

**EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA DETERMINAR EL NIVEL DE
CONTAMINACIÓN EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA, EN LA EMPRESA
SCHREDER COLOMBIA S.A, LOCALIDAD DE SUBA, BOGOTA**

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
Especialización en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
Bogotá D. C.
2018

**EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA DETERMINAR EL NIVEL DE
CONTAMINACIÓN EN SUELO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PREDIO DE LA
EMPRESA DE SCHREDER COLOMBIA S.A., UBICADO EN EL BARRIO TUNA
BAJA, EN LA CIUDAD DE BOGOTA (COLOMBIA).**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al grado de Especialista en
Ordenamiento y Gestión de Cuencas Hidrográficas**

Jorge Iván Velásquez

Tutor

JORGE ALBERTO SANCHEZ ESPINOSA

Agrólogo, PhD.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS

Maestría en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Bogotá D. C.

2018

Nota de aceptación

=====

=====

=====

=====

JURADO 1

JURADO 2

JURADO 3

Bogotá D.C. noviembre 9 de 2018

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT.....	1
INTRODUCCION	3
JUSTIFICACIÓN	4
1. Formulación del problema	5
1.1. Planteamiento del Problema.....	5
1.2. Delimitación del Problema.....	5
1.3. Descripción del Problema	6
2. Objetivos	7
2.1. Objetivo General	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
3. Metodología	8
3.1. Enfoque Investigativo	8
4. Marco de Referencia	9
4.1. Marco Conceptual	9
4.1.1. Localización	9
4.1.2. Receptores Sensibles	10
4.1.3. Descripción del predio	11
4.2. Línea Base Ambiental	12
4.2.1. Geología del área.....	12
4.2.2. Hidrología del área.....	15
4.2.3. Hidrogeología del área	16
4.3. Información Histórica del Predio y Alrededores	18
5. Marco Legal	19
6. Marco Metodológico	20
6.1. Metodología para medición de Suelos	20
6.2. Metodología para medición de Aguas Subterráneas.....	20
6.3. LGBR's Empleados Para la Evaluación	21

7.	Resultados	23
7.1.	Monitoreo de Suelos	23
7.1.1.	Monitoreo de Aguas Subterráneas	24
7.1.2.	Pruebas Slug.....	26
7.2.	Condiciones hidrogeológicas	28
7.3.	Agua Subterránea	32
7.4.	Análisis de resultados de aguas subterráneas.....	36
7.5.	Suelos	37
7.6.	Análisis de resultados de suelos.....	43
7.7.	Análisis General	44
8.	Conclusiones	48
9.	Recomendaciones	50
10.	Referencias.....	51

ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Localización Predio de Schreder Colombia S.A.	9
Ilustración 2.	Identificación de Receptores Sensibles.....	10
Ilustración 3.	Identificación de áreas en el predio	12
Ilustración 4.	Geología del área	15
Ilustración 4.	Hidrología del área.....	16
Ilustración 6.	Identificación y Secciones del Predio	18
Ilustración 7.	Localización puntos de monitoreo de suelo.....	23
Ilustración 8.	Localización puntos de monitoreo agua subterránea	25
Ilustración 9.	Dirección de flujo de agua subterránea en el sitio	31

TABLAS

Tabla 1.	Receptores Sensibles.....	10
Tabla 2.	Nomenclatura y Área del Predio.....	18

Tabla 3. Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBR's) para Constituyentes de Interés según Norma Colombiana (MAVDT 2009).....	22
Tabla 4. Coordenadas de los pozos de monitoreo muestreados.....	24
Tabla 3. Resultados parámetros in situ agua subterránea	25
Tabla 5. Procedimiento de Laboratorio	26
Tabla 7. Pruebas Slug	27
Tabla 8. Características de las perforaciones donde se aplicaron pruebas hidráulicas	27
Tabla 8. características hidrogeológicas en los pozos de monitoreo donde se realizaron pruebas hidráulicas	30
Tabla 10. Resultados de laboratorio pozos de monitoreo PZ1, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5 y PZ6	33
Tabla 11. Resultados de laboratorio pozos de monitoreo PZ7, PZN1, PZN2 y PZN3.....	34
Tabla 12. Resultados de laboratorio para las muestras PF2, PF6 y PZ3	38
Tabla 13. Resultados de laboratorio para las muestras PF1, PF3, PF-5 y PZN2.....	39
Tabla 14. Resultados de laboratorio para las muestras PF-4, PZN-1 y PZN-3	41
Tabla 15. Otros límites de referencia en suelo – cromo y níquel	44
Tabla 15. Otros límites de referencia en agua subterránea –níquel	44

RESUMEN

En el presente estudio realizado en el predio de la empresa Schreder Colombia, la cual cuenta procesos de fabricación de luminarias, se realizaron actividades de monitoreo en las matrices de agua subterránea y suelo con la finalidad de determinar contaminantes criterio que pudiesen señalar algún índice de contaminación en los recursos mencionados, posterior a ello se establecieron piezómetros, en los cuales se desarrollaron pruebas de tipo slug, así como una modelación en la cual se obtuvo la pluma de dispersión de los contaminantes.

Estas actividades determinarían un posible impacto en la microcuenca Torca, la cual se relaciona con el predio mediante la red hídrica asociada a la quebrada la Salitrosa.

La información base partió las de actividades iniciadas el día 6 de noviembre de 2017, con el propósito de identificar situaciones actuales e históricas que pudiesen ser de interés para el estudio; adicionalmente, se relacionan los estudios de georadar e información de perforaciones y análisis de laboratorio, que fueron vitales en esta evaluación ambiental, la cual determina el alcance de la pluma de los contaminantes de interés, como se mencionó anteriormente.

ABSTRACT

The company Schreder Colombia S.A with more than 100 years of experience in lighting techniques, world leader in the field of lighting and consolidated as one of the largest companies in design and manufacture of apparatus for street lighting, urban, sports, industrial, tunnels, as well as special applications, produces lighting products of very high photometric and mechanical quality that are based on performance, innovation and quality, always with the commitment to maximize the use of energy, combining low energy consumption and high photometric performance.

This study is based on the need of the company to know a possible environmental liability, in which a possible contamination of the soil and groundwater resource is associated, to the industrial activities that in previous years were carried out in the property in which is currently the company.

The base information starts from activities started on November 6, 2017, with the purpose of identifying current and historical situations that could be of interest for the study; additionally, there will be georadar studies and drilling and laboratory analysis information, which will be vital in this environmental assessment which will determine the boom's reach of the contaminants of interest.

INTRODUCCION

La empresa Schreder Colombia S.A con más de 100 años de experiencia en técnicas de iluminación, líder mundial en el sector de la iluminación y consolidada como una de las mayores empresas en diseño y fabricación de aparatos para el alumbrado público, urbano, deportivo, industrial, de túneles , así como aplicaciones especiales, produce productos de iluminación de muy alta calidad fotométrica y mecánica que se basan en las prestaciones, la innovación y la calidad, siempre con el compromiso de optimizar al máximo el uso de energía, aunando en bajo consumo energético y un elevado rendimiento fotométrico.

El presente estudio se realiza a partir de la necesidad de la empresa por conocer un posible pasivo ambiental, en el cual se asocia una posible contaminación del recurso suelo y de agua subterránea, a las actividades industriales que en años anteriores se realizaron en el predio en el cual se ubica actualmente la empresa.

