Tabla 5.4 Resultados parámetros de suelo analizados Área 3 predio Gibraltar.

Análisis	TPH	TPH - DRO	TPH - GRO	TPH - ERO/DRO	Humedad	Aluminio	Arsénico	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo	Cromo hexavalente	Mercurio	Níquel	Plomo
Método	EHS-LAB-P-148	EPA 8015 C	EPA 8015 C	EPA 8015 C	NTC 1495 A	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3060/ EPA7196	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8	EPA 3051 A / EPA 200.8
Unidad	mg/kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	mg/kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
A3 -M1	<20.00	<0.1670	<0.1000	1245	12,04	9605,51	5,99	<1.500	<1.5	75,89	18,972	<10.000	<0.15	3,5	20,5
A3 -M2	<20.00	<0.1670	<0.1000	247	14,17	4699,68	5,53	<1.500	<1.5	69,37	8,043	<10.000	<0.15	<1.500	11,1
A3 -M3	<20.00	<0.1670	<0.1000	247	31,59	29443,69	7,51	<1.500	3,5	77,1	23,53	<10.000	<0.15	7,0	16,5
A3 -M4	<20.00	<0.1670	<0.1000	290	19,7	8068,78	8,29	<1.500	2,3	174,17	82,015	<10.000	<0.15	29,5	94,9
A3 -M5	<20.00	<0.1670	<0.1000	265	21,55	10628,59	6,81	<1.500	4,4	113,34	31,133	<10.000	<0.15	11,7	48,2
A3 -M6	<20.00	<0.1670	<0.1000	22	32,72	14084,49	8,11	<1.500	4,8	82	57,211	<10.000	<0.15	12,9	22,9
A3 -M7	20,41	<0.1670	<0.1000	520	22,14	8625,18	4,52	<1.500	2	99,94	26,114	<10.000	<0.15	6,0	44,2
A3 -M8	<20.00	<0.1670	<0.1000	242	29,13	8887,37	4,93	<1.500	2,5	85,29	16,762	<10.000	<0.15	6,4	19,2
A3 -M9	88,85	<0.1670	<0.1000	79	34,96	24894,42	2,47	<1.500	4,4	48,87	31,591	<10.000	0,49	15,6	21,7
A3 -M10	<20.00	<0.1670	<0.1000	47	22,78	8296,36	3,81	<1.500	7,6	84,31	38,581	<10.000	<0.15	16,2	22,9
A3- M11	36,13	<0.1670	<0.1000	26	48,78	16024,06	<1.500	<1.500	2	49,57	17,349	<10.000	0,5	10,9	13,4
A3 -M12	25,93	<0.1670	<0.1000	46	34,44	24167,63	2,01	<1.500	4	51,22	30,629	<10.000	0,5	12,6	19,1
A3 - M13	<20.00	<0.1670	<0.1000	334	26,07	15019,49	2,01	<1.500	3,5	276,48	47,253	<10.000	<0.15	17,1	278,0
A3 - M14	67,39	<0.1670	<0.1000	178	39,91	14661,75	2,49	<1.500	8	284,16	115,659	<10.000	<0.15	43,9	157,0
A3 - M15	23,58	<0.1670	<0.1000	251	38,34	15591,76	9,02	4,01	7	634,49	580,888	<10.000	<0.15	83,7	651,6

Fuente: SIAM SAS, 2022.

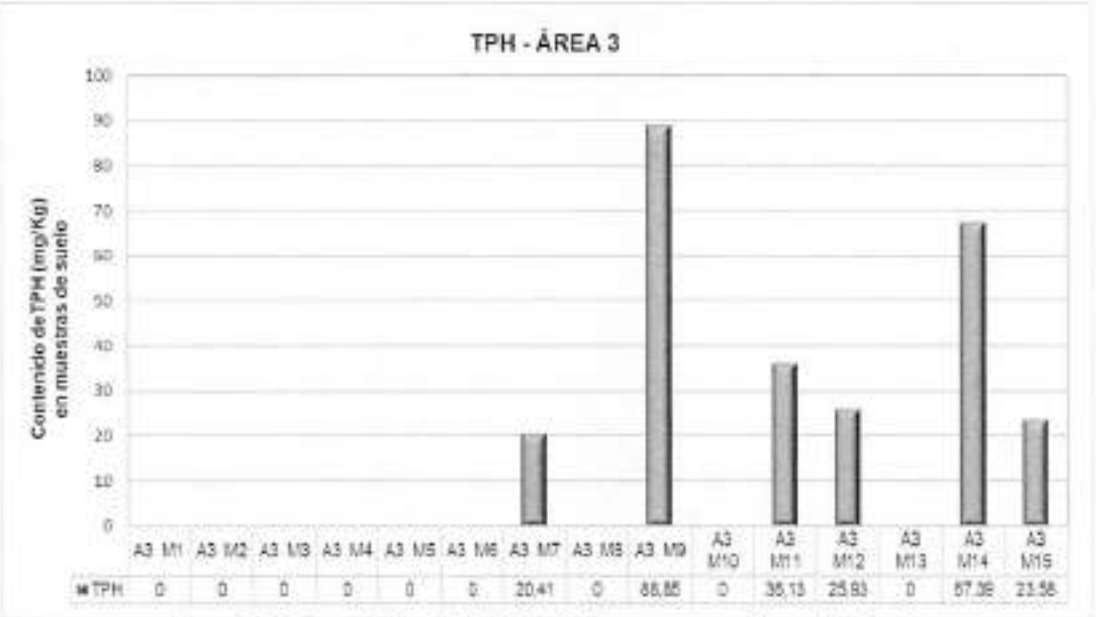


Figura 5.13 Contenido de TPH (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

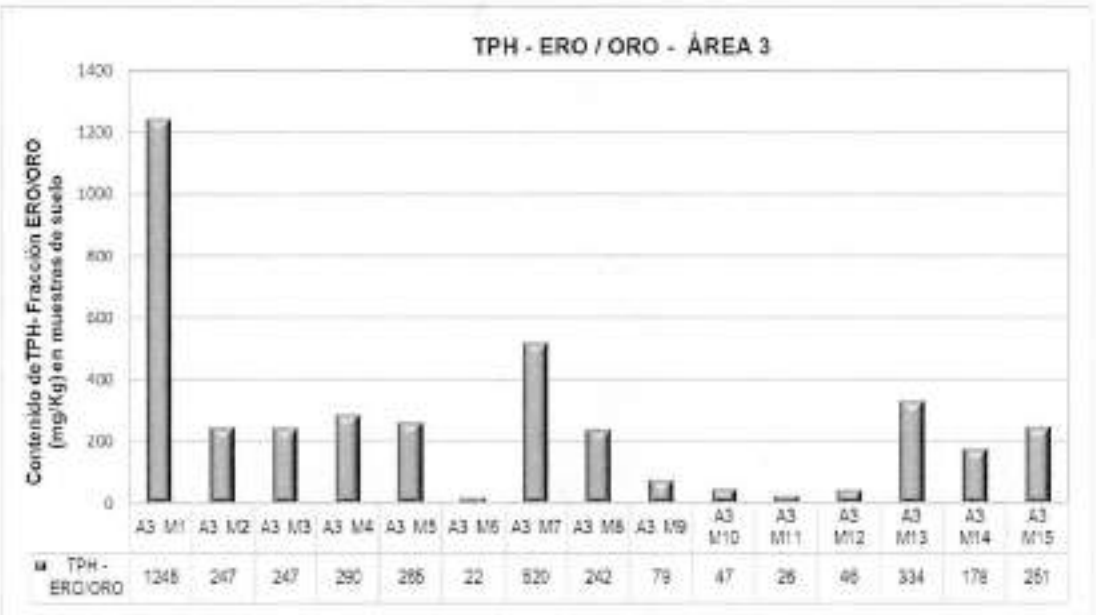


Figura 5.14 Contenido de TPH – ERO/ ORO (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

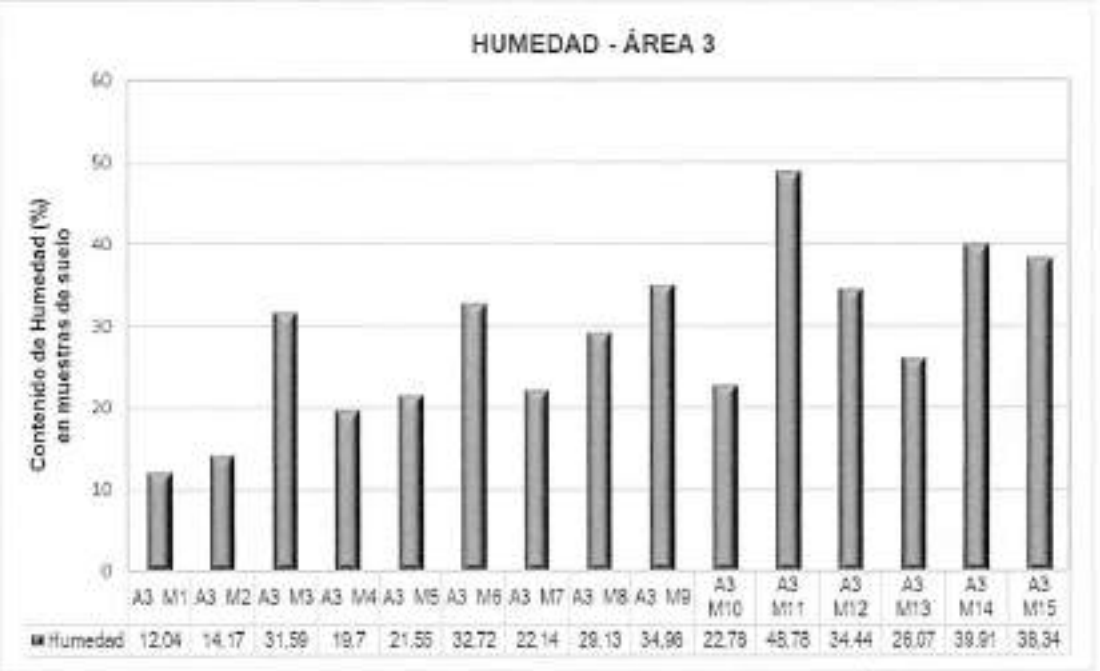


Figura 5.15 Contenido de Humedad (%) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

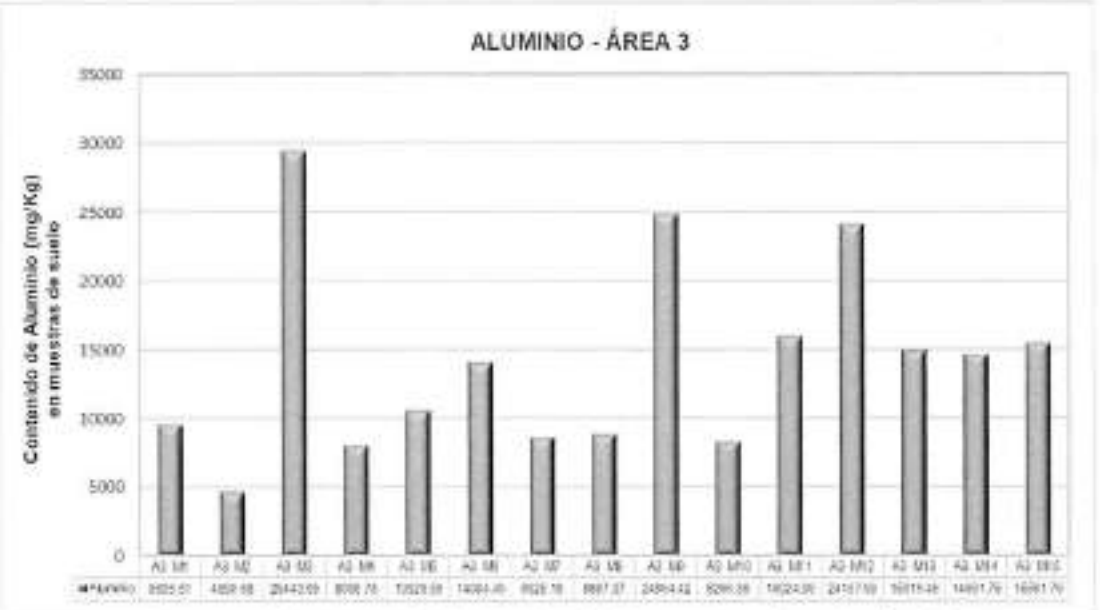


Figura 5.16 Contenido de Aluminio (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

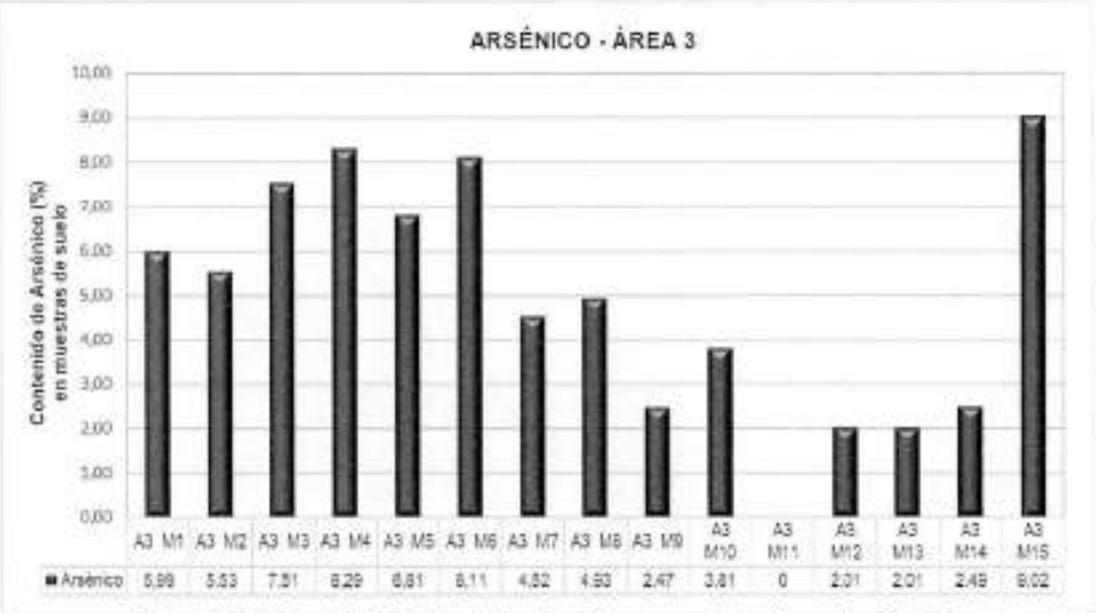


Figura 5.17 Contenido de Arsénico (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.



Figura 5.18 Contenido de Cadmio (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

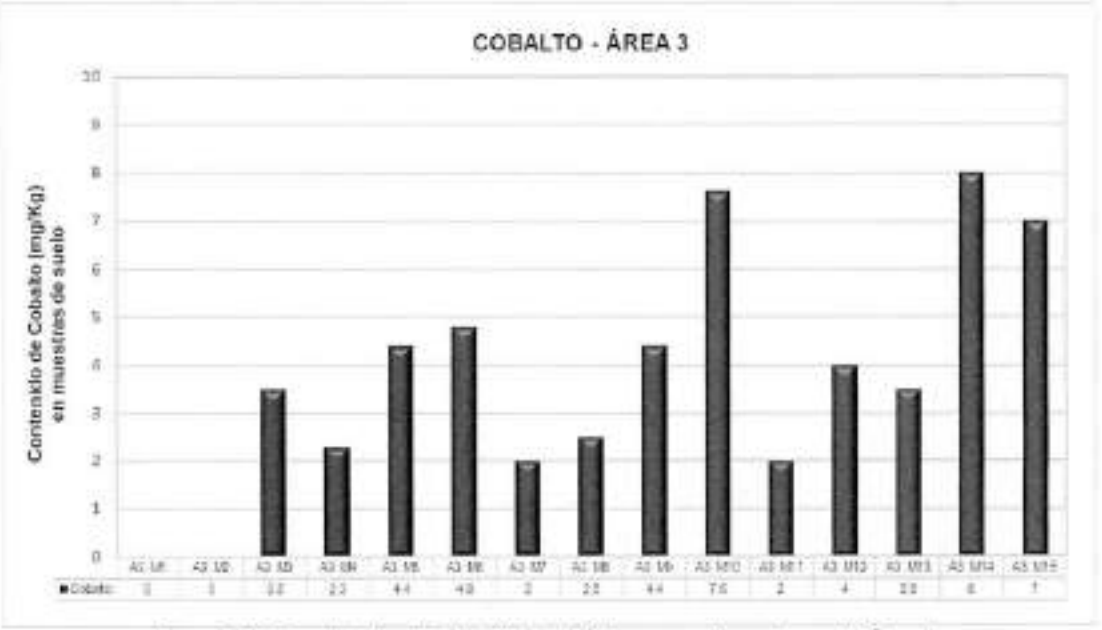


Figura 5.19 Contenido de Cobalto (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

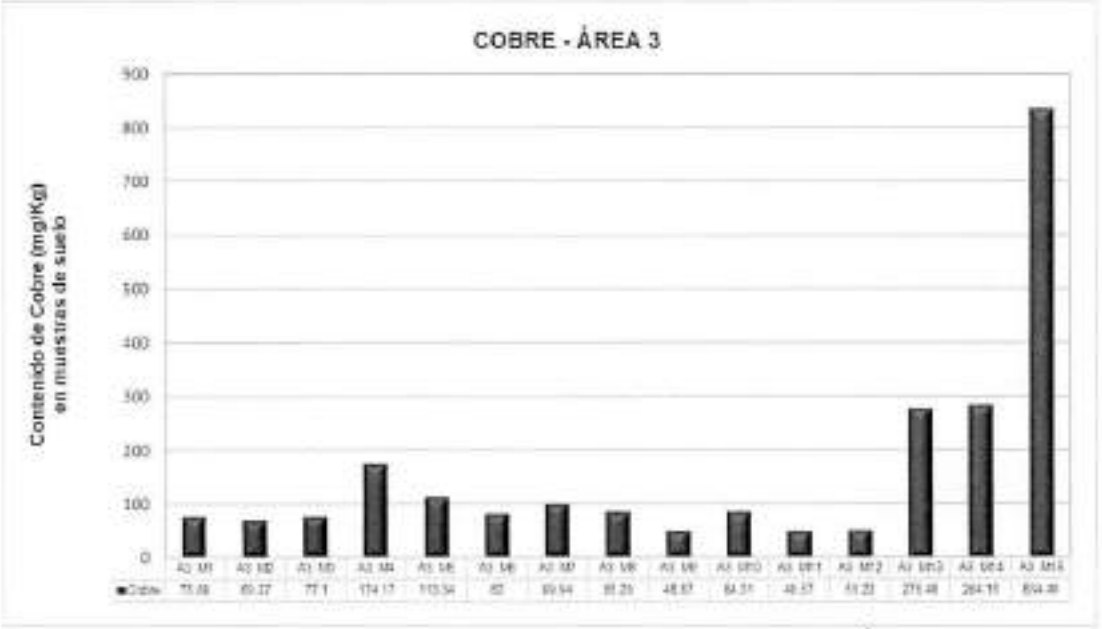


Figura 5.20 Contenido de Cobre (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

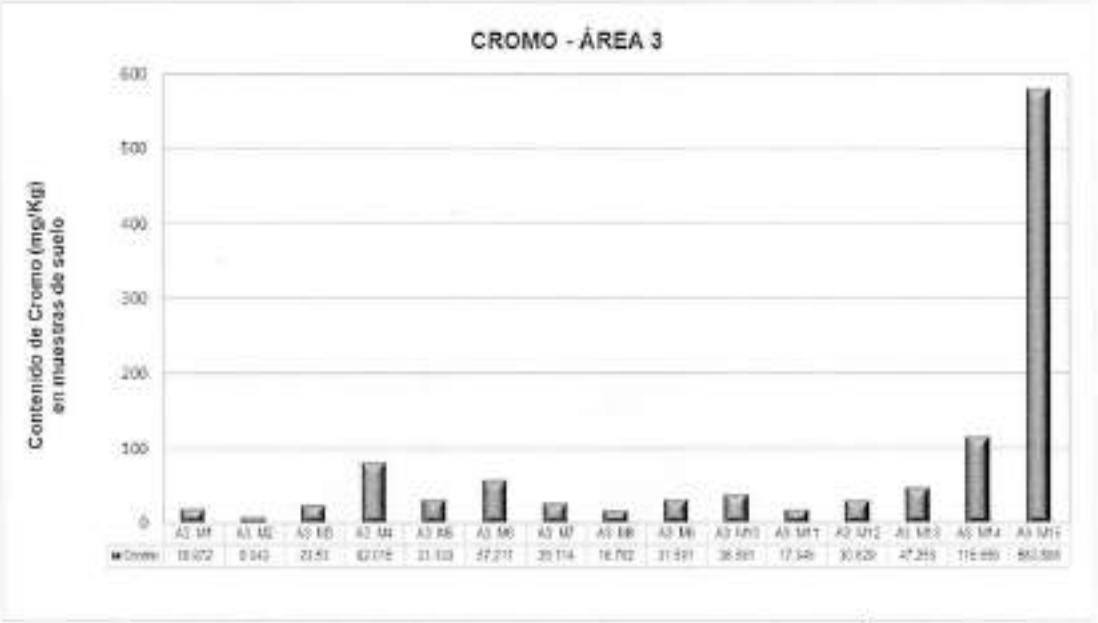


Figura 5.21 Contenido de Cromo (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

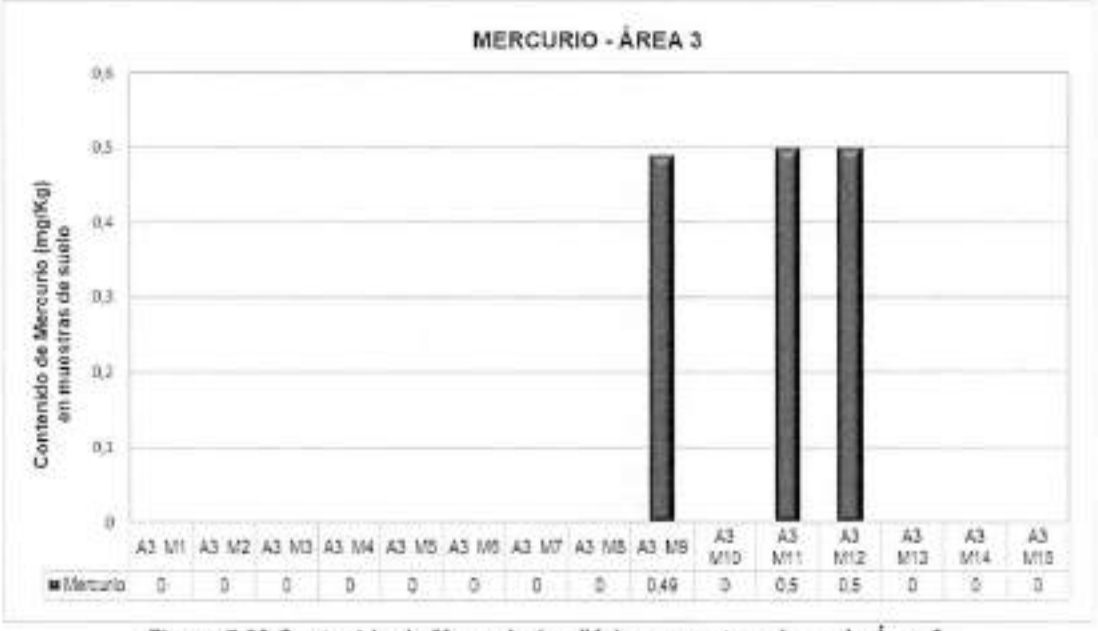


Figura 5.22 Contenido de Mercurio (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

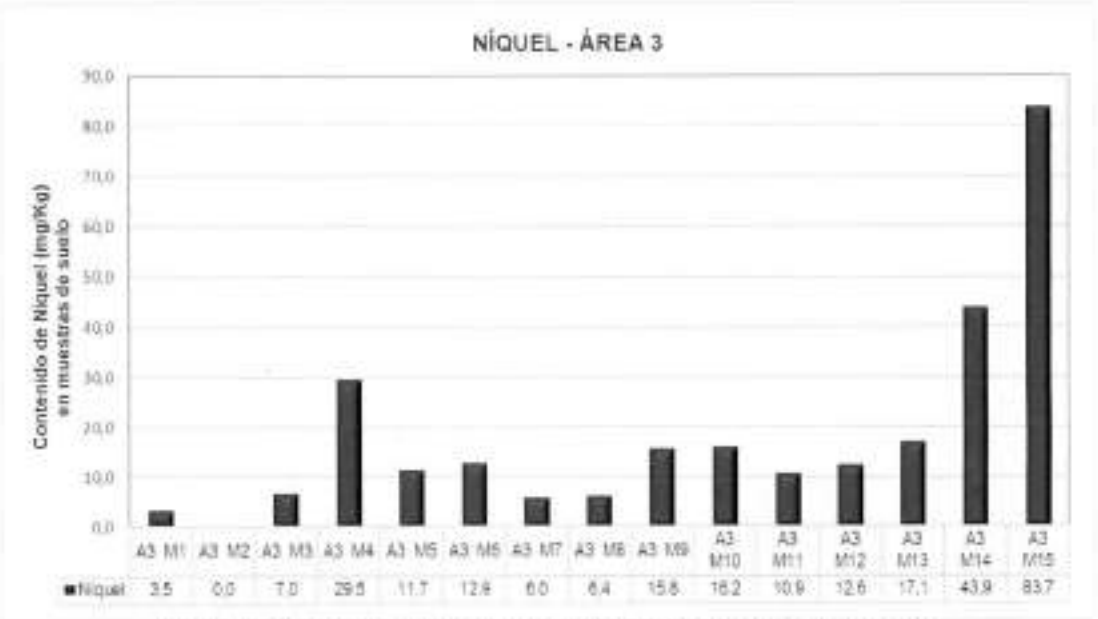


Figura 5.23 Contenido de Níquel (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

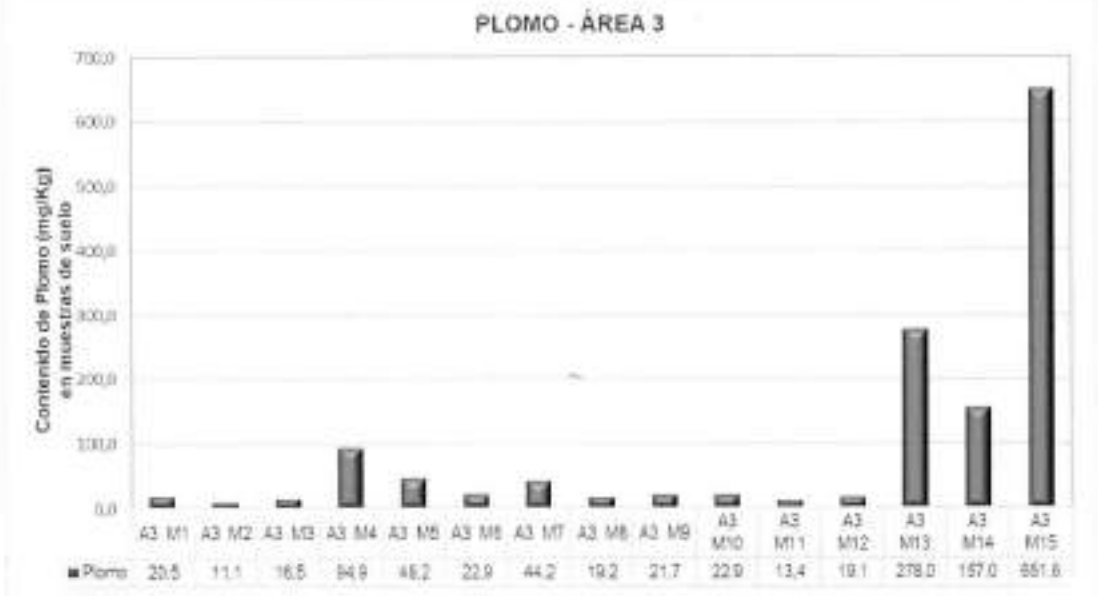


Figura 5.24 Contenido de Plomo (mg/Kg) en muestras de suelo Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

5.4. ACOPIO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PRODUCTO DEL MUESTREO DE SUELOS

Todos los residuos provenientes de las actividades de muestreo de suelos fueron almacenados en la bodega establecida para tal fin.

Los residuos provenientes del muestreo de suelos fueron empacados en bolsas de polipropileno color rojo (**Fotografía 5.5**)



Fotografía 5.5 Acopio de residuos peligrosos producto del muestreo de suelos.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los residuos almacenados en la bodega fueron recolectados y trasladados por la empresa ENLACES AMBIENTALES. La disposición final de los residuos se realizó a través de la empresa **VEOLIA ASEO NORTE DE SANTANDER S.A.S E.S.P.**

En el **ANEXO E.2.Certificados Disposición - Solidos Contaminados** se presentan los respectivos certificados de disposición de residuos y en la **Tabla 5.5** se presenta el resumen del peso total y volumen reportado en cada jornada de recolección.

Tabla 5.5 Relación de disposición de residuos peligrosos producto del muestreo de suelos

Fecha de Recolección	Material	Peso (Kg)	Volumen	Certificado de Disposición
16/06/2022	Solidos contaminados	12,3	-	890495

Fuente: SIAM SAS, 2022.

En total se realizó la disposición de 12.3 Kg de residuos peligrosos producto del muestreo de suelos.

6. MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas del agua subterránea en las zonas adyacentes al Predio Gibraltar y su variación en el tiempo, se realizaron dos (2) campañas de monitoreo en los siete (7) piezómetros ubicados alrededor del predio.

La primera campaña de monitoreo se realizó los días 13 y 14 de junio de 2022, y la segunda campaña de monitoreo se realizó los días 21 y 22 de noviembre de 2022.

Tabla 6.1 Relación de muestras de agua subterránea tomadas en las campañas de muestreo

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA			
Lugar: Zonas Adyacentes – Predio Gibraltar			
Pozo de Monitoreo	**Nombre - Muestra**	**Primera campaña**	**Segunda campaña**
PM 01	PM 01 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 02	PM 02 /17 B	14/06/2022	21/11/2022
PM 03	PM 03 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 04	PM 04 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 05	PM 05 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 06	PM 06 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 07	PM 07 /17	14/06/2022	22/11/2022
Total muestras		**7**	**7**
TOTAL			**14**

Fuente: SIAM SAS, 2022

Los parámetros a evaluar según la SDA (2021) fueron los siguientes:

- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos - PAH
- Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO)
- Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos).
- Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV
- Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo)

6.1. LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA.

En la **Figura 6.1** se observa la ubicación espacial de los 7 pozos de monitoreo identificados y en la **Tabla 6.2** se presentan las coordenadas de localización de los pozos con origen en el sistema Bogotá 2005.



Figura 6.1 Localización de pozos de monitoreo adyacentes al predio Gibraltar.
Fuente: SIAM SAS, 2022

Tabla 6.2 Coordenadas Pozos de Monitoreo en zonas adyacentes al Predio Gibraltar.

PUNTO	COORDENADAS PLANAS (Magna Bogotá D.C. 2005)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
PM 01	88319,80	105596,61
PM 02	88475,52	105646,19
PM 03	89215,98	105328,72
PM 04	88918,67	104287,18
PM 05	88199,35	104445,42
PM 06	87860,56	104675,36
PM 07	87929,37	105185,58

Fuente: SIAM SAS, 2018.

6.2. PROCEDIMINETO TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Las muestras se tomaron teniendo en cuenta que la purga de cada uno de los pozos se realizara con un mínimo de tiempo de 72 horas antes del muestreo, con el fin de remover los sedimentos presentes y mejorar la comunicación acuífera; haciendo uso de bailer garantizando la extracción del agua almacenada y asegurando la conexión hidráulica del punto.



Fotografia 6.1 Purga de red de pozos de monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

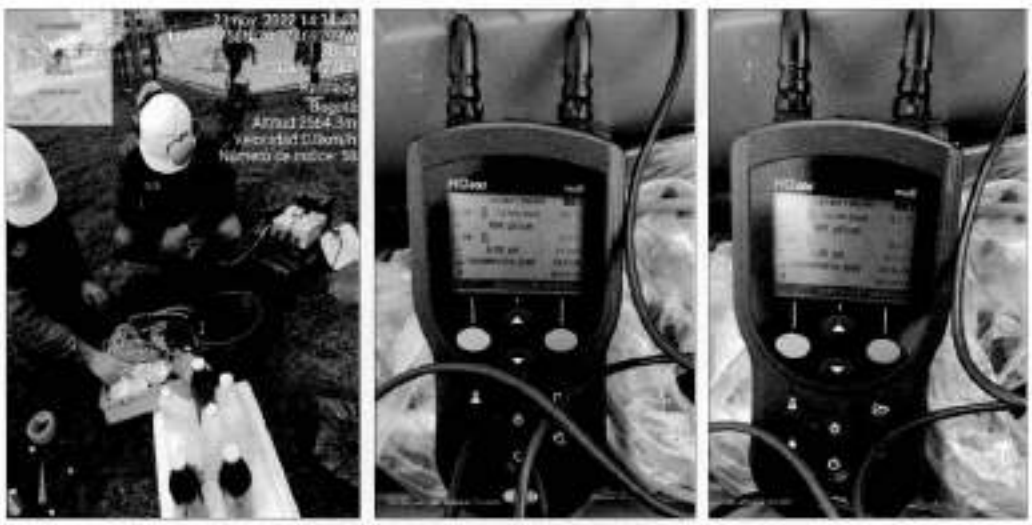
A continuación, y mediante una bomba de purga y muestreo se tomaron las muestras de agua para analizar medición in situ de **pH, temperatura, oxigeno disuelto, potencial redox, turbiedad y conductividad** con un equipo previamente calibrado (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Este procedimiento se realizó hasta que dichos parámetros fueran aproximadamente constantes y se encontraran en los rangos presentados en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Tabla 6.3 Rangos de parámetros in situ para calibración.

Parámetro	Rango
pH	± 0.2 – 0.3 unidades
Temperatura	± 0.2°C o variación de ± 3%
Conductividad	± 5% para valores ≤100 µS/cm ± 3% para valores >100 µS/cm
Oxigeno Disuelto	Variaciones ± 10%
Potencial Redox	n Variaciones ± 10 mV
Turbiedad	± 10% para valores entre 1 – 100 NTU

Fuente: SDA, 2021.



Fotografía 6.2 Calibración de parámetros In Situ.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Posteriormente, se realizó el muestreo de aguas utilizando el procedimiento establecido por la guía para el monitoreo de aguas subterráneas del IDEAM.

Los frascos para recolección de agua se rotularon previos al muestreo para asegurar un menor tiempo en la actividad de recolección y preparación de muestra, garantizando la calidad del muestreo. Las muestras recolectadas fueron registradas en el formato correspondiente, posteriormente embaladas y transportadas al laboratorio, por personal calificado y autorizado del laboratorio SGS Colombia, para los respectivos análisis **Fotografía 6.3.**

Las cadenas de custodia de cada campaña de monitoreo se encuentran en el **ANEXO C.2. Cadenas de custodia.**



Fotografía 6.3 Muestreo de aguas subterráneas.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

6.3. RESULTADOS DE LABORATORIO EN AGUAS

Las muestras recolectadas fueron analizadas por el laboratorio SGS sede Bogotá, los resultados obtenidos de los parámetros evaluados se presentan en el **ANEXO C.3. Resultados de laboratorio.**

6.3.1. Primer Monitoreo de Aguas Subterráneas

El primer monitoreo de agua subterránea se realizó entre los días 13 y 14 de junio de 2022. La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 7,5 m y 8 m con un nivel freático variable entre 2,54 m y 5,09 m. Según las medidas de pH estas aguas son ácidas a ligeramente ácidas. El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura con presencia de sales (**Tabla 6.4**).

Tabla 6.4 Parámetros medidos In Situ – Primer Monitoreo de Aguas subterráneas

Parámetro In Situ	Unidad	PM 01/17 14/06/22 14:40	PM 02/17B 14/06/22 14:00	PM 03/17 14/06/22 11:15	PM 04/17 14/06/22 10:00	PM 05/17 13/06/22 15:20	PM 06/17 13/06/22 14:16	PM 07/17 14/06/22 13:00
Profundidad Total Pozo	m	8	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Nivel Freático	m	4,65	3,85	3,71	3,74	2,54	3,24	5,09
pH	UN	4,8	6,3	5,71	6,41	4,86	5,99	5,44
Temperatura	C	18,3	18,5	21,5	21,1	19,5	18,8	18,1
Oxígeno Disuelto	mg/L	2,09	2,01	2,62	1,64	0,36	2,04	2,46
Conductividad	ms/cm	8,33	1000*	826*	888*	3,45	2,39	2,75
Turbiedad	NTU	8,7	230	300	270	13	400	100

* Conductividad en µs/cm

Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los resultados de laboratorio de los diferentes análisis para el primer monitoreo de agua se presentan en la **Tabla 6.5** y desde la **Figura 6.2** hasta la **Figura 6.11.**

Tabla 6.5 Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Primer Monitoreo

Método	Análisis	Unidad	PM 01/17	PM 02/17D	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
			14/06/22 14:40	14/06/22 14:00	14/06/22 11:15	14/06/22 10:00	13/06/22 15:20	13/06/22 14:15	14/06/22 13:00
EPA 5030 C	Benceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Tolueno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p,m-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromodiclorometano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV'sTotales	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	mg/L	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313
EPA 3510 C	Acenaftileno	mg/L	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293
EPA 3510 C	Antraceno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	mg/L	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	mg/L	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo(g,h,i)perileno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	mg/L	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo(a,h)antraseno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296

Método	Análisis	Unidad	PM 01/17 14/06/22 14:40	PM 02/17B 14/06/22 14:00	PM 03/17 14/06/22 11:15	PM 04/17 14/06/22 10:00	PM 05/17 13/06/22 15:20	PM 06/17 13/06/22 14:10	PM 07/17 14/06/22 13:00
EPA 3510 C	Fenantreno	mg/L	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Fluoreno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	mg/L	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	mg/L	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	HAP's Totales	mg/L	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	mg/L	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	mg/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
EPA 200.8	Arsénico Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cadmio Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: SIAM SAS, 2022.

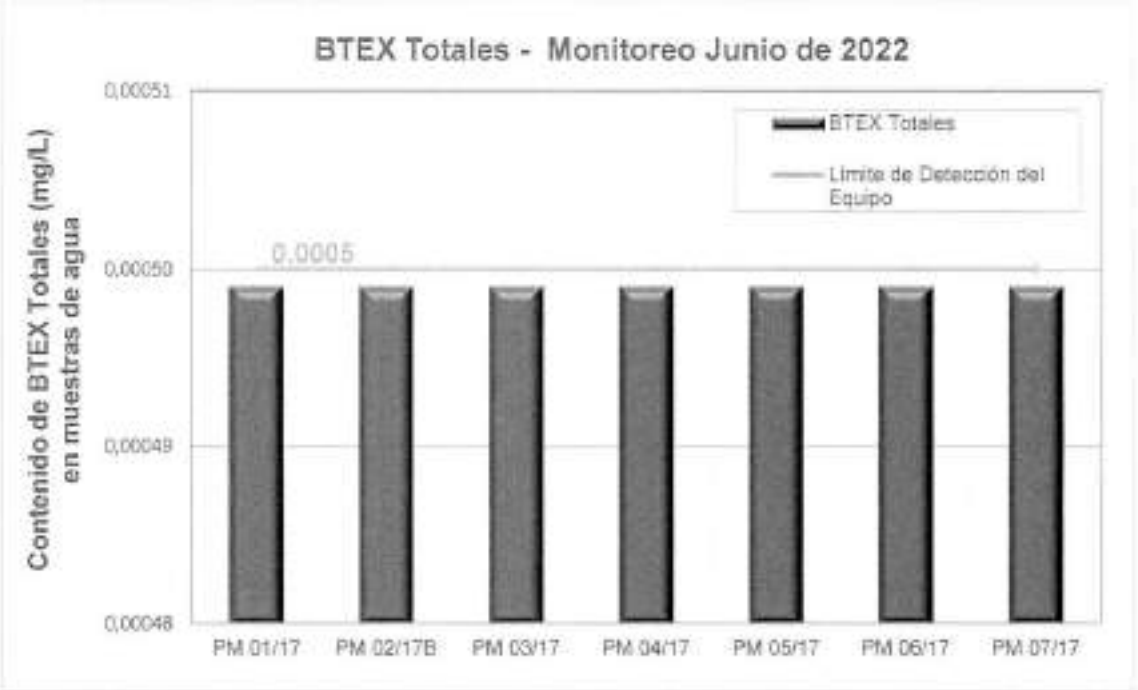


Figura 6.2 Contenido de BTEX Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

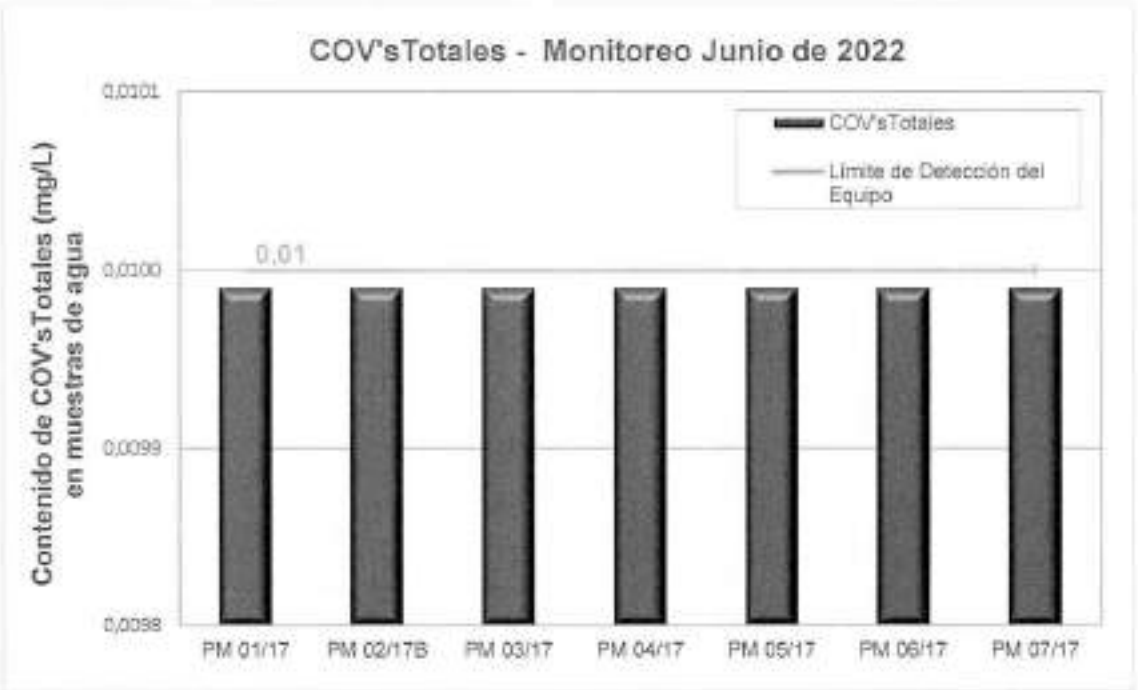


Figura 6.3 Contenido de COV's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

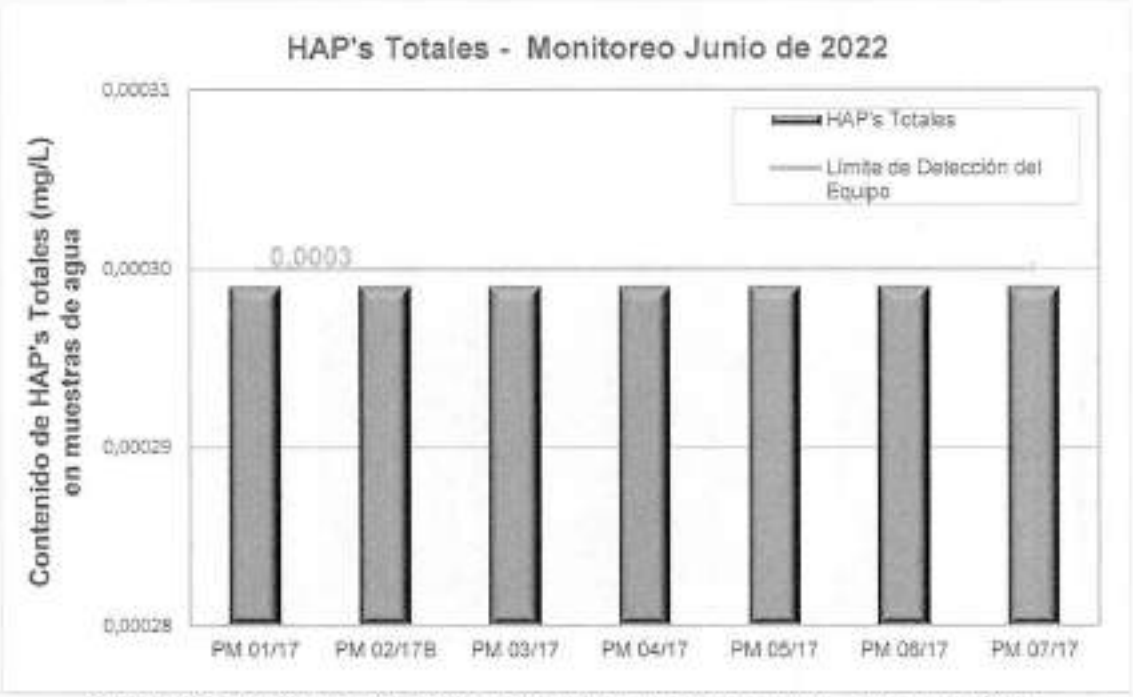


Figura 6.4 Contenido de HAP's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

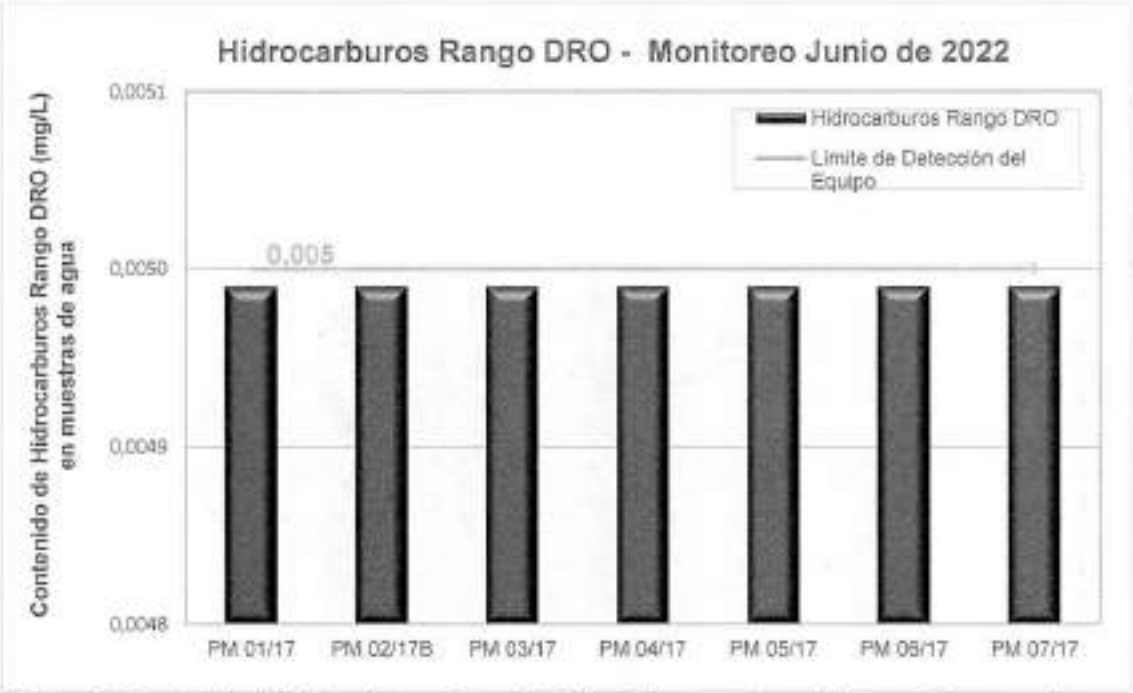


Figura 6.5 Contenido de Hidrocarburos Rango DRO (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

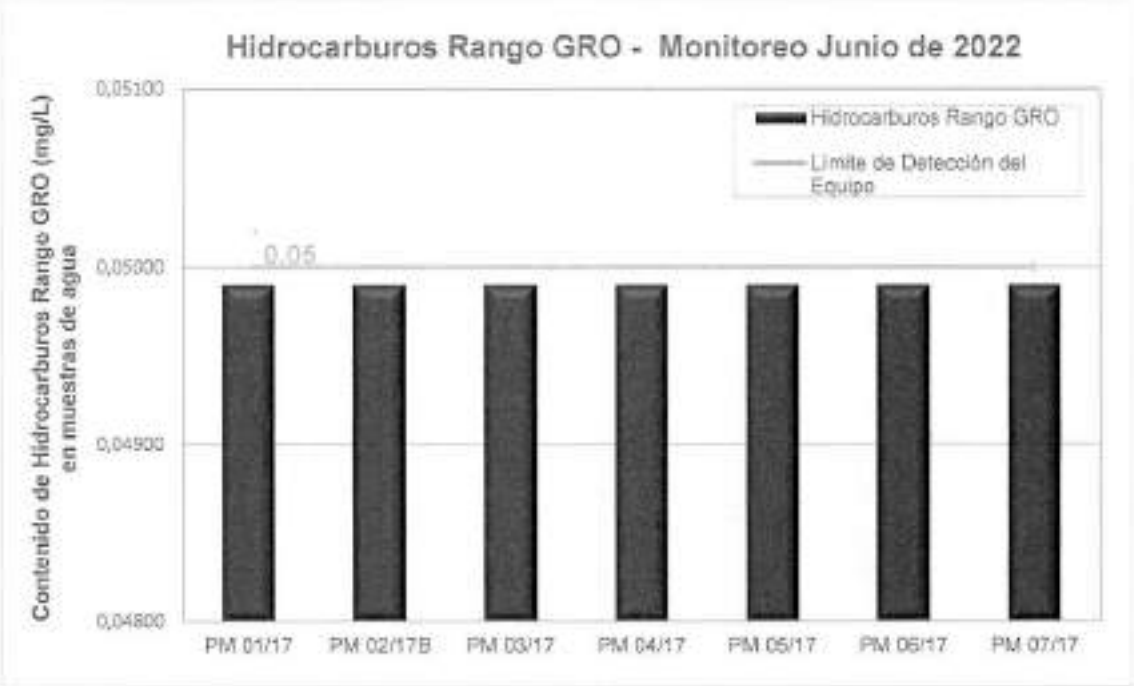


Figura 6.6 Contenido de Hidrocarburos Rango GRO (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

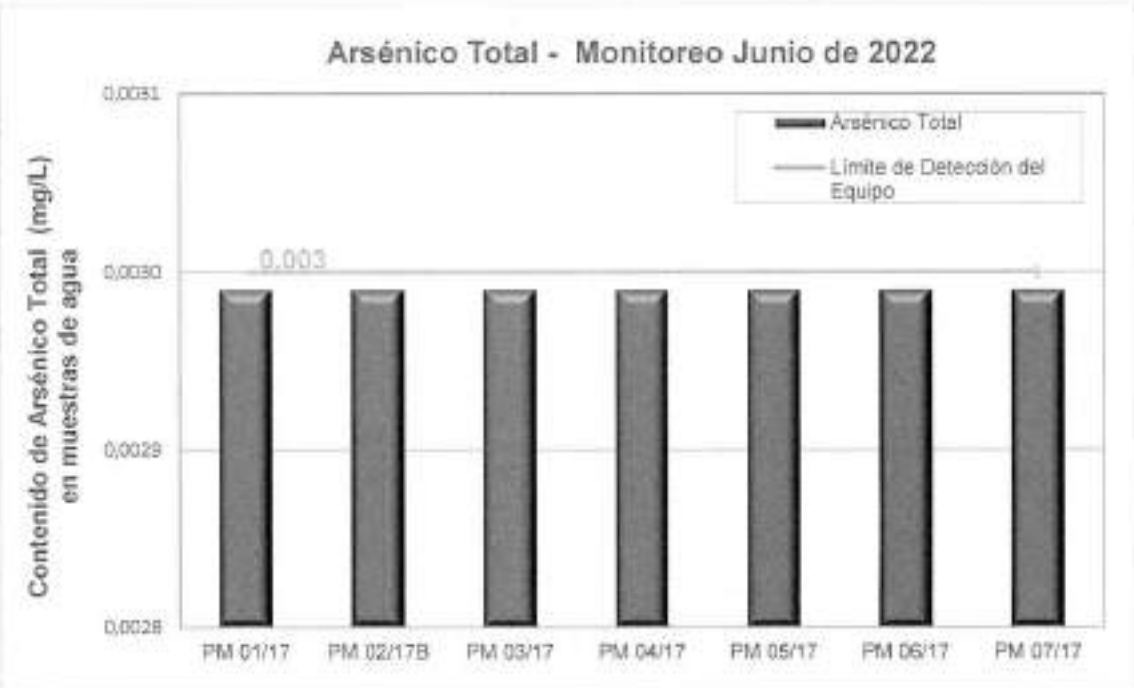


Figura 6.7 Contenido de Arsénico Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

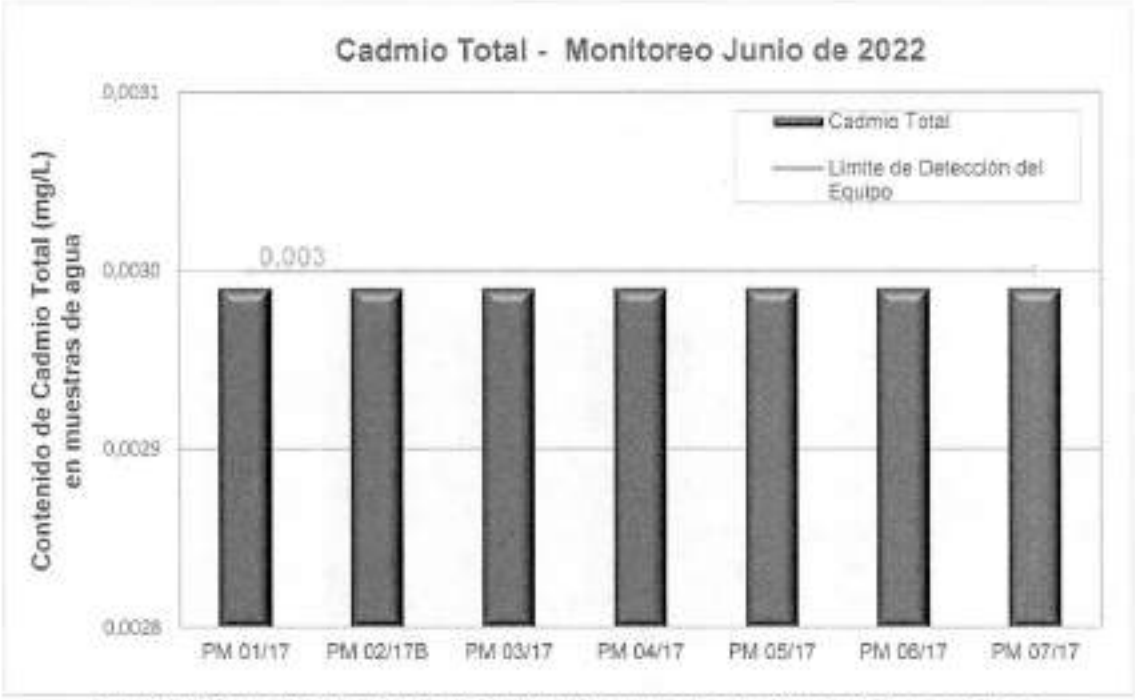


Figura 6.8 Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

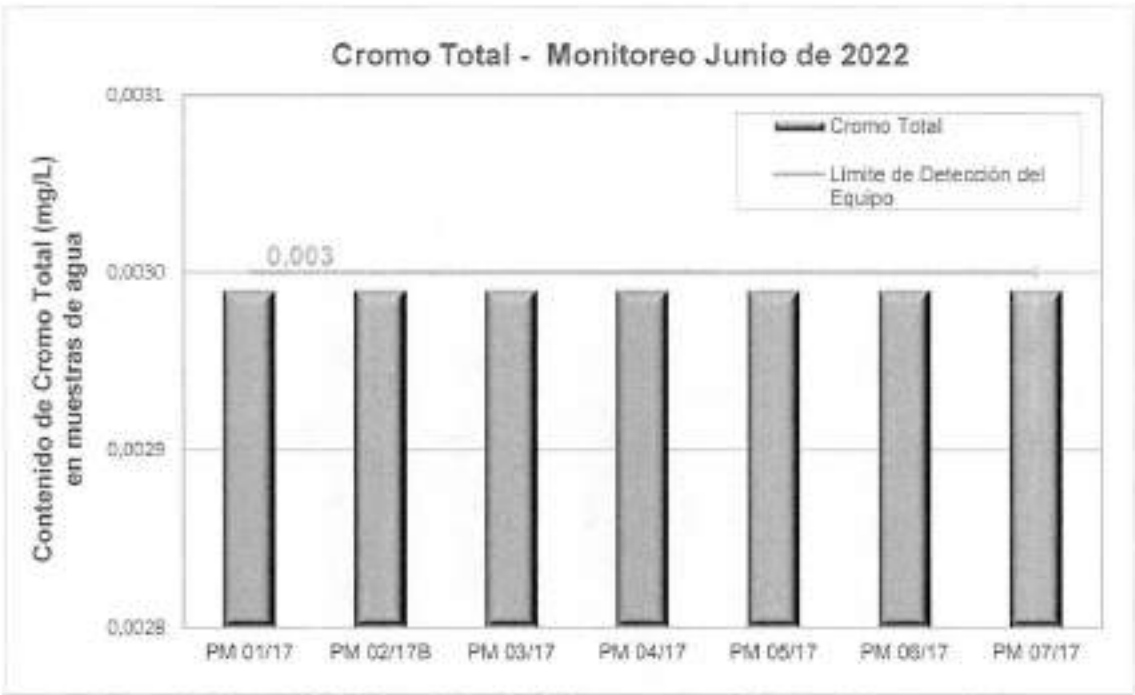


Figura 6.9 Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

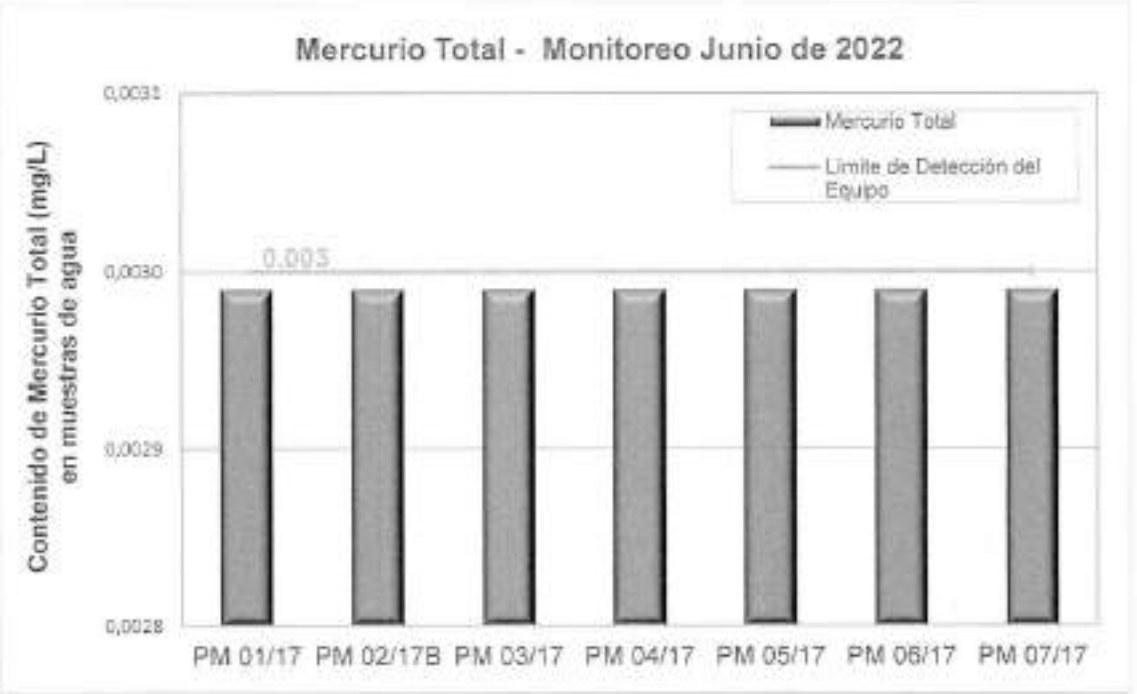


Figura 6.10 Contenido de Mercurio Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

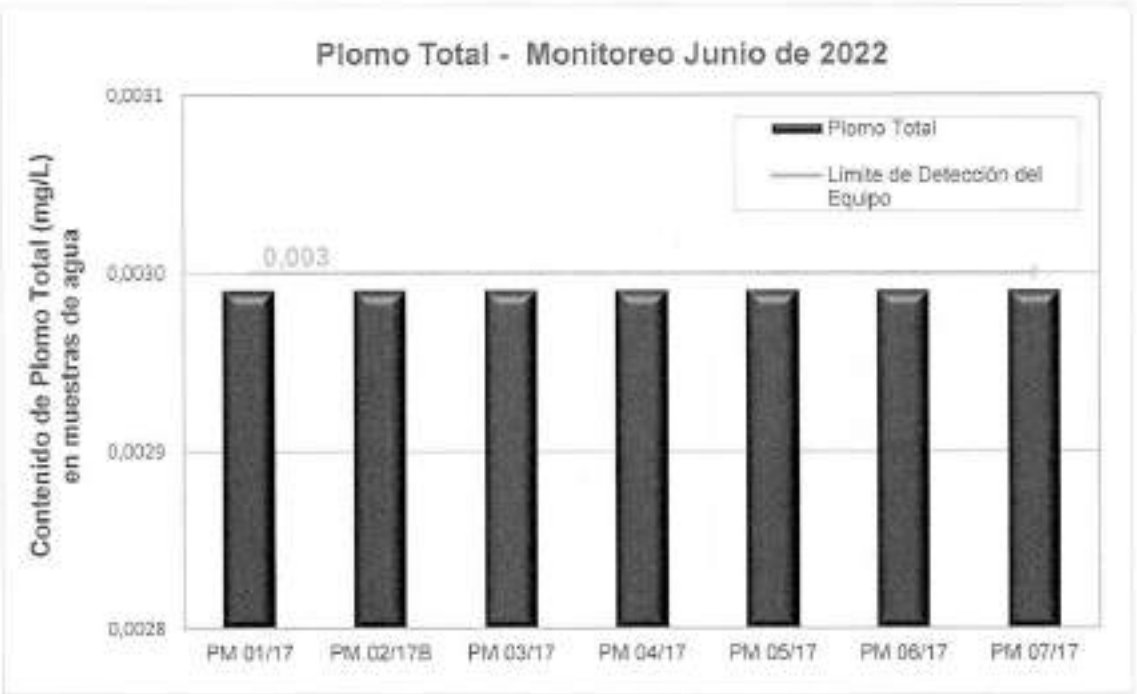


Figura 6.11 Contenido de Plomo Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

6.3.2. Segundo Monitoreo de Aguas Subterráneas

El segundo monitoreo de agua subterránea se realizó entre los días 21 y 22 de noviembre de 2022. La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 6,2 m y 8,2 m con un nivel freático variable entre 2,88 m y 5,3 m, ligeramente inferior con respecto al monitoreo anterior. Según las medidas de pH estas aguas son ligeramente ácidas con un pH más cercano a 7 en comparación al primer monitoreo. El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura con presencia de sales (**Tabla 6.6**).

Tabla 6.6 Parámetros medidos In Situ – Segundo Monitoreo de Aguas subterráneas

Parámetro In Situ	Unidad	PM01/17 21/11/22 12:30	PM02/17B 21/11/22 13:30	PM03/17 21/11/22 14:30	PM04/7 21/11/22 15:30	PM05/17 22/11/22 11:40	PM06/17 22/11/22 10:40	PM07/17 22/11/22 09:40
Profundidad Total Pozo	m	8,2	6,2	7,5	7,5	7	6,17	7,5
Nivel Freático	m	4,77	3,97	3,71	3,73	2,88	3,67	5,3
pH	UN	5,17	6,27	6,1	6,65	5	6,26	6,55
Temperatura	C	19,4	18,9	19,8	19,3	20,3	19,6	18,9
Oxigeno Disuelto	mg/L	1,81	1,79	1,84	1,45	1,81	1,7	2,05
Conductividad	µs/cm	8520	8324	1058	971	3314	2966	1298
Turbiedad	NTU	4,1	500	600	320	9,6	330	600

Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los resultados de laboratorio de los diferentes análisis para el primer monitoreo de agua se presentan en la **Tabla 6.7** y desde la **Figura 6.12** hasta la **Figura 6.22**.

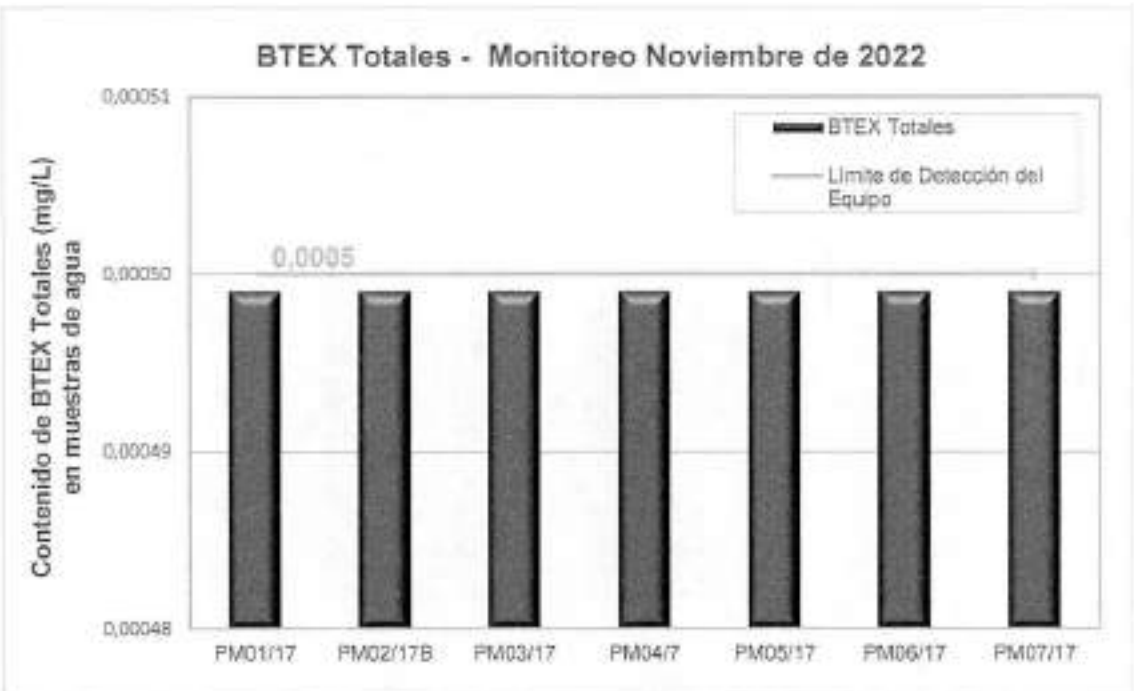


Figura 6.12 Contenido de BTEX Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Tabla 6.7 Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Segundo Monitoreo

Método	Análisis	Unidad	PM01/17	PM02/17B	PM03/17	PM04/17	PM05/17	PM06/17	PM07/17
			21/11/22 12:30	21/11/22 13:30	21/11/22 14:30	21/11/22 15:30	22/11/22 11:40	22/11/22 10:40	22/11/22 9:40
EPA 5030 C	Benceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Tolueno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p,m-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromodiclorometano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV'sTotales	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 8041 A	2,4,5-Triclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4,6-Triclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4-Diclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4-Dimetilfenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Clorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Metilfenol (o-cresol)	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Nitrofenol	mg/L	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
EPA 8041 A	4,6-Dinitro-2-Metilfenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	4-Metilfenol (p-cresol)	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	4-Nitrofenol	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
EPA 8041 A	Clorofenoles	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200

Método	Análisis	Unidad	PM01/17 21/11/22 12:30	PM02/17B 21/11/22 13:30	PM03/17 21/11/22 14:30	PM04/7 21/11/22 15:30	PM05/17 22/11/22 11:40	PM06/17 22/11/22 10:40	PM07/17 22/11/22 8:40
EPA 8041 A	Fenoles Monohidricos	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Nitrofenoles	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Pentaclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenoles Totales	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	mg/L	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313
EPA 3510 C	Acenaftileno	mg/L	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293
EPA 3510 C	Antraceno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	mg/L	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	mg/L	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo(g,h,i)perileno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	mg/L	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo(a,h)antraseno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Fenantreno	mg/L	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	mg/L	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	mg/L	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	Fluoreno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	HAP's Totales	mg/L	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	mgL	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	mg/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
EPA 200.8	Arsénico Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0,01	0,006
EPA 200.8	Cadmio Total	mg/L	0,023	0,011	<0.0030	<0.0030	0,009	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	mg/L	0,007	0,003	<0.0030	0,004	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: SIAM SAS, 2022.

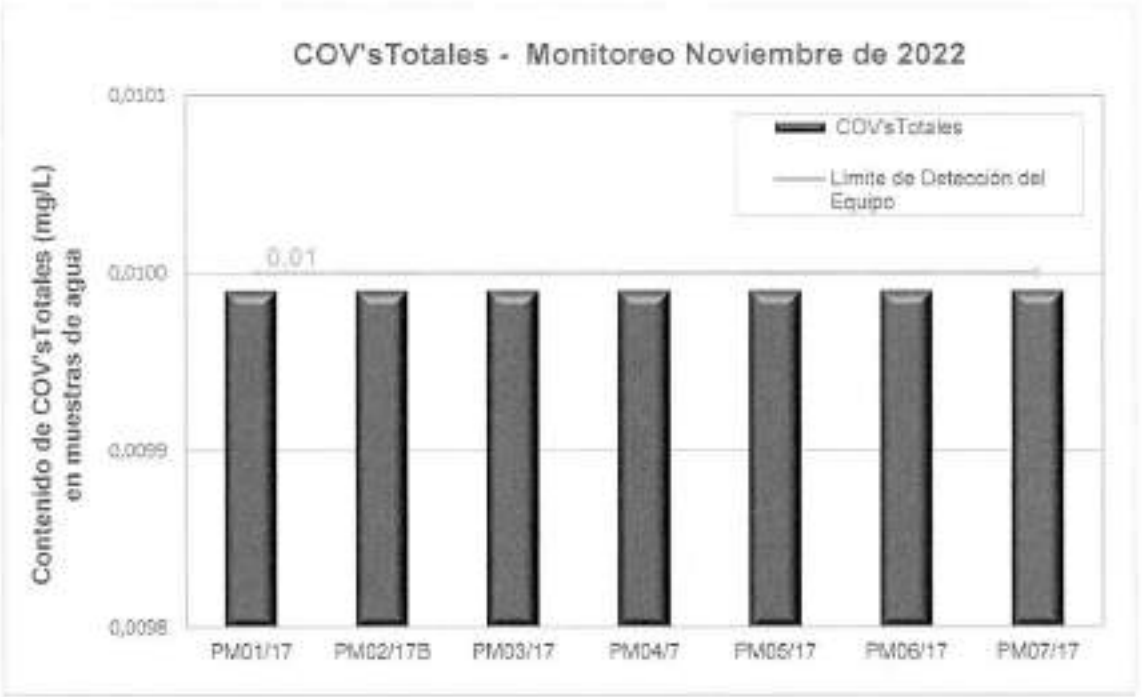


Figura 6.13 Contenido de COV's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

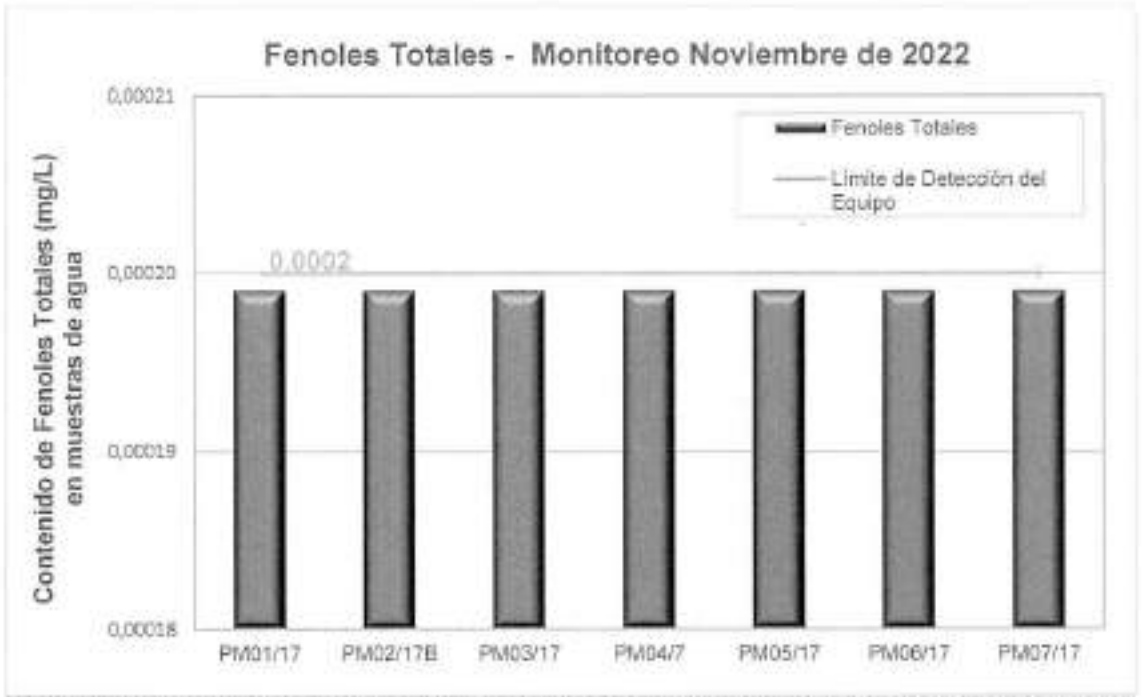


Figura 6.14 Contenido de SCOV's Fenoles Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

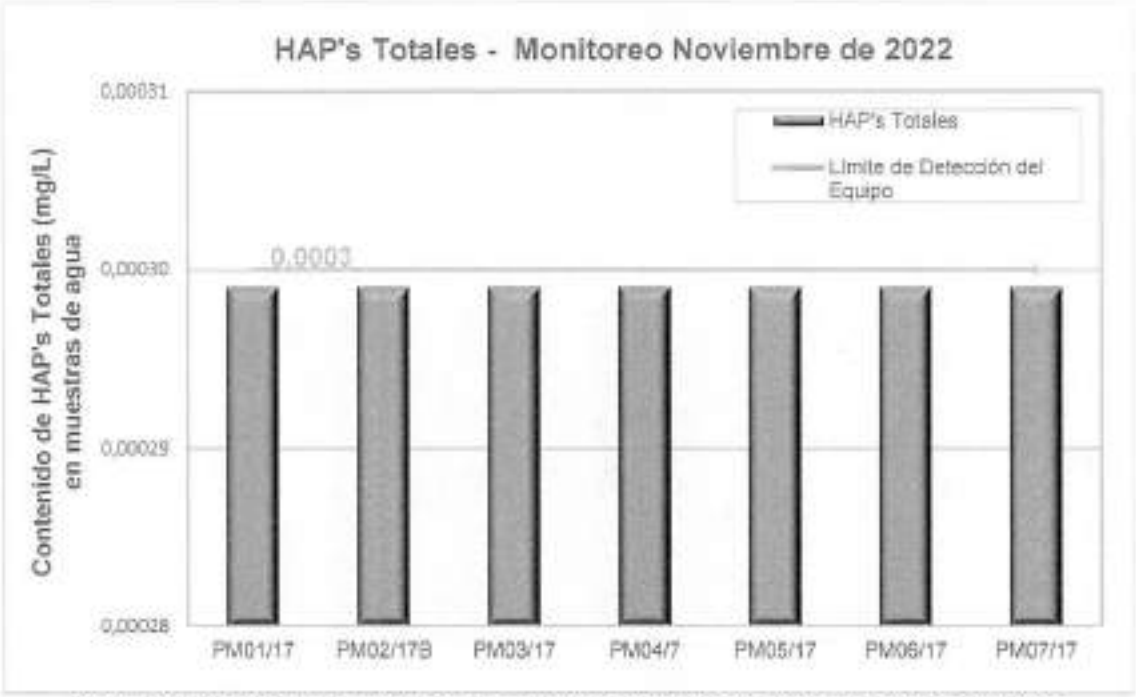


Figura 6.15 Contenido de HAP's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

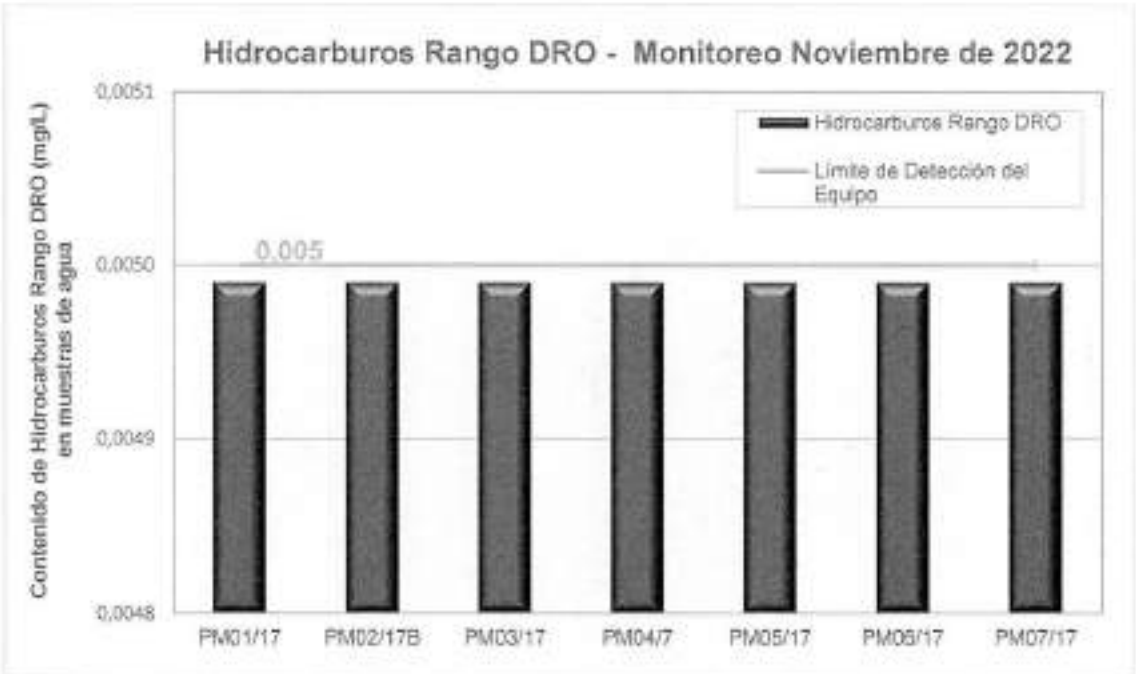


Figura 6.16 Contenido de Hidrocarburos Rango DRO (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

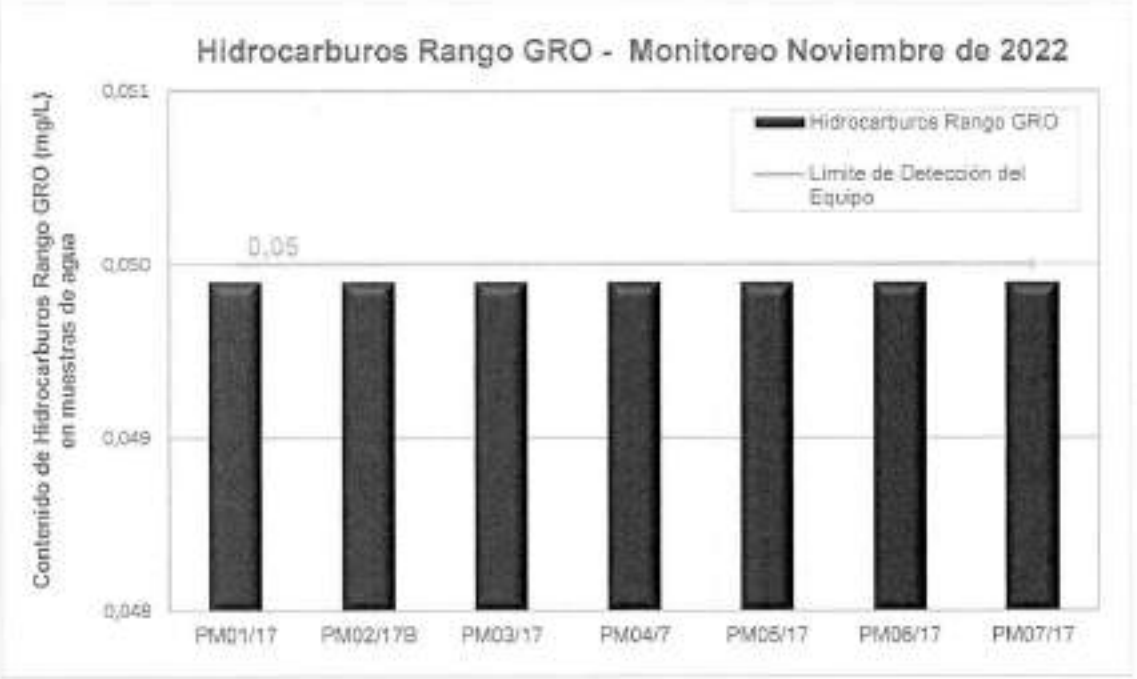


Figura 6.17 Contenido de Hidrocarburos Rango GRO (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

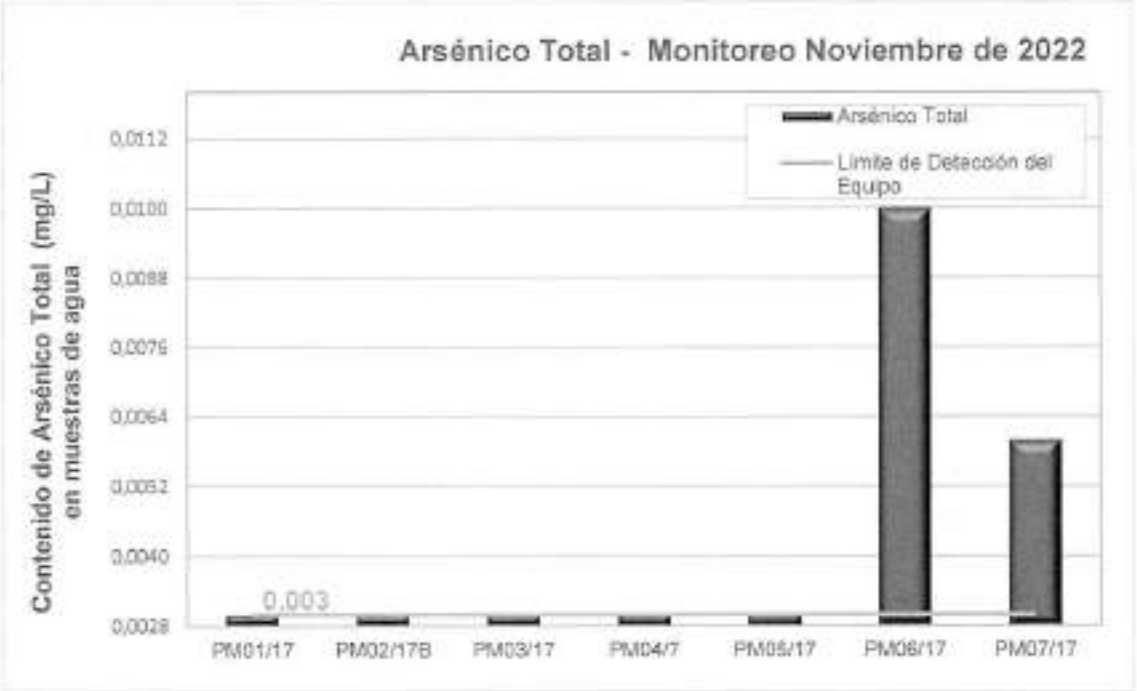


Figura 6.18 Contenido de Arsénico Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

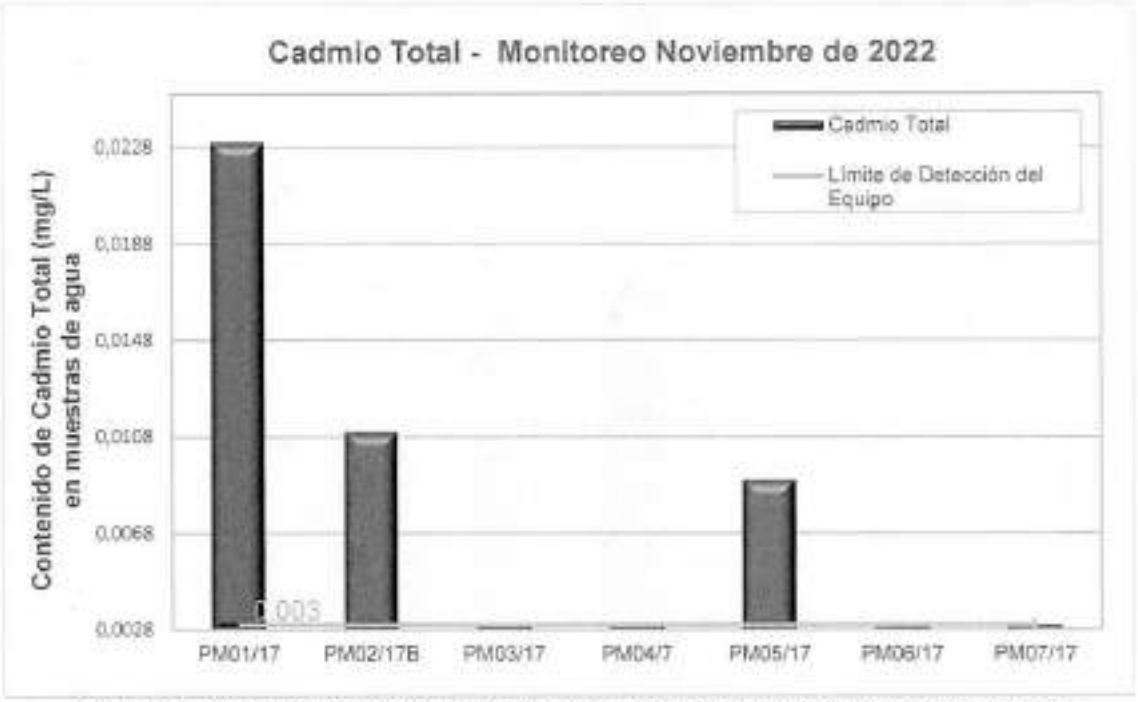


Figura 6.19 Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

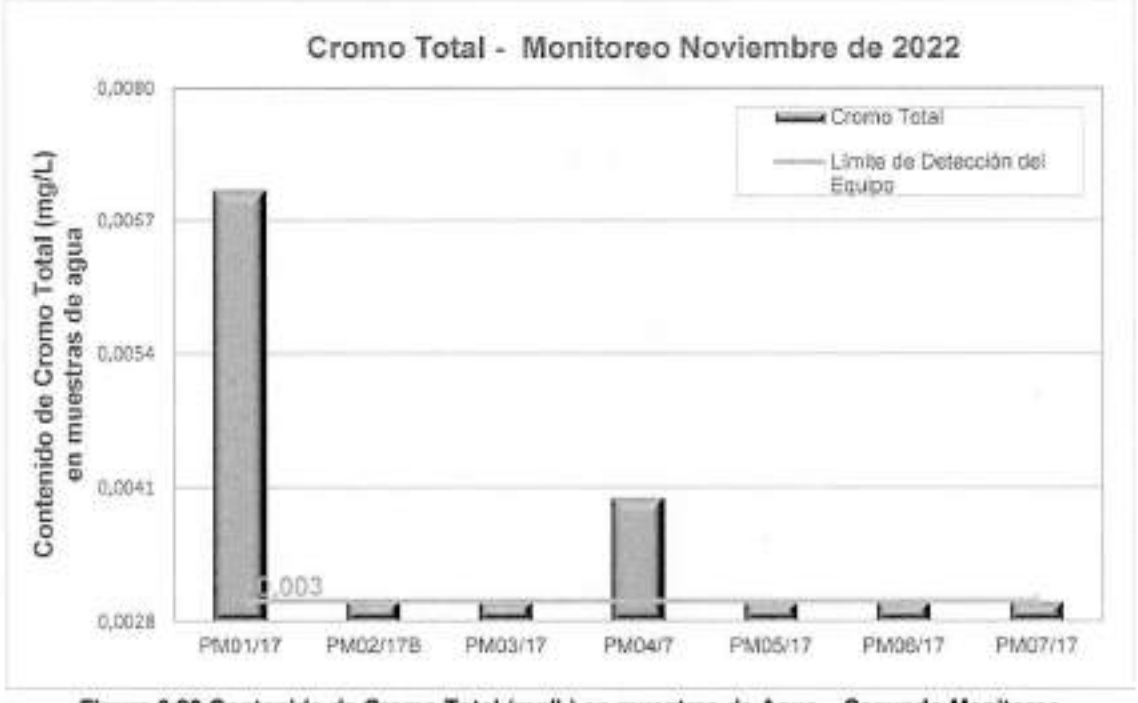


Figura 6.20 Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

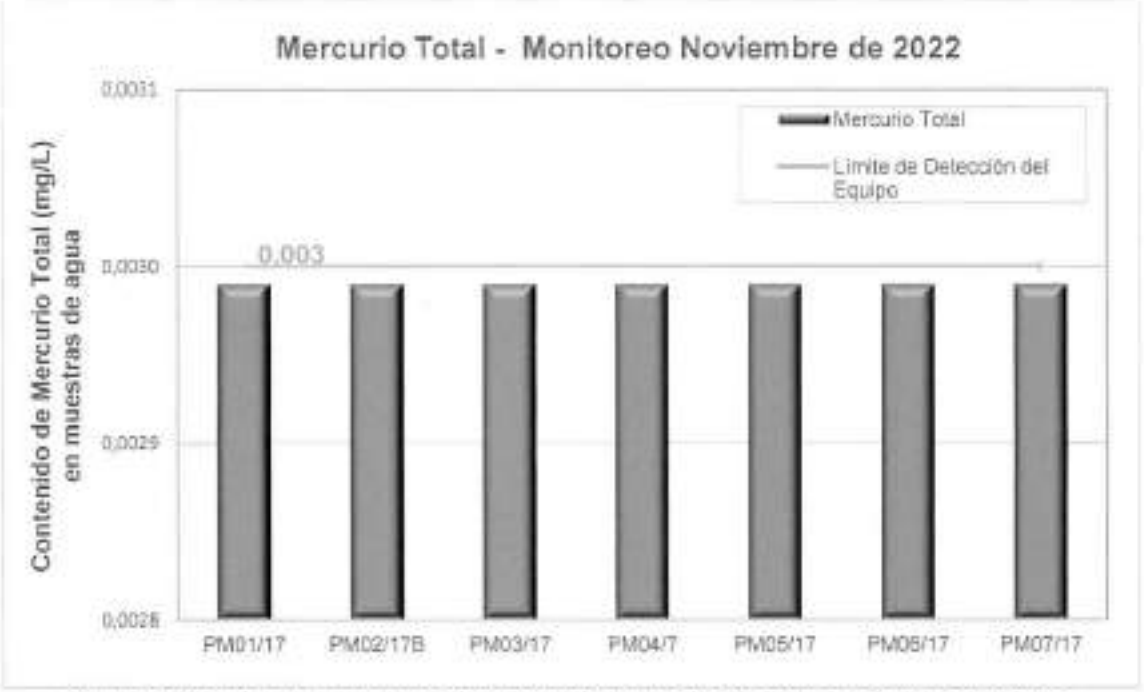


Figura 6.21 Contenido de Mercurio Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

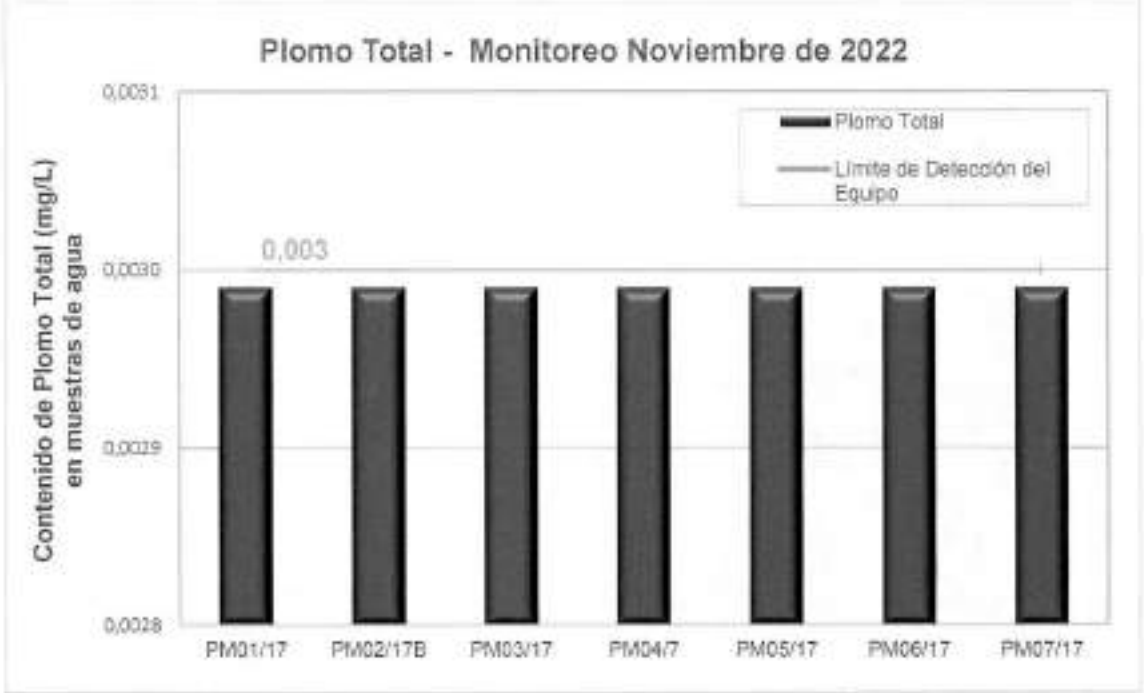


Figura 6.22 Contenido de Plomo Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

6.4. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL ACUIFERO SOMERO

Con el fin de calcular la magnitud de la conductividad hidráulica del acuífero, que es el parámetro básico que permite definir su rendimiento, se llevó a cabo la ejecución de pruebas slug o de cambio rápido de presión en los siete (7) pozos de monitoreo identificados, mediante el uso de una sonda de medición de niveles.

