
Cobre	mg Cu/L	0,35	0,27	0,9	1,03	0,73	0,37	0,48	0,89	0,65	0,37	0,25
Coliformes Totales	NMP/100 ml	290900	38800	46500	2419600	1986300	19500	727000	1119900	547500	9700	186000
Conductividad Eléctrica	pS/cm	16760	3870	2870	1378	32300	21400	18580	NRL	20500	33600	15600
Cromo	mg Cr /L	0,93	0,23	0,91	0,32	1,74	0,97	1,05	NRL	5,4	0,95	0,37

Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
ID del Laboratorio		2018101 80 203090	2018101 80 203091	20181018 0 203092	20181019 0 203112	20181019 0 203113	20181019 0 203114	20181019 0 203115	20181019 0 203116	20181022 0203132	20181022 0203131	20181023 0203133
Análisis	Unidad	C 18/10/20 18	C 18/10/20 18	C 18/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 22/10/201 8	C 22/10/201 8	C 22/10/201 8
		R 18/10/20 18	R 18/10/20 18	R 18/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 22/10/201 8	R 22/10/201 8	R 23/10/201 8
Cromo Hexavalente	mg Cr+6 / L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	NRL	<0.01	<0.01	<0.01
DBO5	mg O2/L	116	29	32	127,5	291	158	149	NRL	261	399	131
DQO Total	mg O2 / L.	1652	797	1268	2102	4724	2804	2777	1,2	3272	3811	1343
Dureza Total	mg CaCO3/l	1246	1375	1659	1875	281	209	578	4405	334	230	1328
Hierro	mg Fe / L	178,25	57,92	146	76,98	44,66	12,66	40,31	650	72,31	27	23,45
Magnesio	mg Mg/L	187,9	74,32	68	175,59	44,48	59,6	81,67	60,3	37,99	28,94	127,73
Manganeso	mg Mn / L	2,19	4,92	2,9	4,17	0,68	0,1	0,72	39,79	1,4	1,16	1,3
Mercurio	mg Hg / L	0,0037	<0,0005	0,0008	0,0009	0,0016	0,0008	0,0022	1,14	0,0058	0,0016	0,0005
Níquel	mg Ni/L	0,32	0,07	0,34	0,33	0,69	0,27	0,28	0,0021	0,22	0,42	0,17
Nitratos	mg NO3- N/L	0,4	0,4	1,19	<0,3	<0,3	0,502	1,9	0,69	0,6	1,6	<0,3
Nitritos	mg NO2- N/L	0,056	<0,010	<0,010	<0,010	0,107	0,083	0,029	1,4	0,079	0,09	0,018
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3- N/L	857	112	36,6	820	2589	1766	1077	3262	1718	3013	955
PCB No 101	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 138	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 153	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 195	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No 28	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 44	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 52	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No 8	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
Plata	mg Ag/L	0,14	0,05	0,239	0,1	0,05	0,33	0,04	0,21	0,37	0,05	0,09
Plomo	mg Pb/L	0,58	0,07	0,9	0,13	0,27	0,1	0,36	0,31	1,63	0,1	0,09
Potasio	mg K/L	1124,38	100,8	64,37	959,36	3928,73	1888	1553,42	4698	1891,1	4191,4	1272,82
Sodio	mg Na/L	1309,68	237,38	156	1034,22	1814,34	1102	1288,76	1762	1043,12	1650	916,81
Sulfatos	mg SO4	3	4	4	<2	<2	2	<2	NRL	2	2	1145
Zinc	mg Zn /L	2,55	0,34	4,1	0,78	1,47	1,47	0,77	0,98	4,78	0,46	0,31
Hidrocarburos Totales	mg/L	5,6	1,5	2,4	2,6	4,9	3,8	3,2	NRL	4	3,4	57
Coliformes (Fecales)	NMP/100 ml	11720	5040	7620	173290	2990	630	980	2430	97	31	9060
Nitrógeno Total	mg N/L	898	145	145	839	2765	1848	1203	3502	1977	3285	1087
PCB No. 105	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2

Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
ID del Laboratorio		2018101 80 203090	2018101 80 203091	20181018 0 203092	20181019 0 203112	20181019 0 203113	20181019 0 203114	20181019 0 203115	20181019 0 203116	20181022 0203132	20181022 0203131	20181023 0203133
Análisis	Unidad	C 18/10/20 18	C 18/10/20 18	C 18/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 19/10/201 8	C 22/10/201 8	C 22/10/201 8	C 22/10/201 8
		R 18/10/20 18	R 18/10/20 18	R 18/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 19/10/201 8	R 22/10/201 8	R 22/10/201 8	R 23/10/201 8
PCB No. 151	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No 18	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 194	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No. 70	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
PCB No.180	mg/L	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2	<0,0000 2
pH	Unidad de pH	8,1	7,6	7,6	7,7	8,3	8,3	8,2	NRL	7,9	8,1	7,8

C:d/m/a Fecha de Muestreo

R:d/m/a Fecha recepción Laboratorio

NRL: No reportado por el laboratorio

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Al realizar el análisis de los resultados de laboratorio para las muestras de lixiviados se observan concentraciones de Carbono orgánico, Nitrógeno Amoniacal y Sales, estableciendo la degradación del material orgánico en el predio.