JUSTIFICACIÓN

La empresa Schreder Colombia ha presentado inconvenientes en cuanto al conocimiento y manejo de pasivos ambientales que posiblemente han impactado el suelo y las aguas subterráneas del predio en el cual desarrollan sus actividades, que a su vez conecta con la quebrada Salitrosa y el Humedal la Conejera; ante esta situación se proyecta realizar una evaluación inicial, en la cual se vincularan actividades realizadas en el último periodo del año 2017.

La evaluación ambiental del predio objeto de estudio localizado en la carrera 106a No. 154a-46 en la localidad de Suba, se realizará con el propósito de obtener información de las características y las condiciones geoambientales, identificando además los factores de riesgo potencial, que impactan negativamente el interior del predio, así como su incidencia en la Quebrada Salitrosa y el Humedal la Conejera, cuerpos que hacen parte del sistema de la microcuenca Torca.

La evaluación tendrá como base guías para la evaluar riesgos ambientales potenciales y el Manual Técnico para Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos, a su vez se tendrán presentes límites internacionales de restricción de contaminantes, esto debido a que la normatividad colombiana para suelos es muy básica y no contempla este tipo de eventos.

1. Formulación del problema

1.1. Planteamiento del Problema

El predio de Schreder Colombia presenta una problemática asociada a posibles eventos de contaminación de suelo y agua subterránea de actividades que datan del año 2003 hasta la fecha, el aumento en Colombia de la aparición de contaminantes ha sido una problemática en la que los entes ambientales están enfatizando, con la finalidad de evitar que estos se dispersen en los diferentes cuerpos de agua, y que a su vez no logren dispersarse sobre la cuenca que los alberga.

Se hace necesario realizar estudios que permitan determinar cuál es el grado de concentración y de afectación que los contaminantes pueden tener sobre el entorno para posteriormente tomar acciones correctivas.

1.2. Delimitación del Problema

La evaluación ambiental, se realizará mediante la recopilación de estudios ambientales relacionados con el predio, los cuales serán asociados con diferentes aspectos ambientales en un alcance de 500 metros a la redonda, vinculando la Quebrada Salitrosa y el humedal la Conejera, en primera instancia, luego de lo cual se identificarán las concentraciones de interés para

determinar el alcance de los contaminantes, de otro modo, no se tendrán en cuenta acciones posteriores al manejo de los mismos.

1.3. Descripción del Problema

La empresa Schreder Colombia anteriormente desarrollo actividades de tipo industrial dentro de las instalaciones que se encuentran en su predio, a su vez las anteriores administraciones no contemplaron aspectos de tipo ambiental ni los impactos que estos ocasionarían, ante lo cual se planteó que debido al desarrollo de estas actividades los recursos de suelo y agua subterránea podrían estar contaminados.

Preguntas Directrices del Problema

¿La evaluación ambiental podrá determinar el alcance de la pluma de contaminación?

¿La normatividad ambiental vigente permitirá determinar el nivel de afectación de acuerdo a la contaminación hallada en el predio de Schreder Colombia?

¿El alcance será pertinente para el grado de contaminación hallada?

¿La dispersión del contaminante podrá afectar a la Quebrada Salitrosa y al humedal la Conejera?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar la evaluación ambiental del suelo y el agua subterránea del predio de la empresa de Schreder Colombia S.A., ubicado en el barrio Tuna Baja, en la ciudad de Bogotá (Colombia), para determinar la pluma de contaminación y el impacto en la microcuenca Torca

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las áreas contaminadas en el suelo o las aguas subterráneas presentes en el predio de Schreder Colombia S.A.
- Determinar los principales compuestos de interés para delimitar el nivel de contaminación presente en el predio de Schreder Colombia S.A.
- Establecer la línea base ambiental para los suelos y las aguas subterráneas en el predio de Schreder Colombia S.A.
- Analizar los resultados de laboratorio de acuerdo a las zonas monitoreadas y su impacto en la microcuenca Torca.

3. Metodología

3.1. Enfoque Investigativo

El siguiente trabajo se desarrolla dentro de la investigación descriptiva, la cual es concluyente y tiene como objetivo principal la descripción de algo, generalmente las características o funciones del problema en cuestión (Malhotra, 1997), además buscara especificar las propiedades, características y los perfiles más importantes del fenómeno, evento o comunidad que se someta a análisis (Danhke, 1989).

En el presente proyecto se describirán las características más importantes de las posibles causas de contaminación, respecto a su aparición y comportamiento, en el predio de estudio y a su vez en la afectación de esta a los cuerpos de agua quebrada la Salitrosa y Humedal la Conejera. Los estudios descriptivos también proporcionaran información para el plantear nuevas investigaciones y para desarrollar formas más adecuadas de enfrentarse a ellas, aunque en principio no se tendrán conclusiones, se describirá el comportamiento de los contaminantes en la zona objeto de estudio, esperando finalmente tener una conclusión que permita ser una hipótesis de respuesta al problema. El presente trabajo se enfocara en analizar la posible afectación del predio Schreder Colombia S.A. y su incidencia en los cuerpos hídricos superficiales asociados a la microcuenca Torca.

4. Marco de Referencia

4.1. Marco Conceptual

4.1.1. Localización

El predio objeto de estudio se ubica en la carrera 106ª No. 154ª-46, localidad de Suba, de la ciudad de Bogotá D.C. cerca de la avenida Ciudad de Cali, vía Corpas - Cota, se trata de un lote donde actualmente la empresa realiza actividades administrativas, de ensamble y distribución de sus productos de iluminación.

Ilustración 1. Localización Predio de Schreder Colombia S.A.



Fuente: Google Earth, 2018.

El predio limita con:

- **Norte:** vía de la Calle 156, zona residencial Conjunto Sauces de Suba.
- **Sur:** vía de la Calle 154 A, Depósito de Madera y Lavadero de automóviles.
- **Oriente:** vía de la AV Carrera 104 y viviendas.

- **Occidente:** vía de la Carrera 106ª, Ecoentorno Ecología, Entorno S.A. E.S.P., Empoclavos y Guardería Canina

4.1.2. Receptores Sensibles

Una vez realizado el respectivo barrido en un radio de 500 metros a la redonda, y enfatizando en los receptores con mayor proximidad al predio se Schreder Colombia S.A., se asocian dos cuerpos hídricos cercanos, los cuales corresponden a la Quebrada Salitrosa y El Humedal La Conejera, además se hallaron unidades residenciales, comerciales e Industriales en un radio inferior a los 200 metros que podrían tener un impacto mayor.