El método usado fue el método de HORSLEV, el cual mide la disminución instantánea de la carga hidráulica, para lo cual se extrajo un volumen conocido de agua mediante un muestreador manual tipo bailer de marca GEOTECH y se midió la recuperación del pozo mediante una sonda de nivel calibrada marca GEOTECH con precisión de 1 mm (**Fotografía 6.4**).

Para el análisis de los datos de las pruebas Slug, se aplicó el método de Hvorslev (Hvorslev, 1951) para encontrar la conductividad hidráulica (K) del acuífero.

La formulación expuesta por Hvorslev se presenta en la siguiente ecuación:

$$K = \frac{r_{tu}^2 \ln\left(\frac{L}{r_f}\right)}{2Lt_{37}}$$

Donde:
K = conductividad hidráulica saturada (m/día),
r_{tu} = radio de la entubación (m),
r_f = radio de la zona filtrante (m),
L = longitud de la rejilla o parte ranurada de la perforación (m)
t37 = tiempo que tarda el agua en subir o bajar hasta el 37% de la carga inicial (m)



Fotografía 6.4 Desarrollo de pruebas Slug.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Conforme a los resultados de los análisis de la conductividad hidráulica mediante el método de Hvorslev 1951, en la **Tabla 6.8** y **ANEXO C.5. Slug Test** se muestran los resultados de conductividad hidráulica resultantes para cada pozo de monitoreo

Tabla 6.8 Resultados de conductividad hidráulica obtenidos en Pozos Monitoreo

POZO	K (m/día)
PM 01/17	$8{,}54 \times 10^{-2}$
PM 02/17B	$1{,}91 \times 10^{-1}$
PM 03/17	5,21
PM 04/17	2,26
PM 05/17	$7{,}40 \times 10^{-2}$
PM 06/17	$7{,}51 \times 10^{-1}$
PM 07/17	2,48

Fuente: SIAM SAS, 2022

Los resultados de las pruebas de conductividad hidráulica permiten establecer una relación entre la litología general de los pozos y las propiedades del acuífero, específicamente en la permeabilidad de las capas. Según los valores calculados, los pozos PM03/17, PM04/17 y PM07/17 se asocian a una litología de granulometría arenosa de selección moderada a baja que favorece el flujo intergranular del agua a través del suelo, por otra parte, los pozos PM02/17B, y PM06/17 presentan una permeabilidad moderada relacionada a texturas arenosas a areno – limosas, con moderado de selección. Finalmente, los resultados de los pozos PM01/17 y PM05/17 indican una menor permeabilidad relacionada con texturas areno - arcillosas a arcillo – limosas.

La distribución de los valores de conductividad hidráulica en las zonas adyacentes al predio Gibraltar, con base en los datos tomados en pozos de monitoreo, se presenta en la **Figura 6.23.**

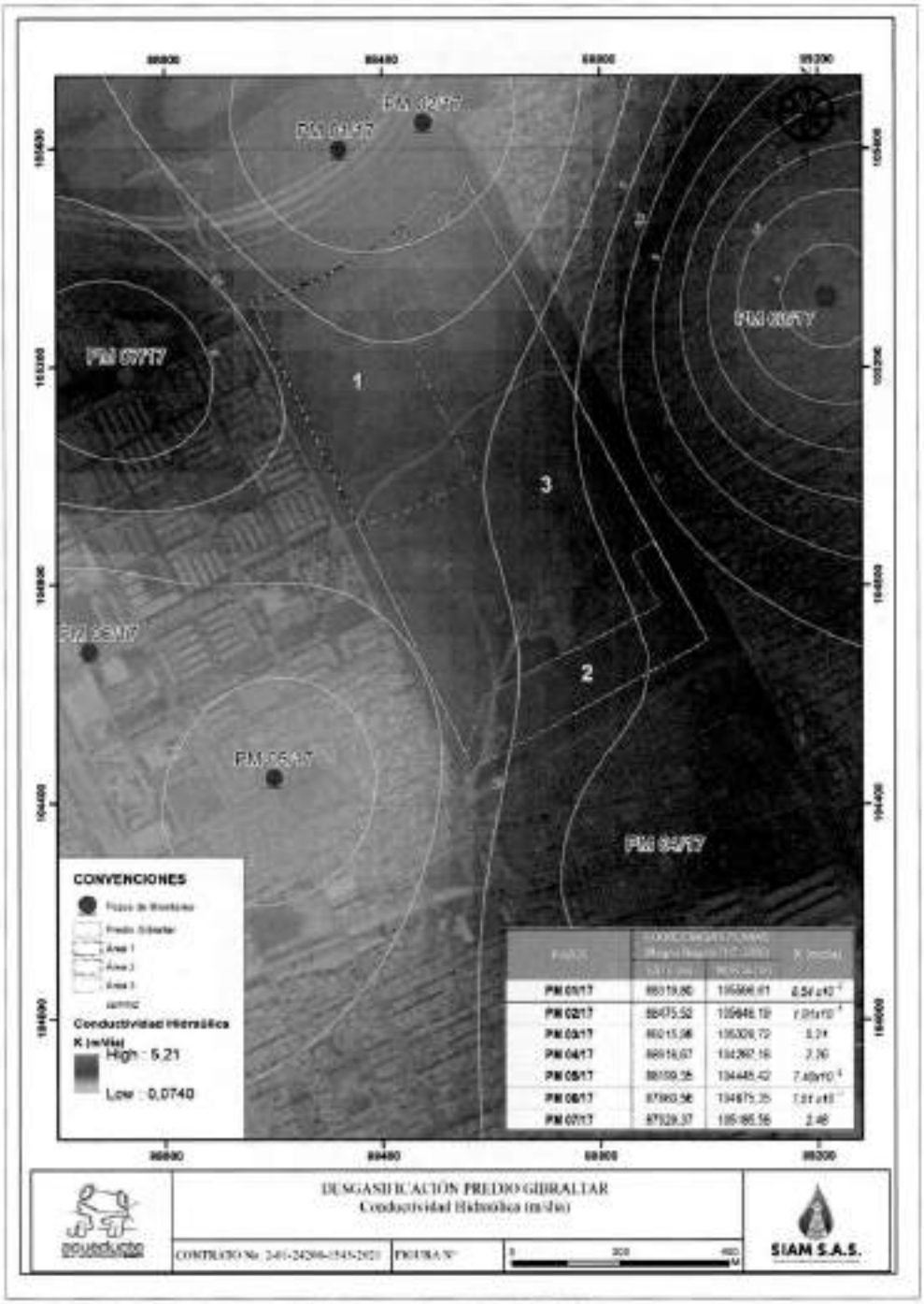


Figura 6.23 Distribución espacial de la conductividad hidráulica en zonas adyacentes al predio Gibraltar.

Fuente: SIAM SAS, 2022.

6.5. ACOPIO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PRODUCTO DEL MUESTREO DE AGUAS

Todos los residuos provenientes de las actividades de muestreo de aguas fueron almacenados en la bodega establecida para tal fin.

Los residuos provenientes de la purga y muestreo de aguas subterráneas fueron almacenados en garrafas de 30 L o canecas de 50 L (**Fotografía 6.5**).



Fotografía 6.5 Acopio de residuos líquidos contaminados producto de la purga y muestreo de aguas en pozos de monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los residuos almacenados en la bodega fueron recolectados y trasladados por la empresa ENLACES AMBIENTALES. La disposición final de los residuos se realizó a través de la empresa **VEOLIA ASEO NORTE DE SANTANDER S.A.S E.S.P.**

En el **ANEXO E.3.Certificados Disposición - Líquidos residual de Purga** se presentan los respectivos certificados de disposición de residuos y en la **Tabla 6.9** se presenta el resumen del peso total y volumen reportado en cada jornada de recolección.

Tabla 6.9 Relación de disposición de residuos peligrosos producto del muestreo de aguas

Fecha de Recolección	Material	Peso (Kg)	Volumen	Certificado de Disposición
8/07/2022	Líquido de Purgas	156,8	156,8 L	929959
10/12/2022	Líquido de Purgas	86,9	86,9 L	1033234

Fuente: SIAM SAS, 2022.

En total se realizó la disposición de 243.7 L de Líquidos de purgas.

7. ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA ZONA

7.1. NORMAS DE REFERENCIA

La valoración ambiental se realizó tomando como referencia los valores registrados en la norma internacional ***310 CMR 40 de Massachusetts Departament of Enviromental Protection*** *(2015)* ya que esta cuenta con la base más completa en elementos contaminantes cancerígenos y no cancerígenos e hidrocarburos totales actualmente disponible, además se destaca que está norma es aceptada por las entidades ambientales del país para análisis de contaminación de suelos y agua. Por otra parte, la norma nacional utilizada fue la que contempla el ***Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios Distribución de Derivados de Hidrocarburos*** del Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007) debido a que esta es la única norma de referencia en el país donde se contempla el análisis de este tipo de contaminantes, esta es usada en el desarrollo de actividades socio- económicas, en sectores agrícolas, residenciales e industriales.

La metodología de aplicación de las normas de referencia tomadas para el desarrollo del análisis ambiental de la zona, se presentan en el **ANEXO D.1. Normas Ambientales de Referencia.**

7.1.1. Norma Nacional

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible (MAVDT) desarrolló el **"Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos" (2007),** con el fin de proveer las herramientas y la información relevante que permita proporcionar criterios de análisis de riesgo basados en toxicología y ecología para determinar el nivel de acción requerido y definir las concentraciones de referencia de los compuestos de interés a partir de los cuales se toma la decisión de ampliar la evaluación del sitio o tomar acciones remediales.

El manual define de forma clara dos (2) tipos de componentes que pueden ser impactados: Suelo y Agua Subterránea Superficial (acuífero somero), así mismo cada componente se valora de forma individual: En el caso del suelo se define si el uso es industrial y/o comercial, o residencial y/o agrícola y para el caso de las aguas subterráneas se define si el agua es potable o no potable.

Para cada variable se definen los "Límites de Referencia Basados en Riesgos" (LGBR).

La clasificación de los "Compuestos de Interés" (CDI) para los LGBR en el componente suelo según el impacto, establece "Saturación del Suelo" como la concentración mínima del compuesto a la cual se comienza a formar como producto libre y "Contacto Directo" como la concentración mínima de cada compuesto a partir del cual puede haber efectos nocivos para un receptor que entra en contacto directo con el suelo. Las Guías Ambientales indican que, si existe una vía de exposición completa desde el agua subterránea hasta un receptor identificado, los resultados deben compararse con el valor mínimo de los LGBR para "Migración de Agua Subterránea".

En las **Tabla 7.1** y **Tabla 7.2** se presentan los Límites Genéricos Basados en Riesgos LGBR´s definidos dentro del Manual Técnico del MAVDT (2007) para concentraciones en suelos y aguas.

Tabla 7.1 (A) Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para Compuestos de Interés según Norma Colombiana

COI de petróleo	Exposición a Suelo Industrial/Comercial			Exposición a Agua subterránea/Superficial No Potable		
	Saturación de Suelo (mg/kg)	Contacto Directo mg/kg	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	No Potable (mg/L)
TPH						
GRO		1.0 E+03	3.3 E+02			4.0 E+00
DRO/ERO		5.6 E+03	9.9 E+02			2.4 E +00
BTEX						
Benceno	5.9 E+02	2.5 E+02	3.5 E+01* c	1.8 E +03	5.0 E-03	5,2 E-02c
Tolueno	3.1 E+02	1.6 E+04	1.0 E+02*	5.3 E+02	1.0 E+00	8.2 E+00
Etilbenceno	1.6 E+02	8.8 E+03	2.0 E+02*	1.7 E +02	7.0 E-01	1.0 E+01
Xilenos (mezclados)	1.7 E+02	8.8 E+02	4.3 E+02*	1.6 E+02	1.0 E+01	2.0 E+01
PAHs Cancerigenos						
Benceno(a)antraceno		1.5 E+01 c	1.1 E+02 c	9.4 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(a)Pireno		1.5 E+00 c	2.9 E+01 c	1.6 E-03	2.0 E-04	7.0 E-04c***
Benceno(b)fluoranteno		1.5 E+01 c	3.4 E+02 c	1.5 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(k)fluoranteno		1.5 E+02 c	3.4 E+03 c	8.0 E-04		7.0 E-02c***
Criseno		1.5 E+03 c	1.1 E+04 c	1.6 E-03		7.0 E-01c***
Dibenzo(a,h)antraceno		1.5 E+00 c	1.1 E+02 c	2.5 E-03		7.0 E-04c***
Indeno(1,2,3-cd)pireno		1.5 E+01 c	9.7 E+02 c	2.2 E-05		7.0 E-03c***
PAHs NO Cancerigenos						
Naftaleno		8.0E+03	1.7 E +02	3.1 E+01		2.0 E+00
Aditivos de Combustible						
Plomo		7.5E+02a	3.0 E+01 a		1.5 E-02 a	1.5 E-02 a

Tabla 7.2 (B) Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para Compuestos de Interés según Norma Colombiana

COI de petróleo	Exposición a Suelo Residencial/Agrícola			Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable		
	Saturación de Suelo (mg/Kg)	Contacto Directo mg/kg	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	Uso Como Agua Potable(mg/L)
TPH						
GRO		5.9 E+02	2.5 E+01			3.2 E-01
DRO/ERO		2.6 E+03	7.9 E+01			2.9 E-01
BTEX						
Benceno	5.9 E+02	7.5 E+01c	3.4 E-02**c	1.8 E +03	5.0 E-03	1.0 E-02c**
Tolueno	3.1 E+02	8.8 E+03	1.2E+01**	5.3 E+02	1.0 E+00	9.3 E-01
Etilbenceno	1.6 E+02	4.6 E+03	1.3 E+01**	1.7 E +02	7.0 E-01	1.6 E+00
Xilenos (mezclados)	1.7 E+02	6.9 E+02	2.1 E+02**	1.6 E+02	1.0 E+01	2.7 E-01
PAHs Cancerigenos						
Benceno(a)antraceno		5.0 E+00c	1.1 E+02 c	9.4 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(a)Pireno		5.0 E-01c	2.9 E+01 c	1.6 E-03	2.0 E-04	7.0 E-04c***
Benceno(b)fluoranteno		5.0 E+00c	3.4 E+02 c	1.5 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(k)fluoranteno		5.0 E+01c	3.4 E+03 c	8.0 E-04		7.0 E-02c***
Criseno		5.0 E+02c	1.1 E+04 c	1.6 E-03		7.0 E-01c***
Dibenzo(a,h)antraceno		5.0 E.01c	1.1 E+02 c	2.5 E-03		7.0 E-04c***

CDI de petróleo	Exposición a Suelo Residencial/Agrícola			Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable		
	Saturación de Suelo (mg/kg)	Contacto Directo mg/kg	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	Uso Como Agua Potable(mg/L)
Indeno(1,2,3-cd)pireno		5.0 E-00c	9.7 E-02 c	2.2 E-05		7.0 E-03c***
PAH s NO Cancerígenos						
Naftaleno		3.2 E+03	6.1 E+01	3.1 E+01		7.1 E-01
Aditivos de Combustible						
Plomo		4.0 E+02 a	3.0 E+01 a		1.5 E-02 a	1.5 E-02 a

Fuente: MAVDT, 2007

7.1.2. Norma 310 CMR 40.000 Massachusetts Contingency Plan (MCP)

Esta norma establece dos (2) variables de entrada a valorar: Agua Subterránea y Suelo.

7.1.2.1. Agua Subterránea

Dentro de esta variable, se definen tres (3) categorías denominadas GW1, GW2, y GW3 dependiendo del potencial de la misma dentro de un sitio específico.

GW1

Esta categoría se debe usar cuando el área se define como:

- Área Fuente de Agua Potable Actual (Current Drinking Water Source Area- CDWSA).
- Área potencial de fuente de agua potable (Potential Drinking Water Source Area-PDWSA).

Un Área CDWSA la cual a su vez se define como:

(a) Área dentro de una Zona II que corresponde a una zona de suministro público de agua potable
(b) Área de protección de cabezal de pozo de un área de suministro público de agua potable.
(c) Dentro de una Zona denominada A o un cuerpo de agua Clase A el cual es usado de suministro público de agua potable.

PDWSA se refiere únicamente a la ubicación del acuífero en una zona definida previamente como potencialmente productora de agua subterránea. Esto no es aplicable cuando:

1. La información específica del sitio sobre los tipos y/o la transmisividad de los suelos muestra que el agua subterránea no se encuentra dentro del verdadero límite del (de los) acuífero (s) de medio o alto rendimiento que comprende (n) el acuífero potencialmente productivo; o,
2. el agua subterránea dentro del acuífero potencialmente productivo es naturalmente salobre, o tiene niveles naturalmente altos de metales, de tal manera que el desarrollo del acuífero como un agua pública para suministro, es actualmente inviable tecnológica o económicamente.
3. El agua subterránea ha sido contaminada por residuos peligrosos y/o hidrocarburos.

GW 2

1. Esta categoría es empleada cuando la fuente de agua está ubicada a menos de 10 metros de un edificio o estructura existente, o a construir, que está o será ocupado, y que la profundidad anual promedio del agua subterránea en esa área es de 5 metros o menos.
2. En la categoría GW-2, el agua subterránea se considera una fuente potencial de vapores de petróleo y/o material peligroso para aire interior. La construcción de edificaciones en un área en la cual la profundidad anual promedio al agua subterránea es de 5 metros o menos cambiará la categoría de agua subterránea en el sitio para incluirla como GW2; cambiando las actividades, usos y/o exposiciones en el sitio de disposición.

GW3

Se empleará esta categoría cuando no se pueda clasificar el agua subterránea dentro de las categorías GW1 y GW2.

La **Tabla 7.3** muestra los Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para las categorías GW1, GW2, GW3 del parámetro AGUA SUBTRERRÁNEA definidos por la norma de Massachusetts.

Tabla 7.3 Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para la categoría agua subterránea.

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1 ?? MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standards mg/L	GW-2 Standards mg/L	GW-3 Standards mg/L
ACENAPHTHENE	0,02	0,01	10
ACENAPHTHYLENE	0,03	10	0,04
ACETONE	6,30	50	50
ALDRIN	0,0005	0,002	0,03
ALIPHATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)			
ANTHRACENE	0,06	0,03	0,03
ANTIMONY	0,006	8	8
AROMATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)			
ARSENIC	0,01	0,9	0,9
BARIUM	2	50	50
BENZENE	0,005	1	10
BENZO(a)ANTHRACENE	0,001	1	1
BENZO(a)PYRENE	0,0002	0,5	0,5
BENZO(b)FLUORANTHENE	0,001	0,4	0,4
BENZO(g,h,i)PERYLENE	0,05	0,02	0,02
BENZO(k)FLUORANTHENE	0,001	NA	0,1
BERYLLIUM	0,004	0,2	0,2
BIPHENYL, 1,1-	0,0009	0,2	50
BIS(2-CHLOROETHYL)ETHER	0,03	0,03	50
BIS(2-CHLOROISOPROPYL)ETHER	0,03	0,1	50
BIS(2-ETHYLHEXYL)PHTHALATE	0,006	50	50
BROMODICHLOROMETHANE	0,003	0,006	50
BROMOFORM	0,004	0,7	50
BROMOMETHANE	0,01	0,007	0,8
CADMIUM	0,005	0,004	0,004
CARBON TETRACHLORIDE	0,005	0,002	5
CHLORDANE	0,002	0,002	0,002

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1.1 MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standar mg/L	GW-2 Standar mg/L	GW-3 Standar mg/L
CHLOROANILINE, p-	0,02	30	0,3
CHLOROBENZENE	0,1	0,2	1
CHLOROFORM	0,07	0,05	20
CHLOROPHENOL, 2-	0,01	20	7
CHROMIUM (TOTAL) '	0,1	0,3	0,3
CHROMIUM(III)	0,1	0,6	0,6
CHROMIUM(VI)	0,1	0,3	0,3
CHRYSENE	0,002	0,07	0,07
CYANIDE "	0,2	0,03	0,03
DIBENZO(a,h)ANTHRACENE	0,0005	0,04	0,04
DIBROMOCHLOROMETHANE	0,002	0,02	50
DICHLOROBENZENE, 1,2- (o-DCB)	0,6	6	2
DICHLOROBENZENE, 1,3- (m-DCB)	0,1	6	50
DICHLOROBENZENE, 1,4- (p-DCB)	0,005	0,06	6
DICHLOROBENZIDINE, 3,3'-	0,06	2	2
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHANE, P,P'- (DDD)	0,0002	0,05	0,05
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHYLENE,P,P'- (DDE)	0,0001	0,4	0,4
DICHLORODIPHENYL TRICHLOROETHANE, P,P'- (DDT)	0,0003	0,001	0,001
DICHLOROETHANE, 1,1-	0,07	2	20
DICHLOROETHANE, 1,2-	0,005	0,005	20
DICHLOROETHYLENE, 1,1-	0,007	0,08	30
DICHLOROETHYLENE, CIS-1,2-	0,07	0,02	50
DICHLOROETHYLENE, TRANS-1,2-	0,1	0,08	50
DICHLOROMETHANE	0,005	2	50
DICHLOROPHENOL, 2,4-	0,01	30	2
DICHLOROPROPANE, 1,2-	0,004	0,003	50
DICHLOROPROPENE, 1,3-	0,0004	0,01	0,2
DIELDRIN	0,0001	0,008	0,0005
DIETHYL PHTHALATE	2	50	9
DIMETHYL PHTHALATE	0,3	50	50
DIMETHYLPHENOL, 2,4-	0,06	40	50
DINITROPHENOL, 2,4-	0,2	50	20
DINITROTOLUENE, 2,4-	0,03	20	50
DIOXANE, 1,4-	0,0003	6	50
ENDOSULFAN	0,01	0,002	0,002
ENDRIN	0,002	0,005	0,005
ETHYLBENZENE	0,7	20	5
ETHYLENE DIBROMIDE	0,00002	0,002	50
FLUORANTHENE	0,09	0,2	0,2
FLUORENE	0,03	0,04	0,04
HEPTACHLOR	0,0004	0,002	0,001
HEPTACHLOR EPOXIDE	0,0002	0,007	0,002
HEXACHLOROBENZENE	0,001	0,001	6
HEXACHLOROBUTADIENE	0,0006	0,05	3
HEXACHLOROCYCLOHEXANE, GAMMA (gamma-HCH)	0,0002	0,2	0,004
HEXACHLOROETHANE	0,008	0,1	50
HMX	0,2	50	50
INDENO(1,2,3-cd)PYRENE	0,0005	0,1	0,1
LEAD	0,015	0,01	0,01
MERCURY	0,002	0,02	0,02
METHOXYCHLOR	0,04	0,01	0,01

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1.17 MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standar mg/L	GW-2 Standar mg/L	GW-3 Standar mg/L
METHYL ETHYL KETONE	4	50	50
METHYL ISOBUTYL KETONE	0,35	50	50
METHYL MERCURY	0,0003	0,02	0,02
METHYL TERT BUTYL ETHER	0,07	50	50
METHYLNAPHTHALENE, 2-	0,01	2	20
NAPHTHALENE	0,14	0,7	20
NICKEL	0,1	0,2	0,2
PENTACHLOROPHENOL	0,001	0,2	0,2
PERCHLORATE	0,002	1	1
PETROLEUM HYDROCARBONS			
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON †	0,2	5	5
ALIPHATIC HYDROCARBONS			
C5 through C8 Aliphatic Hydrocarbons	0,3	3	50
C9 through C12 Aliphatic Hydrocarbons	0,7	5	50
C9 through C18 Aliphatic Hydrocarbons	0,7	5	50
C19 through C36 Aliphatic Hydrocarbons	14	50	50
AROMATIC HYDROCARBONS			
C9 through C10 Aromatic Hydrocarbons	0,2	0,004	50
C11 through C22 Aromatic Hydrocarbons	0,2	50	5
PHENANTHRENE	0,04	10	10
PHENOL	1	50	2
POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs)	0,0005	0,005	0,01
PYRENE	0,1	0,02	0,02
RDX	0,001	50	50
SELENIUM	0,05	0,1	0,1
SILVER	0,1	100	0,007
STYRENE	0,1	0,1	6
TETRACHLORODIBENZO-p-DIOXIN (TCDD), 2,3,7,8- (equivalents)	3*10-8	4*10-5	4*10-5
TETRACHLOROETHANE, 1,1,1,2-	0,005	0,01	50
TETRACHLOROETHANE, 1,1,2,2-	0,002	0,009	50
TETRACHLOROETHYLENE	0,005	0,05	30
THALLIUM	0,002	3	3
TOLUENE	1	50	40
TRICHLOROBENZENE, 1,2,4-	0,07	0,2	50
TRICHLOROETHANE, 1,1,1-	0,2	4	20
TRICHLOROETHANE, 1,1,2-	0,005	0,9	50
TRICHLOROETHYLENE	0,005	0,005	5
TRICHLOROPHENOL, 2,4,5-	0,2	50	3
TRICHLOROPHENOL 2,4,6-	0,01	5	0,5
VANADIUM	0,03	4	4
VINYL CHLORIDE	0,002	0,002	50
XYLENES (Mixed Isomers)	10	3	5
ZINC	5	0,9	0,9

Fuente: Norma Massachussets, adaptado SIAM SAS, 2022

7.1.2.2. Suelo

Dentro de esta variable se definen tres (3) categorías denominadas S1, S2, y S3 donde la categoría S1 está asociada con zonas con alto potencial de exposición y la categoría S2 está asociada con zonas con bajo potencial de exposición. Si bien una y única categoría es aplicable a un volumen específico de suelo, los suelos

en diferentes áreas de un sitio de disposición pueden clasificarse en diferentes categorías, dependiendo de su potencial de exposición.

El potencial de exposición se describe mediante un análisis cualitativo de la accesibilidad del suelo en combinación con la información sobre las actividades del sitio, el cual se puede clasificar así:

Frecuencia de uso: Indica con qué frecuencia un receptor hace uso o tiene acceso al sitio. El acceso del receptor y el uso de las áreas alrededor del sitio de disposición son a menudo indicadores fuertes del acceso potencial al sitio y, por lo tanto, deberían considerarse al determinar la frecuencia de uso para el sitio bajo investigación. La frecuencia de uso se describirá como "Alta", "Baja" o "No presente", utilizando los siguientes criterios:

La frecuencia de uso de los niños se caracterizará como alta si:

1. Cualquier niño reside, asiste a la escuela o asiste a la guardería en el sitio de disposición; o un gran número de niños visitan el sitio de disposición, independientemente de la frecuencia de visitas.
2. La frecuencia de uso de los adultos se caracterizará como alta cuando residan en el sitio de disposición, o cuando trabajen en el sitio de disposición de forma continua (es decir, días completos o turnos de ocho o más horas por día de forma continua).
3. La frecuencia de uso de los niños o adultos se caracterizará por ser baja cuando están presentes en el sitio como visitantes infrecuentes; o cuando los trabajadores están presentes en el sitio de disposición por cortos períodos de tiempo (es decir, menos de dos horas por día de manera continua, o por días completos o turnos de manera esporádica).
4. Se presumirá que los niños pueden estar presentes en el sitio de disposición a menos que se pueda demostrar que el acceso de niños de 15 años o menos está específicamente restringido o que es muy poco probable que estén presentes, en cuyo caso se puede considerar que los niños son "No presente". Los sitios de eliminación que son propiedades residenciales presumirán la presencia de niños a menos que exista evidencia clara y convincente de lo contrario.
5. La frecuencia de uso para actividades no descritas anteriormente se caracterizará en la documentación de la caracterización del riesgo como alta o baja.

Intensidad de uso: Se refiere a la naturaleza de las actividades y usos del sitio que podrían potencialmente resultar en exposición al receptor. La intensidad de uso se describirá como "alta" o "baja", utilizando los siguientes criterios:

1. Las actividades y usos del sitio que tienen el potencial de alterar el suelo y, por lo tanto, dar como resultado el contacto directo con el suelo mismo o la inhalación del polvo derivado del suelo se caracterizarán por su uso de alta intensidad. Ejemplos de tales actividades incluyen, entre otros, jardinería, excavación y deportes recreativos.
2. Actividades pasivas que no perturban el suelo, como caminar, ir de compras y aves. La observación se caracterizará como un uso de baja intensidad.

Accesibilidad del suelo: Se refiere a la facilidad de estar en contacto con el suelo se define como "accesible", "potencialmente accesible" o "aislada" usando los siguientes criterios:

1. El suelo se caracterizará como "accesible" si se encuentra a menos de un (1) metro debajo de la superficie, y la superficie no está completamente cubierta por el pavimento. Para edificios con pisos de tierra, el piso se considerará como la superficie del suelo.

2. El suelo se caracterizará como "potencialmente accesible" si se encuentra a una profundidad de uno a cinco (1-5) metros debajo de la superficie (con o sin pavimento) o si el suelo se encuentra a menos de un (1) metro de la superficie en un área completamente pavimentada.
3. El suelo se caracterizará como "aislado" si se encuentra a una profundidad mayor a cinco (5) metros debajo de la superficie, o si el suelo está cubierto completamente por un edificio u otra estructura permanente que no tenga pisos de tierra, independientemente de la profundidad. El suelo ubicado a una profundidad mayor de un (1) metro debajo del piso de tierra de un edificio u otra estructura permanente también se caracterizará como "aislado".

Categoría S1: El suelo se clasificará como categoría S1 si:

1. El suelo de interés es accesible, y se emplea actualmente para el cultivo de frutas u hortalizas para consumo humano, o si es razonablemente previsible que el suelo se pueda usar en un futuro.
2. La frecuencia o intensidad de uso de un niño o adulto es alta de acuerdo con lo definido previamente.

Categoría S2: El suelo se clasificará como categoría S2 si:

1. El suelo es accesible, y la frecuencia e intensidad de uso de un niño se consideran bajas, o los niños no están presentes en el sitio y la frecuencia o intensidad de usos se considera alta.
2. El suelo es potencialmente accesible y la frecuencia de niños o la intensidad de uso se considera alta; o no hay niños en el sitio y la frecuencia del sitio e intensidad de uso es alta.

Categoría S3: El suelo se clasificará como categoría S3 si:

1. El suelo es accesible y no hay niños presentes y la frecuencia de adultos e intensidad se considera baja.
2. El suelo es potencialmente accesible y la frecuencia de niños e intensidad de uso se considera baja.
3. El suelo es de tipo aislado.

La **Tabla 7.4** muestra los Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para las categorías S1, S2, S3 del parámetro SUELO definidos por la norma de Massachusetts.

Tabla 7.4 Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para la categoría suelo

310 CMR 40.0993(6): TABLE 3* WCP Method 2: DIRECT CONTACT EXPOSURE-BASED SOIL CONCENTRATIONS APPLICABLE TO THE SPECIFIED SOIL CATEGORY				
Oil and/or Hazardous Material	CAS Number	Soil Category S-1 ug/g (ppm)	Soil Category S-2 ug/g (ppm)	Soil Category S-3 ug/g (ppm)
ACENAPHTHENE	83-32-9	1,000	3,000	5,000
ACENAPHTHYLENE	208-96-8	1,000	3,000	5,000
ACETONE	67-64-1	500	1,000	3,000
ALDRIN	309-00-2	0.08	0.5	3
ALIPHATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)				
ANTHRACENE	120-12-7	1,000	3,000	5,000
ANTIMONY	7440-36-0	20	30	30
AROMATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)				
ARSENIC	7440-38-2	20	20	50
BARIUM	7440-39-3	1,000	3,000	5,000
BENZENE	71-43-2	40	200	1,000
BENZO(a)ANTHRACENE	56-55-3	7	40	300
BENZO(a)PYRENE	50-32-8	2	7	30

310 CMR 40.0985(6): TABLE 5* MCP Method 2: DIRECT CONTACT EXPOSURE-BASED SOIL CONCENTRATIONS APPLICABLE TO THE SPECIFIED SOIL CATEGORY:				
Oil and/or Hazardous Material	CAS Number	Soil Category S-1 ug/g (ppm)	Soil Category S-2 ug/g (ppm)	Soil Category S-3 ug/g (ppm)
BENZO(b)FLUORANTHENE	205-99-2	7	40	300
BENZO(g,h,i)PERYLENE	191-24-2	1,000	3,000	5,000
BENZO(k)FLUORANTHENE	207-08-9	70	400	3,000
BERYLLIUM	7440-41-7	90	200	200
BIPHENYL, 1,1-	92-52-4	1,000	3,000	5,000
BIS(2-CHLOROETHYL)ETHER	111-44-4	2	8	80
BIS(2-CHLOROISOPROPYL)ETHER	108-60-1	30	100	1,000
BIS(2-ETHYLHEXYL)PHTHALATE	117-81-7	90	600	2,000
BROMODICHLOROMETHANE	75-27-4	30	100	500
BROMOFORM	75-25-2	300	1,000	3,000
BROMOMETHANE	74-83-9	90	600	600
CADMIUM	7440-43-9	70	100	100
CARBON TETRACHLORIDE	56-23-5	30	100	1,000
CHLORDANE	12789-03-6	5	30	60
CHLOROANILINE, p-	106-47-8	7	40	40
CHLOROBENZENE	108-90-7	500	1,000	3,000
CHLOROFORM	67-66-3	500	1,000	1,000
CHLOROPHENOL, 2-	95-57-8	100	300	300
CHROMIUM (TOTAL) *	7440-47-3	100	200	200
CHROMIUM(III)	16065-83-1	1,000	3,000	5,000
CHROMIUM(VI)	18540-29-9	100	200	200
CHRYSENE	218-01-9	70	400	3,000
CYANIDE **	57-12-5	30	400	500
DIBENZO(a,h)ANTHRACENE	53-70-3	0.7	4	30
DIBROMOCHLOROMETHANE	124-48-1	20	100	500
DICHLOROBENZENE, 1,2- (o-DCB)	95-50-1	1,000	3,000	5,000
DICHLOROBENZENE, 1,3- (m-DCB)	541-73-1	100	500	500
DICHLOROBENZENE, 1,4- (p-DCB)	106-46-7	80	400	3,000
DICHLOROBENZIDINE, 3,3'-	91-94-1	3	20	100
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHANE, P,P'- (DDD)	72-54-8	8	40	60
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHYLENE,P,P'- (DDE)	72-55-9	6	30	60
DICHLORODIPHENYL TRICHLOROETHANE, P,P'- (DDT)	50-29-3	6	30	60
DICHLOROETHANE, 1,1-	75-34-3	500	1,000	3,000
DICHLOROETHANE, 1,2-	107-06-2	20	100	900
DICHLOROETHYLENE, 1,1-	75-35-4	500	1,000	3,000
DICHLOROETHYLENE, CIS-1,2-	156-59-2	100	500	500
DICHLOROETHYLENE, TRANS-1,2-	156-60-5	500	1,000	3,000
DICHLOROMETHANE	75-09-2	400	700	700
DICHLOROPHENOL, 2,4-	120-83-2	70	800	800
DICHLOROPROPANE, 1,2-	78-87-5	30	100	1,000
DICHLOROPROPENE, 1,3-	542-75-6	20	90	900
DIELDRIN	60-57-1	0.08	0.5	3
DIETHYL PHTHALATE	84-66-2	1,000	3,000	5,000
DIMETHYL PHTHALATE	131-11-3	1,000	3,000	5,000
DIMETHYLPHENOL, 2,4-	105-67-9	500	2,000	2,000
DINITROPHENOL, 2,4-	51-28-5	50	800	800
DINITROTOLUENE, 2,4-	121-14-2	2	10	80
DIOXANE, 1,4-	123-91-1	20	90	500
ENDOSULFAN	115-29-7	300	500	500
ENDRIN	72-20-8	10	20	20

310 CMR 40.0985(6): TABLE 5† MCP Method 2: DIRECT CONTACT EXPOSURE-BASED SOIL CONCENTRATIONS APPLICABLE TO THE SPECIFIED SOIL CATEGORY				
Oil and/or Hazardous Material	CAS Number	Soil Category S-1 ug/g (ppm)	Soil Category S-2 ug/g (ppm)	Soil Category S-3 ug/g (ppm)
ETHYLBENZENE	100-41-4	500	1,000	3,000
ETHYLENE DIBROMIDE	106-93-4	1	5	40
FLUORANTHENE	206-44-0	1,000	3,000	5,000
FLUORENE	86-73-7	1,000	3,000	5,000
HEPTACHLOR	76-44-8	0.3	2	10
HEPTACHLOR EPOXIDE	1024-57-3	0.1	0.9	1
HEXACHLOROBENZENE	118-74-1	0.7	0.8	0.8
HEXACHLOROBUTADIENE	87-68-3	30	100	100
HEXACHLOROCYCLOHEXANE, GAMMA (gamma-HCH)	58-89-9	1	7	60
HEXACHLOROETHANE	67-72-1	50	200	200
HMX	2691-41-0	1,000	3,000	5,000
INDENO(1,2,3-cd)PYRENE	193-39-5	7	40	300
LEAD	7439-92-1	200	600	600
MERCURY	7439-97-6	20	30	30
METHOXYCHLOR	72-43-5	200	400	400
METHYL ETHYL KETONE	78-93-3	500	1,000	3,000
METHYL ISOBUTYL KETONE	108-10-1	500	1,000	3,000
METHYL MERCURY	22967-92-6	4	8	8
METHYL TERT BUTYL ETHER	1634-04-4	100	500	500
METHYLNAPHTHALENE, 2-	91-57-6	300	500	500
NAPHTHALENE	91-20-3	500	1,000	3,000
NICKEL	7440-02-0	600	1,000	1,000
PENTACHLOROPHENOL	87-86-5	3	20	70
PERCHLORATE	NA	3	5	5
PETROLEUM HYDROCARBONS				
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON †	NA	1,000	3,000	5,000
ALIPHATIC HYDROCARBONS				
C5 through C8 Aliphatic Hydrocarbons	NA	100	500	500
C9 through C12 Aliphatic Hydrocarbons	NA	1,000	3,000	5,000
C9 through C18 Aliphatic Hydrocarbons	NA	1,000	3,000	5,000
C19 through C36 Aliphatic Hydrocarbons	NA	3,000	5,000	5,000
AROMATIC HYDROCARBONS				
C9 through C10 Aromatic Hydrocarbons	NA	100	500	500
C11 through C22 Aromatic Hydrocarbons	NA	1,000	3,000	5,000
PHENANTHRENE	85-01-8	500	1,000	3,000
PHENOL	108-95-2	500	1,000	3,000
POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs)	1336-36-3	1	4	4
PYRENE	129-00-0	1,000	3,000	5,000
RDX	121-82-4	20	60	400
SELENIUM	7782-49-2	400	700	700
SILVER	7440-22-4	100	200	200
STYRENE	100-42-5	70	300	3,000
TETRACHLORODIBENZO-p-DIOXIN (TCDD), 2,3,7,8- (equivalents)	1746-01-6	2.E-05	5.E-05	5.E-05
TETRACHLOROETHANE, 1,1,1,2-	630-20-6	80	400	500
TETRACHLOROETHANE, 1,1,2,2-	79-34-5	10	50	400
TETRACHLOROETHYLENE	127-18-4	30	200	1000
THALLIUM	7440-28-0	8	80	80
TOLUENE	108-88-3	500	1,000	3,000
TRICHLOROBENZENE, 1,2,4-	120-82-1	700	3,000	5,000

310 CMR 40.0983(6): TABLE 5-1 MCP Method 2: DIRECT CONTACT EXPOSURE-BASED SOIL CONCENTRATIONS APPLICABLE TO THE SPECIFIED SOIL CATEGORY.				
Oil and/or Hazardous Material	CAS Number	Soil Category S-1 ug/g (ppm)	Soil Category S-2 ug/g (ppm)	Soil Category S-3 ug/g (ppm)
TRICHLOROETHANE, 1,1,1-	71-55-6	500	1,000	3,000
TRICHLOROETHANE, 1,1,2-	79-00-5	40	200	500
TRICHLOROETHYLENE	79-01-6	30	60	60
TRICHLOROPHENOL, 2,4,5-	95-95-4	1,000	3,000	5,000
TRICHLOROPHENOL 2,4,6-	88-06-2	20	400	400
VANADIUM	7440-62-2	400	700	700
VINYL CHLORIDE	75-01-4	1	7	60
XYLENES (Mixed Isomers)	1330-20-7	500	1,000	3,000
ZINC	7440-66-6	1,000	3,000	5,000

Fuente: Norma Massachussets, adaptado SIAM SAS, 2022

Ahora bien, teniendo en cuenta que en el predio Gibraltar se tiene proyectado la construcción del "**Parque Metropolitano El porvenir**", el análisis del grado de contaminación de los suelos superficiales con base en la norma de *Massachusetts Departament of Enviromental Protection*, se realizó según la categoria **S1**, ya que este suelo contará con una frecuencia de utilización alta debido a la presencia constante de adultos y niños que asistirán al parque, con un índice de alto uso ya que el área será visitada por adultos y niños los 7 días de la semana, y accesible puesto que el suelo se encuentra situado en superficie.

En cuanto a la norma nacional, *Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos*, los elementos analizados se ubicaron en la categoría de exposición en **Sectores Residenciales/Agrícolas** con CDI de petróleo **de migración a agua subterránea** que fue el estadio más crítico de evaluación debido a la presencia de niños en el área.

Para el parámetro agua, según la norma de *Massachusetts Departament of Enviromental Protection* esta se clasificó según la categoría **GW2**, ya que en las zonas aledañas al predio Gibraltar la profundidad anual promedio del agua subterránea es de 5 metros o menos y existen edificios o estructura existentes a menos de 10 metros de la mayoría de los pozos de monitoreo evaluados, por lo que el agua subterránea se considera una fuente potencial de vapores de petróleo y/o material peligroso para el aire interior.

En cuanto a la norma nacional, El MAVDT hace la distinción entre Exposición a Agua Subterránea/Superficial No Potable y Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable, basados en la cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) y producción del pozo (gal/día), siendo más restrictivo el límite máximo permisible, cuando se trata de agua subterránea potable, por lo que según datos de caudal caudal realizado en 2017 mediante balde aforado en tres (3) de los siete (7) pozos de Monitoreo del área de estudio, así como un cálculo de los SDT a partir de los reportes de agua subterránea in situ del mismo año, este componente se clasifica como **Exposición a Agua Subterránea/Superficial Potable** (SIAM SAS, 2017).

7.2. ANÁLISIS AMBIENTAL – COMPONENTE SUELO

7.2.1. Área 2

A partir de la comparación realizada con las normas MAVDT (2007) y Massachussets, se logró identificar valores de concentración de TPH, TPH - ERO/ORO, Cromo y Plomo que exceden los límites permisibles, los

valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encuentran por debajo del límite de detección o no sobrepasan los valores límites establecidos.

7.2.1.1. Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH

Las concentraciones de TPH se encuentran entre un rango de 25.27 mg/Kg hasta 58,94 mg/Kg, valor máximo correspondiente a la muestra A2 M6 que abarca las chimeneas A2CH16 y A2CH1, sin embargo, estas no exceden el valor de 104 mg/Kg establecido como límite máximo permisible en la norma MAVDT (2007) y 1000 mg/Kg en la norma Massachussets (**Figura 7.1**).

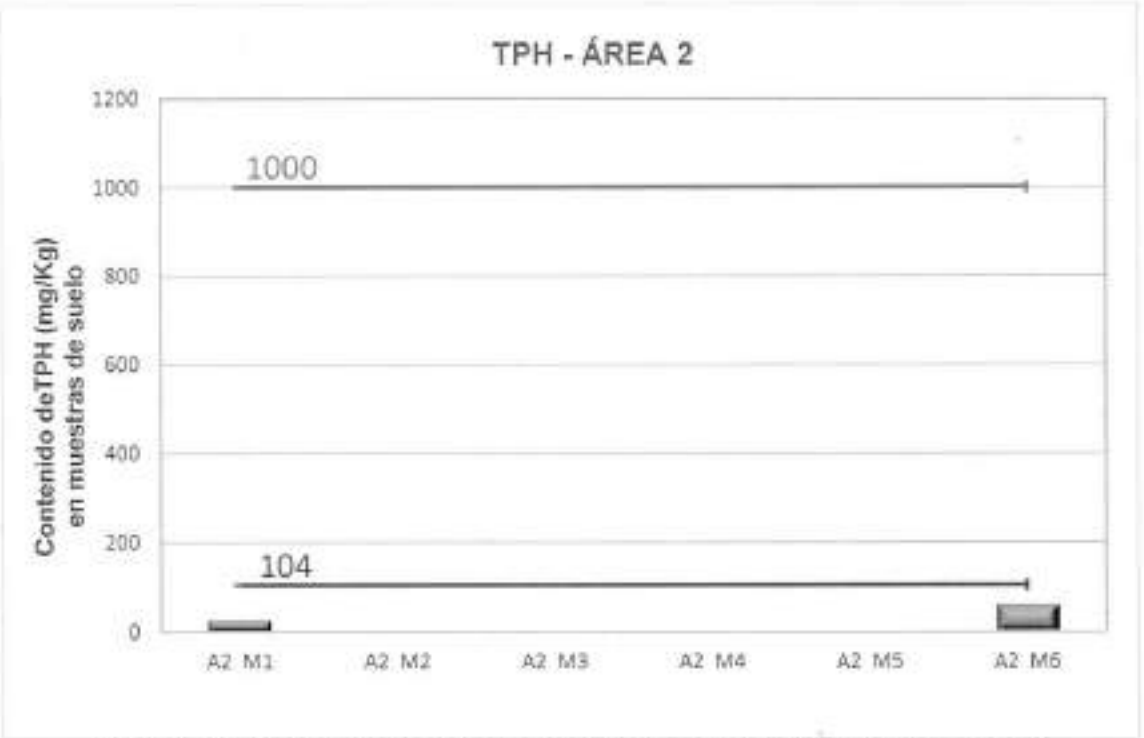


Figura 7.1 Valores límite del Contenido de TPH (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.2** y **Figura 7.3** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a las normas MAVDT (2007) y Massachussets, para el parámetro TPH (mg/Kg).



Figura **7.2 Evaluación ambiental según norma de referencia MAVDT 2007 – Parámetro TPH (mg/Kg) Área 2.**
Fuente: SIAM SAS, 2022.



Figura 7.3 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro TPH (mg/Kg) Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.1.2. Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH - ERO/ORO

La norma Massachusetts no presenta un valor permisible para el rango ERO/ORO, sin embargo, la norma Técnica Colombiana presenta un valor máximo permitido de 79 mg/kg.

Las concentraciones de ERO/ORO se encuentran entre un rango de 56 hasta 487 mg/Kg (**Figura 7.4**). El valor máximo de concentración se encuentra hacia la parte central de esta área y corresponde a la muestra A2 M3 que abarca las chimeneas A2CH07, A2CH08 y A2CH09. Así mismo, las muestras A2 M2 y A2 M4, exceden el límite permisible establecido en la norma colombiana.

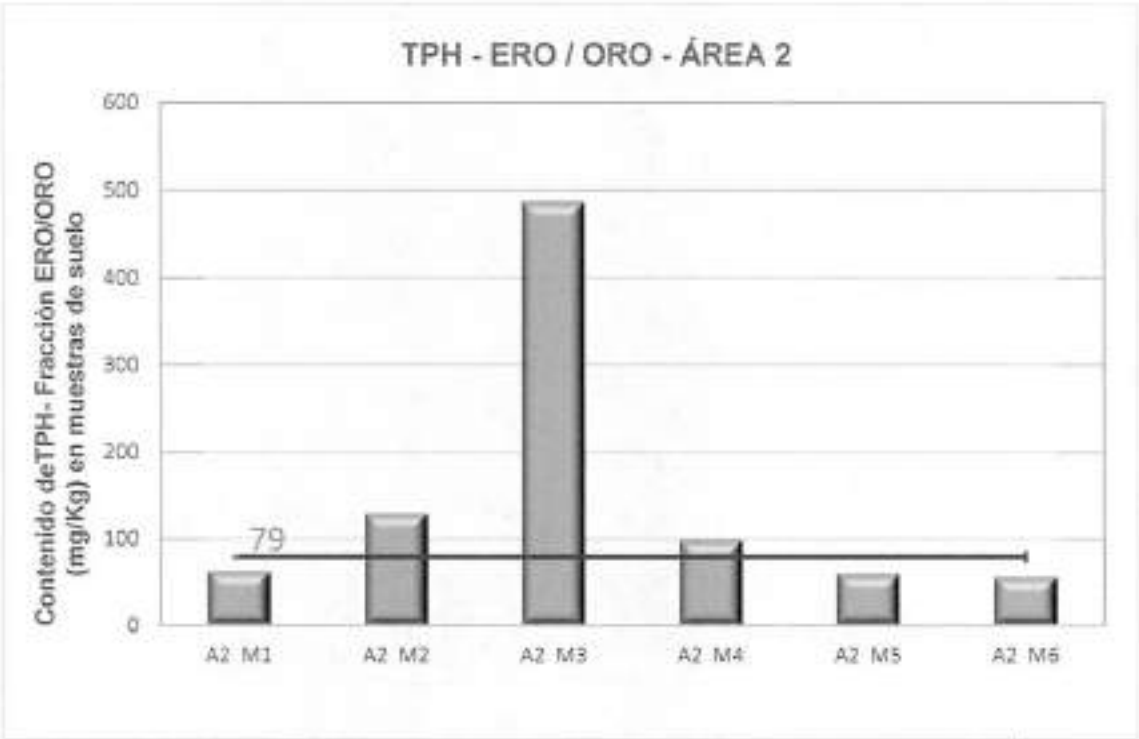


Figura 7.4 Valores límite del Contenido de ERO/ORO (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.5** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma MAVDT (2007) para el parámetro ERO / ORO (mg/Kg).



Figura 7.5 Evaluación ambiental según norma de referencia MAVDT 2007 – Parámetro ERO / ORO (mg/Kg) Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.1.3. Arsénico

La Norma Técnica Colombiana no contempla el CID para el Arsénico; no obstante, la Norma Massachusetts presenta un valor límite de 20 mg/kg, pero debido a que en los resultados de los análisis de laboratorio el valor máximo de concentración fue de 9.2 mg/kg en la muestra A2 M5, se interpreta que no existe restricción por este elemento en el predio Gibraltar. (**Figura 7.6**).

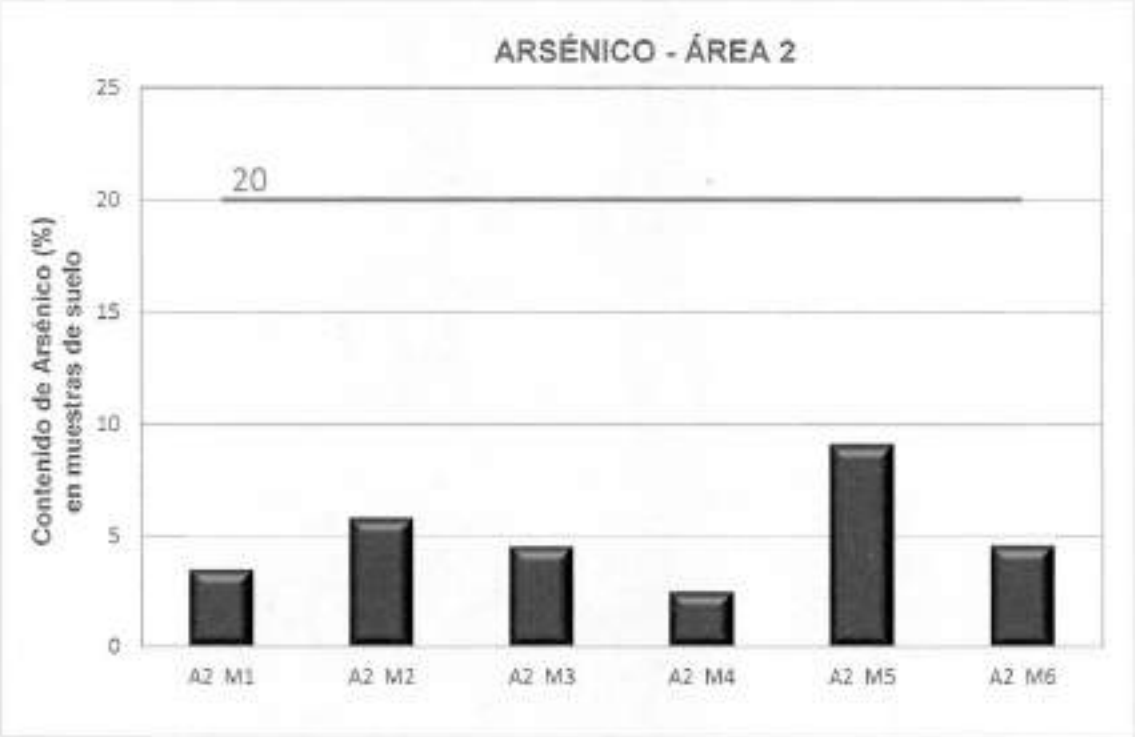


Figura 7.6 Valores límite del Contenido de Arsénico (mg/Kg) en muestras de suelo
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.7** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Arsénico (mg/Kg).



Figura 7.7 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Arsénico (mg/Kg) Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.1.4. Cromo

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Cromo; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 100 mg/kg.

Las concentraciones de Cromo se encuentran en un rango de 14.6 hasta 86,7 mg/Kg (**Figura 7.8**), donde el valor máximo de concentración se encuentra en el área occidental correspondiente a la muestra A2-M1 que abarca las chimeneas A2CH01, A2CH02 y A2CH04, sin exceder los valores máximos permisibles establecidos en la norma.

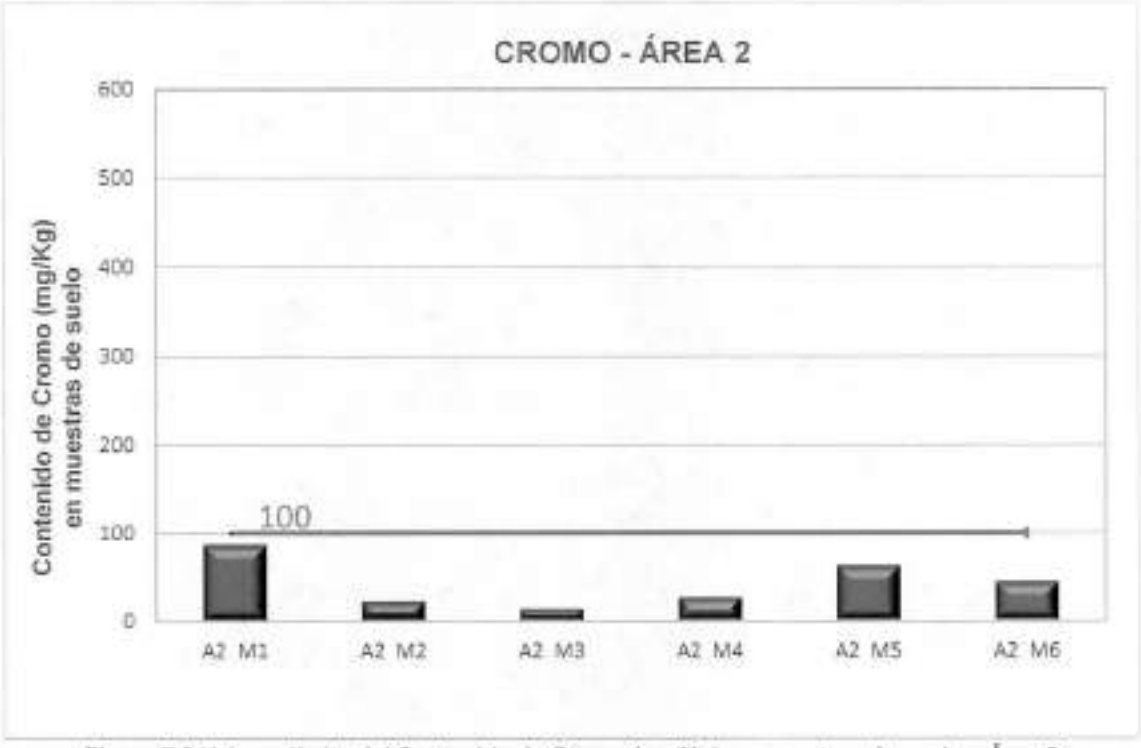


Figura 7.8 Valores límite del Contenido de Cromo (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 2
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.9** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Cromo (mg/Kg).



Figura 7.9 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cromo (mg/Kg) Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.1.5. Niquel

La norma Técnica Colombiana no contempla un valor límite para el Níquel; no obstante, la Norma Massachussets presenta un valor permisible de 600 mg/kg, a su vez indicando que no existe ninguna restricción por este elemento dentro del área de estudio, ya que la concentración máxima de este elemento en el área es de 26, 3 mg/Kg correspondiente a la muestra A2 M5 (**Figura 7.10**).

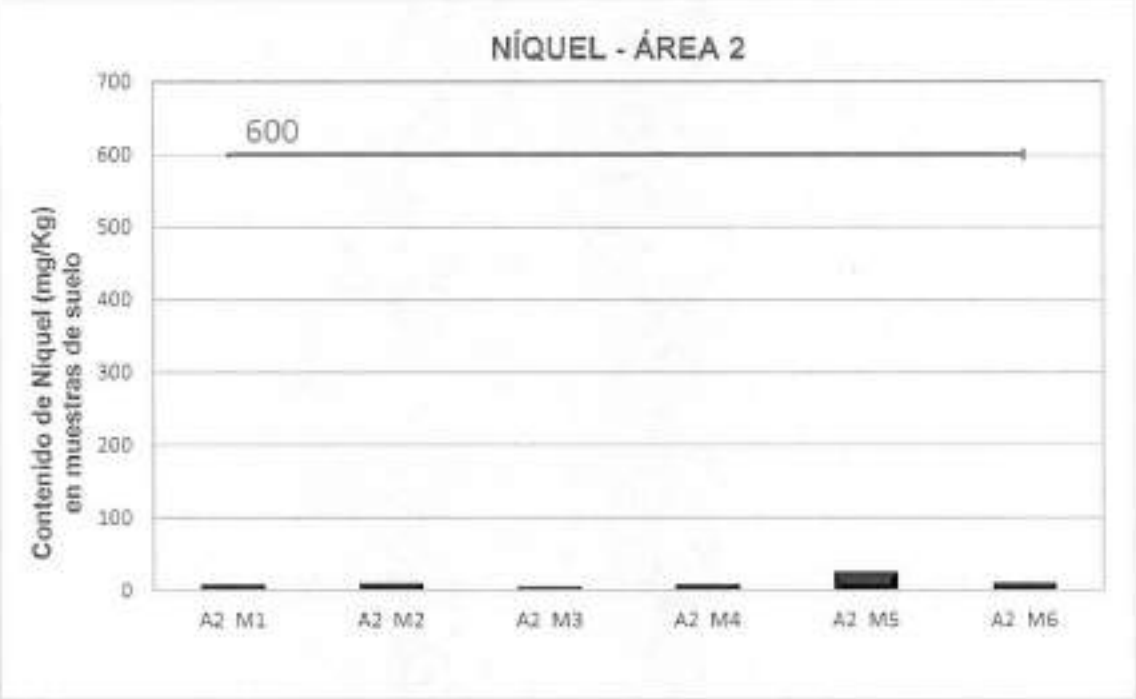


Figura 7.10 Valores límite del Contenido de Níquel (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.11** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Níquel (mg/Kg).



Figura 7.11 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Níquel (mg/Kg) Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.1.6. Plomo

Las concentraciones de Plomo se encuentran entre un rango de 14.04 hasta 52,43 mg/Kg (**Figura 7.12**), donde se evidencia que el valor máximo de concentración se encuentra en el área oriental, correspondiente a la muestra A2 M6 que abarca las chimeneas A2CH16 y A2CH17, valor que excede los límites establecidos en la norma colombiana. Así mismo, la muestra A2 M5 sobrepasa el valor de referencia de la norma colombiana (30 mg/Kg).

Según la Norma Massachusetts cuyo valor permisible es del 200mg/kg, ninguna muestra presenta restricción sobre este elemento.

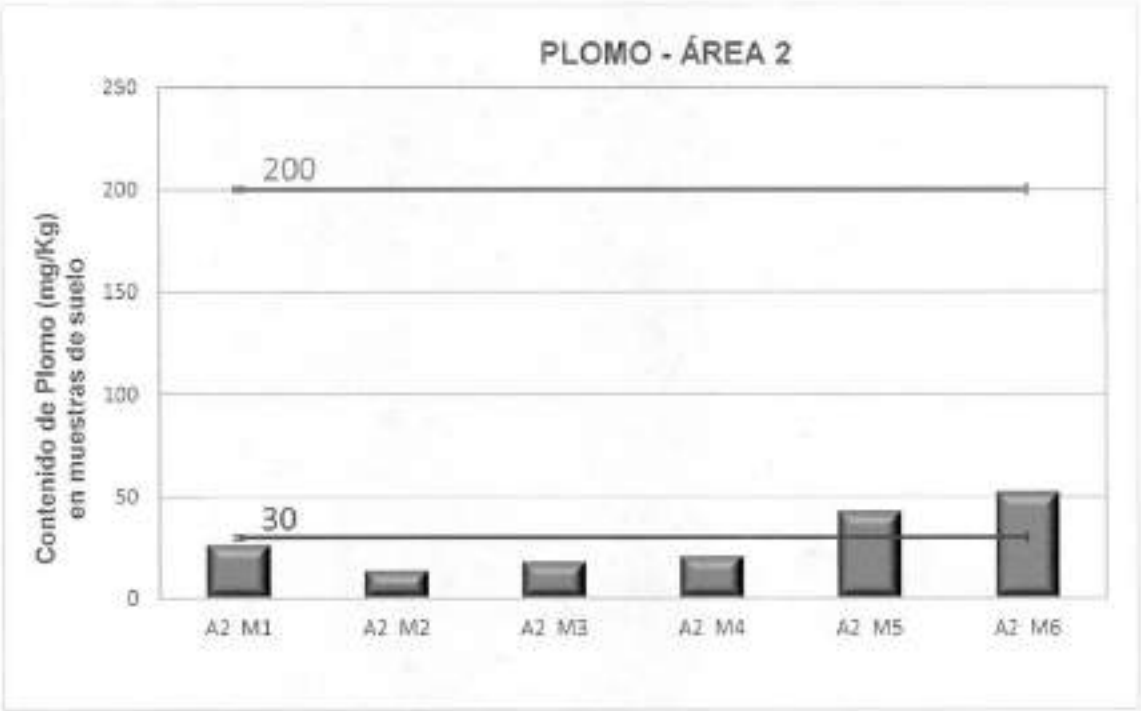


Figura 7.12 Valores límite del Contenido de Plomo(mg/Kg) en muestras de suelo – Área 2
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.13 y Figura 7.14** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a las normas MAVDT (2007) y norma Massachussets para el parámetro Plomo (mg/Kg).



Figura 7.13 Evaluación ambiental según norma de referencia MAVDT 2007 – Parámetro Plomo (mg/Kg) Área 2.

Fuente: SIAM SAS, 2022.



Figura 7.14 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Plomo (mg/Kg) Área 2.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2. Área 3

A partir de la comparación realizada con las normas MAVDT (2007) y Massachussets, se logró identificar valores de concentración de TPH, TPH - ERO/ORO, Cromo y Plomo que exceden los límites permisibles, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encuentran por debajo del límite de detección o no sobrepasan los valores límites establecidos.

7.2.2.1. Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH

Las concentraciones de TPH se encuentran entre un rango de 20,41 mg/Kg hasta 88,85 mg/Kg, valor máximo correspondiente a la muestra A3 M9 chimeneas A3CH09, sin embargo, esta no excede el valor de 104 mg/Kg establecido como límite máximo permisible en la norma MAVDT (2007) y 1000 mg/Kg en la norma Massachussets (**Figura 7.15**).

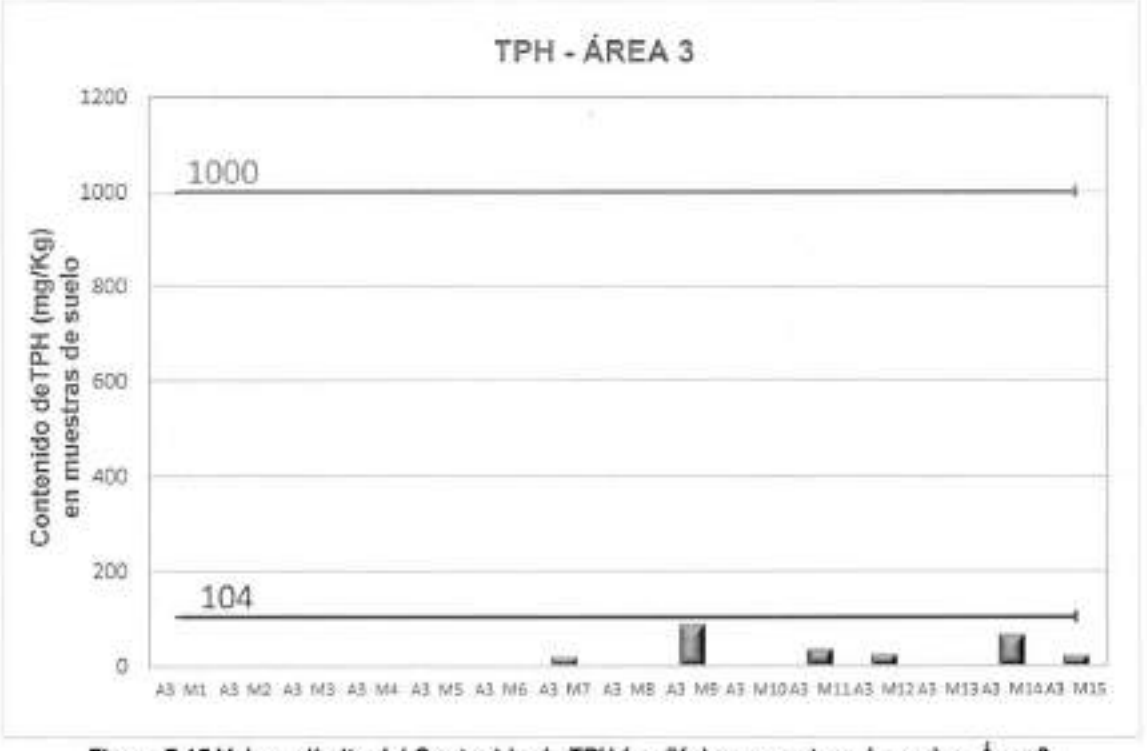


Figura 7.15 Valores límite del Contenido de TPH (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.16** y **Figura 7.17** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a las normas MAVDT (2007) y Massachussets, para el parámetro TPH (mg/Kg).



Figura **7.16 Evaluación ambiental según norma de referencia MAVDT 2007 – Parámetro TPH (mg/Kg) Área 3.**
Fuente: SIAM SAS, 2022.



Figura 7.17 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro TPH (mg/Kg) Área 3.

Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.2. Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH - ERO/ORO

La norma Massachusetts no presenta un valor permisible para el rango ERO/ORO, sin embargo, la norma Técnica Colombiana presenta un valor máximo permitido de 79 mg/kg.

Las concentraciones de ERO/ORO se encuentran entre un rango de 22 hasta 1245 mg/Kg (**Figura 7.18**) donde el valor máximo de concentración se encuentra en el costado Suroccidental, correspondiente a la muestra A3 M1 que corresponde al área de la chimenea A3CH01; valor que excede el límite permisible establecido en la norma MAVDT (2007), así como el de las muestras A3 M2, A3 M3, A3 M4, A3 M5, A3 M7, A3 M8, A3 M9, A3 M10, A3 M11, A3 M12, A3 M13, A3 M14 y A3 M15, indicando presencia de hidrocarburos derivados del petróleo en rango Diesel y Aceites.

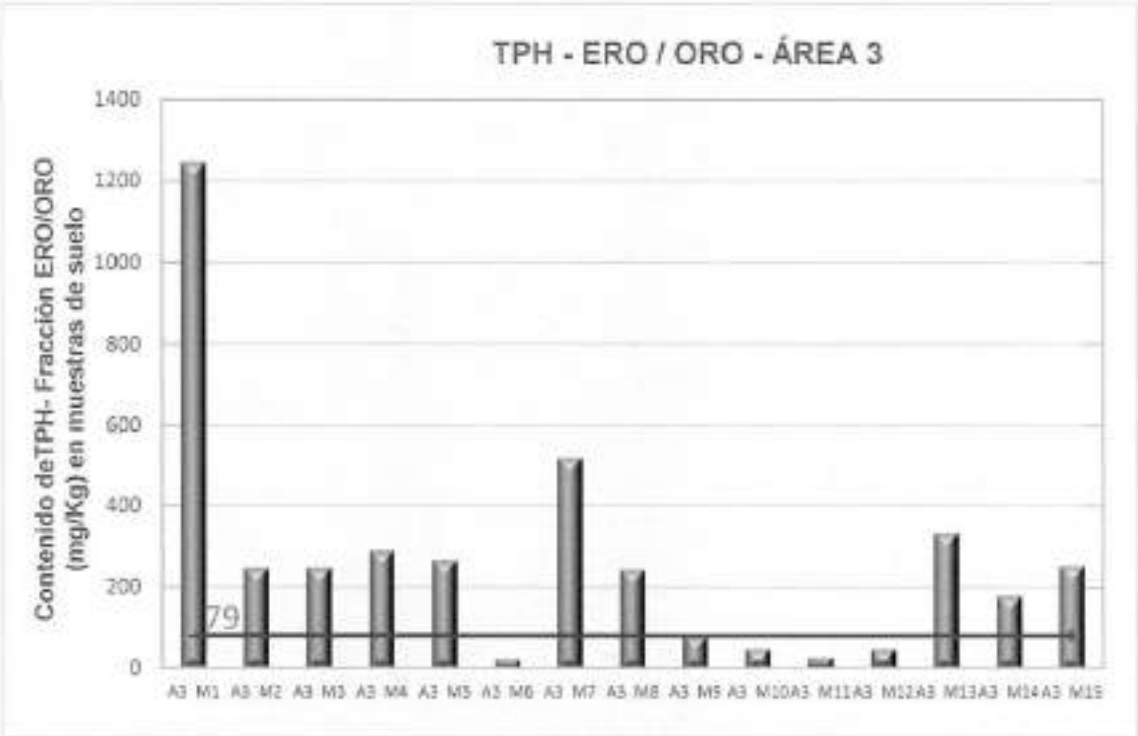


Figura 7.18 Valores límite del Contenido de ERO/ORO (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.19** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma MAVDT (2007) para el parámetro ERO / ORO (mg/Kg).



Figura 7.19 Evaluación ambiental según norma de referencia MAVDT 2007 – Parámetro ERO / ORO (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.3. Arsénico

La Norma Técnica Colombiana no contempla el CID para el Arsénico; no obstante, la Norma Massachusetts presenta un valor límite de 20 mg/kg, pero debido a que en los resultados de los análisis de laboratorio el valor máximo de concentración es de 9.02 mg/kg en la muestra A3 M15, se interpreta que no existe restricción por este elemento en el predio Gibraltar (**Figura 7.20**).

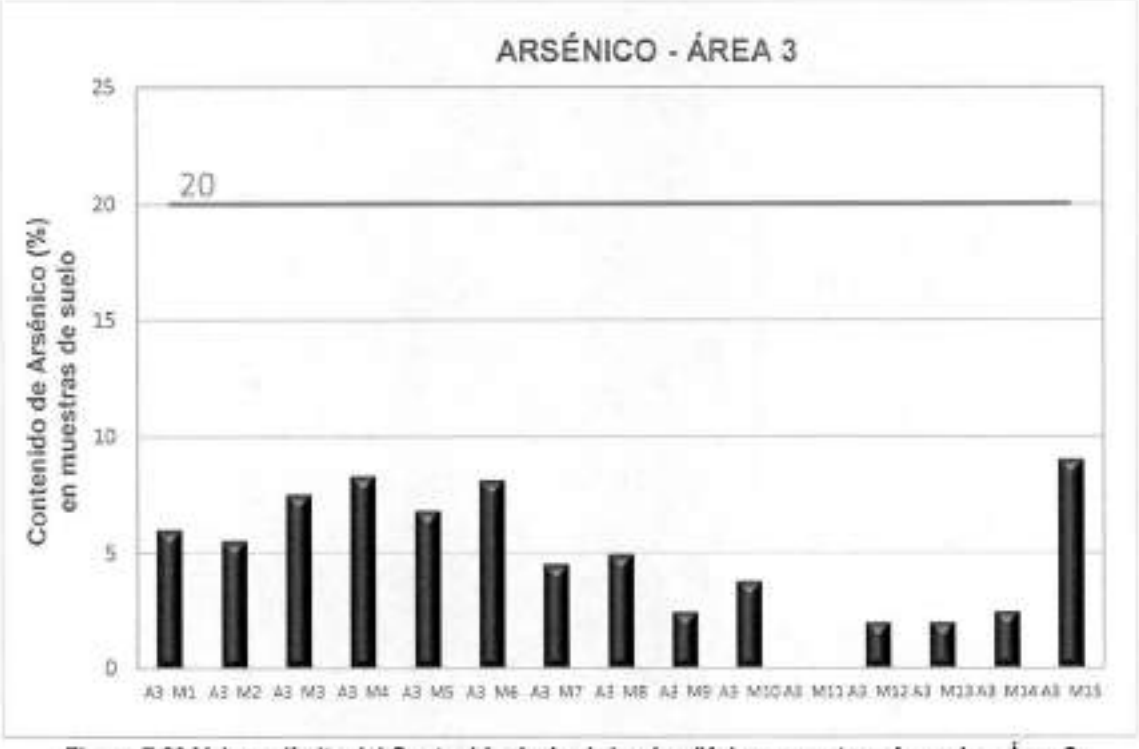


Figura 7.20 Valores límite del Contenido de Arsénico (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.21** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Arsénico (mg/Kg).

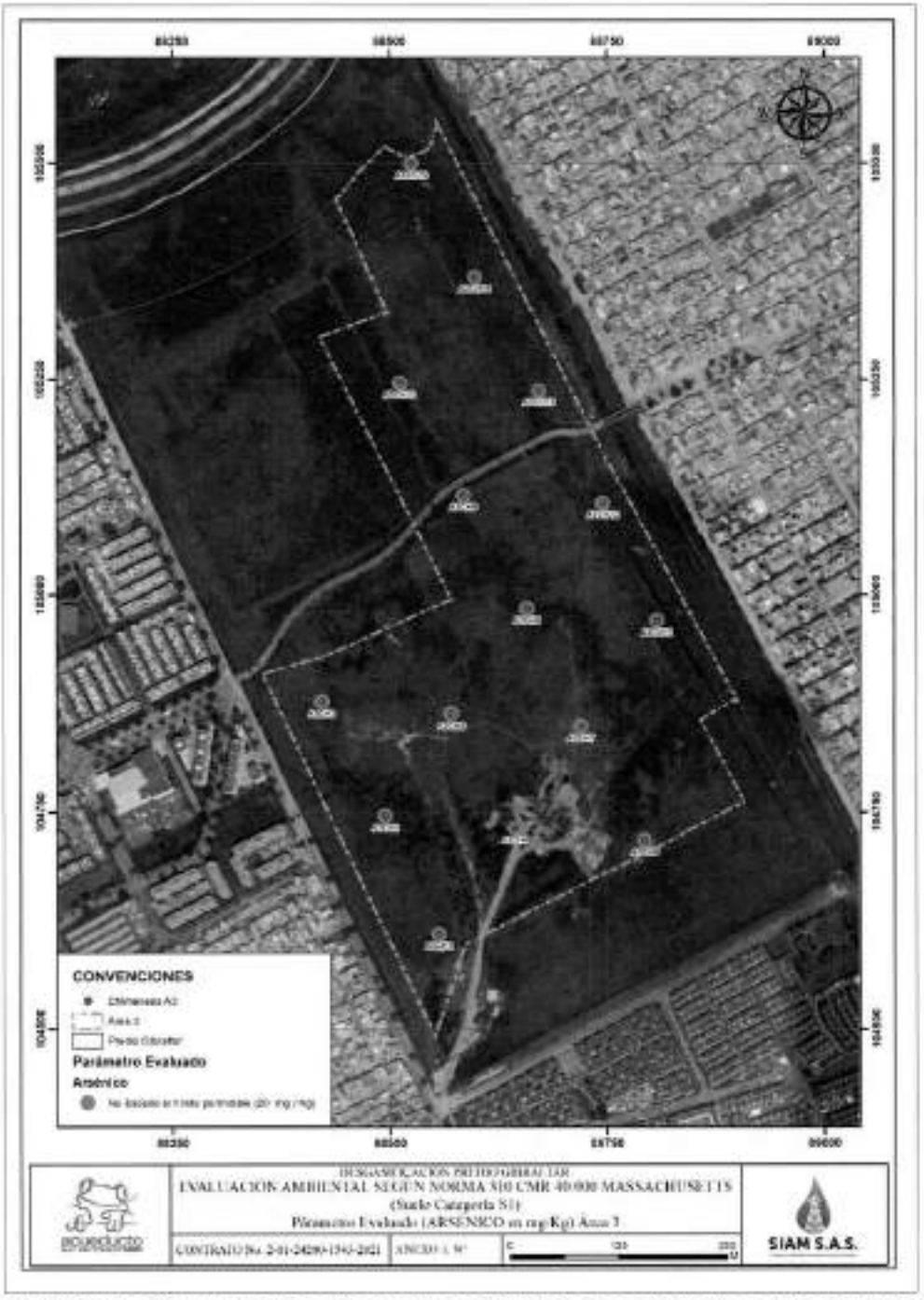


Figura 7.21 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Arsénico (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.4. Cadmio

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Cadmio; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 70 mg/kg.

Las concentraciones de Cadmio se encuentran en un rango de no detectable hasta 4,01 mg/Kg (**Figura 7.8**), donde el valor máximo de concentración se encuentra en el área nororiental y corresponde a la muestra A3 M15, chimenea A3CH15, sin exceder los valores máximos permisibles establecidos en la norma.

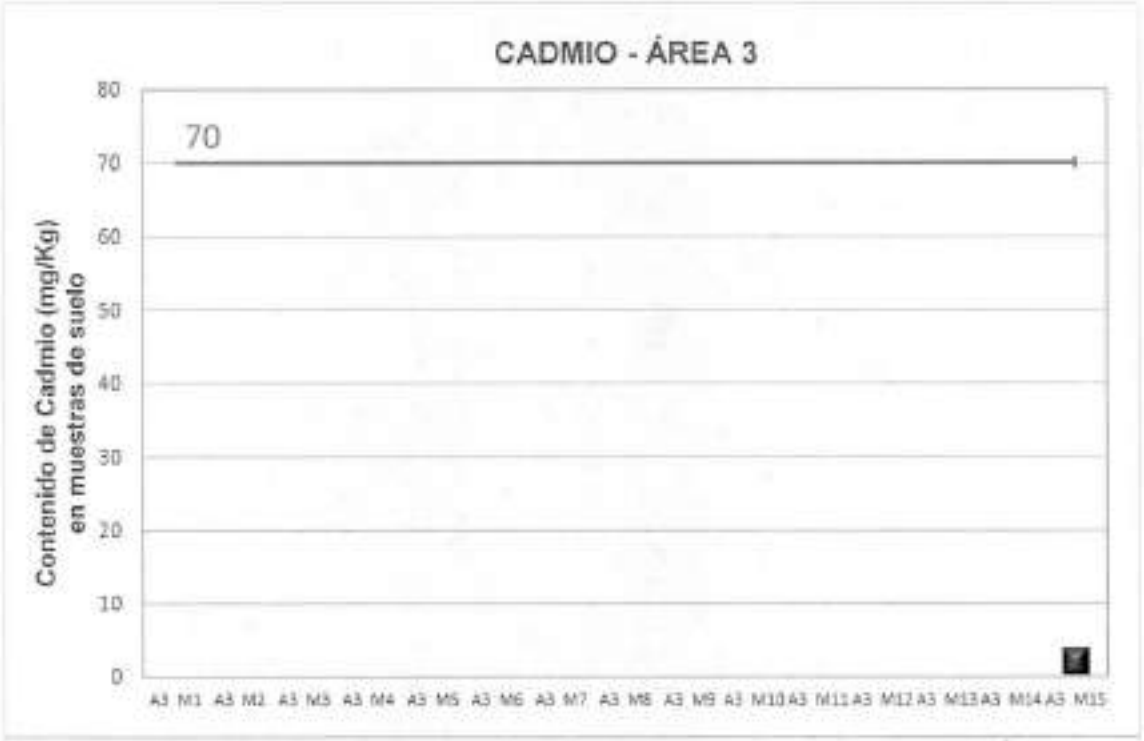


Figura 7.22 Valores límite del Contenido de Cadmio (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.23** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el paràmetro Cadmio (mg/Kg).

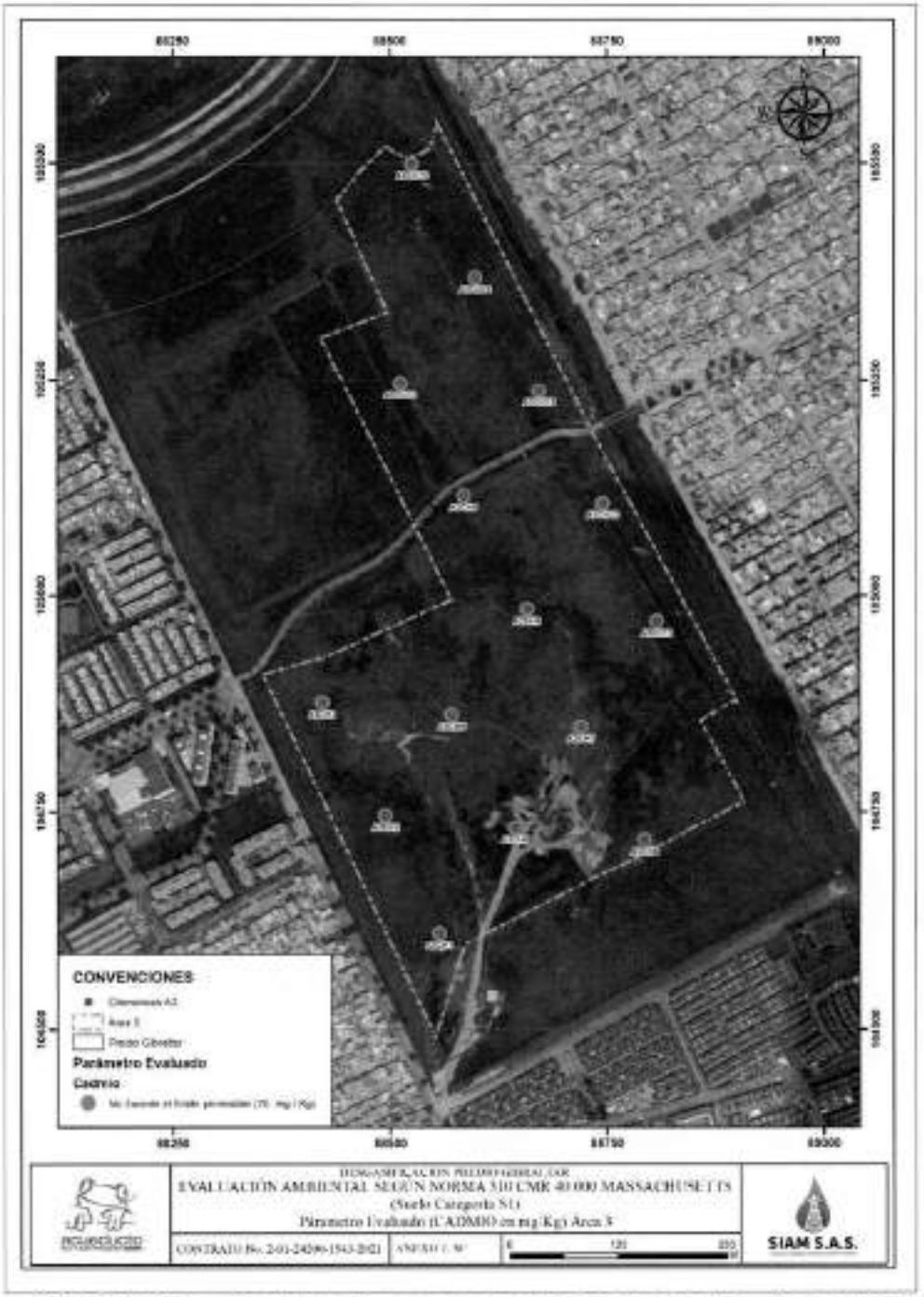


Figura 7.23 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cadmio (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.5. Cromo

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Cromo; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 100 mg/kg.

Las concentraciones de Cromo se encuentran en un rango de 8,04 hasta 580,8 mg/Kg (**Figura 7.24**), donde se evidencia que el valor máximo de concentración se encuentra en el costado nororiental, correspondiente a la muestra A3 M15 chimenea A3CH15, excediendo los valores máximos permisibles establecidos en la norma Massachussets. Así mismo, la muestra A3 M14 excede los valores de referencia.

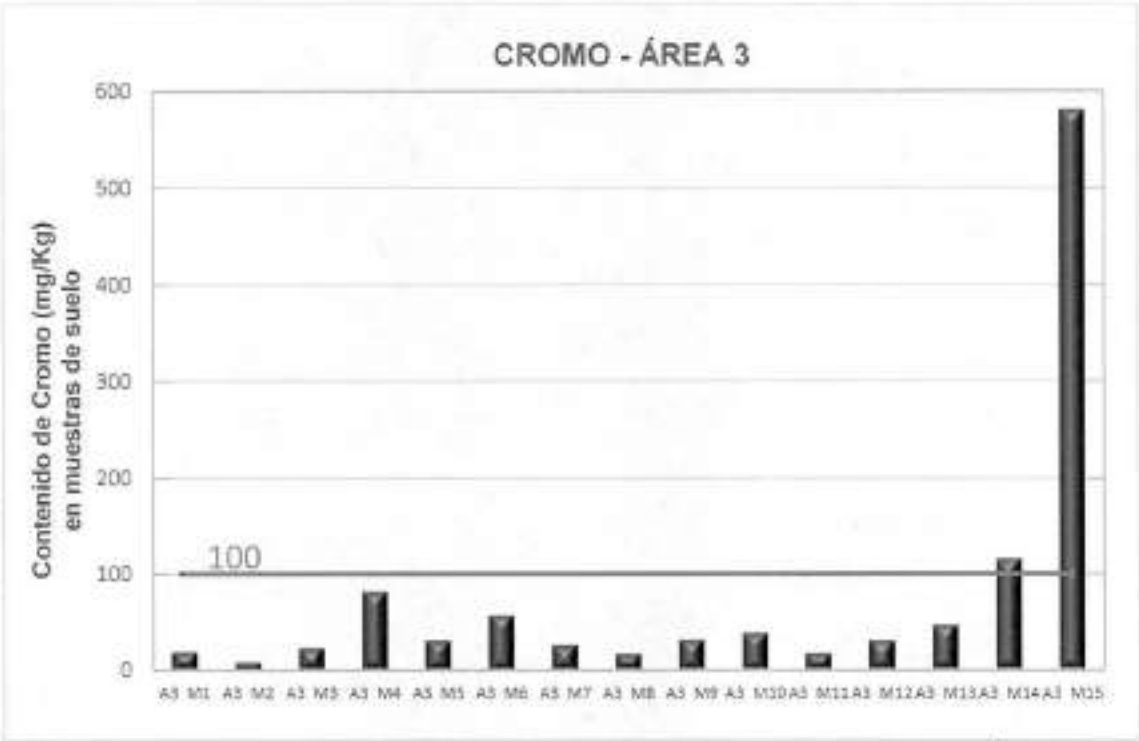


Figura 7.24 Valores límite del Contenido de Cromo (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.25** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Cromo (mg/Kg).



Figura 7.25 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cromo (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.6. Mercurio

La norma Técnica Colombiana no contempla un valor límite para el Mercurio; no obstante, la Norma Massachussets presenta un valor permisible de 20 mg/kg, a su vez indicando que no existe ninguna restricción por este elemento dentro del área de estudio, ya que la concentración máxima de este elemento en el área es de 0,5 mg/Kg correspondiente a las muestras A3 M11 y A3 M12 (**Figura 7.26**).

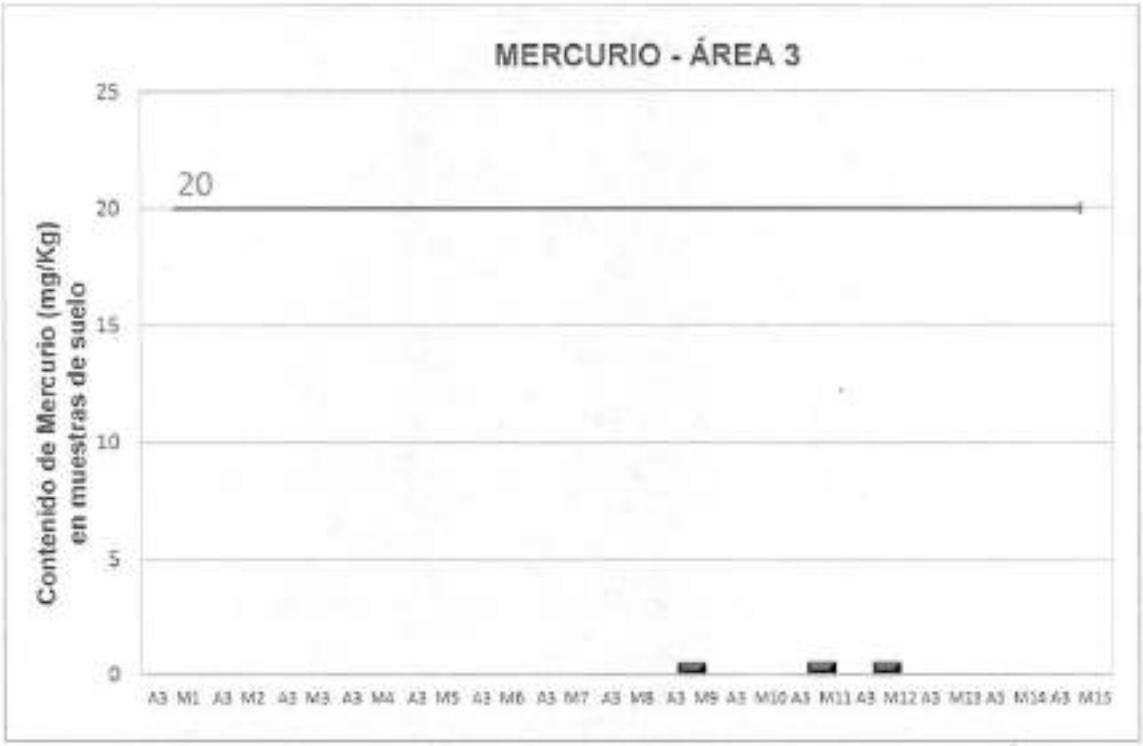


Figura 7.26 Valores límite del Contenido de Mercurio (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.27** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Mercurio (mg/Kg).

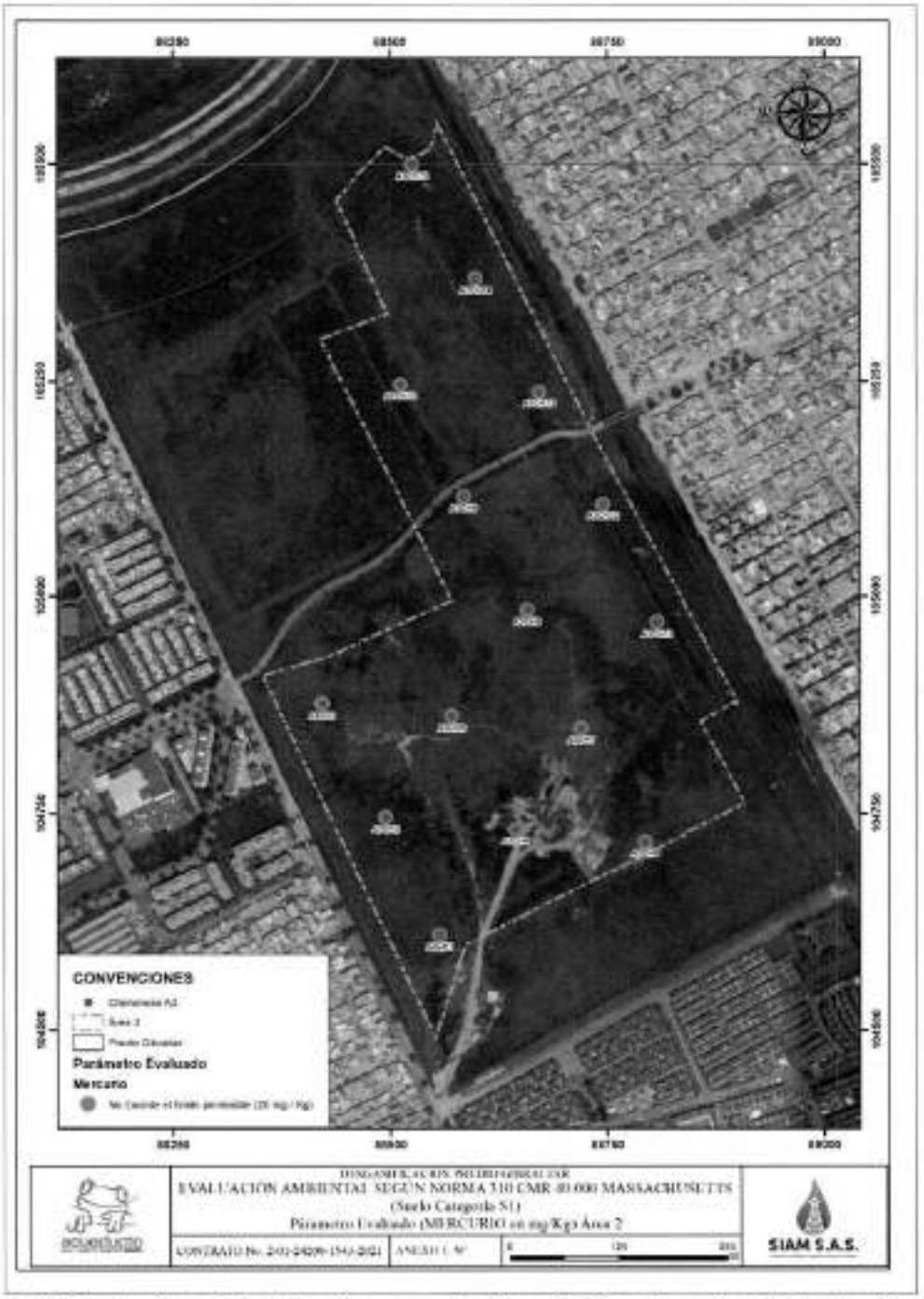


Figura 7.27 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Mercurio (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.7. Niquel

La norma Técnica Colombiana no contempla un valor límite para el Níquel; no obstante, la Norma Massachussets presenta un valor permisible de 600 mg/kg, a su vez indicando que no existe ninguna restricción por este elemento dentro del área de estudio, ya que la concentración máxima de este elemento en el área es de 83,7 mg/Kg correspondiente a la muestra A3 M15 (**Figura 7.28**).