Adicionalmente, se analizaron muestras complementarias de la zona sur del predio, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 44. Caracterización muestras de lixiviados, zona sur predio Gibraltar

ID Analquim Ltda.		PZM6	PZM10
ID EAAB		201903220 200613	201903220 200614
Análisis	Unidad	C 22/03/2019	C 22/03/2019
		R 22/03/2019	R 22/03/2019
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	6391,5	N.A.
Aluminio	mg Al	8,22	14,8
Bario	mg Ba/L	0,58	1,06
Berilio	mg/L	<0,01	<0,01
Boro	mg B I L	2,8	4,90
Cadmio	mg Cd/L	0,02	0,03
Cloruros	mg Cl-/L	2773	N.A.
Cobalto	mg Co/L	0,09	0,09
Cobre	mg Cu / L	0,1	0,09
Cromo	mg Cr /l_	0,30	0,44
DBO ₅	mg O ₂ /L	158	N.A.
DQO Total	mg O ₂ /L	1795	N.A.
Dureza Cálrica	mg CaCO ₃ /L	136	N.A.

Página 80 de 89

ID Analquim Ltda.		PZM6	PZM10
ID EAAB		201903220 200613	201903220 200614
Análisis	Unidad	C 22/03/2019	C 22/03/2019
		R 22/03/2019	R 22/03/2019
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	468	N.A.
Fenoles Colorimétrico	mg Fenol/L	0,41	N.A.
Fosforo Soluble	mg P / L	15,6	N.A.
Fosforo Total	mg P l L	18,6	N.A.
Litio	mg Li / L	0,05	0,04
Manganeso	mg Mn l L	0,4	0,39
Mercurio	mg Hg /L	0,0012	0,0013
Molibdeno	mg Mo/L	0,01	0,02
Niquel	mg Ni	0,2	0,23
Nitratos	mg NO ₃ -N/L	1,3	N.A.
Nitritos	mg NO ₂ -N/L	0,03	N.A.
Nitrógeno Amoniacal	mg NH ₃ -N/L	1035	N.A.
Plomo	mg Pb/L	0,17	1,24
Selenio	mg Se/L	0,01	0,02
Solidos Sedimentables	mg/l	1,3	N.A.
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	292	N.A.
Sulfatos	mg SO ₄ /L	<2	N.A.
Sulfuros	mg S' ft.	1	N.A.
Vanadio	mg Vll	0,08	0,17
Zinc	mg Zn /L	0,4	0,4
Acidez	mg/L	296	N.A.
Color Real 436 nm	m-1	69,9	N.A.
Color Real 525 nm	m-1	31,4	N.A.
Color Real 620nm	m-1	15,9	N.A.
Hidrocarburos Totales	mg/L	1,7	1,6
pH	unidad pH	7,1	N.A.
Cianuro Total	mg CN-71	<0,005	N.A.
Estaño	mg Sn/L	2,2	1,37
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg N/L	1046	N.A.
SAAM	g/mol	2,20	N.A.
Fenoles Cromatografía	mg/L	0,39	N.A.
Nitrógeno Total	mg N/L	1047	N.A.

N.A.: Parámetro no analizado por laboratorio de la EAAB

Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

Los resultados obtenidos en las dos muestras de lixiviados en el área sur del predio presentan concentraciones de Aluminio, Cadmio, Cromo, Manganeso, Plomo, lo que ratifica las condiciones del lixiviado presente en el predio como un residuo peligroso o desecho toxico. Adicionalmente se observan concentraciones de DQO, DBO₅ y sales que confirman la degradación de materia orgánica en esta zona.

La distribución espacial de los parámetros DQO, Nitrógeno Total, Cloruros, Sulfatos, Hierro, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Conductividad Eléctrica se muestran en los siguientes gráficos de iso-concentración. Los resultados muestran que en general, la zona donde se localizan los pozos PM6, PM9 y PM11 (costado NE del predio), presenta valores de concentración elevados para cada uno de los parámetros evaluados, con excepción del hierro,

sulfatos y coliformes fecales. Este comportamiento se correlaciona con la ausencia de la capa de arcilla en la misma área y el hecho de que piezométricamente en este lugar existe un gradiente hidráulico hacia el PM9, donde descienden los niveles más de 9 m y se genera un sumidero, de manera que pueden aumentar los niveles de dichas sustancias y parámetros en este sector del sitio.