Ilustración 2. Identificación de Receptores Sensibles



Fuente: Mapas Bogotá – Adaptado Schreder Colombia S.A., 2018

Tabla 1. Receptores Sensibles

Nombre del Receptor	Distancia al Predio (m)	Actividad
Conjunto Los Sauces	30,0	Residencial
Hotel Canino	65,5	Industrial
Ecoentorno	58,0	Industrial

Nombre del Receptor	Distancia al Predio (m)	Actividad
Empoclavos	98,5	Industrial
Deposito de Madera	70,0	Industrial
Lavadero de Autos	55,5	Industrial
Colegio Nicolas Buenaventura	124,4	Institucional
Monasterio Inm. Concepción	249,5	Institucional
Colegio Liceo Sefan	418,5	Institucional
Hospital de Suba	279,3	Institucional
Asadero N.N.	204,0	Industrial / Comercial
Ferretería N.N.	123,5	Comercial
Apartamentos Torre Imperial	159,5	Residencial
Clínica Juan N Corpas	470,8	Institucional
Zona residencial Nororiental	289,2	Residencial
Zona Residencial Occidental	380,0	Residencial
Viviendas Contiguas costado Oriental	30,0	Residencial
Jardín Infantil Pequeñitos y Pequeñitas de Jesús	190,0	Institucional
Humedal la Conejera	140,0	Cuerpo Hídrico Natural
Quebrada la Salitrosa	13,20	Cuerpo Hídrico Natural

Fuente: Propia, 2018

Las distancias se tomaron a partir del punto central correspondiente a la figura rectangular del predio

4.1.3. Descripción del predio

Schreder Colombia S.A. ubicada en el predio objeto de estudio, diseña y desarrolla proyectos de iluminación de interiores y exteriores. Actualmente solo se realizan actividades de ensamblaje de piezas, actividades administrativas y comerciales para distribución de los pedidos

La infraestructura del predio consta de diferentes aéreas, descritas a continuación:

- **Zona Oficinas:** Se compone de una torre de dos plantas, en la planta baja funciona el departamento de ventas, archivo, cocina, departamento técnico, baños y parqueadero. En

la planta alta se encuentran las oficinas de gerencia, sala de juntas, área administrativa, baños, departamento de producción y cuarto de sistemas.

- **Zona de bodega:** Baños, comedor, área de ensamble y área de distribución.
- **Zonas externas:** alrededor de la torre de dos plantas en la parte exterior se encuentran los parqueaderos, puesto de vigilancia, cancha de minifutbol, áreas de arboles y estructura de almacenamiento abandonada.

Ilustración 3. Identificación de áreas en el predio



Fuente: Schreder Colombia S.A., 2018

4.2. Línea Base Ambiental

La evaluación contempla una descripción geológica, hidrogeológica e hidrológica del área del predio.

4.2.1. Geología del área

En el levantamiento de información geológica relacionada con el predio, se señalan a continuación las principales características:

Las unidades del Neógeno al Cuaternario usan denominaciones que tienen que ver con el tipo de depósito y con los ambientes depositacionales en donde se acumularon esos sedimentos. Para tal efecto se adoptó la nomenclatura de Helmens y Van der Hammen (1995).

En esta parte de la Cordillera Oriental, en la Sabana de Bogotá, se encuentra presente una secuencia casi continua de sedimentos principalmente fluviales y lacustrinos que representan al menos los últimos 6 millones de años. Tales unidades litoestratigráficas representan cuatro ambientes de depositación: ambiente fluvial, el cual no está relacionado con la topografía actual; un ambiente fluvio-lacustrino, que está relacionado con la gran cuenca tectono-sedimentaria de Bogotá; un ambiente aluvial con depósitos de flujo gravitacional y depositación fluvio-glacial y un cuarto ambiente de montaña con depósitos de pendiente y glaciares.

En la cuenca sedimentaria de la Sabana de Bogotá se pueden distinguir tres grupos litológicos principales, trece formaciones y tres miembros. A continuación se presentan únicamente las formaciones que se encuentran dentro de los límites del modelo hidrogeológico.

Formación Sabana (Qsa). Se denomina formación Sabana a los depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Para Helmens & Van der Hammen (1995), esta formación está constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turbalignita.

Para Carvajal et al. (2005), este depósito es el resultado de la acumulación de sedimentos finos en un antiguo lago, con fluctuaciones en el nivel de agua, principalmente arcillas lacustres (Qsa1), y hacia los bordes de esta cuenca sedimentaria arcillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas (arcillosas) intercaladas (Qsa2).

Para el caso de estudio, la unidad geológica corresponde a Qsa1 (Ver Figura 1), la cual está conformada principalmente por arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos. Estos sedimentos se encuentran sobre la Formación Guaduas miembro medio (Tkgm).

El espesor de esta unidad puede variar de 50 m a 300 m de profundidad.

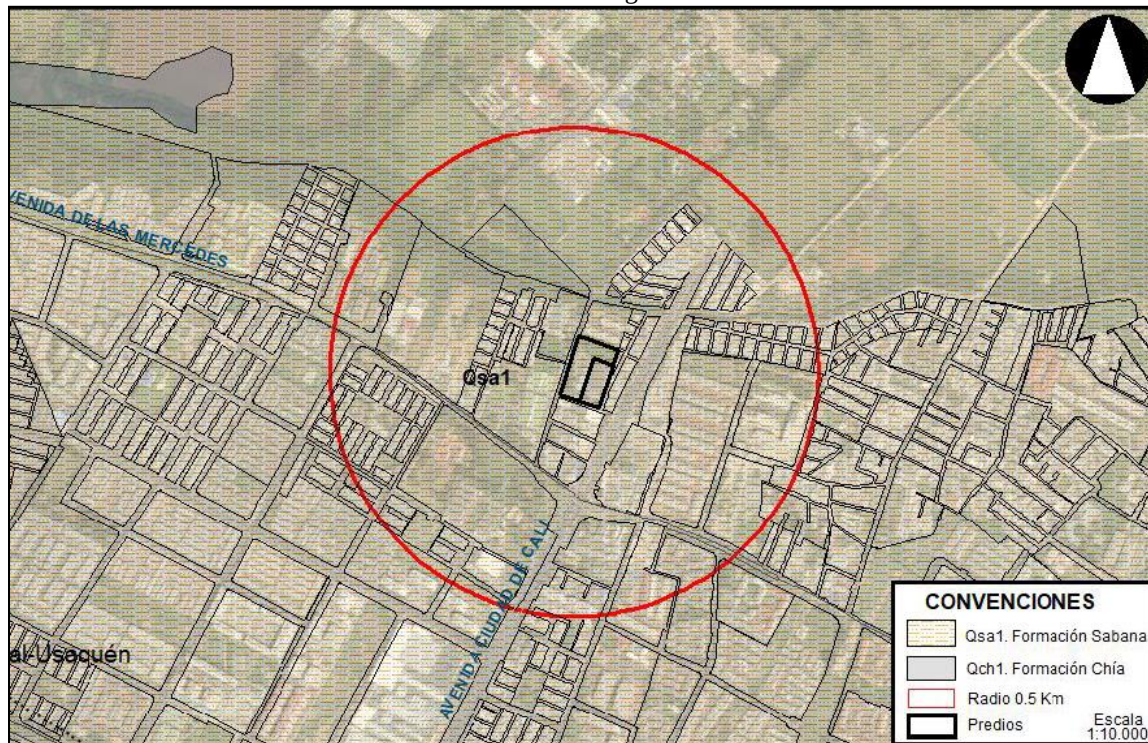
Formación Chía (Qch1). Esta unidad geológica está constituida por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los principales ríos que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de estos.

La formación Chía está sobre los sedimentos de la formación Sabana, la cual presenta características conformadas por Arcillas de inundación, en ocasiones moteadas grises y naranja (como se observa en el sector de Chía) y en áreas fangosas, arcillas orgánicas/diatomíticas (Qch1).