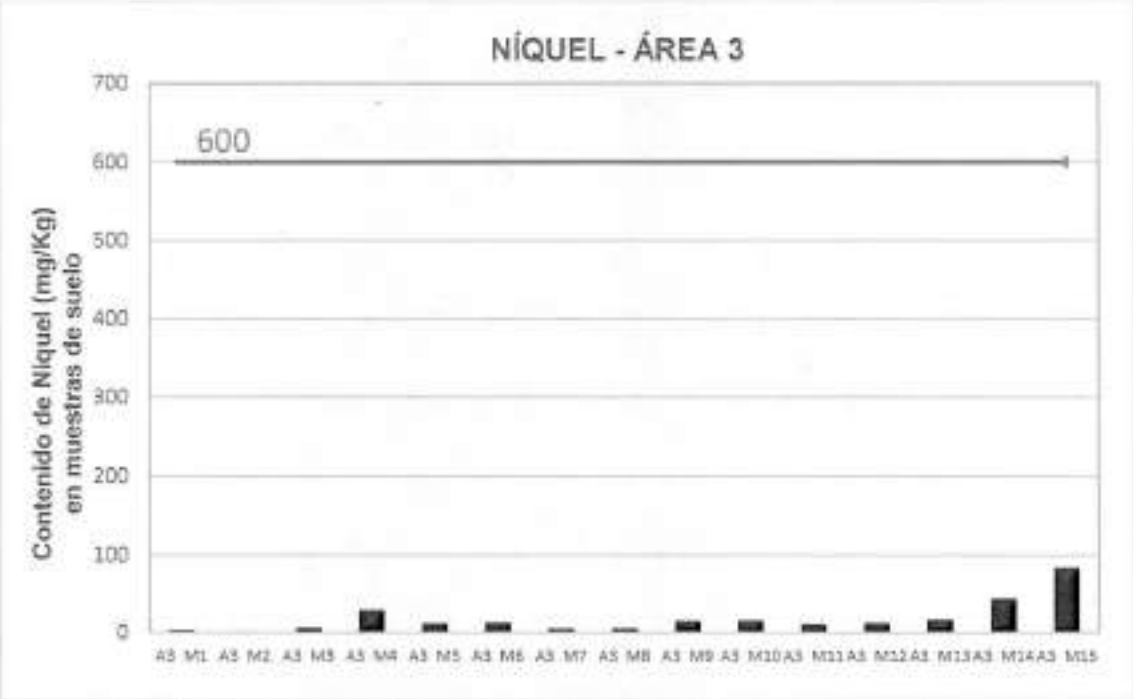


Figura 7.28 Valores límite del Contenido de Níquel (mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.29** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a la norma Massachussets para el parámetro Níquel (mg/Kg).

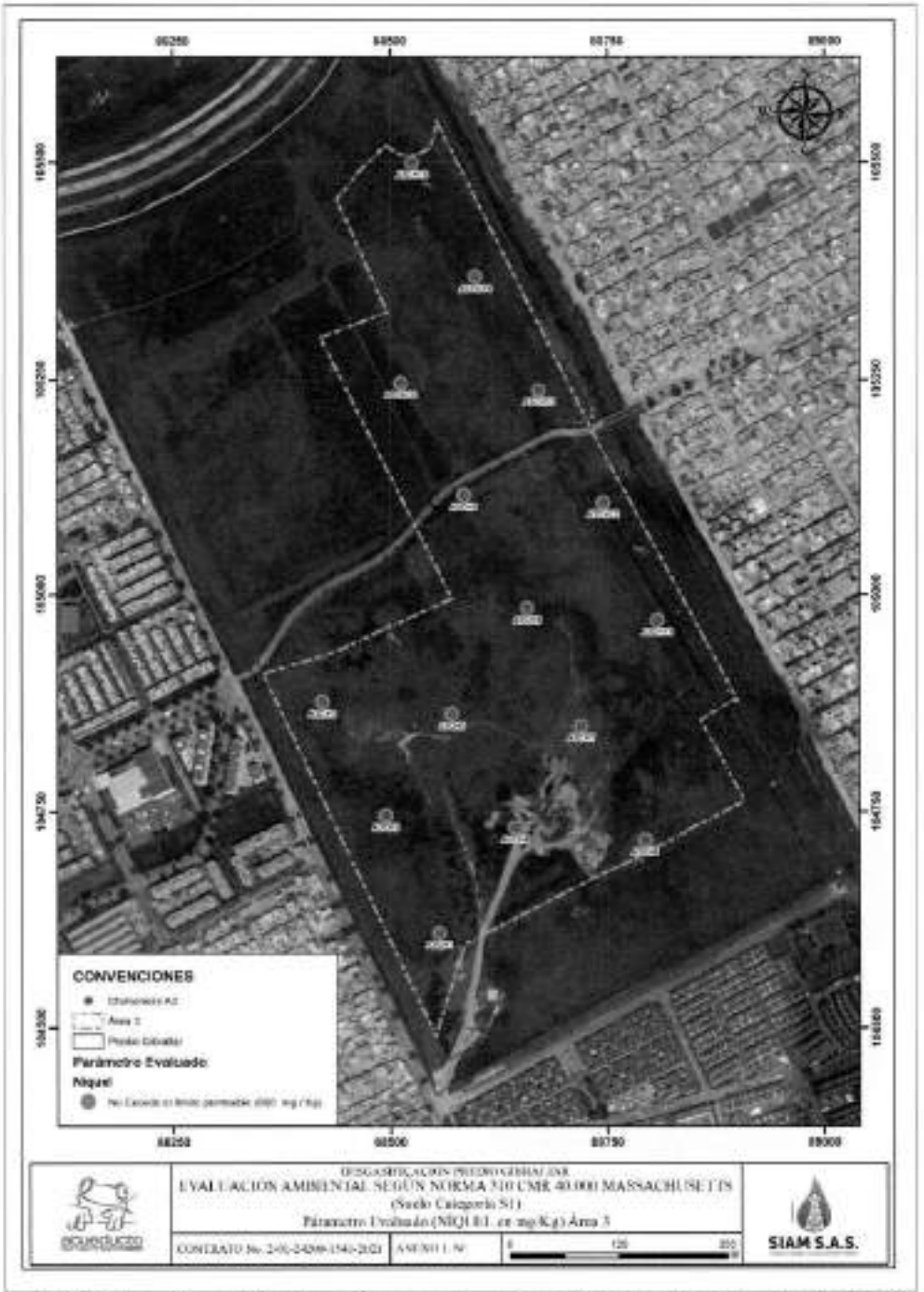


Figura 7.29 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Níquel (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.2.2.8. Plomo

Para el Plomo, la Norma Técnica Colombiana presenta un límite de referencia para este elemento de 30 mg/kg y la noma la Norma Massachusetts presenta un valor permisible es del 200mg/kg.

Las concentraciones de Plomo en el àrea se encuentran en un rango de 11.06 hasta 651,56 mg/Kg (**Figura 7.30**), donde el valor máximo de concentración se encuentra en el costado nororiental, correspondiente a la muestra A3 M15 chimenea A3CH15, excediendo los valores máximos permisibles establecidos en la norma Massachussets y norma MAVDT (2007). Así mismo, la muestra A3 M13 excede los valores de referencia de ambas normas.

Las muestras A3 M4, A3 M5, A3 M7 y A3 M14 en general, exceden los límites permitidos para la Norma Técnica Colombiana.

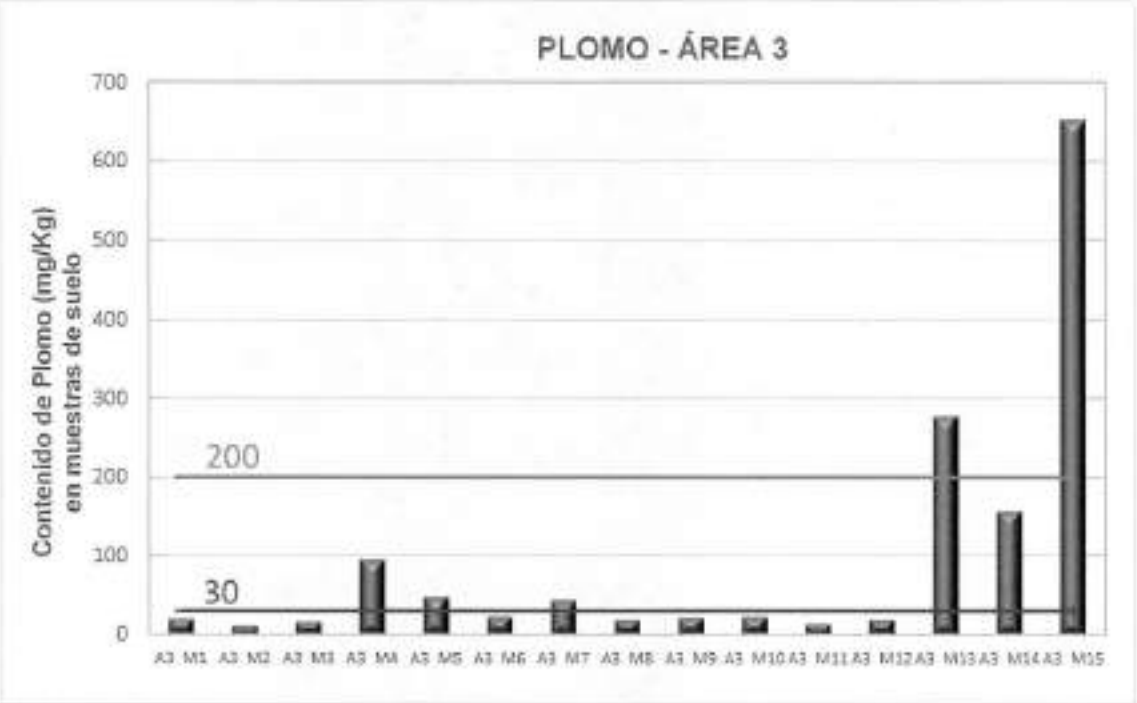


Figura 7.30 Valores límite del Contenido de Plomo(mg/Kg) en muestras de suelo – Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.31** y **Figura 7.32** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el predio Gibraltar con referencia a las normas MAVDT (2007) y norma Massachussets para el parámetro Plomo (mg/Kg).



Figura 7.31 Evaluación ambiental según norma de referencia MAVDT 2007 – Parámetro Plomo (mg/Kg) Área 3.

Fuente: SIAM SAS, 2022.



Figura 7.32 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Plomo (mg/Kg) Área 3.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.3. ANÁLISIS AMBIENTAL – COMPONENTE AGUA

A partir de la comparación realizada con las normas MAVDT (2007) y Massachussets, se logró identificar valores de concentración de Cadmio Total que excedían los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total y Cromo Total.

A continuación, se presenta la comparación de parámetros que arrojaron resultados por encima del límite de detección del equipo con respecto a las normas de referencia.

7.3.1. Arsénico Total

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Arsénico; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 0,9 mg/L.

Las concentraciones de Arsénico total se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,01mg/L, valor máximo correspondiente a la muestra PM06/17 del monitoreo de noviembre de 2022, ubicada hacia la parte occidental del predio Gibraltar, cuyo valor no excedió el límite máximo permisible establecido en la norma Massachussets (**Figura 7.33**).

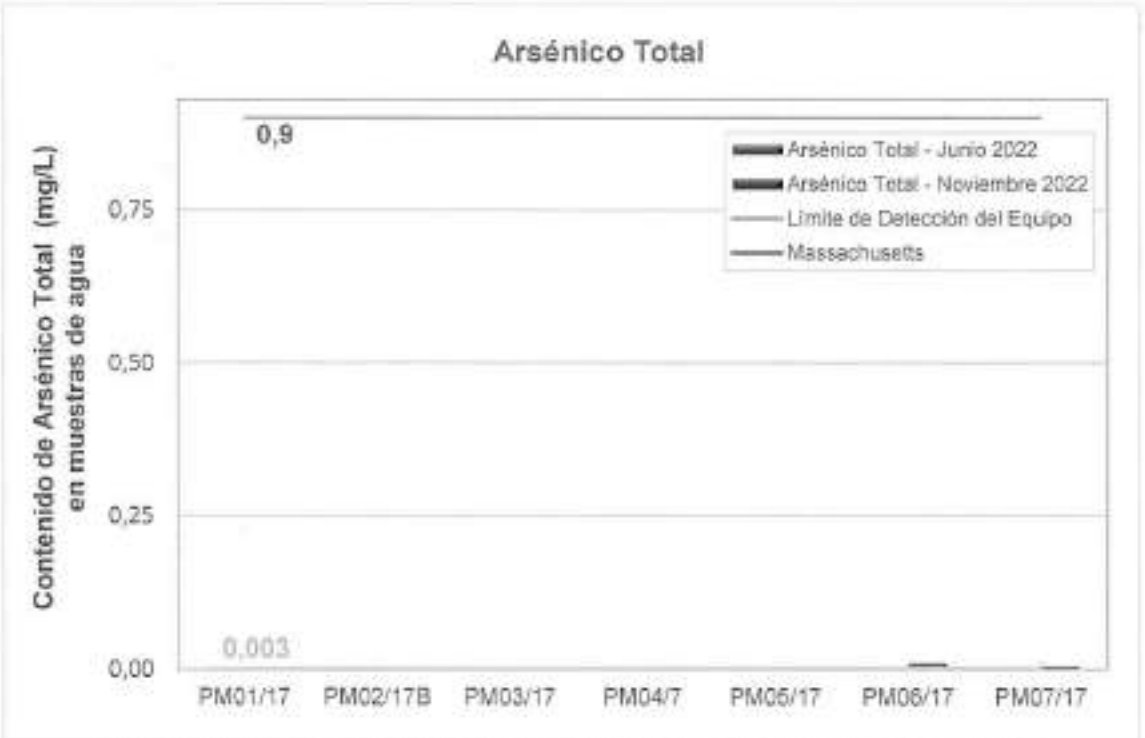


Figura 7.33 Valores límite del Contenido de Arsénico Total(mg/L) en muestras de agua.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.35** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el segundo monitoreo de agua subterránea, con referencia a la norma Massachussets, para el parámetro Arsénico Total (mg/L).

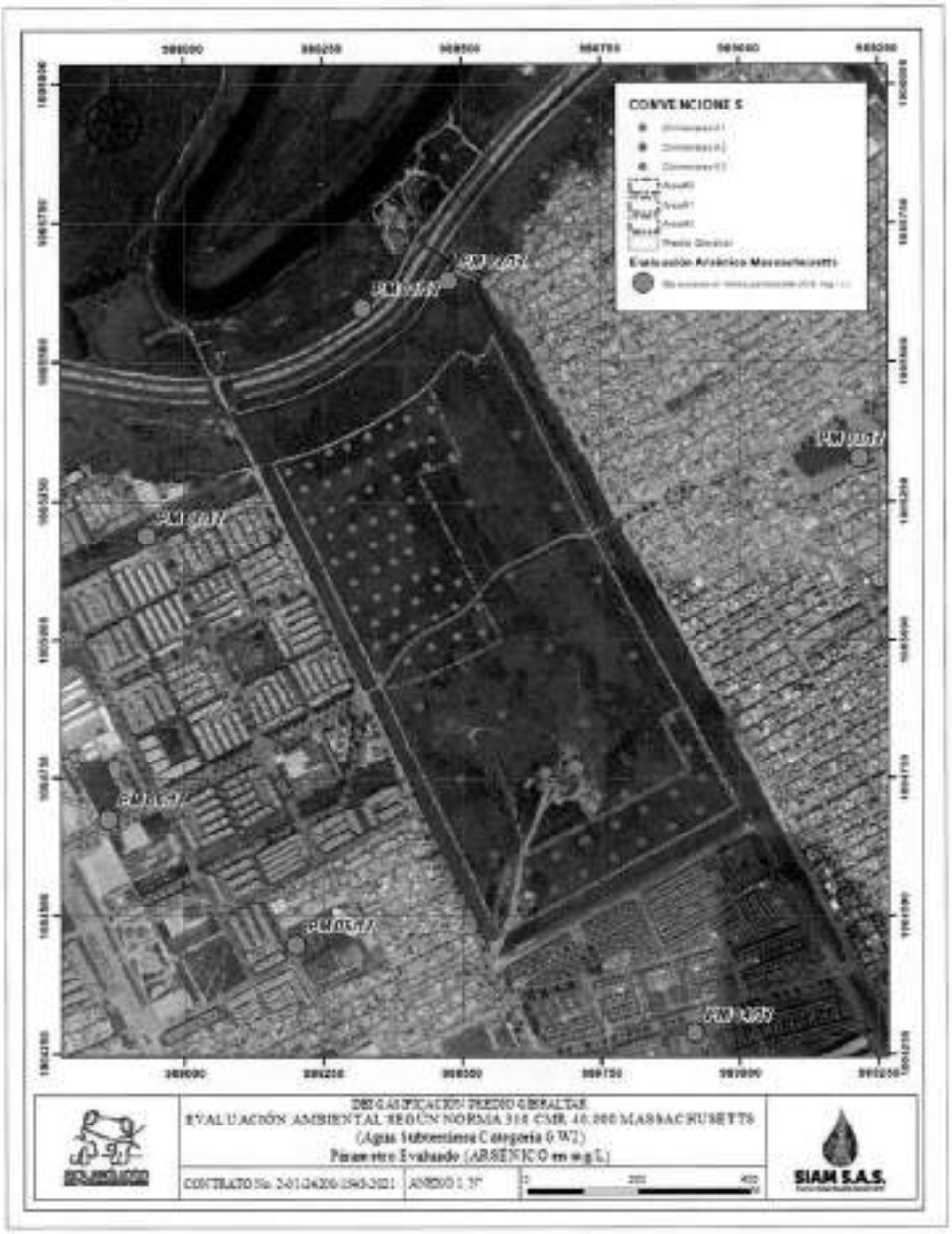


Figura 7.34 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Arsénico Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.3.2. Cadmio Total

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Cadmio; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 0,004 mg/L.

Las concentraciones de Cadmio se encontraron en un rango de No Detectable hasta 0,023 mg/L (**Figura 7.35**), donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar, el cual correspondia a la muestra PM01/17 de la segunda campaña de monitoreo. Este valor excedió el límite de referencia establecido en la norma Massachusetts al igual que el de las muestras PM02/17 y PM05/17 del segundo monitoreo de aguas subterráneas.

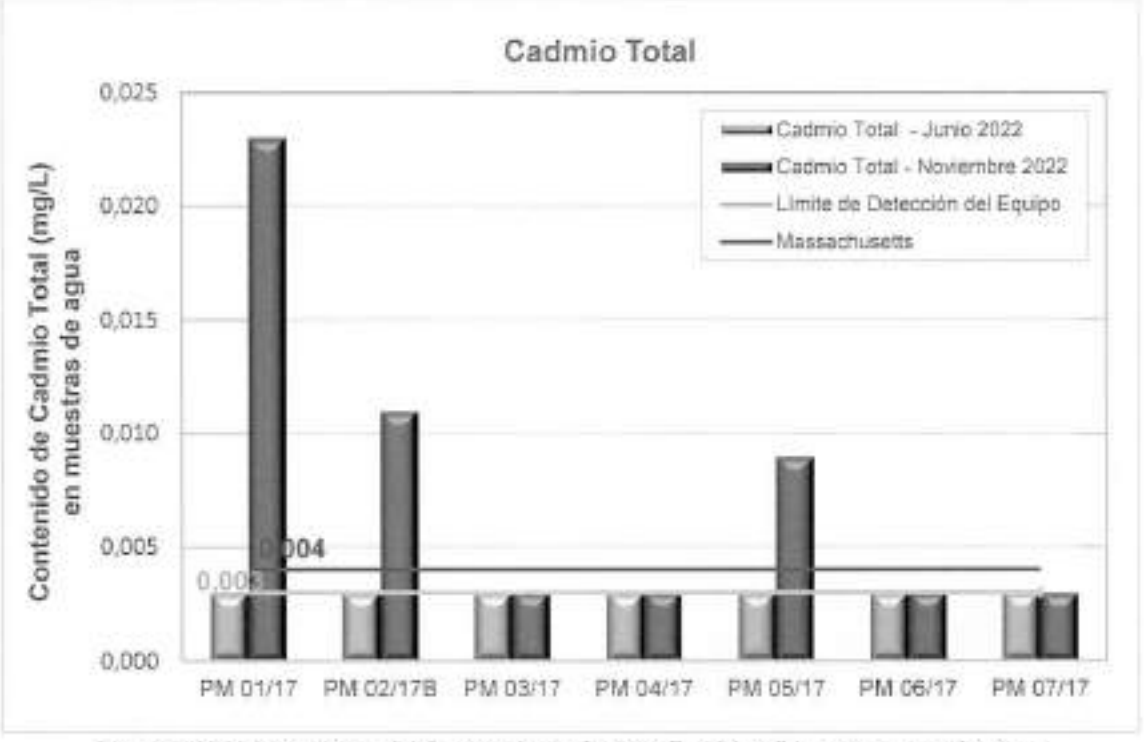


Figura 7.35 Valores límite del Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de agua.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.36** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el segundo monitoreo de agua subterránea, con referencia a la norma Massachussets, para el parámetro Cadmio Total (mg/L).

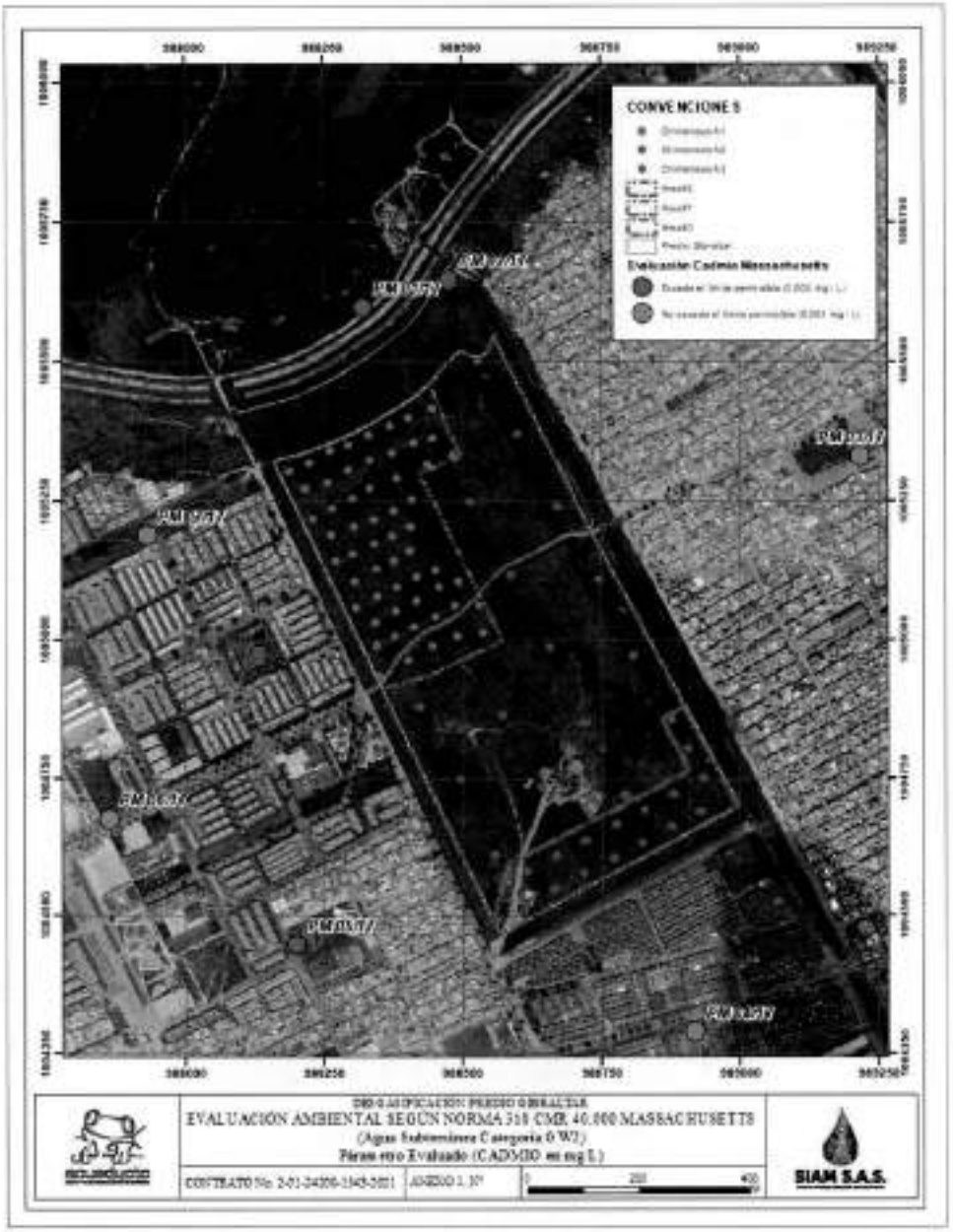


Figura 7.36 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cadmio Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea.

Fuente: SIAM SAS, 2022.

7.3.3. Cromo Total

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Cromo; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 0,3 mg/L.

Las concentraciones de Cromo se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,007 mg/L (**Figura 7.37**), donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar en la muestra de agua PM01/17 del monitoreo de noviembre de 2022, sin exceder los valores máximos permisibles establecidos en la norma.

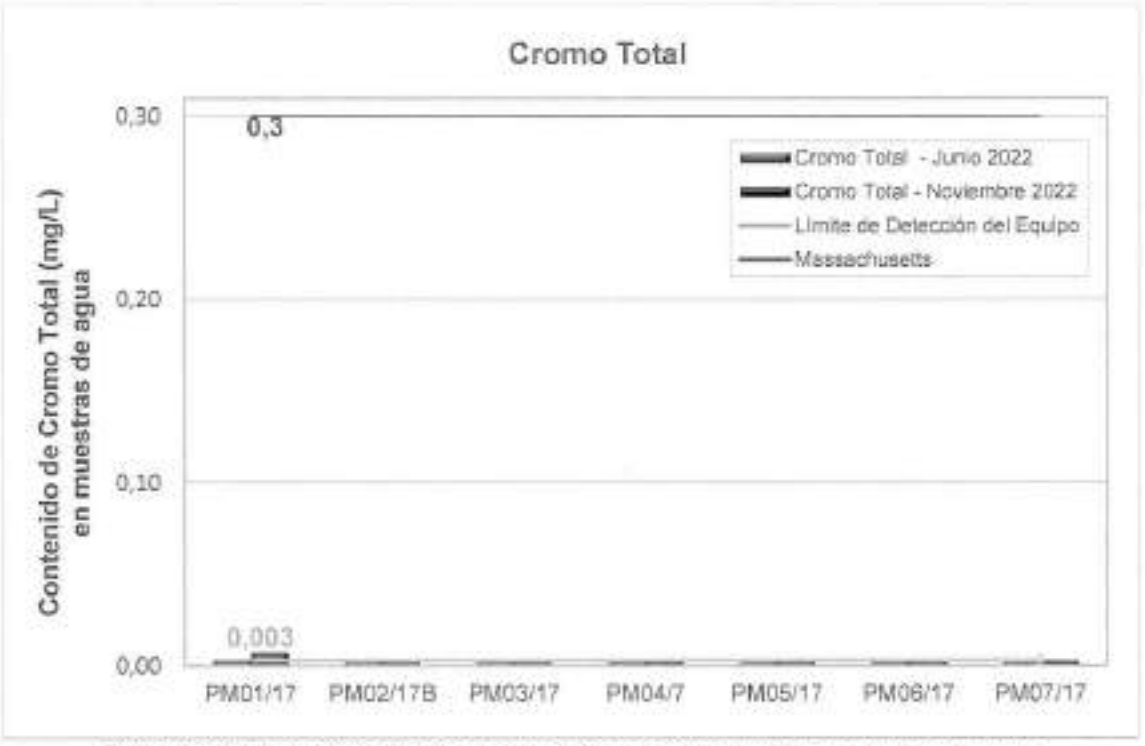


Figura 7.37 Valores límite del Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de agua.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 7.38** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el segundo monitoreo de agua subterránea, con referencia a la norma Massachussets, para el parámetro Cromo Total (mg/L).

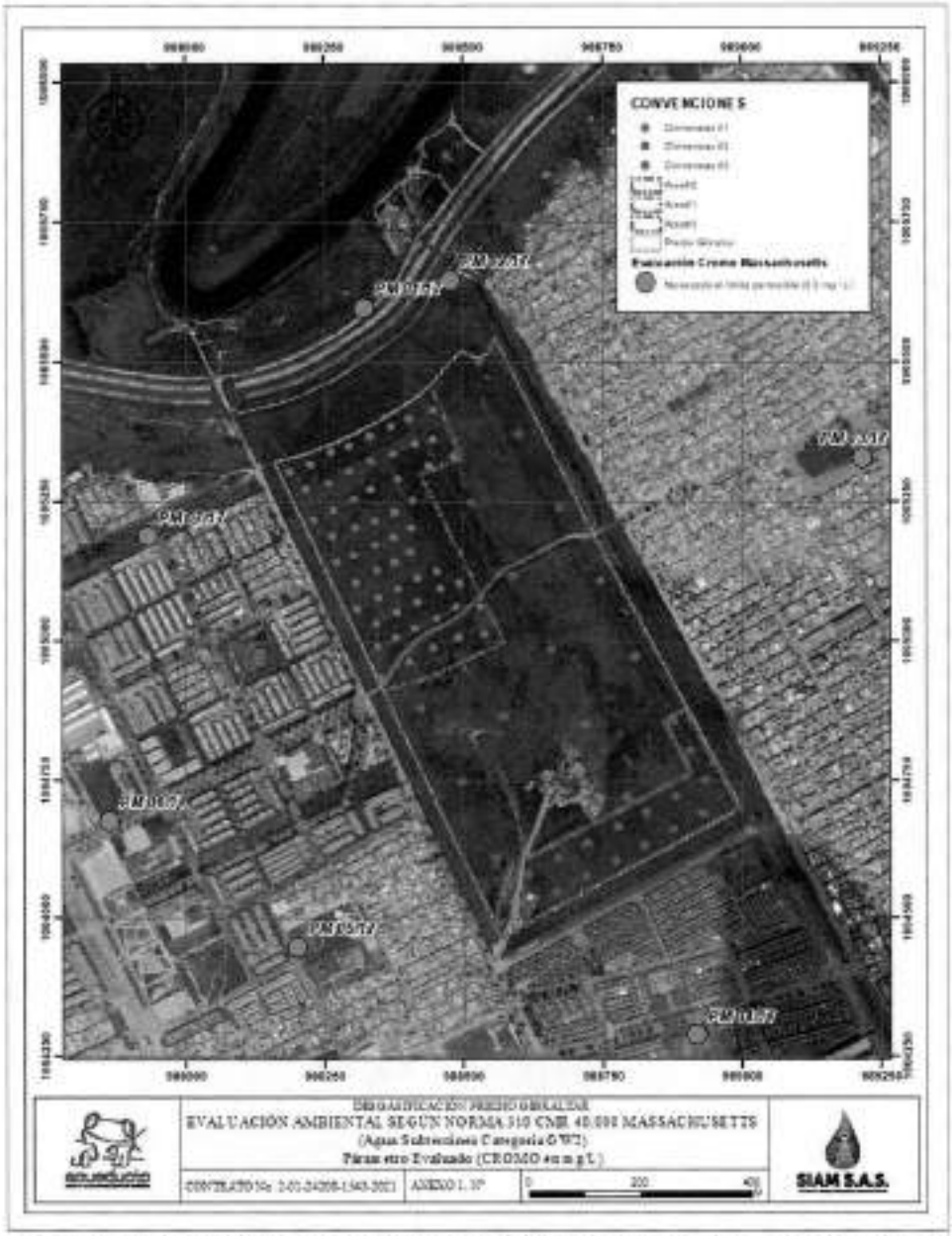


Figura 7.38 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cromo Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea.

Fuente: SIAM SAS, 2022.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con el programa de desgasificación aprobado, se construyeron 17 chimeneas de desgasificación pasiva en el Área 2 con profundidades entre 4,5 m y 6 m, siendo el área con menores espesores de basura reportados. En el Área 3 se construyeron 15 chimeneas de desgasificación pasiva con profundidades entre 6 m y 9m, siendo el área con mayores espesores de basura reportados.

En el Área 2 del predio Gibraltar se realizó el monitoreo de las 17 chimeneas iniciando dicho monitoreo el día 1 de julio de 2022 y realizando el ultimo monitoreo el día 6 de septiembre de 2022, con un total de 19 jornadas de monitoreo y 124 monitoreos en las chimeneas instaladas. La última chimenea en ser clausurada fue la A2CH05 después de 14 jornadas de monitoreo.

En general, los valores de concentración de Metano en esta zona se presentaron en el rango de 0% hasta 3,2%, valor correspondiente a la chimenea A2CH03. El promedio de concentración de este gas fue de 0,1%. De acuerdo con los requerimientos establecidos por la SDA 2021, se realizó la extensión de la tubería de desfogue en la Chimenea A2CH02 debido al registro de gas metano superior a 2,5% el día 8 de julio de 2022, así mismo se inició el monitoreo diario de esta chimenea.

Los valores de Caudal (Q m^3/seg) medido en las chimeneas se presentaron en el rango de 0 hasta $9{,}5x10^{-4}$ m^3/seg, valor correspondiente a la chimenea A2CH03. El promedio de caudal registrado en el Área 2 fue de $1{,}41x10^{-5}$ m3/seg. Se observó un aumento de caudal en las primeras jornadas de monitoreo con una disminución gradual en las últimas mediciones.

En el Área 2 no se reportaron valores de Ácido Sulfhídrico y los valores de Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Oxígeno se encuentran dentro de los límites esperados, con valores para el Dióxido de Carbono que no representan riesgos a la salud humana.

En el Área 3 del predio Gibraltar se realizó el monitoreo de las 15 chimeneas iniciando dicho monitoreo el día 24 de junio de 2022 y realizando el ultimo monitoreo el día 19 de noviembre de 2022, con un total de 85 jornadas de monitoreo y 451 monitoreos en las chimeneas instaladas. La última chimenea en ser clausurada fue la A3CH05 después de 83 jornadas de monitoreo. En general, los valores de concentración de metano (CH_4) se presentaron en el rango de 0% hasta 35,4%, valor correspondiente a la chimenea A3CH09; del mismo modo, la chimenea A3CH02 registro un valor máximo de Metano de 20,8%. El promedio de concentración de este gas en el área fue de 3,1%.

De acuerdo con los requerimientos establecidos por la SDA 2021, se realizó la extensión de la tubería de desfogue en las Chimeneas A3CH01, A3CH02, A3CH03, A3CH05, A3CH09, A3CH10, A3CH14 y A3CH15 debido al registro de gas metano superior a 2,5% en una o varias jornadas de monitoreo, así mismo se inició el monitoreo diario de estas chimeneas.

Los valores de Caudal (Q m^3/seg) medido en las chimeneas del Área 3 se presentaron en el rango de 0 hasta $2{,}7x10^{-3}$ m^3/seg, valor correspondiente a la chimenea A3CH02. El promedio de caudal registrado en el área fue de $3{,}8x10^{-3}$ m^3/seg. Se observó un aumento de caudal en las primeras jornadas de monitoreo con una disminución gradual en las últimas mediciones, presentándose algunas pequeñas fluctuaciones.

En el Área 3, el valor máximo de concentración de Ácido Sulfhídrico (H_2S) fue de 7,7 ppm, correspondiente a la chimenea A3CH14 en el monitoreo del día 23 de agosto de 2022; con una disminución representativa los días posteriores de monitoreo. Aunque el valor reportado es un poco alto, se encuentra por debajo del límite

permisible establecido por La OSHA (20 ppm TWA y 50 ppm EL) por lo que no representan ningún riesgo para la salud humana. El promedio de concentración de este gas en el área fue de 0,023 ppm.

El valor máximo reportado para el Monóxido de Carbono en el Área 3 fue de 18,3 ppm, valor correspondiente a la chimenea A3CH14, en el monitoreo del día 24 de junio de 2022; con una disminución representativa los días posteriores de monitoreo. El límite de exposición recomendada por el NIOSH para el CO es de 50 ppm para TWA y un límite máximo de 200 ppm; por lo que el valor registrado no representa ningún riesgo para la salud humana. El promedio de concentración de este gas fue de 0,45 ppm.

En general, los valores de concentración de Dióxido de Carbono en el Área 3 se presentaron en el rango de 0% hasta 21,3%, con un promedio de concentración de 5,02% y los valores de concentración de Oxígeno se presentaron en el rango de 1% hasta 21,2% con un promedio de concentración de 15,5%, un valor relativamente bajo respecto con la presencia de oxígeno en el medio ambiente. La disminución de concentración del Oxígeno depende mayormente del contenido de Dióxido de Carbono y Metano en el aire, que desplazan este gas debido a la diferencia de densidades.

Una vez culminado el programa de monitoreo de gases en las chimeneas instaladas, se realizó el cierre de las mismas, asegurando un desfogue pasivo que permita la expulsión de gases remanentes en el predio, con lo cual se garantiza la correcta desgasificación en las 32 zonas perforadas.

Se realizó la toma de veintiún (21) muestras de suelo de cobertura, teniendo en cuenta el primer metro 1,0 m de suelo y descartando los primeros 5 cm de profundidad. Las muestras tomadas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: Área 2: Seis (6) muestras compuestas de 3 perforaciones contiguas y Área 3: Quince (15) muestras simples de esta zona. Se realizaron los análisis de Arsénico, Metales pesados: Plomo, Mercurio total, Cadmio, Cromo total, Cromo hexavalente, Cobalto Aluminio, Níquel y Cobre, Hidrocarburos totales del petróleo: Rangos GRO, DRO y ORO

Teniendo en cuenta que en el predio Gibraltar se tiene proyectado la construcción del "Parque Metropolitano El porvenir", el análisis del grado de contaminación de los suelos con base en la norma de Massachusetts Departament of Enviromental Protection, se realizó según la categoría S1, ya que este suelo contará con una frecuencia de utilización alta debido a la presencia constante de adultos y niños que asistirán al parque, con un índice de alto uso ya que el área será visitada por adultos y niños los 7 días de la semana, y accesible puesto que el suelo se encuentra situado en superficie. En cuanto a la norma nacional, Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios Distribución de Derivados de Hidrocarburos, los elementos analizados se encuentran en la categoría de exposición en Sectores Residenciales/Agrícolas con CDI de petróleo de migración a agua subterránea que es el estadio más crítico de evaluación debido a la presencia de niños en el área.

La norma Massachusetts no presenta un valor permisible para el rango ERO/ORO, sin embargo, la norma Técnica Colombiana presenta un valor máximo permitido de 79 mg/kg; de esta manera las concentraciones que se encuentran por encima de este valor pertenecen a las muestras A2 M2, A2 M3, A2 M4, A3 M1, A3 M2, A3 M3, A3 M4, A3 M5, A3 M7, A3 M8, A3 M9, A3 M10, A3 M11, A3 M12, A3 M13, A3 M14 y A3 M15, indicando presencia de hidrocarburos derivados del petróleo en rango Diesel y Aceites.

Para el elemento Cadmio, según los resultados de los análisis de laboratorio, el valor máximo de concentración es de 9.2 mg/kg en la muestra A2 M5, lo que indica que según los valores máximos permisibles establecidos

en la Norma Massachusetts (20 mg/kg) no existe restricción por este elemento en el predio Gibraltar. La Norma Técnica Colombiana no contempla el CID para el Arsénico.

La Norma Técnica Colombiana no presenta un valor de Restricción para el Cromo; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 100 mg/kg, con lo cual, las muestras de suelo que exceden esta concentración son: A3 M14 y A3 M15.

La norma Técnica Colombiana no contempla un valor límite para el Níquel; no obstante, la Norma Massachussets presenta un valor permisible de 600 mg/kg, a su vez indicando que no existe ninguna restricción por este elemento dentro del área de estudio

Para el Plomo, se observa que las muestras A2 M5, A2 M6, A3 M4, A3 M5, A3 M7, A3 M13, A3 M14 y A3 M15 en general, exceden los límites permitidos para la Norma Técnica Colombiana, que muestra un límite de 30 mg/kg. Según la Norma Massachusetts cuyo valor permisible es del 200mg/kg, las muestras que presentan restricción sobre este elemento son A3 M13, y A3 M15.

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas del agua subterránea en las zonas adyacentes al Predio Gibraltar y su variación en el tiempo, se realizaron dos (2) campañas de monitoreo en los siete (7) piezómetros ubicados alrededor del predio. La primera campaña de monitoreo se realizó los días 13 y 14 de junio de 2022, y la segunda campaña de monitoreo se realizó los días 21 y 22 de noviembre de 2022. Los parámetros a evaluar según la SDA (2021) fueron Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – PAH, Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO), Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos), Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV y Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo).

En la evaluación ambiental, para el parámetro agua, según la norma de *Massachusetts Departament of Enviromental Protection* esta se clasificó según la categoría GW2, ya que en las zonas aledañas al predio Gibraltar la profundidad anual promedio del agua subterránea es de 5 metros o menos y existen edificios o estructura existentes a menos de 10 metros de la mayoría de los pozos de monitoreo evaluados, por lo que el agua subterránea se considera una fuente potencial de vapores de petróleo y/o material peligroso para el aire interior.

En cuanto a la norma nacional, El MAVDT hace la distinción entre Exposición a Agua Subterránea/Superficial No Potable y Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable, basados en la cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) y producción del pozo (gal/día), siendo más restrictivo el límite máximo permisible, cuando se trata de agua subterránea potable, por lo que según datos de caudal caudal realizado en 2017 mediante balde aforado en tres (3) de los siete (7) pozos de Monitoreo del área de estudio, así como un cálculo de los SDT a partir de los reportes de agua subterránea in situ del mismo año, este componente se clasifica como Exposición a Agua Subterránea/Superficial Potable (SIAM SAS, 2017).

A partir de la comparación realizada con las normas MAVDT (2007) y Massachussets, se logró identificar valores de concentración de Cadmio Total que excedían los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total (09mg/L - Massachusetts) y Cromo Tota (09mg/L Massachusetts).

Las concentraciones de Cadmio se encontraron en un rango de No Detectable hasta 0,023 mg/L, donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar, el cual correspondía a la muestra PM01/17

de la segunda campaña de monitoreo. Este valor excedió el límite de referencia establecido en la norma Massachusetts al igual que el de las muestras PM02/17 y PM05/17 del segundo monitoreo de aguas subterráneas.

Según los valores obtenidos para conductividad Hidráulica aplicando el Método de Hvorslev, los pozos PM03/17, PM04/17 y PM07/17 se asocian a una litología de granulometría arenosa de selección moderada a baja que favorece el flujo intergranular del agua a través del suelo, por otra parte, los pozos PM02/17B, y PM06/17 presentan una permeabilidad moderada relacionada a texturas arenosas a areno – limosas, con moderado de selección. Finalmente, los resultados de los pozos PM01/17 y PM05/17 indican una menor permeabilidad relacionada con texturas areno - arcillosas a arcillo – limosas.

Todos los residuos provenientes de las actividades de perforación, muestreo de suelo y muestreo de aguas subterráneas, fue almacenado en la bodega seleccionada para tal fin. Los residuos producto de la perforación se empacaron en lonas de fibra de polipropileno y para evitar goteos del material saturado fueron re empacados en bolsas plásticas rojas; los residuos provenientes del muestreo de suelos fueron empacados en bolsas de polipropileno color rojo y los residuos provenientes de la purga y muestreo de aguas subterráneas fueron almacenados en garrafas de 30 L o canecas de 50 L. Los residuos almacenados en la bodega fueron recolectados y trasladados por la empresa ENLACES AMBIENTALES y la disposición final de los residuos se realizó a través de la empresa VEOLIA ASEO NORTE DE SANTANDER S.A.S E.S.P. En total se realizó la disposición de 24.34 m^3 de tierras contaminadas con residuos sólidos, 12.3 Kg de residuos sólidos peligrosos y 243,7 L de Líquidos residual de purgas.

9. RECOMENDACIONES

Debido a que en el área de estudio se presentan valores altos de concentración de Hidrocarburos totales del petróleo, Hidrocarburos totales del petróleo: Rango ERO / ORO, Plomo y Cromo total, en diferentes muestras tomadas en el predio Gibraltar que exceden los límites permisibles de las normas ambientales tomadas como referencia para la evaluación ambiental del área y definición de las condiciones de riesgo teniendo en cuenta el uso futuro de esta; y que a su vez algunas de estas muestras se encuentran ubicadas en áreas donde la malla de muestreo fue más amplia, se recomienda delimitar con mayor exactitud la zona con presencia de contaminantes, a través de la ejecución de perforaciones y muestreos de suelos adicionales para ejecución de análisis de laboratorio.

Esta delimitación permitirá establecer el método de intervención más acorde al área, teniendo en cuenta que puede ser a través de un tratamiento in situ del material, la remoción y disposición de dicho material como residuo peligroso o tratamiento y reacondicionamiento del suelo ex situ.

En relación al agua subterránea, ya que se presentaron valores de Cadmio que exceden los límites de referencia establecidos en la norma internacional, en el segundo monitoreo realizado en el mes de noviembre de 2022, se recomienda el desarrollo de monitoreos periódicos en temporada de alta y baja precipitación, con énfasis en el contenido de metales pesados en el agua, que permita hacer seguimiento de concentración de estos compuestos, especialmente en los pozos de monitoreo ubicados en zonas residenciales, de modo que se establezca si existe un riesgo de afectación a la salud a la población.

Anexo 7. Informe de Monitoreo de Aguas Subterráneas

CONSORCIO
GIBRALTAR

acueducto
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

INFORME DE AGUAS

CONTRATO No. 2-01-24200-1543-2021

DESGASIFICACIÓN DEL PREDIO GIBRALTAR

SIAM SAS

NIT: 830.073.583-6

MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

FEBRERO 2023
BOGOTÁ D.C.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 6
2. GENERALIDADES 7
2.1. OBJETIVO GENERAL 7
2.2. METODOLOGIA 7
2.3. LOCALIZACIÓN GENERAL 7
2.4. GEOLOGÍA LOCAL PREDIO GIBRALTAR 9
2.5. MARCO HIDROGEOLÓGICO LOCAL PREDIO GIBRALTAR 11
2.5.1. Modelo conceptual del predio Gibraltar 11
2.5.2. Unidades hidrogeológicas 13
2.5.2.1. Sedimentos con flujo intergranular 13
2.5.3. Dirección de flujo subterráneo de la unidad Acan 13
2.5.4. Direcciones de flujo de agua subterránea y lixiviado 14
2.6. ANTECEDENTES 15
3. MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA 16
3.1. LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA. 16
3.2. PROCEDIMINETO TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA 18
3.3. ACOPIO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PRODUCTO DEL MUESTREO DE AGUAS 20
4. RESULTADOS DE LABORATORIO 22
4.1. PRIMER MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 22
4.2. SEGUNDO MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 30
5. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL ACUIFERO SOMERO 39
6. ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA ZONA 42
6.1. NORMAS DE REFERENCIA 42
6.1.1. Guía Nacional 42
6.1.2. Norma 310 CMR 40.000 Massachusetts Contingency Plan (MCP) 44
6.2. ANÁLISIS AMBIENTAL 48
6.2.1. Arsénico Total 48
6.2.2. Cadmio Total 51
6.2.3. Cromo Total 54
7. CONCLUSIONES 56
8. RECOMENDACIONES 58
9. REFERENCIAS 59

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Coordenadas Predio Gibraltar. 9
Tabla 3.1 Relación de muestras de agua subterránea tomadas en las campañas de muestreo 16
Tabla 3.2 Coordenadas Pozos de Monitoreo en zonas adyacentes al Predio Gibraltar 18
Tabla 3.3 Rangos de parámetros in situ para calibración. 19
Tabla 3.4 Relación de disposición de residuos peligrosos producto del muestreo de aguas 21
Tabla 4.1 Parámetros medidos In Situ – Primer Monitoreo de Aguas subterráneas 22
Tabla 4.2 Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Primer Monitoreo 23
Tabla 4.3 Parámetros medidos In Situ – Segundo Monitoreo de Aguas subterráneas 30
Tabla 4.4 Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Segundo Monitoreo 31
Tabla 5.1 Resultados de conductividad hidráulica obtenidos en Pozos Monitoreo 40
Tabla 6.1 (A) Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para Compuestos de Interés según Norma Colombiana 43
Tabla 6.2 (B) Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para Compuestos de Interés según Norma Colombiana 43
Tabla 6.3 Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para la categoría agua subterránea. 45
Tabla 6.4 Cálculo de Caudales. 48
Tabla 6.5 Cálculo de Sólidos Disueltos Totales 48

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Localización general Predio Gibraltar 8
Figura 2.2 Cortes litoestratigráficos realizados predio Gibraltar. 10
Figura 2.3 Cortes hidrogeológicos realizados predio Gibraltar. 12
Figura 2.4 Comportamiento del flujo con relación a presiones verticales 14
Figura 2.5 Comportamiento del flujo de lixiviados 15
Figura 3.1 Localización de pozos de monitoreo adyacentes al predio Gibraltar 17
Figura 4.1 Contenido de BTEX Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo. 25
Figura 4.2 Contenido de COV's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo 25
Figura 4.3 Contenido de HAP's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo. 26
Figura 4.4 Contenido de Hidrocarburos Rango DRO (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo 26
Figura 4.5 Contenido de Hidrocarburos Rango GRO (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo. 27
Figura 4.6 Contenido de Arsénico Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo 27
Figura 4.7 Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo. 28
Figura 4.8 Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo. 28
Figura 4.9 Contenido de Mercurio Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo 29

Figura 4.10 Contenido de Plomo Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo. 29
Figura 4.11 Contenido de BTEX Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 33
Figura 4.12 Contenido de COV's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 33
Figura 4.13 Contenido de SCOV's Fenoles Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 34
Figura 4.14 Contenido de HAP's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 34
Figura 4.15 Contenido de Hidrocarburos Rango DRO (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 35
Figura 4.16 Contenido de Hidrocarburos Rango GRO (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 35
Figura 4.17 Contenido de Arsénico Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 36
Figura 4.18 Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 36
Figura 4.19 Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 37
Figura 4.20 Contenido de Mercurio Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 37
Figura 4.21 Contenido de Plomo Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo. 38
Figura 5.1 Distribución espacial de la conductividad hidráulica en zonas adyacentes al predio Gibraltar. 41
Figura 6.1 Estimación de variable Exposición al Agua. 47
Figura 6.2 Valores límite del Contenido de Arsénico Total(mg/L) en muestras de agua. 49
Figura 6.3 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Arsénico Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea. 50
Figura 6.4 Valores límite del Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de agua. 51
Figura 6.5. Modelo Conceptual del Sitio (MCS) 52
Figura 6.6 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cadmio Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea. 53
Figura 6.7 Valores límite del Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de agua. 54
Figura 6.8 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cromo Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea. 55

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4.1 Purga de red de pozos de monitoreo. 18
Fotografía 4.2 Calibración de parámetros In Situ. 19
Fotografía 4.3 Muestreo de aguas subterráneas. 20
Fotografía 4.4 Acopio de residuos líquidos contaminados producto de la purga y muestreo de aguas en pozos de monitoreo. 21
Fotografía 6.1 Desarrollo de pruebas Slug. 39

ANEXOS

ANEXO A. LOCALIZACIÓN GENERAL – POZOS DE MONITOREO
ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO
ANEXO B.1. Cadenas de custodia
ANEXO B.2. Resultados de laboratorio
ANEXO B.3. Tablas y Graficas
ANEXO C. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA
ANEXO C.1. Slug Test
ANEXO C.2. Conductividad Hidráulica de la Zona
ANEXO D. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA
ANEXO D.1. Normas Ambientales de Referencia
ANEXO D.2. Mapas de distribución
ANEXO E. CETIFICADOS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

1. INTRODUCCIÓN

Para dar cumplimiento a las actividades plasmadas en el contrato No. 2-01-24200-1543-2021 de obra firmado entre SIAM S.A.S. y la EAAB ESP cuyo objeto es la "DESGASIFICACIÓN DEL PREDIO GIBRALTAR.", la empresa SIAM S.A.S. realizó de evaluación ambiental de las aguas subterráneas del entorno, con el fin de garantizar un correcto manejo de estos recursos y generar una mínima afectación a las comunidades aledañas.

2. GENERALIDADES

2.1. OBJETIVO GENERAL

Ejecutar la toma de muestras de calidad del agua subterránea en los siete (7) Pozos de Monitoreo ubicados alrededor del predio Gibraltar con el respectivo envío y análisis de laboratorio, análisis de información y análisis de los resultados para verificar presencia de posibles contaminantes por migración de estos desde el interior del predio Gibraltar.

2.2. METODOLOGIA

A continuación, se realiza una descripción del proceso general que se siguió durante la realización de los trabajos de campo.

Monitoreo de Agua Subterránea

- Purga de todos los pozos a monitorear mediante bailer metálico, 72 horas antes de la toma de muestra.
- Verificación de parámetros de estabilización y toma de muestras de agua por parte del personal técnico del laboratorio acreditado.
- Empaque, rotulación y refrigeración de muestras de agua tomadas, con el respectivo diligenciamiento de cadena de custodia, por parte del personal técnico del laboratorio.
- Transporte de la muestra hasta laboratorio autorizado para su análisis, por parte del técnico asignado.

Pruebas de conductividad hidráulica

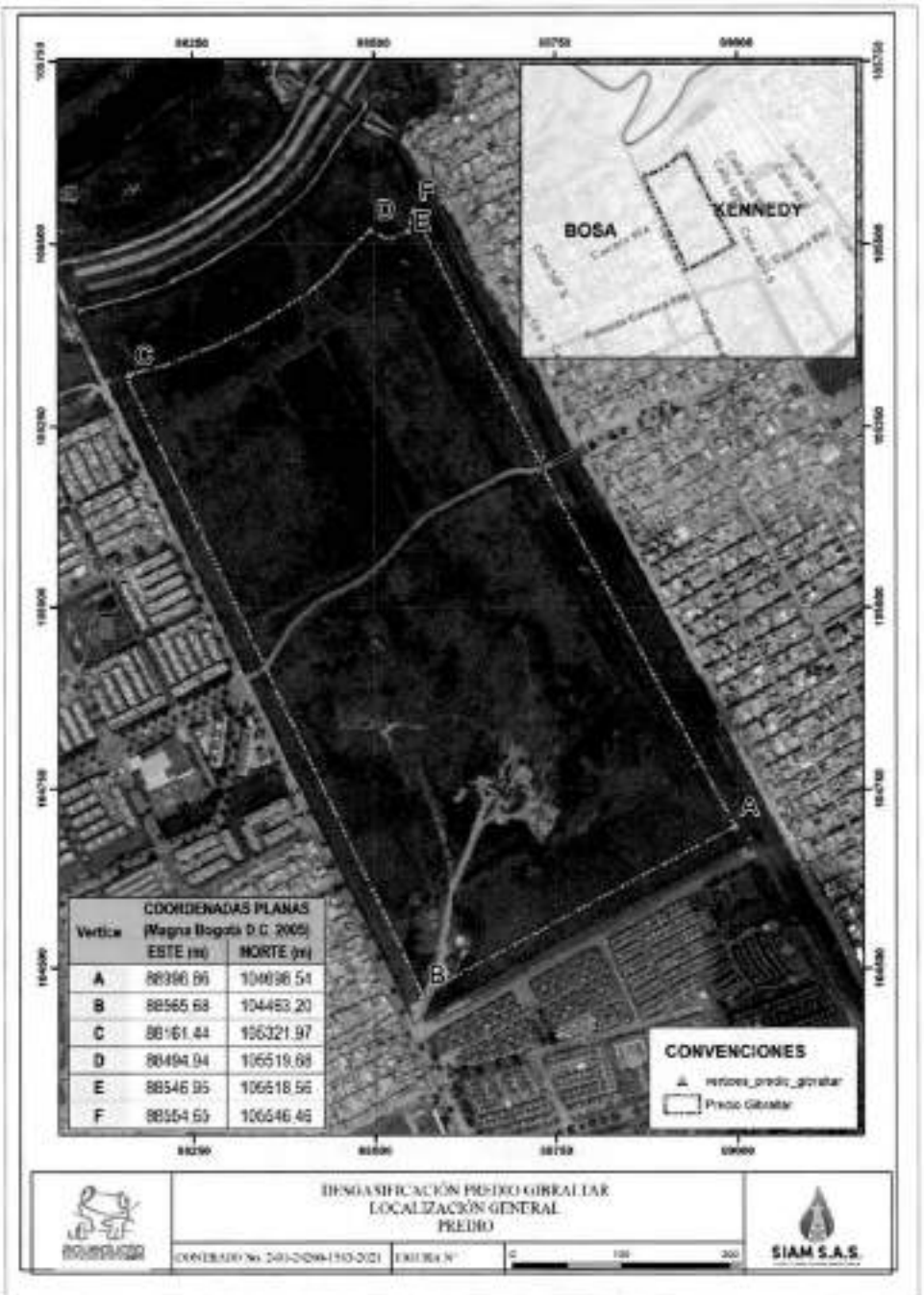
- Medición del nivel freático del pozo.
- Mediante bailer metálico, extracción de un volumen conocido de agua
- Medición de los ascensos de agua hasta alcanzar mínimo el 90% del nivel inicial mediante sonda eléctrica de nivel (en mm)
- Cálculo de la conductividad hidráulica empleando el método de Horslev.

Acopio y disposición de residuos

- Acopio de residuos provenientes de la purga y muestreo de aguas en garrafas de 30 L o canecas de 50 L.
- Almacenamiento de los residuos provenientes de la actividad de muestreo de aguas subterráneas en la bodega seleccionada para tal fin.
- Recolección de residuos por la empresa ENLACES AMBIENTALES.
- Disposición final de los residuos por parte de la empresa VEOLIA ASEO NORTE DE SANTANDER S.A.S E.S.P.

2.3. LOCALIZACIÓN GENERAL

El área de estudio se encuentra ubicada en la localidad de Bosa, en la ciudad de Bogotá D.C., en el predio denominado Gibraltar, ubicado de acuerdo a las siguientes coordenadas de referencia para el polígono que constituye el predio (**Figura 2.1** y **Tabla 2.1**).



Vertice	COORDENADAS PLANAS (Magna Bogota D.C. 2005) ESTE (m)	NORTE (m)
A	88396.86	104696.54
B	88565.68	104483.20
C	88161.44	105321.97
D	88494.94	105519.68
E	88546.95	105518.56
F	88554.63	105546.46

Figura 2.1 Localización general Predio Gibraltar
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Tabla 2.1 Coordenadas Predio Gibraltar.

PUNTO	COORDENADAS PLANAS (Magna Bogota D.C. 2005)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
A	88565	104462
B	88996	104697
C	88543	105569
D	88521	105542
E	88475	105559
F	88148	105348

Fuente: SIAM SAS, 2018.

2.4. GEOLOGÍA LOCAL PREDIO GIBRALTAR

El predio Gibraltar se encuentra cubierto en superficie por un depósito antrópico de escombros, el cual se encuentra recubriendo el depósito de basuras de espesor y composición variable. El depósito de basuras se encuentra ubicado sobre una capa de arcillas y hacia la parte oriental del predio, sobre arenas de grano fino a medio (**Figura 2.2**).

A continuación, se realiza una descripción de las unidades encontradas de techo a base:

Capa 1 (0 – 3m): Suelo natural tipo limo arcilloso a arcillo limoso con coloración 10 YR y 3/3 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 gravas de 1 – 3 cm de diámetro, presenta baja plasticidad y generalmente es compacto. Esta capa presenta espesor variable entre 0,2 m y 3,0 m.

Capa 2 (2,5 – 13m): Relleno antrópico compuesto por basuras que varian 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. En cuanto a su espesor, este varía entre 2,5 m y 13 m, con un promedio de 7.5m, siendo en la zona central donde se reportan los mayores espesores.

En cuanto al tipo de basura reportado, en general se puede hacer una zonificación de la misma así: en la parte sur del predio el tipo de basura reportado corresponde a residuos altamente descompuestos con masa similar a la arcilla, con alto grado de plasticidad y humedad, con presencia de aprox. 10 - 20% de plástico, tela y papel, contenido de materia orgánica 80 %. Hacia la parte central, se observa residuos compuestos 50% por material orgánico descompuesto, con presencia de 20 - 50% de plástico, tela, papel, caucho. Hacia la parte norte del actual predio se observan residuos bastante preservados, donde predomina el plástico, tela, papel, caucho, madera, vidrio, en una matriz heterogénea de tipo limo arcilloso, con contenido de materia orgánica estimado del 30%.

Capa 3 (3.5 – 3.9): Secuencia de arcillas grises a gris verdosas 5G, YR 5/1, 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.

Capa 4 (1,3 – 4.0m): Secuencia de arenas de grano fino a grano medio cuarzosas color gris 7,5 y YR 4/3 con matriz tipo arcilla (20% en promedio), saturadas, granocreciente hacia la base. El espesor máximo reportado

fue de 4 m aproximadamente. Esta unidad se presenta hacia la parte oriental del predio, en contacto con el depósito de basura.

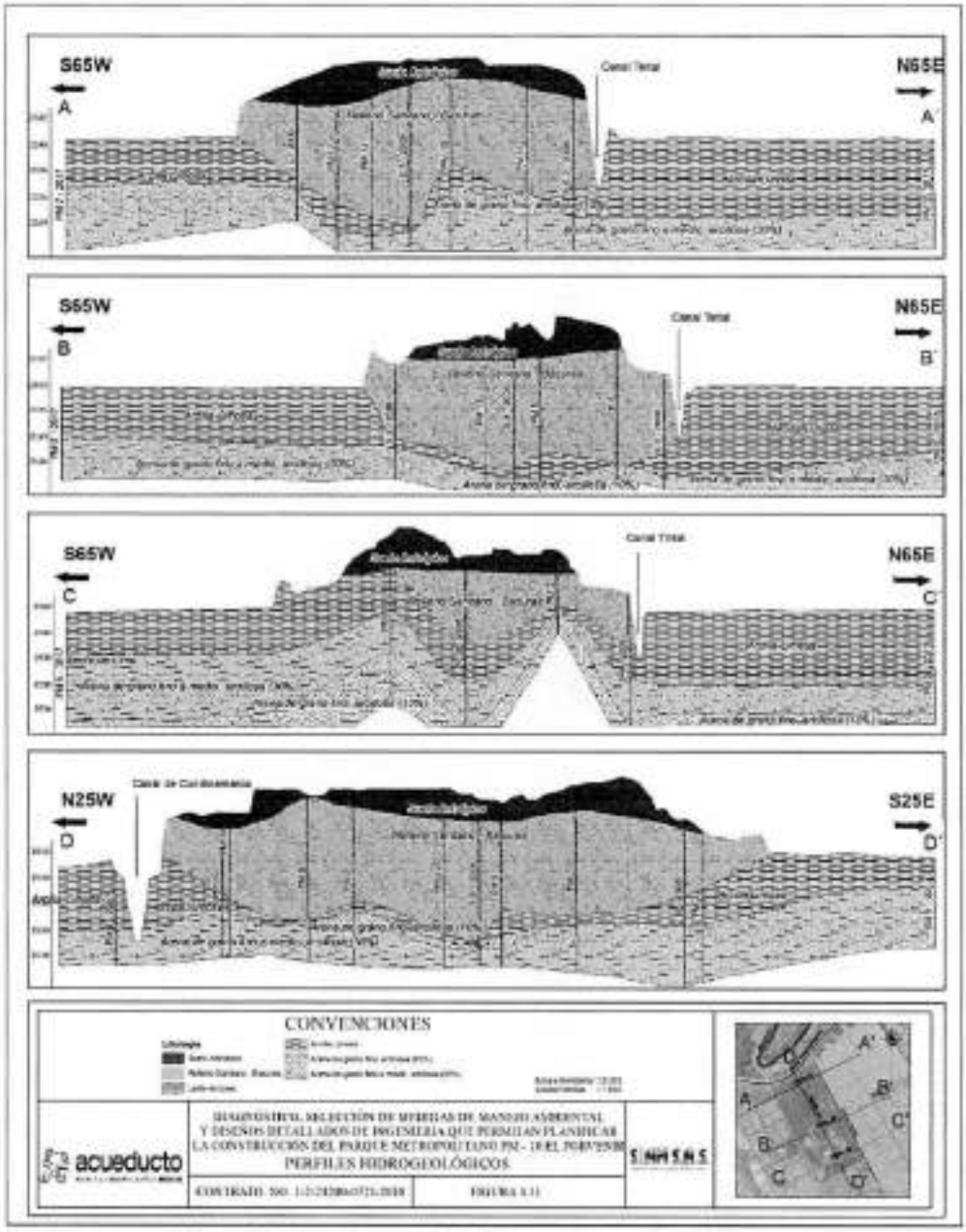


Figura 2.2 Cortes litoestratigráficos realizados predio Gibraltar.
Fuente: SIAM SAS, 2018.

2.5. MARCO HIDROGEOLÓGICO LOCAL PREDIO GIBRALTAR

El área del subsuelo del predio Gibraltar sobre la cual se encuentra el depósito antrópico de basuras, está conformada por dos (2) unidades litoestratigráficas pertenecientes al Cuaternario de origen aluvial, asociadas a la sedimentación del rio Bogotá y río Tunjuelo que composicionalmente corresponden a una secuencia de arcillas al tope, con matriz tipo limo a arenas de grano fino en proporción variable y una secuencia grano creciente (de techo a base) de arenas de grano fino hasta medio con matriz tipo arcilla (en promedio entre un 10% a un 30%).

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrológica del río Bogotá - río Tunjuelo. A nivel regional el área hidrogeológica corresponde a una cuenca abierta, limitada al Oriente por los Cerros Orientales y al Occidente por los cerros de Chía, Tenjo, Facatativá entre otros. Se ha definido que el río Bogotá hace de nivel base dentro del área y actúa como la principal zona de descarga de los acuíferos someros.

Las unidades acuíferas de interés tienden a ser plano paralelas continuas, con variaciones laterales a nivel regional y local y las zonas de descarga están asociadas principalmente al río Bogotá el cual sirve como punto de descarga. A nivel local, se diferencian dos unidades acuíferas: la primera corresponde al acuífero somero asociado a los depósitos cuaternarios del área y el segundo corresponde a una unidad antrópica (relleno de basuras) la cual se encuentra saturada, ubicada encima del acuífero cuaternario y separada en la mayoría del área por una capa de arcilla de espesor variable (SIAM SAS, 2018).

Ya que el acuífero relleno antrópico presenta variaciones en espesor y composición, desde el punto de vista hidráulico de las aguas subterráneas, se presentan variaciones tanto en magnitud como en dirección del flujo de lixiviado dentro de este relleno.

La forma de recarga principal del predio Gibraltar es por infiltración directa como consecuencia de la precipitación que cae sobre el predio y la dirección del flujo del acuífero somero sugiere una dirección predominante hacia el río Bogotá.

Las dos unidades acuíferas principales están separadas por una unidad de baja permeabilidad denominada Acuífero Arcilloso, el cual no se encuentra en todo el predio, por lo que lo más probable es que parte de la contaminación reportada en el acuífero cuaternario (SIAM SAS 2017,) provenga de la unidad acuífero antrópico.

La dirección del flujo del acuífero antrópico, no sugiere una dirección predominante clara, esto puede deberse a que la composición del relleno que no es homogénea, hay variaciones en el espesor del relleno, el tipo de material depositado no es homogéneo y puede generar mayor o menor grado de compactación.

2.5.1. Modelo conceptual del predio Gibraltar

A continuación, se hace una descripción de las principales características del modelo conceptual definido en la **Figura 2.3.**

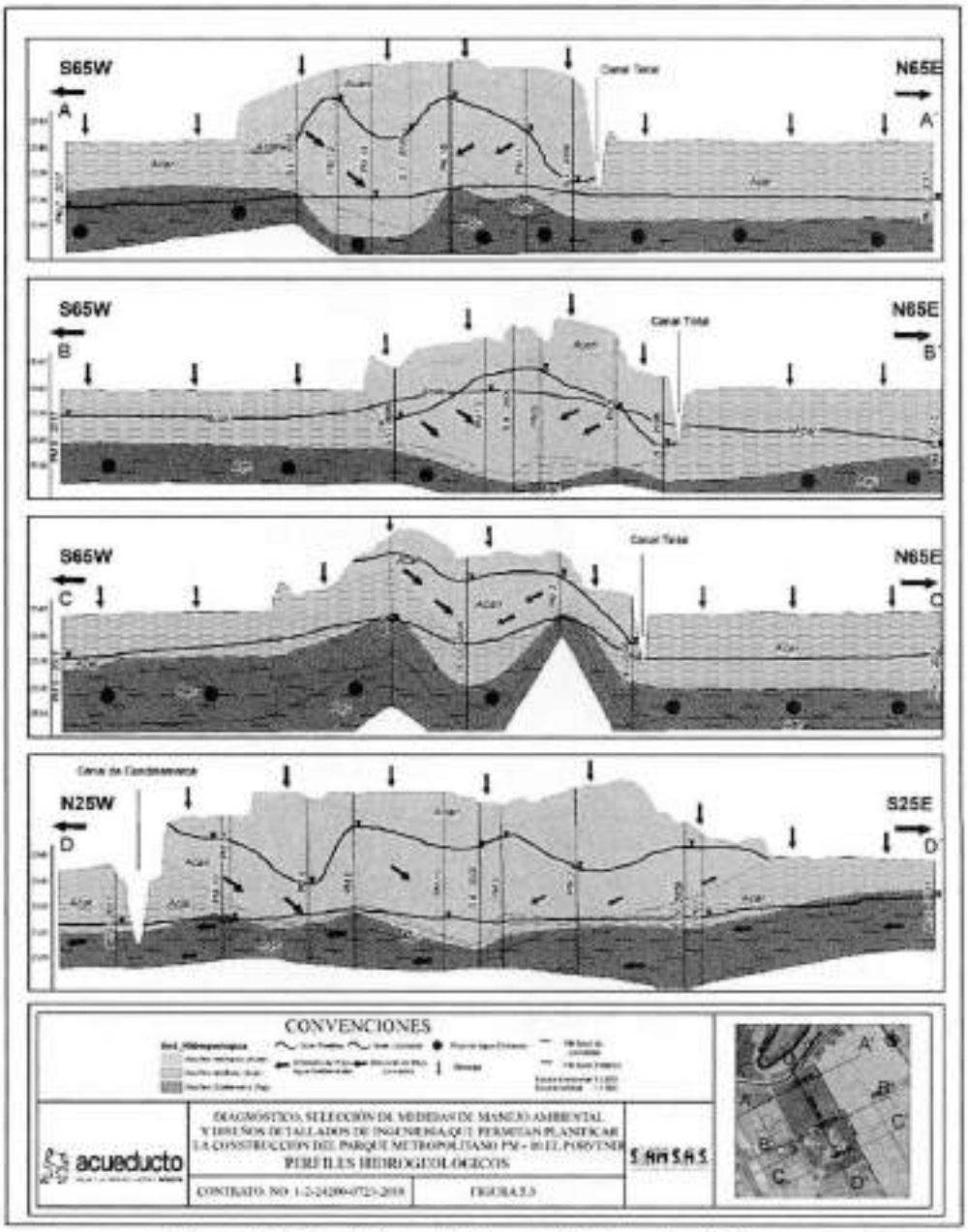


Figura 2.3 Cortes hidrogeológicos realizados predio Gibraltar.
Fuente: SIAM SAS, 2018.

2.5.2. Unidades hidrogeológicas

De acuerdo con el resultado del modelo conceptual y basado en la definición de unidades hidrogeológicas regionales definidas por UNESCO y adoptados por el SGC (Servicio Geológico Colombiano), se definió un (1) tipo de unidad hidrogeológica denominado: Sedimentos con flujo intergranular. A continuación, se realiza una descripción de cada una de las unidades acuíferas identificadas dentro de la unidad hidrogeológica definida.

2.5.2.1. Sedimentos con flujo intergranular

Es un sistema de acuíferos continuos de extensión local, conformados por sedimentos no consolidados de tipo granular y de ambiente fluvial que litoestratigráficamente se correlacionan con depósitos aluviales, propio de la sedimentación reciente de los ríos Bogotá y Tunjuelo. Debido a las condiciones geológicas de formación de la cuenca los acuíferos presentan una variación lateral de facies tanto en sentido N-S como en sentido E-W, por ende, las propiedades geo hidráulicas de cada unidad acuífera no son constantes. Esta unidad hidrogeológica no es explotada dentro del predio Gibraltar ni en sus alrededores (Siam SAS 2017) Dentro de esta unidad se pueden diferenciar los siguientes acuíferos:

Acuífero Cuaternario (Aqc)

Acuífero confinado de extensión local a regional, discontinuo, de baja productividad, asociado a los niveles más granulares de arenas provenientes de la sedimentación de los ríos Bogotá y Tunjuelo. Dentro del predio Gibraltar se obtuvo un espesor perforado de hasta 4m, desconociéndose su espesor total. De acuerdo con las Pruebas de slug (Siam SAS 2017, 2018) posee una conductividad hidráulica del orden de10e-1 m/día y una transmisividad promedio obtenida para el espesor perforado de 0,4 m2/día. El agua asociada no es apta para consumo humano, ya que presenta trazas de compuestos orgánicos (SIAM SAS 2017)

Acuífero Antrópico (Acan)

Acuífero de extensión muy local, de baja productividad, continuo, asociado al depósito antrópico de basuras del predio Gibraltar, de baja a muy baja productividad, de tipo confinado. Presenta un espesor promedio de 7,5 m alcanzando un espeso de hasta 13 m hacia la parte central del predio. Posee una conductividad hidráulica que varía entre 0,147 m/día y 9,73E-02m/día y una transmisividad promedio 0,075 m2/día. El agua asociada es de mala calidad y corresponde a aguas de infiltración que lavan la basura existente generando una descomposición y degradación de la misma y dando origen al denominado "lixiviado". Se caracteriza, por sus altos contenidos de cloruros, DBO, DQO y de metales entre otros.

Acuífero arcilloso (Acar)

Acuífero confinado de extensión local a regional discontinuo de muy baja productividad, asociado al nivel de arcilla con matriz limo, reportado dentro del predio Gibraltar. Su espesor es variable pudiendo ser mayor a los 2 m. Se estima una conductividad hidráulica del orden entre $10e^{-4}$ y $10e^{-2}$. Esta unidad sirve de sello al acuífero antrópico.

2.5.3. Dirección de flujo subterráneo de la unidad Acan

La unidad hidrogeológica denominada Acuífero Antrópico Acan es la unidad más importante dentro del predio Gibraltar debido a su potencial de generar contaminación del acuífero somero tanto dentro del predio como fuera de este. Presenta un espesor que varía entre 2,5 m hasta 13 m; esta unidad está totalmente saturada por lixiviados, es irregular ya que presenta variaciones laterales de composición, y presenta una conductividad

hidráulica que varía entre 0,147 m/día y 9,73E^{-03}m/día. Se estima una velocidad de flujo entre 0,01 mm/día y 0,1 cm/día, cabe aclarar que a nivel local puede variar dependiendo del tipo de residuos que puedan existir (ya que estos no son homogéneos). El flujo es en dirección predominante hacia el río Bogotá y el gradiente es mayor cerca al río Bogotá que dentro del relleno antrópico debido a la diferencia de cabeza de presión.

En la mayor parte del predio, esta unidad se encuentra infrayacida por un nivel de arcilla (que hace las veces de barrera física), a excepción de la zona oriental, lo que significa que en esta área existe una comunicación entre el acuífero somero del área y esta unidad antrópica lo que se traduce en una mezcla de aguas en detrimento de la calidad del agua del acuífero somero, así como en algunas zonas específicas del predio donde se construyeron pozos que conectaron las dos unidades por CYC (2015).

El volumen de agua estimado para la unidad Acuífero Antrópico Acan es de 292092,51 m^3, el cual está directamente relacionado con la infiltración del predio.

2.5.4. Direcciones de flujo de agua subterránea y lixiviado

Los acuíferos presentes en el predio Gibraltar tienen comportamiento de nivel de flujo aparente diferente, con un nivel promedio para el agua de 9.1m, para lixiviados de 3.8 m y mezclas de 4.7 m. El nivel del agua y lixiviado se diferencia en 5.3 m, sin embargo, este valor varía dependiendo del espesor de basura y composición de la misma, puesto que existen lugares dentro del predio donde el nivel de lixiviado alcanza una profundidad de 10.33 m.

En cuanto al acuífero cuaternario somero, se interpreta que la dirección predominante del flujo es hacia el NW río Bogotá, que es un acuífero confinado, debido a que está sometido bajo un nivel de arcillas que incrementa la presión intersticial, sin embargo, en aquellos sectores donde no se encuentra esta capa la presión desciende **Figura 2.4**(a), ocasionado movimiento ascendente como se evidencia en la **Figura 2.4**(b), incrementando la presión vertical ascendente del agua, lo que evita que se genere la infiltración de lixiviado en el acuífero. Por tanto, la presión generada por el acuífero cuaternario es mayor a la presión de los lixiviados, de esta forma las presiones verticales ascendentes prevalecen sobre las presiones verticales descendentes generadas por los lixiviados.

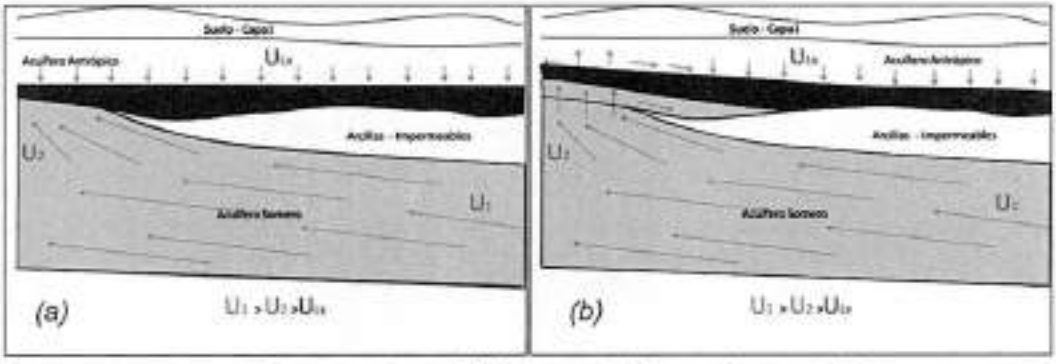


Figura 2.4 Comportamiento del flujo con relación a presiones verticales
Fuente: SIAM SAS, 2018.

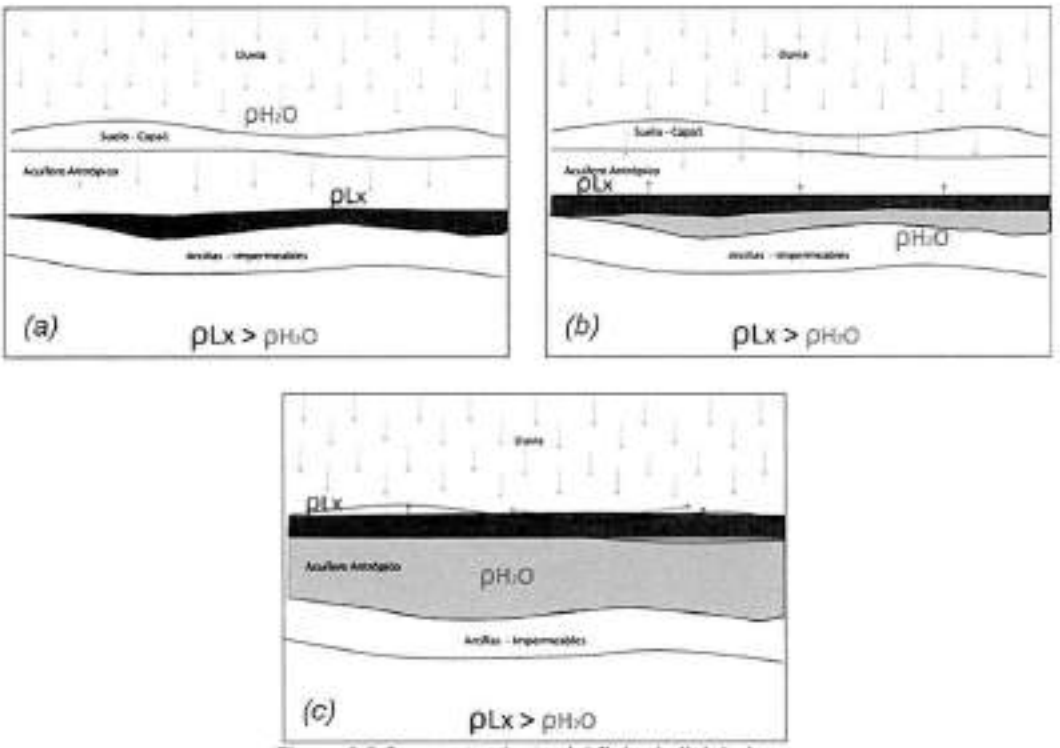


Figura 2.5 Comportamiento del flujo de lixiviados
Fuente: SIAM SAS, 2018.

2.6. ANTECEDENTES

A través de los resultados obtenidos mediante la consultoría realizada bajo el contrato No. 1-02-24200-0721-2018, cuyo objeto fue: "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 (GIBRALTAR)", la Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo, La Autoridad Ambiental - Secretaría Distrital de Ambiente, consideró que previo al desarrollo de cualquier tipo de actividad de construcción y/o adecuación del área de interés, era indispensable realizar la desgasificación de la zona en aras de evitar cualquier tipo de afectación, por lo cual se halló la necesidad de realizar un alcance al concepto técnico 00325 del 29-01-2021 específicamente para: establecer la actividad de desgasificación como requisito imprescindible previo a cualquier intervención y determinar los lineamientos mínimos que debe contener el plan de desgasificación que se desarrolle, los cuales fueron formulados considerando la línea base del predio, los estudios técnicos existentes y la propuesta allegada por la EAAB.

Para dar cumplimiento a este concepto técnico, la EAAB Invitó a la firma SIAM SAS mediante el proceso No. IA-1699-2021 a presentar una oferta técnico económica basada en el requerimiento realizado por la Autoridad Ambiental. Finalmente, el 31 de diciembre de 2021 se firma el contrato de obra **No 2-01-24200-1543-2021** entre la EAAB y SIAM SAS para llevar a cabo los trabajos de desgasificación del Predio Gibraltar.

3. MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas del agua subterránea en las zonas adyacentes al Predio Gibraltar y su variación en el tiempo, se realizaron dos (2) campañas de monitoreo en los siete (7) piezómetros ubicados alrededor del predio.

La primera campaña de monitoreo se realizó los días 13 y 14 de junio de 2022, y la segunda campaña de monitoreo se realizó los días 21 y 22 de noviembre de 2022.

Tabla 3.1 Relación de muestras de agua subterránea tomadas en las campañas de muestreo

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA			
Lugar: Zonas Adyacentes – Predio Gibraltar			
Pozo de Monitoreo	**Nombre - Muestra**	**Primera campaña**	**Segunda campaña**
PM 01	PM 01 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 02	PM 02 /17 B	14/06/2022	21/11/2022
PM 03	PM 03 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 04	PM 04 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 05	PM 05 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 06	PM 06 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 07	PM 07 /17	14/06/2022	22/11/2022
Total muestras		7	7
TOTAL			**14**

Fuente: SIAM SAS, 2022

Los parámetros a evaluar según la SDA (2021) fueron los siguientes:

- Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos - PAH
- Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO)
- Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos).
- Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV
- Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo)

3.1. LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA.

En la **Figura 3.1** se observa la ubicación espacial de los 7 pozos de monitoreo identificados y en la **Tabla 3.2** se presentan las coordenadas de localización de los pozos con origen en el sistema Bogotá 2005.



Figura 3.1 Localización de pozos de monitoreo adyacentes al predio Gibraltar.
Fuente: SIAM SAS, 2022

Tabla 3.2 Coordenadas Pozos de Monitoreo en zonas adyacentes al Predio Gibraltar.

PUNTO	COORDENADAS PLANAS (Magna Bogotá D.C. 2005)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
PM 01/17	88319,80	105596,61
PM 02/17B	88475,52	105646,19
PM 03/17	89215,96	105328,72
PM 04/17	88918,67	104287,18
PM 05/17	88199,35	104445,42
PM 06/17	87960,56	104675,36
PM 07/17	87929,37	105185,58

Fuente: SIAM SAS, 2018.

3.2. PROCEDIMINETO TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Las muestras se tomaron teniendo en cuenta que la purga de cada uno de los pozos se realizara con un mínimo de tiempo de 72 horas antes del muestreo, con el fin de remover los sedimentos presentes y mejorar la comunicación acuífera; haciendo uso de bailer garantizando la extracción del agua almacenada y asegurando la conexión hidráulica del punto.



Fotografía 3.1 Purga de red de pozos de monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

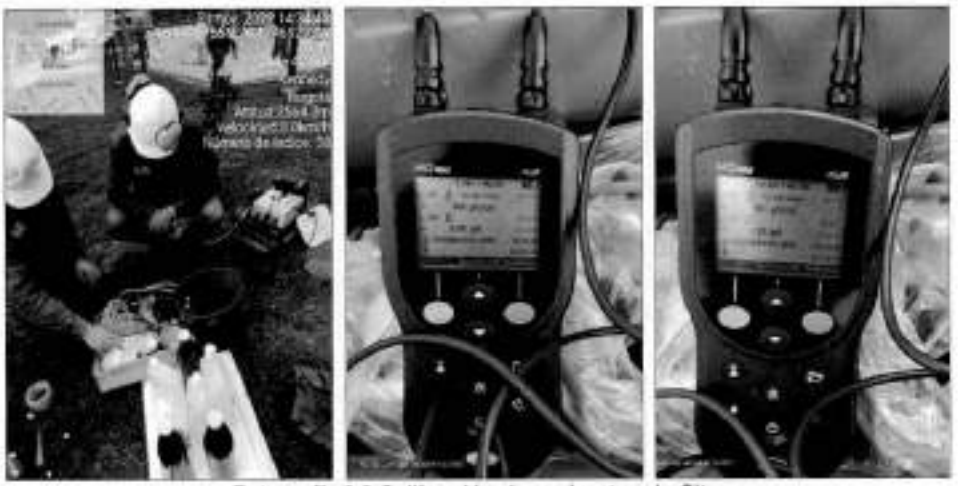
A continuación, y mediante una bomba de purga y muestreo se tomaron las muestras de agua para analizar medición in situ de **pH, temperatura, oxígeno disuelto, potencial redox, turbiedad y conductividad** con un equipo previamente calibrado (**Fotografía 3.2**).

Este procedimiento se realizó hasta que dichos parámetros fueran aproximadamente constantes y se encontraran en los rangos presentados en la **Tabla 3.3.**

Tabla 3.3 Rangos de parámetros in situ para calibración.

Parámetro	Rango
pH	± 0.2 – 0.3 unidades
Temperatura	± 0.2°C o variación de ± 3%
Conductividad	± 5% para valores ≤100 µS/cm ± 3% para valores >100 µS/cm
Oxígeno Disuelto	Variaciones ± 10%
Potencial Redox	n Variaciones ± 10 mV
Turbiedad	± 10% para valores entre 1 – 100 NTU

Fuente: SDA, 2021.



Fotografía 3.2 Calibración de parámetros In Situ.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Posteriormente, se realizó el muestreo de aguas utilizando el procedimiento establecido por la guía para el monitoreo de aguas subterráneas del IDEAM.

Los frascos para recolección de agua se rotularon previos al muestreo para asegurar un menor tiempo en la actividad de recolección y preparación de muestra, garantizando la calidad del muestreo. Las muestras recolectadas fueron registradas en el formato correspondiente, posteriormente embaladas y transportadas al laboratorio, por personal calificado y autorizado del laboratorio SGS Colombia, para los respectivos análisis **Fotografía 3.3.**

Las cadenas de custodia de cada campaña de monitoreo se encuentran en el **ANEXO B.1. Cadenas de custodia.**



Fotografía 3.3 Muestreo de aguas subterráneas.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

3.3. ACOPIO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PRODUCTO DEL MUESTREO DE AGUAS

Todos los residuos provenientes de las actividades de muestreo de aguas fueron almacenados en la bodega establecida para tal fin.

Los residuos provenientes de la purga y muestreo de aguas subterráneas fueron almacenados en garrafas de 30 L o canecas de 50 L (**Fotografía 3.4**).



Fotografia 3.4 Acopio de residuos líquidos contaminados producto de la purga y muestreo de aguas en pozos de monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los residuos almacenados en la bodega fueron recolectados y trasladados por la empresa ENLACES AMBIENTALES. La disposición final de los residuos se realizó a través de la empresa **VEOLIA ASEO NORTE DE SANTANDER S.A.S E.S.P.**

En el **ANEXO E. CERTIFICADOS DISPOSICIÓN DE RESIDUOS** se presentan los respectivos certificados de disposición de residuos y en la **Tabla 3.4** se presenta el resumen del peso total y volumen reportado en cada jornada de recolección.

Tabla 3.4 Relación de disposición de residuos peligrosos producto del muestreo de aguas

Fecha de Recolección	Material	Peso (Kg)	Volumen	Certificado de Disposición
8/07/2022	Liquido de Purgas	156,8	156,8 L	929959
10/12/2022	Liquido de Purgas	86,9	86,9 L	1033234

Fuente: SIAM SAS, 2022.

En total se realizó la disposición de 243.7 L de Líquidos de purgas.

4. RESULTADOS DE LABORATORIO

Las muestras recolectadas fueron analizadas por el laboratorio SGS sede Bogotá, los resultados obtenidos de los parámetros evaluados se presentan en el **ANEXO B.2. Resultados de laboratorio.**

4.1. PRIMER MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El primer monitoreo de agua subterránea se realizó entre los días 13 y 14 de junio de 2022. La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 7,5 m y 8 m con un nivel freático variable entre 2,54 m y 5,09 m. Según las medidas de pH estas aguas son ácidas a ligeramente ácidas. El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura[1] con presencia de sales[2] (**Tabla 4.1**).

Tabla 4.1 Parámetros medidos In Situ – Primer Monitoreo de Aguas subterráneas

Parámetro In Situ	Unidad	PM 01/17 14/06/22 14:40	PM 02/17B 14/06/22 14:00	PM 03/17 14/06/22 11:15	PM 04/17 14/06/22 10:00	PM 05/17 13/06/22 15:20	PM 06/17 13/06/22 14:16	PM 07/17 14/06/22 13:00
Profundidad Total Pozo	m	8	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Nivel Freático	m	4,65	3,85	3,71	3,74	2,54	3,24	5,09
pH	UN	4,8	6,3	5,71	6,41	4,86	5,99	5,44
Temperatura	C	18,3	18,5	21,5	21,1	19,5	18,8	18,1
Oxigeno Disuelto	mg/L	2,09	2,01	2,62	1,64	0,36	2,04	2,46
Conductividad	ms/cm	8,33	1000*	828*	888*	3,45	2,39	2,75
Turbiedad	NTU	8,7	230	300	270	13	400	100

* Conductividad en µs/cm

Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los resultados de laboratorio de los diferentes análisis para el primer monitoreo de agua se presentan en la **Tabla 4.2** y desde la **Figura 4.1** hasta la **Figura 4.10.**

[1] VILLAVICENCIO V, Carmen A., 2009 (Pág20) Indica que un agua dura presenta valores de conductividad entre 640 µS/cm a 840 µS/cm y un agua muy dura presenta valores superiores a 840 µS/cm.
[2] ROS M. Antonio, 2011 indica que las aguas salobres presentan conductividades entre 2500 µS/cm y 20000 µS/cm.

Tabla 4.2 Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Primer Monitoreo

Método	Análisis	Unidad	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
			14/06/22 14:40	14/06/22 14:00	14/06/22 11:15	14/06/22 10:00	13/06/22 15:20	13/06/22 14:15	14/06/22 13:00
EPA 5030 C	Benceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Tolueno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p,m-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromodiclorometano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV's Totales	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	mg/L	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313
EPA 3510 C	Acenaftileno	mg/L	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293
EPA 3510 C	Antraceno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	mg/L	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	mg/L	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo(g,h,i)perileno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	mg/L	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo[a,h]antraseno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296

Método	Análisis	Unidad	PM 01/17	PM 02/17	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
			14/05/22 14:40	14/05/22 14:00	14/05/22 11:15	14/05/22 10:00	13/05/22 15:20	13/05/22 14:15	14/05/22 13:00
EPA 3510 C	Fenantreno	mg/L	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Fluoreno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	mg/L	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	mg/L	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	HAP's Totales	mg/L	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	mg/L	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	mg/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
EPA 200.8	Arsénico Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cadmio Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: SIAM SAS, 2022.