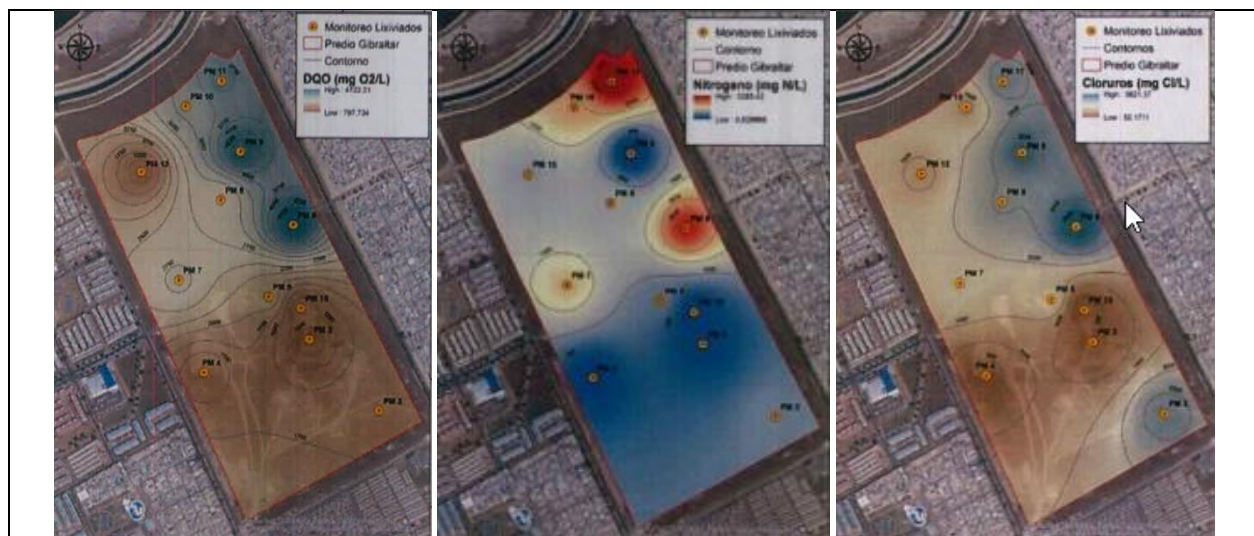


Figura 60. Modelo de Iso-concentraciones; Parámetros DQO, N Total y Cl-
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

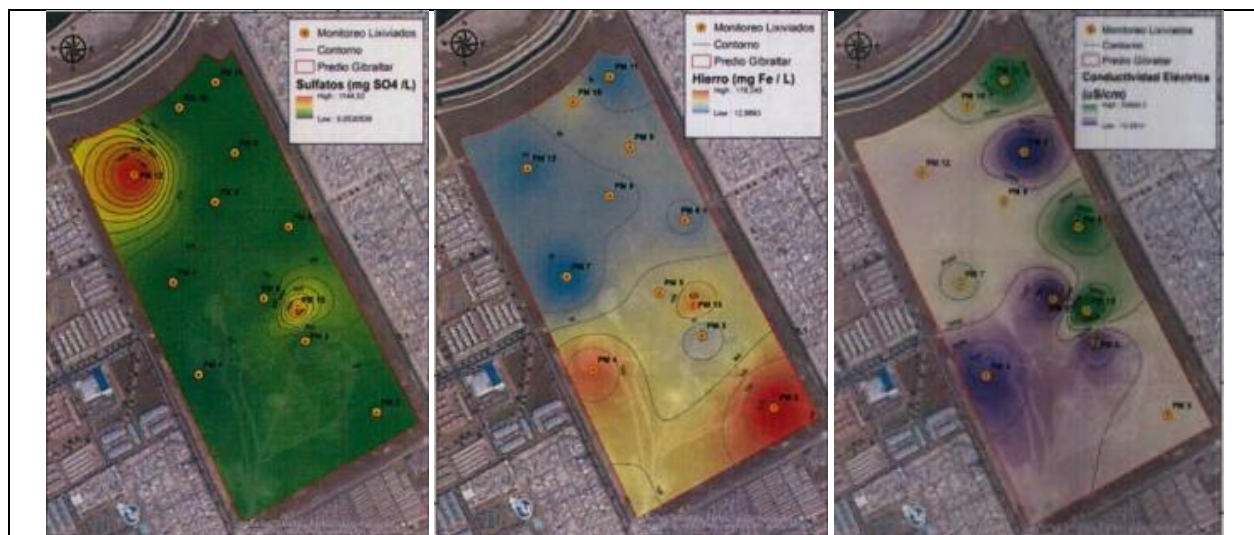


Figura 61. Modelo de Iso-concentraciones; Parámetros Sulfatos, Hierro y Conductividad Eléctrica