En el área de estudio al costado Nor-Oeste se encuentra la Formación Chía con un espesor aproximado de 5 m donde drena el Humedal la Conejera

La estructura más cercana al área de estudio es la Falla de Ramal-Usaquén que se encuentra al costado Sur-Oeste a una distancia aproximada de 1129 m, esta falla pone en contacto la Formación Guaduas con el Grupo Guadalupe y es de vital importancia desde el punto de vista hidrogeológico.

Ilustración 4. Geología del área



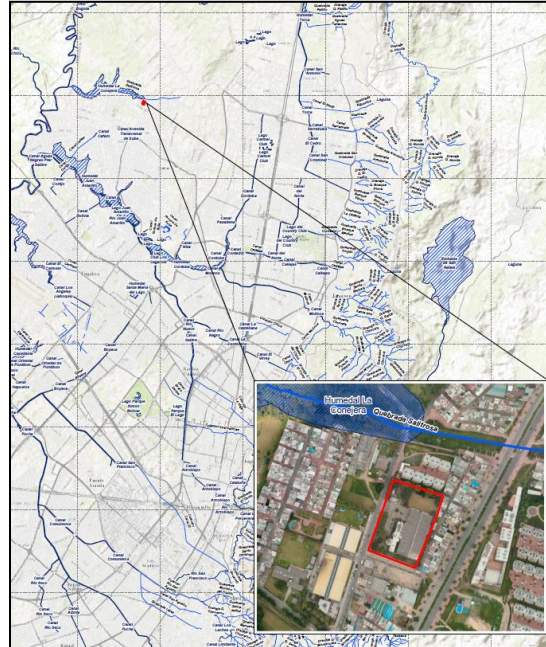
Fuente: Schreder Colombia, 2018

4.2.2. Hidrología del área

En la zona de estudio, el sistema hidrográfico está dominado por la presencia del humedal La Conejera, a una distancia aproximada de 140 m en dirección noroccidental del predio, a este humedal se conecta la Quebrada Salitrosa, a unos 90 m al norte del predio, y que fluye en sentido noroccidental hacia el humedal. El río Bogotá se encuentra a aproximadamente 3083 m del predio hacia el occidente de la zona de estudio.

En un radio de 500 m no se encuentra ningún nacimiento, sólo existen sistemas de drenaje natural, entre ellos el canal Avenida Transversal de Suba aproximadamente a 1124 m al sur occidente del predio y canal Cafam aproximadamente a 1784 m al suroccidente del predio.

Ilustración 5. Hidrología del área



Fuente: ACON-INERCO, 2015.

4.2.3. Hidrogeología del área

De acuerdo con la leyenda internacional para mapas hidrogeológicos propuesta por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH, 1995). En este sentido el área de estudio se encuentra ubicada sobre “*Sedimentos y Rocas con Flujo Esencialmente Intergranular*”, los cuales Son sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional y local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente de la cuenca de montaña (fluvial y lacustre), de ladera y rocas sedimentarias terciarias y cretácicas; son acuíferos y acuitardos de productividad mediana a muy baja con transmisividades del orden de 0.5 a 1400 m³/día.

En el área de estudio se presentan 2 unidades hidrogeológicas que corresponden a:

- Las características hidrogeológicas de la **Formación Sabana (Qsa1)** corresponden a un acuitardo de extensión local conformado por arcillas lacustres, sin importancia hidrogeológica. La conductividad hidráulica para el área de estudio varía de $2.4E-1$ m/día a 3.82 m/día y la Transmisividad varía de $1.5E-1$ m²/día a 1.09 m²/día. Por otra parte el coeficiente de almacenamiento corresponde estratos semi-impermeables de características semi-confinadas a confinadas con una baja a casi despreciable porosidad eficaz (almacenamiento específico Ss). Esta porosidad eficaz es muy baja debido a que en el área está conformada por varios estratos con una variabilidad litológica que evita drenar de forma natural el agua subterránea por desaturación. El espesor de esta unidad hidrogeológica puede variar de 10 m a 300 m. Lo anterior indica que la conductividad hidráulica en la vertical es muy baja, implicando de esta manera que el movimiento del agua subterráneas en esta componente sea despreciable.
- Las características hidrogeológicas de la **Formación Chía (Chc1)** corresponden a un acuitardo de extensión local conformado por arcillas de inundación, arcillas orgánicas/diatomitas sin importancia hidrogeológica con un espesor que varía para el área de estudio de 5.0 m a 10 m.

La recarga de la unidad hidrogeológica Acuitardo Fm. Sabana (Qsa1) es efectuada en primera instancia a partir de la precipitación (recarga potencial) y en segunda instancia a partir de flujos ascendentes provenientes de fallas como la Usaqué que se encuentra a una distancia del área de estudio de 1129 m que pone en contacto la unidad hidrogeológica Acuitardo Formación Sabana (Qsa1) con la Formación Guaduas. No obstante, no se descarta que exista una recarga generada a partir de fugas que se puedan presentar en el sistema de acueducto.

4.3. Información Histórica del Predio y Alrededores

El predio está conformado por dos lotes los cuales fueron construidos por A y G Ingeniería aplicada Ltda. De acuerdo con el certificado de libertad y tradición, los dos lotes pertenecían a Álvaro Gacharna antes de que fuera vendido a Industrias eléctricas Schreder LTDA en 1995, posteriormente para el año 1998 cambio su razón social a inversiones industriales Schreder interamericana S.A. y finalmente para el año 2000 su razón social es Schreder Colombia S.A. La información catastral del predio se presenta en la Tabla 2

Tabla 2. Nomenclatura y Área del Predio

Lote No.	Predio	Matrícula inmobiliaria	Área (m ²)
1	K 106 ^a 154 ^a 46	50N-20308518	3840.4
2	K 106 ^a 154 ^a 46	50N-20308519	6885.85

Fuente: Superintendencia de notariado y registro, 2017.

Ilustración 6. Identificación y Secciones del Predio



Fuente: Schreder Colombia, 2018

Actualmente solo se realizan procesos administrativos, de ensamblaje y distribución del producto, por ende, se descarta algún tipo de vertimiento líquido que pueda impactar sobre suelo, no obstante, el estudio será un indicador de posibles afectaciones provenientes de procesos anteriores.

5. Marco Legal

Regional Screening Levels (RSL) – USEPA

Las tablas RSL proporcionan valores de comparación para exposiciones residenciales y comerciales/ industriales al suelo, aire y agua de grifo (agua potable). El uso unificado de los RSL para detectar químicos en los sitios. En esta se encontrarán tablas de niveles de detección basados en riesgo, calculados utilizando los últimos valores de toxicidad, supuestos de exposición predeterminados y propiedades físicas y químicas, y una calculadora donde los parámetros predeterminados se pueden cambiar para reflejar los riesgos específicos del sitio.

Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución Derivados de Hidrocarburos

Este documento establece un procedimiento que permite manejar una situación de contaminación por hidrocarburos basándose en un análisis de riesgos.

6. Marco Metodológico

6.1. Metodología para medición de Suelos

Los análisis de laboratorio se realizaron por el laboratorio CIMA, el cual se encuentra acreditado para la toma de muestras de suelo.