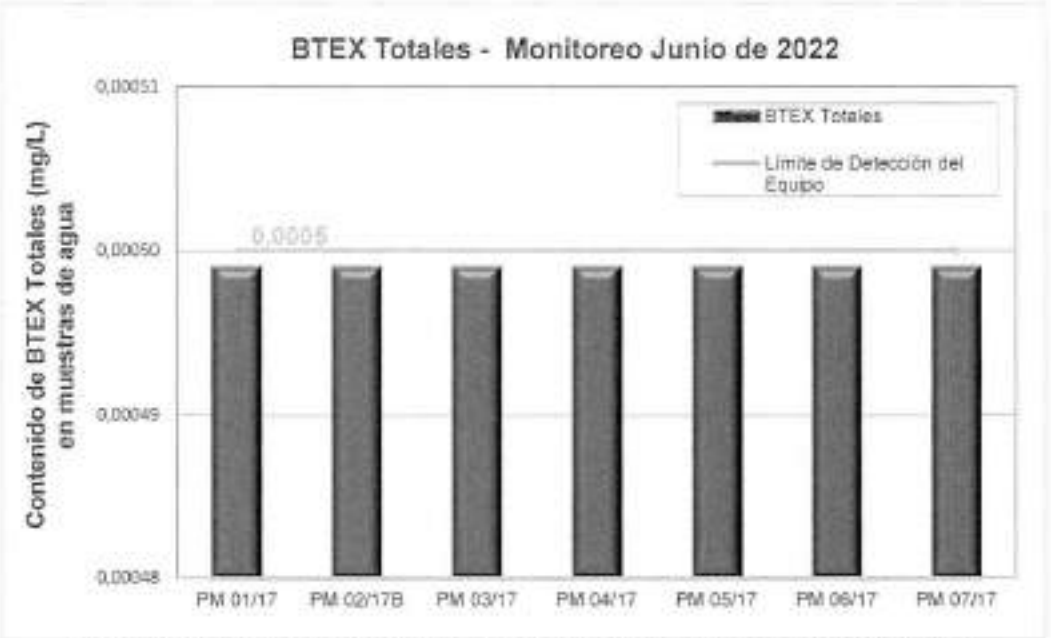


Figura 4.1 Contenido de BTEX Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

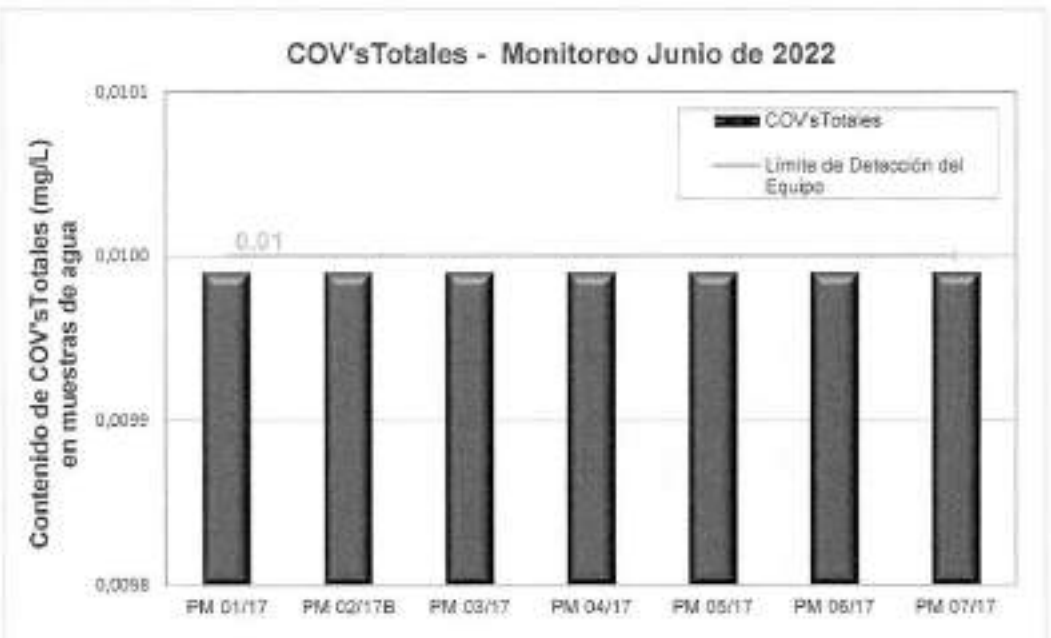


Figura 4.2 Contenido de COV's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

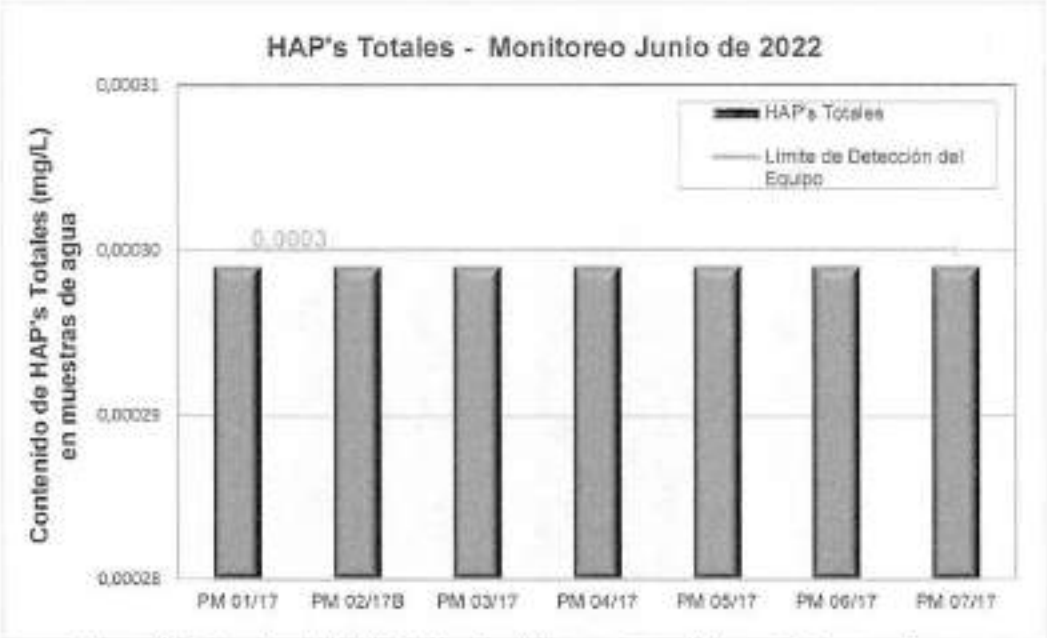


Figura 4.3 Contenido de HAP's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

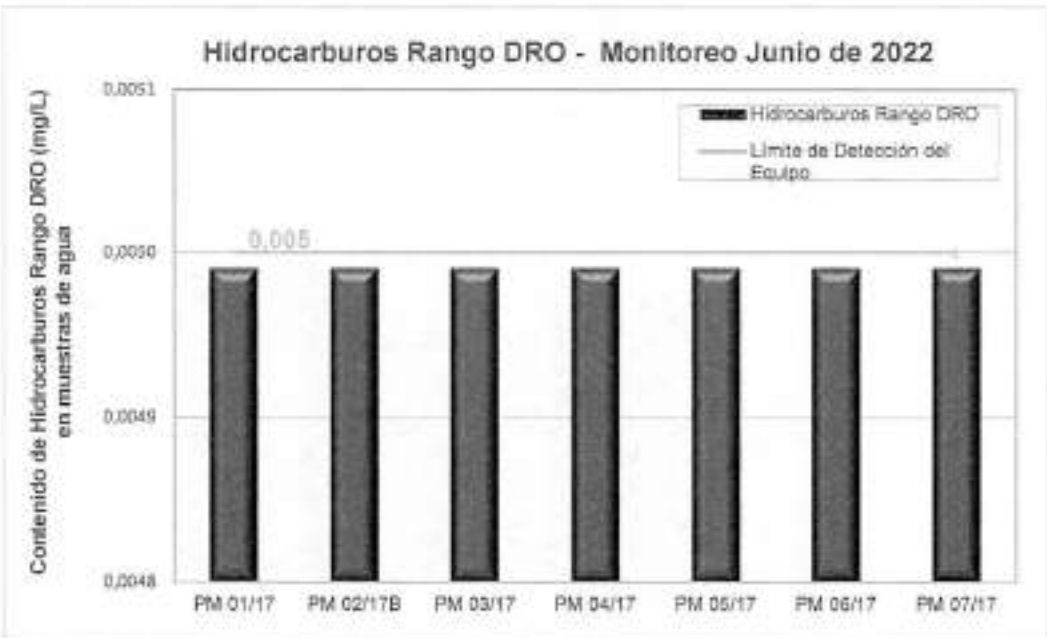


Figura 4.4 Contenido de Hidrocarburos Rango DRO (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

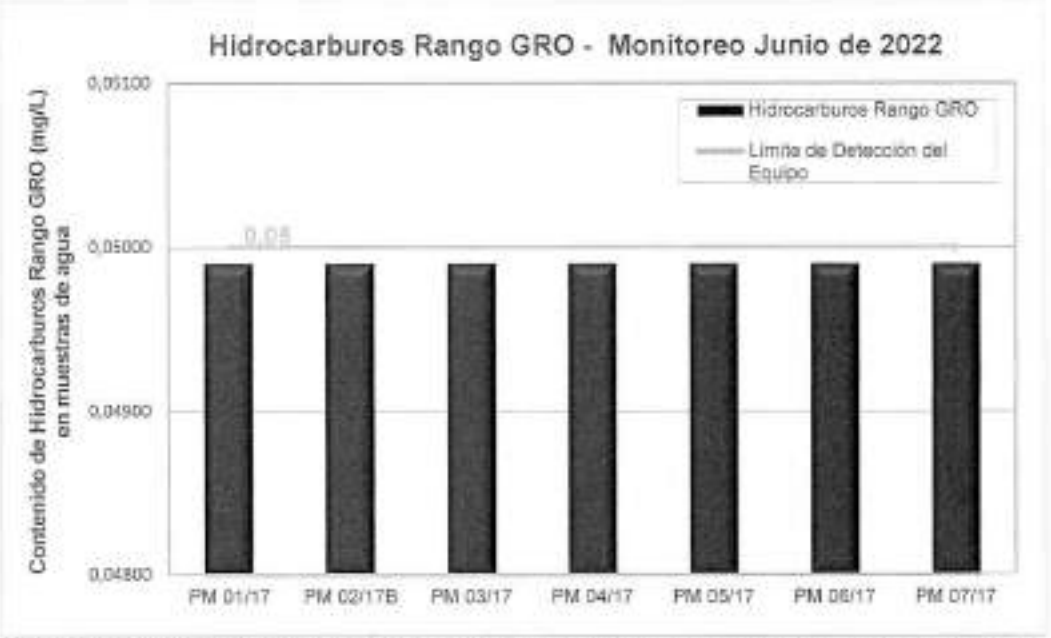


Figura 4.5 Contenido de Hidrocarburos Rango GRO (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

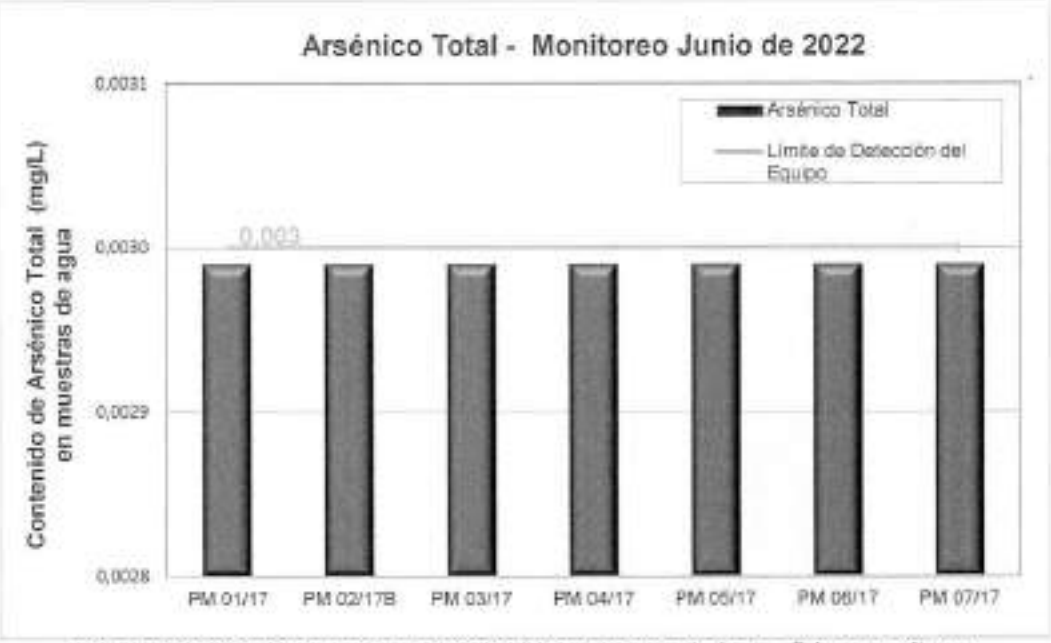


Figura 4.6 Contenido de Arsénico Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

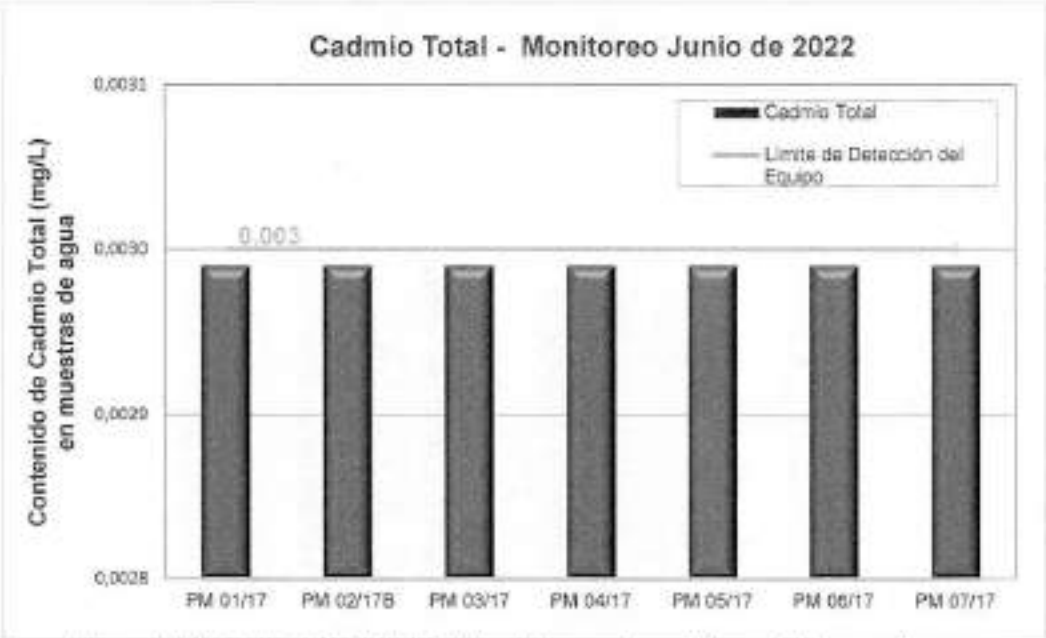


Figura 4.7 Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

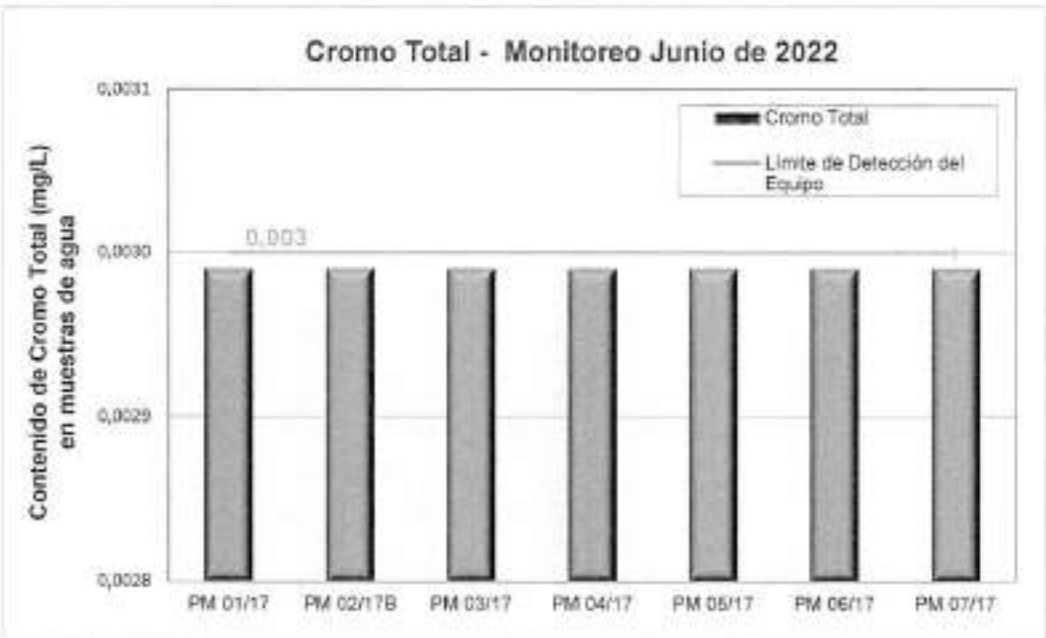


Figura 4.8 Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

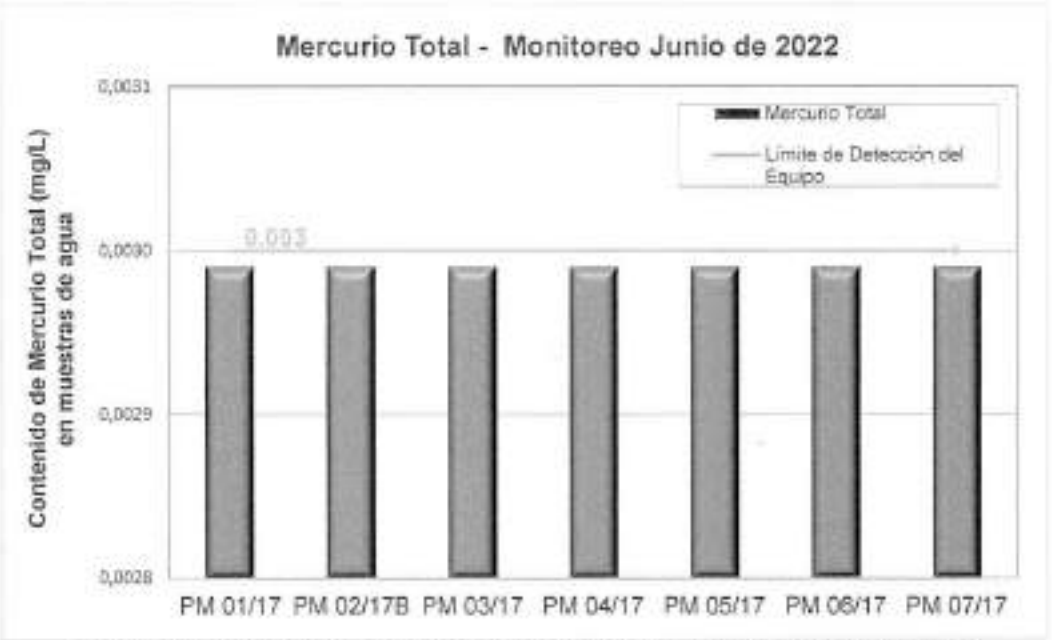


Figura 4.9 Contenido de Mercurio Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

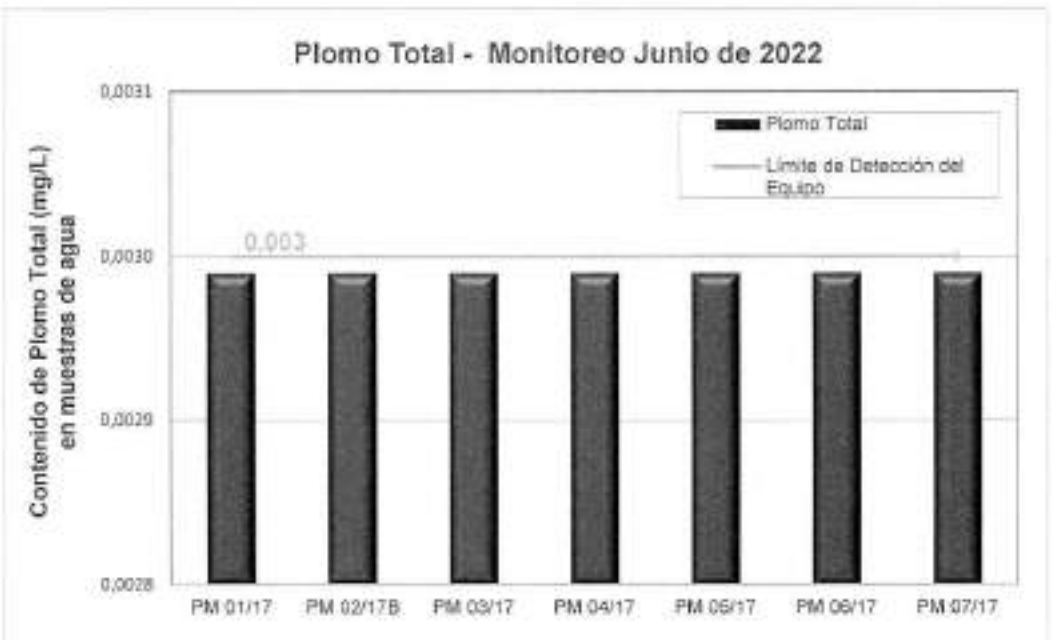


Figura 4.10 Contenido de Plomo Total (mg/L) en muestras de Agua – Primer monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

4.2. SEGUNDO MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El segundo monitoreo de agua subterránea se realizó entre los días 21 y 22 de noviembre de 2022. La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 6,2 m y 8,2 m con un nivel freático variable entre 2,88 m y 5,3 m, ligeramente inferior con respecto al monitoreo anterior. Según las medidas de pH estas aguas son ligeramente ácidas con un pH más cercano a 7 en comparación al primer monitoreo. El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura con presencia de sales (**Tabla 4.3**).

Tabla 4.3 Parámetros medidos In Situ – Segundo Monitoreo de Aguas subterráneas

Parámetro In Situ	Unidad	PM01/17 21/11/22 12:30	PM02/17B 21/11/22 13:30	PM03/17 21/11/22 14:30	PM04/7 21/11/22 15:30	PM05/17 22/11/22 11:40	PM06/17 22/11/22 10:40	PM07/17 22/11/22 09:40
Profundidad Total Pozo	m	8,2	6,2	7,5	7,5	7	6,17	7,5
Nivel Freático	m	4,77	3,97	3,71	3,73	2,88	3,67	5,3
pH	UN	5,17	6,27	6,1	6,85	5	6,26	6,55
Temperatura	C	19,4	18,9	19,8	19,3	20,3	19,6	18,9
Oxígeno Disuelto	mg/L	1,81	1,79	1,84	1,45	1,81	1,7	2,05
Conductividad	µs/cm	8520	8324	1058	971	3314	2966	1298
Turbiedad	NTU	4,1	500	600	320	9,6	330	600

Fuente: SIAM SAS, 2022.

Los resultados de laboratorio de los diferentes análisis para el primer monitoreo de agua se presentan en la **Tabla 4.4** y desde la **Figura 4.11** hasta la **Figura 4.21.**

Tabla 4.4 Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Segundo Monitoreo

Método	Análisis	Unidad	PM01/17	PM02/17B	PM03/17	PM04/7	PM05/17	PM06/17	PM07/17
			21/11/22 12:30	21/11/22 13:30	21/11/22 14:30	21/11/22 15:30	22/11/22 11:40	22/11/22 10:00	22/11/22 9:00
EPA 5030 C	Benceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Tolueno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p,m-Xileno	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	mg/L	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromodiclorometano	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV's Totales	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 8041 A	2,4,5-Triclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4,6-Triclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4-Diclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4-Dimetilfenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Clorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Metilfenol (o-cresol)	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Nitrofenol	mg/L	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
EPA 8041 A	4,6-Dinitro-2-Metilfenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	4-Metilfenol (p-cresol)	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	4-Nitrofenol	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
EPA 8041 A	Clorofenoles	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200

Método	Análisis	Unidad	PM01/17 21/11/22 12:30	PM02/17D 21/11/22 13:30	PM03/17 21/11/22 14:30	PM04/17 21/11/22 15:30	PM05/17 22/11/22 11:40	PM06/17 22/11/22 10:40	PM07/17 22/11/22 9:40
EPA 8041 A	Fenoles Monohidricos	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Nitrofenoles	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Pentaclorofenol	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenoles Totales	mg/L	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	mg/L	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	mg/L	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313
EPA 3510 C	Acenaftileno	mg/L	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293
EPA 3510 C	Antraceno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	mg/L	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	mg/L	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo(g,h,i)perileno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	mg/L	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo(a,h)antraseno	mg/L	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Fenantreno	mg/L	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	mg/L	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/L	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	mg/L	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	mg/L	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	Fluoreno	mg/L	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	HAP's Totales	mg/L	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	mgL	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	mg/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
EPA 200.8	Arsénico Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0,01	0,006
EPA 200.8	Cadmio Total	mg/L	0,023	0,011	<0.0030	<0.0030	0,009	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	mg/L	0,007	0,003	<0.0030	0,004	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	mg/L	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: SIAM SAS, 2022.

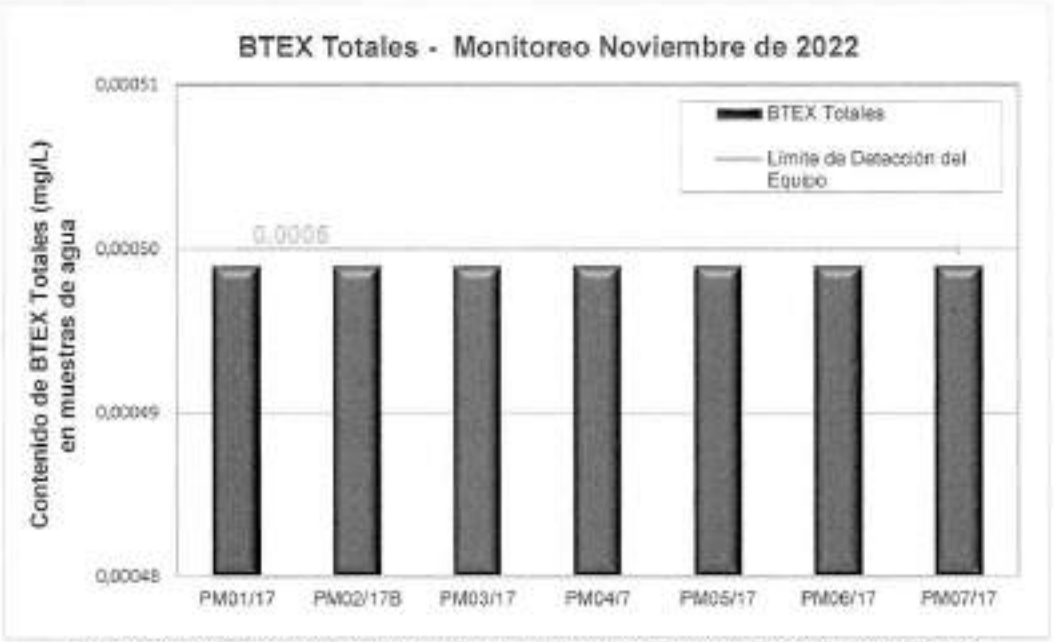


Figura 4.11 Contenido de BTEX Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

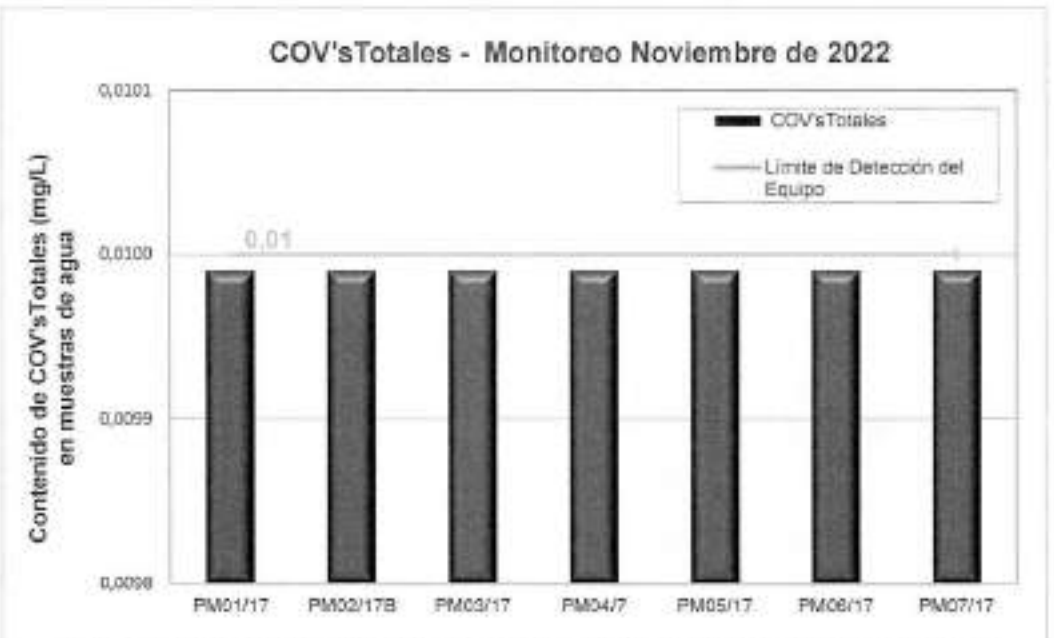


Figura 4.12 Contenido de COV's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

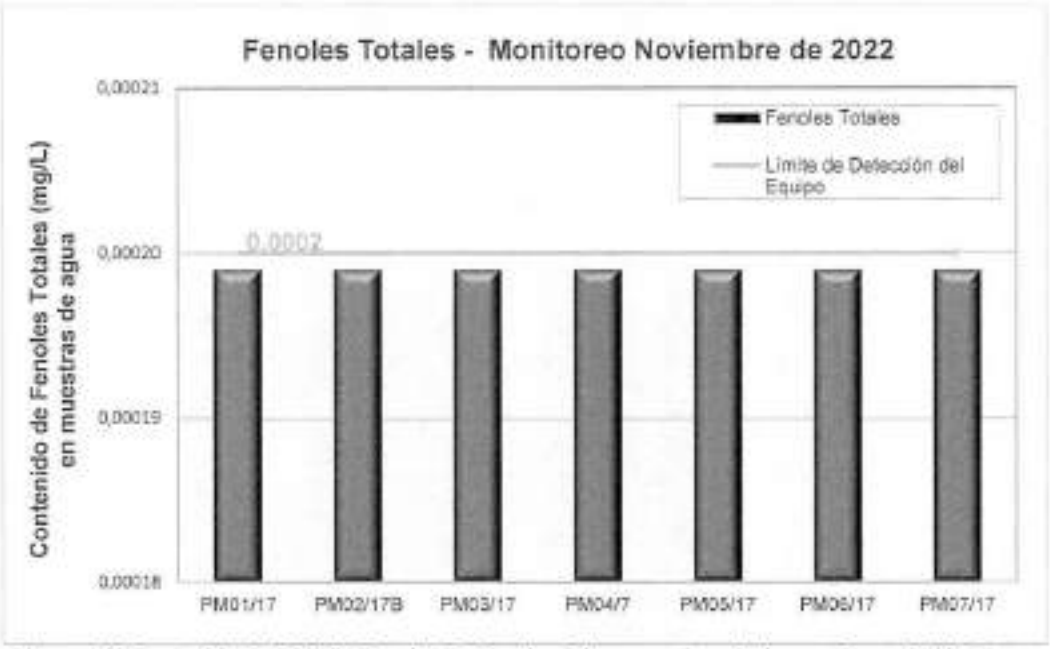


Figura 4.13 Contenido de SCOV's Fenoles Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

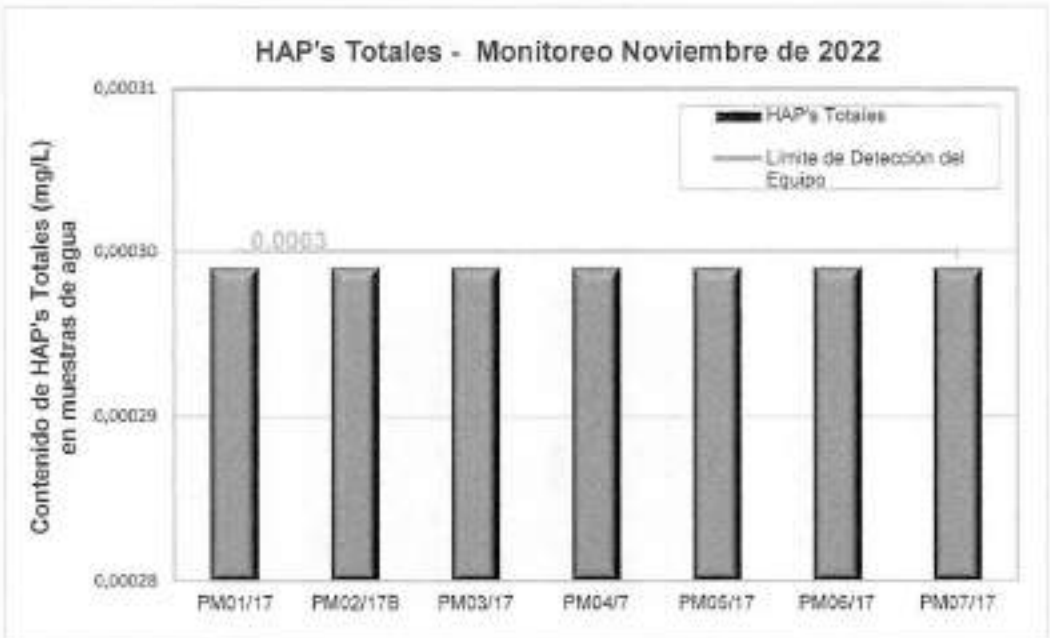


Figura 4.14 Contenido de HAP's Totales (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

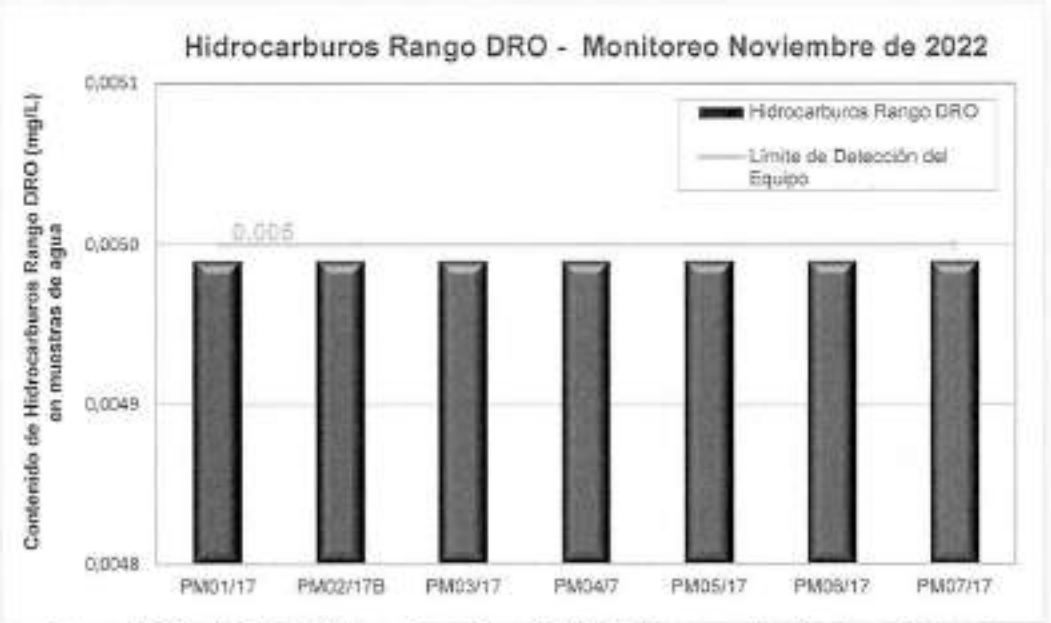


Figura 4.15 Contenido de Hidrocarburos Rango DRO (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

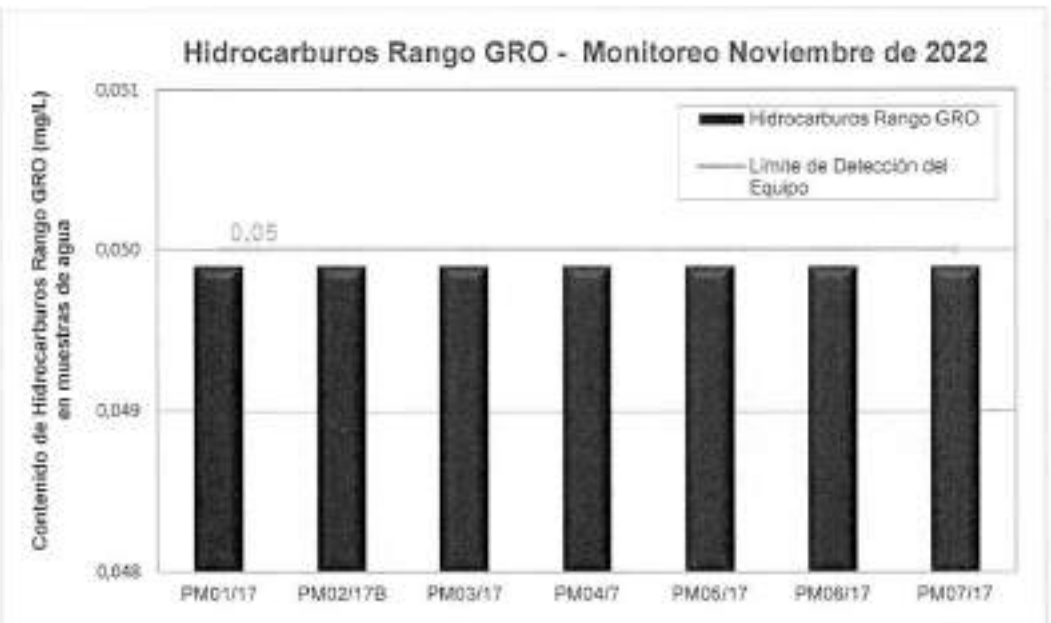


Figura 4.16 Contenido de Hidrocarburos Rango GRO (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

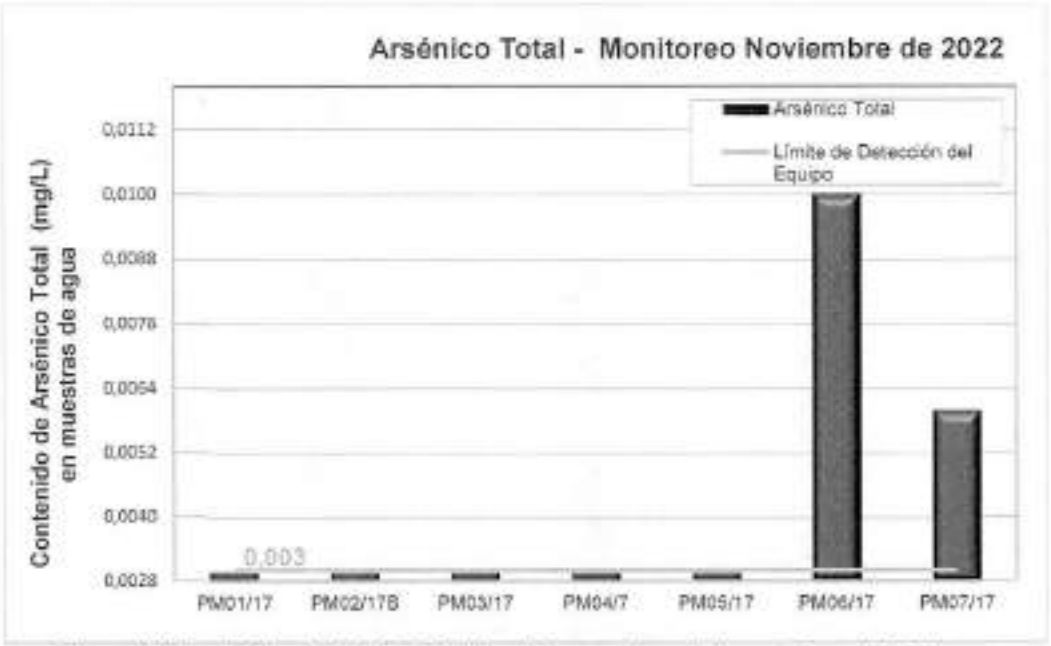


Figura 4.17 Contenido de Arsénico Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

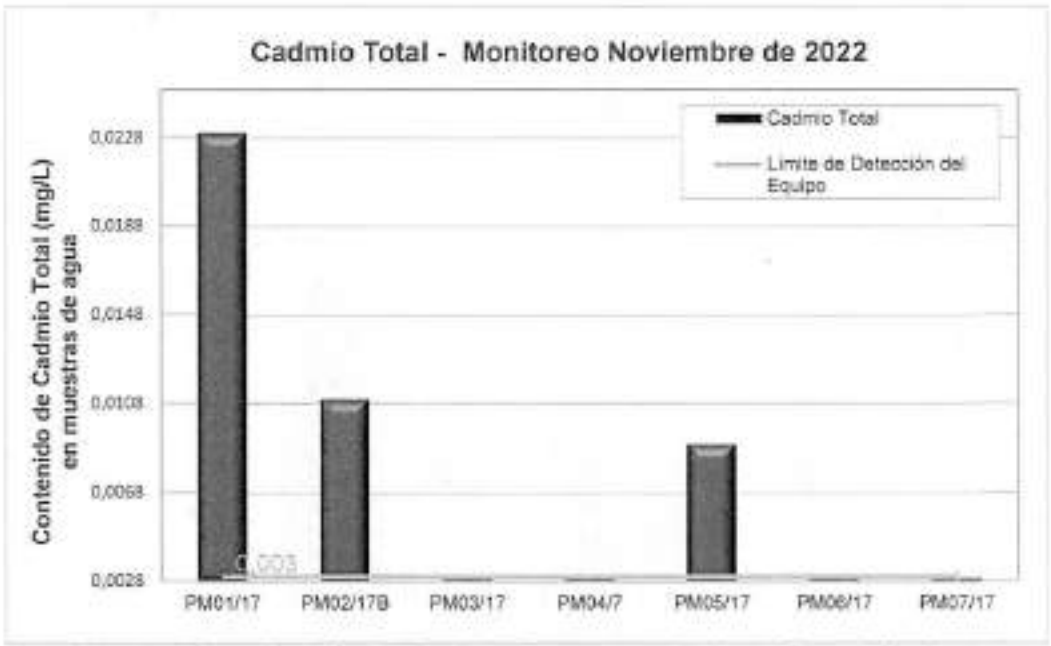


Figura 4.18 Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

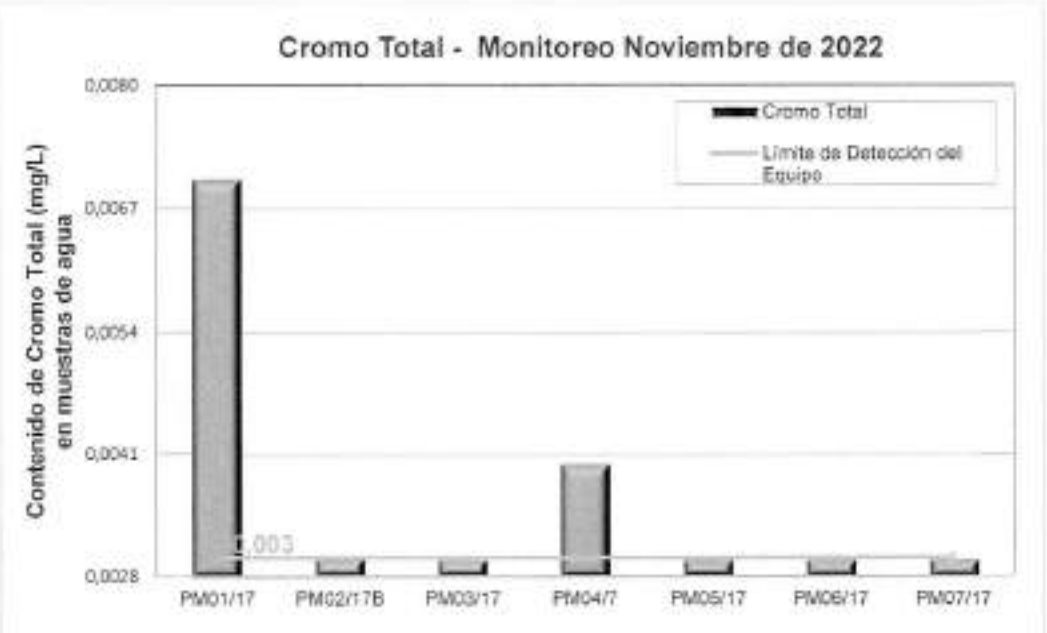


Figura 4.19 Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

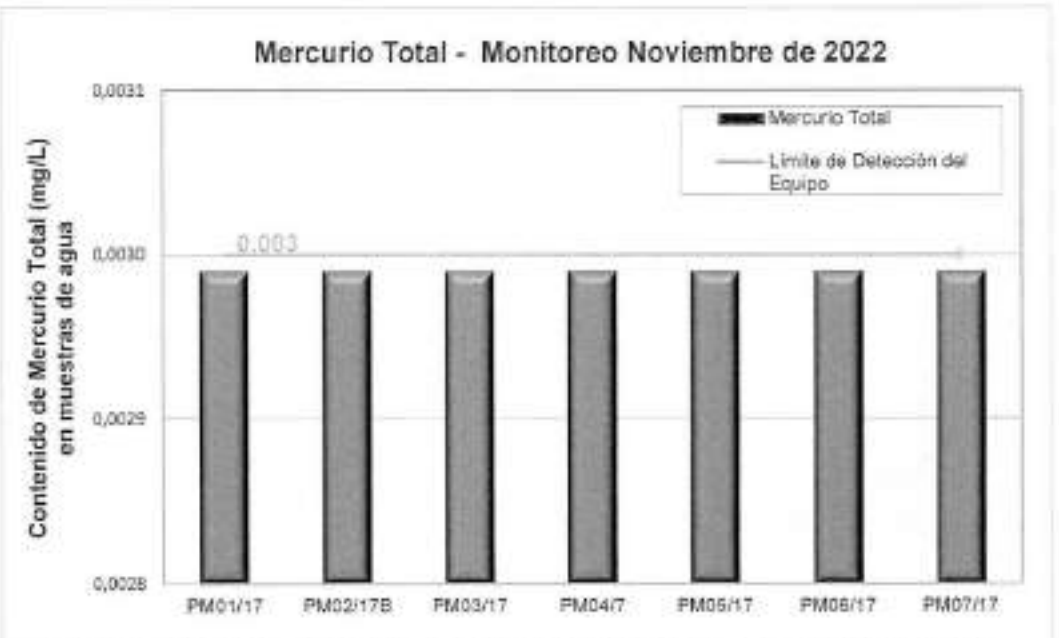


Figura 4.20 Contenido de Mercurio Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

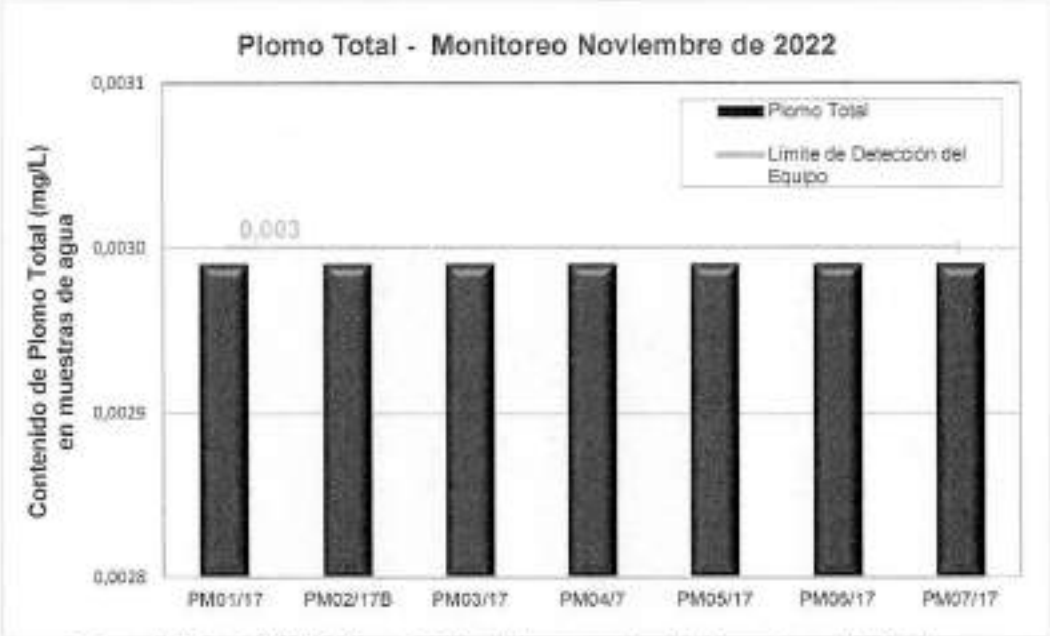


Figura 4.21 Contenido de Plomo Total (mg/L) en muestras de Agua – Segundo Monitoreo.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

5. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL ACUIFERO SOMERO

Con el fin de calcular la magnitud de la conductividad hidráulica del acuífero, que es el parámetro básico que permite definir su rendimiento, se llevó a cabo la ejecución de pruebas slug o de cambio rápido de presión en los siete (7) pozos de monitoreo identificados, mediante el uso de una sonda de medición de niveles.

El método usado fue el método de HORSLEV, el cual mide la disminución instantánea de la carga hidráulica, para lo cual se extrajo un volumen conocido de agua mediante un muestreador manual tipo bailer de marca GEOTECH y se midió la recuperación del pozo mediante una sonda de nivel calibrada marca GEOTECH con precisión de 1 mm **(Fotografía 5.1)**.

Para el análisis de los datos de las pruebas Slug, se aplicó el método de Hvorslev (Hvorslev, 1951) para encontrar la conductividad hidráulica (K) del acuífero.

La formulación expuesta por Hvorslev se presenta en la siguiente ecuación:

$$K = \frac{r_{cu}^2 \ln\left(\frac{L}{r_f}\right)}{2Lt_{37}}$$

Donde:
K = conductividad hidráulica saturada (m/día),
r_{cu} = radio de la entubación (m),
r_f = radio de la zona filtrante (m),
L = longitud de la rejilla o parte ranurada de la perforación (m)
t37 = tiempo que tarda el agua en subir o bajar hasta el 37% de la carga inicial (m)



Fotografía 5.1 Desarrollo de pruebas Slug.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

Conforme a los resultados de los análisis de la conductividad hidráulica mediante el método de Hvorslev 1951, en la **Tabla 5.1** y **ANEXO C.1. Slug Test** se muestran los resultados de conductividad hidráulica resultantes para cada pozo de monitoreo.

Tabla 5.1 Resultados de conductividad hidráulica obtenidos en Pozos Monitoreo

POZO	K (m/día)
PM 01/17	$8{,}54 \times 10^{-2}$
PM 02/17B	$1{,}91 \times 10^{-1}$
PM 03/17	5,21
PM 04/17	2,26
PM 05/17	$7{,}40 \times 10^{-2}$
PM 06/17	$7{,}51 \times 10^{-1}$
PM 07/17	2,48

Fuente: SIAM SAS, 2022

Los resultados de las pruebas de conductividad hidráulica permiten establecer una relación entre la litología general de los pozos y las propiedades del acuífero, específicamente en la permeabilidad de las capas. Según los valores calculados, los pozos PM03/17, PM04/17 y PM07/17 se asocian a una litología de granulometría arenosa de selección moderada a baja que favorece el flujo intergranular del agua a través del suelo, por otra parte, los pozos PM02/17B, y PM06/17 presentan una permeabilidad moderada relacionada a texturas arenosas a areno – limosas, con moderado de selección. Finalmente, los resultados de los pozos PM01/17 y PM05/17 indican una menor permeabilidad relacionada con texturas areno - arcillosas a arcillo – limosas.

La distribución de los valores de conductividad hidráulica en las zonas adyacentes al predio Gibraltar, con base en los datos tomados en pozos de monitoreo, se presenta en la **Figura 5.1.**

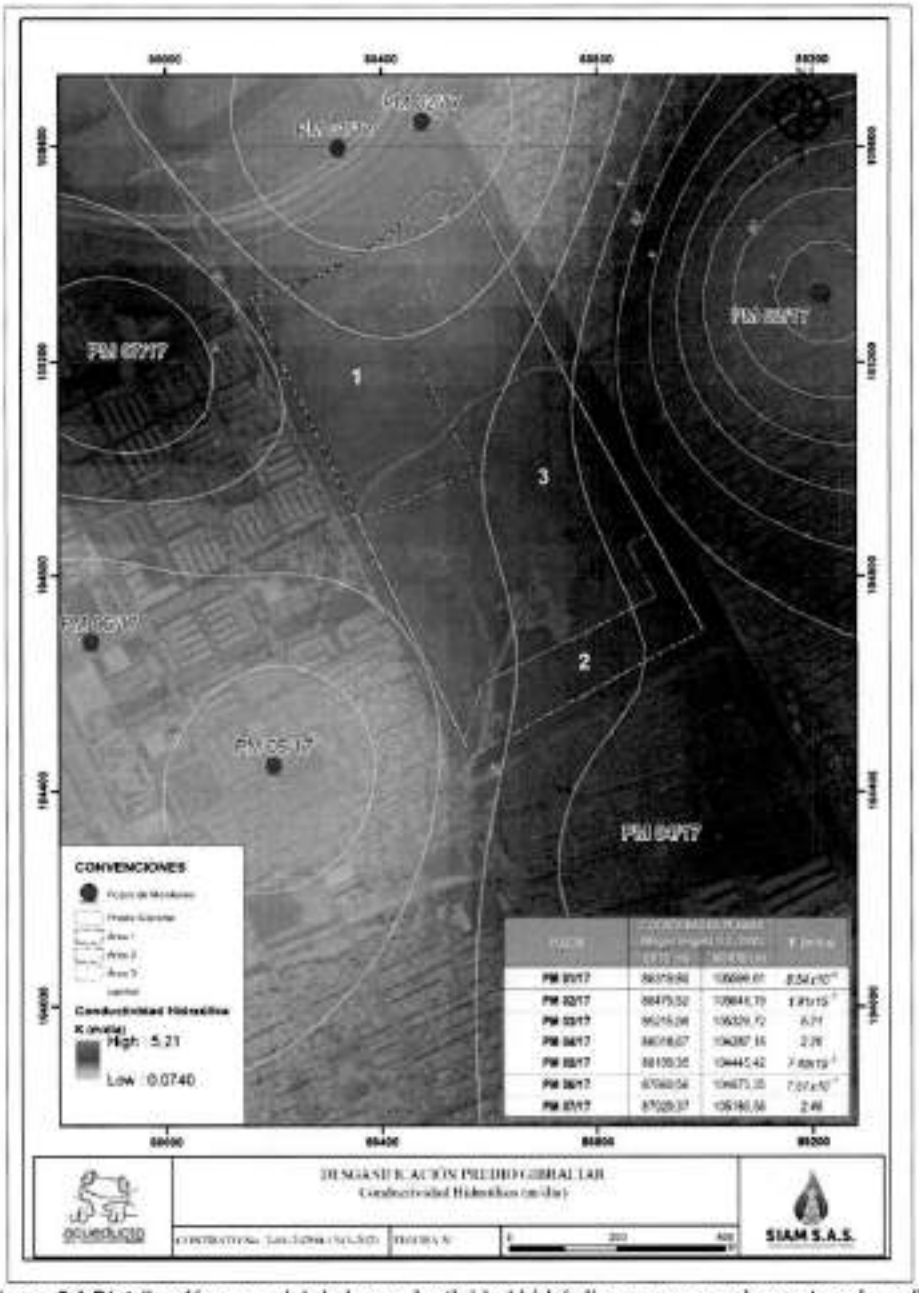


Figura 5.1 Distribución espacial de la conductividad hidráulica en zonas adyacentes al predio Gibraltar.

Fuente: SIAM SAS, 2022.

6. ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA ZONA

6.1. NORMAS DE REFERENCIA

La valoración ambiental se realizó tomando como referencia los valores registrados en la norma internacional ***310 CMR 40 de Massachusetts Departament of Enviromental Protection*** *(2015)* ya que esta cuenta con la base más completa en elementos contaminantes cancerígenos y no cancerígenos e hidrocarburos totales actualmente disponible, además se destaca que está norma es aceptada por las entidades ambientales del país para análisis de contaminación de suelos y agua. Por otra parte, la guía nacional utilizada fue la que contempla el ***Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios Distribución de Derivados de Hidrocarburos*** del Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007) debido a que esta es el único documento de referencia en el país donde se contempla el análisis de este tipo de contaminantes, esta es usada en el desarrollo de actividades socio- económicas, en sectores agrícolas, residenciales e industriales.

La metodología de aplicación de las normas de referencia tomadas para el desarrollo del análisis ambiental de la zona, se presentan en el **ANEXO D.1. Normas Ambientales de Referencia.**

6.1.1. Guía Nacional

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible (MAVDT) desarrolló el **"Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos" (2007),** con el fin de proveer las herramientas y la información relevante que permita proporcionar criterios de análisis de riesgo basados en toxicología y ecología para determinar el nivel de acción requerido y definir las concentraciones de referencia de los compuestos de interés a partir de los cuales se toma la decisión de ampliar la evaluación del sitio o tomar acciones remediales.

El manual define de forma clara dos (2) tipos de componentes que pueden ser impactados: Suelo y Agua Subterránea Superficial (acuífero somero), así mismo cada componente se valora de forma individual: En el caso del suelo se define si el uso es industrial y/o comercial, o residencial y/o agrícola y para el caso de las aguas subterráneas se define si el agua es potable o no potable.

Para cada variable se definen los "Límites de Referencia Basados en Riesgos" (LGBR).

La clasificación de los "Compuestos de Interés" (CDI) para los LGBR en el componente suelo según el impacto, establece "Saturación del Suelo" como la concentración mínima del compuesto a la cual se comienza a formar como producto libre y "Contacto Directo" como la concentración mínima de cada compuesto a partir del cual puede haber efectos nocivos para un receptor que entra en contacto directo con el suelo. Las Guías Ambientales indican que, si existe una vía de exposición completa desde el agua subterránea hasta un receptor identificado, los resultados deben compararse con el valor mínimo de los LGBR para "Migración de Agua Subterránea".

En las **Tabla 6.1** y **Tabla 6.2** se presentan los Límites Genéricos Basados en Riesgos LGBR´s definidos dentro del Manual Técnico del MAVDT (2007) para concentraciones en suelos y aguas.

Tabla 6.1 (A) Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para Compuestos de Interés según Guía Colombiana

COI de petróleo	Exposición a Suelo Industrial/Comercial			Exposición a Agua subterránea/Superficial No Potable		
	Saturación de Suelo (mg/Kg)	Contacto Directo mg/kg	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	No Potable (mg/L)
TPH						
GRO		1.0 E+03	3.3 E+02			4.0 E+00
DROVERO		5.6 E+03	9.9 E+02			2.4 E +00
BTEX						
Benceno	5.9 E+02	2.5 E+02	3.5 E+01* c	1.8 E +03	5.0 E-03	5.2 E-03c
Tolueno	3.1 E+02	1.6 E+04	1.0 E+02*	5.3 E+02	1.0 E+00	8.2 E+00
Etilbenceno	1.6 E+02	6.8 E+03	2.0 E+02*	1.7 E +02	7.0 E-01	1.0 E+01
Xilenos (mezclados)	1.7 E+02	8.8 E+02	4.3 E+02*	1.6 E+02	1.0 E+01	2.0 E+01
PAHs Cancerígenos						
Benceno(a)antraceno		1.5 E+01 c	1.1 E+02 c	9.4 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(a)Pireno		1.5 E+00 c	2.9 E+01 c	1.6 E-03	2.0 E-04	7.0 E-04c***
Benceno(b)fluoranteno		1.5 E+01 c	3.4 E+02 c	1.5 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(k)fluoranteno		1.5 E+02 c	3.4 E+03 c	8.0 E-04		7.0 E-02c***
Criseno		1.5 E+03 c	1.1 E+04 c	1.6 E-03		7.0 E-01c***
Dibenzo(a,h)antraceno		1.5 E+00 c	1.1 E+02 c	2.5 E-03		7.0 E-04c***
Indeno(1,2,3-cd)pireno		1.5 E+01 c	9.7 E+02 c	2.2 E-05		7.0 E-03c***
PAHs NO Cancerígenos						
Naftaleno		8.0 E+03	1.7 E +02	3.1 E+01		2.0 E+00
Aditivos de Combustible						
Plomo		7.5E+02a	3.0 E+01 a		1.5 E-02 a	1.5 E-02 a

Tabla 6.2 (B) Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para Compuestos de Interés según Guía Colombiana

COI de petróleo	Exposición a Suelo Residencial/Agrícola			Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable		
	Saturación de Suelo (mg/Kg)	Contacto Directo mg/kg	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	Uso Como Agua Potable(mg/L)
TPH						
GRO		5.9 E+02	2.5 E+01			3.2 E-01
DROVERO		2.6 E+03	7.9 E+01			2.9 E-01
BTEX						
Benceno	5.9 E+02	7.5 E+01c	3.4 E-02**c	1.8 E +03	5.0 E-03	1.0 E-02c**
Tolueno	3.1 E+02	8.8 E+03	1.2E+01**	5.3 E+02	1.0 E+00	9.3 E-01
Etilbenceno	1.6 E+02	4.6 E+03	1.3 E+01**	1.7 E +02	7.0 E-01	1.9 E+00
Xilenos (mezclados)	1.7 E+02	6.9 E+02	2.1 E+02**	1.6 E+02	1.0 E+01	2.7 E-01
PAHs Cancerígenos						
Benceno(a)antraceno		5.0 E+00c	1.1 E+02 c	9.4 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(a)Pireno		5.0 E-01c	2.9 E+01 c	1.6 E-03	2.0 E-04	7.0 E-04c***
Benceno(b)fluoranteno		5.0 E+00c	3.4 E+02 c	1.5 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(k)fluoranteno		5.0 E+01c	3.4 E+03 c	8.0 E-04		7.0 E-02c***
Criseno		5.0 E+02c	1.1 E+04 c	1.6 E-03		7.0 E-01c***
Dibenzo(a,h)antraceno		5.0 E 01c	1.1 E+02 c	2.5 E-03		7.0 E-04c***
Indeno(1,2,3-cd)pireno		5.0 E+00c	9.7 E+02 c	2.2 E-05		7.0 E-03c***
PAH's NO Cancerígenos						
Naftaleno		3.2 E+03	6.1 E+01	3.1 E+01		7.1 E-01
Aditivos de Combustible						
Plomo		4.0 E+02 a	3.0 E+01 a		1.5 E-02 a	1.5 E-02 a

Fuente: MAVDT, 2007

6.1.2. Norma 310 CMR 40.000 Massachusetts Contingency Plan (MCP)

Dentro de la variable de agua subterránea se definen tres (3) categorías denominadas GW1, GW2, y GW3 dependiendo del potencial de la misma dentro de un sitio específico.

GW1

Esta categoría se debe usar cuando el área se define como:

- Área Fuente de Agua Potable Actual (Current Drinking Water Source Area- CDWSA).
- Área potencial de fuente de agua potable (Potential Drinking Water Source Area-PDWSA).

Un Área CDWSA la cual a su vez se define como:

(a) Área dentro de una Zona II que corresponde a una zona de suministro público de agua potable
(b) Área de protección de cabezal de pozo de un área de suministro público de agua potable.
(c) Dentro de una Zona denominada A o un cuerpo de agua Clase A el cual es usado de suministro público de agua potable.

PDWSA se refiere únicamente a la ubicación del acuífero en una zona definida previamente como potencialmente productora de agua subterránea. Esto no es aplicable cuando:

1. La información específica del sitio sobre los tipos y/o la transmisividad de los suelos muestra que el agua subterránea no se encuentra dentro del verdadero límite del (de los) acuífero (s) de medio o alto rendimiento que comprende (n) el acuífero potencialmente productivo; o,
2. el agua subterránea dentro del acuífero potencialmente productivo es naturalmente salobre, o tiene niveles naturalmente altos de metales, de tal manera que el desarrollo del acuífero como un agua pública para suministro, es actualmente inviable tecnológica o económicamente.
3. El agua subterránea ha sido contaminada por residuos peligrosos y/o hidrocarburos.

GW 2

1. Esta categoría es empleada cuando la fuente de agua está ubicada a menos de 10 metros de un edificio o estructura existente, o a construir, que está o será ocupado, y que la profundidad anual promedio del agua subterránea en esa área es de 5 metros o menos.
2. En la categoría GW-2, el agua subterránea se considera una fuente potencial de vapores de petróleo y/o material peligroso para aire interior. La construcción de edificaciones en un área en la cual la profundidad anual promedio al agua subterránea es de 5 metros o menos cambiará la categoría de agua subterránea en el sitio para incluirla como GW2; cambiando las actividades, usos y/o exposiciones en el sitio de disposición.

GW3

Se empleará esta categoría cuando no se pueda clasificar el agua subterránea dentro de las categorías GW1 y GW2.

La **Tabla 6.3** muestra los Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para las categorías GW1, GW2, GW3 del parámetro AGUA SUBTRERRÁNEA definidos por la norma de Massachusetts.

Tabla 6.3 Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para la categoría agua subterránea.

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1 TF MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standard mg/L	GW-2 Standard mg/L	GW-3 Standard mg/L
ACENAPHTHENE	0,02	0,01	10
ACENAPHTHYLENE	0,03	10	0,04
ACETONE	6,30	50	50
ALDRIN	0,0005	0,002	0,03
ALIPHATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)			
ANTHRACENE	0,06	0,03	0,03
ANTIMONY	0,006	B	B
AROMATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)			
ARSENIC	0,01	0,9	0,9
BARIUM	2	50	50
BENZENE	0,005	1	10
BENZO(a)ANTHRACENE	0,001	1	1
BENZO(a)PYRENE	0,0002	0,5	0,5
BENZO(b)FLUORANTHENE	0,001	0,4	0,4
BENZO(g,h,i)PERYLENE	0,05	0,02	0,02
BENZO(k)FLUORANTHENE	0,001	NA	0,1
BERYLLIUM	0,004	0,2	0,2
BIPHENYL, 1,1-	0,0009	0,2	50
BIS(2-CHLOROETHYL)ETHER	0,03	0,03	50
BIS(2-CHLOROISOPROPYL)ETHER	0,03	0,1	50
BIS(2-ETHYLHEXYL)PHTHALATE	0,006	50	50
BROMODICHLOROMETHANE	0,003	0,006	50
BROMOFORM	0,004	0,7	50
BROMOMETHANE	0,01	0,007	0,8
CADMIUM	0,005	0,004	0,004
CARBON TETRACHLORIDE	0,005	0,002	5
CHLORDANE	0,002	0,002	0,002
CHLOROANILINE, p-	0,02	30	0,3
CHLOROBENZENE	0,1	0,2	1
CHLOROFORM	0,07	0,06	20
CHLOROPHENOL, 2-	0,01	20	7
CHROMIUM (TOTAL) *	0,1	0,3	0,3
CHROMIUM(III)	0,1	0,6	0,6
CHROMIUM(VI)	0,1	0,3	0,3
CHRYSENE	0,002	0,07	0,07
CYANIDE *	0,2	0,03	0,03
DIBENZO(a,h)ANTHRACENE	0,0005	0,04	0,04
DIBROMOCHLOROMETHANE	0,002	0,02	50
DICHLOROBENZENE, 1,2- (o-DCB)	0,6	B	2
DICHLOROBENZENE, 1,3- (m-DCB)	0,1	B	50
DICHLOROBENZENE, 1,4- (p-DCB)	0,005	0,06	B
DICHLOROBENZIDINE, 3,3-	0,08	2	2
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHANE, P,P'- (DDD)	0,0002	0,05	0,05
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHYLENE,P,P'- (DDE)	0,0001	0,4	0,4
DICHLORODIPHENYL TRICHLOROETHANE, P,P'- (DDT)	0,0003	0,001	0,001
DICHLOROETHANE, 1,1-	0,07	2	20
DICHLOROETHANE, 1,2-	0,005	0,005	20
DICHLOROETHYLENE, 1,1-	0,007	0,08	30
DICHLOROETHYLENE, CIS-1,2-	0,07	0,02	50
DICHLOROETHYLENE, TRANS-1,2-	0,1	0,08	50
DICHLOROMETHANE	0,005	2	50
DICHLOROPHENOL, 2,4-	0,01	30	2
DICHLOROPROPANE, 1,2-	0,004	0,003	50
DICHLOROPROPENE, 1,3-	0,0004	0,01	0,2

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1 (1) MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standard mg/L	GW-2 Standard mg/L	GW-3 Standard mg/L
DIELDRIN	0,0001	0,008	0,0005
DIETHYL PHTHALATE	2	50	9
DIMETHYL PHTHALATE	0,3	50	50
DIMETHYLPHENOL, 2,4-	0,06	40	50
DINITROPHENOL, 2,4-	0,2	50	20
DINITROTOLUENE, 2,4-	0,03	20	50
DIOXANE, 1,4-	0,0003	6	50
ENDOSULFAN	0,01	0,002	0,002
ENDRIN	0,002	0,005	0,005
ETHYLBENZENE	0,7	20	5
ETHYLENE DIBROMIDE	0,00002	0,002	50
FLUORANTHENE	0,09	0,2	0,2
FLUORENE	0,03	0,04	0,04
HEPTACHLOR	0,0004	0,002	0,001
HEPTACHLOR EPOXIDE	0,0002	0,007	0,002
HEXACHLOROBENZENE	0,001	0,001	6
HEXACHLOROBUTADIENE	0,0006	0,06	3
HEXACHLOROCYCLOHEXANE, GAMMA [gamma-HCH]	0,0002	0,2	0,004
HEXACHLOROETHANE	0,008	0,1	50
HMX	0,2	50	50
INDENO(1,2,3-cd)PYRENE	0,0005	0,1	0,1
LEAD	0,015	0,01	0,01
MERCURY	0,002	0,02	0,02
METHOXYCHLOR	0,04	0,01	0,01
METHYL ETHYL KETONE	4	50	50
METHYL ISOBUTYL KETONE	0,35	50	50
METHYL MERCURY	0,0003	0,02	0,02
METHYL TERT BUTYL ETHER	0,07	50	50
METHYLNAPHTHALENE, 2-	0,01	2	20
NAPHTHALENE	0,14	0,7	20
NICKEL	0,1	0,2	0,2
PENTACHLOROPHENOL	0,001	0,2	0,2
PERCHLORATE	0,002	1	1
PETROLEUM HYDROCARBONS			
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON 1	0,2	5	5
ALIPHATIC HYDROCARBONS			
C5 through C8 Aliphatic Hydrocarbons	0,3	3	50
C9 through C12 Aliphatic Hydrocarbons	0,7	5	50
C9 through C18 Aliphatic Hydrocarbons	0,7	5	50
C19 through C36 Aliphatic Hydrocarbons	14	50	50
AROMATIC HYDROCARBONS			
C9 through C10 Aromatic Hydrocarbons	0,2	0,004	50
C11 through C22 Aromatic Hydrocarbons	0,2	50	5
PHENANTHRENE	0,04	10	10
PHENOL	1	50	2
POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs)	0,0005	0,005	0,01
PYRENE	0,1	0,02	0,02
RDX	0,001	50	50
SELENIUM	0,05	0,1	0,1
SILVER	0,1	100	0,007
STYRENE	0,1	0,1	6
TETRACHLORODIBENZO-p-DIOXIN (TCDD), 2,3,7,8- [equivalents]	3*10-8	4*10-5	4*10-5
TETRACHLOROETHANE, 1,1,1,2-	0,005	0,01	50
TETRACHLOROETHANE, 1,1,2,2-	0,002	0,009	50
TETRACHLOROETHYLENE	0,005	0,06	30

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1 TT MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standards mg/L	GW-2 Standards mg/L	GW-3 Standards mg/L
THALLIUM	0.002	3	3
TOLUENE	1	50	40
TRICHLOROBENZENE, 1,2,4-	0.07	0.2	50
TRICHLOROETHANE, 1,1,1-	0.2	4	20
TRICHLOROETHANE, 1,1,2-	0.005	0.9	50
TRICHLOROETHYLENE	0.005	0.005	5
TRICHLOROPHENOL, 2,4,5-	0.2	50	3
TRICHLOROPHENOL 2,4,6-	0.01	5	0.5
VANADIUM	0.03	4	4
VINYL CHLORIDE	0.002	0.002	50
XYLENES (Mixed Isomers)	10	3	5
ZINC	5	0.9	0.9

Fuente: Norma Massachussets, adaptado SIAM SAS, 2022

En la zona de estudio, el parámetro agua, según la norma de *Massachusetts Departament of Enviromental Protection* se clasificó según la categoría **GW2**, ya que en las zonas aledañas al predio Gibraltar la profundidad anual promedio del agua subterránea es de 5 metros o menos y existen edificios o estructura existentes a menos de 10 metros de la mayoría de los pozos de monitoreo evaluados, por lo que el agua subterránea se considera una fuente potencial de vapores de petróleo y/o material peligroso para el aire interior.

En cuanto a la guía nacional, El MAVDT hace la distinción entre Exposición a Agua Subterránea/Superficial No Potable y Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable, basados en la cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) y producción del pozo (gal/día), siendo más restrictivo el límite máximo permisible, cuando se trata de agua subterránea potable (**Figura 6.1**).

*Para calcular esta variable se hizo un cálculo del caudal mediante balde aforado en tres (3) de los siete (7) pozos de Monitoreo del área de estudio, así como un cálculo de los SDT a partir de los reportes de agua subterránea in situ (**Tabla 6.4** y **Tabla 6.5**). De acuerdo con estos resultados, el agua presente en las zonas adyacentes al predio Gibraltar clasifica como **Exposición a Agua Subterránea/Superficial Potable*** (Tomado de SIAM SAS, 2017).

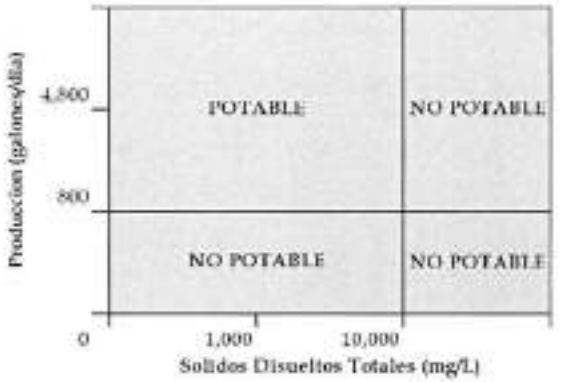


Figura 6.1 Estimación de variable Exposición al Agua.
Fuente: SIAM SAS, 2017.

Tabla 6.4 Cálculo de Caudales.

Pozo de Monitoreo	Q (L)	tiempo (seg)	Q (Lts)	Q (galón)
PM2	10	187	0,053	1209
PM4	10	196	0,050	1141
PM7	10	193	0,051	1164

Fuente: SIAM SAS, 2017.

Tabla 6.5 Cálculo de Solidos Disueltos Totales

Pozo de Monitoreo	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	SDT (mg/L) *
PM1	20,5	1020	728,6
PM2	20,5	888	634,3
PM3	21,3	718	512,9
PM4	17,2	986	704,3
PM5	18,8	1945	1389,3
PM6	19	1970	1407,1
PM7	19,3	682	487,1
PM8	20	908	648,6

**Calculado a partir de valores de conductividad eléctrica.*

Fuente: SIAM SAS, 2017.

6.2. ANÁLISIS AMBIENTAL

A partir de la comparación realizada con la guía MAVDT (2007) y norma Massachussets, se logró identificar valores de concentración de Cadmio Total que excedían los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total y Cromo Total.

A continuación, se presenta la comparación de parámetros que arrojaron resultados por encima del límite de detección del equipo con respecto a la guía y norma de referencia.

6.2.1. Arsénico Total

El manual técnico colombiano, no presenta un valor de Restricción para el Arsénico; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 0,9 mg/L.

Las concentraciones de Arsénico total se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,01mg/L, valor máximo correspondiente a la muestra PM06/17 del monitoreo de noviembre de 2022, ubicada hacia la parte occidental del predio Gibraltar, cuyo valor no excedió el límite máximo permisible establecido en la norma Massachussets (**Figura 6.2**).

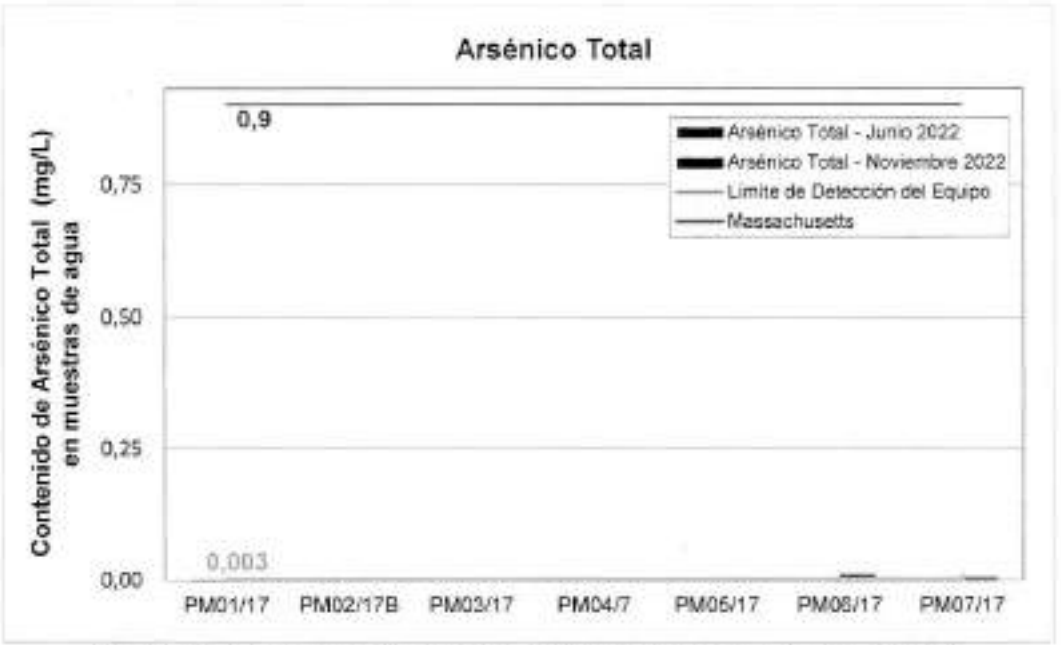


Figura 6.2 Valores límite del Contenido de Arsénico Total(mg/L) en muestras de agua.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 6.4** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el segundo monitoreo de agua subterránea, con referencia a la norma Massachussets, para el parámetro Arsénico Total (mg/L).



Figura 6.3 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Arsénico Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

6.2.2. Cadmio Total

El manual técnico colombiano, no presenta un valor de Restricción para el Cadmio; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 0,004 mg/L.

Las concentraciones de Cadmio se encontraron en un rango de No Detectable hasta 0,023 mg/L (**Figura 6.4**), donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar, el cual correspondia a la muestra PM01/17 de la segunda campaña de monitoreo. Este valor excedió el límite de referencia establecido en la norma Massachusetts al igual que el de las muestras PM02/17 y PM05/17 del segundo monitoreo de aguas subterráneas.

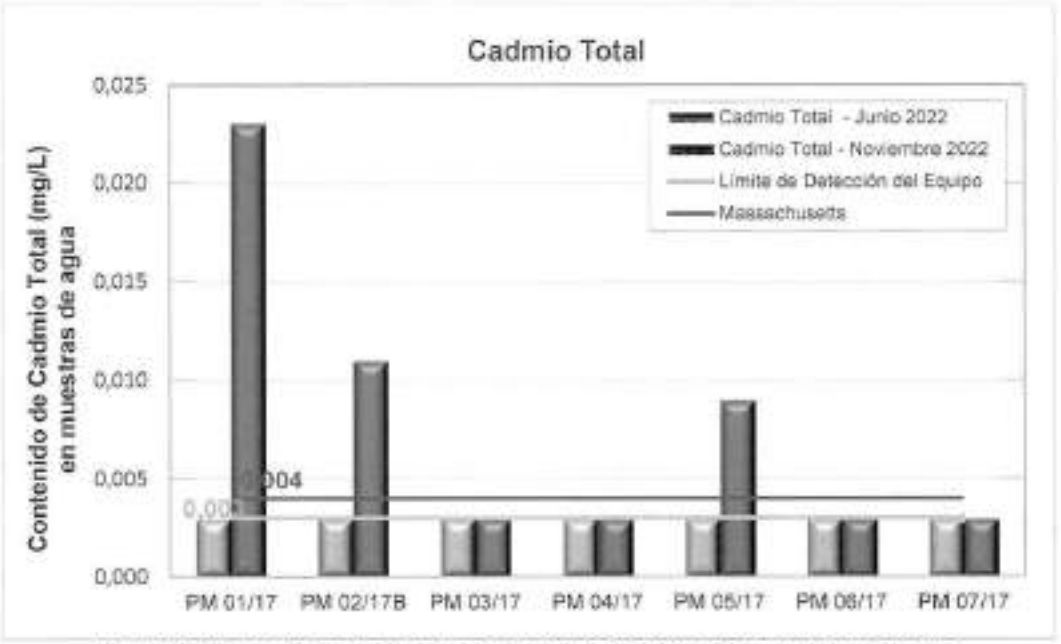


Figura 6.4 Valores límite del Contenido de Cadmio Total (mg/L) en muestras de agua.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

La presencia de Cadmio en los Pozos ubicados al Norte del predio y Pozo PM05/17 puede deberse a dos fuentes principales: La primera corresponde a los residuos propiamente dichos ubicados dentro del predio Gibraltar, los cuales generaron un nivel de lixiviados; y de otro lado, el río Bogotá que sirve de límite al NNW del predio Gibraltar, que recibe una cantidad importante de residuos peligrosos tanto legales como ilegales desde su nacimiento, los cuales son transportados a lo largo de su cauce y a través de su lecho (SIAM SAS, 2017).

Estas fuentes principales de posible contaminación se establecieron con base en análisis de contaminantes en suelos y aguas realizados por SIAM SAS, 2017 donde se detectó presencia de contaminantes y sólidos disueltos en el acuífero somero dentro del predio Gibraltar, los cuales a pesar de que las velocidades de flujo calculadas fueron muy pequeñas (del orden de cm/día) en el tiempo pudieron migrar hacia el río Bogotá o seguir la dirección de flujo regional hacia el SW del área. Sin embargo, en ese mismo año SIAM SAS, también demostró que la concentración de contaminantes del acuífero somero asociado al río Bogotá (que es el mismo que se encuentra bajo el predio Gibraltar), lejos del predio Gibraltar presentaba condiciones de calidad físico

química muy similares a las reportadas frente al predio Gibraltar sobre la vega del río Bogotà, evidenciando la conexión entre el río y el acuífero somero con condiciones fisicoquímicas pobres para el agua subterránea.

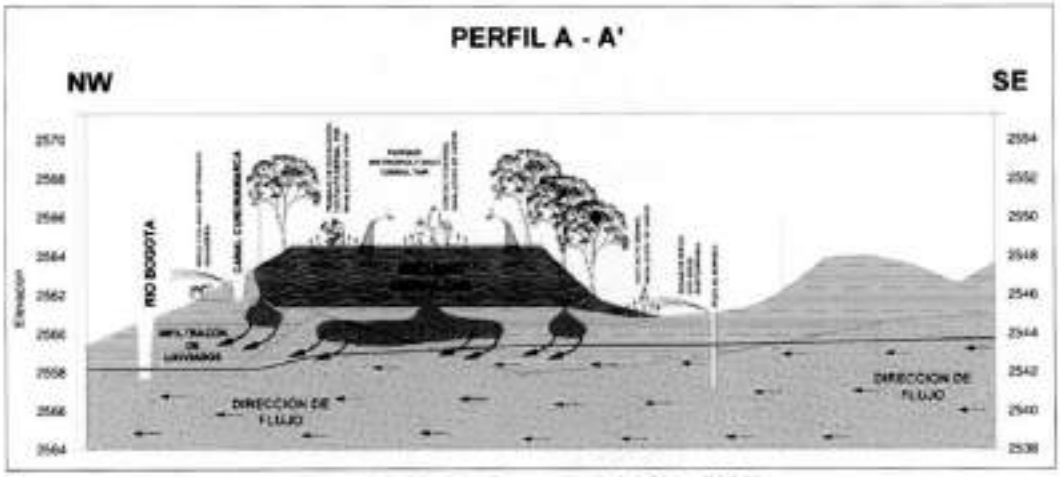


Figura 6.5. Modelo Conceptual del Sitio (MCS)
Fuente: SIAM SAS, 2017.

En la **Figura 6.6** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el segundo monitoreo de agua subterránea, con referencia a la norma Massachussets, para el parámetro Cadmio Total (mg/L).

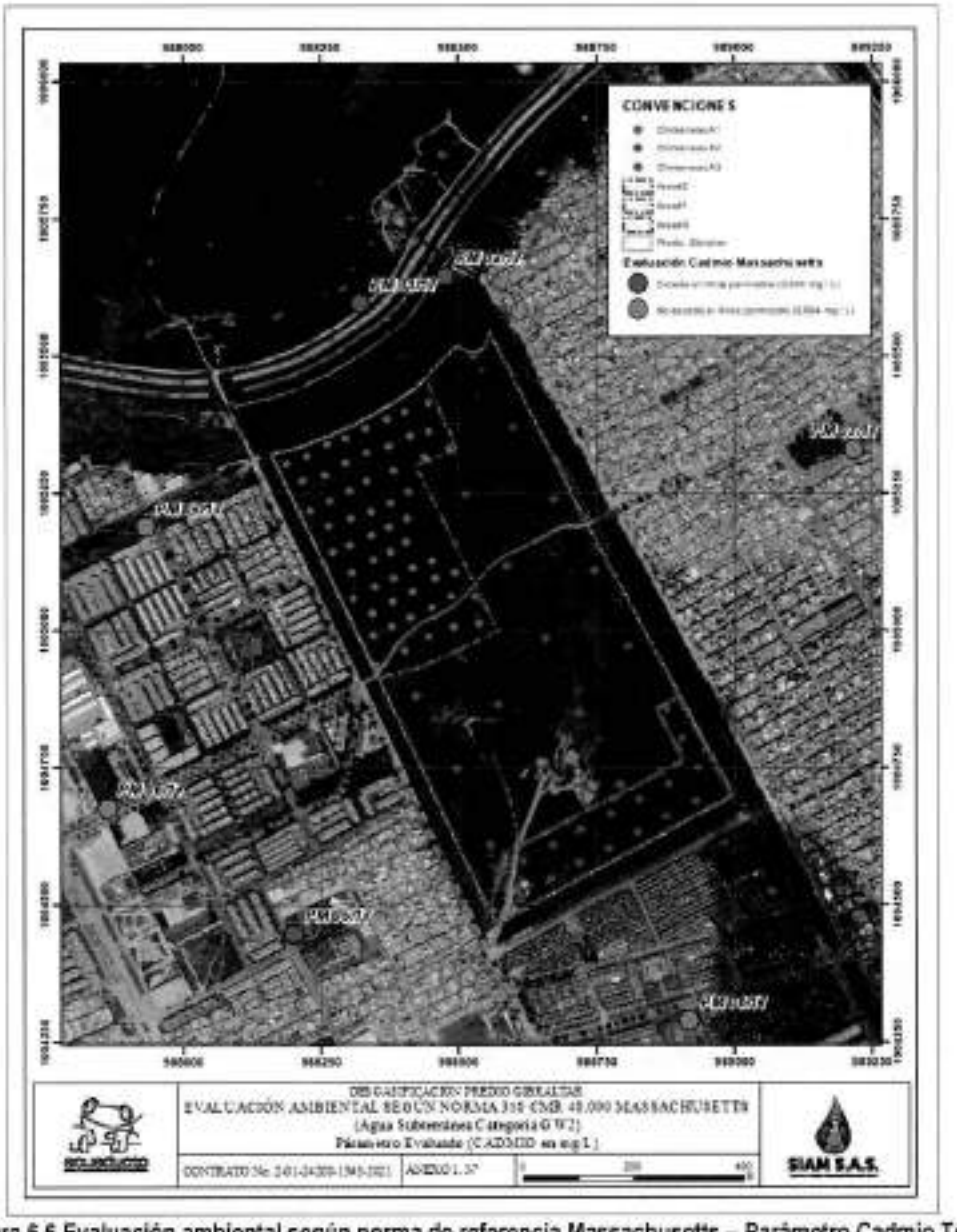


Figura 6.6 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cadmio Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

6.2.3. Cromo Total

El manual técnico colombiano, no presenta un valor de Restricción para el Cromo; sin embargo, la Norma Massachusetts tiene un valor máximo permisible de 0,3 mg/L.

Las concentraciones de Cromo se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,007 mg/L (**Figura 6.7**), donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar en la muestra de agua PM01/17 del monitoreo de noviembre de 2022, sin exceder los valores máximos permisibles establecidos en la norma.

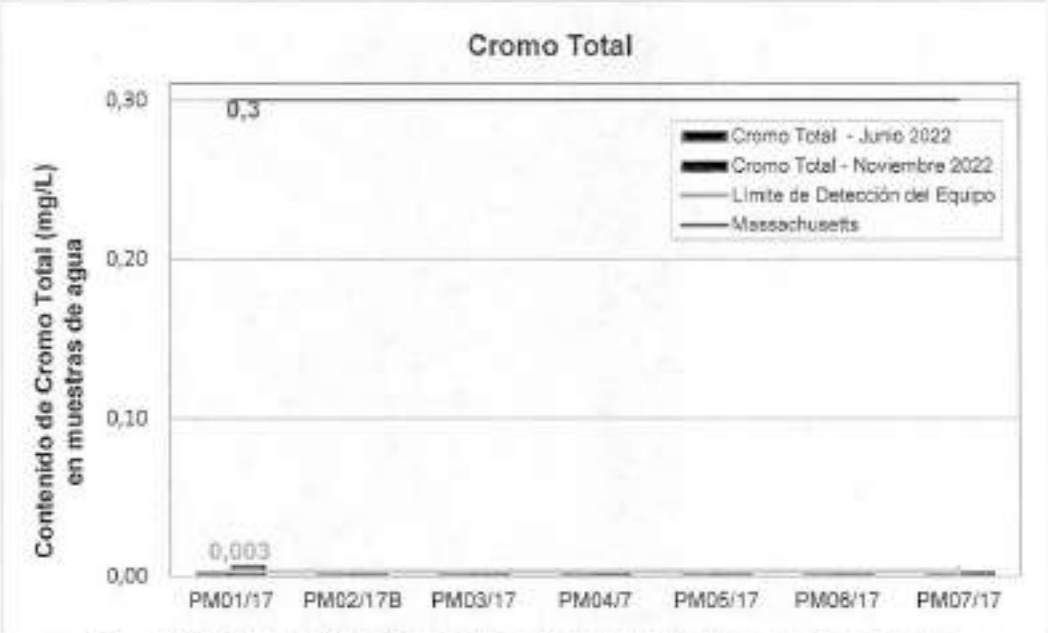


Figura 6.7 Valores límite del Contenido de Cromo Total (mg/L) en muestras de agua.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

En la **Figura 6.8** se presenta la valoración ambiental de las muestras tomadas en el segundo monitoreo de agua subterránea, con referencia a la norma Massachussets, para el parámetro Cromo Total (mg/L).

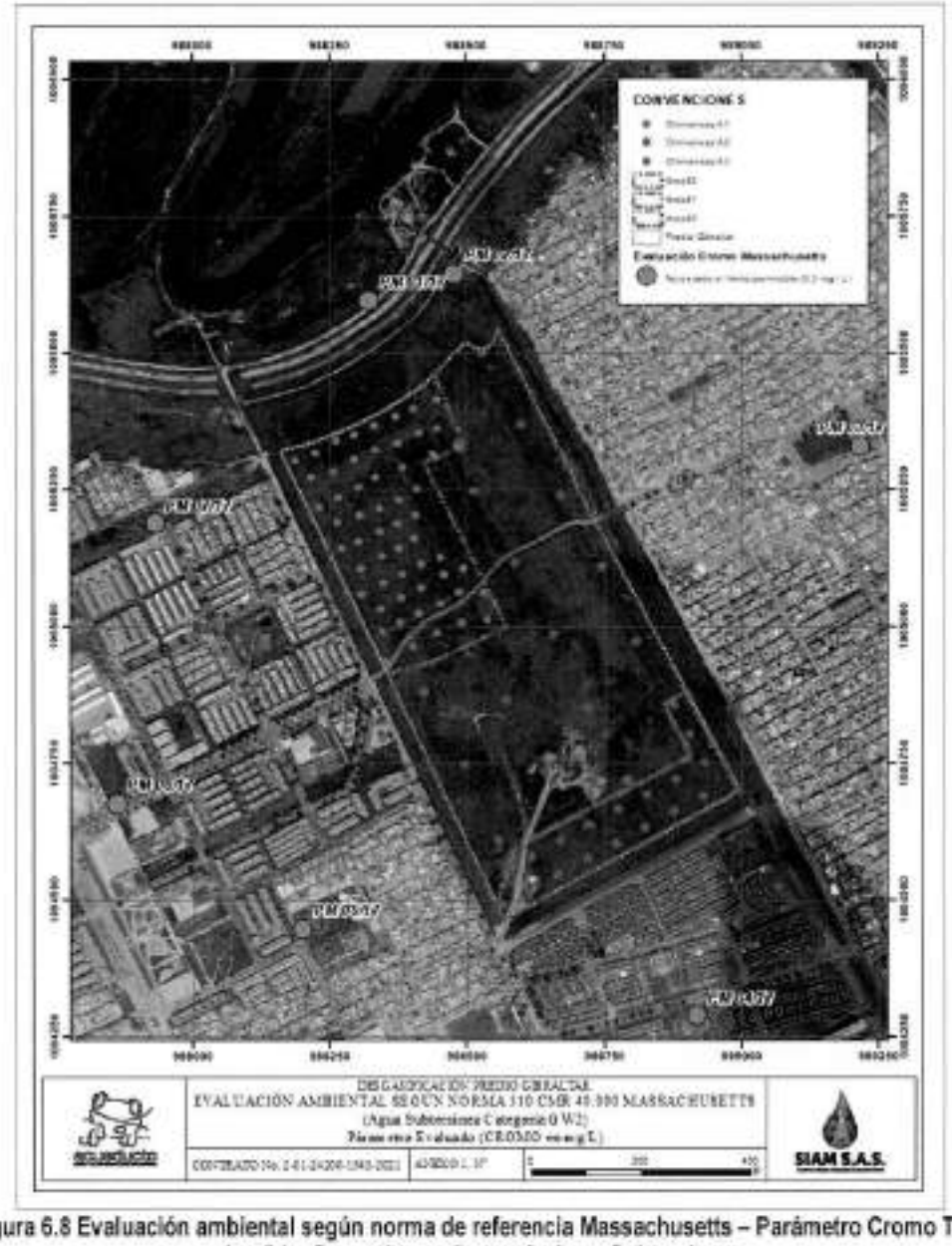


Figura 6.8 Evaluación ambiental según norma de referencia Massachusetts – Parámetro Cromo Total (mg/L) – Segundo monitoreo de Agua Subterránea.
Fuente: SIAM SAS, 2022.

7. CONCLUSIONES

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas del agua subterránea en las zonas adyacentes al Predio Gibraltar y su variación en el tiempo, se realizaron dos (2) campañas de monitoreo en los siete (7) piezómetros ubicados alrededor del predio. La primera campaña de monitoreo se realizó los días 13 y 14 de junio de 2022, y la segunda campaña de monitoreo se realizó los días 21 y 22 de noviembre de 2022. Los parámetros a evaluar según la SDA (2021) fueron Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos – PAH, Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO), Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos), Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV y Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo).

En la evaluación ambiental, para el parámetro agua, según la norma de *Massachusetts Departament of Enviromental Profection*, esta se clasificó según la categoría GW2, ya que en las zonas aledañas al predio Gibraltar la profundidad anual promedio del agua subterránea es de 5 metros o menos y existen edificios o estructura existentes a menos de 10 metros de la mayoría de los pozos de monitoreo evaluados, por lo que el agua subterránea se considera una fuente potencial de vapores de petróleo y/o material peligroso para el aire interior.