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

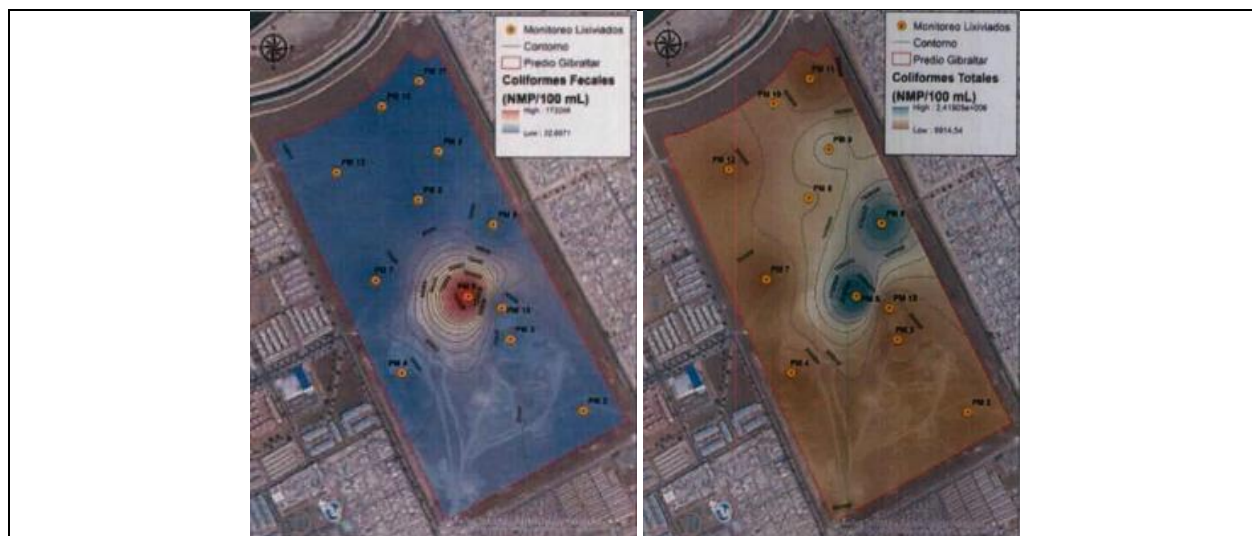


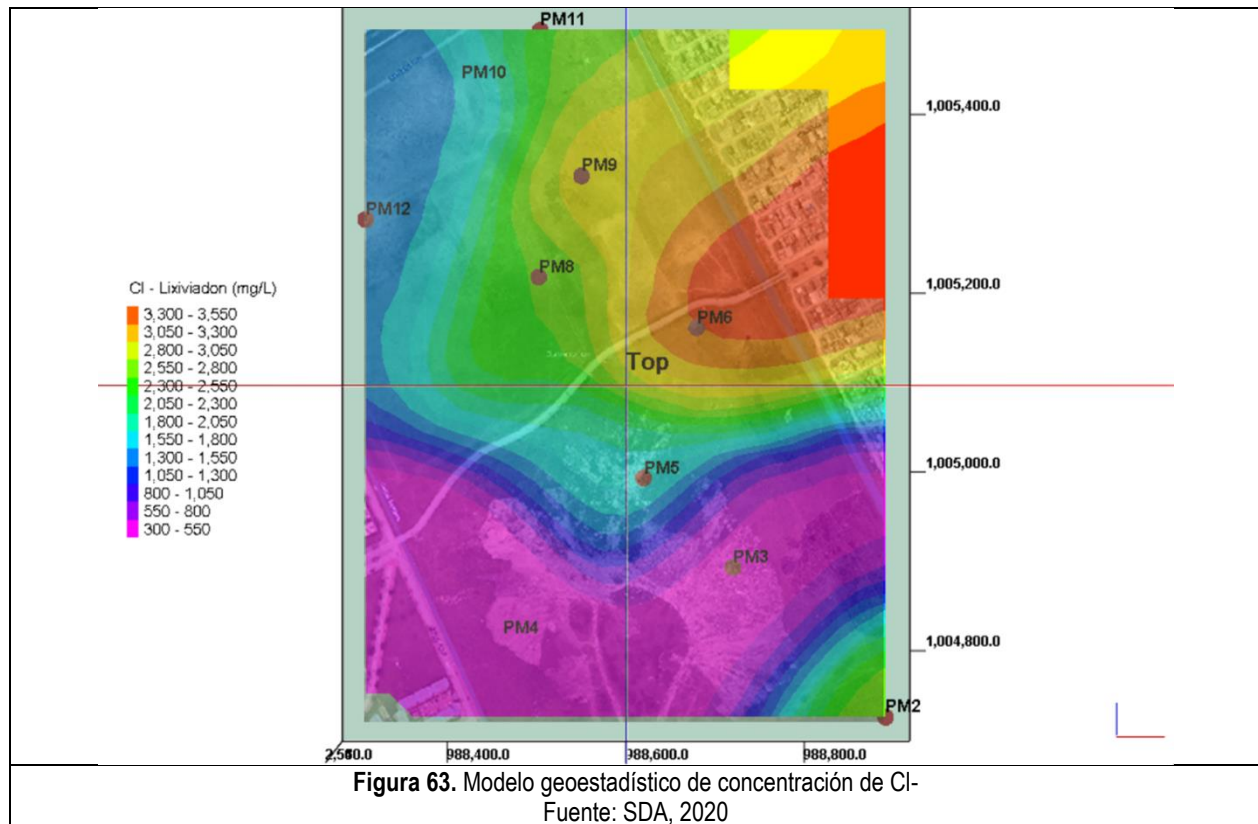
Figura 62. Modelo de Iso-concentraciones; Parámetros Coliformes Fecales y Totales