La metodología de muestreo de suelos es la estipulada en las Normas Técnicas Colombianas NTC 4113-1 y NTC 4113-2. El muestreo se realizó de acuerdo con lo establecido en el procedimiento “PT-015 v 5.0 Toma de Muestras de Suelos” y al Plan de Muestreo de C.I.M.A. del proyecto No. 565 correspondiente al estudio de suelos realizado en el área de desmantelamiento del predio de la empresa Schreder Colombia S.A.

6.2. Metodología para medición de Aguas Subterráneas

El muestreo fisicoquímico de agua subterránea se realizó el día 27 de noviembre de 2017, de acuerdo con el Plan de muestreo de C.I.M.A. del proyecto No. 663 elaborado el día 29 de junio de 2017, siguiendo los procedimientos estipulados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 22 (2012), y en los textos de la APHA-AWWA-WPCF (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association y WPCF (Water Pollution Control Federation).

6.3. LGBR's Empleados Para la Evaluación

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” (2008), con el fin de proveer las herramientas y la información relevante que permite 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 predio el suelo se define como residencial y/o agrícola y para el caso de las aguas subterráneas se define como potable.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los Límites Genéricos Basados en Riesgos LGBR's definidos dentro del Manual Técnico del MAVDT (2009) para suelo residencial y agua potable.

Los parámetros que no se pudieran comparar con los Límites Genéricos Basados en Riesgos definidos dentro del Manual Técnico del MAVDT (2009) para suelo residencial y agua potable, serán comparados con los Regional Screening Levels (RSL's) establecidos por US EPA. Si posterior a la comparación existen compuestos los cuales no tengan niveles de referencia, se tomarán los límites de cuantificación de laboratorio.

Tabla 3. Límites Genéricos Basados en Riesgos (LGBR's) para Constituyentes de Interés según Norma Colombiana (MAVDT 2009)

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)
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 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: MTEAR, 2009

7. Resultados

7.1. Monitoreo de Suelos

El muestreo fue llevado a cabo por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA, acreditado por el IDEAM para esta labor por medio de la Resolución 2085 del 01/10/2015.

Ilustración 7. Localización puntos de monitoreo de suelo



Fuente: Google Earth 2018

Los análisis de laboratorio realizados en suelo fueron los siguientes:

- Cobre total, cromo total, cromo hexavalente, mercurio total, níquel total, talio total, Benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos, hidrocarburos totales de petróleo C5-C10 e hidrocarburos totales de petróleo C10-C-40.

7.1.1. Monitoreo de Aguas Subterráneas

Los análisis de laboratorio realizados fueron los siguientes:

- Puntos PZ1, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5 y PZ6: Cobre total, cromo total, cromo hexavalente, mercurio total, níquel total, talio total, turbiedad y potencial de óxido reducción
- Puntos PZ7, PZN1, PZN2 y PZN3: Benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos, cobre total, cromo total, cromo hexavalente, mercurio total, níquel total, talio total, hidrocarburos totales de petróleo C5-C10, hidrocarburos totales de petróleo C10-C40, turbiedad y potencial de óxido reducción.

Posterior a la purga y desarrollo de los pozos de monitoreo se procedió a la toma de muestras de agua subterránea en 10 pozos de monitoreo, seis (6) de los cuales corresponden a los instalados en noviembre de 2017 y los restantes cuatro (4) a pozos existentes previamente en el área. La ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en la tabla 4 y en la ilustración 8.

Tabla 4. Coordenadas de los pozos de monitoreo muestreados

Pozo de monitoreo	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas Origen Central	
	Latitud	Longitud	Norte	Este
PZ1	4° 45' 24,574" N	74° 5' 30,356" W	1017762,272	998418,277
PZ2	4° 45' 24,850" N	74° 5' 29,660" W	1017770,749	998439,726
PZ3	4° 45' 24,308" N	74° 5' 29,547" W	1017754,101	998443,207
PZ4	4° 45' 24,261" N	74° 5' 29,588" W	1017752,657	998441,944
PZ5	4° 45' 23,992" N	74° 5' 29,635" W	1017744,394	998440,495
PZ6	4° 45' 24,504" N	74° 5' 30,807" W	1017760,122	998404,379
PZ7	4° 45' 24,468" N	74° 5' 29,465" W	1017759,015	998445,734
PZN1	4° 45' 25,703" N	74° 5' 31,407" W	1017796,952	998385,89
PZN2	4° 45' 25,215" N	74° 5' 29,906" W	1017781,961	998432,145
PZN3	4° 45' 22,61" N	74° 5' 32,45" W	1017701,945	998353,747

Fuente: Schreder Colombia, 2017.

Ilustración 8. Localización puntos de monitoreo agua subterránea



Fuente: Google Earth 2018

Tabla 5. Resultados parámetros in situ agua subterránea

Pozo de monitoreo	Fecha muestreo	Temperatura. Muestra (°C.)	pH	Conductividad (μs/cm)	Sólidos Disueltos (μg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Potencial Oxido reducción (mV)
PZ1	17/11/2017	19.7	3.61	261	131	1.29	320.6
PZ2	17/11/2017	19.47	3.19	826	413	0.68	321.5
PZ3	17/11/2017	16.82	3.31	650	325	0.43	343.0
PZ4	17/11/2017	16.81	3.76	559	281	0.37	332.4
PZ5	17/11/2017	18.93	4.72	645	317	1.13	300.1
PZ6	17/11/2017	16.82	3.69	948	474	1.20	449.9
PZ7	17/11/2017	18.31	3.13	590	295	1.32	326.6
PZN1	17/11/2017	17.13	5.77	167	83	0.5	34.3
PZN2	17/11/2017	17.92	5.34	839	420	0.62	78.8
PZN3	17/11/2017	18.79	4.80	951	476	0.45	141.4

Fuente: Schreder Colombia, 2017

Tabla 6. Procedimiento de Laboratorio

Fotografía 3 Introducción de bayler



Fotografía 4 empaque de muestras



Fotografía 5 muestreo de agua subterránea



Fotografía 6 medición de parámetros in-situ



Fuente: Schreder Colombia, 2017

7.1.2. Pruebas Slug

Durante actividades de campo se realizaron pruebas slug de llenado en los 10 pozos de monitoreo habilitados en el área de interés con un diámetro de 2 pulgadas, esto con el objetivo de calcular parámetros hidráulicos del acuífero presente en la zona.

La prueba hidráulica Slug de llenado o Falling Head, consiste en adicionar un volumen conocido de agua dentro de la perforación, permitiendo de esta manera aumentar el nivel del agua

subterránea para posteriormente tomar los datos de descenso y el tiempo en el que tarda en secarse o estabilizar el nivel.

Este tipo de pruebas permite medir recuperación al cambio instantáneo de cabeza hidráulica en función del tiempo, donde el efecto de la prueba se limita al acuífero captado por la perforación y su zona adyacente.