En cuanto a la guía nacional, El MAVDT hace la distinción entre Exposición a Agua Subterránea/Superficial No Potable y Exposición a Agua subterránea/Superficial Potable, basados en la cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) y producción del pozo (gal/día), siendo más restrictivo el límite máximo permisible, cuando se trata de agua subterránea potable; según datos de caudal mediante balde aforado en tres (3) de los siete (7) pozos de Monitoreo del área de estudio, con valores resultantes de entre 1141 gal/día y 1209 gal/día, así como un cálculo de los SDT entre 487,1mg/L y 1407,1 mg/L, este componente se clasifica como Exposición a Agua Subterránea/Superficial Potable (SIAM SAS, 2017).

A partir de la comparación realizada con la guía del MAVDT (2007) y norma Massachussets, se logró identificar valores de concentración de Cadmio Total que excedían los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total (09mg/L - Massachusetts) y Cromo Total (09mg/L Massachusetts).

Las concentraciones de Cadmio se encontraron en un rango de No Detectable hasta 0,023 mg/L, donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar, el cual correspondía a la muestra PM01/17 de la segunda campaña de monitoreo. Este valor excedió el límite de referencia establecido en la norma Massachusetts al igual que el de las muestras PM02/17 y PM05/17 del segundo monitoreo de aguas subterráneas. La presencia de Cadmio en los Pozos u bicados al Norte del predio y Pozo PM05/17 puede deberse a dos fuentes principales: La primera correspondiente a los residuos ubicados dentro del predio Gibraltar, los cuales generaron un nivel de lixiviados con presencia de contaminantes; y de otro lado, el río Bogotá que sirve de límite al NNW del predio Gibraltar, que recibe una cantidad importante de residuos peligrosos tanto legales como ilegales desde su nacimiento, los cuales son transportados a lo largo de su cauce y a través de su lecho (SIAM SAS, 2017).

Estas fuentes principales de posible contaminación se establecieron con base en análisis de contaminantes en suelos y aguas realizados por SIAM SAS, 2017; donde se detectó presencia de contaminantes y sólidos disueltos en el acuífero somero dentro del predio Gibraltar, los cuales a pesar de que las velocidades de flujo calculadas fueron muy pequeñas (del orden de cm/día) en el tiempo pudieron migrar hacia el río Bogotá o seguir la dirección de flujo regional hacia el SW del área. En contraparte, la misma campaña también demostró que la concentración de contaminantes del acuífero somero asociado al río Bogotá (que es el mismo que se encuentra

bajo el predio Gibraltar), lejos del predio Gibraltar presentaba condiciones de calidad físico química muy similares a las reportadas frente al predio Gibraltar sobre la vega del río Bogotá, evidenciando la conexión entre el río y el acuífero somero con condiciones fisicoquímicas pobres para el agua subterránea.

Según los valores obtenidos para conductividad Hidráulica aplicando el Método de Hvorslev, los pozos PM03/17, PM04/17 y PM07/17 se asocian a una litología de granulometría arenosa de selección moderada a baja que favorece el flujo intergranular del agua a través del suelo, por otra parte, los pozos PM02/17B, y PM06/17 presentan una permeabilidad moderada relacionada a texturas arenosas a areno – limosas, con moderado de selección. Finalmente, los resultados de los pozos PM01/17 y PM05/17 indican una menor permeabilidad relacionada con texturas areno - arcillosas a arcillo – limosas.

Todos los residuos provenientes de las actividades de purga y muestreo de aguas subterráneas, fueron almacenado en la bodega seleccionada para tal fin. Los residuos producto de la purga y muestreo de aguas subterráneas fueron almacenados en garrafas de 30 L o canecas de 50 L.

Los residuos almacenados en la bodega fueron recolectados y trasladados por la empresa ENLACES AMBIENTALES y la disposición final de los residuos se realizó a través de la empresa VEOLIA ASEO NORTE DE SANTANDER S.A.S E.S.P. En total se realizó la disposición de 243,7 L de Líquidos residual de purgas.

8. RECOMENDACIONES

Ya que se presentaron valores de Cadmio que exceden los límites de referencia establecidos en la norma internacional, en el segundo monitoreo realizado en el mes de noviembre de 2022, se recomienda el desarrollo de monitoreos periódicos en temporada de alta y baja precipitación, con énfasis en el contenido de metales pesados en el agua, que permita hacer seguimiento de concentración de estos compuestos, especialmente en los pozos de monitoreo ubicados en zonas residenciales, de modo que se establezca si existe un riesgo de afectación a la salud a la población.

9. REFERENCIAS

ASTM D4044 / D4044M - 15 Standard Test Method for (Field Procedure) for Instantaneous Change in Head (Slug) Tests for Determining Hydraulic Properties of Aquifers

ASTM D4448 – 01, 2013. Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells

ASTM D5521 / D5521M - 18 Standard Guide for Development of Groundwater Monitoring Wells in Granular Aquifers

ASTM D6452 – 99, 2012. Standard Guide for Purging Methods for Wells Used for Groundwater Quality Investigations.

Massachusetts Department of Environmental Protection, 2015. 310 CMR 40 Massachusetts contingency plan. MGL c. 21E.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. 2007. Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos. Bogotá.

ROS M, Antonio, 2011. Parámetros físicos de calidad de las aguas. Conductividad, resistividad y temperatura. (s.f.). http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-conductividad-resistividad-temperatura.

SIAM SAS., 2017. Consultoría para realizar estudio de caracterización y diagnóstico de suelos y aguas subterráneas en el área aledaña al predio Gibraltar.

SIAM SAS., 2018. Consultoría para realizar diagnóstico, selección de medidas de manejo ambiental y sus diseños detallados de ingeniería que permitan planificar la construcción del parque metropolitano PM10 El Porvenir (Gibraltar). Informe producto 1 Diagnóstico de las condiciones ambientales del predio Original, Contrato No. 1-02-24200-0721-2018.

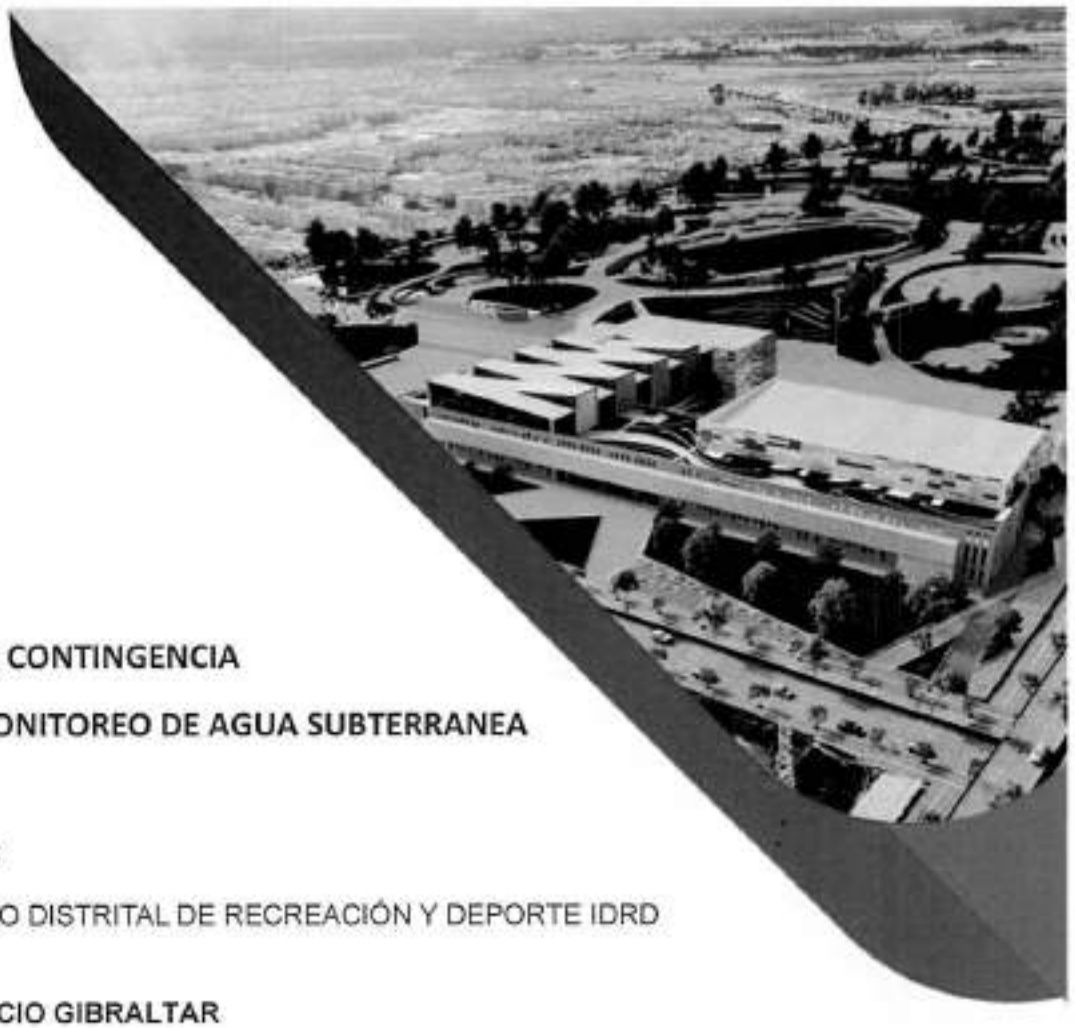
VILLAVICENCIO V, Carmen A., 2009. Actualización y Monitoreo del Sistema de Agua Desmineralizada del Centro de Tecnología Global de Colgate - Palmolive México. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Tesis para obtener título de Ingeniero en Control y Automatización, México.

Anexo 8. Plan de Monitoreo y Contingencia de Agua Subterránea

CONSORCIO
GIBRALTAR

CONTRATO DE OBRA No. IDRD-CTO-3203-2023

CONTRATAR LAS OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL MARCO DE LA MANZANA DEL CUIDADO DEL PORVENIR (GIBRALTAR).
LOCALIDAD DE KENNEDY – BOGOTA



PLAN DE CONTINGENCIA

PLAN MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA

CLIENTE:

INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACIÓN Y DEPORTE IDRD

CONSORCIO GIBRALTAR

AMR CONSTRUCCIONES S.A.S
CONSTRUCTORA CONACERO S.A.S
PIGO INGENIEROS E INVERSIONES S.A.S

Bogotá Marzo 2024

477

1 ÍNDICE

2 INTRODUCCIÓN 4

3 ALCANCE 4

4 OBJETIVOS 4

4.1 OBJETIVO GENERAL 4

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5

5 LOCALIZACIÓN 6

6 PLAN DE CONTINGENCIA – PLAN DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA 7

6.1 CONDICIÓN ACTUAL DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN LA LÍNEA BASE 7

6.2 CONDICIÓN DEL MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN LA EAAB 21

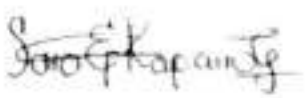
6.3 PLAN DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA – CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO 33

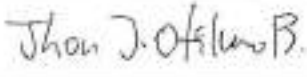
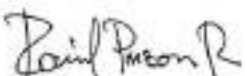
PLAN DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

PLAN DE CONTINGENCIA

Control de versiones

Versión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
0	/03/2024	Versión inicial del documento	
1	/03/2024	Segunda versión del documento	
2	26/03/2024	Tercera versión del documento, atención a observaciones radicado CIG-IDRD-CEFE-122-2024	57
3	04/03/2024	Tercer versión ajustada a anexos de acuerdo a observaciones CIG-IDRD-CEFE-128-2024	58

RESPONSABLE DEL DOCUMENTO		
ELABORO	REVISO	APROBÓ
		
Sara E chaparro	Steve Moreno	Alfredo Muñoz
Cargo: Hidrogeóloga	Director de obra	Representante legal
Fecha :04 de abril de 2024	Fecha :02 de abril de 2024	Fecha :02 de abril de 2024

REVISO EL DOCUMENTO		
REVISO	REVISO	APROBÓ
		
James Otálvaro	Raúl Pinzón	Adriana Guerrero
Cargo: Coordinador BIM	Director de Interventoria	Coordinadora de Interventoria
Fecha :02 de abril de 2024	Fecha :02 de abril de 2024	Fecha :02 de abril de 2024

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene la estructuración, metodología y alcances para llevar a cabo el monitoreo hidrogeológico en el marco del contrato IDRD-08-110 de 2023, cuyo objeto es "CONTRATAR LAS OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL MARCO DE LA MANZANA DEL CUIDADO DEL PORVENIR (GIBRALTAR), EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY EN BOGOTÁ". El monitoreo incluye el análisis de calidad del agua subterránea, como la medición de niveles piezométricos en la zona circundante al predio Gibraltar, con una frecuencia de monitoreo derivada de las condiciones climáticas, en un periodo hidrológico. Esto teniendo en cuenta tanto lo definido por la SDA como de la información secundaria disponible, la normatividad vigente (Decreto 1076 de 2015) y claramente la información primaria que se recopile, en pro de conocer las condiciones del medio hídrico subterráneo y verificando la existencia de posibles o no conexiones hidráulicas con el acuífero somero comprometido por el depósito de residuos antrópicos y los acuíferos subyacentes a este.

Realizando seguimiento de las condiciones hidrogeológicas dada las labores a ejecutar en la fase de construcción verificando los escenarios de las posibles conexiones hidráulicas entre acuífero somero y profundo.

3 ALCANCE

El programa de Monitoreo Hidrogeológico aplica para el proyecto IDRD-08-110 de 2023, cuyo objeto es "CONTRATAR LAS OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL MARCO DE LA MANZANA DEL CUIDADO DEL PORVENIR (GIBRALTAR), EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY EN BOGOTÁ" tendrá como alcance el monitoreo del recurso hídrico subterráneo en la red adyacente al predio Gibraltar, de acuerdo a lo requerido por la SDA y teniendo en cuenta lo definido tanto en el apéndice ambiental, como en los lineamientos del plan de contingencia numeral 12 (pg. 14). Lo anterior basado en que el PMA mencionado en el apéndice ambiental (numeral 3.4) menciona "una caracterización inicial de la zona de influencia directa e indirecta". Además de mencionar en el plan de contingencia (numeral 3.5) del mismo documento, que dicho plan debe contener "red de monitoreo adyacente al área de estudio".

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el plan de monitoreo de agua subterráneas para las diferentes actividades constructivas a desarrollar para las fases del proyecto IDRD-08-110 de 2023, cuyo objeto es "CONTRATAR LAS OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL MARCO DE LA MANZANA DEL CUIDADO DEL PORVENIR (GIBRALTAR), EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY EN BOGOTÁ", con el fin de identificar si existen variaciones del sistema y verificar la existencia o no de posibles conexiones hidráulicas entre el acuífero somero

y el subyacente, y según sea el caso se tomen las medidas necesarias para mitigar el riesgo por contaminación y lixiviados en caso de que exista.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar revisión de información secundaria tanto del área directa e indirecta, relacionada con monitoreos previos, inventarios de puntos existentes, condiciones actuales de los pozos o piezómetros, diseños de estos, parámetros hidráulicos medidos en la zona de estudio y aferente.

Realizar el reconocimiento visual e inventario de la totalidad de pozos existentes (Pozos SIAM 2017), que corresponden a siete pozos de la red adyacente.

Realizar la inspección y pruebas de integridad de los pozos de monitoreo antes mencionados, con el fin de conocer la integridad de estos. Presentar levantamiento topográfico actualizado de la red pozos de monitoreo finalmente establecida.

Establecer la red de monitoreo por niveles piezométricos o de medición de niveles del agua subterránea dada las condiciones climatológicas y realizar mediciones manuales en la red de monitoreo que se establezca para tal fin.

Establecer la red de monitoreo por calidad del agua tomando una muestra de agua subterránea de cada uno de los pozos de monitoreo instalados en la zona de estudio incluyendo los parámetro In situ y los demás mencionados en el Anexo de los lineamientos del plan de contingencia numeral 12.

Verificar que el laboratorio a ejecutar dichas pruebas cumplas con los estándares de calidad definidos por el IDEAM, con las debidas cadenas de custodia protocolos, QA/QC.

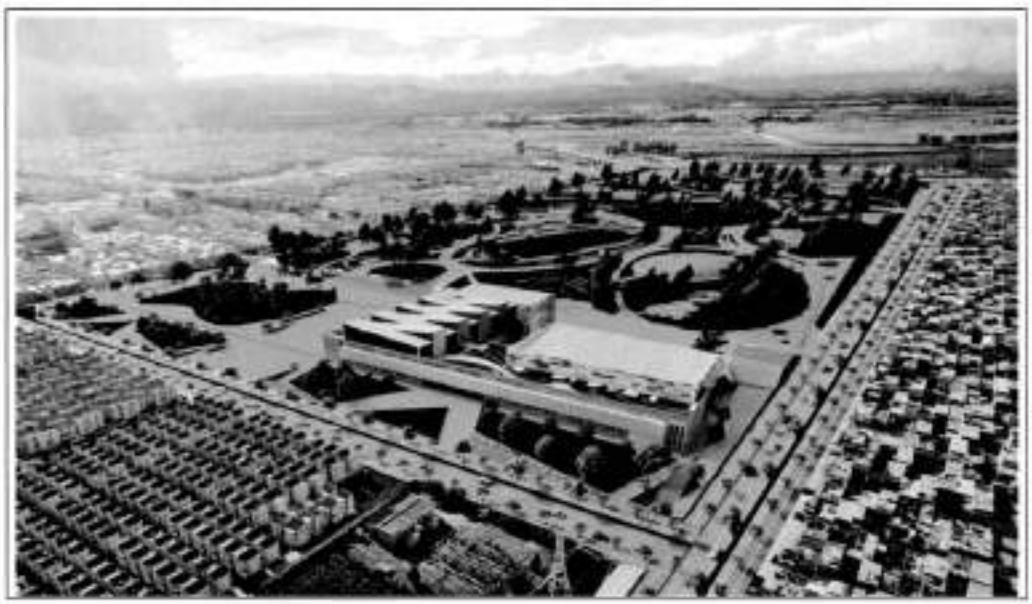
Revisar información de entidades oficiales si existen concesiones de agua subterránea en el área de influencia del sitio de investigación. Y clasificación del agua subterránea en el área de estudio de acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos en el numeral 2.2.2 del MTEAR.

5 LOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy, en la UPZ 83 (Las Margaritas) en el barrio Osorio XII, en la dirección Calle 49 Sur N° 98B-76, en el parque de categoría Estructurante El Porvenir (Gibraltar). El polígono en gris corresponde al área proyectada para el Centro de Alto Rendimiento.

Ilustración 1. *Localización del proyecto*





6 PLAN DE CONTINGENCIA – PLAN DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

6.1 Condición actual del modelo Hidrogeológico Conceptual del área de estudio según la Línea Base

Los análisis aquí presentados corresponden a la síntesis más relevante que hasta la fecha se ha ejecutado en la zona de estudio en el Predio Gibraltar. Correspondiente a la Línea Base generada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, desarrollado por SIAM S.A.S. y radicado antes la autoridad ambiental (CONTRATO No. 2-01-24200-1543-2021), Secretaria Distrital de Ambiente SDA. Es importante resaltar que aquí se relacionan de manera general los resultados que se consideran de mayor interés para ejecutar el actual monitoreo de niveles piezométricos y de calidad del agua subterránea, objeto del presente estudio.

Inventario de puntos de agua subterránea Línea Base

Inicialmente el documento Línea Base menciona que el área de estudio en el año 2017 se instalaron 8 piezómetros para monitorear el nivel freático, de los cuales 3 estaban dentro del predio Gibraltar, los cuales se denominaron piezómetros (PM1, PM13 Y PM14) y fueron implementados exclusivamente para monitoreo de agua subterránea, ver Tabla 1. Los restantes cinco piezómetros estaban por fuera del predio y se denominaron PM1S, PM3S, PM5S, PM6S, Y PM7S.

Posteriormente en el año 2018 se perforan 15 puntos, de los cuales 12 son piezómetros y 3 pozos para el monitoreo de gas.

Tabla 1 *Historico de puntos de agua subterránea asociados al Predio Gibraltar*

Año de reporte	N° de Pozos/Piezómetro	Tipo	Ubicación	Observación
2017	8	Piezómetro	Dentro y fuera del predio Gibraltar	Se instalaron para monitorear nivel freático
2018	12	Piezómetro	Dentro del predio Gibraltar	Se instalaron para monitorear nivel freático y lixiviados. Además de 3 pozos para monitoreo de gas.

Fuente: Línea base ambiental, numeral 2.1.6 Inventario puntos de agua

A continuación se presenta los valores de nivel freático y lixiviados reportados como línea base en el año 2018, ver Tabla 2.

Tabla 2. *Historico de niveles freáticos medidos en el predio Gibraltar*

POZO	N(m)	E(m)	Nivel(m)	PROF (m)	Características	Año
PM1	1004630.19	988657.48	7.00	12	Los filtros inician a partir de los 7.5 m.	2017
PM13	1005033.54	988496.17	10.63	13	PM1, PM13, PM14 Agua subterránea	
PM14	1005373.90	988322.18	9.77	12		
PM1S	1005598.36	988321.26	5.00	7.5	La zona no saturada tiene una profundidad que varía entre un mínimo de 3.24 m a un máximo de 10.63 m.	
PM3S	1005330.48	989217.06	3.96	7.5		
PM5S	1004447.64	988200.74	3.24	7.5		
PM6S	1004677.51	987862.11	5.28	7.5		
PM7S	1005187.52	987930.85	5.69	7.5		
POZO	**N(m)**	**E(m)**	**Nivel lixiviado(m)**			
PM2	1004725.00	988891.80	1.58	4.4		2018
PM3	1004892.40	988720.90	2.48	13.5		
PM4	1004813.40	988463.20	2.58	9		
PM5	1004992.50	988620.50	2.50	10.7		
PM6	1005160.77	988680.17	5.84	12		
PM7	1005029.80	988401.30	3.58	13.5		
PM8	1005217.50	988503.10	3.59	10.6		

POZO	N(m)	E(m)	Nivel(m)	PROF (m)	Características	Año
PM9	1005330.50	988551.00	10.33	12		
PM10	1005434.90	988417.00	2.57	9.0		
PM11	1005493.50	988504.70	4.83	9.0		
PM12	1005281.90	988306.97	2.50	11.8		
PM15	1004966.30	988699.90	3.57			

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

Es importante mencionar que en el proceso actual para el monitoreo de la red adyacente se realizó una visita de reconocimiento e inspección (12 de marzo del 2024), a los pozos externos al predio Gibraltar, identificando que el pozo/piezómetro denominado como PM5S definidos así en el 2017 y posteriormente PM5, a la fecha se encuentra en condiciones no aptas para su monitoreo, dado que se identificó intervenido, con la protección de cabezal y tapa removidas, obstruido con material granular. Se realiza esta salvedad, dado que en el año 2022 se reportó monitoreo de este punto, pero a la fecha actual no se evidencia condiciones operacionales, por el contrario si se reportan los hallazgos mencionados anteriormente.

El documento reporta además los siguientes valores estadísticos, derivados de las mediciones de los niveles piezométricos, de los puntos definidos para monitoreo de aguas subterráneas.

Tabla 3. *Niveles promedio y variación máxima nivel de agua*

Nivel	Pozos		
	PM1	PM13	PM14
Nivel promedio	7	10,63	9,77
Nivel máximo	7,23	11,41	11
Nivel mínimo	6,22	5,82	4,99
Variación máxima nivel	1,01	5,59	6,01

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019).

Para los demás pozos de monitoreo definidos como lixiviados se reportan los siguientes niveles:

Tabla 4. *Niveles promedio y variación máxima nivel de lixiviado (pozos instalados)*

Nivel	Pozo											
	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12	PM15
Promedio	1,58	2,48	2,58	2,5	5,84	3,58	3,59	10,33	2,57	4,83	2,5	3,57
Nivel máximo	1,64	2,47	2,63	2,58	6,6	3,63	3,65	11,5	2,66	4,86	2,56	3,73
Nivel mínimo	1,48	2,24	2,42	2,41	5,7	3,35	3,4	10,23	2,21	4,78	2,46	3,46
Variación niveles	0,16	0,5	0,21	0,17	0,9	0,28	0,25	1,27	0,45	0,08	0,1	0,27

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019).

Por otra lado en el año 2019 la EAAB reportó la ejecución de actividades de perforación y levantamiento en campo, dentro de los trabajos realizados se reportó la construcción de tres (3) pozos de monitoreo de lixiviado reconocidas como PZM, a los cuales se les realizo 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 5. *Registro el seguimiento de niveles estáticos a los pozos de monitoreo de lixiviados*

POZO MONITOREO	FECHA							
	15/03/2019	16/03/2019	18/03/2019	21/03/2019	22/03/2019	27/03/2019	28/03/2019	PROM
PZM6	1,38	1,36	1,36	1,37	1,4	1,4	1,36	1,38
PZM8	4,79	5,24	5,47	5,01	5,72	5,79	5,8	5,4
PZM10	4,82	4,78	5,21	4,65	4,46	3,88	4,62	4,63

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER184547 del 13/06/2019).

A continuación se relaciona la ubicación espacial de los siete pozos/piezómetros de la red adyacente, siendo estos los sitios definidos por la SDA como los puntos hidrogeológicos a evaluar ver **Ilustración 2**.

Ilustración 2. *Localización de la red de monitoreo adyacente*



Fuente: Modificado Linea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA

Al igual que se mencionó en la Tabla 2, a la fecha 2024, no se evidencia condiciones operacionales para el pozo PM5, debido a que esta intervenido y vandalizado.

Calidad del agua

El estudio muestra resultados enfocándose en plomo y cadmio en contraste con la norma de referencia (Massachusetts de USA), cuyas concentraciones se encuentran por encima de los valores establecidos por dicha norma.

Tabla 6. *Resultados de parámetros evaluados en agua subterránea en el año 2017*

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	10000	ND	6.62	6.62	ND	ND	0.51	0.51	ND
Acetone	ug/L	50000	ND	ND	ND	ND	11	ND	ND	18
Carbon disulfide	ug/L	10000	0.75	ND	ND	ND	ND	ND	0.58	0.66
Styrene	ug/L	100	ND	ND	1.8	ND	ND	ND	ND	ND
Method: 8270D - Semivolatile Organic Compounds (GC/MS)										
2-Methylnaphthalene	ug/L	1000	0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.2
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	ug/L	100	0.48	0.27	ND	ND	ND	0.22	ND	ND
2-Chloronaphthalene	ug/L	160000	0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Nitroaniline		160000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	64
4-Nitrophenol	ug/L	10000	ND	ND	ND	ND	ND	7.9	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	5.6	58	22	18	35	ND
Caprolactam			ND	ND	ND	ND	9.1	ND	ND	ND
Naphthalene	ug/L	700	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	250

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
Nitrobenzene	ug/L	50000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	95
Method: 6010C - Metals (ICP)										
Arsenic	ug/L	900	18	ND	8.1	8.2	5.7	ND	ND	ND
Cadmium	ug/L	4	0.9 M	1.6	5.4	1.6	3.2	1.3	2.1	ND
Chromium	ug/L	500	16	6.6	8.5	27	25	16	65	4.6
Lead	ug/L	10	42 M	7.2	14 M	17 M	10 M	ND	17 M	3
Method: 7470A - Mercury (CVAA)										
Mercury	ug/L	20	ND	ND	ND	0.18	0.69	ND	ND	ND
Method: 8015B - Gasoline Range Organics - (GC)										
Diesel Range Organics (C10-C28)	ug/L	5000	280	210	210	1800	1500	910	510	2100

M Supera el límite de referencia de la norma Massachusetts

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017).

Muestreos de lixiviados y aguas subterráneas

La Línea Base relaciona el tipo de parámetros evaluados en tres condiciones, agua subterránea, lixiviado y mezcla, esto como procedimiento inicial en el año 2018, como se muestra a continuación, ver Tabla 7.

Tabla 7. *Monitoreo de agua subterránea y lixiviados*

PARAMETRO	FECHA	POZO MUESTREADO
Cadmio, cobre, calcio, cromo, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plata, plomo, zinc, sodio, potasio	18/10/2018	PM1 (agua)
	18/10/2018	PM2 (lixiviado)
	18/10/2018	PM3 (lixiviado)
Cromo hexavalente	18/10/2018	PM4 (lixiviado)
Carbono orgánico total	19/10/2018	PM5 (lixiviado)
Cloruros, nitritos, nitratos, sulfatos	19/10/2018	PM6 (lixiviado)
pH, conductividad	19/10/2018	PM7 (lixiviado)
DBO, DQO, Dureza, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal	19/10/2018	PM8(lixiviado)
Hidrocarburos totales	19/10/2018	PM9(lixiviado)
PCBs	22/10/2018	PM10(lixiviado)
Coliformes totales y fecales	22/10/2018	PM11(lixiviado)
	23/10/2018	PM12(lixiviado)
Alcalinidad, Aluminio, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cloruros, Cobalto, Cobre, Cromo, DBO5, DQO Total, Dureza Cálcica, Dureza Total, Fenoles Colorimétrico, Fósforo Soluble, Fósforo Total, Litio, Manganeso, 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	PZM 6
Aluminio. Bario, Berilio, Boro Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Litio, Magnesio, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Vanadio Zinc.	22/03/2019	PZM 10

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019).

Además incluye una relación del tipo de parámetros analizados en el área sur del predio en los pozos PZM6 y PZM10 para lixiviados, ver Tabla 7.

La evaluación para aguas subterráneas se ejecuta específicamente para el pozo PM-1 monitoreado el 18/10/2018 y cuyos resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. *Caracterización de Agua subterránea PM1*

Análisis	Unidad	PM1
Cadmio	mg Cd 1 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 021L	92
DQO Total	mg 02 /L.	1661
Dureza Total	mg CaCO3/1	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-NIL	<0,010
Nitrógeno Amoniacal	mg NI13-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

Análisis	Unidad	PM1
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 Neil_	1147,73
Sulfatos	mg S0	127
Zinc	mg Zn /L	1,13
Hidrocarburos Totales	mg/L	2,7
Coliformes Termo tolerantes (Fecales)	NMP/100 ml	1220
Nitrógeno Kjeldahl Total	mh 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

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB (SDA 2022019ER104814 del 14/05/2019).

Los análisis de estos valores en condiciones geoestadísticas según la SDA corresponden a las siguientes conclusiones: "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". Mediante mapas de iso-concentraciones determinan: "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".

En general determinan que: "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"

Para los pozos de muestras con lixiviados los parámetros que se evaluaron son los mismos que para aguas subterráneas siguiendo el mismo procedimiento con interpretaciones geoestadísticas, en el anexo de línea Base se muestra las concentraciones obtenidas. En general de acuerdo con los resultados encontrados la SDA menciona: "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..." Además mencionan: "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".

Resultados de características hidráulicas

De acuerdo con el estudio se ejecutaron pruebas Slug, concluyendo que conductividad hidráulica de las arcillas y los residuos sólidos varía entre 1.79E-01 a 7.09E-02 m/día. Exceptuando el piezómetro PM-1 con un valor de 1.21E-01 m/día ejecutado en arenas, ver Tabla 9.

Tabla 9. *Resultados de conductividad hidráulica calculada*

PZ	Cond. Hidráulica (m/día)	Unidad Hidrogeológica	Método de Interpretación	Tipo de suelo
PM-1	1.21E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arenas
PM-2	7.09E-02	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-3	3.06E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-4	1.79E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-5	1.97E-02	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-6	8.81E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos

PZ	Cond. Hidráulica (m/dia)	Unidad Hidrogeológica	Método de Interpretación	Tipo de suelo
PM-7	7.26E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-8	6.08E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos

Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017).

No obstante en el documento Línea Base se mencionan algunas características de las pruebas Slug ejecutadas en el 2018 (de doce pruebas de pulso), para la determinación del valor de la conductividad hidráulica, en los pozos instalados dentro del predio, las cuales muestran las propiedades hidráulicas de la unidad donde se encuentra el lixiviado, así como ocho pruebas ejecutadas en los pozos ubicados fuera del sitio, del año 2017, donde se evalúan las características del acuífero somero, incluye además los resultados a los piezómetros instalados en el año 2019 denominado como PZM10. En la Tabla 10 presentan los valores del nivel de recuperación del nivel freático para cada una de las pruebas.

Tabla 10. *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 (%)	Profundidad del pozo (m)
PM-1	7.228	7.265	0.037	99.745	12,0
PM-2	1.716	1.718	0.002	99.942	4,4
PM-3	2.442	2.446	0.004	99.918	13,5
PM-4	2.776	2.779	0.003	99.946	9,0
PM-5	2.564	2.573	0.009	99.825	10,7
PM-6	6.062	6.068	0.006	99.951	12,0
PM-7	3.741	3.742	0.001	99.987	13,5
PM-8	3.734	3.736	0.002	99.973	10,6
PM-9	10.453	10.540	0.087	99.586	12,0
PM-10	2.735	2.740	0.005	99.909	9,0

Pozo	Prof. Nivel estático (m)	Prof. Nivel dinámico final (m)	Diferencia nivel (m)	Recuperación (%)	Profundidad del pozo (m)
PM-11	5.000	5.010	0.010	99.900	9,0
PM-12	2.400	2.410	0.010	99.792	11,8
PZM 10	4.550	4.900	0.350	96.296	6,5
PM-1*	5.490	5.550	0.060	99.457	7,5
PM-2*	2.95	3.02	0.07	98.827	6,0
PM-3*	3.98	4.09	0.11	98.637	7,5
PM-4*	3.97	4.02	0.05	99.374	7,5
PM-5*	3.28	3.4	0.12	98.204	7,5
PM-6*	5.3	5.42	0.12	98.881	7,5
PM-7*	5,69	5,87	0,18	98,443	7,5
PM-8*	2,15	2,74	0,59	87,935	7,5

Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM (Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y No.2019ER180582de 09/08/2019) **Pozos por fuera del predio 2017.*

Con la información anteriormente relacionada y una vez evaluado los datos mediante el método de Hvorslev la SDA presenta los valores de la conductividad hidráulica (K) en relación con el tipo de material identificado en el predio Gibraltar.

Tabla 11. *Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan.*

Pozo	K (m/d)	Tipo de material correlacionable
PM1	3.84E-02	Limo- arcilla
PM7*	1.40E+00	Arenas media finas

Pozo	K (m/d)	Tipo de material correlacionable
PM8*	7.04E-01	Arenas media finas
PM5	2.51E-02	Limo -arcilla
PM9	4.95E-02	Limo - arcilla

Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, SDA, (2020 modificado de Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y 2019ER180582 de 09/06/2019).

Geofísica

De acuerdo con el documento: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, dentro del Predio Gibraltar se ejecutó una tomografía eléctrica con una dirección N 05° E, con coordenada inicial X:988747 m.E. Y:1005161 m.N.

Cuya longitud del arreglo es de 336 m y una profundidad de investigación de 35 m. A continuación se muestra la interpretación que se realizó para el mencionado estudio una vez ejecutado el ensayo geoeléctrico, ver Tabla 12.

Tabla 12. *Interpretación de los valores resistivos encontrados mediante tomografía*

Material	Espesor (m)	Resistividad (Ω*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: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019).

Resultados Modelo Hidrogeológico Conceptual

El modelo hidrogeológico conceptual concluye con la definición de mapas con direcciones de flujo y bloque diagrama representativo, donde se puede observar las líneas equipotenciales y las direcciones de flujo del agua subterránea del área de estudio, ver Ilustración 3.

Ilustración 3. *Equipotenciales y direcciones de flujo del agua subterránea*

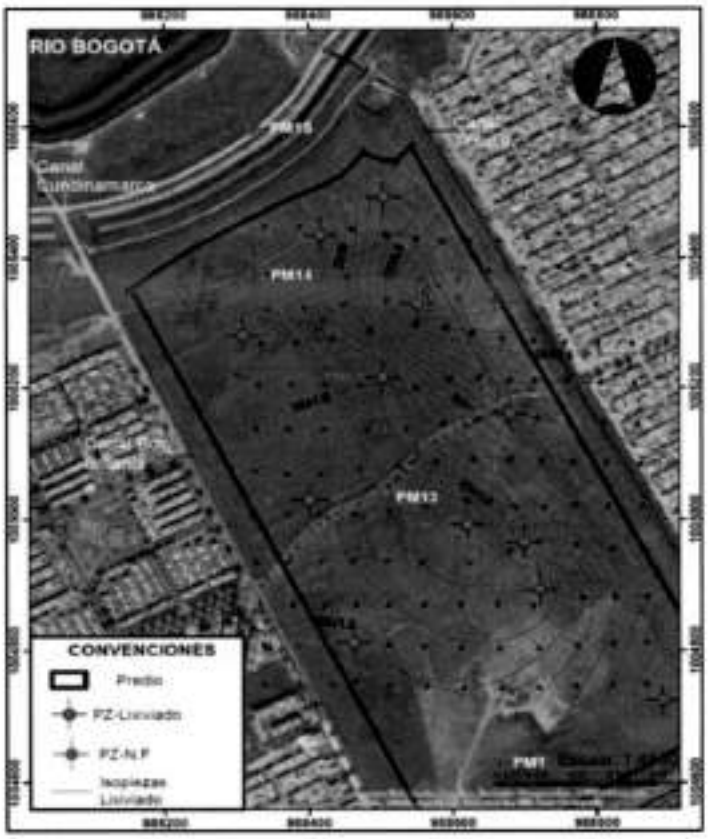


Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, SDA, 2021.

Mencionan además: "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", como se aprecia en la Ilustración 3.

Teniendo en cuenta que el Predio Gibraltar correspondió a un depósito de residuos sólidos la SDA presenta un mapa de isopiezas de los lixiviados esto argumentado que en las primeras capas las direcciones de flujo y almacenando lixiviados, se dispersan en el nivel freático, ver Ilustración 4.

Ilustración 4. *Equipotenciales y direcciones de flujo del lixiviados.*



Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, SDA, 2021.

El documento de la Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir menciona: "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".

6.2 Condición del monitoreo de agua subterránea según la EAAB

El documento Informe de Aguas Contrato No. 2-01-24200-1543-2021 de obra firmado entre SIAM S.A.S. y la EAAB ESP cuyo objeto establecía la "DESGASIFICACIÓN DEL PREDIO GIBRALTAR." presento además el Monitoreo de Aguas Subterráneas del entorno con la la toma de muestras de calidad del agua subterránea en los siete (7) Pozos de Monitoreo ubicados alrededor del predio Gibraltar. Los resultados más relevantes y de interés se presentan como base para el planteamiento, ejecución y análisis de los monitoreos proyectados para la construcción del Centro de Alto Rendimiento.

Relación de frecuencia del monitoreo

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas del agua subterránea en las zonas adyacentes al Predio Gibraltar y su variación en el tiempo, SIAM SAS estableció la siguiente frecuencia de monitoreo.

Tabla 13. *Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan.*

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA			
Lugar: Zonas Adyacentes – Predio Gibraltar			
Pozo de Monitoreo	Nombre - Muestra	Primera campaña	Segunda campaña
PM 01	PM 01 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 02	PM 02 /17 B	14/06/2022	21/11/2022
PM 03	PM 03 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 04	PM 04 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 05	PM 05 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 06	PM 06 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 07	PM 07 /17	14/06/2022	22/11/2022
Total muestras		7	7
TOTAL			14

Fuente: *SIAM SAS, 2022*

Parámetros evaluados

Los parámetros que evaluó SIAM respecto a lo que menciona, estipulo el SDA (2021) fueron los siguientes:

- ✓ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos - PAH
- ✓ Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO)
- ✓ Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV
- ✓ Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo).
- ✓ Además de parámetros In situ- pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, turbiedad.

Resultados por campaña

A continuación se relacionan los resultados obtenidos por SIAM en las dos campañas de monitoreo, esto con el objetivo de comprender las condiciones imperantes en la zona de estudio, previo a las actividades constructivas por ejecutar para el Centro de Alto Rendimiento.

- Primera Campaña

De acuerdo con lo que menciona EAAB & SIAM, 2023 esta campaña fue ejecutada en los días 13 y 14 de junio de 2022. La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 7,5 m y 8 m con un nivel freático variable entre 2,54 m y 5,09 m. El estudio menciona:" El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura, con presencia de sales".

Tabla 14. *Parámetros medidos In Situ – Primer Monitoreo de Aguas subterráneas. * Conductividad en µs/cm*

Parámetro In Situ	Unidad	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
Profundidad Total Pozo	m	8	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Nivel Freático	m	4,65	3,85	3,71	3,74	2,54	3,24	5,09
pH	UN	4,8	6,3	5,71	6,41	4,86	5,99	5,44
Temperatura	C	18,3	18,5	21,5	21,1	19,5	18,8	18,1
Oxígeno Disuelto	mg/L	2,09	2,01	2,62	1,64	0,36	2,04	2,46
Conductividad	ms/cm	8,33	1000*	828*	888*	3,45	2,39	2,75
Turbiedad	NTU	8,7	230	300	270	13	400	100

Fuente: *SIAM SAS, 2022*

Tabla 15. *Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Primer Monitoreo*

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	Benceno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	Tolueno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p, m-Xileno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromo diclorometano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV's Totales	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013
EPA 3510 C	Acenaftileno	<0.00093	<0.00093	<0.00093	<0.00093	<0.00093	<0.00093	<0.00093
EPA 3510 C	Antraceno	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	<0.00087	<0.00087	<0.00087	<0.00087	<0.00087	<0.00087	<0.00087
EPA 3510 C	Benzo(b)fluóratenos	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090
EPA 3510 C	Benzo (g, h, i) perileno	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096
EPA 3510 C	Criseno	<0.00091	<0.00091	<0.00091	<0.00091	<0.00091	<0.00091	<0.00091
EPA 3510 C	Dibenzo (a, h) antraceno	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096	<0.00096
EPA 3510 C	Fenantreno	<0.00099	<0.00099	<0.00099	<0.00099	<0.00099	<0.00099	<0.00099
EPA 3510 C	Fluoranteno	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090	<0.00090
EPA 3510 C	Fluoreno	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098	<0.00098

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 3510 C	Indeno (1,2,3-cd) pireno	<0.0003 07	<0.0003 07	<0.0003 07	<0.0003 07	<0.0003 07	<0.0003 07	<0.0003 07
EPA 3510 C	Naftaleno	<0.0002 97	<0.0002 97	<0.0002 97	<0.0002 97	<0.0002 97	<0.0002 97	<0.0002 97
EPA 3510 C	Pireno	<0.0003 0	<0.0003 0	<0.0003 0	<0.0003 0	<0.0003 0	<0.0003 0	<0.0003 0
EPA 3510 C	HAP's Totales	<0.0003 00	<0.0003 00	<0.0003 00	<0.0003 00	<0.0003 00	<0.0003 00	<0.0003 00
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
EPA 200.8	Arsénico Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cadmio Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: *SIAM SAS, 2022 Unidades en mg/L*

- Segunda Campaña

De acuerdo con lo que menciona EAAB & SIAM, 2023 esta campaña fue ejecutada en los días 21 y 22 de noviembre de 2022. Dentro de los resultados definen: "La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 6,2 m y 8,2 m con un nivel freático variable entre 2,88 m y 5,3 m, ligeramente inferior con respecto al monitoreo anterior. Según las medidas de pH estas aguas son ligeramente ácidas con un pH más cercano a 7 en comparación al primer monitoreo. El contenido de oxigeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura con presencia de sales".

Tabla 16. *Parámetros medidos In Situ – Segundo Monitoreo de Aguas subterráneas. * Conductividad en µs/cm*

Parámetro In Situ	Unidad	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
Profundidad Total Pozo	m	8,2	6,2	7,5	7,5	7	6,17	7,5
Nivel Freático	m	4,77	3,97	3,71	3,73	2,88	3,67	5,3
pH	UN	5,17	6,27	6,1	6,65	5	6,26	6,55
Temperatura	C	19,4	18,9	19,8	19,3	20,3	19,6	18,9
Oxígeno Disuelto	mg/L	1,81	1,79	1,84	1,45	1,81	1,7	2,05
Conductividad	µs/cm	8520	8324	1058	971	3314	2966	1298
Turbiedad	NTU	4,1	500	600	320	9,6	330	600

Fuente: *SIAM SAS, 2022*

Tabla 17. *Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Segundo Monitoreo*

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	Benceno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Tolueno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p.m.-Xileno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromodiclorometano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV's Totales	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 8041 A	2,4,5-Triclorofenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4,6-Triclorofenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2,4-Diclorofenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 8041 A	2,4-Dimetilfenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Clorofenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Metilfenol (o-cresol)	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	2-Nitrofenol	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
EPA 8041 A	4,6-Dinitro-2-Metilfenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	4-Metilfenol (p-cresol)	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	4-Nitrofenol	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
EPA 8041 A	Clorofenoles	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenoles Mono hidricos	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Nitro fenoles	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Pentaclorofenol	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 8041 A	Fenoles Totales	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200	<0.000200
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313
EPA 3510 C	Acenaftileno	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 3510 C	Antraceno	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluoranteno	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo (g, h, i) perileno	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo (a, h) antraseno	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Fenantreno	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Indeno(1,2,3-cd) pireno	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	Fluoreno	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	HAP's Totales	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 200.8	Arsénico Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0,01	0,006
EPA 200.8	Cadmio Total	0,023	0,011	<0.0030	<0.0030	0,009	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	0,007	0,003	<0.0030	0,004	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: *SIAM SAS, 2022 Unidades en mg/L*

De acuerdo con los análisis para dicho monitoreo la EAAB Y SIAM, 2023 concluyen:

Una vez realizado el contraste con la guía MAVDT (2007) y norma Massachussets, se identificó: "valores de concentración de Cadmio Total que excedían los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total y Cromo Total".

El análisis ambiental para parámetros que arrojaron resultados por encima del límite de detección del equipo con respecto a la guía y norma de referencia, determinaron: Las concentraciones de Arsénico total se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,01mg/L. El cadmio total excedió el límite de referencia establecido en la norma Massachusetts al igual que el de las muestras PM02/17 y PM05/17 del segundo monitoreo de aguas subterráneas. De acuerdo con el monitoreo esto se da por: "Los residuos propiamente dichos ubicados dentro del predio Gibraltar, los cuales generaron un nivel de lixiviados; y de otro lado, el río Bogotá que sirve de límite al NNW del predio Gibraltar, que recibe una cantidad importante de residuos peligrosos tanto legales como ilegales desde su nacimiento, los cuales son transportados a lo largo de su cauce y a través de su lecho (SIAM SAS, 2017)". Finalmente las concentraciones de Cromo se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,007 mg/L, donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar en la muestra de agua PM01/17 del monitoreo de noviembre de 2022, sin exceder los valores máximos permisibles establecidos en la norma.

En conclusión a partir de la comparación realizada con la guía del MAVDT (2007) y norma Massachussets, se logró identificar valores de concentración de Cadmio Total que excedían los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total (09mg/L - Massachusetts) y Cromo Total (09mg/L Massachusetts).

Por todo lo anterior SIAM SAS, determina que: "la concentración de contaminantes del acuífero somero asociado al río Bogotá (que es el mismo que se encuentra bajo el predio Gibraltar), lejos del predio Gibraltar presentaba condiciones de calidad fisicoquímica muy similares a las reportadas frente al predio Gibraltar sobre la vega del río Bogotá, evidenciando la conexión entre el río y el acuífero somero con condiciones fisicoquímicas pobres para el agua subterránea".

Concluyendo además que se detecta presencia de contaminantes y sólidos disueltos en el acuífero somero dentro del predio Gibraltar, los cuales a pesar de que las velocidades de flujo calculadas fueron muy pequeñas (del orden de cm/día) en el tiempo pudieron migrar hacia el río Bogotá o seguir la dirección de flujo regional hacia el SW del área.

6.3 Plan de monitoreo de agua subterránea – Centro de Alto Rendimiento

Propuesta para monitoreo de parámetros de calidad del agua

Teniendo en cuenta la línea base relacionada en los capítulos anteriores y el monitoreo previo llevado a cabo por la EAAB &SIAM en el año 2022, a continuación se presenta un planteamiento de monitoreo para llevar a cabo durante las fases de construcción del Centro de Alto Rendimiento, esto en desarrollo del plan de contingencia que se evalúa para dicho proyecto.

Frecuencia

El monitoreo se llevará a cabo teniendo en cuenta los requerimientos de la SDA quien define: "Se deberá realizar la red de monitoreo del recurso hídrico tanto superficial como subterránea con una frecuencia de monitoreo adecuada para identificar las variaciones del sistema debido a las condiciones climáticas, durante todas las etapas de construcción del parque".

Razón por la cual dicha evaluación se realizará en un periodo definido como año hidrológico, esto teniendo en cuenta las características hidro climatológicas en la zona de estudio del Predio Gibraltar las cuales están definidas por un carácter bimodal, donde según el documento de la Línea Base Ambiental, se tiene: para los meses de abril y octubre precipitaciones máximas de 113,6 mm y 110,2 mm y las de mayor estiaje las registradas en enero y julio con valores de 30,5 mm y 44.5 mm. Dado esto, se define una frecuencia trimestral en un año hidrológico, como se indica en la Tabla 18.

De esta manera se desarrollarían cuatro mediciones, las cuales están determinadas teniendo en cuenta tanto las condiciones hidro climatológicas como la ejecución de las actividades de obra (cimentación y excavación) de esta manera se tendría el siguiente cronograma:

La primera antes del inicio de la obras en un periodo que según la evaluación hidro climatológica mencionada en el capítulo 2.2 y 2.3 de la línea base corresponde a máximas precipitaciones por lo cual se evalúa en abril/2024. La segunda en condiciones mínimas o de mayor estiaje en el mes de febrero/2025 (esto definido por la finalización de la cimentación de la obra, proyectada para el 11 de enero del 2025; por lo que el monitoreo estaría ejecutándose de acuerdo a los procedimiento de limpieza, desarrollo el 27 de Enero del año en mención y/o primera semana de febrero).

El tercer y posterior muestreo y de acuerdo con el ciclo bimodal, correspondería a agosto del 2025 correlacionado con temporada seca y en concordancia con la fase constructiva.

Finalmente la cuarta medición al terminar el proyecto, proyectando así la medición en abril del 2026.

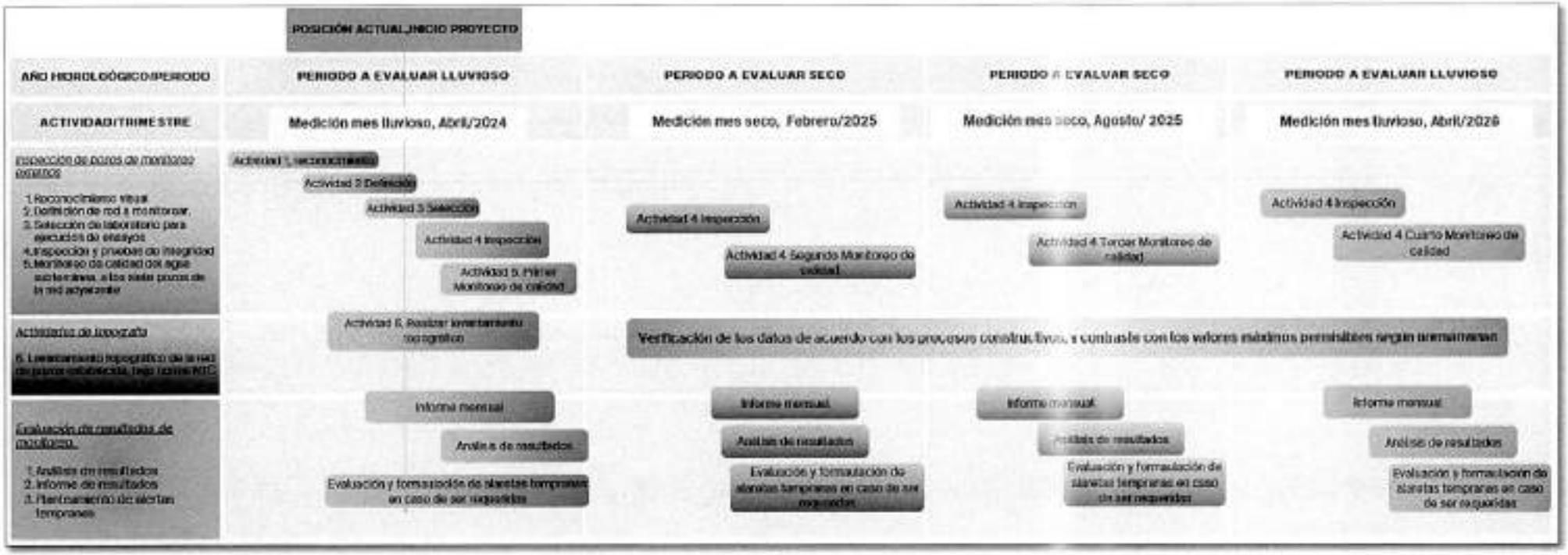
Parámetros por evaluar

Siguiendo la disposición de la SDA, se evaluarán parámetros In- situ, dentro de los que se incluye pH, conductividad especifica, Solidos Disueltos Totales temperatura, oxígeno disuelto (OD), potencial de óxido reducción (POD), Oxígeno disuelto y turbiedad.

Además de parámetros fisicoquímicos como: plomo, mercurio total, cadmio, cromo total, cromo hexavalente, cobalto aluminio, níquel y cobre) e hidrocarburos totales del petróleo (fracciones GRO, DRO y ORO/ERO).

No obstante dada los resultados de los parámetros que se han monitoreados tanto en la línea base del año 2018 como en el monitoreo de la EAAB del 2022, y con el fin de tener un contraste de datos previos con los actuales, para el presente monitoreo se sugiere el monitoreo de los parámetros que se relacionan en la Tabla 20 para parámetros In situ y la Tabla 21 parámetros generales.

Tabla 18. *Planteamiento monitoreo de calidad del agua subterránea - hidrogeológico, frecuencia y cronograma de seguimiento*



Fuente: Sara E Chaparro G, para Unión Temporal Metropolitano Porvenir, 2024

Con el fin de especificar el cronograma del primer monitoreo a continuación se presenta aunado a la Tabla 18 la relación de las fechas estipuladas para llevar a cabo las actividades de inspección limpieza y desarrollo previas al monitoreo así como la fecha de ejecución de este, ver Tabla 19.

404

Tabla 19.*Cronograma detallado del primer monitoreo periodo lluvioso abril, 2024*

Mes	Actividad general	Marzo		Mes Abril/2024										
		Semana 4		Semana 2			Semana 3							Semana 4
ITEM		26	27	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23
1	*Realizar las tareas de limpieza y desarrollo de los pozos de monitoreo, teniendo en cuenta la guia técnica ASTM D6452-99 y Primer Monitoreo de calidad del agua subterránea.*	*Inspección y reconocimiento a la red de monitoreo*		*Aplicación dispersor de arcillas para limpieza de filtros.*	*Desarrollo de los pozos de monitoreo (Purga)*							*72 Horas previas al monitoreo según la norma*			*Primer Monitoreo de calidad*

Tabla 20. *Parámetros In- situ por monitorear para el seguimiento del Centro de Alto Rendimiento*

N°	Parámetros In Situ	Unidad
1	Profundidad Total Pozo	m
2	Nivel Freático	m
3	pH	UN
4	Temperatura	C
5	Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L
6	Potencial de óxido reducción (POD)	
7	Conductividad especifica	ms/cm
8	Solidos Disueltos Totales	ppm
9	Turbiedad	NTU

A nivel general y según la dispuesto por la SDA se requiere como mínimo el análisis de los parámetros que se mencionan en la Tabla 21.

Tabla 21. *Parámetros por monitorear para el seguimiento del Centro de Alto Rendimiento*

N°	Parámetros	Tipo
1	Arsénico	Metales
2	Plomo	
3	Mercurio Total	
4	Cadmio	
5	Cromo total	
6	Cromo hexavalente	
7	Cobalto	
8	Aluminio	
9	Niquel	
10	Cobre	
11	Hidrocarburos totales del petróleo (Fracciones GRO, DRO y ORO)	

N°	Parámetros	Tipo
12	Hidrocarburos aromáticos policiclicos - PAH	
13	Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos).	
14	Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV	

Dado los análisis previos y teniendo en cuenta que se requiere realizar un contraste de las condiciones antecedentes a las que se presenten en desarrollo del proyecto se sugiere la evaluación de los siguientes parámetros, los cuales hacen referencia a los ya evaluados en el estudio Línea Base 2018 y en el monitoreo de la EAAB 2022, ver Tabla 22 y Tabla 23.

Tabla 22. *Parámetros por monitorear para el seguimiento del Centro de Alto Rendimiento, dado los parámetros evaluados por la EAAB en el año 2022*

Consecutivo	Parámetro	Consecutivo	Parámetro
1	Benceno	*24*	Acenafteno
2	Etilbenceno	*25*	Acenaftileno
3	Tolueno	*26*	Antraceno
4	o-Xileno	*27*	Benzo(a)antraceno
5	p, m-Xileno	*28*	Benzo(a)pireno
6	Totales BTEX	*29*	Benzo(b)fluoranteno
7	1,1,-Dicloroetano	*30*	Benzo (g, h, i) perileno
8	1,1,1-Tricloroetano	*31*	Benzo(k)fluoranteno
9	1,1-Dicloroeteno	*32*	Criseno
10	1,3-Dicloropropano	*33*	Dibenzo (a, h) antraseno
11	2,2-Dicloropropano	*34*	Fenantreno
12	Bromodiclorometano	*35*	Fluoranteno
13	Bromoformo	*36*	Fluoreno
14	Cis-1,3-Dicloropropeno	*37*	Indeno(1,2,3-cd) pireno
15	Cloroformo	*38*	Naftaleno
16	Disulfuro de Carbono	*39*	Pireno

Consecutivo	Parámetro	Consecutivo	Parámetro
17	Tetracloruro de Carbono	40	HAP's Totales
18	COV's Totales	41	Hidrocarburos DRO
19	Trans-1,2-Dicloroeteno	42	Hidrocarburos GRO
20	Trans-1,3 Dicloropropeno	43	Arsénico Total
21	Tricloroeteno	44	Cadmio Total
22	1-Metilnaftaleno	45	Cromo Total
23	2-Metilnaftaleno	46	Mercurio Total
		47	Plomo Total

Tabla 23. *Parámetros por monitorear para el seguimiento del Centro de Alto Rendimiento, dado los parámetros evaluados por la SDA en el año 2018 para el pozo de agua subterránea PM1.*

Consecutivo	Parámetro	Consecutivo	Parámetro
1	Cadmio	23	PCB No. 153
2	Calcio	24	PCB No. 195
3	Carbón Orgánico Total	25	PCB No 28
4	Cloruros	26	PCB No. 44
5	Cobre	27	PCB No. 52
6	Coliformes Totales	28	PCB No 8
7	Conductividad Eléctrica	29	Plata
8	Cromo	30	Plomo
9	Cromo hexavalente Cr+6	31	Potasio
10	DB05	32	Sodio
11	DQO Total	33	Sulfatos
12	Dureza Total	34	Zinc
13	Hierro	35	Hidrocarburos Totales
14	Magnesio	36	Coliformes Termo tolerantes (Fecales)
15	Manganeso	37	Nitrógeno Kjeldahl Total
16	Mercurio	38	PCB No. 105

Consecutivo	Parámetro	Consecutivo	Parámetro
17	Niquel	39	PCB No. 151
18	Nitratos	40	PCB No 18
19	Nitritos	41	PCB No. 194
20	Nitrógeno Amoniacal	42	PCB No. 70
21	PCB No 101	43	PCB No.180
22	PCB No. 138	44	pH

Teniendo en cuenta que en el presente numeral se mencionan diferentes tipos de parámetros a medir que van desde los implementados por la SDA como los que se plantean en la línea base ambiental a continuación se consolidan los parámetros definitivos planteados para el actual monitoreo teniendo en cuenta la medición (EAAB,2022) más reciente y lo solicitado por la SDA, ver Tabla 24.

Además se resalta y reitera que en la jornada de reconocimiento e inspección realizada a la red de monitoreo adyacente se identificó que uno de los siete pozos, denominado PM5 se encontró intervenido y vandalizado por lo que la red a la fecha estaría compuesta por seis (6) de los siete (7) pozos de monitoreo establecidos.

El monitoreo por tanto se realizará, (como se mencionó anteriormente) con los parámetros que se relacionan en la Tabla 24. El laboratorio que ejecutara el primero monitoreo es SGS Colombia SAS, quienes relacionan certificación del IDEAM y quienes mencionan estar acordes con los procedimientos establecidos en las técnicas de la USEPA.

Tabla 24. *Consolidado de parámetros seleccionados para el monitoreo 2024*

Tipo	Parámetro
In-situ	pH
	Temperatura
	Oxigeno Disuelto (OD)
	Potencial de óxido reducción (POD)
	Conductividad especifica

Tipo	Parámetro
	Solidos Disueltos Totales
	Turbiedad
Generales	Arsénico
	Plomo
	Mercurio Total
	Cadmio
	Cromo total
	Cromo hexavalente
	Cobalto
	Aluminio
	Níquel
	Cobre
	Hidrocarburos totales del petróleo (Fracciones GRO, DRO y ORO)
	Hidrocarburos aromáticos policíclicos - PAH
	Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos).
	Coliformes totales
Complemento	p, m-Xileno
	Totales BTEX
	1,1,-Dicloroetano
	1,1,1-Tricloroetano
	1,1-Dicloroeteno
	1,3-Dicloropropano
	2,2-Dicloropropano
	Bromodiclorometano
	Bromoformo
	Cis-1,3-Dicloropropeno
	Cloroformo

Tipo	Parámetro
	Disulfuro de Carbono
	Tetracloruro de Carbono
	COV's Totales
	Trans-1,2-Dicloroeteno
	Trans-1,3 Dicloropropeno
	Tricloroeteno
	1-Metilnaftaleno
	2-Metilnaftaleno
	Acenafteno
	Acenaftileno
	Antraceno
	Benzo(a)antraceno
	Benzo(a)pireno
	Benzo(b)fluoranteno
	Benzo (g, h, i) perileno
	Benzo(k)fluoranteno
	Criseno
	Dibenzo (a, h) antraseno
	Fenantreno
	Fluoranteno
	Fluoreno
	Indeno(1,2,3-cd) pireno
	Naftaleno
	Pireno

Es de mencionar que para el control de calidad del muestreo QA/QC se tendrá en cuenta las recomendaciones de muestreo definidas en la tabla 2-2 del Manual Técnico para la Ejecución de

Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos (MTEAR,2008), del MAVDT et al.

El cual menciona, tomar una muestra MS y MSD y un duplicado ciego, de las cuales las dos primeras muestras serán tomadas en el piezómetro PM-4 y el blanco ciego se implementaría en el piezómetro PM-1, no obstante para el blanco de viaje se evaluará por nevera de transporte de muestras un blanco de viaje que mida BTEX. Los parámetros para medir en el MS, MSD y duplicado ciego serán los nombrados como generales, todo esto teniendo en cuenta la Ilustración 5.

En la siguiente ilustración se resalta el tipo de muestra para tener en cuenta en el desarrollo de control y aseguramiento de la calidad de los procedimientos de muestreo.

Ilustración 5. *Recomendaciones de Muestreo para Control de Calidad (QA/QC)*

Tipo de Muestra QA/QC	Medio	Comentario
Propiedad de la Matriz/Duplicado de la Propiedad de la Matriz (MS/MSD)	Suelo y Agua Superficial/Subterránea	Mide la interferencia de las propiedades de la matriz de la muestra con los análisis a llevar a cabo. Se debe recolectar en un punto donde se estime poca contaminación para evitar interferencia analítica. Recolectar 1 muestra cada 20 muestras por medio muestreado.
Duplicado Ciego	Suelo y Agua Superficial/Subterránea	Prueba que mide confiabilidad de los resultados de laboratorio. Se debe recolectar en un punto donde se verifica la existencia de concentraciones detectables, duplicando una de las muestras enviadas al laboratorio. Recolectar 1 muestra cada 20 muestras por medio muestreado.
Blanco de Equipo	Suelo y Agua Superficial/Subterráneo	Prueba que mide si se está realizando adecuadamente la descontaminación del equipo y la existencia de contaminación cruzada. Se recolecta únicamente cuando se utiliza el mismo equipo para la toma de varias muestras. Recolectar 1 muestra por cada día de campo.
Blanco de Viaje	Suelo y Agua Superficial/Subterránea	Prueba que mide si hubo interferencia de volátiles dentro del empaque que pudieron afectar las muestras. Analizar únicamente cuando se recolectan muestras para análisis de volátiles. El laboratorio provee los blancos de viaje y solamente se debe analizar un blanco de viaje por nevera que transporta muestras para análisis de compuestos volátiles al laboratorio.

Fuente, IDEAM 2006, definido en el MTEAR, 2008

Normatividad por aplicar para el monitoreo

Con el fin de seguir una trazabilidad de lo hasta ahora evaluado, se realizará la actual evaluación tomando como referencia los valores registrados en la norma internacional *310 CMR 40 de Massachusetts Departament of Enviromental Protection (2015)* ya que esta proporciona los limites más completos en elementos contaminantes cancerígenos y no cancerigenos e hidrocarburos totales actualmente disponible, como se muestra en la siguiente ilustración.

Cabe mencionar que de dichos limites se evaluaran teniendo en cuenta los resultados que se obtengan de los parámetros planteados en la Ilustración 6, de acuerdo con el parámetro que corresponda es decir el parámetro medido.

Dentro de la norma se definen tres variables para el agua subterránea categorías denominadas GW1, GW2, y GW3 dependiendo del potencial de esta dentro de un sitio específico, como se muestra en Ilustración 6, donde se muestra los Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBRs) para las categorías GW1, GW2, GW3 del parámetro AGUA SUBTRERRÁNEA definidos por la norma de Massachusetts.

Ilustración 6. *Límites genéricos basados en Riesgos (LGBR s) para la categoría agua subterránea.*

310 CMR 40.0974(2): TABLE 1.17 MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Chlorinated Hazardous Material	GW-1 Standard mg/L	GW-2 Standard mg/L	GW-3 Standard mg/L
ACENAPHTHENE	0.02	0.01	10
ACENAPHTHYLENE	0.03	10	0.04
ACETONE	6.30	50	50
ALDRIN	0.0005	0.002	0.03
ALIPHATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)			
ANTHRACENE	0.06	0.05	0.03
ANTIMONY	0.006	8	8
AROMATIC HYDROCARBONS (See Petroleum Hydrocarbons)			
ARSENIC	0.01	0.9	0.9
BARIUM	2	50	50
BENZENE	0.005	1	10
BENZO(a)ANTHRACENE	0.001	1	1
BENZO(a)PYRENE	0.0002	0.5	0.5
BENZO(b)FLUORANTHENE	0.001	0.4	0.4
BENZO(g,h,i)PERYLENE	0.05	0.02	0.02
BENZO(k)FLUORANTHENE	0.001	NA	0.1
BERYLLIUM	0.004	0.2	0.2
BIPHENYL, 1,1-	0.0009	0.2	50
BIS(2-CHLOROETHYL)ETHER	0.03	0.03	50
BIS(2-CHLOROISOPROPYL)ETHER	0.03	0.1	50
BIS(2-ETHYLHEXYL)PHTHALATE	0.006	50	50
BROMODICHLOROMETHANE	0.003	0.006	50
BROMOFORM	0.004	0.7	50
BROMOMETHANE	0.01	0.007	0.8
CADMIUM	0.005	0.004	0.004
CARBON TETRACHLORIDE	0.005	0.002	5
CHLORDANE	0.002	0.002	0.002
CHLOROANILINE, p-	0.02	30	0.3
CHLOROBENZENE	0.1	0.2	1
CHLOROFORM	0.07	0.05	20
CHLOROPHENOL, 2-	0.01	20	7
CHROMIUM (TOTAL) *	0.1	0.3	0.3
CHROMIUM(III)	0.1	0.5	0.5
CHROMIUM(VI)	0.1	0.3	0.3
CHRYSENE	0.002	0.07	0.07
CYANIDE *	0.2	0.03	0.03
DIBENZO(a,h)ANTHRACENE	0.0005	0.04	0.04
DIBROMOCHLOROMETHANE	0.002	0.02	50
DICHLOROBENZENE, 1,2- (o-DCB)	0.6	8	3
DICHLOROBENZENE, 1,3- (m-DCB)	0.1	6	50
DICHLOROBENZENE, 1,4- (p-DCB)	0.005	0.06	8
DICHLOROBENZIDINE, 3,3'-	0.08	2	3
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHANE, P,P'- (DDD)	0.0002	0.05	0.05
DICHLORODIPHENYL DICHLOROETHYLENE,P,P'- (DDE)	0.0001	0.4	0.4
DICHLORODIPHENYL TRICHLOROETHANE, P,P'- (DDT)	0.0003	0.001	0.001
DICHLOROETHANE, 1,1-	0.07	2	20
DICHLOROETHANE, 1,2-	0.005	0.005	20
DICHLOROETHYLENE, 1,1-	0.007	0.08	30
DICHLOROETHYLENE, CIS-1,2-	0.07	0.02	50
DICHLOROETHYLENE, TRANS-1,2-	0.1	0.08	50
DICHLOROMETHANE	0.005	3	50
DICHLOROPHENOL, 2,4-	0.01	30	3
DICHLOROPROPANE, 1,2-	0.004	0.003	50
DICHLOROPROPENE, 1,3-	0.0004	0.01	0.2

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
DIELDRIN	0.0001	0.008	0.0005
DIETHYL PHTHALATE	2	50	9
DIMETHYL PHTHALATE	0.3	50	50
DIMETHYLPHENOL, 2,4-	0.06	40	50
DINITROPHENOL, 2,4-	0.2	50	20
DINITROTOLUENE, 2,4-	0.03	20	50
DIOXANE, 1,4-	0.0003	5	50
ENDOSULFAN	0.01	0.002	0.002
ENDRIN	0.002	0.005	0.005
ETHYLBENZENE	0.7	30	5
ETHYLENE DIBROMIDE	0.00002	0.002	50
FLUORANTHENE	0.05	0.2	0.2
FLUORENE	0.03	0.04	0.04
HEPTACHLOR	0.0004	0.002	0.001
HEPTACHLOR EPOXIDE	0.0002	0.007	0.002
HEXACHLOROBENZENE	0.001	0.001	5
HEXACHLOROBUTADIENE	0.0006	0.05	3
HEXACHLOROCYCLOHEXANE, GAMMA (gamma-HCH)	0.0002	0.2	0.004
HEXACHLOROETHANE	0.008	0.1	50
HMX	0.2	50	50
INDENO(1,2,3-cd)PYRENE	0.0005	0.1	0.1
LEAD	0.015	0.01	0.01
MERCURY	0.002	0.02	0.02
METHOXYCHLOR	0.04	0.01	0.01
METHYL ETHYL KETONE	4	60	50
METHYL ISOBUTYL KETONE	0.35	50	50
METHYL MERCURY	0.0003	0.02	0.02
METHYL TERT BUTYL ETHER	0.07	50	50
METHYLNAPHTHALENE, 2-	0.01	2	20
NAPHTHALENE	0.14	0.7	20
NICKEL	0.1	0.2	0.2
PENTACHLOROPHENOL	0.001	0.2	0.2
PERCHLORATE	0.002	1	1
PETROLEUM HYDROCARBONS			
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON 1	0.2	5	5
ALIPHATIC HYDROCARBONS			
C5 through C8 Aliphatic Hydrocarbons	0.3	3	50
C9 through C12 Aliphatic Hydrocarbons	0.7	5	50
C9 through C18 Aliphatic Hydrocarbons	0.7	5	50
C19 through C36 Aliphatic Hydrocarbons	14	50	50
AROMATIC HYDROCARBONS			
C9 through C10 Aromatic Hydrocarbons	0.2	0.004	50
C11 through C22 Aromatic Hydrocarbons	0.2	50	5
PHENANTHRENE	0.04	10	10
PHENOL	1	50	2
POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs)	0.0005	0.005	0.01
PYRENE	0.1	0.02	0.02
RDX	0.001	50	50
SELENIUM	0.05	0.1	0.1
SILVER	0.1	100	0.007
STYRENE	0.1	0.1	6
TETRACHLORODIBENZO-p-DIOXIN (TCDD), 2,3,7,8- (equivalents)	3*10-8	4*10-5	4*10-5
TETRACHLOROETHANE, 1,1,1,2-	0.005	0.01	50
TETRACHLOROETHANE, 1,1,2,2-	0.002	0.005	50
TETRACHLOROETHYLENE	0.005	0.05	30

310 CMR 40.0974(2) TABLE 1 (*) MCP Method 1 GROUNDWATER STANDARDS APPLICABLE IN AREAS WHERE THE GROUNDWATER IS CONSIDERED TO BE ONE OR MORE OF THE FOLLOWING CATEGORIES PER 310 CMR 40.0932			
Oil and/or Hazardous Material	GW-1 Standard ug/L	GW-2 Standard ug/L	GW-3 Standard ug/L
THALLIUM	0.002	3	3
TOLUENE	1	50	40
TRICHLOROBENZENE, 1,2,4-	0.07	0.2	50
TRICHLOROETHANE, 1,1,1-	0.2	4	20
TRICHLOROETHANE, 1,1,2-	0.006	0.9	50
TRICHLOROETHYLENE	0.005	0.005	5
TRICHLOROPHENOL, 2,4,5-	0.2	50	3
TRICHLOROPHENOL, 2,4,6-	0.01	5	0.5
VANADIUM	0.02	4	4
VINYL CHLORIDE	0.002	0.002	50
XYLENES (Mixed Isomers)	10	3	5
ZINC	5	0.9	0.9

Fuente: Norma Massachussets, adaptado SIAM SAS, 2022

Además se implementará la guía nacional que contempla el Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios Distribución de Derivados de Hidrocarburos del Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2007) debido a que es el único documento de referencia en el país donde se contempla el análisis de este tipo de contaminantes.

Este, según menciona el monitoreo de la línea base, define de forma clara dos (2) tipos de componentes que pueden ser impactados: Suelo y Agua Subterránea Superficial (acuífero somero), así mismo cada componente se valora de forma individual. En el caso del suelo se define si el uso es industrial y/o comercial, o residencial y/o agrícola y para el caso de las aguas subterráneas se define si el agua es potable o no potable, siendo este último el de relevancia para este proyecto, ver Ilustración 7

De igual manera que con la normativa anterior se evaluara cada parámetro medido frente a lo que establece la norma definida por el MAVDT.

Ilustración 7. *Limites genéricos basados en Riesgos (LGBR s) para para Compuestos de Interés según Guía Colombiana*

CDI de petróleo	Exposición a Suelo Industrial/comercial			Exposición a Agua subterránea/Superficial No Potable		
	Saturación de Suelo (mg/Kg)	Contacto Directo (mg/Kg)	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	No Potable (mg/L)
TPH						
GRO		1.0 E+03	3.3 E+02			4.0 E+00
DRO/ERO		5.6 E+03	9.9 E+02			2.4 E +00
BTEX						
Benceno	5.9 E+02	2.5 E+02	3.0 E+01* c	1.8 E +03	5.0 E-03	5.2 E-02c
Tolueno	3.1 E+02	1.0 E-04	1.0 E+02*	5.3 E+02	1.0 E+00	9.3 E-01
Etilbenceno	1.6 E+02	6.8 E+03	2.0 E+02*	1.7 E +02	7.0 E-01	1.6 E+00
Xilenos (mercladas)	1.7 E+02	8.8 E+02	4.3 E+03*	1.8 E+02	1.0 E+01	2.0 E+01
PAHs Cancerígenos						
Benceno(a)antraceno		1.5 E+01 c	1.1 E+02 c	9.4 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(a)Pireno		1.5 E+00 c	2.9 E+01 c	1.6 E-03	2.0 E-04	7.0 E-04c***
Benceno(b)fluoranteno		1.5 E+01 c	3.4 E+02 c	1.5 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(k)fluoranteno		1.5 E+02 c	3.4 E+03 c	8.0 E-04		7.0 E-03c***
Criseno		1.5 E+03 c	1.1 E+04 c	1.6 E-03		7.0 E-01c***
Dibenzo(a,h)antraceno		1.5 E+00 c	1.1 E+02 c	2.5 E-03		7.0 E-04c***
Indeno(1,2,3-cd)pireno		1.5 E+01 c	9.7 E+02 c	2.2 E-05		7.0 E-03c***
PAHs NO Cancerígenos						
Naftaleno		8.0E+03	1.7 E +02	3.1 E+01		2.0 E+00
Aditivos de Combustible						
Plomo		7.5E+02a	3.0 E+01 a		1.5 E-02 a	1.5 E-02 a

CDI de petróleo	Exposición a Suelo Residencial/Agrícola			Exposición a Agua subterránea/Superficial No Potable		
	Saturación de Suelo (mg/Kg)	Contacto Directo (mg/Kg)	Migración a Agua subterránea (mg/kg)	Solubilidad (mg/L)	MCL (mg/L)	Uso Como Agua Potable (mg/L)
TPH						
GRO		5.9 E+02	2.5 E+01			3.7 E-01
DRO/ERO		2.6 E+03	7.3 E+01			2.9 E-01
BTEX						
Benceno	5.9 E+02	7.5 E+01c	3.4 E-02** c	1.8 E +03	5.0 E-03	1.0 E-02c**
Tolueno	3.1 E+02	8.8 E+03	1.2E+01**	5.3 E+02	1.0 E+00	9.3 E-01
Etilbenceno	1.6 E+02	4.6 E+03	1.3 E+01**	1.7 E +02	7.0 E-01	1.6 E+00
Xilenos (mercladas)	1.7 E+02	6.9 E+02	2.1 E+02**	1.8 E+02	1.0 E+01	2.7 E-01
PAHs Cancerígenos						
Benceno(a)antraceno		5.0 E+00c	1.1 E+02 c	9.4 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(a)Pireno		5.0 E-01c	2.9 E+01 c	1.6 E-03	2.0 E-04	7.0 E-04c***
Benceno(b)fluoranteno		5.0 E+00c	3.4 E+02 c	1.5 E-03		7.0 E-03c***
Benceno(k)fluoranteno		5.0 E+01c	3.4 E+03 c	8.0 E-04		7.0 E-03c***
Criseno		5.0 E+02c	1.1 E+04 c	1.6 E-03		7.0 E-01c***
Dibenzo(a,h)antraceno		5.0 E-01c	1.1 E+02 c	2.5 E-03		7.0 E-04c***
Indeno(1,2,3-cd)pireno		5.0 E+00c	9.7 E+02 c	2.2 E-05		7.0 E-03c***
PAH's NO Cancerígenos						
Naftaleno		3.2 E+03	6.1 E+01	3.1 E+01		7.1 E-01
Aditivos de Combustible						
Plomo		4.0 E+02 a	3.0 E+01 a		1.5 E-02 a	1.5 E-02 a

Fuente: MAVDT, 2007

Formato

Los datos deben ser presentados como mínimo con los siguientes ítems, identificación del punto, fecha del muestreo, fecha de recepción al laboratorio, unidad, valor máximo detectable, profundidad de muestreo y método de evaluación, como se indica en la Tabla 25.

Tabla 25. *Formato para monitoreo de parámetros de calidad del agua*

ID-Muestra	Método	Fecha de Muestreo	Fecha de recepción laboratorio	Análisis/Parámetro	Unidad	Valor máx. detectable	Prof. de muestreo
x	EPA 5030 C	x	x	Benceno	mg/L	x	x
x	EPA 5030 C	x	x	Etilbenceno	mg/L	x	x

- **Acreditación del laboratorio**

El laboratorio a ejecutar los monitoreos debe estar conforme Artículo 2.2.8.9.1.5. del Decreto 1076 de 2015, así como también para la toma como el análisis de los parámetros deberán ser realizados por laboratorios que se encuentren acreditados para dicho fin por el IDEAM.

Los métodos analíticos utilizados estarán acordes con los procedimientos establecidos en las técnicas SW 846 de la USEPA y el límite de cuantificación del laboratorio debe encontrarse por debajo de los niveles de referencia de las normas nacionales o internacionales seleccionadas por el usuario, la cual debe cubrir la totalidad de los parámetros evaluados. En caso contrario, el parámetro analizado deberá ser manejado directamente como compuesto de interés dentro del Análisis de Riesgo TIER II.

Las cadenas de custodia guías de envió, entre otros de las muestras recolectadas deben ser únicamente manipuladas por el laboratorio que desarrolle las respectivas funciones, en cuyo caso solo se aceptara la titularidad de dicho laboratorio. Las cadenas de custodia deberán ser diligenciadas en su totalidad, se deberá identificar claramente los resultados de medición de parámetros in-situ, conservantes, tipo de envase, ubicación exacta de los puntos de muestreo, cantidad e identificación de cada muestra tomada en cada uno de los puntos y codificación de la muestra, consecuente con los reportes de resultados arrojados por el laboratorio que desarrollo el análisis.

- **Cronograma detallado de actividades de reconocimiento visual**

Teniendo en cuenta los lineamientos del plan de contingencia para el primer numeral del capítulo doce, se realiza el reconocimiento visual de la red de monitoreo adyacente, con el fin de inspeccionar los pozos y verificar el estado actual de los mismos. Para tal fin la campaña a desarrollar se ejecuta el día 12 de Marzo del 2024, como se muestra en el siguiente diagrama, ver Ilustración 8, además de presentar una segunda visita el 27 de marzo del 2024.

Ilustración 8. *Cronograma de la visita de reconocimiento a la red adyacente*



Fuente: Sara E Chaparro G, para Unión Temporal Metropolitano Porvenir, 2024

El procedimiento de la campaña de inspección consiste en:

Verificación de la posición geográfica mediante GPS de posicionamiento, Garmin Etrex 10, de cada uno de los siete pozos de la red adyacente.

Inspección de las condiciones actuales de cada pozo, como identificación de su estructura externa, tapón o cabezal, condición del pozo (libre/obstruido), protección del pozo actual entre otros.

Dada las condiciones de cada pozo inserción de sonda Manuel eléctrica tipo Solinst para medición del nivel del agua, así como verificación de la profundidad de estos, como se muestra en la siguiente Ilustración 9.

Ilustración 9. *Registro de la actividad (Izq. PM03 Parque Dindalito Bella Vista & Dcha. PM07 lote sur del conjunto de Torres el Progreso 1).*

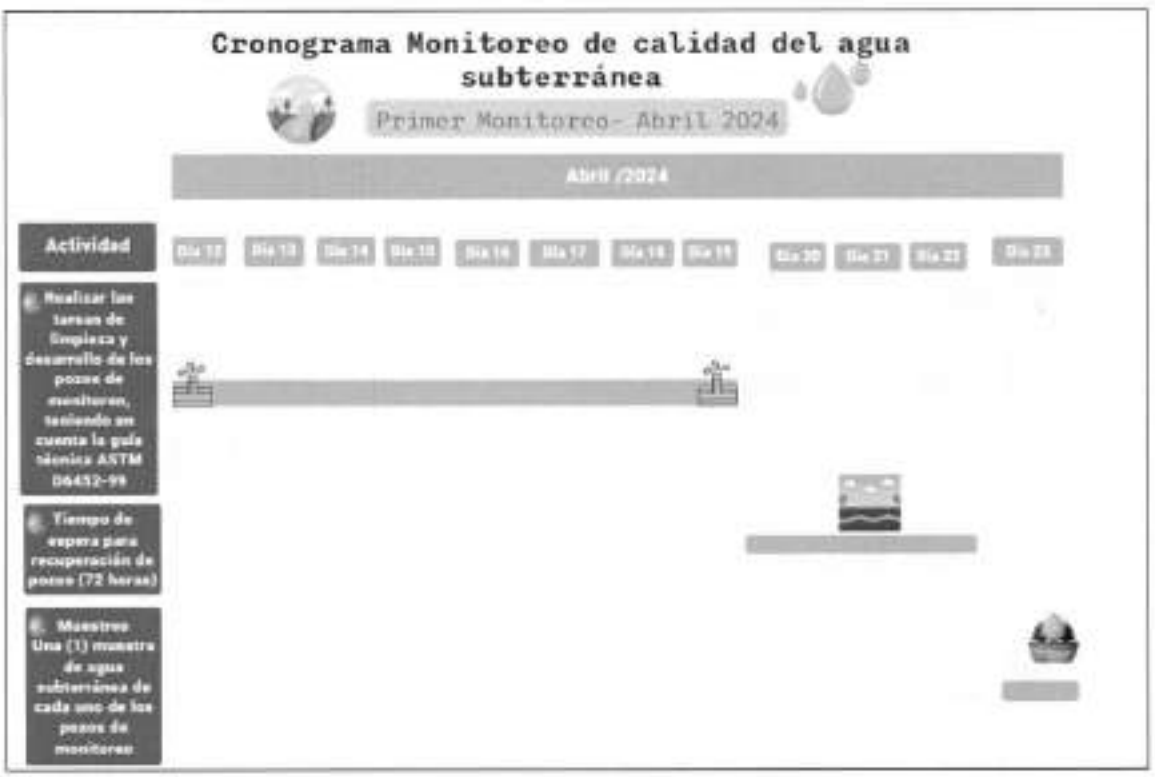


Fuente: Unión temporal Metropolitano Porvenir, 2024

- **Planteamiento de Cronograma de inicio**

Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con las condiciones climatológicas evaluadas para la línea base, se seguirá el siguiente cronograma de inicio para la toma del primer muestreo de calidad del agua subterránea en la red adyacente al predio Gibraltar.

Tabla 26. *Cronograma del primer muestreo de calidad del agua subterránea*



Fuente: Sara E Chaparro G, para Unión Temporal Metropolitano Porvenir, 2024

502

Propuesta de monitoreo para seguimiento de niveles piezométricos

Además de la propuesta de calidad de agua se presenta el monitoreo de niveles piezométricos esto teniendo en cuenta que es una de la variables que facilita la interpretación de la condición de dirección y movimiento del agua subterránea. Por ende permite la interpretación más robusta de las condiciones de calidad en torno al sistema hidrogeológico que define la zona de estudio.

- Frecuencia

El monitoreo se llevará a cabo teniendo en cuenta los requerimientos de la SDA, por lo que al igual que en el monitoreo de calidad, se efectuará una frecuencia de un año hidrológico, verificando los niveles piezométricos tanto en época de mayor estiaje como de mayor precipitación, ver

Tabla 27.

La medición de los niveles del agua subterránea se realizará teniendo en cuenta las cuatro fases hidro climáticas en el mes seleccionado como de máxima precipitación y sequía. desarrollando mediciones semanalmente durante dicho mes. Se tendrá en cuenta además la frecuencia de medición respecto a las condiciones constructivas y a la evaluación geotécnica.

- Técnica de muestreo

El seguimiento a los niveles se realizará con sondas eléctricas debidamente certificadas, por lo que dependiendo del estado de los piezómetros se implementará una medición manual, dado que las características de los pozos de la red adyacente actual presentan diámetro de 2 pulgadas. Esto con el fin de verificar y realizar seguimiento a los niveles del agua subsuperficial y variaciones de los niveles piezométricos.

- Evaluación de los datos

Los datos serán evaluados estadísticamente para determinar las variaciones o continuidad de los datos que preceden las actividades constructivas a generar.

- - Elementos de medición

Las mediciones de nivel del agua subterránea se realizarán mediante sonda eléctrica, dada las características constructivas de cada pozo, con diámetros de tubería interna de hasta dos pulgas. Razón por la cual y en pro de mantener tanto la integridad del pozo y de la sonda se implementará con dicha sonda; otro factor que se tiene en cuenta para realizar dichas mediciones con este equipo es por la seguridad de este dado que los pozos están en la zona externa del predio, ver

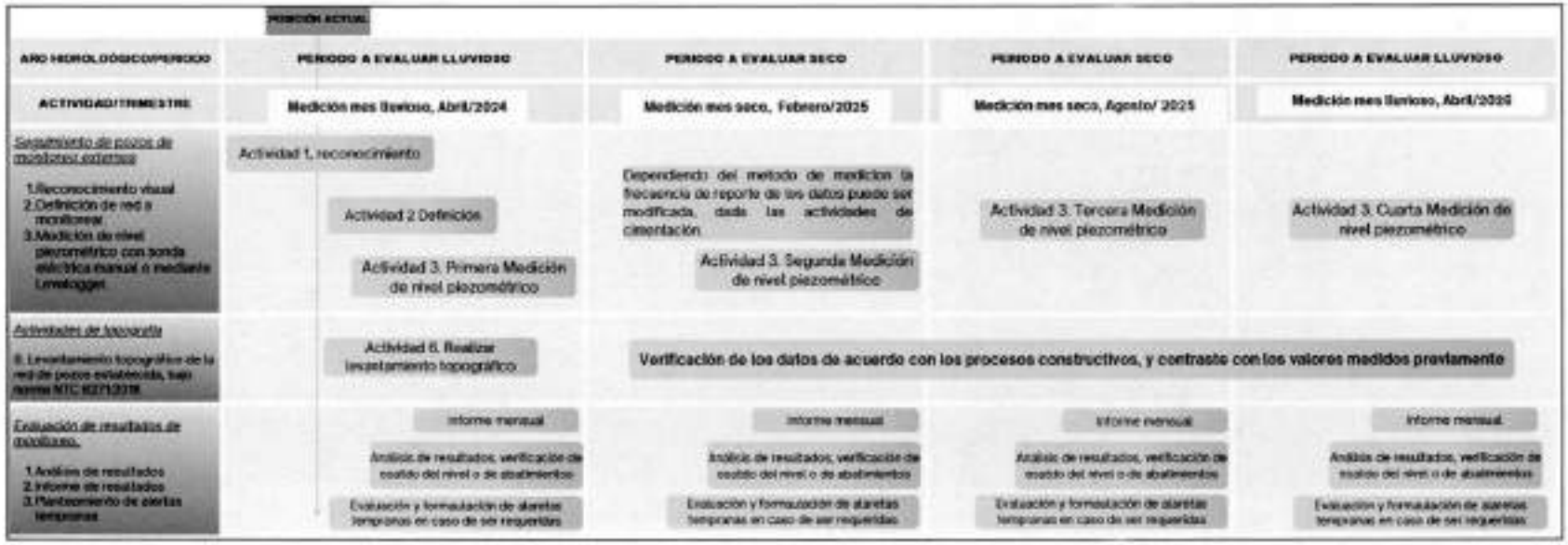
Ilustración 10.

Ilustración 10. *Toma de nivel de agua, pozo PM07 lote sur del conjunto de Torres el Progreso 1*



Fuente: Unión Temporal Metropolitano Porvenir, 2024

Tabla 27. *Planteamiento monitoreo piezométrico - hidrogeológico, frecuencia y cronograma de seguimiento.*



Fuente: Sara E Chaparro G, para Unión Temporal Metropolitano Porvenir, 2024

Metodologías por implementar para los pozos de monitoreo

Teniendo en cuenta las directrices definidas por la SDA y la normatividad que allí se relaciona a continuación se describe el proceso metodológico a seguir para el muestreo de calidad del agua subterránea.

- **Proceso para pruebas de integridad**

Esta actividad corresponde a la inspección de los pozos de monitoreo con el fin de conocer la integridad de estos. A nivel hidrogeológico no hay un procedimiento especifico ni normativa Colombiana que defina como realizar dicho proceso, sin embargo teniendo en cuenta que las pruebas de integridad se realizan en la industria petrolera, aquí se describe y correlaciona algunas actividades que facilitarían conocer las condiciones de los pozos de monitoreo.

- El método consiste en pruebas de tipo indirecto, que consiste en inspeccionar o monitorear el pozo/piezómetro mediante sensores, registros u otros dispositivos, para corroborar que no haya obstrucción de elementos, conocer el estado de la tubería, etc. (Esto en relación con pozos petroleros corresponde a realizar pruebas de verificación de barreras).
- En caso de no contar con los dispositivos mencionados anteriormente, se realizarán inspecciones mediante sondas eléctricas de medición de nivel, y/o inserción de tuberías para verificar que el pozo no este obstruido, o que su profundidad de perforación no haya cambiado.
- Verificación que el cabezal del pozo este correctamente sellado y no haya sido intervenido o averiado, lo que asegura una probabilidad alta de encontrar condiciones óptimas dentro del pozo.

Cabe mencionar que esta actividad generalmente está definida para pozos petroleros los cuales dado sus condiciones de operabilidad para fluidos de gran densidad requieren de elementos más robustos por tanto operaciones más detallas. En las que incluyen pruebas de integridad mecánicas para evaluación de los diferentes componentes como tuberías de revestimiento, cementación, tuberías de inyección y reinyección, entre otros, que no aplican con la relación de un pozo de agua subterránea y menos para piezómetros o pozos de monitoreo (como lo es el caso del actual proyecto) que no están diseñados para extracción del recurso hídrico subterráneo si no exclusivamente para monitoreo. Sin embargo dicha actividad como se menciona se correlaciona con la visita a campo para la determinación del estado actual de los pozos y de pruebas de inspección.

- **Metodología de limpieza y desarrollo de los pozos**

Esta metodología estará definida teniendo en cuenta lo requerido por la SDA, mediante la guía técnica ASTM D6452-99 y que menciona los siguientes aspectos:

a) Aplicar un dispersor de arcillas que permita la limpieza de los filtros de los pozos de monitoreo, el cual debe dejarse actuar por 24 horas y luego realizarse su posterior remoción.
b) Los pozos de monitoreo deberán ser purgados y muestreados usando equipo exclusivo, las aguas del purgado y de la descontaminación se deberá colocar en contenedores de 55 galones y etiquetar para manejo de materiales peligrosos, se caracterizarán para su posterior disposición final, por lo tanto, se debe efectuar su manejo de acuerdo con los lineamientos técnicos requeridos en el Decreto 1076 de 2015 – Titulo 6 (Decreto 4741 de 2005).
c) Se debe extraer como mínimo 6 veces el volumen de agua que está contenida en los pozos, este procedimiento se debe realizar durante por lo menos durante 7 días seguidos.
d) La toma de muestras de agua subterránea se debe realizar 72 horas después de la finalización de la extracción y después de haber efectuado la limpieza de los pozos de monitoreo.

Para la purga a nivel general de los pozos se tendrá en cuenta además los siguientes procedimientos, estos definidos en el *Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados: muestreo de aguas subterránea del Ministerio de Ambiente del Perú, 2016*. Cabe mencionar que se implementara los procesos que se correlacionan con la guía técnica ASTM D6452-99 como lo es:

- Se evaluará la implementación de una bomba de succión para purgar el agua sucia del pozo. Se deberá extraer hasta que el agua se vuelva limpia, pero mínimo un volumen equivalente a 6 veces el contenido del pozo, ver Ilustración 11.

Ilustración 11. *Purga y limpieza de un pozo*



Fuente: (Ministerio de Ambiente del Perú, 2016)

Bajo las condiciones actuales de las red de monitoreo y según sea el caso, se tendrá en cuenta las siguientes procesos,

- La purga del pozo tiene como objetivo equilibrar las condiciones fisicoquímicas entre pozo, prefiltros y acuífero con la finalidad de proporcionar la toma de una muestra representativa para el estado actual del agua subterránea. Para esto se bombean pequeños volúmenes de agua del pozo de tal manera que el volumen de agua bombeada se reestablezca en el pozo en poco tiempo. Este proceso se monitorea a través de rebajamiento del nivel de agua en el pozo, que debe ser mínimo para evitar la alteración del flujo natural y eventualmente de la pluma de contaminantes y el aumento de la turbiedad (Ministerio de Ambiente del Perú, 2016).