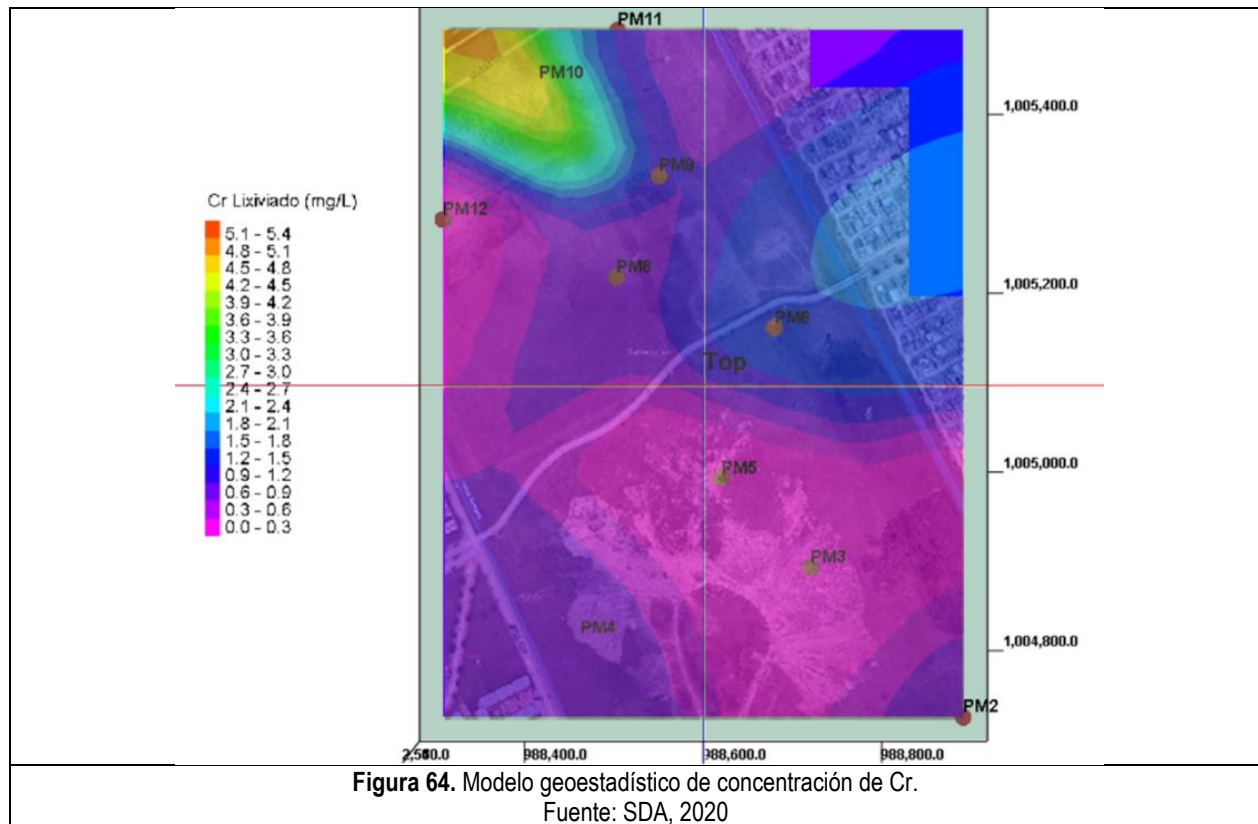
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