Tabla 7. Pruebas Slug

Fotografía 11 Medición de profundidad y nivel estático	Fotografía 12 Medición del descenso del agua
	

Fuente: Schreder Colombia, 2017

A continuación, se presentan algunos datos de los pozos durante las pruebas slug

Tabla 8. Características de las perforaciones donde se aplicaron pruebas hidráulicas						
Piezómetro	Este	Norte	Longitud filtros (m)	Longitud ciegos (m)	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
PZ1	98419	117766	3.5	1.7	5.2	1.6
PZ2	98441	117774	3.5	1.9	5.4	1.78
PZ3	98444	117758	3.5	2.1	5.6	2.26
PZ4	98448	117754	2.0	4.0	6.0	1.64

Piezómetro	Este	Norte	Longitud filtros (m)	Longitud ciegos (m)	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
PZ5	98441	117748	2.0	4.0	6.0	2.61
PZ6	98440	117754	2.0	4.0	6.0	2.15
PZ7	98447	117763	2.0	4.0	6.0	2.39
PZN1	98387	117801	3.5	1.8	5.3	2.13
PZN2	98433	117786	3.5	3.5	7.0	1.95
PZN3	98354	117706	3.8	2.5	6.3	2.41

Fuente: Schreder Colombia S.A.

7.2. Condiciones hidrogeológicas

Unidades de Suelos y Depósitos

Sedimentos Relacionados con Ambientes de Montaña.

Las unidades del Neógeno al Cuaternario usan denominaciones que tienen que ver con el tipo de depósito y con los ambientes depositacionales en donde se acumularon esos sedimentos.

Para tal efecto se adoptó la nomenclatura de Helmens y Van der Hammen (1995).

En esta parte de la Cordillera Oriental, en la Sabana de Bogotá, se encuentra presente una secuencia casi continua de sedimentos principalmente fluviales y lacustrinos que representan al menos los últimos 6 millones de años. Tales unidades litoestratigráficas representan cuatro ambientes de depositación: ambiente fluvial, el cual no está relacionado con la topografía actual; un ambiente fluvio-lacustrino, que está relacionado con la gran cuenca tectono-sedimentaria de Bogotá; un ambiente aluvial con depósitos de flujo gravitacional y depositación fluvio-glacial y un cuarto ambiente de montaña con depósitos de pendiente y glaciares.

En la cuenca sedimentaria de la Sabana de Bogotá se pueden distinguir tres grupos litológicos principales, trece formaciones y tres miembros. A continuación, se presentan únicamente las formaciones que se encuentran dentro de los límites del modelo hidrogeológico.

Formación Sabana (Qsa). Se denomina formación Sabana a los depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hace parte de la Sabana de Bogotá. Para Helmens & Van der Hammen (1995), esta formación está constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turbalignita.

Para Carvajal et al. (2005), este depósito es el resultado de la acumulación de sedimentos finos en un antiguo lago, con fluctuaciones en el nivel de agua, principalmente arcillas lacustres (Qsa1), y hacia los bordes de esta cuenca sedimentaria arcillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas (arcillosas) intercaladas (Qsa2).

Para el caso de estudio, la unidad geológica corresponde a Qsa1 (Ver Figura 1), la cual está conformada principalmente por arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos. Estos sedimentos se encuentran sobre la Formación Guaduas miembro medio (Tk_{gm}).

El espesor de esta unidad puede variar de 50 m a 300 m de profundidad.

Formación Chía (Qch1). Esta unidad geológica está constituida por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los principales ríos que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de estos.

La formación Chía está sobre los sedimentos de la formación Sabana, la cual presenta características conformadas por Arcillas de inundación, en ocasiones moteadas grises y naranja

(como se observa en el sector de Chía) y en áreas fangosas, arcillas orgánicas/diatomíticas (Qch1).

En el área de estudio al costado Nor-Oeste se encuentra la Formación Chía con un espesor aproximado de 5 m donde drena el Humedal la Conejera

La estructura más cercana al área de estudio es la Falla de Ramal-Usaquén que se encuentra al costado Suroeste a una distancia aproximada de 1129 m, esta falla pone en contacto la Formación Guaduas con el Grupo Guadalupe y es de vital importancia desde el punto de vista hidrogeológico.

Suelos: en el sitio predominan los limos arcillosos hasta donde se encuentra el nivel freático, después de este se encontraron arcillas limosas, en algunas perforaciones se encontraron intercalaciones de arenas. A continuación, se presentan los cortes transversales de las perforaciones en el sitio.

Geohidráulica: los datos que se presentan a continuación se presentan como resultado de las pruebas slug realizadas en el sitio.

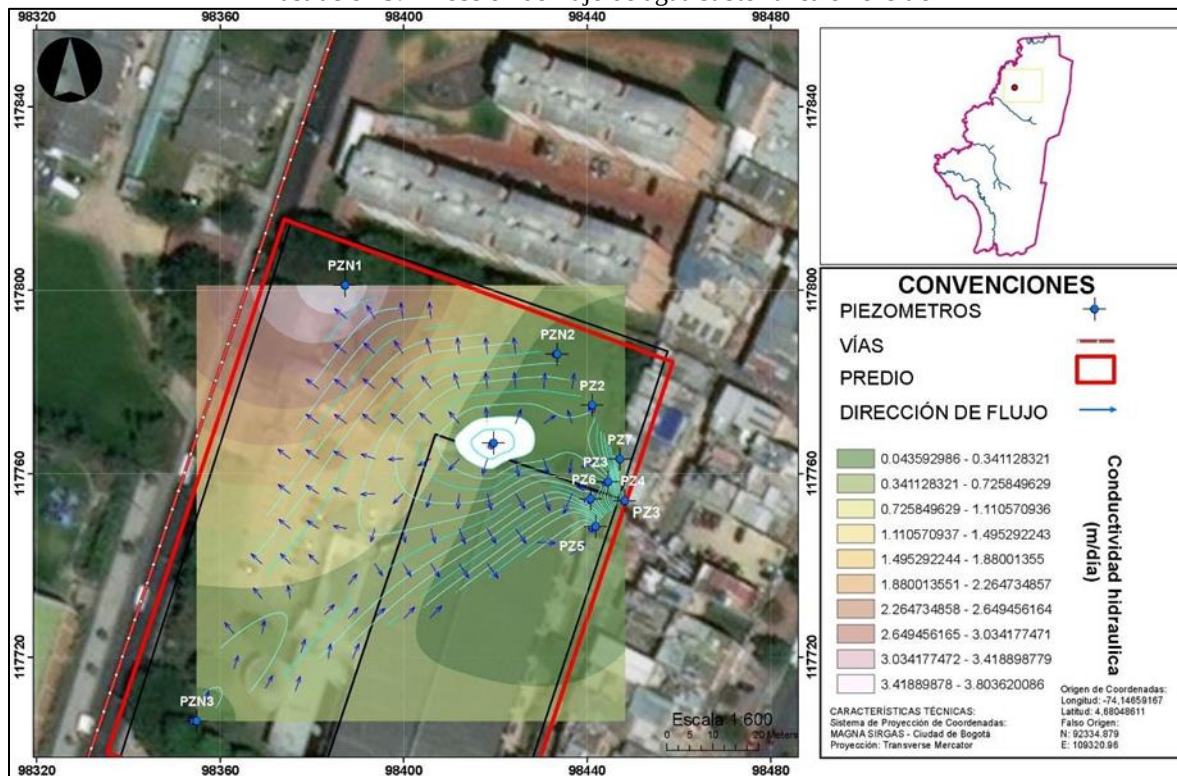
Tabla 9. características hidrogeológicas en los pozos de monitoreo donde se realizaron pruebas hidráulicas