- De esta manera, el rebajamiento debe ser lo mínimo posible. Para pozos con sección filtrante plena (el nivel estático está en contacto con la sección filtrante), la estabilización del rebajamiento debe ocurrir máximo a 25 cm debajo del nivel estático inicial. Cuando el filtro está ahogado (el nivel estático está arriba de la sección filtrante a la altura del tubo ciego), la estabilización del rebajamiento debe ocurrir en la zona ciega encima del filtro, o hasta 25 cm debajo de la parte superior del filtro, (Ministerio de Ambiente del Perú, 2016).

Acopio y disposición de residuos producto del muestreo de aguas

Todos los residuos provenientes de las actividades de muestreo de aguas serán almacenados en la bodega o respectiva zona de disposición, establecida para tal fin.

Los residuos provenientes de la purga y muestreo de aguas subterráneas serán almacenados en contenedores de 55 galones. Y posteriormente se trasladarán para su disposición final a la empresa o entidad ambiental correspondiente.

Se establecerán zonas satélite para la ubicación de cubitanques o tanques que correspondan.

- **Metodología para la toma de muestras de la red adyacente**

Las muestras se tomaron teniendo en cuenta que la purga de cada uno de los pozos se realizara con un mínimo de tiempo de 72 horas antes del muestreo, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM_ D6452-99.

Parámetros In-situ: Se tomarán muestras utilizando un multiparámetro que permita la lectura simultanea de los parámetros. Además se realizará a lo largo de 3 mediciones la verificación de los resultados los cuales debe equilibrarse conforme a la siguiente ilustración.

Ilustración 12. Rangos de variación y estabilidad

Parámetro	Unidad	Valor
pH	Unidad	+/- 0.2
Conductividad especifica	% de las lecturas	+/- 5%
Temperatura	°C	+/- 0.5
Oxigeno Disuelto (OD)	mg/L ó 10%	+/- 0.2
Potencial de óxido-reducción	mV	+/- 20

Fuente. (Ministerio de Ambiente del Perú, 2016)

Parámetros generales: Se realiza el muestreo de aguas subterráneas utilizando el procedimiento establecido por la guía para el monitoreo de aguas subterráneas del IDEAM, y se tomara una (1) muestra de agua subterránea de cada uno de los pozos de monitoreo de la red adyacente.

- Los frascos para recolección de agua se rotularán previos al muestreo para asegurar un menor tiempo en la actividad de recolección y preparación de muestra, garantizando la calidad del muestreo.
- Las muestras recolectadas se registrarán en el formato correspondiente, posteriormente embaladas y transportadas al laboratorio.
- Se seguirá adecuados protocolos de custodia, bajo protocolos y criterio QA/QC
- Las técnicas de muestreo que se utilicen serán consecuentes con lo establecido en las guías técnicas ASTM o los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

Anexo 9. Línea Base Ambiental

CONSORCIO
GIBRALTAR

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

507

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas Nº 54-38
PBX: 3778899
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

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 m²

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas Nº 54-38
PBX: 3778899
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

	ÁREA	20.257,5 m²

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 m²

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

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 rio 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.

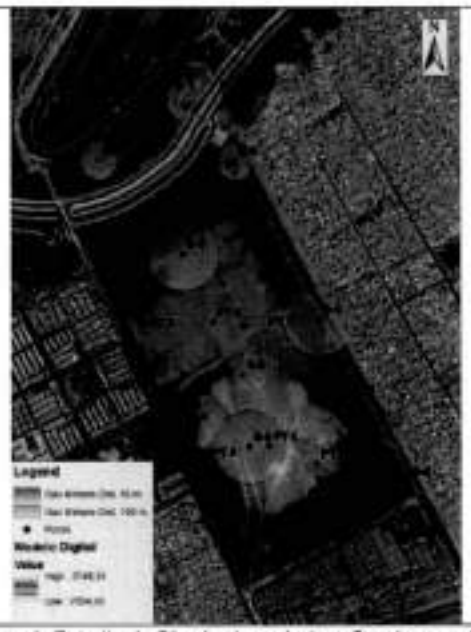


Figura 1. Estudio de Biogás, Ingeniería y Georiesgos. 2007
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

- 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):

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas Nº 54-38
PBX: 3778899
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

- 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 ripios de perforación obtenidos.

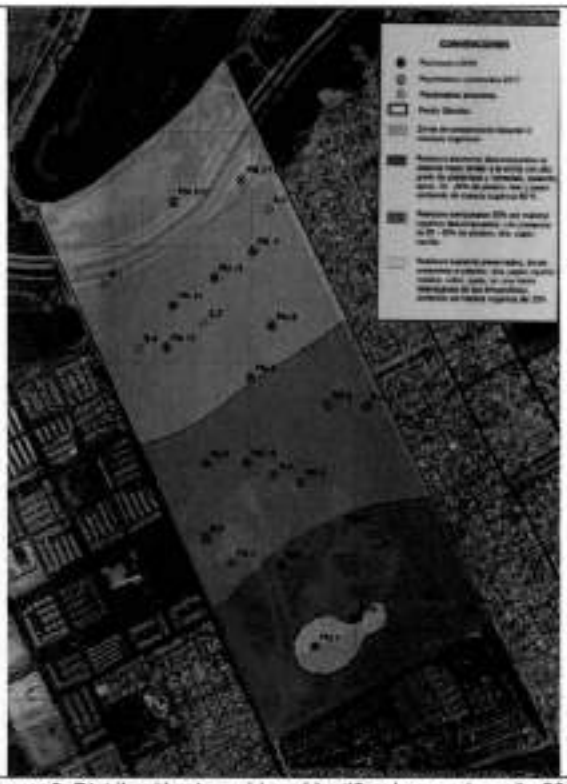


Figura 2. Distribución de residuos identificados en el predio 2018
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

- 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 rio 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).

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas Nº 54-38
PBX: 3778899
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá D.C. Colombia



Figura 3. Ubicación zona sur del predio predio Gibraltar según EAAB
Fuente: Radicado No 2019ER184547 del 13/08/2019

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 Secretaria 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, AAA0173DWDM) de la localidad de Kennedy, tal como se muestra en la siguiente figura.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

511



Figura 4. Localización del sitio
Fuente: IDECA, 2021

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

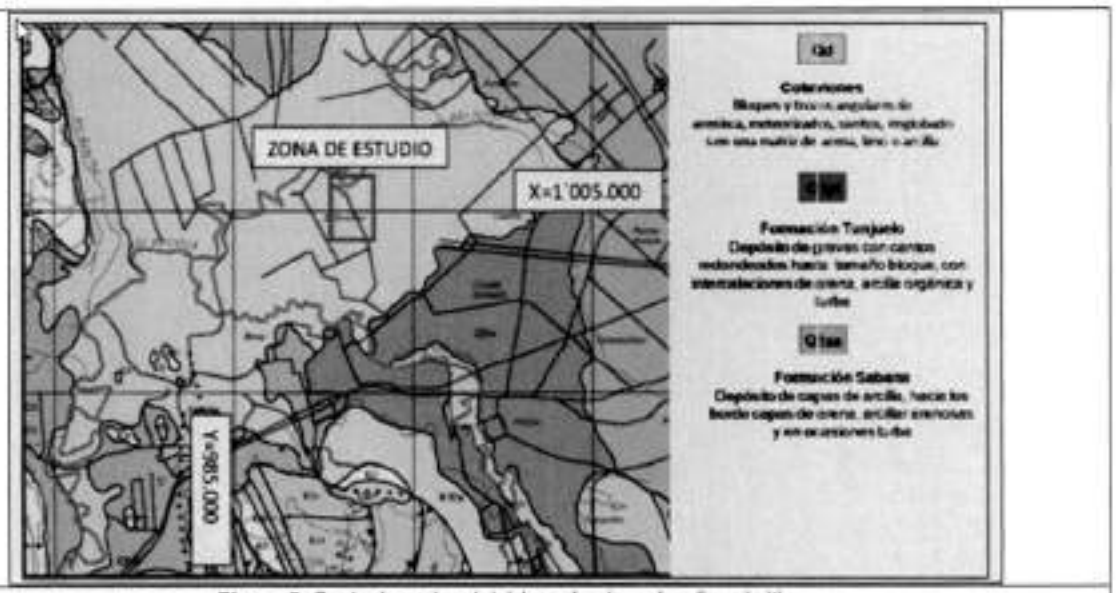


Figura 5. Geología regional del área donde se localiza el sitio
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

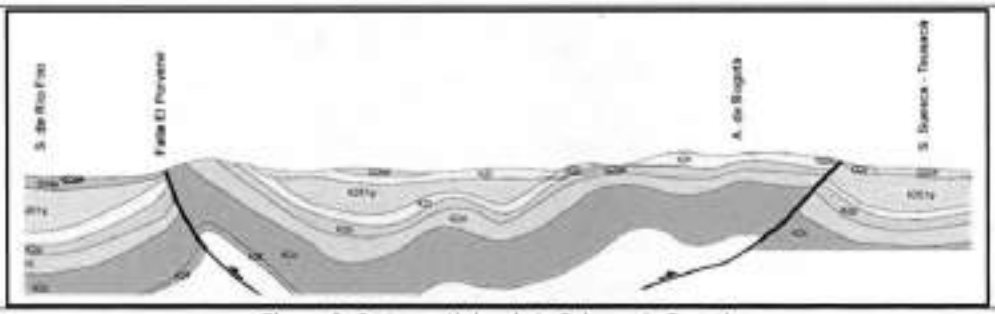


Figura 6. Corte geológico de la Sabana de Bogotá
Fuente: Ingeominas, 2005

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



Figura 7. Perfiles litológicos y localización de las 15 perforaciones exploratorias en el predio Gibraltar
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

- **Capa 4 (1,3 – 4.0m):** Secuencia de arenas de grano fino a grano grueso cuarzosas con matriz arcillo limosa, presenta colores que varian 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.**



Figura 8. Perfiles litológicos zona sur del predio. Producto 4
Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

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 peritan 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 determino las condiciones lito - estratigráficas del sitio, es de ríos o corrientes hídricas meándricas. De acuerdo con Nicols G, 2009[1],

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 sedimentológias 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.

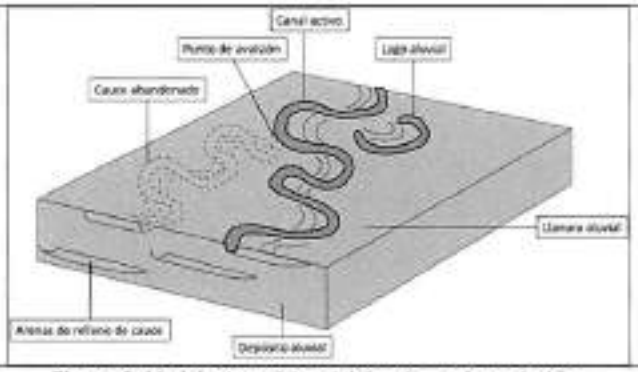


Figura 9. Modelo deposicional típico de un río meándrico
Fuente: SDA, 2021

[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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

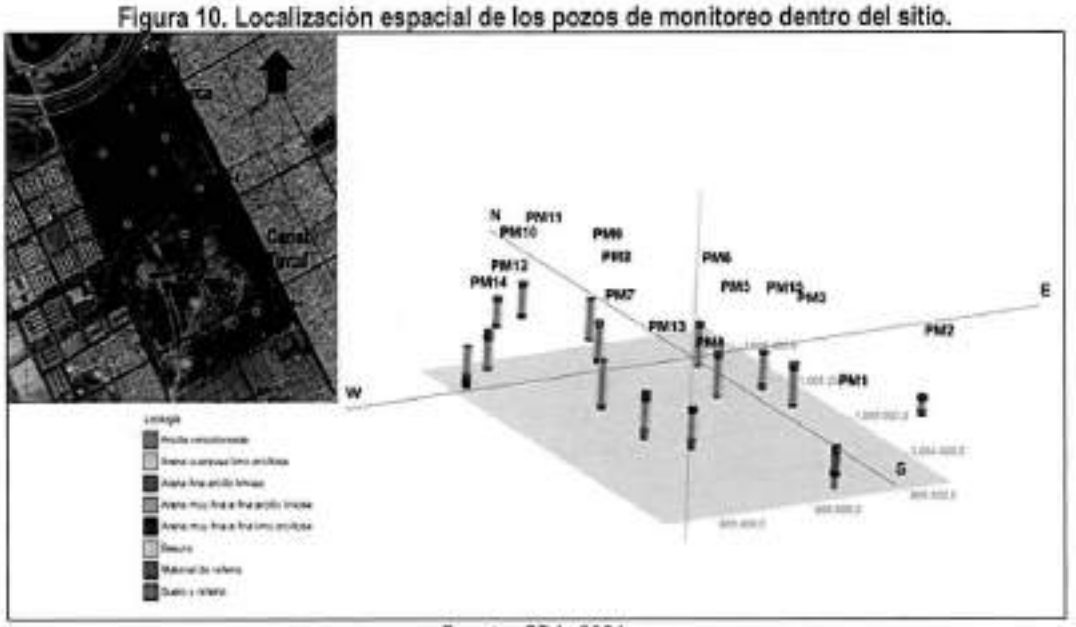
Como resultado del procesamiento de la información, se generó un modelo donde se identificaron ocho (8) capas de material, entre arenas (se encontraron con granulometría variable, de grano muy fino a fino), con matriz arcillo limosa, arcilla varicoloreada, material de relleno y suelo. En la **Figura 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

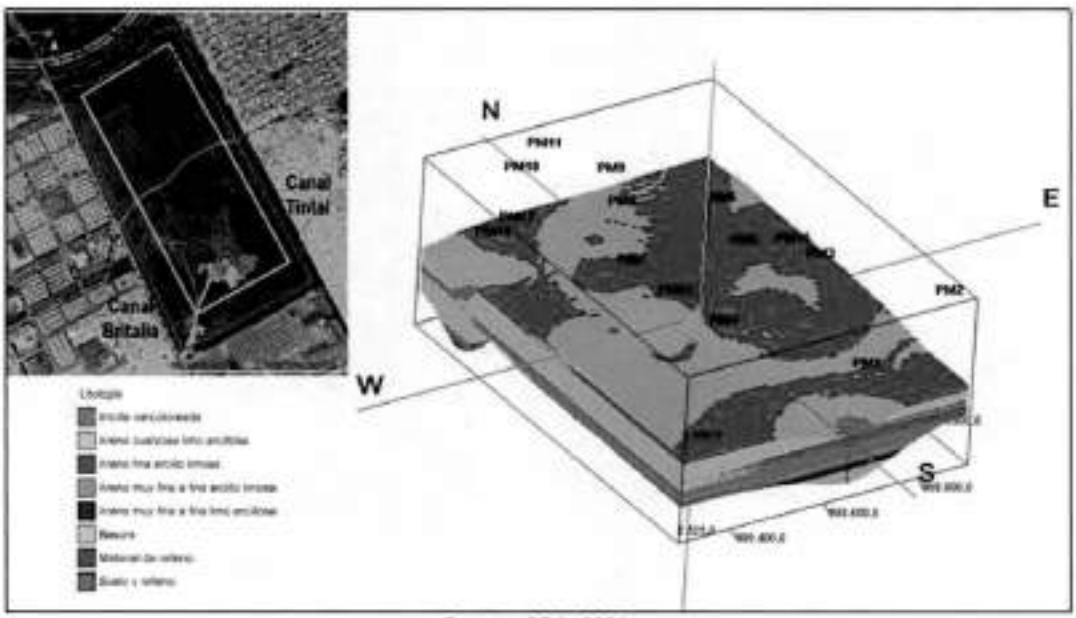


Fuente: SDA, 2021.

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



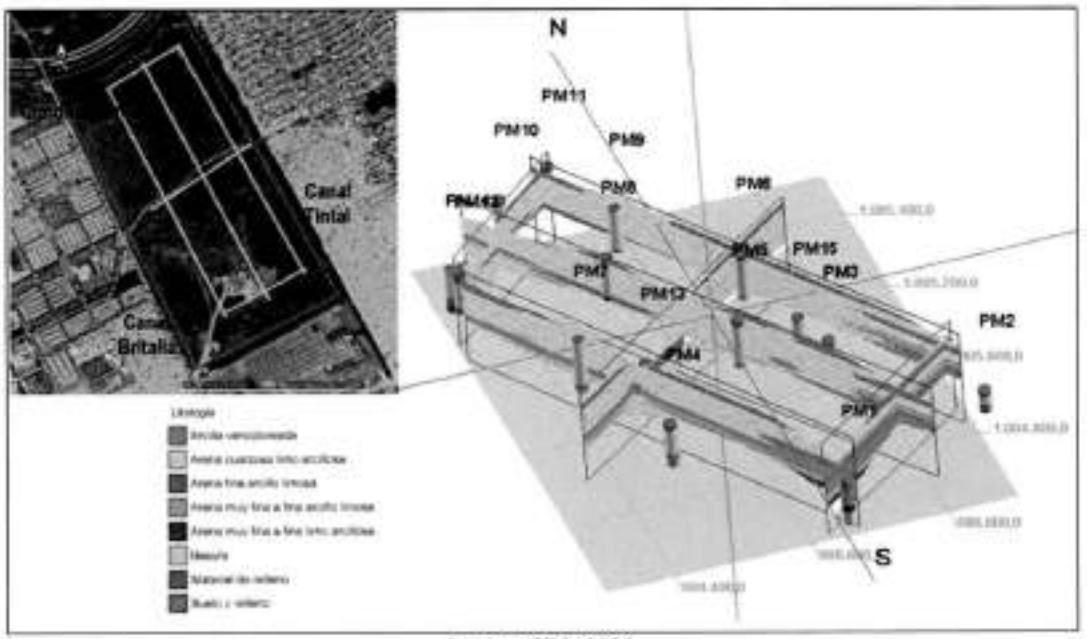
Fuente: SDA, 2021.

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



Fuente: SDA, 2021.

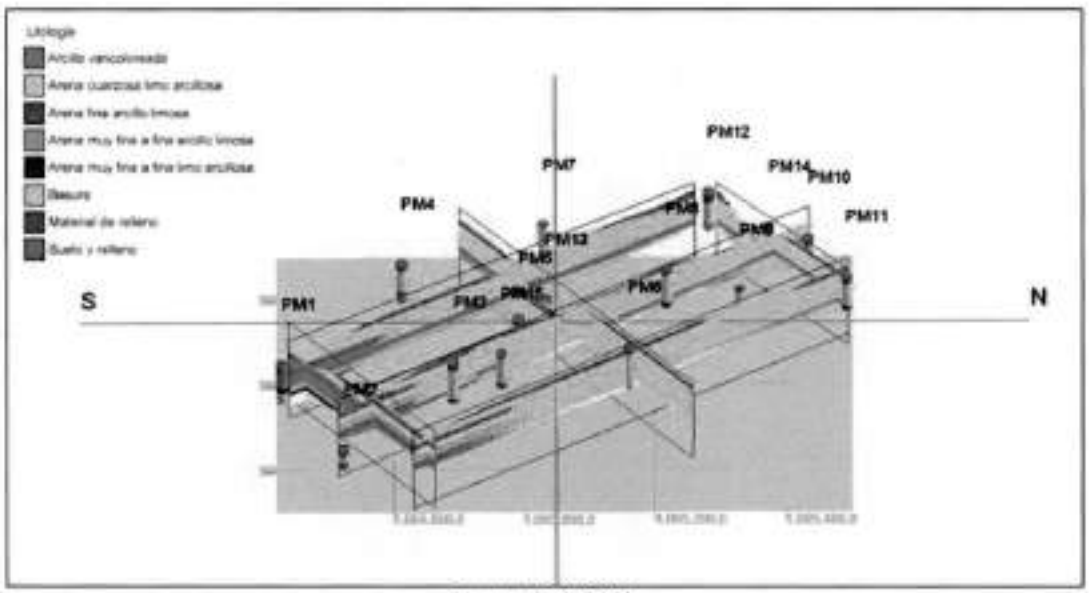
En la **Figura 13** se presenta otra vista panorámica 3D en sentido sur – norte, donde se destacan las características del apilamiento estratigráfico hacia el Este. Se observa que la capa de basura tiene una extensión que cubre prácticamente la totalidad del área modelada. Lateralmente, hacia el sur, 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

517



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.

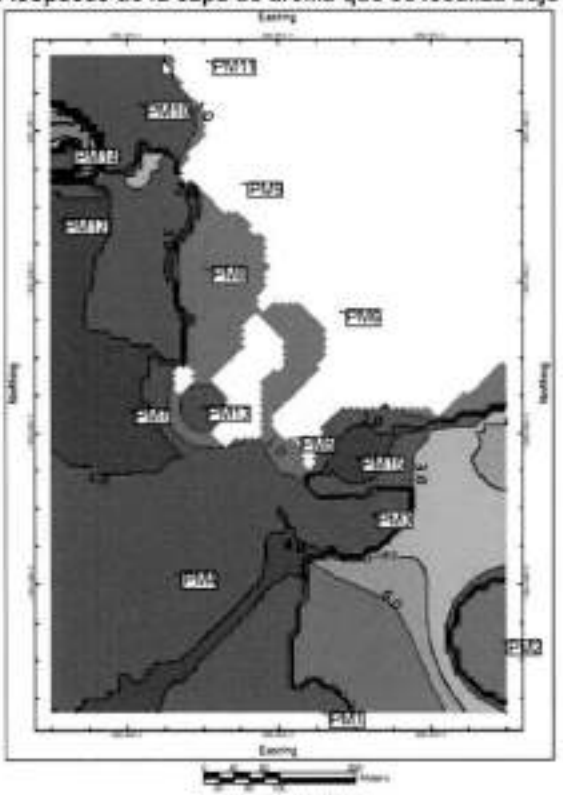
Desde el punto de vista litoestratigráfico se identificaron los siguientes aspectos relevantes:

- 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

- 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 rio 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

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)		
Area 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 23de 2006.**

Fuente: IDEAM, 2013

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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 período 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.

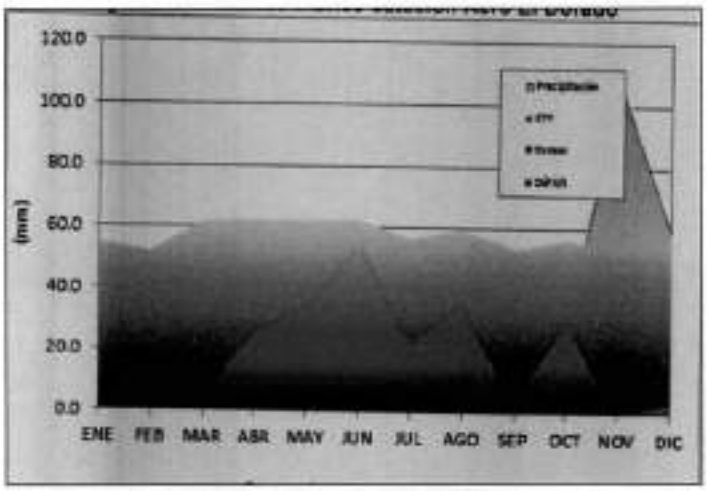
ESTACIÓN	ETP (mm)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Aero El Dorado Seca	54.6	51.8	61.5	62.0	62.1	62.6	66.2	59.7	63.5	56.3	53.0	55.2
Aero El Dorado – Humeda	54.0	50.7	55.6	59.0	63.1	60.2	58.4	60.2	55.6	55.6	54.0	59.0
Aero El Dorado - Media	54.0	51.3	57.9	58.5	60.8	57.9	57.3	56.8	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:

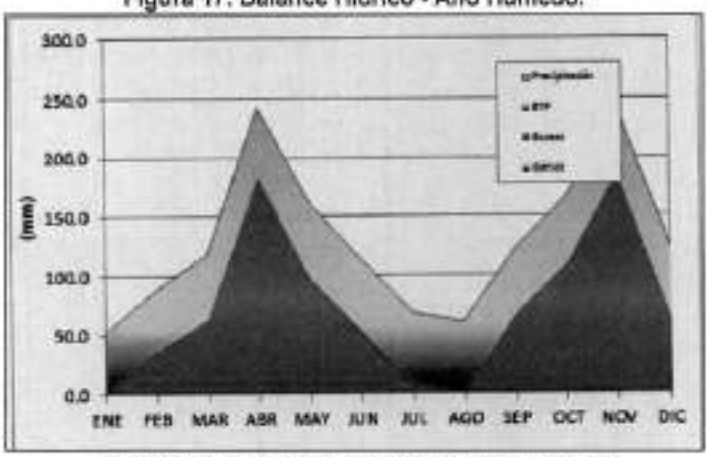
Figura 16. Balance Hídrico - Año Seco.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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

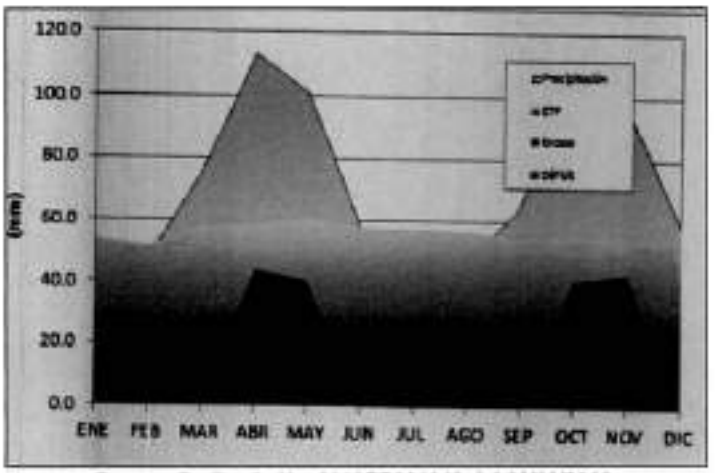
Figura 17. Balance Hidrico - Año Húmedo.



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

Figura 18. Balance Hidrico - Escenario Medio.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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	56.39	3.826	59.12
AÑO HUMEDO	0	12.96	80.33	85.82	0.15	0	0	0	22.47	33.2	54.51	0	289.5
AÑO MEDIO	0	0	16.66	54.85	13.84	0	0	0	10.4	54.32	38.81	0	206.9

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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 la alta variabilidad del nivel freático. Del mismo modo, es importante resaltar que el nivel freático también cambia dependiendo del comportamiento del el Río Bogotá.

En conclusión, en el área de estudio existe una fuente superficial conformada por el Rio 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, varié 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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)

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 geoeléctrica.

- 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 geoeléctrica. 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

MATERIAL	ESPESOR (m)	RESISTIVIDAD (Ω*m)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	0 - 2.5	9.47 - 76.7	Suelo arcilloso
2	2.5 -11.8	4.10 - 14.4	Relleno de basuras mezclado en matriz arcillosa a limosa
3	11.8 - 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 geoeléctrica, 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 PM1S	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	4000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.3
Ethylbenzene	ug/l	10000	ND	0.02	0.05	ND	ND	0.11	0.91	ND
Acetone	ug/l	60000	ND	ND	ND	ND	11	ND	ND	13
Carbon disulfide	ug/l	10000	0.71	ND	ND	ND	ND	ND	0.58	0.84
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	0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.1
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ug/l	100	0.44	0.27	ND	ND	ND	0.32	ND	ND
2-Chloronaphthalene	ug/l	100000	0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Nitroaniline		100000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	44
4-Nitrophenol	ug/l	10000	ND	ND	ND	ND	ND	7.3	ND	ND
Benzaldehyde	ug/l	10000	ND	ND	ND	ND	ND	0.82	ND	ND
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	ug/l	50000	4	0.5	3.4	56	11	19	33	ND
Caprolactam			ND	ND	ND	ND	8.1	ND	ND	ND
Naphthalene	ug/l	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	330

COMPUESTO	Units	Norma Massachusetts GW2	POZO DE MONITOREO PM1	POZO DE MONITOREO PM1S	POZO DE MONITOREO PM3	POZO DE MONITOREO PM4	POZO DE MONITOREO PM5	POZO DE MONITOREO PM6	POZO DE MONITOREO PM7	POZO DE MONITOREO PM8
Nitrobenzene	ug/l	10000	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Method: 6010C - Metals (ICP)										
Arsenic	ug/l	900	14	ND	6.1	0.2	3.7	ND	ND	ND
Cadmium	ug/l	8	5.3	1.6	0.4	1.4	0.2	1.3	2.1	ND
Chromium	ug/l	300	29	9.9	0.3	21	29	10	23	8.9
Lead	ug/l	10	11.9	5.6	14.9	12.9	12.9	ND	17.9	3
Method: 7470A - Mercury (CVAA)										
Mercury	ug/l	10	ND	ND	ND	0.18	0.18	ND	ND	ND
Method: 8015B - Gasoline Range Organics - (GC)										
Diesel Range Organics (C10-C28)	ug/l	5000	240	210	210	2800	1300	910	330	1200

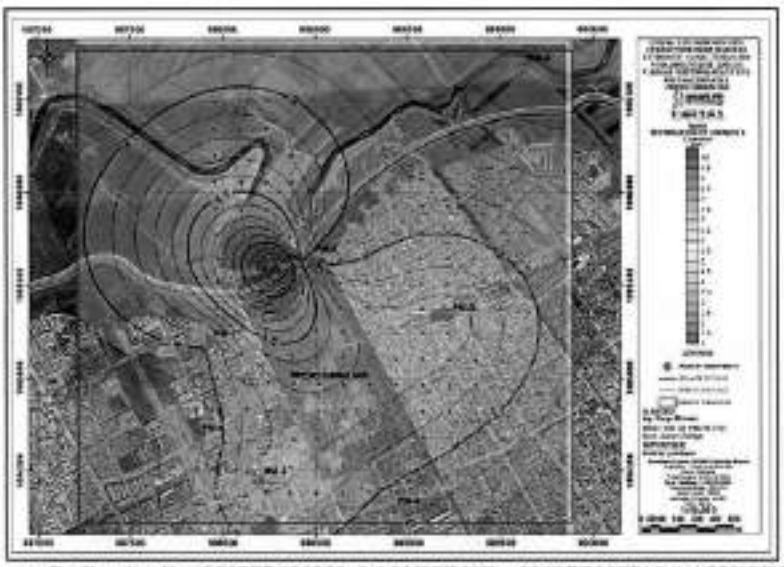
(1) Supera el límite de referencia de la norma Massachusetts

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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) implementado 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 varia 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 Rio Bogotá, conectando el lecho del rio 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

525



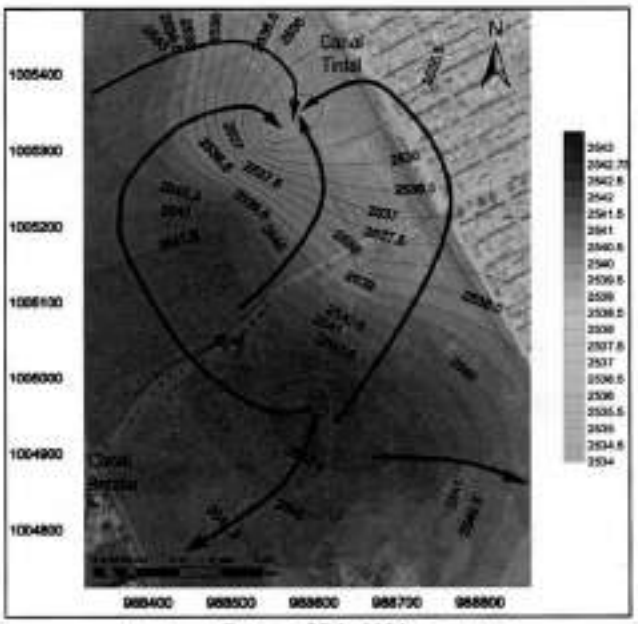
Fuente: SDA, 2021.

En este contexto, se resalta que el lixiviado se mueve de la máxima cota en el piezómetro PM 5 de forma radial, es decir hacia el sur, sureste, suroeste y principalmente hacia el norte - noroeste donde se encuentra el piezómetro PM 9 a una profundidad de 10.33 m de lixiviado.

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

Figura 29. Equipotenciales y principales vectores de flujo del lixiviado.

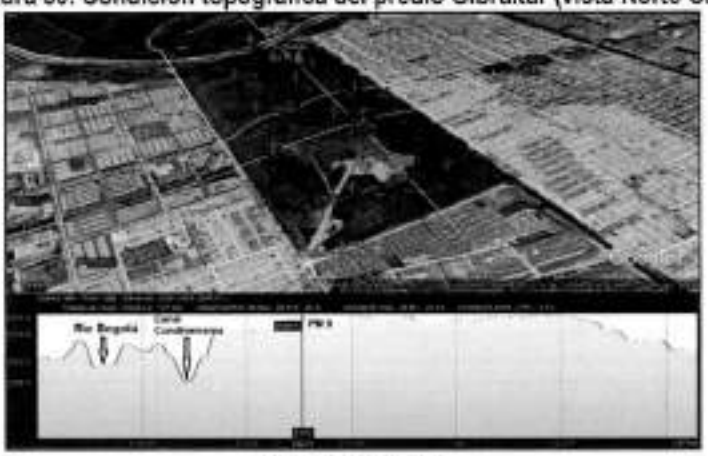
Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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).

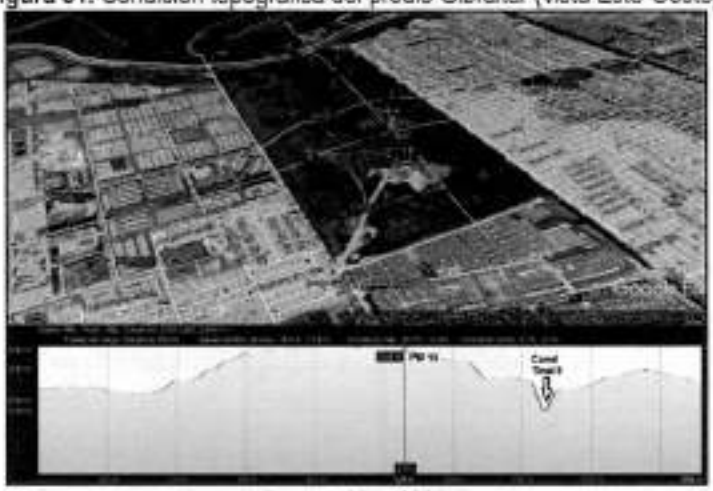


Fuente: SDA, 2021.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

526

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



Fuente: SDA, 2021.

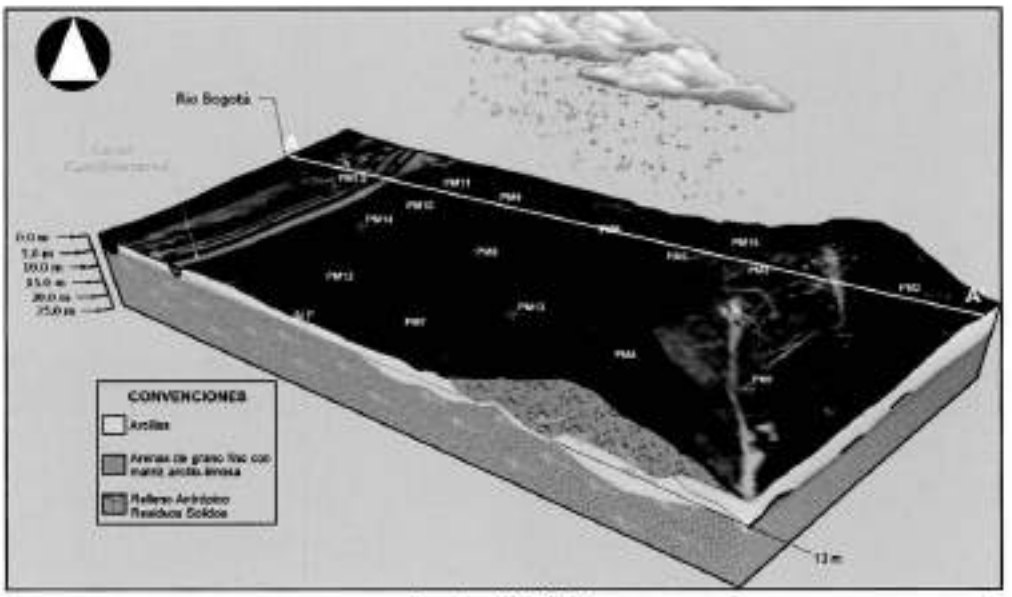
A partir de la anterior información, se puede determinar que el nivel freático se encuentra en el contacto entre las arenas de grano fino y las arcillas, aumentando las cargas hidráulicas hacia el Rio Bogotá, con una velocidad promedio de 0.121 m/día (**Figura 32**). Cabe aclarar que las condiciones de frontera de flujo, en el área de estudio, están conformadas por el Rio 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 rio 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.

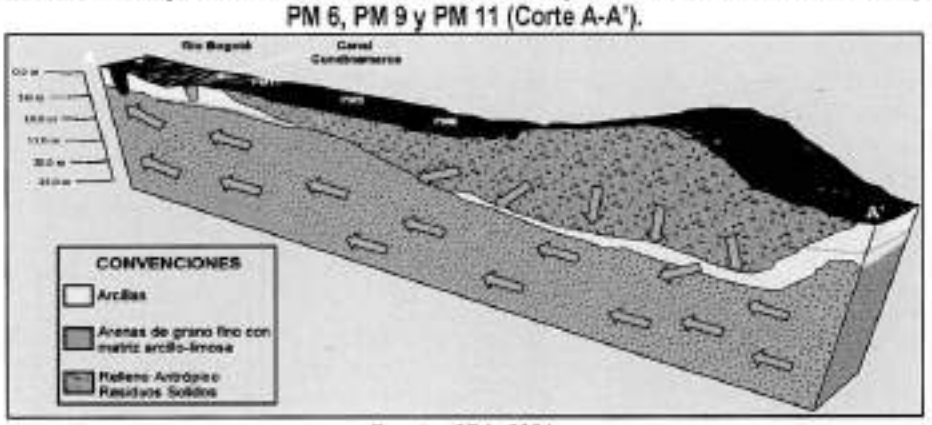
Figura 32. Modelo Hidrogeológico Conceptual-MHC.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

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.)	91.862,55	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 oscilas 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

De acuerdo con lo 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 hidrico 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 :

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

Donde ET es la evapotranspiración real, E es escorrentia, 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 periodos 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).

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

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 máxima.

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" (Rm) 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

$$ET_i = P_i + VR_i \; cuando \; P_i < ETP_i$$ Ecuación 5.

$$D_i = ETP_i - ET_i$$ Ecuación 6.

$$Ex_i = R_{i-1} + (P_i - ETP_i)$$ Ecuación 7.

$$Dre_i = f * (Dre_{i-1} - Ex_i)$$
Escorrentía (Dre), f = factor de drenaje f = 0.5 Ecuación 8.

$$IDH = \left(ET + 0.25 * \frac{Ex}{ETP}\right) * 100$$
Índice de Disponibilidad Hídrica Ecuación 9.

$$Inf = P_i - ET_i - Dre_i$$
cuando $P_i > ETP_i$ y $(R_{i-1} + P_i) > (ETP_i + R_{max})$
Infiltración (Inf) Ecuación 10.

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 GIBRALTAR

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

Tabla 18. Cuencas Hidrográficas predio Gibraltar

IDEAM 2013			Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 190 de 2004)		
Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidroráfica	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

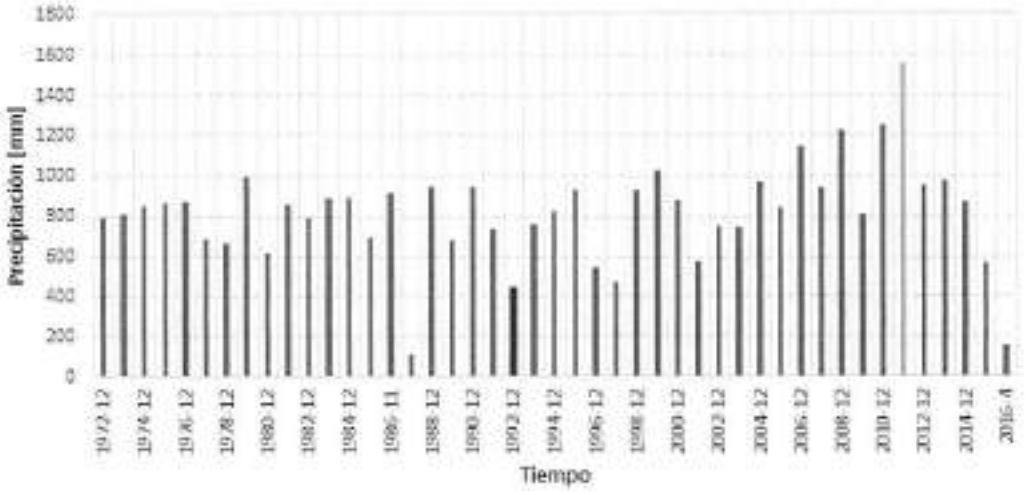
Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude Chl
Tr 3	8.200	2534,400	2539,941	2539,941	0,000001	0,043	210,859	81,840
Tr 5	11.100	2534,400	2539,941	2539,941	0,000001	0,058	210,883	81,857
Tr 10	15.200	2534,400	2539,942	2539,943	0,000002	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 mm año^{-1}) y la barra de color rojo el año seco (1992, P = 445.90 mm año^{-1}). Finalmente, el valor promedio de P total anual fue 856.38 mm año^{-1}.

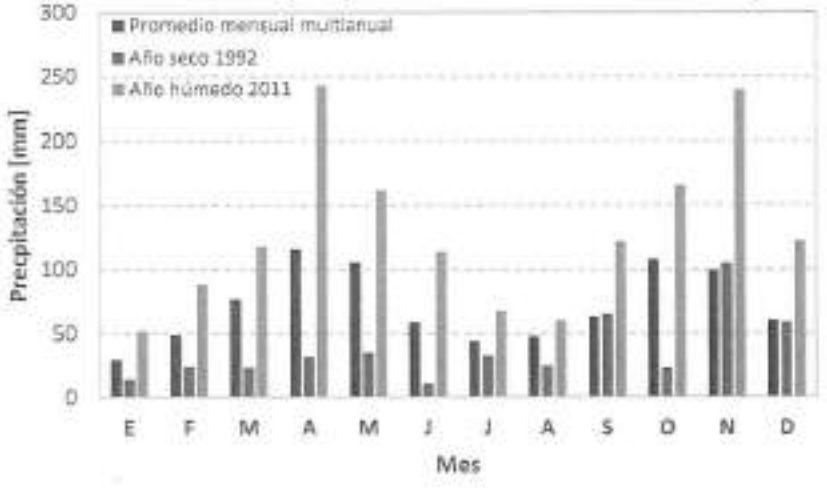
Figura 34. Precipitación total anual desde el año 1979 al 2016 en la estación Aeropuerto El Dorado

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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.

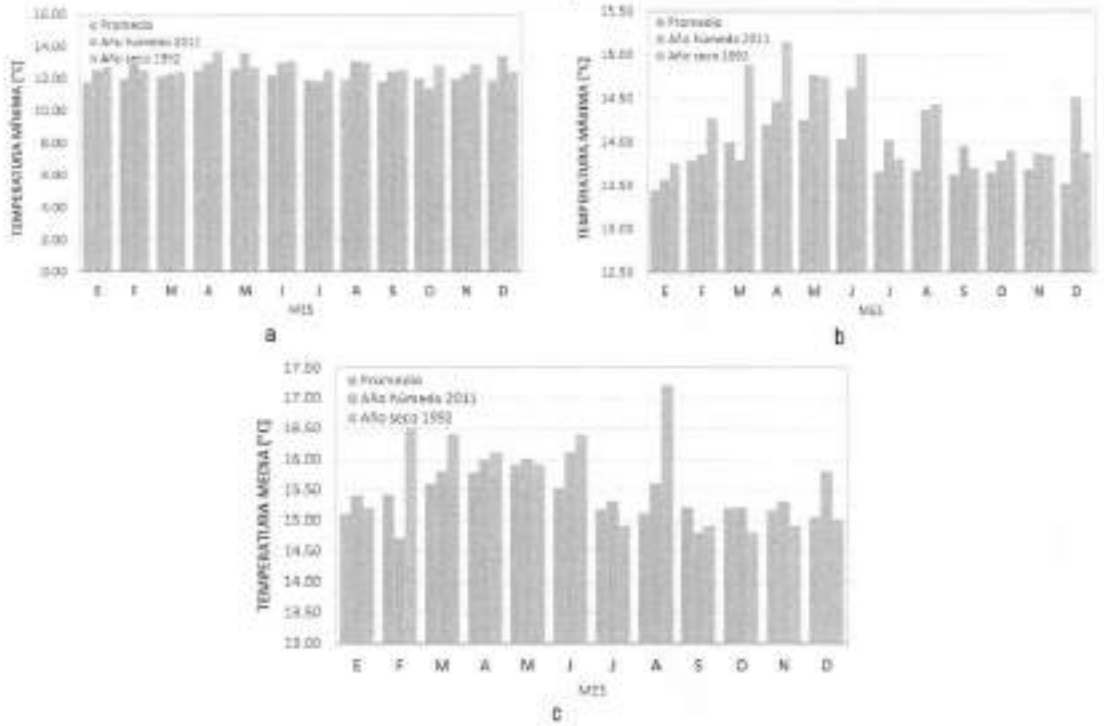
Figura 35. Variación intraanual de la precipitación mensual en la estación Aeropuerto El Dorado



Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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).

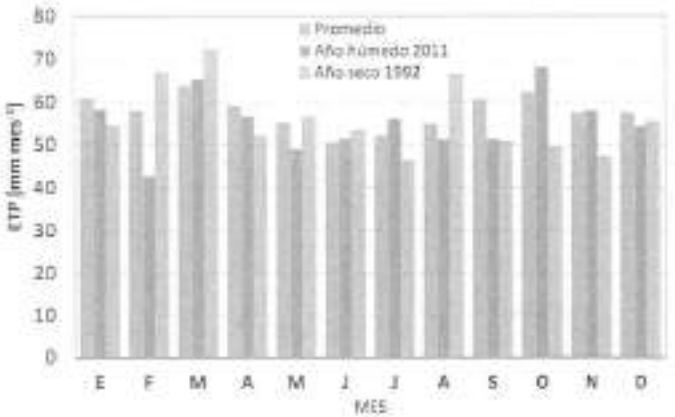
Figura 36. Temperaturas promedio, máxima y mínima mensual para los tres periodos de análisis en la estación Aeropuerto El Dorado



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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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).

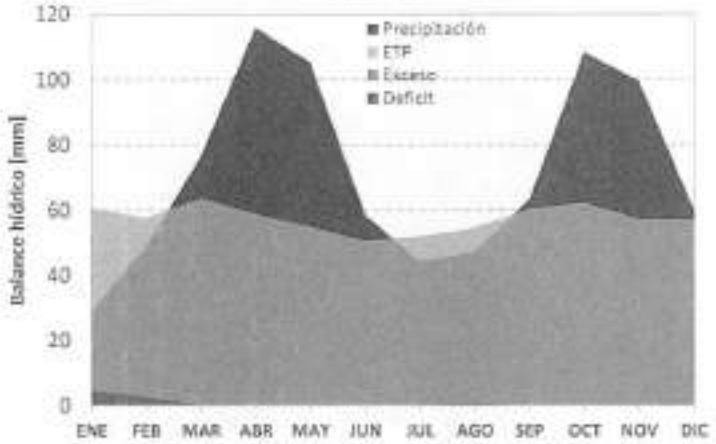
En la condición promedio, se evidenció que se genera un exceso (Ex) cuando la P es superior a 60 mm mes-1 y que el déficit hídrico es inferior a 5 mm mes-1 durante los meses secos, como se muestra en la Tabla y la Figura . Por otra parte, la infiltración en los meses húmedos no superó el 30 % de la precipitación 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	29.96	48.76	76.58	115.80	108.25	58.59	44.01	47.25	63.25	130.21	99.69	90.12
ETP	66.89	57.77	83.58	86.67	54.91	60.37	51.92	54.63	60.40	62.15	57.30	57.17
P - ETP	-31.54	-9.01	-13.00	56.53	53.34	-1.22	-7.91	-7.38	2.85	48.57	42.29	2.95
PERIODO	S	S	H	H	H	H	S	S	H	H	H	H
R	72.78	68.49	79.68	100.00	100.00	100.00	92.39	85.81	88.67	100.00	100.00	100.00
VR	27.24	8.27	0.00	0.00	0.00	0.00	7.91	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00
ET	56.58	55.83	83.50	86.67	54.91	58.37	51.82	53.62	60.40	62.15	57.30	57.17
D	4.30	2.74	0.08	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	35.41	58.34	8.22	0.00	0.00	0.00	34.73	42.29	2.95
Dre	6.38	4.16	2.08	19.25	34.80	21.51	10.75	5.38	2.69	16.71	30.58	16.72
IDH	92.91	95.25	106.80	115.48	122.92	104.08	99.42	96.53	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	27.38	11.79	0.00

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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



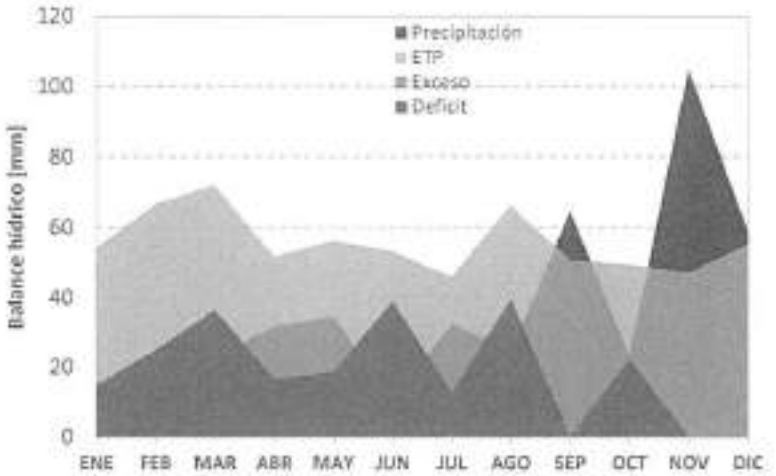
En el año de 1992 donde se presentó la condición más seca conforme a la menor cantidad de precipitación en el periodo de estudio, se caracterizó por presentar déficits en promedio de 18 mm mes^{-1} y cero excesos a lo largo del año, incluso en la condición más húmeda de ese año ocurrió en los meses de 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_{max} 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	31.00	35.60	10.00	32.40	24.50	84.70	23.00	134.60	59.00
ETP	54.37	66.65	72.19	51.73	66.42	53.41	46.04	66.35	58.80	49.00	47.21	55.31
P - ETP	-40.17	-42.55	-49.19	-20.13	-21.82	-43.41	-13.64	-41.85	13.90	-26.00	87.39	3.69
PERIODO	S	S	S	S	S	S	S	S	H	S	H	H
R	50.30	32.64	16.75	16.14	12.96	8.34	7.27	4.79	18.90	14.26	71.89	75.58
VR	25.26	17.86	12.89	3.61	3.18	4.62	1.07	2.52	0.00	4.37	0.00	0.00
ET	39.46	41.76	35.89	35.21	37.78	14.62	33.47	27.02	58.80	27.37	47.21	55.31
D	14.89	24.92	36.30	16.52	10.64	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
Dne	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	65.95	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	87.39	3.69

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778699 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



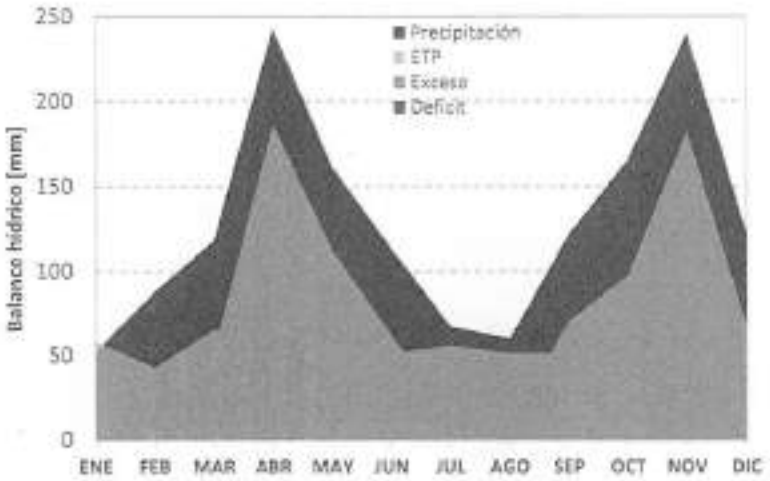
Finalmente, en el periodo más húmedo (año 2011) se evidenciaron los mayores excesos que ocurrieron durante los meses de abril y noviembre (superior a 180 mm mes^{-1}). De forma opuesta al periodo seco, el déficit durante todo el periodo húmedo fue igual a cero mm mes^{-1} como secuencia de las precipitaciones 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	82.18	88.00	118.10	242.90	161.30	113.50	67.20	60.30	121.70	185.00	239.80	122.90
ETP	86.21	42.63	65.27	56.65	48.89	51.17	55.09	51.10	51.22	68.00	57.85	54.21
P - ETP	-4.11	45.37	52.83	186.15	112.41	62.33	11.21	9.10	70.48	97.60	181.95	68.69
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	86.09	42.63	65.27	56.65	48.89	51.17	55.09	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	68.69
Dre	48.09	44.21	48.52	117.34	114.87	88.00	49.91	29.50	49.09	73.80	127.87	97.88
IDH	89.68	123.13	120.24	182.15	157.47	130.45	105.01	104.40	134.40	139.98	176.63	131.46
Inf	0.00	1.18	4.31	68.81	0.00	0.00	0.00	0.00	20.49	23.80	54.08	0.80

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

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 evidencio 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.



Figura 42. Localización de las Perforaciones exploratorias PMB y Pozos de monitoreo PZM en el área sur del predio.
Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia



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, H_2S, 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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)

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y No.2019ER180582de 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	4.96E-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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

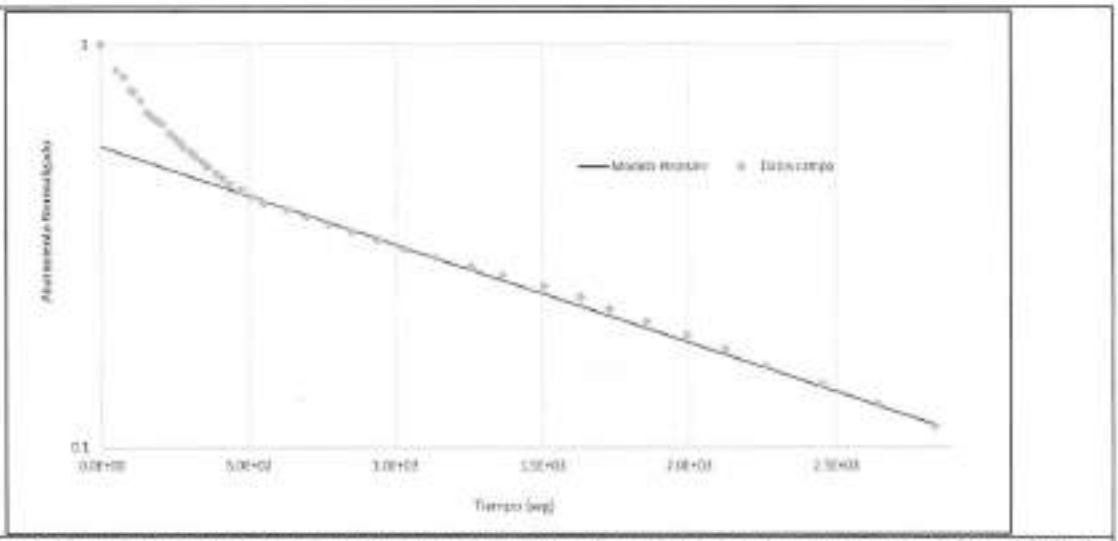


Figura 44. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM1. K = 3.84E-02 m/d
Fuente: SDA, 2020

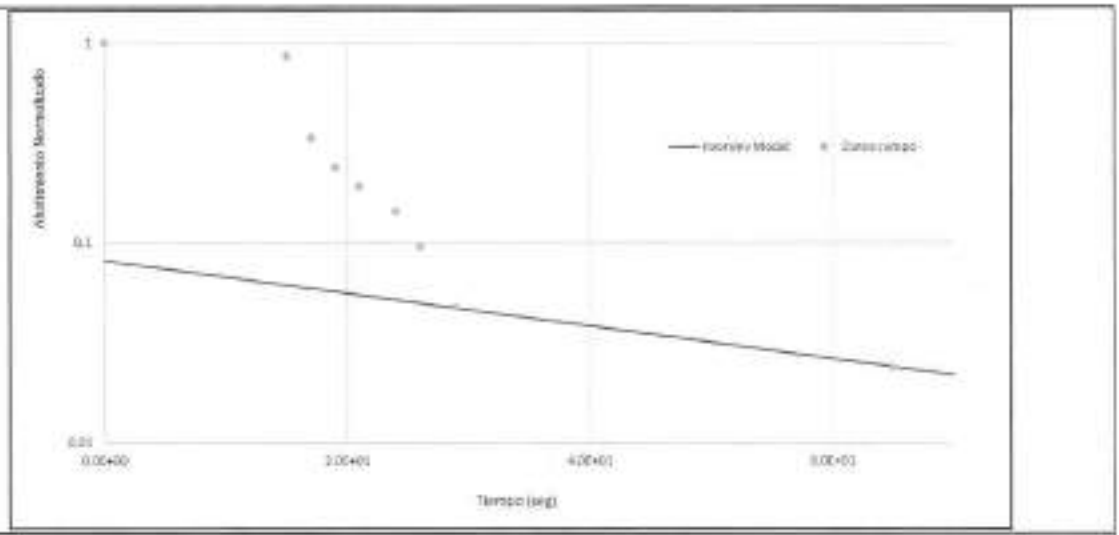


Figura 45. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM7*. K = 1.40 E+00 m/d
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

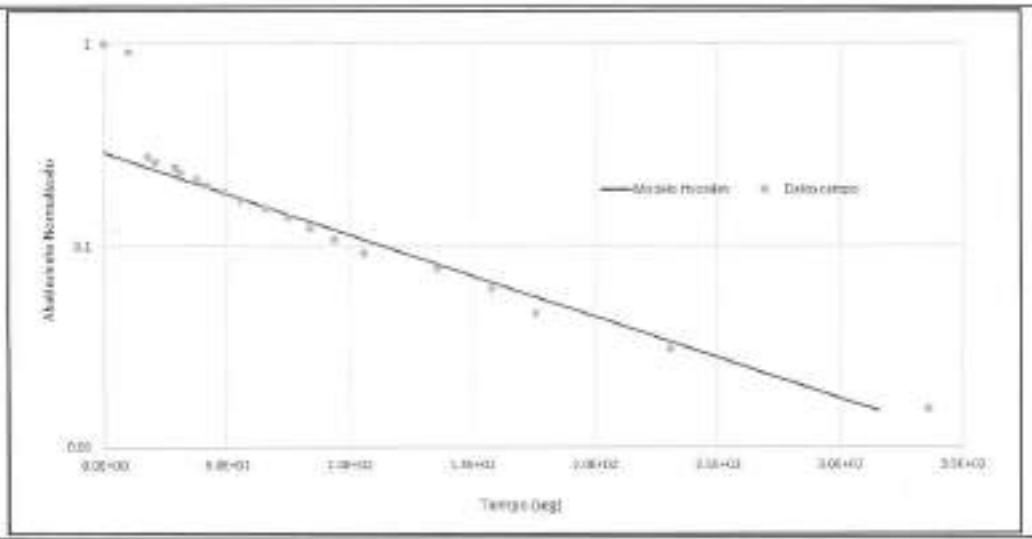


Figura 46. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM6*. K = 7.04E-01 m/d
Fuente: SDA, 2020

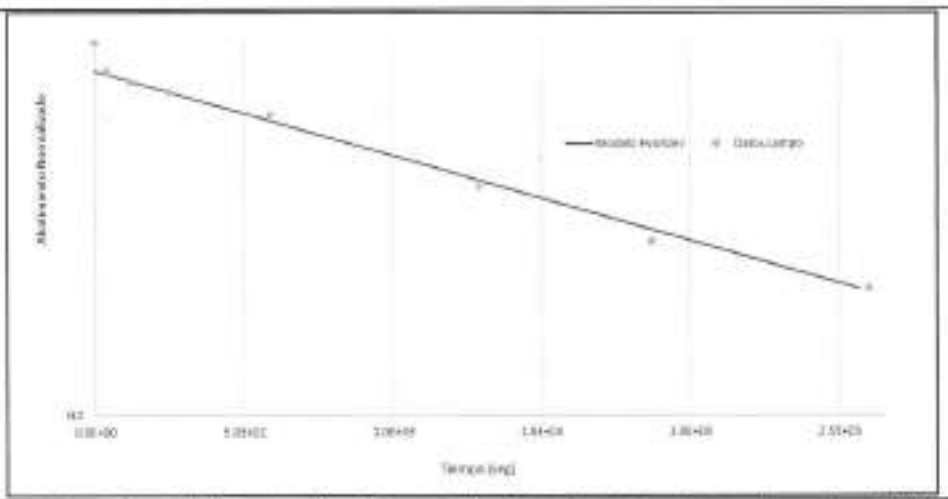


Figura 47. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM5. K = 2.51E-02 m/d
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

538

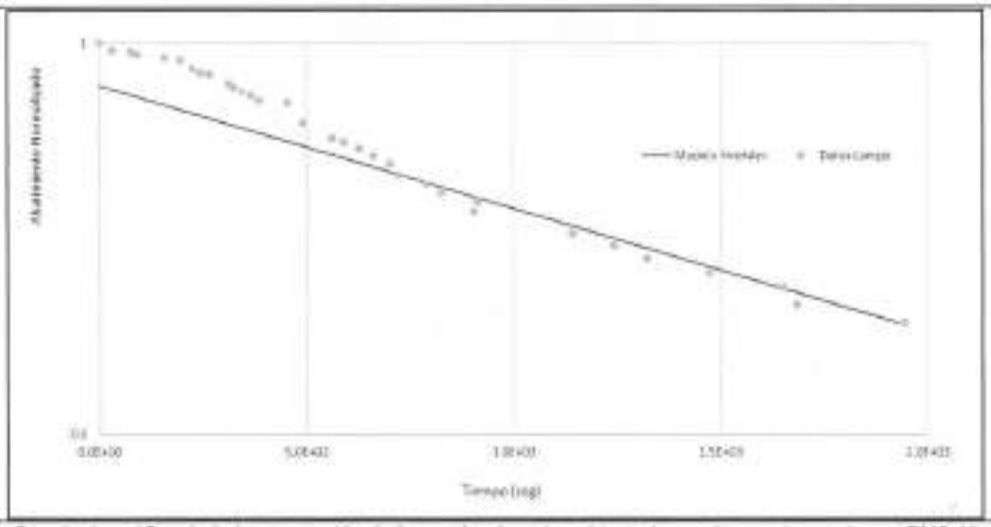


Figura 48. Resultado gráfico de la interpretación de la prueba de pulso ejecutada en el pozo de monitoreo PM9. K = 4.95E-02 m/d
Fuente: SDA, 2020

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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:



Figura 50. Localización de los puntos de muestreo zona sur del predio
Fuente: Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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		
PM8			05/10/2018	10/10/2018	400-160392-1
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 incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)	11/03/2019	19/03/2019	400-167488-3
PZM6	Suprayace		11/03/2019	19/03/2019	400-167488-5
PMB4	Infrayace		12/03/2019	19/03/2019	400-167488-4
PZM8	Infrayace	Compuestos Orgánicos Semi-volátiles-SCOV	12/03/2019	19/03/2019	400-167488-6
PZM10	Infrayace	Metales (Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo) 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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	9
Lead	mg/Kg	7.2	16	18	22	20	6.6
Mercury	mg/Kg	0.011	0.056	0.074	0.048	0.061	<0.006

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 10/05/18	C 10/05/18	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	400-167488-5	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	0.59	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	0.060	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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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	0.045
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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

- 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.



PUNTO	TIPO DE FLUIDO	COMPAÑÍA Y AÑO DE CONSTRUCCIÓN
PM 2	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 3	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 4	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 5	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 6	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 7	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 8	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 9	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 10	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 11	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 12	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 15	Lixiviado	SIAM SAS - 2018
PM 1	Agua	SIAM SAS - 2018
PM 13	Agua	SIAM SAS - 2018
PM 1/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PM 2/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PM 3/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PM 4/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PM 5/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PM 6/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PM 7/2017	Agua	SIAM SAS - 2017
PT 2	Mezcla (Agua - Lixiviado)	CIC - 2015
PT 5	Mezcla (Agua - Lixiviado)	CIC - 2015
PT 6	Mezcla (Agua - Lixiviado)	CIC - 2015
PT 7	Mezcla (Agua - Lixiviado)	CIC - 2015
PT 10	Mezcla (Agua - Lixiviado)	CIC - 2015

Figura 51. Localización puntos de muestreo de agua subterránea y lixiviados
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 Cálcica, Dureza Total, Fenoles Colorimétrico, Fósforo Soluble, Fósforo Total, Litio, Manganeso, 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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, Niquel, 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 1 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 021L	92
DQO Total	mg 02 /L.	1661
Dureza Total	mg CaCO3/1	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
Niquel	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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

ID Analquim Ltda.		PM1
ID EAAB		20181018020308 9
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 S0	127
Zinc	mg Zn /L	1,13
Hidrocarburos Totales	mg/L	2.7
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/100 ml	1220
Nitrógeno Kjeldahl Total	mh 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 DBO_5, 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, solidos 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 limites 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

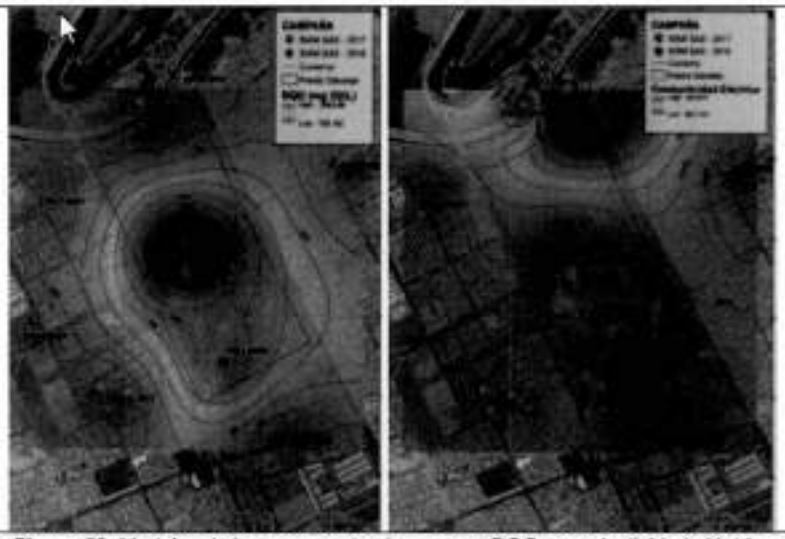


Figura 52. Modelos de iso – concentraciones para DQO y conductividad eléctrica
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

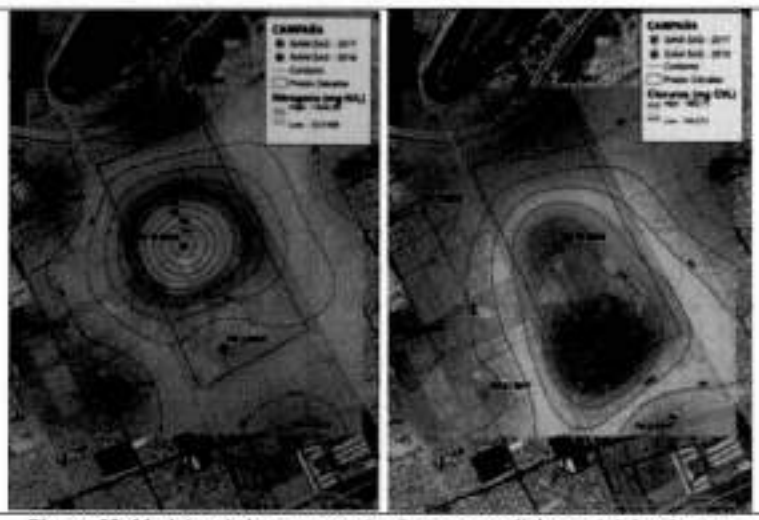


Figura 53. Modelos de iso – concentraciones para nitrógeno total y cloruros
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778699 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

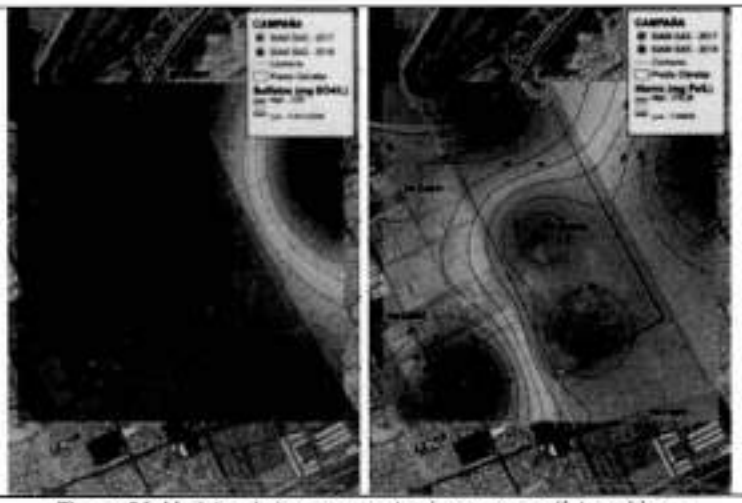


Figura 54. Modelos de iso – concentraciones para sulfatos y hierro
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

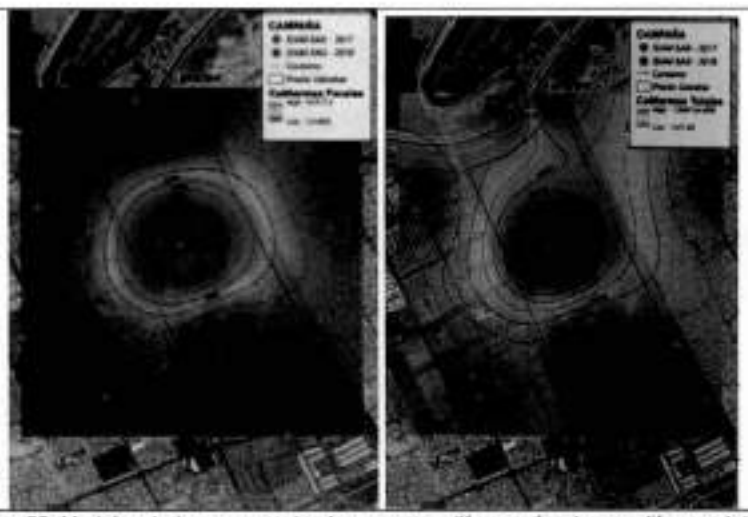


Figura 55. Modelos de iso – concentraciones para coliformes fecales y coliformes totales
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

En las siguientes figuras se muestran los resultados de los modelos de iso – concentraciones implementados por la SDA. Espacialmente 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 limites 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.

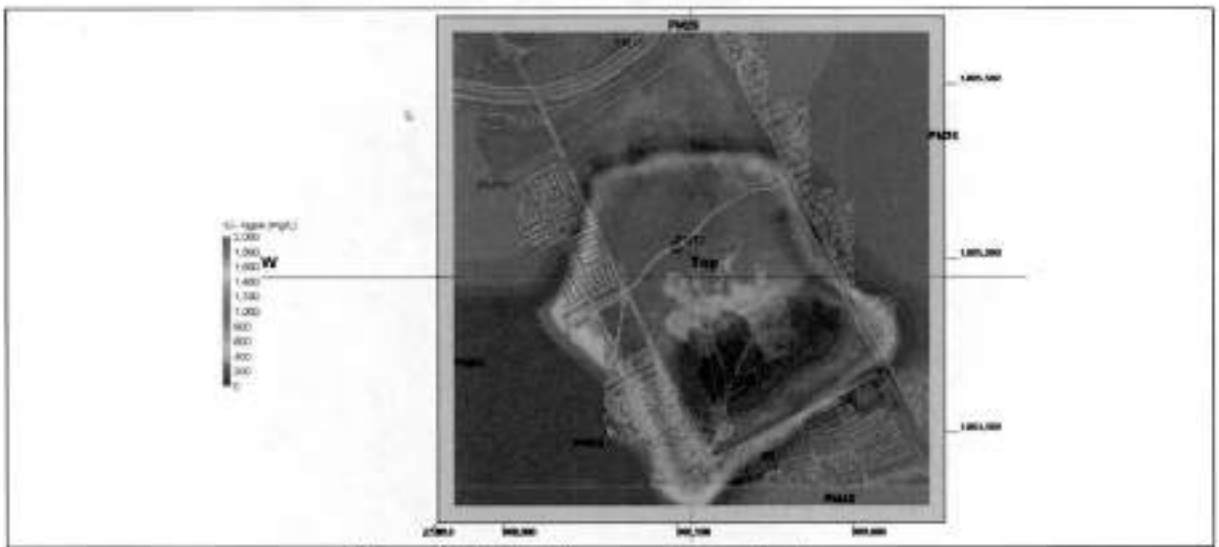


Figura 56. Modelo de iso-concentraciones de cloruros
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

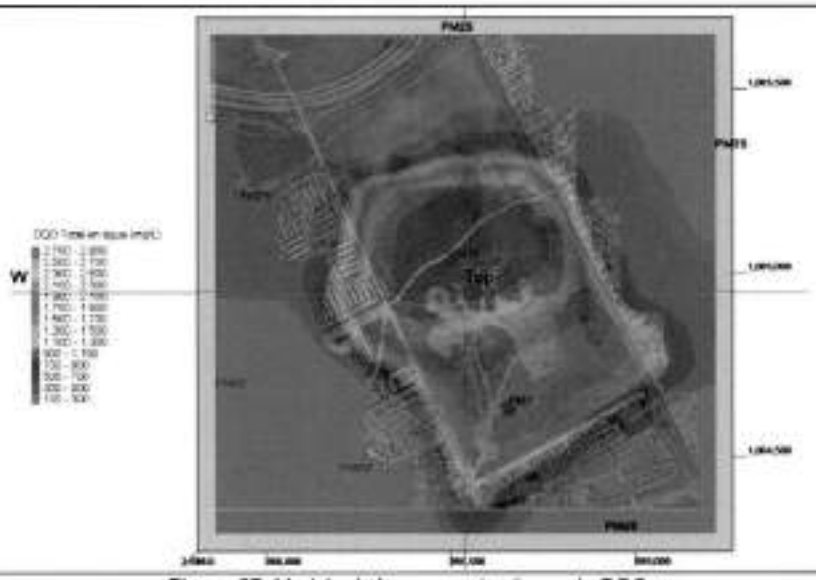


Figura 57. Modelo de iso-concentraciones de DQO
Fuente: SDA, 2020



Figura 58. Modelo de iso-concentraciones de Cr
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

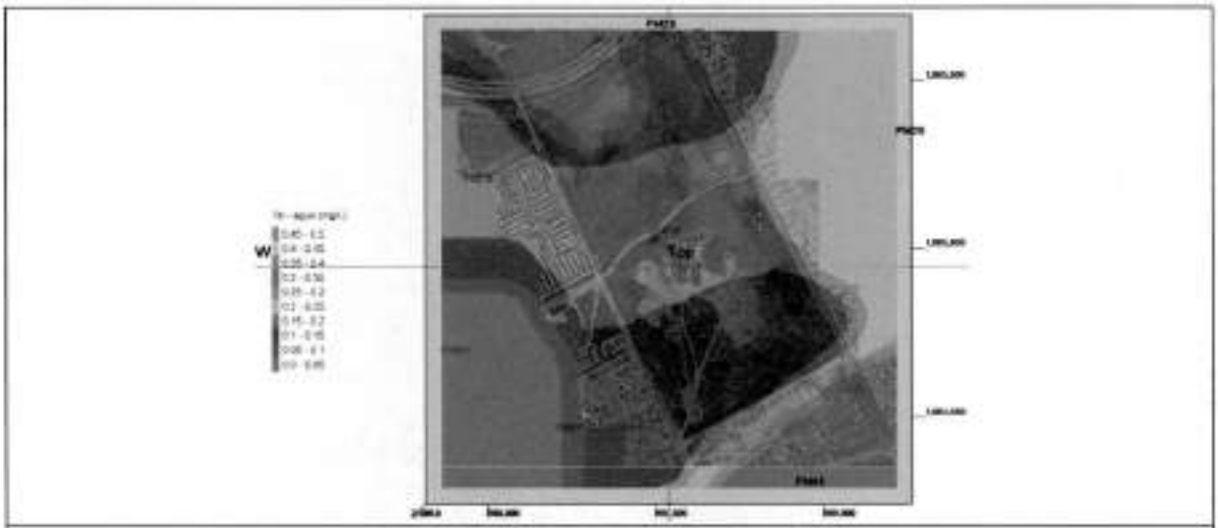


Figura 59. Modelo de iso-concentraciones de Pb
Fuente: SDA, 2020

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		20181018 0203090	20181018 0203091	20181018 0203092	20181019 0203112	20181019 0203113	20181019 0203114	20181019 0203115	20181019 0203116	20181022 0203132	20181022 0203131	20181023 0203133
Análisis	Unidad	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018
		R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 22/10/2018	R 22/10/2018	R 23/10/2018
Cadmio	mg Cd / L	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	38600	46500	2419500	1986300	19500	727000	1119900	547500	9700	186000
Conductividad Eléctrica	pSicm	16760	3870	2870	1378	32300	21400	16580	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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
ID del Laboratorio		20181018 80 203090	20181018 80 203091	20181018 0 203092	20181019 0 203112	20181019 0 203113	20181019 0 203114	20181019 0 203115	20181019 8 203116	20181022 0203132	20181022 0203131	20181023 0203133
Análisis	Unidad	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018
		R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 22/10/2018	R 22/10/2018	R 23/10/2018
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 02/L	116	29	32	127,5	291	158	149	NRL	261	399	131
DQO Total	mg 02 /L	1652	797	1298	2102	4724	2804	2777	1,2	3272	3811	1343
Dureza Total	mg CaCO3/1	1245	1375	1659	1875	281	209	578	4405	334	230	1328
Hierro	mg Fe / L	178,25	57,92	146	76,95	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	61,67	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	0,0015	0,0008	0,0022	1,14	0,0058	0,0015	0,0005
Niquel	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	965
PCB No 101	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 138	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 153	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 195	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No 28	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 44	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 52	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No 8	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
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	0,68	0,07	0,9	0,13	0,27	0,1	0,36	0,31	1,53	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	1286,76	1762	1043,12	1650	916,81
Sulfatos	mg S0	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	0,96	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	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
ID del Laboratorio		20181018020090	20181018020091	20181018020092	20181019020112	20181019020113	20181019020114	20181019020115	20181019020116	20181022020132	20181022020131	20181023020133
Análisis	Unidad	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018
		R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 22/10/2018	R 22/10/2018	R 23/10/2018
PCB No. 151	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No 18	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 194	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No. 70	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
PCB No.180	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
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		201903220200613	201903220200614
Análisis	Unidad	C 22/03/2019	C 22/03/2019
		R 22/03/2019	R 22/03/2019
Alcalinidad	mg CaCO3/L	6391,5	N.A.
Aluminio	mg Al	8,22	14,8
Bario	mg Ba/L	0,58	1,05
Berilio	mg/L	<0,01	<0,01
Boro	mg B / 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
DBO5	mg 02 /L	158	N.A.
DQO Total	mg 02 /L	1795	N.A.
Dureza Cálcica	mg CaCO3/L	136	N.A.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

ID Analiquim Ltda.		PZM6	PZM10
ID EAAB		201903220 200613	201903220 200614
Análisis	Unidad	C 22/03/2019 R 22/03/2019	C 22/03/2019 R 22/03/2019
Dureza Total	mg CaCO3/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	18,6	N.A.
Litio	mg Li / L	0,05	0,04
Manganeso	mg Mn / L	0,4	0,39
Mercurio	mg Hg /L	0,0012	0,0013
Molibdeno	mg Mo/L	0,01	0,02
Níquel	mg Ni	0,2	0,23
Nitratos	mg NO3-N/L	1,3	N.A.
Nitritos	mg NO2-N/L	0,03	N.A.
Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-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 SO4/L	<2	N.A.
Sulfuros	mg S'/L	1	N.A.
Vanadio	mg V/L	0,08	0,17
Zinc	mg Zn /L	0,4	0,4
Acidez	mg/L	296	N.A.
Color Real 436 nm	m-1	89,9	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-T/	<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 13/06/2019

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, DBO_5 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,

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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.

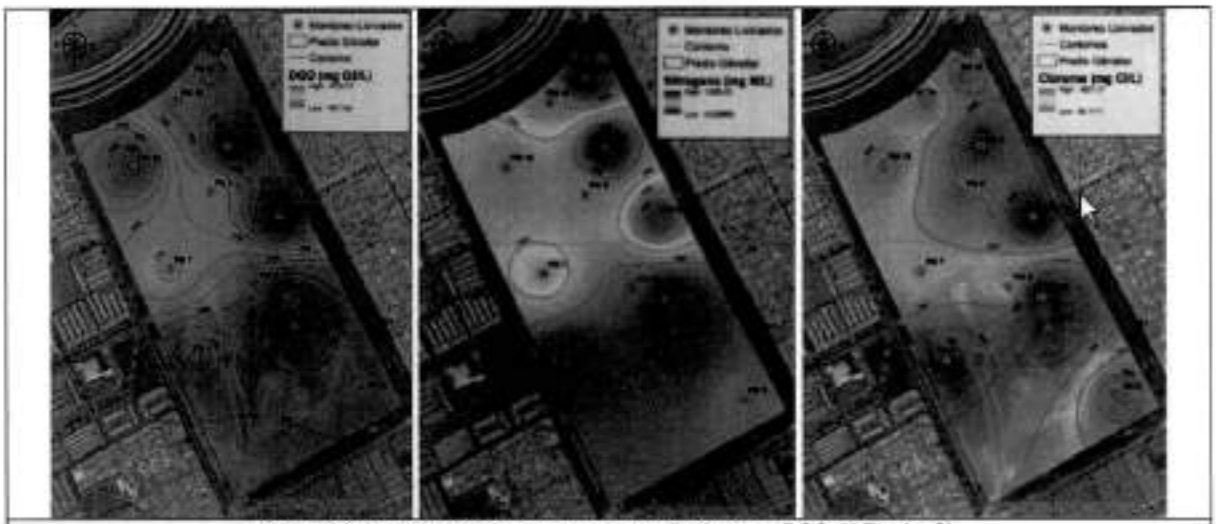


Figura 60. Modelo de Iso-concentraciones; Parámetros DQO, N Total y Cl-
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

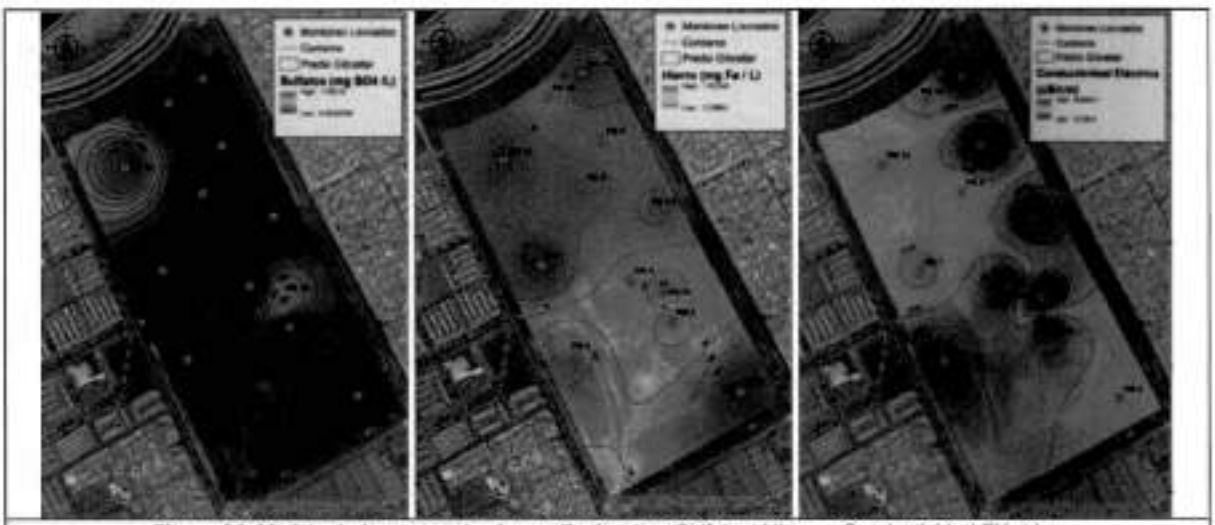


Figura 61. Modelo de Iso-concentraciones; Parámetros Sulfatos, Hierro y Conductividad Eléctrica

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

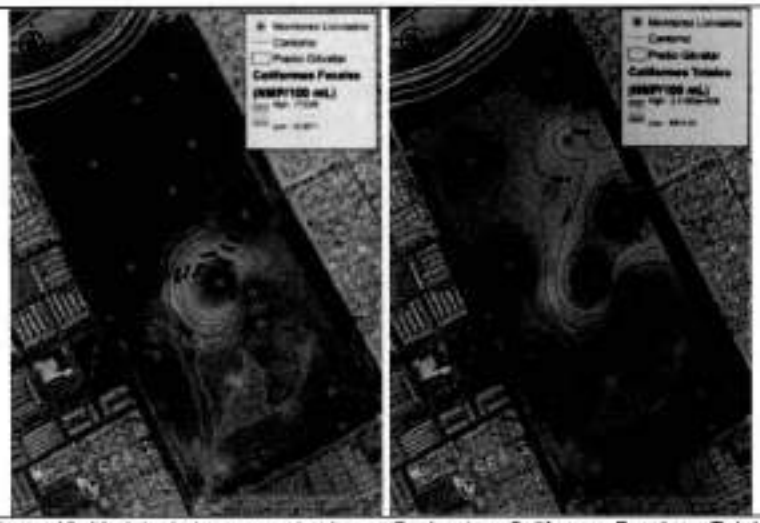


Figura 62. Modelo de Iso-concentraciones; Parámetros Coliformes Fecales y Totales
Fuente: Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019

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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

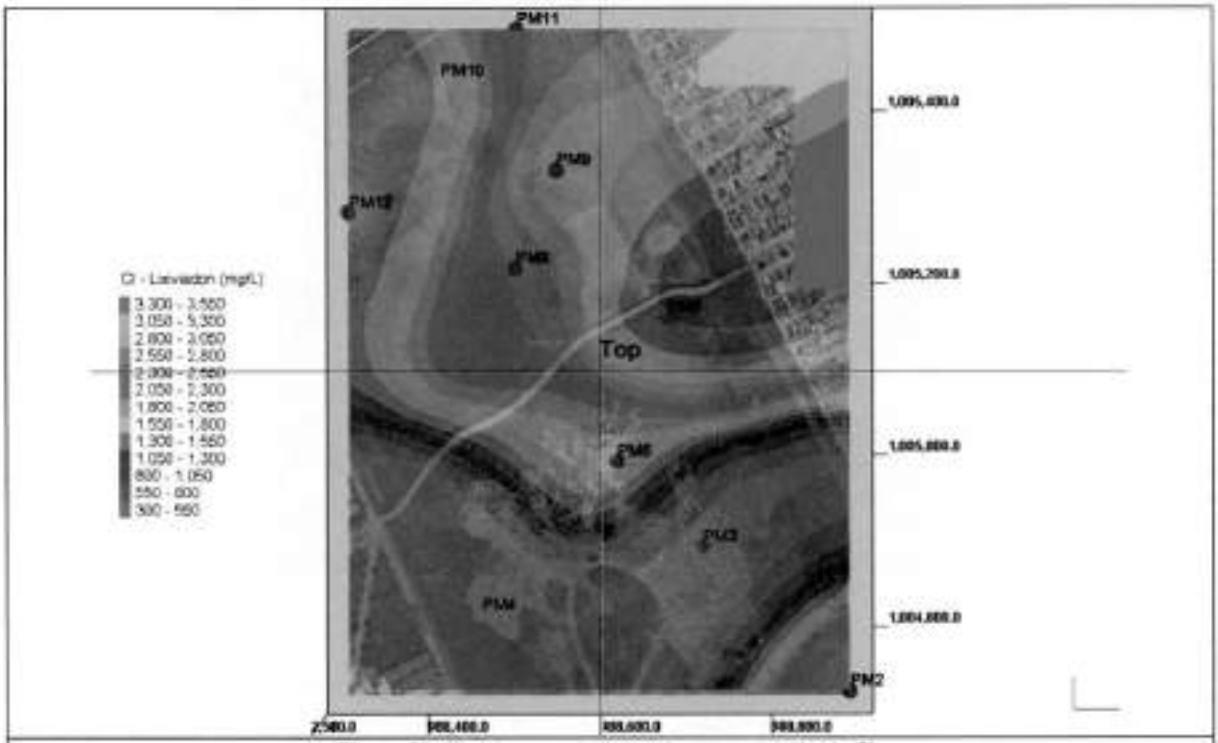


Figura 63. Modelo geoestadístico de concentración de Cl-
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

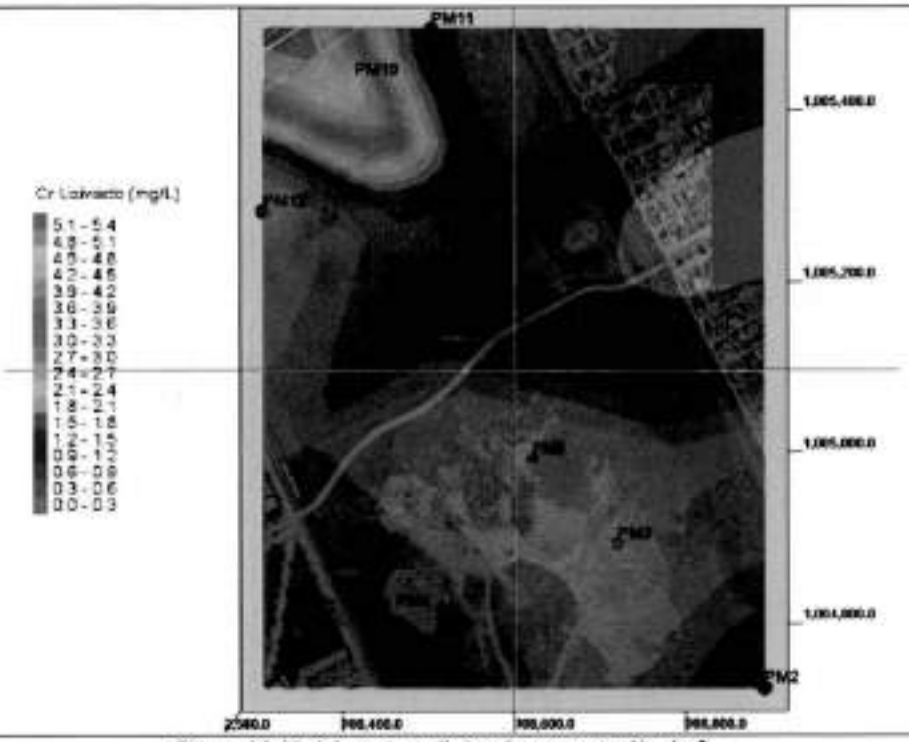


Figura 64. Modelo geoestadístico de concentración de Cr.
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

BOGOTÁ

549

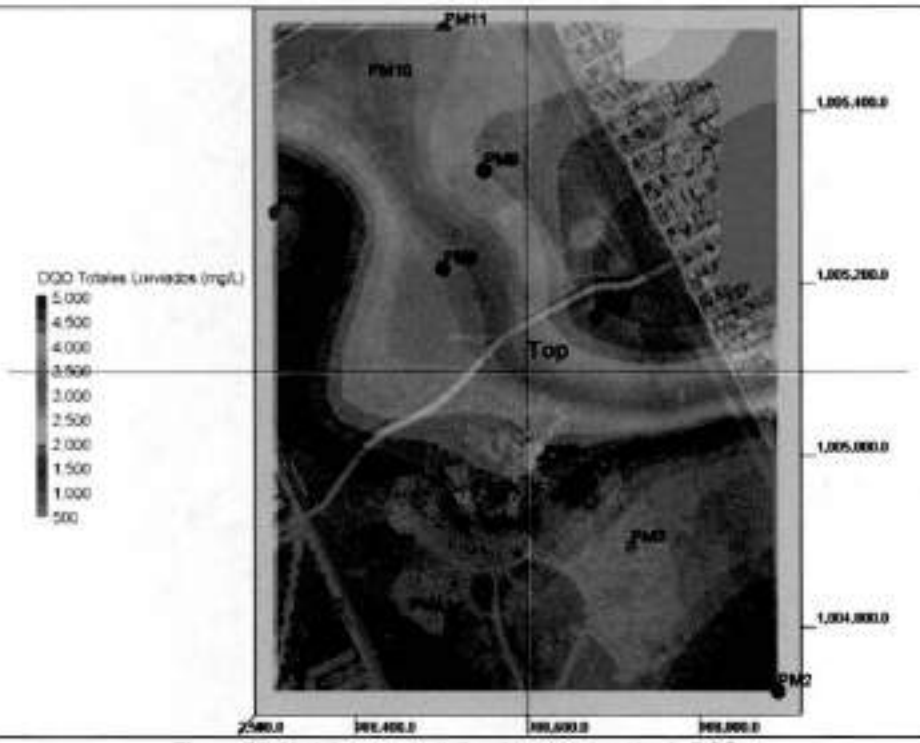


Figura 65. Modelo geoestadístico de concentración de DQO.
Fuente: SDA, 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

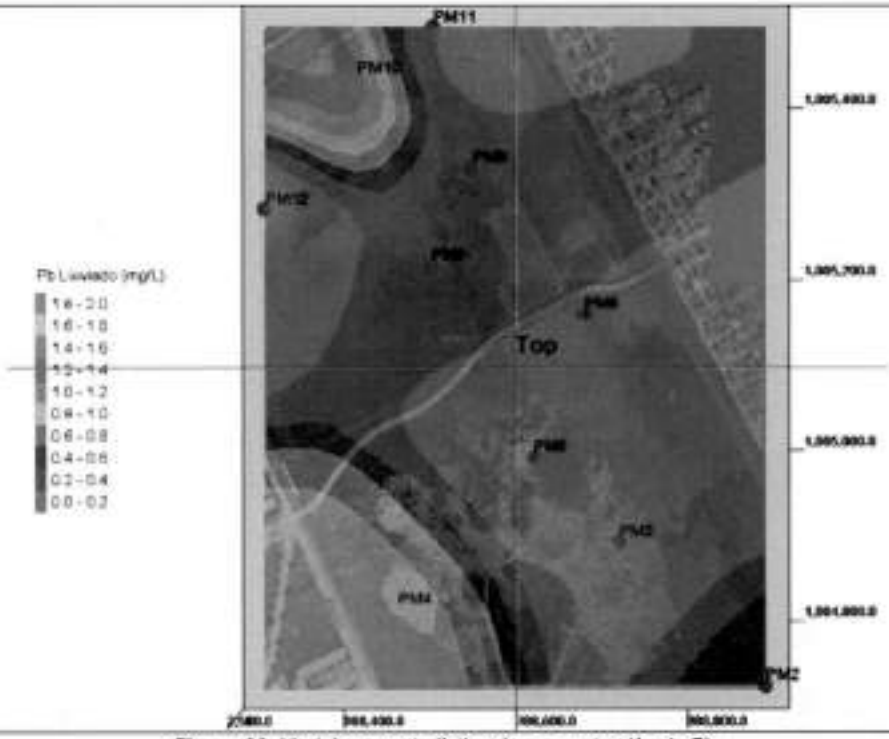


Figura 66. Modelo geoestadístico de concentración de Pb.
Fuente: SDA, 2020

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 recebo 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

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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, reciebo 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

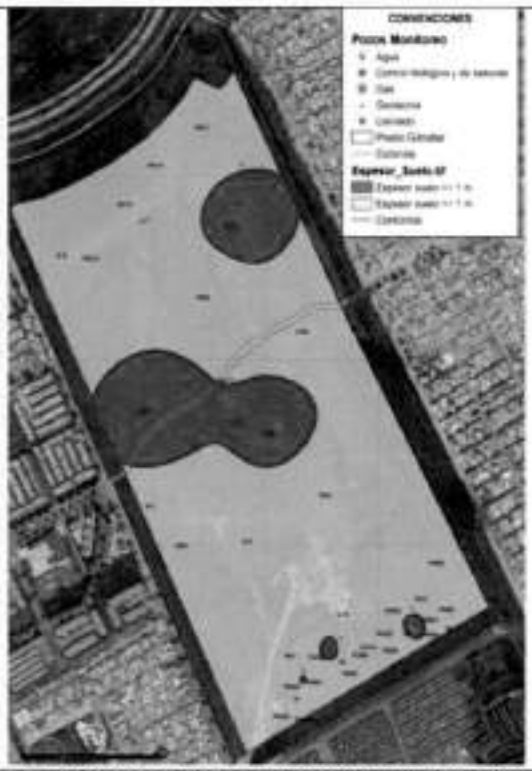


Figura 68. Capa superficial con espesores menor a 1 m.
Fuente: Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

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 44m^3/hora, siendo 0,7m^3/ha-hr. Así mismo, la EAAB establece una relación directa del % de LEL con la presencia de Metano y Oxigeno, 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.