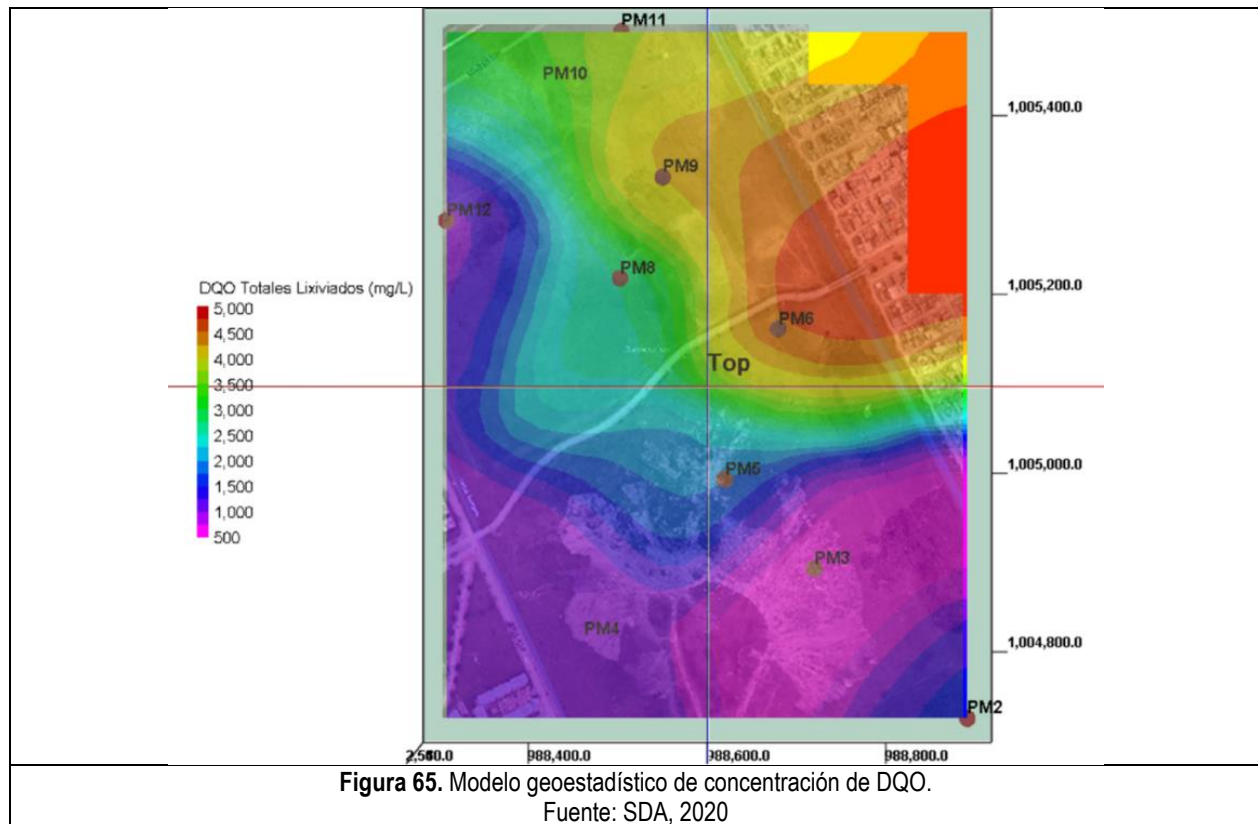
Adicionalmente, la SDA realizó la implementación de cuatro (4) modelos de iso - concentración para Cl⁻, Plomo, DQO Total y Cr en lixiviado, a partir de la información que se encuentra en el Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019. Para la interpolación espacial de los datos se tuvo en cuenta que el número de muestras es bajo para hacer uso de un modelo geoestadístico, por lo que se utilizó una triangulación simple.