PZ	Conductividad Hidráulica m/d			Transmisividad m ² /día	Espesor Filtros (m)	Coeficiente de almacenamiento - S			Porosidad eficaz (me- %)
	Bouwer & Rice	Hvorslev	Promedio			Bouwer & Rice	Hvorslev	Promedio	
PZ1	2.62E-01	3.85E-01	3.20E-01	9.14E-02	3.5	2.50E-03	1.60E-03	2.05E-03	0.22
PZ2	5.25E-02	7.70E-02	6.40E-02	1.83E-02	3.5	9.50E-04	1.10E-04	5.30E-04	0.18
PZ3	4.93E-02	7.24E-02	6.00E-02	1.50E-01	0.4	7.60E-04	1.50E-04	4.55E-04	0.18
PZ4	2.03E-02	2.98E-02	2.50E-02	1.25E-02	2.0	6.40E-04	3.00E-04	4.70E-04	0.18
PZ5	7.44E-04	1.09E-03	9.17E-04	4.59E-04	2.0	7.20E-05	2.10E-05	4.65E-05	0.10
PZ6	1.14E-04	1.67E-04	1.40E-04	7.00E-05	2.0	9.90E-05	1.70E-06	5.04E-05	0.10
PZ7	1.09E-02	1.60E-02	2.30E-02	1.15E-02	2.0	2.50E-04	2.50E-04	2.50E-04	0.18
PZN1	3.1	4.54	3.82	1.09	3.5	3.40E-03	4.50E-03	3.95E-03	0.29
PZN2	7.56E-03	1.06E-02	9.08E-03	2.59E-03	3.5	9.20E-04	9.90E-04	9.55E-04	0.18
PZN3	9.34E-02	1.39E-01	2.40E-01	6.32E-02	3.8	2.50E-04	2.50E-04	2.50E-04	0.21

Fuente: Información SCHREDER Colombia, 2018

Las direcciones de flujo al costado Este del área de estudio no presentan relación con la dinámica local ni regional, esto fenómeno se debe a que los piezómetros ubicados en este sector presentan un relleno considerable que pueden alterar los niveles freáticos reales de la unidad hidrogeológica en cambio al Oeste, sur y norte del área de estudio los piezómetros están ubicados directamente sobre suelo natural, mejorando las condiciones naturales de las mediciones. En la siguiente ilustración se presenta el mapa de dirección de flujo para el sitio.

Ilustración 9. Dirección de flujo de agua subterránea en el sitio



Fuente: Información SCHREDER Colombia, 2018

Teniendo en cuenta lo anterior, el gradiente hidráulico del área de estudio tiende a disminuir al costado norte, donde la frontera hidráulica natural ejerce una cabeza de presión, redireccionado el flujo local en sentido Nor-Oeste, por lo tanto y de acuerdo a la ubicación del aljibe AJ-11-0201 el cual se encuentra hacia el costado Sur-oeste (ver ilustración 3-5) del predio, no sería

posible que el agua subterránea que circula sobre el área de Schreder Colombia llegue hacia el aljibe y más cuando las condiciones naturales del flujo local conducen el agua hacia la quebrada La Salitrosa.

7.3. Agua Subterránea

En las siguientes tablas se presentan los resultados reportados para cada una de los parámetros involucrados en la caracterización de agua subterránea realizada, junto con límites de referencia para su comparación y límites de detección para los métodos analíticos implementados.

Tabla 10. Resultados de laboratorio pozos de monitoreo PZ1, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5 y PZ6

PARÁMETRO	Limite Cuantificación (mg/L)	UNIDADES	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ6	LGBRs - MTEAR EXPOSICIÓN A AGUA SUBTERRÁNEA/ SUPERFICIAL POTABLE - USO COMO AGUA POTABLE	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA Tapwater o MCL*
COBRE TOTAL	< 0,015	mg/L	0,03	0,085	0,05	0,02	<0,015	0,019	----	0,8
CROMO HEXAVALENTE	<0,009	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	----	0,000035
CROMO TOTAL	<0,05	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	----	0,1
MERCURIO TOTAL	<0,0006	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	----	0,00063
NÍQUEL TOTAL	<0,05	mg/L	<0,05	0,16	0,07	<0,05	0,08	0,16	----	----
POTENCIAL DE REDOX	---	mV	177,1	195,1	168,4	163,7	121,4	169,3	----	----
TALIO TOTAL	<0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	----	----
TURBIEDAD	---	mg/L	50,4	151	170	12	7,3	20,8	----	----

Fuente: CIMA, 2017

Tabla 11. Resultados de laboratorio pozos de monitoreo PZ7, PZN1, PZN2 y PZN3

PARÁMETRO	Limite Cuantificación (mg/L)	UNIDADES	PZ7	PZN1	PZN2	PZN3	LGBRs -MTEAR	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA
							EXPOSICIÓN A AGUA SUBTERRÁNEA/ SUPERFICIAL POTABLE - USO COMO AGUA POTABLE	Tapwater o MCL*
COBRE TOTAL	< 0,015	mg/L	0,068	<0,015	<0,015	0,078	-----	0,8
CROMO HEXAVALENTE	<0,009	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	-----	0,000035
CROMO TOTAL	<0,05	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	0,1
MERCURIO TOTAL	<0,0006	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	-----	0,00063
NÍQUEL TOTAL	<0,05	mg/L	0,06	<0,05	0,1	0,26	-----	-----
POTENCIAL DE REDOX	---	mV	200,7	57,9	144,5	200,1	-----	-----
TALIO TOTAL	<0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-----	-----
TURBIEDAD	0,3	mg/L	8,5	302	226	>1000	-----	-----
BENCENO	<0,00020	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	0,01	
TOLUENO	<0,00020	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	0,93	
ETILBENCENO	<0,00020	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	1,6	
o-XILENO	<0,00020	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	-----	
m,p - XILENO	<0,00020	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	-----	
XILENOS (SUMA)	<0,00040	mg/L	<0,00040	<0,00040	<0,00040	<0,00040	0,27	
BTEX (SUMA)	<0,0010	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-----	
TPH VOLATIL > C5- C6	<0,02	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-----	-----
TPH VOLATIL > C6- C8	<0,03	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-----	-----
TPH VOLATIL > C5- C8	<0,05	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	-----
TPH VOLATIL > C8- C10	<0,03	mg/L	0,032	<0,03	<0,03	<0,03	-----	-----

PARÁMETRO	Limite Cuantificación	UNIDADES	PZ7	PZN1	PZN2	PZN3	LGBRs -MTEAR	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA
	(mg/L)						EXPOSICIÓN A AGUA SUBTERRÁNEA/ SUPERFICIAL POTABLE -	Tapwater o MCL*
							USO COMO AGUA POTABLE	
TPH VOLATIL > C5- C10	<0,08	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,32	----
TPH > C10- C12	<0,01	mg/L	0,38	<0,01	<0,01	<0,01	----	----
TPH > C12- C16	<0,01	mg/L	1,7	<0,01	<0,01	<0,01	----	----
TPH > C16- C21	<0,01	mg/L	1	0,042	<0,01	<0,01	----	----
TPH > C21- C30	<0,015	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015	----	----
TPH > C30- C35	<0,01	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	----	----
TPH > C35- C40	<0,01	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	----	----
TPH > C10- C40	<0,038	mg/L	3,2	0,064	<0,038	<0,038	0,29	----

Fuente: CIMA, 2017

7.4. Análisis de resultados de aguas subterráneas

De acuerdo a los resultados obtenidos en agua subterránea se observa que en el pozo de monitoreo PZ7 se supera el límite de referencia establecido en el MTEAR para TPH-DRO/ERO, por otro lado si bien para cromo hexavalente se reportan concentraciones menores al límite de cuantificación (0,009 mg/L) en todos los puntos de monitoreo, este es mayor al nivel de referencia dado por la US EPA (tapwater) de $3,5 \cdot 10^{-5}$ mg/L, por lo cual no se puede realizar la adecuada comparación.