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-38
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.ambientebogota.gov.co
Bogotá, D.C. Colombia

Anexo 10.
Plan de Manejo Ambiental

CONSORCIO
GIBRALTAR

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL



CONSORCIO GIBRALTAR
AMR CONSTRUCCIONES S.A.S
CONSTRUCTORA CONACERO S.A.S
PIGO INGENIEROS E INVERSIONES S.A.S

Bogotá D.C., mayo de 2024

CONTRATAR LAS OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO EN EL MARCO DE LA MANZANA DEL CUIDADO DEL PORVENIR (GIBRALTAR). LOCALIDAD DE KENNEDY – BOGOTÁ



PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

CONTRATISTA:

CONSORCIO GIBRALTAR

INTERVENTORÍA:

CONSORCIO INTERVENTORES GIBRALTAR

MAYO 2024

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

CONTRATISTA

ELABORÓ: Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Milena Benavides Posada	Nombre: Sandra Ruiz	Nombre: Sara Chaparro
Cargo: Residente Ambiental	Cargo: Profesional en manejo de suelos contaminados	Cargo: Especialista en hidrogeología
Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024

ELABORÓ: Firma:	Firma:	REVISÓ: Firma:
Nombre: Fernando Calixto Chavarro	Nombre: Miguel Ángel Castañeda	Steve Moreno
Cargo: Profesional Forestal	Cargo: Biólogo	Director de Obra
Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024

INTERVENTORIA

REVISÓ: Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Julián Agudelo	Nombre: Walter López	Nombre: James Otálvaro
Cargo: Profesional Ambiental	Cargo: Profesional ambiental	Cargo: Especialista en hidrogeología
Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024

REVISÓ: Firma:	Firma:	APROBÓ: Firma:
Nombre: Oscar Casas	Nombre: Mauricio Cano	Raúl Pinzón
Cargo: Profesional Forestal	Cargo: Biólogo	Director de Interventoría
Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024	Fecha: mayo de 2024

HISTORIAL DE CAMBIOS

Control de Versiones Contratista- Interventoría

Versión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
0	16/02/2024	Versión inicial del documento	158
1	24/02/2024	Observaciones de la interventoria y mesa de trabajo	165
2	09/03/2024	Ajustes solicitados por interventoria	165
3	01/04/2024	Ajuste a las observaciones IDRD 26-03-2024	210
4	14/04/2024	Ajustes solicitados por interventoria	210
5	26/04/2024	Ajuste a las observaciones IDRD 24-04-2024	174
6	03/05/2024	Ajuste a la mesa de trabajo IDRD e Interventoria 03-05-024	182

Control de Versiones Interventoría- IDRD

Versión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
1	10/03/2024	Primera revisión IDRD	152
2	26/03/2024	Segunda revisión IDRD	160
3	15/04/2024	Tercera revisión IDRD – Mesa de trabajo	210
4	06/05/2024	Entrega con ajustes de mesa de trabajo 03-05-2024	182

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 10
2. OBJETIVOS 11
2.1. GENERAL 11
2.2. ESPECÍFICOS 11
3. ALCANCE 11
4. JUSTIFICACIÓN 11
5. ANTECEDENTES GENERALES DEL PREDIO DONDE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO 12
6. PRONUNCIAMIENTOS GENERADOS POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL SDA 13
7. DEFINICIONES Y SIGLAS 14
8. MARCO LEGAL 17
9. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 27
9.1. LOCALIZACIÓN 27
9.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 29
9.3. ETAPAS DEL PROYECTO 30
10. AREA DE INFLUENCIA 40
11. LINEA BASE AMBIENTAL 42
11.1. MEDIO ABIÓTICO 43
11.1.1. GEOLOGÍA 43
11.1.2. GEOLOGÍA DE SUELOS 43
11.1.2. HIDROGEOLOGÍA 49
11.2. GESTIÓN DEL RIESGO 71
11.2.1 Valoración del Riesgo 71
11.2.2. AMENAZA POR INUNDACIÓN 74
11.2.MEDIO BIÓTICO 105
11.2.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES 105
11.2.2 FLORA 105
11.2.3 FAUNA 112
11.2.4. ÁREAS DE ESPECIAL INTERÉS 139
12 MEDIO SOCIOECONOMICO 139
13 FUENTE DE MATERIAL Y RECURSOS NATURALES 141
13.1 USO DE MATERIALES PÉTREOS 141
13.2 USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 142
13.3 USO DE RECURSO HÍDRICO 142
14 PERMISOS AMBIENTALES 143
14.1 REGISTRO DE ELEMENTOS DE PUBLICIDAD EXTERIOR VISUAL 143
14.2 PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL – RCD Y PIN DE OBRA 144

555

14.3 PERMISO SILVICULTURAL 145
14.4 REGISTRO DE GENERADORES DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS 145
14.5 CUMPLIMIENTO NORMATIVO DE PROVEEDORES 145
15 METODOLOGÍA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN AMBIENTAL 147
15.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES SIN PROYECTO 147
15.2 ACTIVIDADES DE OBRA OBJETO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 149
15.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA EL PROYECTO 154
15.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA EL PROYECTO 161
16 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL 180
16.1 CONTROL DE ROEDORES EN EL PREDIO 181
Bibliografía 182

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización del predio 28
Ilustración 2 Contexto del predio 29
Ilustración 3 Polígono de intervención 29
Ilustración 4 Centro de Recreo Deportivo y Cultural Gibraltar 30
Ilustración 5. Provisional de acueducto 32
Ilustración 6. Provisional Red Eléctrica 33
Ilustración 7. Ubicación instalaciones provisionales 33
Ilustración 8. Ubicación punto de acopio de material para reconformación 34
Ilustración 9 Proceso constructivo pilotes tipo Kelly 36
Ilustración 10 Proceso Constructivo 38
Ilustración 11 Caracterización Ambiental de la zona influencia 41
Ilustración 12 Mapa de Zonificación geológica de Bogotá 44
Ilustración 13. Modelo estratigráfico, vista panorámica 3D 48
Ilustración 14. Localización de la red de monitoreo adyacente 52
Ilustración 15. Equipotenciales y direcciones de flujo del agua subterránea 59
Ilustración 16. Equipotenciales y direcciones de flujo del lixiviados. 61
Ilustración 17. Área influencia - Agua Subterránea 71
Ilustración 18 Ubicación de cuerpos de agua 75
Ilustración 19 Mapa de amenaza por rompimiento del Jarillón para el proyecto. 77
Ilustración 20 Mapa de amenaza por desbordamiento. 78
Ilustración 21 Mapa de amenaza de inundación por encharcamiento para el proyecto. 79
Ilustración 22 Mapa de amenaza por encharcamiento para el área de influencia directa. 80
Ilustración 23 Mapa de zonificación sísmica para el proyecto. 82
Ilustración 24 Mapa de amenaza por remoción en masa para el proyecto. 84
Ilustración 25 Mapa de amenaza por incendios forestales para el proyecto. 85
Ilustración 26. Zona de protección Rio Bogotá 87
Ilustración 27 Red adyacente de monitoreo 88
Ilustración 28. Modelos Geoestadísticos de Concentración 91
Ilustración 29- Área de Influencia Lixiviado 93
Ilustración 30. Variación espacial de la concentración promedio del VOC´s en el predio Gibraltar 94
Ilustración 31. Variación espacial de la concentración promedio del %LEL en el predio Gibraltar 95
Ilustración 32. Rangos de precipitación promedio anual para el proyecto. 98
Ilustración 33 Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{10} 100

Ilustración 34 Distribución espacial concentraciones mensuales $PM_{2.5}$ 101
Ilustración 35. Concentraciones mensuales de gases - enero 2024 102
Ilustración 36. Distribución espacial concentraciones mensuales O_3 - SO_2 - NO_2 -CO 102
Ilustración 37. Mapa estratégico de ruido 104
Ilustración 38. Área de influencia componente abiótico 104
Ilustración 39. Área de influencia componente forestal. 112
Ilustración 40. Área de influencia componente fauna 138
Ilustración 41. Áreas interés ambiental 139
Ilustración 42. Área de influencia componente social 141
Ilustración 43. Arte de la valla de obra 144

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Pronunciamientos de la Autoridad Ambiental 13
Tabla 2 Marco Legal Vigente 17
Tabla 3 Volumen de Líquidos de las excavaciones de pilotes Kelly 36
Tabla 4 Indicadores para definir o delimitar el área de Influencia 42
Tabla 5 Profundidad del relleno de tierras y varias con escombros en las perforaciones 45
Tabla 6 Profundidad de rellenos en tierras varias con basuras en las perforaciones 45
Tabla 7 Profundidad de rellenos arcillosos en las perforaciones 46
Tabla 8 Niveles de agua en la perforación 47
Tabla 9.Historico de puntos de agua subterránea asociados al Predio Gibraltar 49
Tabla 10.Historico de niveles freáticos medidos en el predio Gibraltar 50
Tabla 11. Niveles promedio y variación máxima nivel de agua 51
Tabla 12. Niveles promedio y variación máxima nivel de lixiviado (pozos instalados) 51
Tabla 13. Registro el seguimiento de niveles estáticos a los pozos de monitoreo de lixiviados 52
Tabla 14. Resultados de parámetros evaluados en agua subterránea en el año 2017 53
Tabla 15. Monitoreo de agua subterránea y lixiviados 53
Tabla 16. Caracterización de Agua subterránea PM1 54
Tabla 17. Resultados de conductividad hidráulica calculada 56
Tabla 18. Relación entre cada pozo y el grado de recuperación del nivel freático 57
Tabla 19. Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan. 58
Tabla 20. Interpretación de los valores resistivos encontrados mediante tomografía 59
Tabla 21. Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan. 62
Tabla 22. Parámetros medidos In Situ – Primer Monitoreo de Aguas subterráneas. * Conductividad en µs/cm 63
Tabla 23. Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Primer Monitoreo 63
Tabla 24. Parámetros medidos In Situ – Segundo Monitoreo de Aguas subterráneas. * Conductividad en µs/cm 65
Tabla 25. Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Segundo Monitoreo 65
Tabla 26. Fenómenos amenazantes identificados para el proyecto 72
Tabla 27. Escenarios de Riesgos Priorizados para el proyecto 73
Tabla 28. Categorización de riesgos 73
Tabla 29. Características generales de los procesos de remoción en masa 82
Tabla 30. Caracterización de Lixiviados predio Gibraltar 88
Tabla 31. Precipitación mensual El Dorado Catam [21205791] 98
Tabla 32 Tratamientos propuestos 105
Tabla 33 Inventario forestal 106
Tabla 34 Abundancia y distribución de las aves en la zona urbana de Bogotá D.C. 113
Tabla 35 Especies de aves de mayor probabilidad de ocurrencia en el Área de Influencia Directa del Proyecto 116
Tabla 36 Especies de herpetofauna de mayor probabilidad de ocurrencia en el área de influencia del Proyecto. 118
Tabla 37 Especies de mamíferos de mayor probabilidad de ocurrencia en el área de influencia del Proyecto. 119

556

Tabla 38 Composición de avifauna reportada para el área de influencia....121
Tabla 39 Abundancia de avifauna reportada para el área de influencia....123
Tabla 40 Especímenes registrados en el área de intervención....124
Tabla 41 Serpiente sabanera (Atractus crassicaudatus)....128
Tabla 42 Ejemplares de murciélagos reportados para el área de influencia del proyecto....129
Tabla 43 Mamíferos reportados para el área donde se construirá el CAR Gibraltar....130
Tabla 44 Ejemplares de especies sinatrópicas presentes en el área de influencia del Centro de Alto rendimiento Gibraltar....131
Tabla 45 Nidos presentes en individuos forestales objeto de tratamientos silviculturales....133
Tabla 46 Área de influencia Social....140
Tabla 47 Proveedores de material pétreo....142
Tabla 48 Permisos ambientales - proyecto....143
Tabla 49 Gestores de Residuos peligrosos....146
Tabla 50 Gestores de residuos aprovechables....146
Tabla 51 Gestores de residuos liquido sanitarios....147
Tabla 52 Evaluación de impactos SIN proyecto....147
Tabla 53 Actividades de obra objeto de evaluación....149
Tabla 54 Ponderación componente y subcomponente....155
Tabla 55 Lista de chequeo....155
Tabla 56 Calificación de identificación de impactos....160
Tabla 57 Impactos ambientales identificados y objeto de ser evaluados....160
Tabla 58 Calificación aplicable a metodologia EPM....162
Tabla 59 Importancia Ambiental....163
Tabla 60 Evaluación ambiental Etapa Preliminar....165
Tabla 61 Evaluación ambiental Etapa Construcción....169
Tabla 62 Evaluación ambiental Etapa cierre....176
Tabla 63 Programa y fichas de manejo ambiental....180

CONTENIDO DE GRAFICAS

Grafica 1 Precipitación mensual - EL DORADO CATAM [21205791]....99
Grafica 2. Calificativo de impactos ambientales....178
Grafica 3. Impactos negativos....178

ANEXOS

Anexo No 1. Conceptos técnicos SDA
Anexo No 2. Plan hidrogeológico
Anexo No 3. Resolución 1085 de 2023, Silviculturales
Anexo No 4. Ubicación de instalación temporales
Anexo No 5. Documentos de registro PEV
Anexo No 6. Documentos proveedores material granular
Anexo No 7. Resolución 660 de 2019
Anexo No 8. Plan de manejo de la vegetación
Anexo No 9. Plan de manejo de avifauna
Anexo No 10. Documentos gestores de RCD
Anexo No 11. Solicitud de registro generadores RESPEL
Anexo No 12. Acta de paisajismo WR 1198 2021
Anexo No 13. Documentos proveedor baños
Anexo No 14 Salidas gráficas
Anexo No 15 Radicado SDA – PIN GEN

Anexo No 16 Programas de manejo ambiental
Anexo No 16.1 Cronograma de charlas
Anexo No 16.2 Protocolos
Anexo No 16.3. Ficha extintor
Anexo No 16.4. Ficha técnica equipo de GAS
Anexo No 16.5. Formato de medidor de gases
Anexo No 16.6. Ficha técnica de la Cal
Anexo No 16.7. Inspección de excavaciones
Anexo No 16.8 Mantenimiento de maquinaria
Anexo No 16.9 Matriz de EPP
Anexo No 16.10 Ficha técnica Bomba
Anexo No 16.11 Ficha técnica tanque
Anexo No 16.12 Plan de Contingencias transportadores
Anexo No 16.13 Plano manejo escorrentía
Anexo No 16.14 Plano manejo lixiviados
Anexo No 16.15 Planimetría paisajismo
Anexo No 16.16 Oficio de solicitud de estudio percepción de olores – Secretaria de Salud
Anexo No 17. Protocolo de control de roedores

557

1. INTRODUCCIÓN

El Contrato de obra No. IDRD-CTO-3203-2023 celebrado entre el Instituto de Recreación y Deporte - IDRD y el Consorcio Gibraltar, firmado el 05 de febrero del 2024, tiene por objeto "Contratar las obras y actividades complementarias del Centro de Alto Rendimiento en el marco de la Manzana del Cuidado del Porvenir (Gibraltar). Localidad de Kennedy – Bogotá". El proyecto se ubica en la zona suroccidental de la ciudad de Bogotá D.C, y en el marco de las obligaciones contractuales se debe prever y mitigar la posible afectación ambiental que pueda darse en el desarrollo de este.

En este documento se presenta el Plan de Manejo Ambiental del proyecto, para establecer las medidas de manejo ambiental a aplicar durante el desarrollo de las obras. Antes se elabora una descripción de las principales actividades del proyecto, una caracterización ambiental del área de influencia, y se identifican y evalúan los impactos que se generarán, cumpliendo los requerimientos establecidos en el contrato de obra y en la normatividad aplicable.

Para elaborar la caracterización ambiental o línea base, se toman como referencia los estudios ambientales de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en el sitio de intervención en 2018, y se considera la información recolectada en campo durante la fase preliminar del contrato.

Este documento toma como base el concepto técnico 03441 de 2023 (***Ver Anexo 1***) expedido por la SDA, el cual establece la línea base ambiental para la construcción del parque metropolitano PM 10 El Porvenir, instaurando los lineamientos técnicos para las especificaciones de: gases, suelo superficial, lixiviados, aguas subterráneas, análisis de riesgos, escorrentía, material particulado – olores, geotécnica, manejo de excavaciones y medidas HSE.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Formular el Plan de Manejo Ambiental para establecer las medidas de prevención, control, mitigación y compensación de los impactos ambientales positivos y/o negativos que se generen durante las actividades constructivas en el marco del desarrollo del Contrato de Obra No. IDRD-CTO-3203-2023.

2.2. ESPECÍFICOS

- Identificar el área de influencia del proyecto para delimitar el alcance tanto de los impactos como de las medidas de manejo ambiental.
- Cuantificar los recursos naturales renovables que se aprovecharán durante la ejecución del proyecto.
- Establecer las medidas de manejo ambiental adecuadas según las condiciones ambientales del sitio y su condición de sitios de disposición final de residuos.
- Articular las medidas de manejo ambiental con las medidas de contingencia enfocadas al manejo de posibles accidentes o riesgos no previstos o asociados con cada una de las actividades a ejecutar.

3. ALCANCE

El presente Plan de Manejo Ambiental se aplicará durante la ejecución de las obras correspondientes al desarrollo del Contrato de obra No. IDRD-CTO-3203-2023, que tiene por objeto "Contratar las obras y actividades complementarias del Centro de Alto Rendimiento en el marco de la Manzana del Cuidado del Porvenir (Gibraltar). Localidad de Kennedy – Bogotá". Las medidas de manejo establecidas se ejecutarán principalmente en el área de intervención correspondiente al Centro de Alto rendimiento en el predio denominado Gibraltar.

4. JUSTIFICACIÓN

Para el desarrollo del Contrato de obra No. IDRD-CTO-3203-2023, es de especial importancia la formulación y ejecución del Plan de Manejo Ambiental con el fin de garantizar una afectación mínima del ambiente, y teniendo en cuenta la localización del proyecto cercana a una zona residencial, reducir afectaciones a la población aledaña.

Además, el uso previo a los noventa implica la pertinencia del establecimiento de medidas de manejo enfocadas al control de posibles afectaciones en los recursos aire, hídrico, suelo y componente biótico.

5. ANTECEDENTES GENERALES DEL PREDIO DONDE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO

Según el Concepto Técnico No 03441 del 31 de marzo del 2023, emitido por la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, el predio Gibraltar en la década de los 80 operó como sitio de disposición final de residuos sólidos, como un botadero a abierto en Bogotá, que funcionó 10 años hasta 1988 y cerró cuando empezó a operar el Relleno Sanitario Doña Juana.

Los antecedentes a tener en cuenta para la ejecución de este proyecto son:

- El predio Gibraltar como sistema de disposición final de residuos no tuvo ningún tipo de manejo técnico como la impermeabilización de fondo, la implementación de sistemas de drenaje, ni obras para el manejo de lixiviados y gases, ni la implementación de una cobertura final o de un programa de manejo y monitoreo ambiental.

- En 1985, la tasa de disposición de residuos era de 3.400 toneladas al día aproximadamente.

- Durante 1989 y 1990 se observan lixiviados descargados al río y vallado sur

- En el 2000 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB, presentó un informe de monitoreo de aguas subsuperficiales, enfatizando en la mala calidad de las aguas analizadas, asimilándolas con lixiviado.

- Durante el 2005 y 2006 se evidenciaron lixiviados en el talud oriental del predio (calle 49 sur).

- Durante 2014 y 2015, la comunidad aledaña remite quejas por olores ofensivos y disposición de lodos a cielo abierto.

- En el 2021 la Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo de la SDA, emite los lineamientos técnicos para la desgasificación y muestreo de suelo en el predio.

- En el 2022 se inició la instalación de 100 chimeneas con 4,5 y 10 m de profundidad y se realizó monitoreo de gases a las chimeneas. Finalmente, cuando los monitoreos registraron concentraciones de metano por debajo del

límite de detección se desmontaron las estructuras de desgasificación.

- En el Concepto Técnico se alerta sobre acumulaciones puntuales o "bolsas" de gases que se pueden identificar durante las labores constructivas por la gran cantidad de material orgánica en descomposición que aún se encuentra dentro del predio, a pesar de que el proceso de desgasificación realizado por la EAAB alcanzó los criterios de finalización.

- Actualmente, por los antecedentes del pedio como sitio de disposición final de residuos, se encuentra bajo la superficie lixiviados y material antrópico (basura de todo tipo en descomposición).

Por otro lado, el concepto técnico No. 09579 del 27 de agosto de 2023, indica que el predio Gibraltar está ubicado sobre una capa continua de arcillas y limos con una profundidad máxima de 14 m. Además, la composición del suelo es principalmente arenoso con intercalaciones de finos, en el sector occidental, el suelo fino con alto contenido de humedad va disminuyendo su espesor a medica que se va acercando al canal Cundinamarca. Hacia el sector Nor-este la capa de arcilla desaparece poniendo en contacto las arenas con residuos sólidos. Se determinó que el flujo de las aguas subsuperficiales presenta dirección Norte- Noroeste es decir hacia el rio Bogotá.

6. PRONUNCIAMIENTOS GENERADOS POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL SDA

En la Tabla 1 se relacionan los pronunciamientos de la autoridad ambiental que se deberán cumplir durante el desarrollo de las actividades que se ejecutarán en la construcción del Centro de Alto Rendimiento El Porvenir.

Tabla 1 Pronunciamientos de la Autoridad Ambiental

RADICADO DE LA SDA	ASUNTO	ANEXOS
2017EE173838 de 06-09-2027	Determinantes Ambientales para la formulación del plan director del Parque metropolitano el porvenir (Gibraltar)	Plan director del parque Metropolitano El Porvenir (Gibraltar)
2021EE20780 de 03-02-2021	Evaluación de productos del Diagnósticos ambiental realizado por la EAAB ESP	Concepto Técnico 00325 del 29 de enero del 2021
2021EE61146 de 07-04-2021	Alcance a radicado 2021EE20780, Mediante el cual se emiten los Determinantes Ambientales para la formulación del Plan director del parque	Memorando 2021IE58504 del 30 de abril de 2021, alcance al concepto técnico 00325 del 29 de enero de 2021

559

	Metropolitano el Porvenir (Gibraltar)	
2021EE189171 del 07-09-2021	Segundo alcance al radicado 2021EE20780, mediante el cual se emiten los determinantes Ambientales para formulación del Plan director del Parque Metropolitano El Porvenir (Gibraltar)	Memorando de la SRHS 2021IE180835 del 27-08-2021, conceptos Técnicos 09579 del 27-08-2021 Línea Base Ambiental para la Construcción del Parque metropolitano Pm 10 El Porvenir y los lineamientos técnicos para la desgasificación del predio
2021EE246639 del 11-11-2021	Atención a observaciones Instituto Distrital de Recreación y deporte Parque Metropolitano Gibraltar	Memorando 2021E226331
2023EE70695 de 31-03-2023	Concepto Técnico 03441 del 31-03-2023	-Concepto Técnico 03441 del 31-03-2023 (2023IE70630) -Concepto Técnico 9579 del 27-08-2021 - Línea base ambiental para la construcción del parque Metropolitano PM El Porvenir -Lineamientos técnicos para el plan de contingencia ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM El Porvenir - Memorando 2021IE58504 del 31-03-2021(lineamientos técnicos para la desgasificación y muestreo de suelo superficial del predio (Gibraltar)

Fuente: Apéndice Ambiental - Contrato No. IDRD-CTO-3203-2023

7. DEFINICIONES Y SIGLAS

- Almacenamiento o acopio: Es la ubicación temporal de los RCD mediante el uso de recipientes, sacos industriales, mobiliario público instalado para tal fin, sitios de acopio temporal y/o depósitos para su recolección y transporte con fines de tratamiento, aprovechamiento o disposición final.

- Aprovechamiento de RCD: Es el proceso mediante el cual, a través de la recuperación de los materiales provenientes de los residuos de construcción y demolición, se obtienen las condiciones aptas con el fin de incorporarlos al ciclo económico productivo en forma ambientalmente eficiente por medio de procesos como la reutilización y el reciclaje.

- Disposición final: Es el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente

seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

- Excavación: Consiste en el retiro de los diferentes estratos naturales del suelo y su posterior almacenamiento, con el fin de dejar un área en condiciones adecuadas para realizar la cimentación de las obras a construir.

- Fauna: Conjunto de especies animales que habitan una región geográfica, que son propias de un periodo geológico o que se pueden encontrar en un sistema determinado.

- Manejo ambiental: Instrumento mediante el cual se intenta concretar, con respecto a nuestro entorno, aquellas aspiraciones definidas como positivas por el sistema de valores representativos de los intereses de la población afectada con las intervenciones que se llevan a cabo en el ecosistema de gestión.

- Matriz de impactos: Consiste en la valoración cualitativa de los impactos, es de tipo causa- efecto, por medio de un cuadro de doble entrada, donde las columnas serán las acciones impactantes y las filas los componentes medio ambientales susceptibles de recibir impactos.

- Plan de Manejo Ambiental: Es una guía técnica para el desarrollo, interpretación, conservación, protección, uso y manejo en general de los recursos naturales. Incluye las zonificaciones respectivas. Se puede aplicar a las áreas protegidas del orden regional, para su administración y conservación.

- PIN: Número de identificación asignado por la Secretaría Distrital de Ambiente como resultado del registro efectuado por los generadores, Gestores de RCD, y proveedores, luego de cumplir con los requisitos mínimos exigidos. Estos números para efectos de la presente norma son los siguientes:

- Plantas de tratamiento y/o aprovechamiento de RCD. Son instalaciones donde se realizan actividades de separación, almacenamiento temporal, reutilización, tratamiento, transformación o reincorporación de RCD al ciclo productivo. De acuerdo con la permanencia de sus instalaciones, se clasifican en:

- Recuperador Específico: Persona natural o jurídica que realiza únicamente actividades de acopio y comercialización de RCD no pétreos y metales.

- Residuo o desecho: Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o de pósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

- Residuo o desecho peligroso. Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

- Recursos naturales: Elementos de la naturaleza que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades. Son el agua, el suelo, la flora, la fauna y el aire.

- Riesgo. Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana y/o al ambiente. (Ambiente M. , 2005)

SIGLAS

CAR: Centro de Alto Rendimiento

EAAB: Empresa Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

ESP: Empresa de Servicio Público

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IDRD: Instituto Distrital de Recreación y Deporte

PMA: Plan de Manejo Ambiental

SDA: Secretaria Distrital de Ambiente

RCD: Residuos de construcción y demolición

ZMPA: Zona de Manejo Protección Ambiental

8. MARCO LEGAL

En la Tabla 2 se relaciona la normatividad legal vigente aplicable a la construcción del Centro de Alto Rendimiento.

Tabla 2 Marco Legal Vigente

COMPONENTE	NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
GENERALES	Ley 23 de 1973	• Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua, suelo. Congreso Nacional de Colombia.
	Decreto 2811 de 1974	• Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Presidencia de la República.
	Ley 09 de 1979	• Código Sanitario Nacional. Congreso Nacional de Colombia.
	Decreto 02 de 1982	• Emisiones Atmosféricas. Contiene los límites permisibles en el tema de aire. Ministerio de Salud.
	Decreto 1594 de 1984	• Usos de agua y normas de vertimiento de residuos líquidos.
	Ley 373 de 1997	• Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Congreso Nacional de Colombia.
	Constitución Política de Colombia 1991	• Constitución política de Colombia 1991
	Constitución Política de Colombia de 1991 art. 80 -339-366.	• El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Asamblea Nacional Constituyente.
	Constitución política Colombia 1991 art 1, 2, 8, 49, 58, 63, 72, 80, 81, 82, 88, 95, 150, 151, 152	• Artículos de la constitución sobre la protección del ambiente. Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables
	Ley 99 de 1993	• Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión yconservación del medio ambiente y los recursos

561

COMPONENTE	NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
		naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones
	Ley 134 de 1994	• De los mecanismos de Participación Ciudadana. Congreso Nacional de Colombia.
	Decreto 1743 de 1995	• Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente
	Ley 491 de 1999	• Solicitar al cliente la documentación del cumplimiento ambiental a nivel legal (Licencia Ambiental, EIA, Permisos Ambientales de aprovechamiento, Planes de Manejo Ambiental y lo referente al cumplimiento de la normatividad legal ambiental vigente que aplique)
	Decreto 190 de 2004.	• Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003. Alcaldía de Bogotá
	Resolución 2202 del 2005	• Por la cual se establece el Formato Único de Solicitud de permisos ambientales. Se deben solicitar los permisos, concesiones o autorizaciones para el uso y aprovechamiento de recursos naturales
	Resolución 0958 del 2005	• Por la cual se establece el Formato Único de Solicitud de permisos ambientales. Uso de los formatos
	Resolución 180609 de 2006	• Por lo cual se definen los subprogramas de hacen parte del programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales y se adoptan otras disposiciones. Programa de uso eficiente de la energía y demás formas de energía no convencional.
	Resolución 1289 de 2006	• Por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para la construcción de carreteras y se adoptan otras determinaciones
	Acuerdo distrital 248 2006	• Por el cual se modifica el Estatuto General de Protección Ambiental del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones
	Ley 1333 de 2009	• Por la cual se establece el procedimiento sancionatoricambiental y se dictan otras disposiciones.
	Decreto 1076 de 2015	• Decreto único reglamentario Sector Ambiental. Presidencia de la república.

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
		Resolución 1138 de 2013.	• Por la cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción y se toman otras determinaciones
		Decreto 1076 de 2015	• Decreto único ReglamentarioDesarrollo Sostenible.
		Decreto 383 de 2018	• Por medio del cual se modifica y adiciona el Decreto Distrital 531 de 2010, y se toman otras determinaciones
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO		Ley 2294 de 2023	• "Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2022- 2026 "Colombia potencia mundial de la vida"
PLAN DE DESARROLLO DISTRITAL		Acuerdo 761 de 2020	• Por medio del cual se adopta el Plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del Distrito Capital 2020-2024 "Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI" (O la normatividadvigente).
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL		Decreto 0555 de 2021	• Por el cual se adopta la revisión general del Plan deOrdenamiento Territorial de Bogotá D.C. (O la normatividad vigente).
COMPETENCIAS IDRD		Resolución 006 de 2017	• Por la cual se modifica la estructura organizacional y las funciones de las dependencias del IDRD, y se dictas otrasdisposiciones
RECURSOS NATURALES	AGUA	Decreto 1541 de 1978	• Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.
		Decreto 3102 de 1997	• Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
		Ley 373 de 1997	• Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua. Congreso Nacional de Colombia.
		Acuerdo 70 2003	• Código de la policía de Bogotá relaciona el uso de agua
		Decreto 4742 de 2005	• Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.
		Decreto 1323 de 2007	• Por el cual se crea el Sistema de Información delRecurso Hídrico, SIRH.
		Resolución 0493 de 2010	• Por la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.
		Resolución 0955 de 2012	• Por la cual se adopta el Formato con su respectivo instructivo para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
		Decreto 3930 de 2010	• Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III-Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en

562

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
			cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones
		Decreto 4728 de 2010	• Decreto 4728 de 2010, por el cual se modifica parcialmenteel Decreto 3930 de 2010
		Resolución 0631 de 2015	• Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
		Resolución 1256 de 2021	• Desliga los conceptos de recirculación y reúso y elimina unpermiso
RECURSOS NATURALES	ATMOSFÉRICO	Decreto 948 de 1995	• Contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire. Ministerio Medio Ambiente
		Resolución 0601 de 2006	• Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia
		Ley 769 de 2002	• Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones
		Decreto 506 de 2003	• Por el cual se reglamentan los Acuerdos 01 de 1998 y 12de 2000, compilados en el Decreto 959 de 2000
		Resolución 931 de 2008	• Por la cual se reglamenta el procedimiento para el registro, el desmonte de elementos de publicidad exterior visual y el procedimiento sancionatorio correspondiente en el DistritoCapital.
		Resolución 910 de 2008	• Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
		Resolución 1111 de 2013	• Por la cual se modifica la Resolución 910 de 2008
		Resolución 2254 de 2017	• Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras dispoeiciones
		Resolución 619 de 1997	• Por la cual se establecen parcialmente los factores a partirde los cuales se requiera permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
		Resolución 909 de 2008	• Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
		Resolución 0627 de 2006	• Por la cual se estabiece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental disposiciones

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
		Resolución 2087 de 2014	• Por el cual se adopta el protocolo de monitoreo, control yvigilancia de olores ofensivos
		Resolución 1541 de 2013	• Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluaciónde actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.
		Ley 1931 de 2018	• Por la cual se establecen directrices para la gestión delcambio climático
		Ley 1844 DE 2017	• Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo de París",adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia.
		Decreto 926 de 2017	• Por el cual se modifica el epígrafe de la Parte 5 y se adiciona el Título 5 a la Parte 5 del Libro 1 del Decreto 1625de 2016 Único Reglamentario en Materia Tributaria y el Título 11 de la Parte 2 de Libro 2 al Decreto 1076 de 2015Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, para reglamentar el parágrafo 3° del artículo 221 y el parágrafo 2° del artículo 222 de la Ley 1819 de 2016.
		Resolución 0762 de 2022	• Por la cual se reglamentan los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres.
RECURSO NATURALES	SUELO	Ley 388 de 1997	• Establece los mecanismos que permiten al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes
		Ley 1625 de 2013	• Por la cual se deroga la Ley Orgánica 128 de 1994 y seexpide el Régimen para las Áreas Metropolitanas.
		Ley 388 de 1997	• Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991y se dictan otras disposiciones.
		Ley 1454 de 2011	• Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones.
		Decreto 190 de 2004	• Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003
RECURSOS NATURALES	BIO DIVERSIDAD	Ley 165 de 1994	• Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 dejunio de 1992.

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
		Ley 299 de 1995	• Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentanlos jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
		Decreto 1608 de 1978	• Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
		Resolución 256 de 2018	• Por la cual se adopta la actualización del Manual deCompensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones.
		Resolución 1428 de 2018	• Por medio del cual se modifica los artículos 9°, 10° y 12° de la Resolución No. 256 de 2018 por medio de ésta se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones.
		Ley 165 de 1994	• Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992.
RECURSOS NATURALES	FORESTAL	Decreto 1791 de 1996	• Por medio de la cual se establece el régimen deaprovechamiento forestal.
		Ley 299 de 1996	• Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan. Los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
		Decreto distrital 472 del 2003	• Por el cual se reglamenta la arborización, aprovechamiento, tala, poda, trasplante o reubicación del arbolado urbano y se definen las responsabilidades de las entidades distritales en relación con el tema.
		Decreto 531 de 2010	• Por el cual se reglamenta la silvicultura urbana, zonas verdes y la jardinería en Bogotá y se definen las responsabilidades de las Entidades Distritales en relación con el tema y se dictan otras disposiciones.
		Decreto 383 de 2018	• Por medio del cual se modifica y adiciona el Decreto Distrital 531 de 2010, y se toman otras determinaciones.
		Resolución 4090 de 2007	• Por la cual se adopta el manual de arborización paraBogotá D.C.
		Acuerdo 327 de 2008	• Por medio cual se dictan normas para la planeación, generación y sostenimiento de zonas verdes denominadas • "Pulmones Verdes" en el Distrito Capital y se dictan otrasdisposiciones.
		Resolución 5983 de 2011	• Por la cual se establecen especies que no necesitan permiso de intervención silvicultural.

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
		Resolución 001 de 2017	• Por la cual se modifica el artículo 4° de la Resolución No. 5983 de 2011 por la cual se establecen las especies vegetales que no requieren permiso para tratamientos silviculturales.
		Acuerdo 418 de 2009	• Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, entre otras en el D. C. y se dictan otrasdisposiciones.
		Acuerdo distrital 435 de 2010	• Por medio del cual se dictan lineamientos para ampliar la cobertura arbórea en parques y zonas verdes de equipamientos urbanos públicos.
		Resolución 1909 de 2017	• Por la cual se establece el Salvoconducto Único Nacional en Línea para la movilización de especímenes de la diversidad biológica.
		Resolución 0351 de 2020	• Por la cual se establecen disposiciones en materia dereglamentación de la actividad de agricultura urbana y periurbana agroecológica en el espacio público del Distrito Capital de Bogotá, regulado por el Decreto 552 de 2018.
FACTORES DE AFECTACIÓN	RUIDO	Resolución 627 de 2006.	• Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ambiental. Manejo de escombros, material reutilizable, materiales de construcción. Ministerio Medio Ambiente.
	ENERGÍA	Ley 685 de 2002	• Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otrasdisposiciones.
		Ley 697 DE 2001	• Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente dela energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
		Resolución 549 de 2015	• Por la cual se reglamenta el capítulo 1 del título 7 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenibley se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones
	SOCIAL	Decreto 763 de 2009	• Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de laNación de naturaleza material.
	RESIDUOS	Resolución No. 541 de 1994	• Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de residuos de construcción y demolición, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
		Decreto 605 de 1996	• Se reglamenta la ley 142 de 1994 prestación del servicio público domiciliario de aseo. Presidencia de la república.
		Decreto 1713 de 2002	• Gestión Integral de Residuos Sólidos. Presidencia de la república.
		Decreto 4741 de 2005	• Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
		Decreto 838 de 2005	• Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
		Decreto 4741 de 2005	• Se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de residuos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de residuos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Presidencia de la República
		Decreto 620 de 2007	• Por medio del cual se complementa el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicaspara la regularización y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital
		Resolución 1457 de 2010	• Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones
		Decreto 3930 de 2010.	• Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Presidencia de la república
		Resolución 1115 de 2012	• Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.
		Resolución 715 de 2013.	• Por la cual se modifica y adiciona la Resolución 1115 de 2012.
		Resolución 932 de 2015	• Por la cual se Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de2012.
		Acuerdo 540 de 2013	• Por medio del cual se establecen los lineamientos del programa distrital de compras verdes y se dictan otras

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
			disposiciones.
		Decreto 442 de 2015	• Por el cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones.
		Resolución 472 de 2017	• Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones
		Resolución 0062 de 2007	• Por la cual se adoptan los protocolos de muestreo y análisis de laboratorio para la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos peligrosos en el país
		Resolución 1362 de 2007	• Por la cual se establecen los requisitos y el procedimientopara el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los Artículo 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
		Resolución 2184 de 2019	• Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
		Resolución 1257 de 2021	• Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y se adoptan otras disposiciones
		Decreto 507 de 2023	• Por el cual se adopta el modelo y los lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C., y se dictan otras disposiciones
	VERTIMIENTOS LÍQUIDOS	Decreto 3100 de 2003	• Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones
		Decreto 3440 de 2004	• Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras Disposiciones. El artículo 18 del Decreto 3100 de 2003 quedará así: "Artículo 18. Sujeto Pasivo de la Tasa. Están obligados al pago de la presente tasa todos los usuarios que realicen vertimientos puntuales. Cuando el usuario vierte a una red de alcantarillado, la Autoridad Ambiental Competente cobrará la tasa únicamente a la entidad que presta dicho servicio, sin perjuicio".
		Decreto 3939 2010	• Por el cual se reglamenta parcialmente el título i de la ley 9ª de 1979, así como el capítulo ii del título VI -parte III- libro II del decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
			usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones
		Resolución 631 del 2015	• Establece los parámetros y valores máximos permisibles de los vertimientos a los sistemas de alcantarillado público
	RESIDUOS ESPECIALES	Resolución 451 1994	• Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. • -Está prohibido la disposición final de los materiales y elementos a que se refiere esta resolución, en áreas de espacio público • La persona natural o jurídica, pública o privada que genere tales materiales y elementos debe asegurar su disposición final de acuerdo a la legislación sobre la materia. • Está prohibido mezclar los materiales y elementos a que se refiere esta Resolución con otro tipo de residuos líquidos o peligrosos y basuras, entre otros.
		Resolución 043 de 2007	• Por la cual se establecen los estándares generables para acopio de datos, procesamiento, transmisión y difusión de información para el registro de generadores de residuos o desechos peligrosos
		Ley 1252 de 2008	• Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. El generador será responsable de los residuos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, equipos desmantelados y en desuso, elementos de protección personal utilizados en la manipulación de este tipo de residuos y por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente
	RESIDUOS LÍQUIDOS ESPECIALES	Resolución 898 de 1995	• Por lo cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
TRANSITO TERRESTRE	RESIDUOS PELIGROSO	Decreto 769 de 2002.	• Código nacional de tránsito terrestre. Manejo de maquinaria, equipos y vehículos. Ministerio del Medio Ambiente.

COMPONENTE		NUMERACIÓN	OBJETO DE LA NORMA
	MAQUINARIA	Decreto 789 de 2002	• Código nacional de tránsito terrestre. Manejo de maquinaria, equipos y vehículos. Ministerio del Medio Ambiente
NORMAS DE ATENCIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES		Decreto 919 1989	• Por el cual se organiza el sistema el sistema nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones
		Ley 1523 de 2012	• Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
		Decreto 2157 de 2017	• Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012

Fuente: Elaborado con base en Apéndice Ambiental, 2024

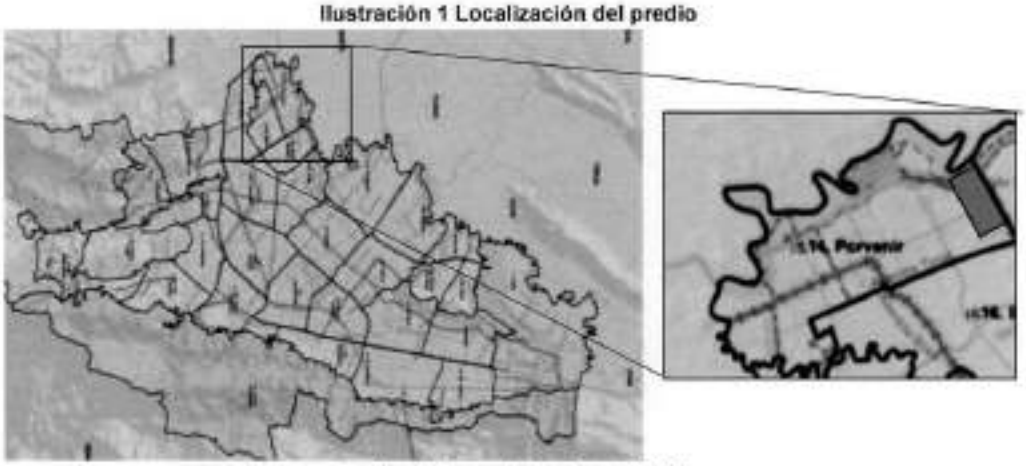
9. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

9.1. LOCALIZACIÓN

El predio a intervenir está ubicado en la ciudad de Bogotá, dentro de la Localidad 8-Kennedy, en la UPL 15- Porvenir. Su ubicación geográfica corresponde a las siguientes coordenadas planas 104546.290 N y 88809.352 W.

El área destinada al nuevo Centro Recreo Deportivo y Cultural Gibraltar hace parte del predio "Gibraltar" donde se proyecta el Parque Metropolitano Porvenir - Gibraltar, y donde se construirá el Centro de Alto rendimiento, este limita al norte con el canal Cundinamarca y más al norte con el rio Bogotá, al sur con la carrera 91 y caseta de seguridad del predio, al oriente con el canal Tintal II que entrega al Canal Cundinamarca en la esquina noreste de predio y al occidente con la calle 49S. Ver Ilustración 1.

Ilustración 1 Localización del predio



Fuente: Elaboración Propia, 2024

El predio Gibraltar cuenta con un área bruta de 578.847,88m² de acuerdo con el certificado de tradición y libertad, está distribuido en 5 posibles zonas de manejo con las que el IDRD realizará el Plan director de acuerdo con la consultoría realizada en 2018. Ver Ilustraciones 2. Dentro de las características del entorno próximo a la zona A "EQUIPAMIENTOS" se identifica:

- Acceso peatonal y vehicular mediante la portería suroccidental ubicada sobre la carrera 91
- Circulación peatonal por el andén del costado sur y posible ciclovía (Carrera 91)
- Presencia del canal Tintal II y posible afectación vial de la Av. Villavicencio en el costado noroccidental
- Uso residencial sobre la carrera 91, conjuntos de casas de 3 pisos (Las Margaritas)
- Uso residencial y comercial en casas de 3 pisos en el costado suroccidental (Calle 49 sur)
- Alta influencia de biciusuarios al Norte por la Alameda El Porvenir

El centro de alto rendimiento estará localizado en el costado sur dentro del área de menor restricción, el cual cuenta con un polígono de intervención de 33.947.74 m², que se puede evidenciar en la Ilustración 2.

Ilustración 2 Contexto del predio



Fuente: MC Arquitectos SAS

Ilustración 3 Polígono de intervención



Fuente: Elaboración Propia, 2024,

9.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Centro de Recreo Deportivo y Cultural Gibraltar, contempla en su diseño fundamentalmente cuatro (04) bloques y/o áreas, que cumplen con el objetivo del IDRD

567

en cuanto a la generación de un espacio de fomento de la cultura y del deporte en este sector, que sea amigable con el ambiente. Estas se pueden apreciar en la siguiente ilustración:

Ilustración 4 Centro de Recreo Deportivo y Cultural Gibraltar



Fuente: MC Arquitectos SAS, 2021

Por su parte el Centro de Alto Rendimiento, objeto del proyecto, se compone de las siguientes áreas:

- **BLOQUE DE COMPETENCIA O POLIDEPORTIVO:** Área: 8.331,37 m². Constará de graderías, escenario de competencia, salones de entrenamiento (gimnasia, boxeo, taekwondo, judo, karate, lucha, esgrima y pesas. Además de un área destinada a la Unidad de Ciencias Aplicadas.
- **BLOQUE DE PISCINAS:** Área: 9.095,74 m². Tendrá graderías, restaurante, gimnasio, salón de spinning, salones múltiples, piscina olímpica, piscina de entregamiento y vertieres.
- **CULTURAL:** Área: 640,57 m²: Contempla un auditorio y un salón múltiple.
- **ADMINISTRATIVO:** 93 m². Contendrá la zona de administración, y la zona de seguridad (cuarto especial).
- **TÉCNICO:** Área: 571,21 m². Contempla la ubicación de calderas, cuartos eléctricos, tanques de almacenamiento de agua y equipos de ventilación mecánica.
- **ACCESO:** Doble acceso centralizado: Uno por la carrera 91, el otro por el parque (usuarios metroy parque metropolitano).

9.3. ETAPAS DEL PROYECTO

A continuación, se describen las etapas en las que se desarrollará el proyecto.

9.3.1. ETAPA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

La etapa de diseños se realizó por la firma MC Arquitectos en noviembre del 2021 con el contrato de Consultoría 3662/2019 donde se realizó LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS TÉCNICOS DE INGENERÍA Y ARQUITECTURA PARA EL CENTRO DEPORTIVO RECREATIVO CULTURAL (CRDC) DEL PARQUE METROPOLITANO EL PORVENIR (GIBRALTAR- BICENTENARIO). Durante esta etapa se realizaron los estudios y diseños del Centro de Alto Rendimiento, diseños detallados de arquitectura e ingeniería con altos estándares de alternativas tecnológicas, operativas y/o de infraestructura, estudio geotécnico y plan de manejo ambiental.

9.3.2. ETAPA CONSTRUCTIVA

9.3.2.1. PRELIMINARES

- CERRAMIENTO DEL SITIO DE INTERVENCIÓN EN LAMINA TRAPEZOIDAL

La actividad se realizará desde el día 0, con la especificación de teja trapezoidal metálica con portes metálicos cada 3 m, anclados al terreno con muertos de concreto, complementando la L que conforma el perímetro del lote.

- MONITOREOS

Se realizarán monitoreos previos a la intervención del sitio, en cumplimiento de los requerimientos contractuales. Los resultados que allí se arrojen serán incluidos en la línea base ambiental. Los monitoreos programados para esta etapa son los siguientes:

1. Monitoreo de aguas subterránea en la red adyacente

El desarrollo del plan de monitoreo, se puede evidenciar en el ***Anexo 2***.

- PROCEDIMIENTO SILVICULTURAL

Previo a la intervención del predio, se verificará el inventario arbóreo de acuerdo con la documentación entregada por el IDRD, las entidades competentes y su verificación en sitio, adicional a esto se implementará el protocolo de manejo de fauna establecido.

Posterior a esto se realizará el procedimiento silvicultural aprobado por la SDA mediante la Resolución No.1085 de junio 27 de 2023 ***(Ver Anexo 3)***, en la que se indica que se realizará la tala de 98 individuos arbóreos, 8 árboles con manejo integral y uno (1) de conservación, se realizaran los respectivos procedimientos indicados en dicha resolución para el transporte y disposición final de estos residuos a celda de seguridad, en el ***Numeral 14.4*** se especifica información del gestor.

- REDES PROVISIONALES

ACUEDUCTO: La acometida para la red provisional de acueducto, estará ubicada en la calle 49 a 270 ml del lindero del proyecto, como se puede apreciar a continuación:

Ilustración 5. Provisional de acueducto



Fuente: (IDRD, 2023)

RED ELÉCTRICA: Instalación de red eléctrica con conexión a caja de maniobras a mitad de la carrera 90, con 6 postes metálicos o de concreto anclados al terreno, que van a abastecer 3 Torre Grúas, energía de campamentos, 1 planta de concreto. La ubicación se puede evidenciar a continuación:

Ilustración 6. Provisional Red Eléctrica

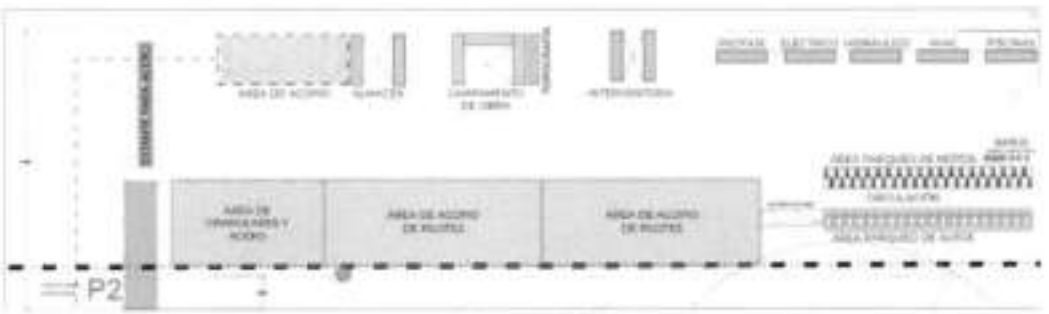


Ubicación red eléctrica
Fuente: Consorcio Gibraltar,2024

- INSTALACIÓN DE CAMPAMENTO

Se realizará la instalación de campamentos administrativos, operativos, puntos de acopio de materiales, acopios de residuos y baños Portátiles, proyectado su ubicación como se evidencia a continuación *(*Ver plano ***Anexo 4)***

Ilustración 7. Ubicación instalaciones provisionales



Fuente: Consorcio Gibraltar

- INSTALACION DE VALLA PROVISIONAL

Mediante oficio No 20244000081081 del 19 de marzo de 2024 la entidad contratante IDRD remitió a la Secretaría de Ambiente la solicitud de registro de valla para el proyecto con el radicado No 2024ER63551 de 20nde marzo de 2024, esto se puede evidenciar

569

en el ***Anexo 5***.

- PUERTAS DE ACCESO

Actividad con inicio día 0, con corte del cerramiento existente a mitad del frente del lote sobre la carrera 90

9.3.2.2. PILOTAJE

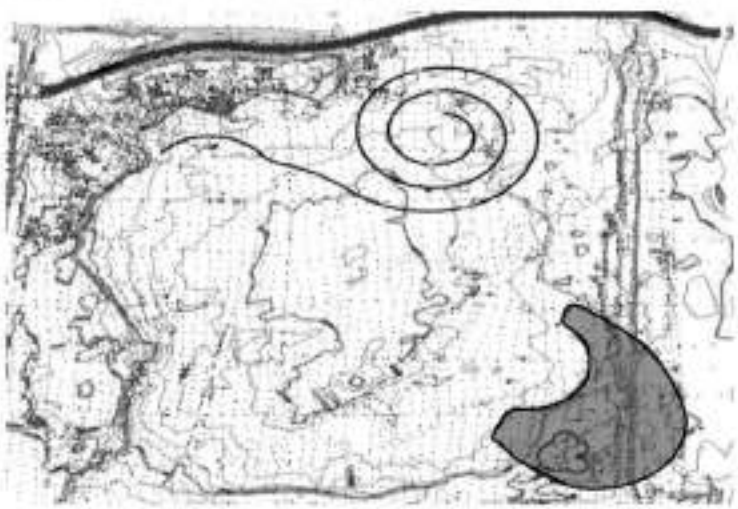
La actividad de pilotaje comprende:

- DESCAPOTE:

Ingreso de maquinaria tipo buldócer, en día 12, que retirará la capa vegetal y hará nivelación de toda el área de la construcción, en sótano y primer piso de 17.217,15 m^2, acopiando el material de descapote (Capa de 0 a 1 m) en las zonas designadas por el IDRD, (SDA, Concepto Tecnico 03441 , 2023). Con una duración de 18 días. Simultáneamente a esta actividad hay que hacer una compactación de esta superficie con vibro compactador de más de 3 toneladas, se hará simultáneamente con el descapote.

A continuación, se presenta la ubicación del punto de acopio establecida por la entidad y en la ***Ficha 4,*** se evidencia el manejo del mismo.

Ilustración 8. Ubicación punto de acopio de material para reconformación



Área establecida para acopio de material de descapote (1 m) - CAR
Fuente: IDRD, 2024

- RELLENO CON RECEBO COMUN

Se adelanta para crear un sello aislante, actividad siguiente al descapote y compactación con suministro de recebo común por medio de volquetas, y extendida con motoniveladora y compactada con vibro de más de 3 toneladas.

- PREHUECOS

Consistente en perforaciones realizadas con hoyadora y a mano que supere el estrato inicial de relleno de material de construcción, el cual se retirará y será llevado a los depósitos de material de residuos peligrosos.

- PILOTES PREEXVACADOS

Módulos de intervención según diseño estructural: Se define como proceso constructivo que trabajara en 3 módulos de acuerdo con las juntas de construcción desarrolladas en el Diseño Estructural. Se trabajarán 3 frentes:

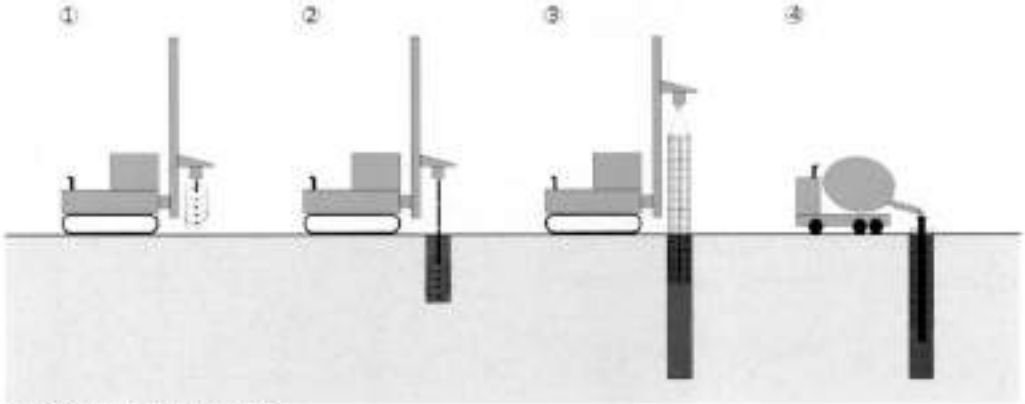
1. Pilotes Pre excavados Multipropósito que son los que inician, con una duración de 72 dias.
2. Pilotes Pre excavados Polideportivos continúan a los anteriores con un traslapo de 44 dias y con una duración total de 72 dias.
3. Pilotes Pre excavados Cultural continúan a los de Polideportivos con un traslapo de 14 dias con una duración de 30 días.

Los Pilotes Pre excavados corresponde a una actividad que requiere maquinas tipo KELLY que son con desplazamiento de orugas con una torre de 13 m de altura alimentadas con Diésel. Se requieren mínimo 2 máquinas.

Al hacer la excavación de cada pilote se instala una camisa metálica de 10 m irrecuperable, luego hay que llenar el hueco con agua y polímeros o bentonita, para evitar derrumbes, luego se instala la canasta de acero de refuerzo y por último se vierte el concreto tipo tremie, el cual desaloja el agua hacia la superficie del lote la cual debe ser conducida a tanques especiales y tratada y retirada como residuo peligroso por su contaminación con los lixiviados, el volumen de toda el agua que se utilizará es de 10.027.142 litros.

570

Ilustración 9 Proceso constructivo pilotes tipo Kelly



1-Posicionamiento de maquina
2-Prehueco
3-Instalacion camisa y acero de refuerzo
4-Fundida concreto

Fuente: Elaboración Propia, 2024

Tabla 3 Volumen de Liquidos de las excavaciones de pilotes Kelly

OBRA: CENTRA DE ALTO RENDIMIENTO GIBRALTAR VOLÚMENES DE AGUA INYECTADA EN LOS PILOTES QUE DEBERÁ SER DISPUESTA COMO LIXIVIADO				
PILOTES TIPO KELLY CARACTERISTICAS	**UN**	**TOTAL, ML**	**VOL X DIAMETRO**	**VOL M3**
SUBCONTRATO PARA LA EXCAVACION, ARMADO Y FUNDIDA PILOTE TIPO KELLY 0.50M 3500 PSI DE PROFUNDIDAD VARIABLE	ML	312	0.20	61.26
SUBCONTRATO PARA LA EXCAVACION, ARMADO Y FUNDIDA PILOTE TIPO KELLY 0.60M 3500 PSI DE PROFUNDIDAD VARIABLE	ML	11666	0.28	3,298.49
SUBCONTRATO PARA LA EXCAVACION, ARMADO Y FUNDIDA PILOTE TIPO KELLY 0.70M 3500 PSI DE PROFUNDIDAD VARIABLE	ML	9348	0.38	3,597.54
SUBCONTRATO PARA LA EXCAVACION, ARMADO Y FUNDIDA PILOTE TIPO KELLY 0.80M 3500 PSI DE PROFUNDIDAD VARIABLE	ML	6306	0.50	3,169.75
			Total m3	10,127.04
			Total litros	10,127,041.85

Fuente: Elaboración Propia, 2024,

9.3.2.3. CIMENTACIÓN

- NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE

Una vez finalizado el proceso de pilotaje, se procede a instalar un geotextil y se realiza una capa de 30 cm con material granular seleccionado esto con el fin de crear una

barrea aislante. Sobre esta superficie se fundirá las vigas y placas aéreas de cimentación.

- DISPOSICIÓN RESIDUOS

Los residuos provenientes de la excavación y cimentación se dispondrán como material contaminado y se dispondrá con el gestor autorizado (Cedente- Rellenos de Colombia SA ESP - Cesionario Centro de Gestión Sostenible SAS ESP), el cual lo trasportará y se colocará en celda de seguridad, la información del gestor se especifica en ***ítem 14.4.*** y está expuesta en el ***Anexo 10.***

- REDES DE DRENAJE

Esta actividad deberá realizarse simultáneamente con la excavación, para contener los desagües generales de los edificios, y requiere una retroexcavadora pequeña. Para las trincheras de las tuberías, y mano de obra no calificada para la sentada y retape de las tuberías. Esta actividad arroja residuos contaminados que deben ser depositados en las celdas de seguridad.

9.3.2.4. ESTRUCTURA

Para iniciar acabados se plantea avanzar la estructura y la cubierta traslapando actividades por frentes e iniciar la mampostería de fachadas una vez terminada la estructura de concreto. Las fechas de iniciación por frentes están siguiendo el mismo orden constructivo implementado desde la cimentación. Cuando estén los volúmenes cubiertos dar inicio a la construcción de los elementos no estructurales de fachada y las redes de recolección de aguas lluvias principales para poder cerrar el proyecto y protegerlo contra la entrada de agua.

En este momento se debe coordinar la disponibilidad de redes y sistemas de bombeo provisionales para arrojar aguas lluvias al alcantarillado y controlar inundaciones.

Una vez asegurada la entrada de agua al proyecto dar inicio a la etapa de actividades de acabados e instalaciones que dependen de esta condición.

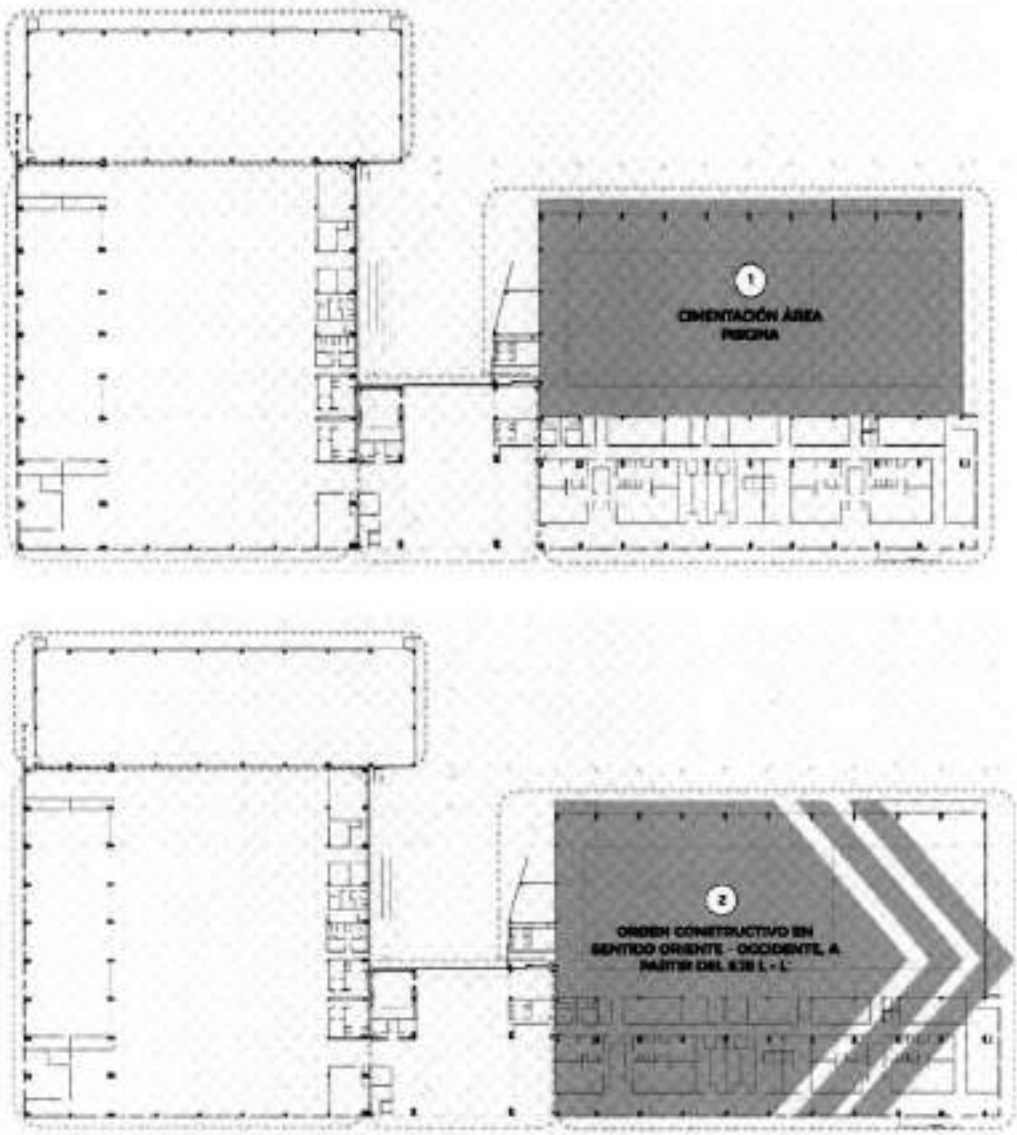
Los acabados del primer piso del área cultura se plantean como remate de las obras interiores

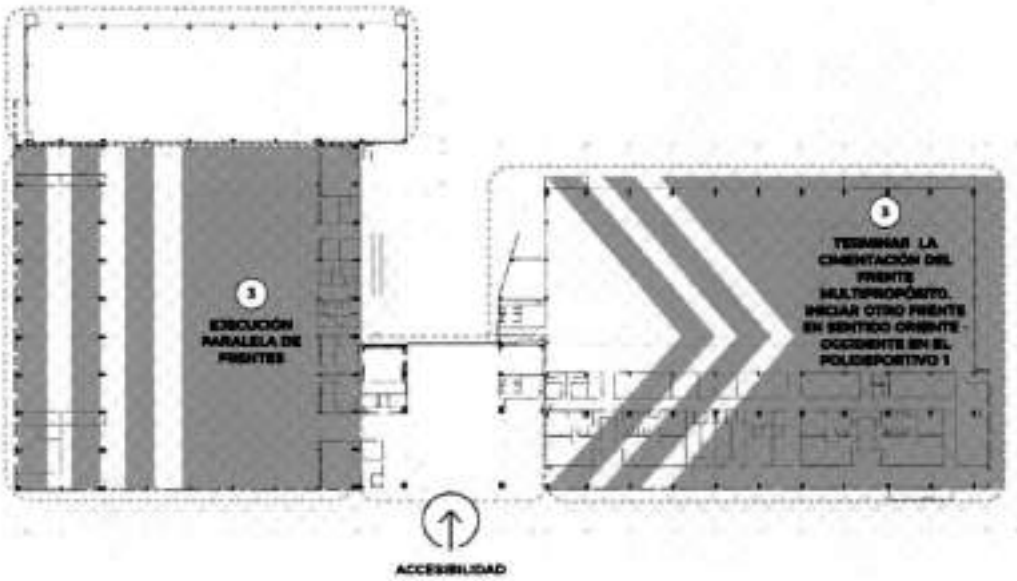
Una vez conformada la cubierta y la envolvente del edificio iniciar con la construcción de jardines exteriores, andenes y cubiertas verdes.

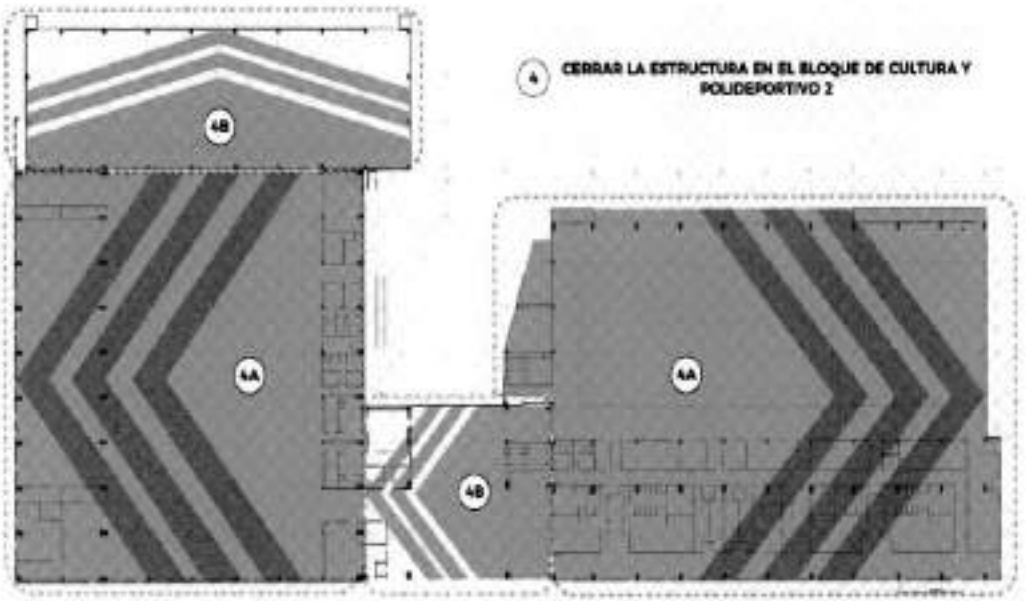
Las fases se resumen en las siguientes graficas:

571

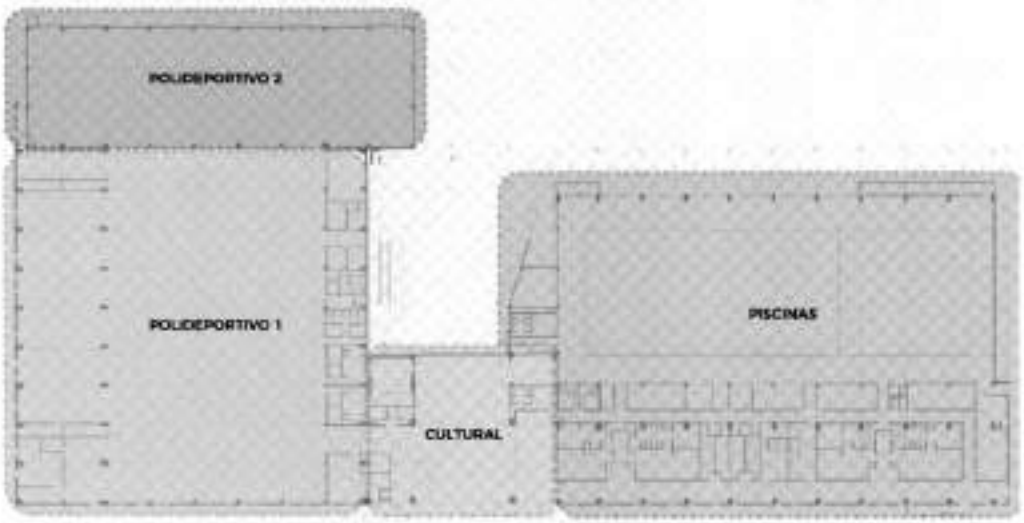
Ilustración 10 Proceso Constructivo




3
EJECUCIÓN PARALELA DE FRENTES
5
TERMINAR LA CIMENTACIÓN DEL FRENTE MULTIPROPÓSITO. INICIAR OTRO FRENTE EN SENTIDO ORIENTE - OCCIDENTE EN EL POLIDEPORTIVO 1
ACCESIBILIDAD


4
CERRAR LA ESTRUCTURA EN EL BLOQUE DE CULTURA Y POLIDEPORTIVO 2
4B
4A
4A
4B

572



Fuente: Consorcio Gibraltar 2024

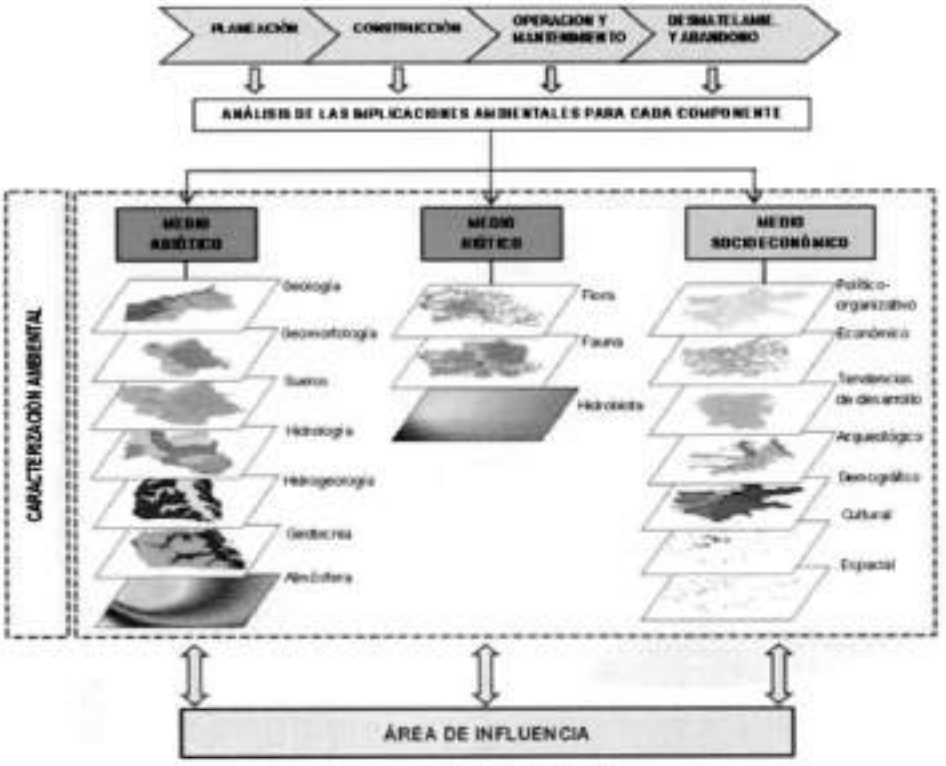
10. AREA DE INFLUENCIA

De acuerdo con la Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia (ANLA, 2018), "el área de influencia es aquella en la que se manifiestan los impactos ambientales significativos derivados de la ejecución del proyecto, en cualquiera de sus fases, sobre los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico".

La identificación de los impactos debe ser objetiva y cuantificable y de no serlo se deberá soportar técnicamente y estos impactos que se valoran de manera cualitativa. En la ilustración 7 se relacionan los componentes de más relevantes de los medios del área de influencia.

Medio abiótico: Para la delimitación de esta área se tienen en cuenta aquellas afectadas por las actividades Propia, 2024s del proyecto a como (actividades e infraestructura temporal y permanente), al igual que aquellas requeridas para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales o los impactos significativos que se manifestaran en cada componentes de este medio o la ejecución de actividades que se realizaran (ANLA, 2018).

Ilustración 11 Caracterización Ambiental de la zona influencia



Fuente: (ANLA, 2018)

Para la ejecución del centro de alto rendimiento que corresponde a la zona de intervención de 33.947,74 m^2 y se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- Manejo de Lixiviados
- Manejos de RESPEL
- Manejo de olores ofensivos
- Manejo de gases
- Monitoreo a la red Adyacentes
- Manejo de Material Particulado

De igual forma se incluyen las vías principales por las cuales transitarían las volquetas y maquinaria requerida para la construcción del proyecto: Carrera 91, Calle 45 Sur y Avenida Villavicencio

Medio biótico: La delimitación del área de influencia del medio biótico es una análisis no solo de las condiciones puntuales del sitio sino que se debe tener como punto de partir los ecosistemas como la unidad mínima y afectaciones dependerán de las actividades ejecutadas que impactaran los siguientes componentes (flora, fauna e hidro

573

bióticos) .

Alguna impactos que se pueden utilizar para definir o delimitar el área de influencia en cuanto a medios Biótico se pueden verificar en la Tabla 4.

Tabla 4 Indicadores para definir o delimitar el área de Influencia

ELEMENTOS	IMPACTO	CAUSA	PARAMETROS DE POSIBLE DELIMITACIÓN
FLORA	Modificaciones de la cobertura vegetal	Desmonte y Descapote	Áreas de intervención puntual del proyecto (área constructiva)
FLORA	Cambio en la composición y estructura florístico	Desmonte y Descapote	Unidad mínima de análisis (Ecosistemas y/o coberturas de la tierra)
FAUNA	Cambio en la composición y de las especies de fauna silvestre	Desmonte y Descapote	Área de dominio vital y home range
FAUNA	Modificación del hábitat para la fauna Silvestre	Desmonte y Descapote	Área de intervención puntual del proyecto (Área constructiva)

Fuente: Elaboración Propia, 2024, 2024.

Así mismo, de acuerdo con estudios realizados por la EAAB y el concepto técnico No. 03441 se realizó inventario forestal en el que se encontraron 112 individuos vegetales (MC Arquitectos, 2021). Adicionalmente se indica que el predio está constituido por cobertura vegetal como pasto. Tampoco se encuentran cuerpos de agua ni otros elementos que pudieran contener vida acuática.

Medio socioeconómico: La delimitación del área de influencia para el componente socioeconómico, parte de la revisión de los impactos determinados previamente para los medios biótico y abiótico y establecer la forma en que los mismos pueden afectar a la población. Para el caso del proyecto, se tienen en cuenta las zonas perimetrales al mismo que pudieran ser afectadas no solo por los impactos directos tanto positivos como negativos a generarse en la zona de intervención directa; sino también, las zonas en las que se presentará tránsito de vehículos y maquinaria, entre otros aspectos. Este componente fue desarrollado con mayor detalle en el plan de gestión social del proyecto.

11. LINEA BASE AMBIENTAL

En el presente capítulo se relacionará la identificación y la caracterización de los aspectos abióticos, bióticos y socioeconómicos de la construcción del centro de alto rendimientos. La elaboración de la línea base ambiental, se realizó mediante la consulta y análisis de información secundaria disponible en diferentes bases de datos como entidades e instituciones, con la información suministrada por los estudios realizados por EAAB y el IDRD y con el levantamiento de información primaria obtenida mediante trabajo de campo.

Dentro de la identificación y caracterización de los aspectos ambientales se consultó información secundaria en entidades como: Secretaria Distrital de Ambiente, Alcaldía de Kennedy, entre otros.

11.1. MEDIO ABIÓTICO

A continuación, se describe las características del medio abiótico para el sitio de intervención; sin embargo, para mayor profundidad se puede consultar el documento de concepto técnico No.03431 ***(Ver Anexo 1)*** emitido por la Secretaría Distrital de Ambiente en 2023.

La localidad de Kennedy tiene una superficie total de 3.859 hectáreas, está situada en el sector suroccidente de Bogotá y se encuentra limitada al norte con la localidad de Fontibón, al oriente con la localidad de Puente Aranda al sur con la localidad de Tunjuelito y al occidente con la Localidad de Bosa (D.C, 2018).

La localidad de Kennedy presenta un territorio plano conformado por depósitos aluviales del río Bogotá en su costado occidental, el río Fucha ubicado en su costado norte y el río Tunjuelo por su costado sur; presentando varios humedales como La Vaca, el Burro y Techo. El humedal El Burro está localizado en la parte occidental y se extiende desde el barrio el Rincón de los Ángeles hasta el costado occidental de la Avenida Ciudad de Cali (Planeación, 2009).

11.1.1. GEOLOGÍA

Bogotá se localiza en el extremo suroriental de la región de la sabana de Bogotá, la cual comprende además de la superficie plana de la Sabana de Bogotá y los cerros que la rodean. La Sabana tiene una altitud de 2600 m.s.n..m. y cuenta con una extensión de 4.500 km², se ubica en la cordillera Oriental de los Andes Colombianos.

11.1.2. GEOLOGÍA DE SUELOS

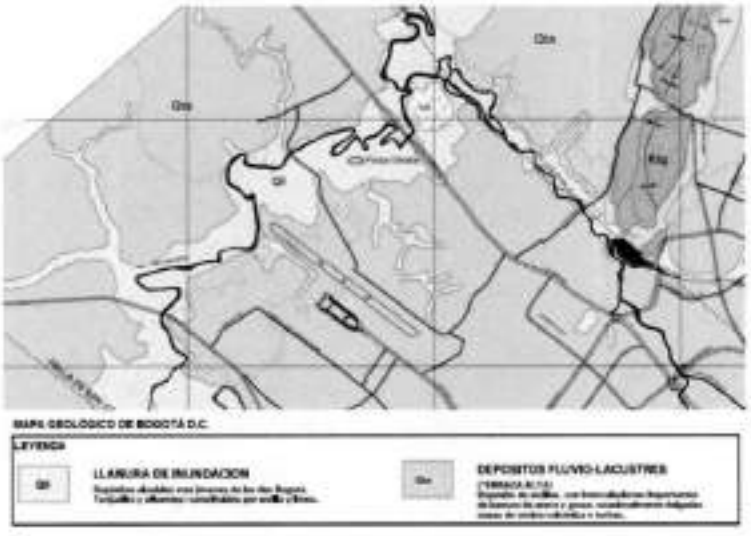
La ciudad de Bogotá se localiza en promedio a 2.650 m de altitud sobre el eje de la Cordillera Oriental de Colombia. Geomorfológicamente se diferencian dos zonas: 1) la plana, ubicada hacia la parte central del área, en donde se concentra la mayor parte de la población y 2) de relieve montañoso con una parte habitada, otra dedicada a la minería a cielo abierto (canteras, gravilleras y chircales) y otra aún no intervenida por el hombre, localizada en los sectores oriental y suroccidental de la ciudad.

La zona plana es drenada por el Río Bogotá que corre en sentido NNE-SSW con sus afluentes Tunjuelito, Fucha y Juan Amarillo. La zona montañosa es drenada por los ríos Tunjuelito, San Francisco y quebradas de menor caudal que corren en sentido S-N y E-W que al entrar a la zona plana sus cauces se utilizan como canales de conducción de las aguas servidas de la capital a los ríos Bogotá y Tunjuelito.

574

Geológicamente la ciudad se localiza sobre un extenso relleno sedimentario que conforma la Sabana de Bogotá, y está rodeada por cerros constituidos por rocas de tipo arenisca, arcillolitas y conglomerados.

Ilustración 12 Mapa de Zonificación geológica de Bogotá



Fuente: Mapa Geológico de Bogotá D.C ,2013

De acuerdo con el Mapa Geológico de Bogotá, el proyecto está ubicado sobre depósitos aluviales correspondientes a Llanura de Inundación (Qll) los cuales están constituidos por depósitos aluviales más jóvenes de los rios Bogotá, Tunjuelito y afluentes, constituidos por arcilla y limo. Localmente, como se presenta en el Parque Gibraltar existen rellenos antrópicos de espesores variables como se describe en los numerales siguientes.

Estos componentes no poseen unidad ni subunidad por ser componentes transformados/alterados por el hombre y modificados en su estructura natural.

MORFOLOGÍA DEL SUELO

Relieve de planicie aluvial

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

El perfil estratigráfico se puede describir así:

a. Superficialmente se encuentran rellenos en tierras varias con escombros, con los espesores presentados en la Tabla 5.

Tabla 5 Profundidad del relleno de tierras y varias con escombros en las perforaciones

No. Perforación	Profundidad (m)
P1	2.5
P2	1.5
P3	0.1
P4	0.6
P5	0.9

No. Perforación	Profundidad (m)
P6	1.0
P7	1.4
P8	1.3
P9	0.1
P10	1.0
P11	1.3
P12	1.2
P13	3.2
P14	3.6
P15	1.4
P16	2.0
P17	0.7
P18	0.9
P19	1.0
P20	2.0

Fuente: MC Arquitectos SAS, 2021

b. Hay luego rellenos en tierras varias con basuras los cuales alcanzan las profundidades indicadas en la Tabla 6.

Tabla 6 Profundidad de rellenos en tierras varias con basuras en las perforaciones.

No. Perforación	Profundidad (m)
P1	7.0
P2	4.4
P3	3.6
P4	3.8
P5	3.6
P6	3.6
P7	-
P8	3.7
P9	4.4
P10	4.5
P11	2.5
P12	2.1
P13	-
P14	-

P15	-
P16	-
P17	-
P18	-
P19	3.6
P20	3.6

Fuente: Mc Arquitectos SAS, 2021

c. A continuación, aparecen rellenos arcillosos de color café y gris oscuro, los cuales alcanzaron las profundidades presentadas en la Tabla 7.

Tabla 7 Profundidad de rellenos arcillosos en las perforaciones

No. Perforación	Profundidad (m)
P1	-
P2	6.9
P3	5.3
P4	-
P5	4.0
P6	-
P7	6.4
P8	5.2
P9	5.3
P10	-
P11	7.2
P12	4.4
P13	5.3
P14	5.3
P15	5.2
P16	7.0
P17	6.9
P18	5.1
P19	-
P20	4.4

Fuente: Mc Arquitectos SAS, 2021

d. Se encuentran luego arcillas y arcillas arenosas de color café, con una consistencia media y dura y que llegan a profundidades que varían entre 4.4 y 10.6 m bajo la superficie.

e. Aparecen luego arenas finas de color café, con una densidad media que alcanzan profundidades que varían entre 5.6 y 8.1 m bajo la superficie.

f. Hay luego arcillas de color café, con una consistencia blanda y que alcanzan profundidades comprendidas entre 31.0 y 37.0 m bajo la superficie.

g. A continuación, aparecen arenas finas de color café con lentes de arcilla, con una densidad muy compacta que alcanzan profundidades que varían entre 36.0 y 38.0

m bajo la superficie.

h. Se encuentran por último arcillas de color café, con una consistencia dura y muy dura y las cuales alcanzaron la profundidad de investigación.

En el momento de realizar las perforaciones se encontró agua libre a las siguientes profundidades:

Tabla 8 Niveles de agua en la perforación

No. Perforación	Nivel de agua (m)
P1	7.8
P2	3.5
P3	3.2
P4	2.1
P5	2.3
P6	2.5
P7	4.1
P8	2.8
P9	3.6
P10	2.6
P11	4.0
P12	3.4
P13	3.4
P14	3.5
P15	5.2
P16	5.2
P17	4.6
P18	-
P19	2.3
P20	2.8
AP1	-
AP2	-
AP3	-
AP4	-
AP5	-
AP6	-
AP7	-
AP8	-

Fuente: Mc Arquitectos SAS, 2021

SUELOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

En la exploración geotécnica se encontraron estratos de arena que no resultan susceptibles del fenómeno de licuación. En el predio donde se desarrollará el proyecto no se identifican suelos colapsables, de acuerdo con el criterio de evaluación del Numeral H.9.3.3.1 de la Norma NSR- 10. No se observan evidencias superficiales de las arcillas dispersivas, debido a que generalmente éstas se encuentran ocultas por las capas de humus, materia orgánica u otros materiales, de cuya matriz han sido lavadas las partículas dispersivas.

En las arcillas del perfil se encontraron Índices de Plasticidad que varían en general

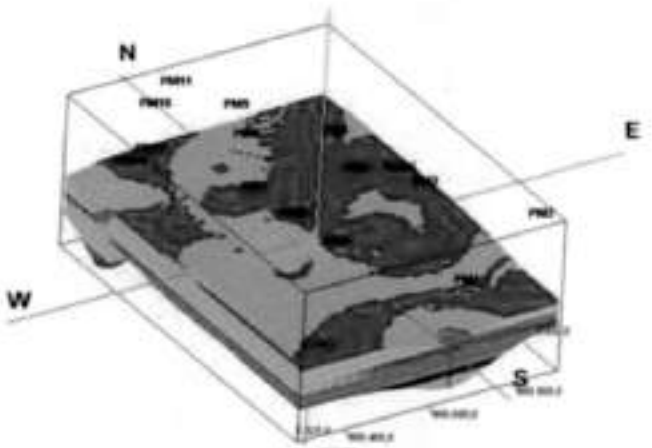
576

entre 10% y 147% y Límites Líquidos que varían entre 23% y 185%, lo que indica que el suelo tiene un potencial de expansión que varía entre bajo y alto, de acuerdo con la Tabla H.9.1-1 de la Norma NSR-10, sin embargo y teniendo en cuenta el espesor y las características de los rellenos del perfil, todas las placas de contrapiso del proyecto serán diseñadas de tipo aéreo y transmitirán la carga a la cimentación profunda con pilotes y por lo tanto, las estructuras del proyecto no se verán afectadas por las posibles variaciones en el contenido de humedad de las arcillas del perfil.

De acuerdo a la línea base (Ambiente S. d., 2023), se evidenciaron cuatro (4) perfiles litológicos:

- Capa 1: con espesor de 0 – 3 m, suelo natural limo arcilloso o arcillo limoso, mezclado en diferentes proporciones con material de relleno compuesto por escombros y recebo, presenta baja plasticidad y generalmente es compacto.
- Capa 2: tiene un espesor que varía entre 2.5 – 13 m es un relleno antrópico compuesto por residuos que varían tanto en espesor como en el tipo de estos.
- Capa 3: presenta un espesor entre 3,5 a 3.9 m, es una secuencia de arcillas grises a gris verdosa.
- Capa 4: tiene un espesor entre 1.3 a 4 m es una secuencia de arenas de grano fino a grano medio cuarzosas.

Ilustración 13. Modelo estratigráfico, vista panorámica 3D



Arcilla vari coloreada
Arena cuarzosa limo arcillosa
Arena fina arcillo limosa
Arena muy fina a fina arcillo limosa
Arena muy fina a fino limo arcillosa
Basura
Material de relleno
Suelo y relleno

Fuente: (Ambiente S. d., 2023)

11.1.2. HIDROGEOLOGÍA

La siguiente información, es extraído del plan de monitoreo de agua subterránea **(Ver Anexo 2).**

- **Condición actual del modelo Hidrogeológico Conceptual del área de estudio según la Línea Base**

Los análisis aquí presentados corresponden a la síntesis más relevante que hasta la fecha se ha ejecutado en la zona de estudio en el Predio Gibraltar. Correspondiente a la Línea Base generada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, desarrollado por SIAM S.A.S. y radicado antes la autoridad ambiental (CONTRATO No. 2-01-24200-1543-2021), Secretaria Distrital de Ambiente SDA. Es importante resaltar que aquí se relacionan de manera general los resultados que se consideran de mayor interés para ejecutar el actual monitoreo de niveles piezométricos y de calidad del agua subterránea, objeto del presente estudio.

- **Inventario de puntos de agua subterránea Línea Base**

Inicialmente el documento Línea Base menciona que el área de estudio en el año 2017 se instalaron 8 piezómetros para monitorear el nivel freático, de los cuales 3 estaban dentro del predio Gibraltar, los cuales se denominaron piezómetros (PM1, PM13 Y PM14) y fueron implementados exclusivamente para monitoreo de agua subterránea, ver Tabla 9. Los restantes cinco piezómetros estaban por fuera del predio y se denominaron PM1S, PM3S, PM5S, PM6S, Y PM7S.

Posteriormente en el año 2018 se perforan 15 puntos, de los cuales 12 son piezómetros y 3 pozos para el monitoreo de gas.

Tabla 9. *Historico de puntos de agua subterránea asociados al Predio Gibraltar*

Año de reporte	No de Pozos/Piezómetro	Tipo	Ubicación	Observación
2017	8	Piezómetro	Dentro y fuera del predio Gibraltar	Se instalaron para monitorear nivel freático
2018	12	Piezómetro	Dentro del predio Gibraltar	Se instalaron para monitorear nivel freático y lixiviados. Además de 3 pozos para monitoreo de gas.

Fuente: Línea base ambiental, numeral 2.1.6 Inventario puntos de agua

A continuación, se presenta los valores de nivel freático y lixiviados reportados como línea base en el año 2018, ver Tabla 10.

Tabla 10 *Histórico de niveles freáticos medidos en el predio Gibraltar*

POZO	N(m)	E(m)	Nivel(m)	PROF (m)	Características	Año
PM1	1004630.19	988657.46	7.00	12	Los filtros inician a partir de los 7.5 m.	2017
PM13	1005033.54	988496.17	10.63	13	PM1, PM13, PM14 Agua subterránea	
PM14	1005373.90	988322.18	9.77	12		
PM1S	1005598.36	988321.26	5.00	7.5	La zona no saturada tiene una profundidad que varía entre un mínimo de 3.24 m a un máximo de 10.63 m.	
PM3S	1005330.48	989217.06	3.96	7.5		
PM5S	1004447.64	988200.74	3.24	7.5		
PM6S	1004677.51	987862.11	5.28	7.5		
PM7S	1005187.52	987930.85	5.69	7.5		
POZO	N(m)	E(m)	Nivel lixiviado(m)			
PM2	1004725.00	988891.80	1.58	4.4		2018
PM3	1004892.40	988720.90	2.48	13.5		
PM4	1004813.40	988463.20	2.58	9		
PM5	1004992.50	988520.50	2.50	10.7		
PM6	1005160.77	988680.17	5.84	12		
PM7	1005029.80	988401.30	3.58	13.5		
PM8	1005217.50	988503.10	3.59	10.6		
PM9	1005330.50	988551.00	10.33	12		
PM10	1005434.90	988417.00	2.57	9.0		
PM11	1005493.50	988504.70	4.83	9.0		
PM12	1005281.90	988308.97	2.50	11.8		
PM15	1004966.30	988699.90	3.57			

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

Los pozos relacionados en la Tabla 10, denominados PM1, PM13 y PM14 corresponden a puntos de monitoreo de aguas subterráneas dentro del predio Gibraltar, siendo el PM1 el punto que geoespacial mente se encuentra más cerca del área de influencia del polígono asociado al Centro de Alto Rendimiento. En cuanto a los pozos que presentan identificación con la letra (S) hacen parte de la red externa y de estos el PM5 es el menos lejano del área de influencia del actual proyecto (cabe mencionar que, en definiciones posteriores de la red adyacente, aparece el PM4 y este sería el punto más cercano de todos al Centro de Alto Rendimiento). En cuanto a los pozos de monitoreo de lixiviados definidos como PM2 al PM15, el punto que se encuentra dentro del área de influencia es el denominado como PM2.