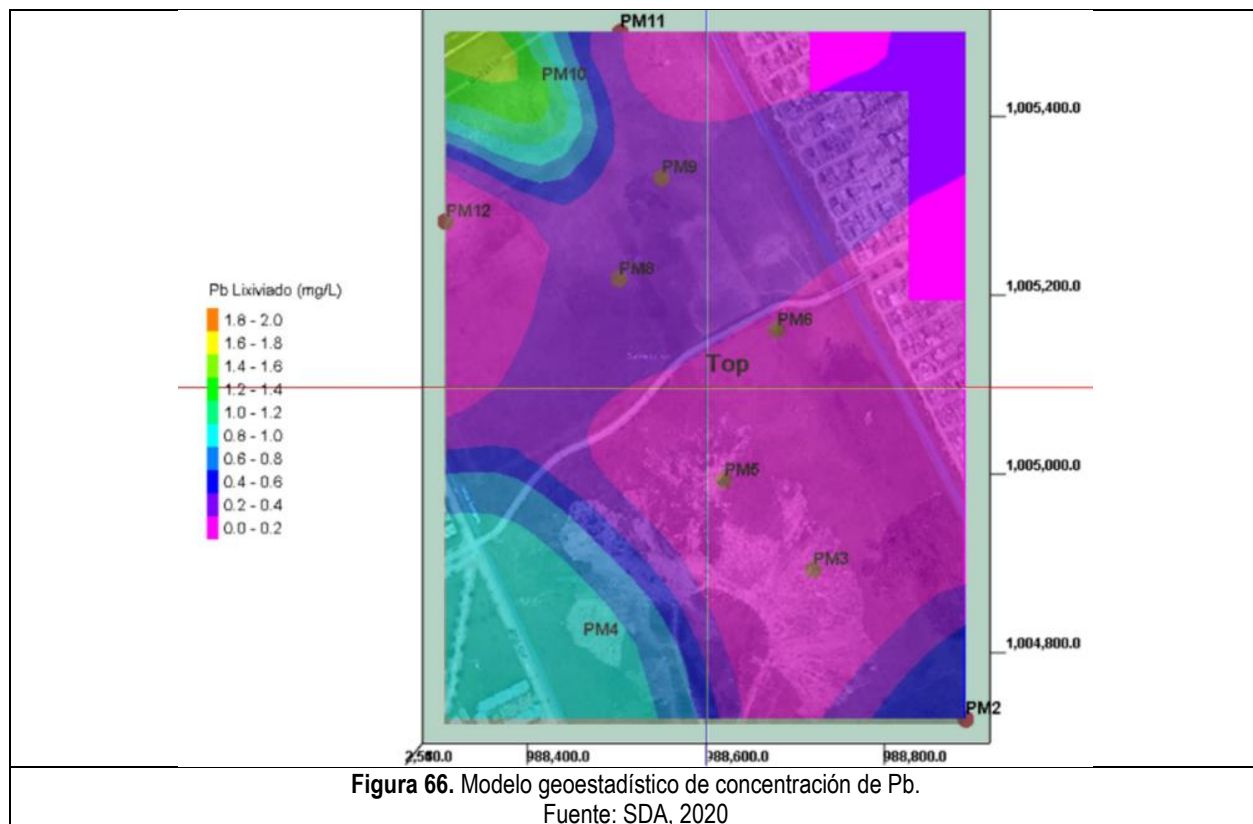
En las siguientes figuras se muestran los resultados de los modelos de iso – concentraciones realizados. Espacialmente se encontró que existe un aumento en las concentraciones de Cl⁻ y DQO en la zona donde se localizan los pozos de monitoreo PM6, PM9 y PM11 (Costado NE del predio, área donde no hay presencia de la capa de arcilla bajo la unidad de basura). Para el caso del Pb, se evidenció un aumento en la concentración en dirección al meandro del río Bogotá, este último comportamiento se observó en el caso del Cr, junto con la disminución de concentración hacia la zona del PM6, PM9 y PM11.

Para el caso de los lixiviados, existen cambios representativos en la concentración de gran parte de las sustancias analizadas en la zona donde no hay presencia de la capa de arcilla bajo la unidad de basura. Existe una correlación clara entre las características litoestratigráficas y el comportamiento de las concentraciones de gran parte de las sustancias modeladas, aumentando los niveles (como lo fue para el caso de Cloruros y DQO) o disminuyendo considerablemente (como lo fue para el caso de Cromo y Plomo) en el sector donde se presenta el sumidero cerca del PM9, PM6 y PM11.









2.7 COBERTURA SUPERFICIAL

De acuerdo con las campañas de perforación y monitoreo de suelos relacionados en el radicado 2019ER104814 del 14/05/2019, de manera general, la cobertura superficial del predio Gibraltar está conformada por 20 cm de suelo natural seguido de material limo arcilloso a arcillo limoso, mezclado en diferentes proporciones con material de relleno compuesto por escombros y relleno cuyo porcentaje puede variar entre un 10% a un 30% con fragmentos de ladrillo y gravas.

Hacia la zona NNW (en dirección del Río Bogotá) corresponde a suelos de tipo arcilloso con matriz tipo limo y con alto contenido de materia orgánica, hacia el centro del predio la composición es de un suelo limoso con matriz arcillosa, presencia de materia orgánica y residuos de escombros. Hacia el SSW (entrada al predio Gibraltar) se encuentran niveles de suelo con predominancia de limos. Las características de composición y espesor se presentan en la **Tabla** y la distribución espacial de las condiciones del suelo superficial se presentan en la Figura 67

Adicionalmente, en la Figura 68 se presentan en rojo aquellos espesores de la capa superficial menores a 1 m, observando el menor espesor en la parte central del predio, en la zona NNE y en algunas partes del sector SSE a la entrada del predio.

Tabla 45 Composición de del suelo radicado No 2019ER104814 predio Gibraltar

Ubicación	Espesor	Composición
Zona SSW Entrada al predio y en áreas centrales	0,25m - 2,5 m	Suelo Limoso con presencia de materia orgánica y Fragmentos de escombro
Parte central del predio	0,2 m - 2,3 m	Suelo Limoso con matriz arcillosa con presencia de materia orgánica y residuos de escombros
Zona NNW (en dirección del Río Bogotá)	0,2 m - 3,0 m	Suelo Arcilloso con presencia de limos con alto contenido de materia orgánica, recebo y escombro

Fuente: Modificado de Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019



Figura 67. Distribución de las características del suelo.
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

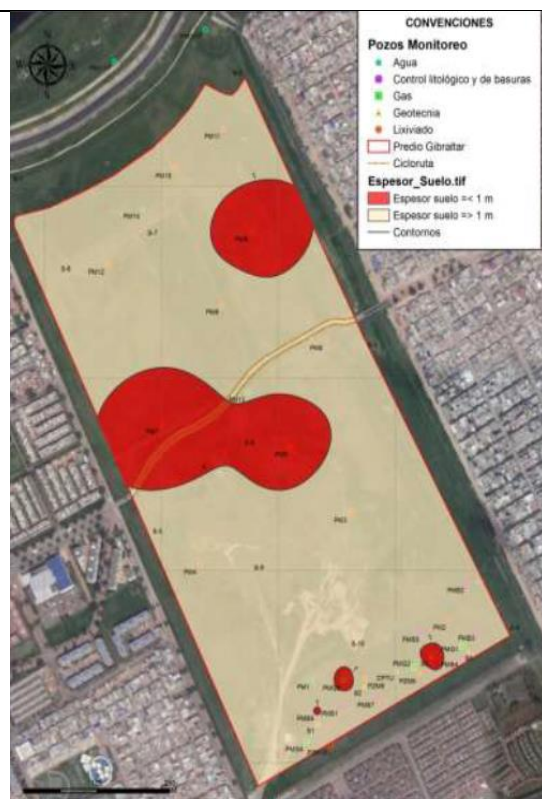


Figura 68. Capa superficial con espesores menor a 1 m.
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

2.7.1 Condiciones Ambientales

Para establecer las condiciones de calidad y presencia de contaminantes de la capa superficial, la EAAB mediante radicado 2019ER184547 del 13/08/2019 Producto 4, realizó la caracterización de 4 muestras de suelo en la zona sur del predio.

Teniendo en cuenta que la cantidad de muestras analizadas y su ubicación no son suficientes para lograr una representatividad de las condiciones del área, referente al comportamiento de los compuestos presentes en las matrices suelo y agua subterránea, de manera que se logre conocer el estado con la suficiente precisión que permita establecer plumas de contaminación, áreas afectadas y los consecuentes riesgos que esto acarree, para que de éste modo sea posible tomar decisiones que permitan ejecutar las actividades de construcción y desarrollo del parque; para establecer las condiciones actuales de las matrices agua subterránea y suelo, se definieron los lineamientos para la toma y análisis de muestras de suelo de la cobertura superficial, especificando el número, localización y características de muestreo, a la vez que los parámetros a ser analizados mediante memorando 2021IE58504 del 31/03/2021.

2.8 GASES

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB ESP mediante los radicados No. 2019ER10484 del 14/05/2019, 2019ER180582 del 09/08/2019 y 2019ER184547 del 13/08/2019 presentó el diagnóstico, selección de medidas de manejo ambiental y diseños detallados de ingeniería para la construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, a llevarse a cabo en el predio Gibraltar (KR 91 43-20 Sur), documentos elaborados por la firma SIAM S.A.S, enfocados en el cumplimiento de determinantes ambientales comunicadas por medio del oficio 2017EE173838 del 06/09/2017.

Dentro de la información evaluada se encuentra el aparte de manejo de gases, donde se concluye entre otras que para el año 2024 se proyecta la producción del 100% del biogás dentro del predio y que actualmente dentro Gibraltar se estima una producción de 44m³/hora, siendo 0,7m³/ha-hr. Así mismo, la EAAB establece una relación directa del % de LEL con la presencia de Metano y Oxígeno, por tanto al realizar el análisis de las muestras de suelo durante las perforaciones exploratorias se concluye la presencia de bolsas de metano hacia los pozos PM10, PM12 y PM7 ubicados hacia la zona NNW.

Por lo anterior, y con el fin de evitar riesgos sobre el medio ambiente, comunidad aledaña y trabajadores, al momento de ejecutarse la etapa de construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, en el predio Gibraltar (KR 91 43-20 Sur), previo a la ejecución de cualquier actividad constructiva y sin excepción, se deben adelantar los trabajos de desgasificación descritos en el memorando 2021IE58504 del 31/03/2021.