Es importante mencionar que en el proceso actual para el monitoreo de la red adyacente se realizó una visita de reconocimiento e inspección (12 de marzo del 2024), a los pozos externos al predio Gibraltar, identificando que el pozo/piezómetro denominado como PM5S definidos así en el 2017 y posteriormente PM5, a la fecha se encuentra en condiciones no aptas para su monitoreo, dado que se identificó intervenido, con la protección de cabezal y tapa removidas, obstruido con material granular. Se realiza esta

salvedad, dado que en el año 2022 se reportó monitoreo de este punto, pero a la fecha actual no se evidencia condiciones operacionales, por el contrario, si se reportan los hallazgos mencionados anteriormente.

No obstante, y continuando con la evaluación de información antecedente, definida por la línea base, El documento reporta además los siguientes valores estadísticos, derivados de las mediciones de los niveles piezométricos, de los puntos definidos para monitoreo de aguas subterráneas.

Tabla 11. *Niveles promedio y variación máxima nivel de agua*

Nivel	Pozos		
	PM1	PM13	PM14
Nivel promedio	7	10,63	9,77
Nivel máximo	7,23	11,41	11
Nivel mínimo	6,22	5,82	4,99
Variación máxima nivel	1,01	5,59	6,01

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019). * El pozo de monitoreo para aguas subterráneas, PM1 corresponde al punto más cercano al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

Para los demás pozos de monitoreo definidos como lixiviados se reportan los siguientes niveles:

Tabla 12. *Niveles promedio y variación máxima nivel de lixiviado (pozos instalados)*

Nivel	Pozo											
	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12	PM15
Promedio	1,58	2,48	2,58	2,5	5,64	3,58	3,59	10,33	2,57	4,83	2,5	3,57
Nivel máximo	1,64	2,47	2,63	2,58	6,6	3,63	3,65	11,5	2,66	4,86	2,56	3,73
Nivel mínimo	1,48	2,24	2,42	2,41	5,7	3,35	3,4	10,23	2,21	4,78	2,46	3,46
Variación niveles	0,16	0,5	0,21	0,17	0,9	0,28	0,25	1,27	0,45	0,08	0,1	0,27

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019). * El pozo de monitoreo para lixiviados, PM2 corresponde al punto dentro del área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

Por otro lado, en el año 2019 la EAAB reportó la ejecución de actividades de perforación y levantamiento en campo, dentro de los trabajos realizados se reportó la construcción de tres (3) pozos de monitoreo de lixiviado reconocidas como PZM, a los cuales se les realizo 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 13. *Registro el seguimiento de niveles estáticos a los pozos de monitoreo de lixiviados*

POZO MONITOREO	FECHA							
	15/03/2019	16/03/2019	18/03/2019	21/03/2019	22/03/2019	27/03/2019	28/03/2019	PROM
PZM6	1,38	1,36	1,36	1,37	1,4	1,4	1,36	1,38
PZM8	4,79	5,24	5,47	5,01	5,72	5,79	5,8	5,4
PZM10	4,82	4,78	5,21	4,65	4,46	3,88	4,62	4,63

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER184547 del 13/08/2019). * El pozo de monitoreo para lixiviados, PM2 corresponde al punto dentro del área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

A continuación, se relaciona la ubicación espacial de los siete pozos/piezómetros de la red adyacente, siendo estos los sitios definidos por la SDA como los puntos hidrogeológicos a evaluar ver **Ilustración 14**. (Ver ***Anexo 14).***

Ilustración 14. *Localización de la red de monitoreo adyacente*



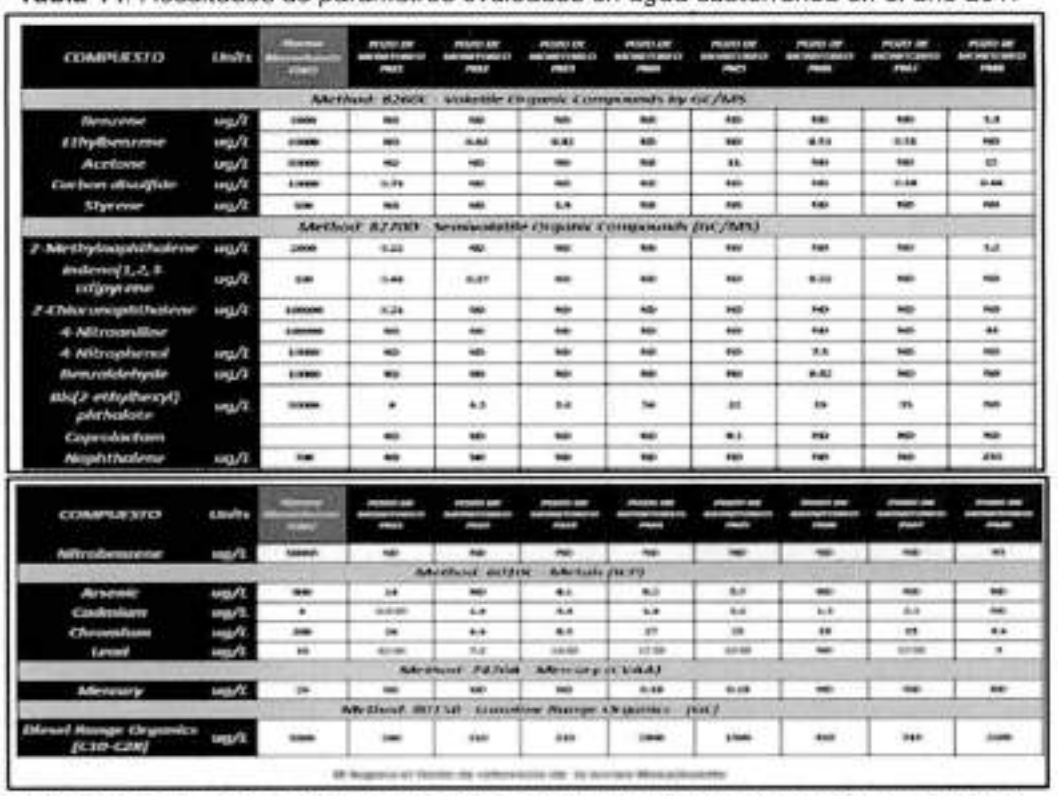
Fuente: Modificado Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA

Al igual que se mencionó en la Tabla 10, a la fecha 2024, no se evidencia condiciones operacionales para el pozo PM5, debido a que esta intervenido y vandalizado.

- **Calidad del agua**

El estudio muestra resultados enfocándose en plomo y cadmio en contraste con la norma de referencia (Massachusetts de USA), cuyas concentraciones se encuentran por encima de los valores establecidos por dicha norma.

Tabla 14. *Resultados de parámetros evaluados en agua subterránea en el año 2017*



COMPUESTO	Units	Norma								
Method: 8260C - Volatile Organic Compounds by GC/MS										
Benzene	ug/l									
Ethylbenzene	ug/l									
Acetone	ug/l									
Carbon disulfide	ug/l									
Styrene	ug/l									
Method: 8270D - Semivolatile Organic Compounds (GC/MS)										
2-Methylnaphthalene	ug/l									
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ug/l									
2-Chloronaphthalene	ug/l									
4-Nitroaniline										
4-Nitrophenol	ug/l									
Benzaldehyde	ug/l									
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	ug/l									
Caprolactam										
Naphthalene	ug/l									

COMPUESTO	Units	Norma								
Nitrobenzene	ug/l									
Method: 6020C - Metals (ICP)										
Arsenic	ug/l									
Cadmium	ug/l									
Chromium	ug/l									
Lead	ug/l									
Method: 7470A - Mercury (CVAA)										
Mercury	ug/l									
Method: 8015D - Gasoline Range Organics - (GC)										
Diesel Range Organics (C10-C28)	ug/l									

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017).

- **Muestreos de lixiviados y aguas subterráneas**

La Línea Base relaciona el tipo de parámetros evaluados en tres condiciones, agua subterránea, lixiviado y mezcla, esto como procedimiento inicial en el año 2018, como se muestra a continuación, ver Tabla 15.

Tabla 15. *Monitoreo de agua subterránea y lixiviados*

579

PARAMETRO	FECHA	POZO MUESTREADO
Cadmio, cobre, calcio, cromo, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plata, plomo, zinc, sodio, potasio	18/10/2018	PM1 (agua)
	18/10/2018	PM2 (lixiviado)
	18/10/2018	PM3 (lixiviado)
Cromo hexavalente	18/10/2018	PM4 (lixiviado)
Carbono orgánico total	19/10/2018	PM5 (lixiviado)
Cloruros, nitritos, nitratos, sulfatos	19/10/2018	PM6 (lixiviado)
pH, conductividad	19/10/2018	PM7 (lixiviado)
DBO, DQO, Dureza, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal	19/10/2018	PM8(lixiviado)
Hidrocarburos totales	19/10/2018	PM9(lixiviado)
PCBs	22/10/2018	PM10(lixiviado)
Coliformes totales y fecales	22/10/2018	PM11(lixiviado)
	23/10/2018	PM12(lixiviado)
Alcalinidad, Aluminio, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cloruros, Cobalto, Cobre, Cromo, DBO5, DQO Total, Dureza Cálcica, Dureza Total, Fenoles Colorimétrico, Fósforo Soluble, Fósforo Total, Litio, Manganeso, 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	PZM 6
Aluminio, Bario, Berilio, Boro Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Litio, Magnesio, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Vanadio Zinc.	22/03/2019	PZM 10

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado 2019ER104814 del 14/05/2019).

* El pozo de monitoreo para aguas subterráneas, PM1 corresponde al punto más cercano al área de influencia del Centro de alto Rendimiento. * El pozo de monitoreo para lixiviados, PM2 corresponde al punto dentro del área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

Además, incluye una relación del tipo de parámetros analizados en el área sur del predio en los pozos PZM6 y PZM10 para lixiviados, ver Tabla 15.

La evaluación para aguas subterráneas se ejecuta específicamente para el pozo PM-1 monitoreado el 18/10/2018 y cuyos resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. *Caracterización de Agua subterránea PM1*

Análisis	Unidad	PM1
Cadmio	mg Cd 1 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

Análisis	Unidad	PM1
Cromo	mg Cr /L	0,49
Cromo hexavalente Cr+6	mg Cr+6 / L	<0,01
DB05	mg 021L	92
DQO Total	mg 02 /L	1661
Dureza Total	mg CaCO3/1	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
Niquel	mg Ni/L	0,37
Nitratos	mg NO3-N/L	<0,3
Nitritos	mg NO2-NIL	<0,010
Nitrógeno Amoniacal	mg NI13-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
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 KJL	19,57
Sodio	mg Neil_	1147,73
Sulfatos	mg S0	127
Zinc	mg Zn /L	1,13
Hidrocarburos Totales	mg/L	2,7
Coliformes Termo tolerantes (Fecales)	NMP/100 ml	1220
Nitrógeno Kjeldahl Total	mh 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

Fuente: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB (SDA 2022019ER104814 del 14/05/2019). * El pozo de monitoreo para aguas subterráneas, PM1 corresponde al punto más cercano al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

530

Los análisis de estos valores en condiciones geoestadísticas según la SDA corresponden a las siguientes conclusiones: "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". Mediante mapas de iso-concentraciones determinan: "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".

En general determinan que: "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".

Para los pozos de muestras con lixiviados los parámetros que se evaluaron son los mismos que para aguas subterráneas siguiendo el mismo procedimiento con interpretaciones geoestadísticas, en el anexo de línea Base se muestra las concentraciones obtenidas. En general de acuerdo con los resultados encontrados la SDA menciona: "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..." Además, mencionan: "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".

- **Resultados de características hidráulicas**

De acuerdo con el estudio se ejecutaron pruebas Slug, concluyendo que conductividad hidráulica de las arcillas y los residuos sólidos varía entre 1.79E-01 a 7.09E-02 m/día. Exceptuando el piezómetro PM-1 con un valor de 1.21E-01 m/día ejecutado en arenas, ver Tabla 17.

Tabla 17. *Resultados de conductividad hidráulica calculada*

PZ	Cond. Hidráulica (m/día)	Unidad Hidrogeológica	Método de Interpretación	Tipo de suelo
PM-1	1.21E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arenas
PM-2	7.09E-02	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-3	3.06E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-4	1.79E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-5	1.97E-02	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-6	8.81E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-7	7.26E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos
PM-8	6.08E-01	Depósito Aluvial Río Bogotá	Hvorslev	Arcilla-residuos

Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicados No. 2017ER188250 del 26/09/2017 y 2017ER267715 del 29/12/2017. * El pozo de monitoreo para aguas subterráneas, PM1 corresponde al punto más cercano al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

No obstante en el documento Línea Base se mencionan algunas características de las pruebas Slug ejecutadas en el 2018 (de doce pruebas de pulso), para la determinación del valor de la conductividad hidráulica, en los pozos instalados dentro del predio, las cuales muestran las propiedades hidráulicas de la unidad donde se encuentra el lixiviado, así como ocho pruebas ejecutadas en los pozos ubicados fuera del sitio, del año 2017, donde se evalúan las características del acuífero somero, incluye además los resultados a los piezómetros instalados en el año 2019 denominado como PZM10. En la Tabla 18 presentan los valores del nivel de recuperación del nivel freático para cada una de las pruebas.

Tabla 18. *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 (%)	Profundidad del pozo (m)
PM-1	7.228	7.265	0.037	99.745	12,0
PM-2	1.716	1.718	0.002	99.942	4,4
PM-3	2.442	2.446	0.004	99.918	13,5
PM-4	2.776	2.779	0.003	99.946	9,0
PM-5	2.564	2.573	0.009	99.825	10,7
PM-6	6.062	6.068	0.006	99.951	12,0
PM-7	3.741	3.742	0.001	99.987	13,5
PM-8	3.734	3.736	0.002	99.973	10,6

Pozo	Prof. Nivel estático (m)	Prof. Nivel dinámico final (m)	Diferencia nivel (m)	Recuperación (%)	Profundidad del pozo (m)
PM-9	10.453	10.540	0.087	99.586	12,0
PM-10	2.735	2.740	0.005	99.909	9,0
PM-11	5.000	5.010	0.010	99.900	9,0
PM-12	2.400	2.410	0.010	99.792	11,8
PZM10	4.550	4.900	0.350	96.296	6,5
PM-1*	5.490	5.550	0.060	99.457	7,5
PM-2*	2.95	3.02	0.07	98.827	6,0
PM-3*	3.98	4.09	0.11	98.637	7,5
PM-4*	3.97	4.02	0.05	99.374	7,5
PM-5*	3.28	3.4	0.12	98.204	7,5
PM-6*	5.3	5.42	0.12	98.881	7,5
PM-7*	5,69	5,87	0,18	98,443	7,5
PM-8*	2,15	2,74	0,59	87,935	7,5

Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM (Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y No.2019ER180582de 09/08/2019) **Pozos por fuera del predio 2017.* El pozo de monitoreo para aguas subterráneas, PM1 corresponde al punto más cercano al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

Con la información anteriormente relacionada y una vez evaluado los datos mediante el método de Hvorslev la SDA presenta los valores de la conductividad hidráulica (K) en relación con el tipo de material identificado en el predio Gibraltar.

Tabla 19. *Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan.*

Pozo	K (m/d)	Tipo de material correlacionable
PM1	3.84E-02	Limo- arcilla
PM7*	1.40E+00	Arenas media finas
PM8*	7.04E-01	Arenas media finas
PM5	2.51E-02	Limo -arcilla
PM9	4.95E-02	Limo - arcilla

Fuente: Modificado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, SDA, (2020 modificado de Radicado No 2019ER104814 del 14/05/2019 y 2019ER180582 de 09/08/2019). El pozo de monitoreo para aguas subterráneas, PM1 corresponde al punto más cercano al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

- **Geofisica**

De acuerdo con el documento: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, dentro del Predio Gibraltar se ejecutó una tomografía eléctrica con una dirección N 05° E, con coordenada inicial X:988747 m.E. Y:1005161 m.N.

Cuya longitud del arreglo es de 336 m y una profundidad de investigación de 35 m. A continuación, se muestra la interpretación que se realizó para el mencionado estudio una vez ejecutado el ensayo geoeléctrico, ver Tabla 20.

Tabla 20. *Interpretación de los valores resistivos encontrados mediante tomografía*

Material	Espesor (m)	Resistividad (Ω*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: Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir de la SDA, EAAB & SIAM, (Radicado No. 2019ER104814 del 14/05/2019).

- **Resultados Modelo Hidrogeológico Conceptual**

El modelo hidrogeológico conceptual concluye con la definición de mapas con direcciones de flujo y bloque diagrama representativo, donde se puede observar las líneas equipotenciales y las direcciones de flujo del agua subterránea del área de estudio, ver Ilustración 15.

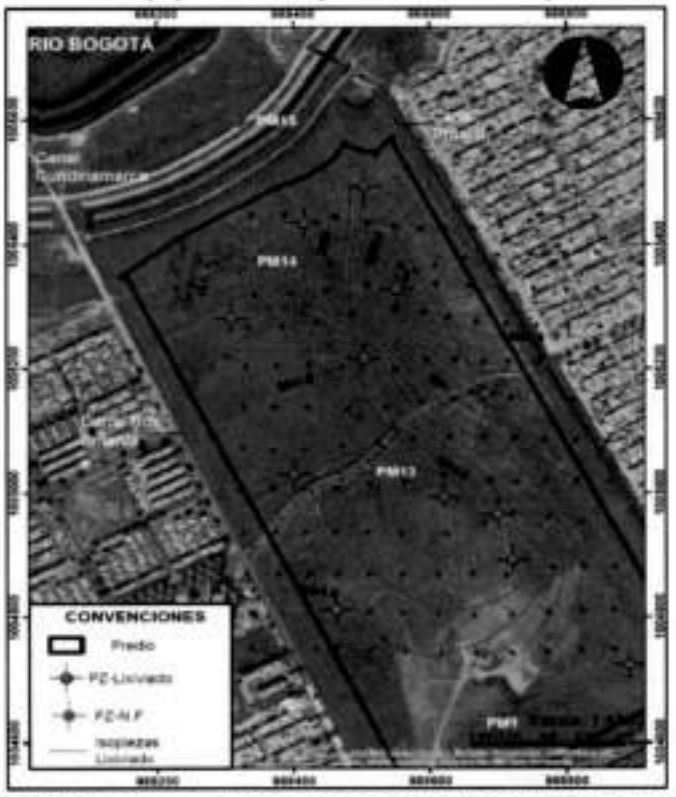
Ilustración 15. *Equipotenciales y direcciones de flujo del agua subterránea*



Fuente: Tomado de Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, SDA, 2021.

Mencionan, además: "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", como se aprecia en la Ilustración 15. Teniendo en cuenta que el Predio Gibraltar correspondió a un depósito de residuos sólidos la SDA presenta un mapa de isopiezas de los lixiviados esto argumentado que en las primeras capas las direcciones de flujo y almacenando lixiviados, se dispersan en el nivel freático, ver Ilustración 16.

Ilustración 16. *Equipotenciales y direcciones de flujo del lixiviados.*



Fuente: Tomado de Linea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir, SDA, 2021.

El documento de la Línea Base ambiental para construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir menciona: "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 rio Bogotá".

- **Condición del monitoreo de agua subterránea según la EAAB**

El documento Informe de Aguas Contrato No. 2-01-24200-1543-2021 de obra firmado entre SIAM S.A.S. y la EAAB ESP cuyo objeto establecia la "DESGASIFICACIÓN DEL PREDIO GIBRALTAR." presento además el Monitoreo de Aguas Subterráneas del entorno con la toma de muestras de calidad del agua subterránea en los siete (7) Pozos de Monitoreo ubicados alrededor del predio Gibraltar. Los resultados más relevantes y de interés se presentan como base para el planteamiento, ejecución y análisis de los monitoreos proyectados para la construcción del Centro de Alto Rendimiento.

- **Relación de frecuencia del monitoreo**

Con el fin de establecer las características fisicoquímicas del agua subterránea en las zonas adyacentes al Predio Gibraltar y su variación en el tiempo, SIAM SAS estableció la siguiente frecuencia de monitoreo.

Tabla 21. *Relación entre el valor de K y el material con el que se correlacionan.*

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA			
Lugar: Zonas Adyacentes – Predio Gibraltar			
Pozo de Monitoreo	Nombre - Muestra	Primera campaña	Segunda campaña
PM 01	PM 01 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 02	PM 02 /17 B	14/06/2022	21/11/2022
PM 03	PM 03 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 04	PM 04 /17	14/06/2022	21/11/2022
PM 05	PM 05 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 06	PM 06 /17	13/06/2022	22/11/2022
PM 07	PM 07 /17	14/06/2022	22/11/2022
Total muestras		7	7
TOTAL			14

Fuente: *SIAM SAS, 2022* El pozo de monitoreo para agua subterránea de la red externa adyacente, PM4 corresponde al punto más cercano geográficamente al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

- **Parámetros evaluados**

Los parámetros que evaluó SIAM respecto a lo que menciona, estipulo el SDA (2021) fueron los siguientes:

- ✓ Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos - PAH
- ✓ Hidrocarburos Derivados del Petróleo (TPH-GRO y TPH-DRO)
- ✓ Compuestos Orgánicos Volátiles — COV incluidos los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). Compuestos Orgánicos Semi – volátiles -SCOV
- ✓ Metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo).
- ✓ Además de parámetros In situ- pH, temperatura, oxigeno disuelto, conductividad, turbiedad.

- **Resultados por campaña**

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos por SIAM en las dos campañas de monitoreo, esto con el objetivo de comprender las condiciones imperantes en la zona de estudio, previo a las actividades constructivas por ejecutar para el Centro de Alto Rendimiento.

- Primera Campaña

De acuerdo con lo que menciona EAAB & SIAM, 2023 esta campaña fue ejecutada en los días 13 y 14 de junio de 2022. La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 7,5 m y 8 m con un nivel freático variable entre 2,54 m y 5,09 m. El estudio menciona:" El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura, con presencia de sales".

Tabla 22. *Parámetros medidos In Situ – Primer Monitoreo de Aguas subterráneas.* * *Conductividad en µs/cm*

Parámetro In Situ	Unidad	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
Profundidad Total Pozo	m	8	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Nivel Freático	m	4,65	3,85	3,71	3,74	2,54	3,24	5,09
pH	UN	4,8	6,3	5,71	6,41	4,86	5,99	5,44
Temperatura	C	18,3	18,5	21,5	21,1	19,5	18,8	18,1
Oxígeno Disuelto	mg/L	2,09	2,01	2,62	1,64	0,36	2,04	2,46
Conductividad	ms/cm	8,33	1000*	828*	888*	3,46	2,39	2,75
Turbiedad	NTU	8,7	230	300	270	13	400	100

Fuente: *SIAM SAS, 2022* El pozo de monitoreo para agua subterránea de la red externa adyacente, PM4 corresponde al punto más cercano geográficamente al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

Tabla 23. *Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Primer Monitoreo*

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	Benceno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Etilbenceno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Tolueno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	o-Xileno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	p, m-Xileno	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	Totales BTEX	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromo diclorometano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV's Totales	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037	<0.00037
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033	<0.00033
EPA 3510 C	Acenafteno	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313	<0.000313
EPA 3510 C	Acenaftileno	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293	<0.000293
EPA 3510 C	Antraceno	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluóratenos	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo (g, h, i) perileno	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo (a, h) antraceno	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Fenantreno	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Fluoreno	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	Indeno (1,2,3-cd) pireno	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	HAP's Totales	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015	Hidrocarburos GRO	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
C								
EPA 200.8	Arsénico Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cadmio Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
EPA 200.8	Plomo Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030

Fuente: *SIAM SAS, 2022 Unidades en mg/L*

- Segunda Campaña

De acuerdo con lo que menciona EAAB & SIAM, 2023 esta campaña fue ejecutada en los días 21 y 22 de noviembre de 2022. Dentro de los resultados definen: "La profundidad efectiva de los pozos se encontraba entre 6,2 m y 8,2 m con un nivel freático variable entre 2,88 m y 5,3 m, ligeramente inferior con respecto al monitoreo anterior. Según las medidas de pH estas aguas son ligeramente ácidas con un pH más cercano a 7 en comparación al primer monitoreo. El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo y las conductividades elevadas, lo que indica un tipo de agua dura a muy dura con presencia de sales".

Tabla 24. *Parámetros medidos In Situ – Segundo Monitoreo de Aguas subterráneas. * Conductividad en µs/cm*

Parámetro In Situ	Unidad	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
Profundidad Total Pozo	m	8,2	6,2	7,5	7,5	7	6,17	7,5
Nivel Freático	m	4,77	3,97	3,71	3,73	2,88	3,67	5,3
pH	UN	5,17	6,27	6,1	6,65	5	6,26	6,55
Temperatura	C	19,4	18,9	19,8	19,3	20,3	19,6	18,9
Oxígeno Disuelto	mg/L	1,81	1,79	1,84	1,45	1,81	1,7	2,05
Conductividad	µs/cm	8520	8324	1058	971	3314	2966	1298
Turbiedad	NTU	4,1	500	600	320	9,6	330	600

Fuente: *SIAM SAS, 2022* El pozo de monitoreo para agua subterránea de la red externa adyacente, PM4 corresponde al punto más cercano geográficamente al área de influencia del Centro de alto Rendimiento.

Tabla 25. *Resultados parámetros de Agua Subterráneas en pozos – Segundo Monitoreo*

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA	Benceno	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
5030 C		50	50	50	50	50	50	50
EPA 5030 C	Etilbenceno	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50
EPA 5030 C	Tolueno	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50
EPA 5030 C	o-Xileno	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50
EPA 5030 C	p.m.-Xileno	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50
EPA 5030 C	Totales BTEX	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50	<0.000 50
EPA 5030 C	1,1,-Dicloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1,1-Tricloroetano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,1-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	1,3-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	2,2-Dicloropropano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromodiclorometano	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Bromoformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cis-1,3-Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Cloroformo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Disulfuro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tetracloruro de Carbono	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,2-Dicloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Trans-1,3 Dicloropropeno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	Tricloroeteno	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
EPA 5030 C	COV's Totales	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 8041 A	2,4,5-Triclorofenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	2,4,6-Triclorofenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	2,4-Diclorofenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	2,4-Dimetilfenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	2-Clorofenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	2-Metilfenol (o-cresol)	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	2-Nitrofenol	<0.000 20	<0.000 20	<0.000 20	<0.000 20	<0.000 20	<0.000 20	<0.000 20
EPA 8041 A	4,6-Dinitro-2-Metilfenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	4-Metilfenol (p-cresol)	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	4-Nitrofenol	<0.000 2	<0.000 2	<0.000 2	<0.000 2	<0.000 2	<0.000 2	<0.000 2
EPA 8041 A	Clorofenoles	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	Fenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	Fenoles Mono hídricos	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	Nitro fenoles	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	Pentaclorofenol	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 8041 A	Fenoles Totales	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200	<0.000 200
EPA 3510 C	1-Metilnaftaleno	<0.000 37	<0.000 37	<0.000 37	<0.000 37	<0.000 37	<0.000 37	<0.000 37
EPA 3510 C	2-Metilnaftaleno	<0.000 33	<0.000 33	<0.000 33	<0.000 33	<0.000 33	<0.000 33	<0.000 33
EPA 3510 C	Acenafteno	<0.000 313	<0.000 313	<0.000 313	<0.000 313	<0.000 313	<0.000 313	<0.000 313
EPA 3510 C	Acenaftileno	<0.000 293	<0.000 293	<0.000 293	<0.000 293	<0.000 293	<0.000 293	<0.000 293
EPA	Antraceno	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
3510 C		298	298	298	298	298	298	298
EPA 3510 C	Benzo(a)antraceno	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304	<0.000304
EPA 3510 C	Benzo(a)pireno	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287	<0.000287
EPA 3510 C	Benzo(b)fluoranteno	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Benzo (g, h, i) perileno	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Benzo(k)fluoranteno	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Criseno	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291	<0.000291
EPA 3510 C	Dibenzo (a, h) antraseno	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296	<0.000296
EPA 3510 C	Fenantreno	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299	<0.000299
EPA 3510 C	Fluoranteno	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290	<0.000290
EPA 3510 C	Indeno(1,2,3-cd) pireno	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307	<0.000307
EPA 3510 C	Naftaleno	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297	<0.000297
EPA 3510 C	Pireno	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
EPA 3510 C	Fluoreno	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298	<0.000298
EPA 3510 C	HAP's Totales	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300	<0.000300
EPA 8015 C	Hidrocarburos DRO	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EPA 8015 C	Hidrocarburos GRO	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
EPA 200.8	Arsénico Total	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0,01	0,006
EPA 200.8	Cadmio Total	0,023	0,011	<0.0030	<0.0030	0,009	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Cromo Total	0,007	0,003	<0.0030	0,004	<0.0030	<0.0030	<0.0030
EPA 200.8	Mercurio Total	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

Método	Análisis	PM 01/17	PM 02/17B	PM 03/17	PM 04/17	PM 05/17	PM 06/17	PM 07/17
EPA 200.8	Plomo Total	<0.003 0	<0.003 0	<0.003 0	<0.003 0	<0.003 0	<0.003 0	<0.003 0

Fuente: *SIAM SAS, 2022 Unidades en mg/L*

De acuerdo con los análisis para dicho monitoreo la EAAB Y SIAM, 2023 concluyen:

Una vez realizado el contraste con la guia MAVDT (2007) y norma Massachussets, se identificó: "valores de concentración de Cadmio Total que excedian los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total y Cromo Total".

El análisis ambiental para parámetros que arrojaron resultados por encima del límite de detección del equipo con respecto a la guía y norma de referencia, determinaron: Las concentraciones de Arsénico total se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,01mg/L. El cadmio total excedió el límite de referencia establecido en la norma Massachusetts al igual que el de las muestras PM02/17 y PM05/17 del segundo monitoreo de aguas subterráneas. De acuerdo con el monitoreo esto se da por: "Los residuos propiamente dichos ubicados dentro del predio Gibraltar, los cuales generaron un nivel de lixiviados; y de otro lado, el río Bogotá que sirve de límite al NNW del predio Gibraltar, que recibe una cantidad importante de residuos peligrosos tanto legales como ilegales desde su nacimiento, los cuales son transportados a lo largo de su cauce y a través de su lecho (SIAM SAS, 2017)". Finalmente, las concentraciones de Cromo se presentaron en un rango de No Detectable hasta 0,007 mg/L, donde el valor máximo de concentración se ubicó hacia el norte del predio Gibraltar en la muestra de agua PM01/17 del monitoreo de noviembre de 2022, sin exceder los valores máximos permisibles establecidos en la norma.

En conclusión a partir de la comparación realizada con la guía del MAVDT (2007) y norma Massachussets, se logró identificar valores de concentración de Cadmio Total que excedian los límites permisibles en la segunda campaña de monitoreo, los valores obtenidos de los demás parámetros analizados en laboratorio se encontraban por debajo del límite de detección, o no sobrepasaban los valores límites establecidos como fue el caso de Arsénico Total (09mg/L - Massachusetts) y Cromo Total (09mg/L Massachusetts).

Por todo lo anterior SIAM SAS, determina que: "la concentración de contaminantes del acuífero somero asociado al río Bogotá (que es el mismo que se encuentra bajo el predio Gibraltar), lejos del predio Gibraltar presentaba condiciones de calidad fisicoquímica muy similares a las reportadas frente al predio Gibraltar sobre la vega del río Bogotá, evidenciando la conexión entre el río y el acuífero somero con condiciones

fisicoquímicas pobres para el agua subterránea".

Concluyendo además que se detecta presencia de contaminantes y sólidos disueltos en el acuífero somero dentro del predio Gibraltar, los cuales a pesar de que las velocidades de flujo calculadas fueron muy pequeñas (del orden de cm/día) en el tiempo pudieron migrar hacia el río Bogotá o seguir la dirección de flujo regional hacia el SW del área.

- **Condición actual de la red de piezómetros**

El día 16 de abril del 2024, mediante la visita al área de evaluación correspondiente a la red de piezómetros adyacentes al predio Gibraltar se realiza recorrido e inspección de los siete puntos, esto en conjunto con la Secretaria Distrital de Ambiente - SDA, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB, la Interventoría y grupo ambiental de Velódromo y Centro de alto Rendimiento.

Mediante el recorrido se verifica en cada piezómetro el estado actual de cada punto, y se recopilan características como nivel del agua subterránea (Nivel piezométrico/ nivel estático), y datos In situ de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto. Es importante destacar que durante la jornada los datos fueros recopilados mediante equipos de la SDA como lo son el medidor portátil multiparamétrico (ProQuatro - YSI), para el registro de parámetros In-situ antes mencionados. Y a través de la sonda eléctrica de medición (Solinst – Medidor de interfaz 122) para la medición del nivel del agua subterránea.

Es importante destacar que, dentro de la jornada al sitio, se pudo constatar que el piezómetro denominado PM5, se encuentra intervenido con características de obstrucción dada la vandalización de este, sin protección del cabezal, y daño a la tubería PVC que lo recubre.

Por otro lado, al piezómetro PM2 no se logra el acceso dado que en el momento de la visita se presentó un incendio en la zona norte del predio, que impidió el acercamiento al sitio, por la gran cantidad de humo y la cercanía al sitio del incendio. El diagnostico de la visita de la SDA y del estado de los piezómetros se puede evidenciar en el ***Numeral 6 del Anexo 2.***

- **Área de Influencia – Agua Subterránea para PMA**

Teniendo en cuenta el documento, Línea Base para Construcción del Parque Metropolitano PM 10 El Porvenir (SDA, 2019), y el Monitoreo de Aguas subterráneas del Informe de Aguas (EAAB, 2023), y las determinaciones allí definidas en cuanto al sistema hidrogeológico, el área de influencia para la evaluación por calidad del agua subterránea estaría dada por la red de monitoreo adyacente, a partir de la cual la SDA realizo modelos de Iso- concentraciones, (determinando análisis geoestadísticos, con un comportamiento geoespacial no homogéneo en todo el cuadrángulo, por el contrario, es puntual de acuerdo a las mayores y menores concentraciones) y la red de flujo de agua subterránea cuya dinámica está definida por los tres pozos de agua subterránea dentro del predio Gibraltar y los pozos de la red externa adyacente. Por lo anterior se

toma como buffer los puntos de la mencionada red y se genera un polígono como el que se muestra en la siguiente ilustración, las salidas graficas del plan se puede evidenciar en el ***Anexo 14.***

Ilustración 17. Área influencia - Agua Subterránea



Fuente: Consorcio Gibraltar, 2024

11.2. GESTIÓN DEL RIESGO

De acuerdo con el plan de gestión de riesgo para el Centro de Alto Rendimiento, a continuación, se presentan los siguientes componentes:

11.2.1 Valoración del Riesgo

La ubicación dentro del distrito Capital donde se encuentra el área del proyecto, presenta unas condiciones biofísicas particulares, se determinan los elementos peligrosos con, donde se revisan todas las fuentes que tienen información secundaria:

- Estudios previos para el diseño del proyecto.
- Inventarios históricos de desastres, contenidos en bases de datos nacionales y municipales.
- Plan de Ordenamiento Territorial.
- Plan Local de Gestión del Riesgo de Kennedy.
- Plan Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático de Bogotá.

- Estrategia Distrital de Respuesta a Emergencias de Bogotá.
- Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrografía del Río Bogotá
- En la siguiente tabla se identifican las amenazas identificadas para el proyecto, los cuales que se puedan materializar durante la ejecución de las obras.

Tabla 26. *Fenómenos amenazantes identificados para el proyecto.*

Clasificación de Fenómenos Amenazantes según su Origen	Amenazas
Amenazas de origen natural	Sismos
	Granizadas
	Fuertes vientos o vendavales
	Amenaza ceráunica o caídas de rayos
Amenazas de origen socio natural	Movimientos en masa
	Avenidas torrenciales
	Inundaciones
	Incendios forestales
	Subsidencia o hundimiento
Amenazas tecnológicas	Incendios estructurales
	Contaminación de acuíferos
Amenazas asociadas a los procesos constructivos del Proyecto Centro de Alto Rendimiento (Gibraltar)	Incendios por acumulación de gases del relleno antrópico
	Explosiones por acumulación de gases del relleno antrópico
	Afloramiento de lixiviados
	Accidentes vehiculares
	Accidentes de trabajo
	Deslizamiento de materiales
	Colapso estructural
Amenazas de origen antrópico intencional	Orden público y social
Amenazas de origen biológico	Infecciones y brotes de enfermedad por contacto con RESPEL
	Afectación a la salud por olores ofensivos y material particulado
	Epidemias o pandemias

Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024

De acuerdo con el plan de gestión de riesgos, se priorizan los siguientes riesgos.

Tabla 27. Escenarios de Riesgos Priorizados para el proyecto

N°	RIESGO PRIORIZADOS	NIVEL DE RIESGO
ER01	Fallas estructurales por ocurrencia de sismos	Medio
ER02	Fuertes vientos o vendavales	Medio
ER03	Amenaza ceráunica o caídas de rayos	Medio
ER04	Incendios de cobertura superficial	Alto
ER05	Orden público y social	Medio
ER06	Contaminación de acuíferos	Alto
ER07	Aumento de lixiviados por escorrentía	Medio
ER08	Fuga de gases	Medio
ER09	Infecciones y brotes de enfermedad por contacto con RESPEL	Medio
ER10	Afectación a la salud por olores ofensivos y material particulado	Medio
ER11	Epidemias o pandemias	Medio
ER12	Incendios por acumulación de gases del relleno antrópico	Medio
ER13	Explosiones por acumulación de gases del relleno antrópico	Medio
ER14	Afloramiento de lixiviados	Medio
ER15	Accidentes de trabajo	Medio
ER16	Deslizamiento de materiales	Medio

Fuente: Plan de Gestión del riesgo, 2024.

De acuerdo con el análisis de riesgos realizados para el proyecto, se presentan la siguiente categorización:

Tabla 28. Categorización de riesgos

Color	Nivel de Riesgo	Tipo de Respuesta	Grado de Respuesta
	Alto	Detallada	Escenario donde se requiere diseñar una respuesta detallada por emergencias
	Medio	General	Se debe diseñar una respuesta de carácter general para el manejo de contingencias
	Bajo	No amerita	Sin amenaza significativa, no amerita una inversión de recursos especiales de preparación.

Fuente: elaboración propia, 2024.

A continuación, se presenta un apartado de las amenazas que se analizaron para la evaluación respectiva.

11.2.2. AMENAZA POR INUNDACIÓN

En Bogotá se cuenta con el Plano Normativo de Amenaza por Inundación por Desbordamiento adoptado mediante el Decreto 190 del 2004, el cual ha sido actualizado a través de diferentes actos administrativos de la Secretaría Distrital de Planeación. Actualmente, en el marco del proceso de revisión del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (POT). En estos documentos "Artículo 128. Áreas urbanas en amenaza por inundación (artículo 72 del Decreto 619 de 2000).

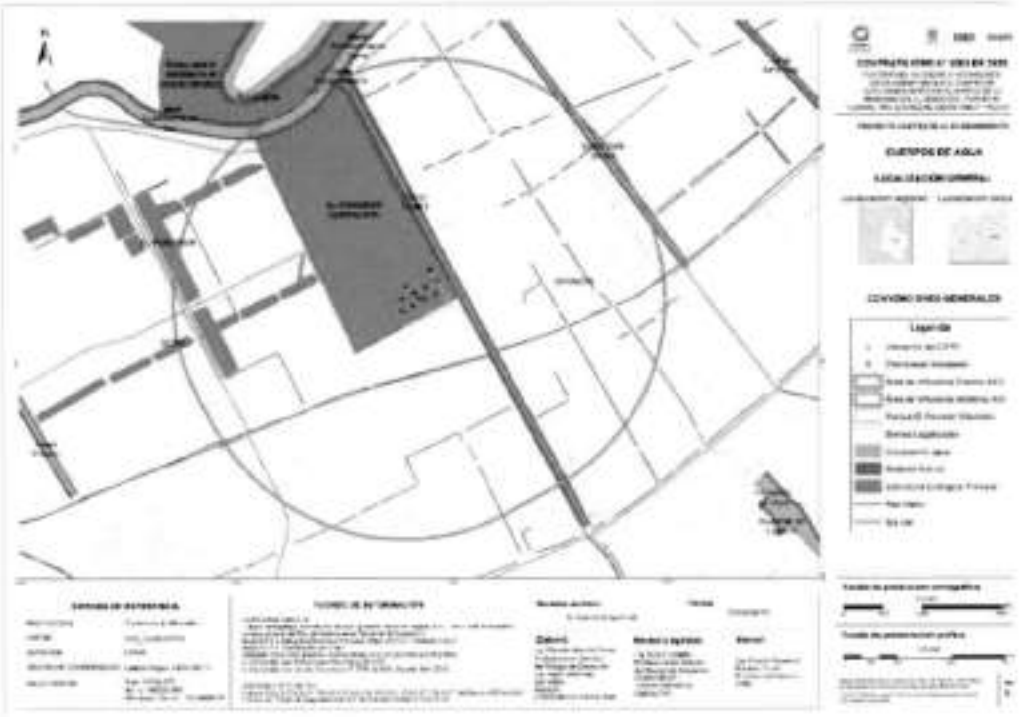
Las áreas urbanas que se encuentran en amenaza de inundación por desbordamiento de cauces naturales son aquellas localizadas en inmediaciones de los ríos y quebradas existentes en el Distrito Capital, y principalmente las que se localizan en sectores aledaños a los ríos Bogotá, Tunjuelo, Juan Amarillo y humedal de Torca". Por esta razón se establecen medidas de mitigación de los riesgos de inundación por parte de las entidades distritales a cargo del manejo de los cuerpos de agua presentes en la ciudad; para ello el Fondo Especial para las Inversiones Ambientales – FIAB en el perímetro urbano de Bogotá en apoyo de la Corporación Autónoma Regional – CAR, en los últimos 3 años, la Corporación ha retirado alrededor de 6 millones de metros cúbicos en sedimentos y basura, lo que ha permitido mejorar la capacidad de transporte hidráulico del Río, adicional uno de los jarillones o diques sobre la ronda del Río Bogotá se reubicó a 30 metros, lo que permitió la ampliación de la capacidad hidráulica del afluente, pasando de 30 metros a 60 metros de ancho del cauce, y de esta forma reduciendo su inundabilidad en zonas aledañas.

Como parte de las entidades de vigilancia, se debe controlar e inspeccionar las conexiones de drenaje o desagües agrícolas en el río Bogotá en las zonas del sector del Corzo, producto de la intervención no técnica de los propietarios que buscan drenar sus respectivos predios, desconociendo el impacto de dichas acciones en estos diques de protección.

Adicionalmente, la zona de influencia del predio Gibraltar se encuentra en la Cuenca No. 21 – Alto Magdalena, específicamente en la subzona correspondiente al río Bogotá. Esta cuenca, que abarca la cuenca media del río Bogotá desde el puente de la Virgen hasta antes del embalse del Muña en Alicachín, tiene una longitud de 90 km y recibe las aguas residuales del sistema de drenaje urbano de Bogotá y sus áreas periféricas a través de los ríos Juan Amarillo o Salitre, Fucha, y Tunjuelo, con un caudal medio de aproximadamente 37 m³/s. Los municipios en el área de influencia incluyen Bogotá, Funza, Mosquera, Soacha, Sibaté, Subachoque, El Rosal, Madrid, Bojacá y Facatativá (Paralelo 621, 2022) como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

En la siguiente ilustración, se aprecia la ubicación del predio en referente al Rio Bogotá ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas).***

Ilustración 18 Ubicación de cuerpos de agua



Fuente: Plan de gestión del riesgo Consorcio Gibraltar, 2024

En relación con la infraestructura hidráulica, el Canal Cundinamarca emerge como un componente crucial, operando como un punto de control aguas abajo del Sistema Tintal. Este canal, con una longitud de 8,3 kilómetros, regula el flujo mediante la descarga del bombeo desde la estación de Gibraltar, facilitando el drenaje hacia el río Bogotá y previniendo inundaciones en las áreas adyacentes a las vías de drenaje del canal. Se mantiene un control hidráulico constante para prevenir posibles problemas de inundación en los alrededores.

Además, se resalta la importancia del Canal Tintal II, que tiene su inicio en el barrio Los Libertadores y desemboca en el Canal Cundinamarca. Este sistema, con áreas de influencia que abarcan Kennedy Central, Patio Bonito y Las Margaritas, presenta una estructura con sección trapezoidal revestida en algunos tramos y cubierta de pastos en otros. La existencia de canales paralelos en sentido este-oeste contribuye al sistema de drenaje urbano de Bogotá (Alcaldía Local de Kennedy, 2019).

Por otro lado, el Concepto Técnico No. 09579 del 27 de agosto de 2021 de la SDA ***(Radicado 2021IE180570 – Ver Anexo 1)*** señala que, aunque los eventos de inundación del río Bogotá no están directamente relacionados con el polígono donde se construirá el Parque Metropolitano El Porvenir (Gibraltar), y a pesar de que este proyecto

590

no se sitúe en el Área de Manejo Especial del río, es esencial examinar si dichos eventos podrían afectar al parque en cuestión. Tras revisar el Numeral 2.2.9.3 del Mapa de Amenazas por Inundaciones del Volumen V – Gestión del Riesgo del Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Bogotá del año 2019 y la cartografía adjunta, se confirma que el área de desarrollo del proyecto no se encuentra en ninguna de las categorías de amenaza de inundación definidas, ya sea alta, media o baja.

En consecuencia, para evaluar la amenaza de inundación en Bogotá, se han considerado tres escenarios diferentes: inundación por encharcamiento, inundación por desbordamiento e inundación por ruptura del Jarillón, conforme a lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., adoptado mediante Decreto 555 de 2021. A continuación, se detallan estos escenarios:

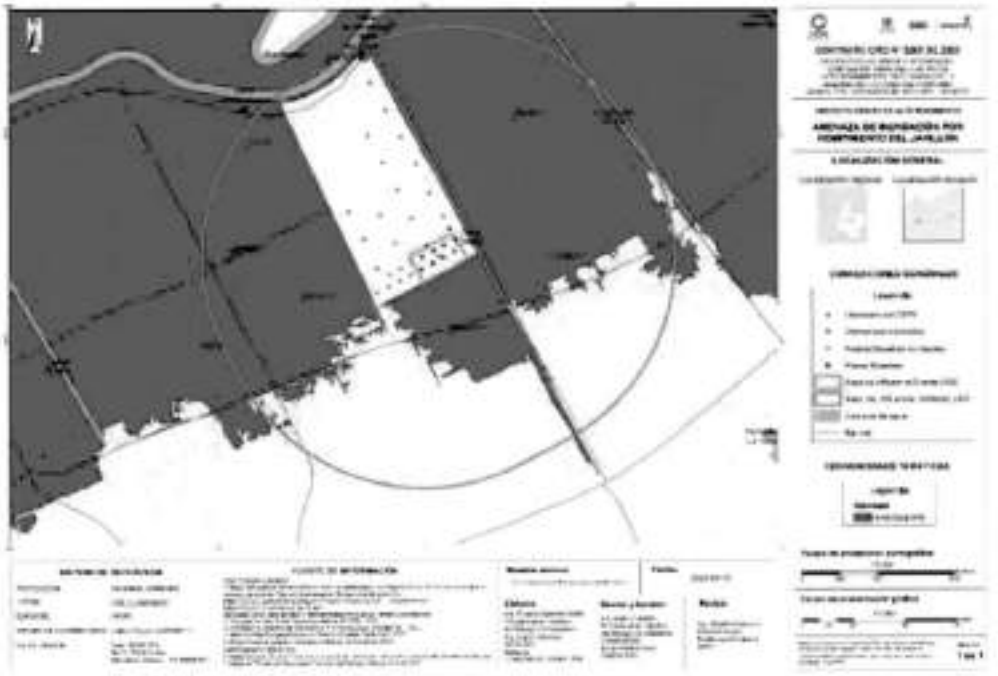
- **Amenaza de Inundación por Rompimiento del Jarillón**

Las inundaciones podrían ser desencadenadas por la eventual falla o rotura de los jarillones que conforman el sistema de defensa contra inundaciones en el Distrito Capital, principalmente a lo largo de los ríos Bogotá y Tunjuelo. Aunque se han implementado medidas estructurales para mitigar el riesgo en la ciudad, conforme al Decreto 190 de 2004, centradas en los ríos Bogotá y Tunjuelo, estas reducen la amenaza de inundación, pero no la eliminan por completo. Debido a la configuración del terreno y la persistencia de cierto nivel de riesgo incluso después de las obras de mitigación, surge la necesidad de delinear la zona de amenaza por inundación debido a la posible falla o ruptura de los jarillones (IDIGER y Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

En Kennedy, aproximadamente 125.000 personas distribuidas en al menos 45 barrios enfrentan riesgos de inundación relacionados con el río Bogotá y sus afluentes. En términos generales, se identifican áreas con niveles de amenaza de inundación bajos, medios y altos de la siguiente manera:

a. Riesgo de amenaza baja: Se refiere a áreas donde la profundidad del agua puede tener efectos leves, con una probabilidad de inundación de al menos una vez cada cien años durante la vida útil del Jarillón del río Bogotá, con una ocurrencia menor al 10%.
b. Riesgo de amenaza media: Implica efectos moderados en términos de daños, con una probabilidad de inundación del 10 al 65% durante la vida útil del Jarillón, al menos entre los periodos de 10 a 100 años.
c. Riesgo de amenaza alta: Puede tener efectos graves, con la probabilidad de inundación una vez cada diez años durante la vida útil del Jarillón, con una ocurrencia superior al 65%.

Ilustración 19 Mapa de amenaza por rompimiento del Jarillón para el proyecto.



Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

La población expuesta a inundaciones en estas zonas enfrenta riesgos significativos relacionados con enfermedades infecciosas, intoxicaciones y problemas de salud pública debido a la proliferación de insectos y roedores. Además, las viviendas construidas sobre rellenos de humedales son altamente susceptibles a inundaciones durante los periodos de lluvias, lo que conlleva riesgos asociados de daños en la infraestructura (Alcaldía Local de Kennedy, 2019).

No obstante, tras una minuciosa revisión del mapa de amenazas del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), se constata que el área donde se llevará a cabo el proyecto no presenta un nivel de amenaza por este fenómeno.

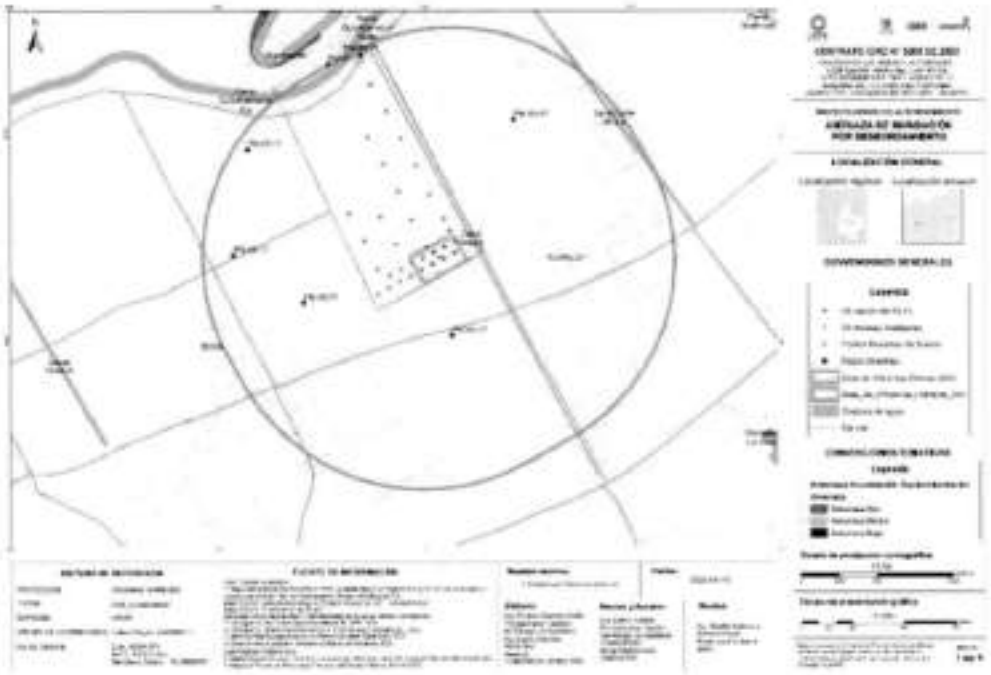
- **Amenaza de Inundación por Desbordamiento**

El segundo tipo de inundaciones identificado en Bogotá se refiere a aquellas provocadas por un aumento gradual del nivel del agua en un cauce, superando la altura de las orillas naturales o construidas. Esto conduce a la inundación, desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y áreas adyacentes a los cursos de agua que normalmente no están inundadas. Este fenómeno resulta de lluvias persistentes y generalizadas en una región específica (IDIGER y Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

Como se mencionó previamente, el análisis de las aguas superficiales en el área de construcción del Velódromo muestra la presencia cercana de cuerpos de agua, como el Canal Tintal II y el Canal calle 38 Sur al noreste, así como el Canal Cundinamarca Sur y el Río Bogotá al norte. Las distancias aproximadas a estos cuerpos de agua son de 266 m y 1171 m para los canales mencionados, y 925 m y 116 m para el Canal Cundinamarca Sur y el Río Bogotá, respectivamente.

Según el Mapa de amenaza de inundación urbana por desbordamiento, Mapa CU-2.2.10 del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., adoptado mediante Decreto 555 de 2021, se observa que el terreno del Proyecto no se encuentra en un área catalogada como amenazada por desbordamiento como se puede evidenciar en la siguiente ilustración.

Ilustración 20 Mapa de amenaza por desbordamiento.



Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024 ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

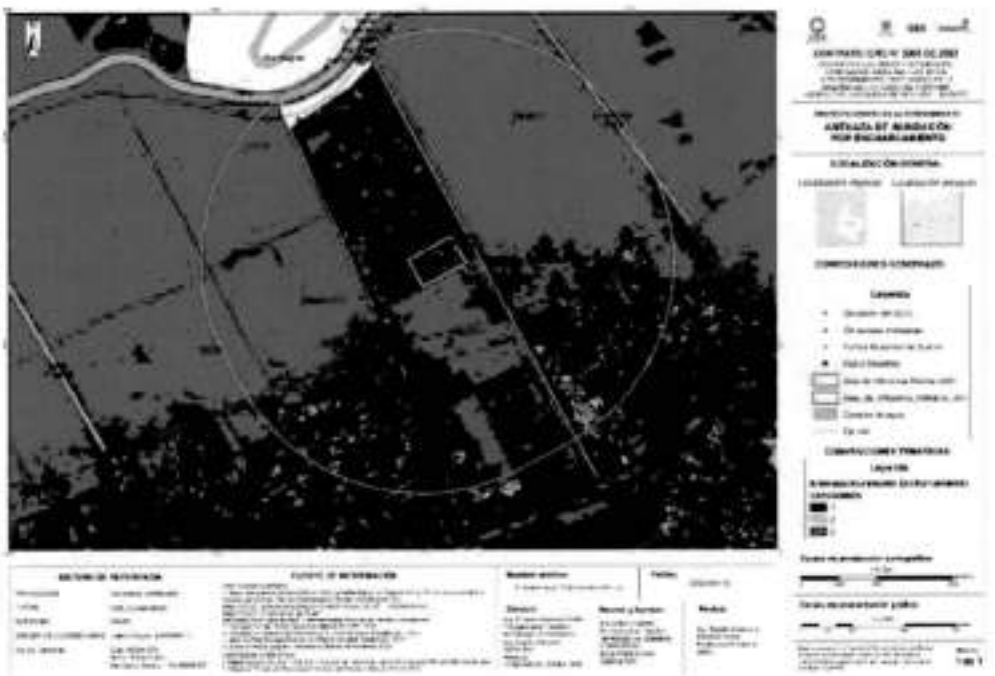
- **Amenaza de Inundación por Encharcamiento**

Uno de los escenarios de inundaciones identificados en Bogotá se refiere al encharcamiento, centrándose especialmente en la altura del nivel de agua que estas áreas podrían alcanzar durante intensas precipitaciones. Este fenómeno podría representar un riesgo o afectar a los elementos situados dentro de estas áreas o en sus

cercanías. El encharcamiento se produce únicamente si hay un mal funcionamiento del sistema de alcantarillado, ya sea debido a obstrucciones por escombros o residuos, estrechamientos en algún tramo de la red de alcantarillado, reflujo, fallos operativos en una estación elevadora, lluvias intensas que superan las previsiones de diseño, entre otros. En este análisis de amenazas, no se consideran las características ni el funcionamiento del sistema de alcantarillado, lo que facilita la identificación de las áreas susceptibles al encharcamiento (IDIGER y Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

Adicionalmente, se observa que el área del Centro de Alto Rendimiento (Gibraltar) presenta una amenaza baja, como se muestra en la Ilustración 22. Esta condición, común en zonas verdes, destaca la importancia de gestionar adecuadamente las aguas pluviales al modificar el coeficiente de escorrentía debido a la construcción del Centro de Alto Rendimiento (Gibraltar).

Ilustración 21 Mapa de amenaza de inundación por encharcamiento para el proyecto.



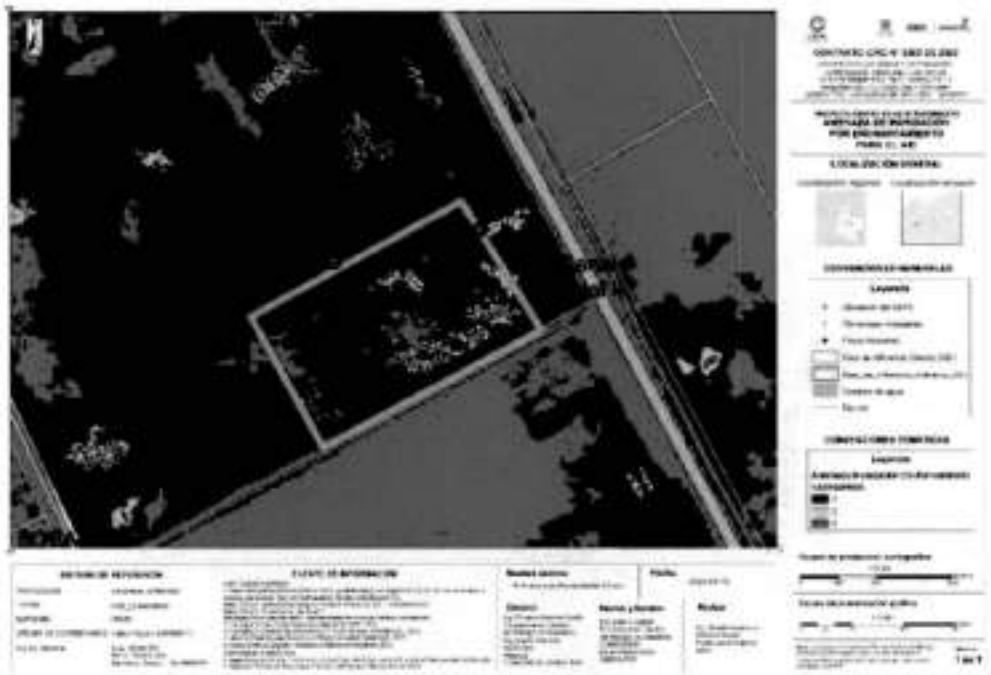
Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024 ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

En síntesis, el proyecto se sitúa en un área caracterizada por una condición de amenaza baja, lo que implica que son zonas deprimidas o de menor altitud con una baja probabilidad y frecuencia de experimentar episodios de encharcamiento, donde los niveles de agua generados no superan los 25 centímetros. Además, esta categoría de

amenaza señala que la movilidad en las vías y la habitabilidad de las viviendas podrían verse afectadas temporalmente durante un episodio de encharcamiento.

Por otro lado, las áreas adyacentes al terreno se encuentran en una zona de amenaza alta, debido a problemas en el funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial, lo que puede ocasionar alturas de láminas de agua superiores a los 50 centímetros, resultando en la interrupción de la movilidad en la red vial y afectando la habitabilidad de las viviendas.

Ilustración 22 Mapa de amenaza por encharcamiento para el área de influencia directa.



Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024 ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

Adicionalmente, al interior del predio, se pueden observar pequeñas zonas con un nivel de amenaza medio (2.413,79 m^2) y alto (3.293,67 m^2), situación que indica que se podrían generar alturas de láminas de agua entre 25 cms y 50 cms, o mayores a los 50 cms, respectivamente, durante eventos de encharcamiento.

11.2.3. SISMICIDAD

Los principales sistemas de fallas que pueden generar sismos fuertes en la Sabana de Bogotá son: la Falla Frontal de la Cordillera Oriental ubicada en el piedemonte de los Llanos Orientales, las Fallas Locales o cercanas localizadas al sur de la ciudad (que en

el pasado han generado eventos sísmicos fuertes), la zona de Subducción del Pacífico ubicada a una distancia del orden de los 350 km al occidente de la ciudad y las zonas de Benioff intermedia y profunda (la zona de Benioff se idealiza como la placa marina (Nazca) subducida debajo del territorio continental de Sur América).

Fuentes sísmicas

La ocurrencia de sismos en Colombia está asociada principalmente a tres procesos:

- Rupturas en las zonas de subducción
- Ruptura de la placa subducida que conforma la llamada zona de Benioff
- Ruptura de las fallas de corteza.

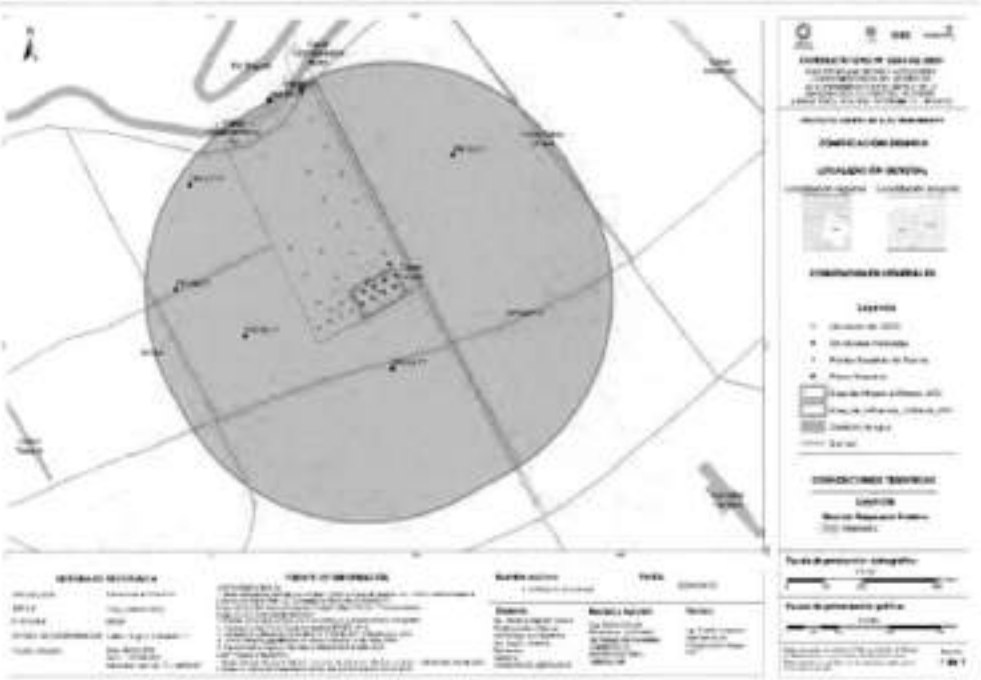
Los sismos que ocurren en la zona de subducción y en las fallas geológicas tienen profundidades focales menores a 60 km mientras que aquellas que ocurren en la zona de Benioff de la placa subducida pueden llegar a tener focos con profundidades que oscilan entre unos 40 km en la parte más occidental y un máximo del orden de 600 km en la parte más oriental de la planicie inclinada de Benioff.

Las principales fallas que enmarcan el área de Bogotá con un radio de 200 km según el estudio de microzonificación sísmica de Bogotá son: Falla Bucaramanga-Santa Marta, Falla del Magdalena, Falla Cordillera Oriental, Falla Ibagué, Falla Palestina, Falla Romeral, Falla Salinas y Falla Suárez. En la siguiente figura se muestra esquemáticamente la localización de las fallas con respecto a la ciudad de Bogotá.

Desde hace un tiempo, en el Distrito Capital se han realizado estudios exhaustivos sobre la respuesta dinámica de los suelos frente a la actividad sísmica regional, conocidos como microzonificación sísmica. Estos estudios, reglamentados por el Decreto Distrital 523 de 2010, que adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C., han establecido parámetros de resistencia sísmica para el diseño y análisis de edificaciones. Estos parámetros están alineados con la respuesta sísmica específica de los suelos en la ciudad de Bogotá D.C. El mapa de microzonificación representa la respuesta para diversos rangos de periodo de vibración de las edificaciones, lo que significa que la intensidad de la amenaza sísmica variará según las características estructurales de cada edificación (BOGOTA D.C. POT, 2021).

Por lo tanto, el mapa de zonificación de respuesta sísmica no se puede clasificar directamente en niveles de amenaza, ya que representa la respuesta para un rango de periodos de vibración (Respuesta espectral), esto implica que la intensidad de la amenaza estará sujeta al periodo de vibración del elemento expuesto (IDIGER, 2017). Sin embargo, la categorización oficial de la amenaza sísmica en Bogotá se encuentra definida en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente, que establece un nivel de respuesta sísmica intermedia para la ciudad, y por tanto para el proyecto (IDIGER 2017)

Ilustración 23 Mapa de zonificación sísmica para el proyecto.



Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024 ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

11.2.4. MOVIMIENTO EN MASA

De acuerdo con la información registrada en el sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIG-OT, el proyecto se localiza en un área de amenaza baja. Esta información es proporcionada por el Servicio Geológico Colombiano - SGC, la cual contiene información de la ubicación geográfica de las categorías de amenaza relativa por movimiento en masa en Colombia (2003). El área donde se desarrollará el proyecto cuenta con las siguientes características:

Tabla 29. Características generales de los procesos de remoción en masa

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Zona de Amenaza:	9.000000
Tipo:	9 - 11
Categoría:	Comprende Provincias IX-XI Amenaza Baja
Provincias:	Comprende los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá y las zonas cubiertas por depósitos aluviales y rocas sedimentarias del Paleógeno y Neógeno en los litorales

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
	Atlántico y Pacífico, los valles intra-andinos, los bordes de cordillera y el extremo oriental
Procesos:	En estas provincias predominan la erosión concentrada y diferencial, los desprendimientos y los deslizamientos rotaciones y traslacionales. Estos movimientos son más bien localizados y asociados casi siempre a las actividades humanas.
Grado:	Baja
Características:	Es común para las tres provincias cobijadas en esta categoría, que están constituidas por rocas blandas o depósitos poco consolidados en regiones de relieve moderado.
Características generales	Rocas blandas o depósitos poco consolidados en regiones de relieve moderado. Comprende altiplanos y zonas cubiertas por depósitos aluviales.
Procesos generales:	Predominio de erosión concentrada y diferencial. Presencia de deslizamientos.

Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024

Adicionalmente, no se registran procesos de remoción en masa que puedan afectar la infraestructura del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior y la escala de probabilidad de la amenaza para el estudio, se considera que la frecuencia de ocurrencia de este fenómeno es baja.

Según lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., ratificado mediante el Decreto 555 de 2021, el área donde se localiza el proyecto, en las Localidades de Kennedy y Bosa, presenta un nivel de Amenaza Baja en relación con los movimientos en masa como se puede evidenciar a continuación.

594

Ilustración 24 Mapa de amenaza por remoción en masa para el proyecto.



Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024 ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

11.2.4. INCENDIOS FORESTALES

A nivel nacional, no existe una definición uniforme para el término "incendios forestales". En el Distrito Capital, la Comisión Distrital para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales define un incendio forestal como un fuego que se propaga sin control y consume la vegetación en áreas rurales o componentes de la estructura ecológica principal, con una afectación superior a media hectárea. Este asunto es de gran relevancia para la ciudad, ya que entre 2010 y 2018, se registraron 1.272 conatos y 139 incendios forestales, siendo el año 2010 el que reportó el mayor número, afectando aproximadamente 1.490,7 hectáreas (según el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., adoptado mediante Decreto 555 de 2021).

En relación con el área circundante al proyecto, el Parque El Porvenir Gibraltar no presenta un nivel de amenaza por incendios forestales, según lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C., adoptado mediante Decreto 555 de 2021 (Consultar Ilustración 38 y Anexo 2.1.17 Amenaza por incendios forestales).

Ilustración 25 Mapa de amenaza por incendios forestales para el proyecto.



Fuente: Plan de Gestión del Riesgo Consorcio Gibraltar, 2024 - ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

A pesar de que el terreno no exhibe una amenaza por incendios forestales, se implementarán medidas de monitoreo del riesgo. También es importante considerar que el área donde se encuentra el proyecto no presenta pendientes pronunciadas y durante las fases iniciales y constructivas, se removerá gradualmente la vegetación existente, incluyendo el material vegetal inflamable, lo que contribuirá al control del crecimiento vegetativo.

Sin embargo, las altas temperaturas pueden propiciar la rápida propagación del fuego en las áreas cercanas al Área de Influencia Directa (AID). Aunque los incendios pueden ocurrir en cualquier época del año, son más frecuentes durante los meses de verano, cuando las temperaturas son más elevadas. Por lo tanto, durante estas temporadas, se llevarán a cabo acciones especiales de monitoreo, que incluirán la implementación de sistemas de vigilancia para detectarlos rápidamente y seguir de cerca los informes y alertas emitidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en relación con este fenómeno.

11.3. HIDROLOGÍA

En el predio Gibraltar encuentran dos canales, el canal Tintal II y el canal Cundinamarca. El canal Tintal II está conformado por la franja de ronda hidráulica y la ZMPA, constituye

uno de los corredores Ecológicos del Distrito Capital, este tiene como función la protección del ciclo hidrológico, el incremento de la conectividad ecológica entre los distintos elementos de la Estructura Ecológica Principal, el aumento de la permeabilidad del medio urbano y rural al tránsito de las aves y otros componentes de la fauna regional, que contribuyan con la dispersión de la flora nativa (Metro de Bogotá, 2018).

El trazado del canal Tintal II corresponde a los barrios Patio Bonito y parte de Las Margaritas, comprendido desde la Av. Villavicencio (Calle 43 sur) entre Av. Ciudad de Cali y Carrera 99 (Canal Cundinamarca). Entorno encontramos los. barrios Las Margaritas, El Jazmin Occidental, El Triunfo, Sumapaz Las Vegas 1 y 2 sectores, Tintalito, Horizonte Occidente y Villa Mendoza.

El Canal Cundinamarca hace parte del sistema de amortiguación de la EAAB-ESP, que regula las inundaciones del río Bogotá en las épocas de creciente. En sus inicios el Canal Cundinamarca era receptor de aguas lluvias, sin embargo, en la actualidad conduce las aguas efluentes que se recogen en el sector de la Avenida Ciudad de Cali, al igual que las del Canal Tintal II, conduciéndolas hacia el occidente de la ciudad hasta el río Bogotá. El Canal Cundinamarca es de 10 km de largo y alcanza a almacenar más de un millón de metros cúbicos. El corredor ecológico del canal Cundinamarca se caracteriza en general por poseer un área de ronda con pastos y escasos elementos arbóreos, y en las áreas anexas a diferencia de los otros canales, no se encuentran edificaciones de viviendas dominando la presencia de terrenos con pastos, algunos individuos arbustivos y vegetación de tipo herbáceo (EAAB, 2018).

De acuerdo con la verificación realizada del proyecto, este no se encuentra dentro de las Zona de Manejo y preservación Ambiental – ZMPA del Rio Bogotá, canales de Cundinamarca y Tintal II, como se puede evidenciar en la siguiente ilustración. ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

Ilustración 26. Zona de protección Rio Bogotá



Fuente: Propia con base en POT, 2024

Como se puede apreciar al canal Tintal II se tiene una distancia de 45,48 m respecto al polígono de intervención del proyecto, al canal de Cundinamarca se presenta una distancia de 937,86 m y al Rio Bogotá una distancia de 1.121 m; por cuanto no existe afectación a la misma. La definición de esta zona se encuentra descrita en la resolución SDA 2771 del 24 de marzo de 2010 modificada por la resolución 660 de 2019 (***Ver Anexo 7***) y la salida grafica se puede evidenciar en el ***Anexo 14.***

11.4. CALIDAD DEL AGUA

En el área de influencia directa del proyecto no hay presencia de cuerpos de agua por cuanto no se tienen registros de parámetros de calidad de este componente.

Se cuenta con una red adyacente de monitoreo de aguas subterráneas para el predio Gibraltar, consiste en siete (7) piezómetros marcados con recuadro rojo en la Ilustración 10.

Este numeral se complementará con los resultados del monitoreo inicial de la red adyacente, que se realizaran en el mes de abril, para determinar la línea base del estado fisicoquímico del agua subterránea que tiene el predio en la actualidad.

Ilustración 27 Red adyacente de monitoreo



Fuente: (SDA, LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL PLAN DE CONTINGENCIA AMBIENTAL, 2020)

11.5. LIXIVIADOS

De acuerdo con la Línea Base Ambiental (Ambiente S. d., 2023), el análisis de resultados de las muestras de lixiviados (***Ver tabla 30***), se observaron concentraciones de Carbono Orgánico, Nitrógeno Amoniacal y Sales, estableciendo la degradación del material orgánico en el predio.

Tabla 30. 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 02031 32	20181022 02031 31	20181023 02031 33
Análisis	Unidad	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 18/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 19/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018	C 22/10/2018
		R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 18/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 19/10/2018	R 22/10/2018	R 22/10/2018	R 23/10/2018
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

Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
DBO5	mg 021L	116	29	32	127,5	291	158	149	NRL	261	399	131
DQO Total	mg02/ L	1652	797	1268	2102	4724	2804	2777	1,2	3272	3811	1343
Dureza Total	mg CaCO 3/1	1245	1375	1659	1875	281	209	576	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
Niquel	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	0,058	<0,10	<0,10	<0,10	0,107	0,083	0,029	1,4	0,079	0,09	0,018
Nitrogeno Amoniacal	mg NH3 N/L	857	112	36,6	820	2589	1766	1077	3262	1718	30113	955
PCB No. 101	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 138	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 153	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 195	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 28	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 44	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 52	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB No. 8	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Plata	mg Ag/L	0,14	0,05	0,239	0,1	0,005	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	1688	1553,42	4696	1891,1	4191,4	1272,82

597

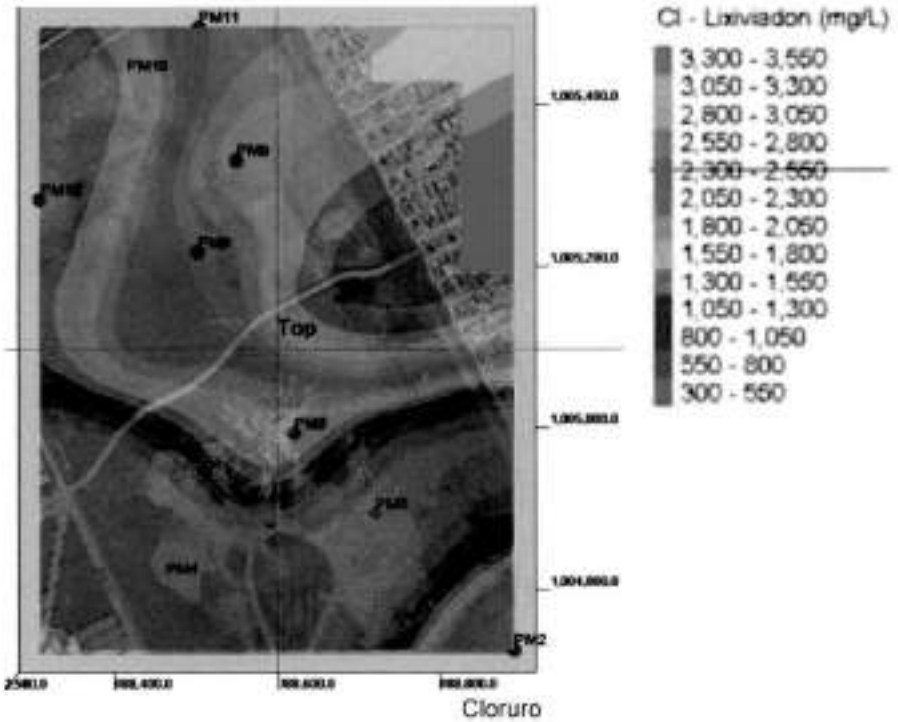
Punto de Muestreo		PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12
Sodio	mg Na/L	1309,68	237,38	186	1034,22	1814,34	1102	1288,76	1762	1043,12	1650	916,81
Sulfatos	mg S0	3	4	4	<2	<2	2	<2	NRL	4	3,4	57
Zinc	mg Zn /L	2,55	0,34	4,1	0,78	1,47	1,47	0,77	0,96	4,78	0,46	0,31
Hidrocarburos Totales	mg/L	5,6	1,5	2,4	2,6	4,9	3,8	3,2	NRL	4	3,4	57
Coliformes (Fecales)	NMP/100	11720	5040	7620	173290	2990	630	980	2430	97	31	9060
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	895	145	145	839	2765	1848	1203	3502	1977	3285	1087
PCB No.105	mg/L	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002

Fuente: (Ambiente S. d., 2023)

Los resultados obtenidos en el área sur, presenta concentraciones de aluminio, Cadmio, Cromo, Manganeso y Plomo, definiendo que el lixiviado que está presente en el lote contiene característica peligrosa y toxica.

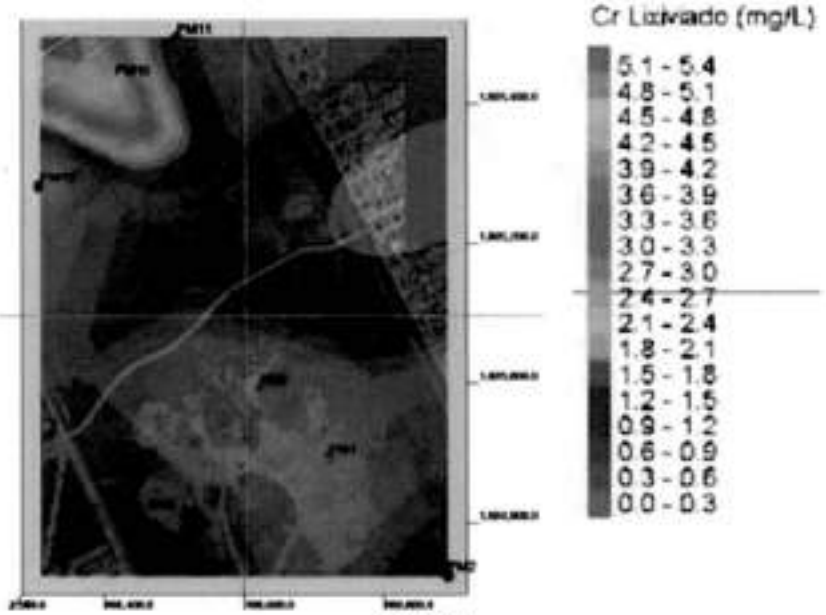
Se presento una incidencia en las concentraciones de las sustancias analizadas en zonas, donde no hay presencia de la capa de arcilla bajo la unidad de residuos antrópicos, por tanto, existe una correlación entre las características litográficas y el comportamiento de las concentraciones de gran parte de las sustancias modeladas aumentando los valores para cloruros y DQO o disminuyendo para el caso del Cromo y Plomo. (Ambiente S. d., 2023)

Ilustración 28. Modelos Geoestadísticos de Concentración



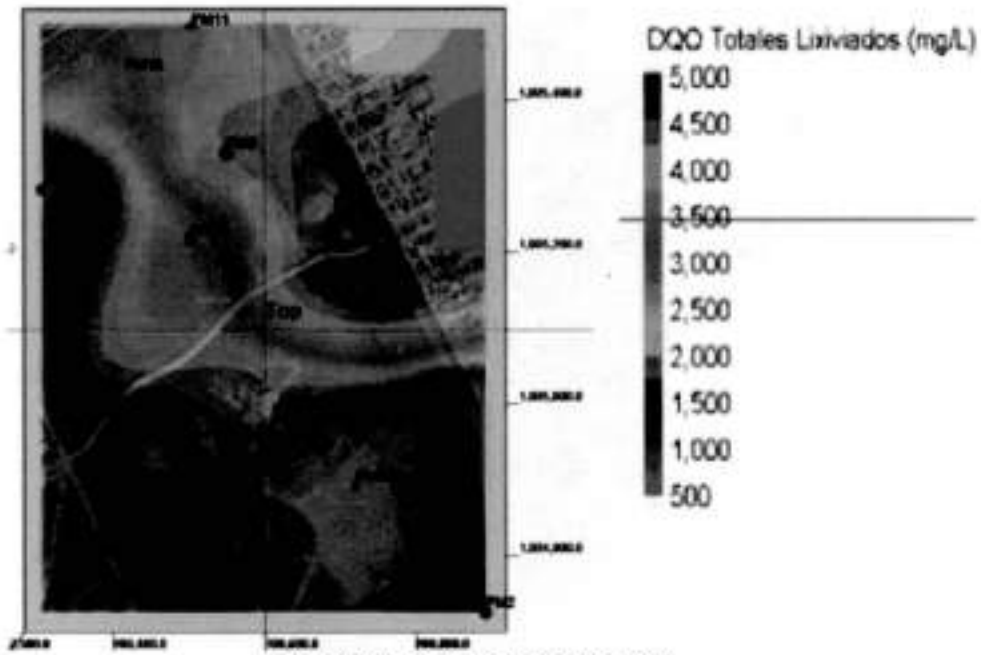
Cloruro

Como se puede evidenciar en el área del predio a intervenir, el cloruro (Cl), presentan concentraciones inferiores que oscilan entre 300 a 1.300 mg/l.



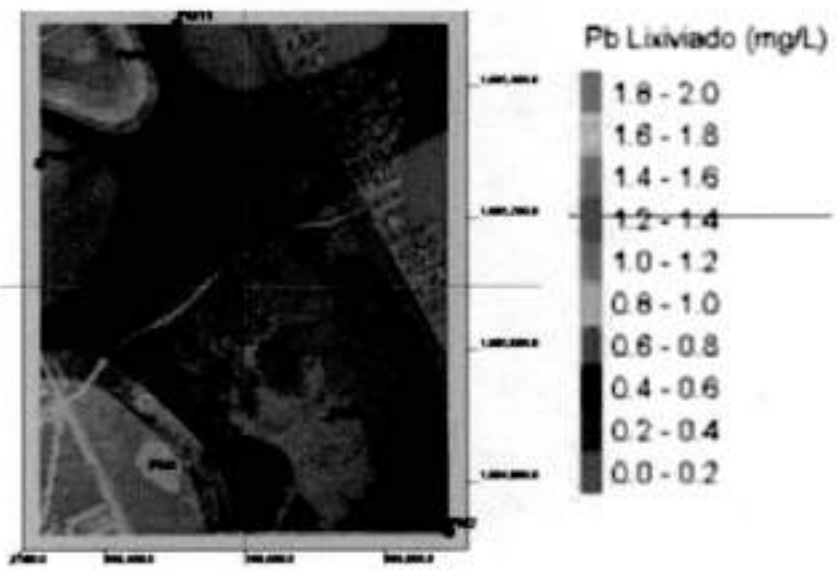
Cromo

Al igual que el parámetro anterior, el cormo (Cr) presenta concentraciones inferiores en el área del predio en genera, y en el área de influencia directa sus valores están en un rango de 0.0 a 0.6 mg/l.



Demanda Química de Oxígeno -DQO

La demanda bioquímica de oxígeno, presenta una concentración inferior en el polígono del proyecto donde se perciben valores de 500 a 1.500 mg/l.



Plomo

Finalmente, el plomo (Pb) al igual que el cromo (Cr), presenta menores concentraciones en el área total del predio, las concentraciones en el polígono del proyecto se aprecian de 0.0 a 0.8 mg/l.

Fuente: (Ambiente S. d., 2023)

Según el documento ((Ambiente S. d., 2023), las mayores concentraciones se dan dentro del área del predio, esto entre otras cosas porque se afirma: "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". ***(Ver Anexo 14 Salidas Graficas)***

Ilustración 29- Área de Influencia Lixiviado



Fuente: Consorcio Gibraltar, 2024

10.6. ATMOSFÉRICO

10.6.1 GASES DEL RELLENO ANTRÓPICO.

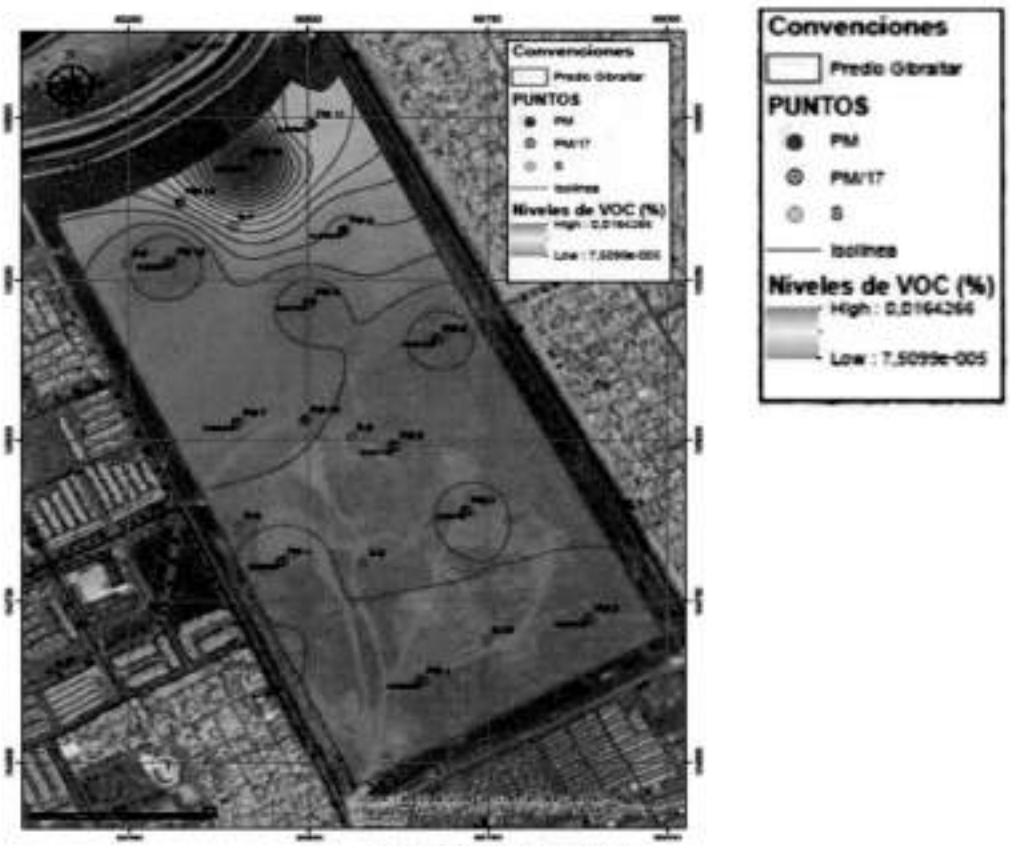
De acuerdo con la línea base del proyecto (Ambiente S. d., 2023), en los estudios realizados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá se determinó que la

599

concentración de COV medidos en todos los piezómetros es inferior al 0.15%, por tanto, la concentración de metano CH_4 presenta una concentración inferior de este valor. De acuerdo con esto, el estudio se establece que en un relleno sanitario activo (Etapa de Metanogénesis) es del 50%; por tanto, un valor del 15% representa que el 99% de biogás ya se fue generado en el relleno sanitario Gibraltar.

La concentración de gas se encontró superior en el área cercana al canal de Cundinamarca, respecto al costado sur del predio, esto es contrario a la edad de los residuos, puesto que los residuos más resientes se encuentran en este costado; se resalta que flujo de lixiviados va en dirección sur-norte (hacia el Rio Bogotá) y que la presencia de COV y biogás obedece a la estabilización del lixiviado en más porcentaje que a la de los residuos (SIAM, 2018),

Ilustración 30. Variación espacial de la concentración promedio del VOC's en el predio Gibraltar



Fuente: (SIAM, 2018)

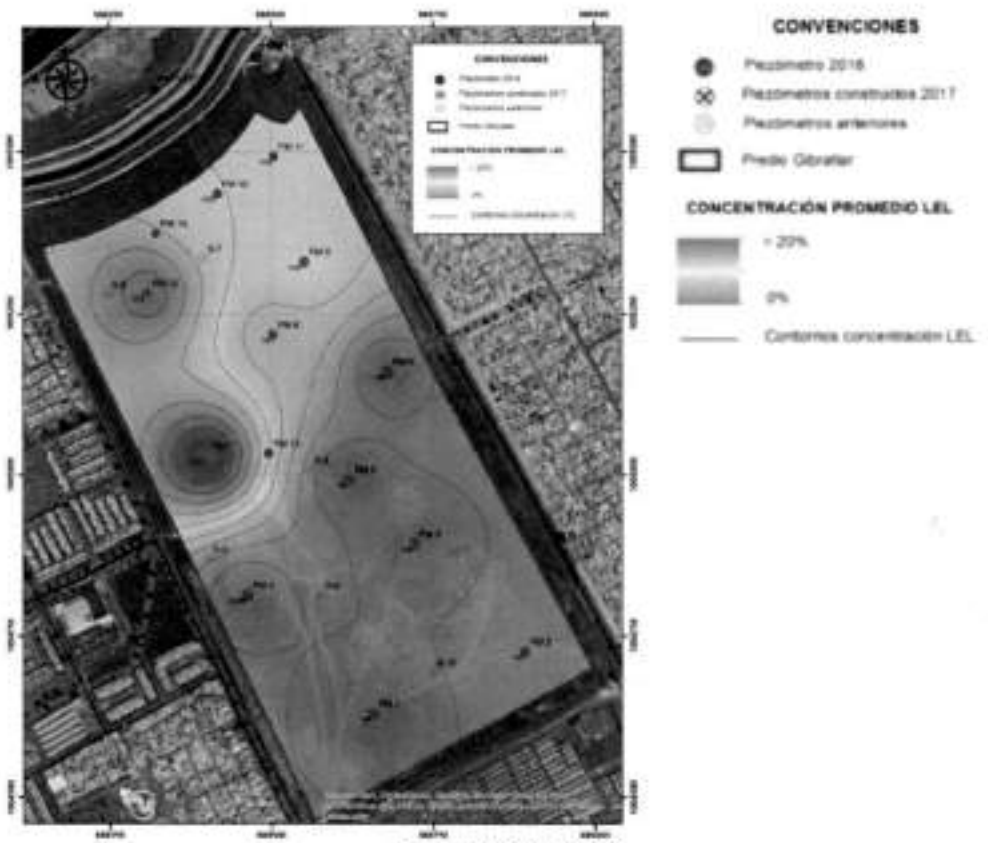
La concentración de metano promedio en el predio, es inferior al 0.003%, por tanto; se estima que se ha producido el 98.9% del biogás generado.

Para los años 2018, en el predio la EAAB, realizo la medición del % LEL, CO y H_2S en

los diferentes piezómetros, el parámetro LEL (Límite Inferior de Explosión) es la concentración de una mezcla de gases combustible y aire que en condiciones estandarizadas puede inflamarse, este valor para el predio está en el rango de 0.5 a 15 Vol %, esta concentración está directamente asociada con la mezcla de Metano y Oxigeno.

De igual forma en la medición de monóxido de Carbono CO, su concentración se determinó muy baja entre un intervalo de 0 a 0.2% en etapa de metanogénesis, finalmente se realizó medición de ácido sulfhídrico H_2S, siendo el fas que se genera en la descomposición de residuos sólidos esta concentración fue de 0.0% en todos los piezómetros. (SIAM, 2018)

Ilustración 31. Variación espacial de la concentración promedio del %LEL en el predio Gibraltar



Fuente: (SIAM, 2018)

El 07 de abril de 2021, la autoridad ambiental emitió un pronunciamiento sobre las determinantes ambientales para la formulación del Plan director del Parque Metropolitano El Porvenir (Gibraltar), bajo el radicado Secretaria Distrital de Ambiente – SDA, 2021EE61146, y su memorando interno 2021IE58504. En este comunicado se informa que, antes de iniciar cualquier actividad constructiva en el predio del Parque

Metropolitano PM 10 El Porvenir, ubicado en el predio Gibraltar (KR 91 43-20 Sur), se deben realizar las siguientes actividades como medida preventiva para evitar riesgos ambientales, comunitarios y laborales:

> *"(...) 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. (...)".*

De acuerdo a lo anterior, la EAAB realizó el proceso de desgasificación alcanzando los criterios de finalización durante el año 2022.

En este sentido, en el informe proporcionado por la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, se indica la instalación de 89 chimeneas de desfogue dispuestas en un patrón de distribución tipo "tresbolillo" para cubrir las 66 hectáreas del área de interés en el predio. En este contexto, se adjuntan detalles sobre el diseño de distribución, las Inter distancias por polígonos, los métodos de instalación de las chimeneas, el esquema de ingeniería de detalle, el procedimiento para la medición de gases y caudales, así como los informes correspondientes a las actividades de desgasificación. Además, se establecen directrices para llevar a cabo al menos 35 muestras de suelo superficial.

La ejecución de las labores de desgasificación en el predio Gibraltar, mencionadas por la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, fue llevada a cabo por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá D.C. – EAAB E.S.P. Esta entidad ostenta la titularidad del predio y asume la responsabilidad del pasivo ambiental en calidad de propietarios.

El 24 de noviembre de 2022, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - ESP, a través del número de radicado IDRD 20222100356742 y el radicado EAAB 2410001-S-2022308889, responde al documento registrado con el número E-2022-098058 del 11 de septiembre de 2022. En esta comunicación, se detalla el estado de desgasificación de las cien (100) chimeneas instaladas en el predio Gibraltar, indicando que diecinueve (19) de ellas están activas en las zonas 1 y 3 del predio. Además, se proporcionan los resultados de las cuarenta (40) muestras de suelo superficial, presentando los niveles de compuestos como arsénico, metales pesados (plomo, mercurio total, cadmio, cromo total, cromo hexavalente, cobalto, aluminio, níquel y cobre), así como hidrocarburos totales del petróleo (fracciones GRO, DRO y ORO).

La Secretaría Distrital de Ambiente, el 31 de marzo de 2023, mediante el radicado 2023EE70895 y el asunto "Concepto Técnico 03441 del 31/03/20232" (***Ver Anexo 1***), envía el concepto técnico No. 03441 del 31 de marzo de 2023, elaborado por la Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo. Este tiene como propósito establecer las recomendaciones de manejo ambiental en relación con el recurso suelo del predio