En el caso de níquel y talio no se tienen límites de referencia dados por la USEPA o el Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos (MTEAR) para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos, por lo tanto, se establece que las sustancias que no cuenten con límites de comparación y presenten concentraciones mayores a los límites de detección del laboratorio serán consideradas como sustancias de interés. Considerando esto se evidencia que el níquel supera los límites de cuantificación en los pozos PZ2, PZ3, PZ5, PZ6, PZ7, PZN2 y PZN3.

Dado lo anteriormente descrito se determinan como sustancias de interés en agua subterránea para el posterior modelamiento de un análisis de riesgos nivel II los parámetros Hidrocarburos totales de Petróleo C10-C40, cromo hexavalente y níquel.

7.5. Suelos

En las siguientes tablas se presentan los resultados reportados para cada una de los parámetros involucrados en la caracterización de agua subterránea realizada, junto con límites de referencia para su comparación y límites de detección para los métodos analíticos implementados.

Tabla 12. Resultados de laboratorio para las muestras PF2, PF6 y PZ3

Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidades	PF6	PF6	PZ3	PZ3	PF2	PF2	MTEAR (Residencial- Migración agua subterránea) mg/kg	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA residen soil o industrial soil mg/kg
	mg/kg		1,0-1,6	2,2-2,9	0,3-1,30	1,90-2,60	0,10-0,70	1,30-2,80		
Benceno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0.034	1.2
Tolueno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	12	4900
Etilbenceno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	13	5.8
o-Xileno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	----	650
m, p - Xileno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	----	----
Xilenos	0.10	mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	210	580
BTEX	0.25	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	----	----
Benceno	0.010	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.034	1.2
TPH VOLATIL > C5- C6	2.0	mg/kg	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	----	----
TPH VOLATIL > C6- C8	2.1	mg/kg	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	----	----
TPH VOLATIL > C5- C8	4.1	mg/kg	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	----	----
TPH VOLATIL > C8- C10	2.6	mg/kg	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	----	----
TPH VOLATIL > C5- C10	6.7	mg/kg	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	25	----
TPH > C10- C12	3.0	mg/kg	<3,0	<3,0	<3,0	9.4	<3,0	<3,0	----	----
TPH > C12- C16	5.0	mg/kg	<5,0	<5,0	58	81	<5,0	<5,0	----	----
TPH > C16- C21	6.0	mg/kg	<6,0	<6,0	400	75	<6,0	<6,0	----	----
TPH > C21- C30	12	mg/kg	<12	<12	190	17	24	<12	----	----
TPH > C30- C35	6.0	mg/kg	<6,0	<6,0	16	<6,0	14	<6,0	----	----
TPH > C35- C40	6.0	mg/kg	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	----	----
TPH > C10- C40	38	mg/kg	<38	<38	660	190	50	<38	79	----
Talio	5.0	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	----	----
Mercurio	0.26	mg/kg	4.47	5.60	3.72	5.22	7.39	4.49	----	11

Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidades	PF6	PF6	PZ3	PZ3	PF2	PF2	MTEAR (Residencial-Migración agua subterránea) mg/kg	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA residen soil o industrial soil mg/kg
	mg/kg		1,0-1,6	2,2-2,9	0,3-1,30	1,90-2,60	0,10-0,70	1,30-2,80		
Cobre	0.03	mg/kg	16.91	18.52	29.65	19.54	36.64	24.13	----	3100
Cromo Total	0.05	mg/kg	19.72	18.06	13.36	30.11	8.71	11.66	----	----
Níquel	0.05	mg/kg	19.98	8.42	9.95	8.33	9.95	25.41	----	----

*Se toma el valor más restrictivo para determinar los compuestos de interés.

Fuente: CIMA, 2017

Tabla 13. Resultados de laboratorio para las muestras PF1, PF3, PF-5 y PZN2

Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidades	PF1	PF1	PF3	PF5	PZN2	PZN2	MTEAR (Residencial-Migración agua subterránea) mg/kg	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA residen soil o industrial soil mg/kg
	mg/kg		0,40-1,60	1,60-2,20	0,15-2,40	0,80-1,80	0,60-1,90	3,20-3,90		
Benceno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	*0.034	1.2
Tolueno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	*12	4900
Etilbenceno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	*13	5.8
o-Xileno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	----	650
m,p - Xileno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	----	----
Xilenos	0.10	mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	*210	580
BTEX	0.25	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	----	----
Benceno	0.010	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	*0.034	1.2
TPH VOLATIL > C5- C6	2.0	mg/kg	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	----	----

Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidades	PF1	PF1	PF3	PF5	PZN2	PZN2	MTEAR (Residencial- Migración agua subterránea) mg/kg	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA residen soil o industrial soil mg/kg
	mg/kg		0,40-1,60	1,60-2,20	0,15-2,40	0,80-1,80	0,60-1,90	3,20-3,90		
TPH VOLATIL > C6- C8	2.1	mg/kg	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	----	----
TPH VOLATIL > C5- C8	4.1	mg/kg	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	----	----
TPH VOLATIL > C8- C10	2.6	mg/kg	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	----	----
TPH VOLATIL > C5- C10	6.7	mg/kg	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	25	----
TPH > C10- C12	3.0	mg/kg	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	----	----
TPH > C12- C16	5.0	mg/kg	24	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	----	----
TPH > C16- C21	6.0	mg/kg	120	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	----	----
TPH > C21- C30	12	mg/kg	750	<12	<12	<12	<12	<12	----	----
TPH > C30- C35	6.0	mg/kg	0	<6,0	7.9	<6,0	6.1	<6,0	----	----
TPH > C35- C40	6.0	mg/kg	60	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	----	----
TPH > C10- C40	38	mg/kg	1100	<38	<38	<38	<38	<38	79	----
Talio	5.0	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	----	----
Mercurio	0.26	mg/kg	4.32	3.76	5.82	3.78	4.92	3.33	----	11
Cobre	0.03	mg/kg	35.68	34.44	31.55	18.31	24.03	18.23	----	3100
Cromo Total	0.05	mg/kg	12.34	124.67	29.34	59.19	9.49	17.12	----	----
Níquel	0.05	mg/kg	10.84	12.76	10.82	12.33	17.65	13.19	----	----

*Se toma el valor más restrictivo para determinar los compuestos de interés.

Fuente: CIMA, 2017

Tabla 14. Resultados de laboratorio para las muestras PF-4, PZN-1 y PZN-3

Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidades	PZN1	PZN1	PF4	PF4	PZN3	PZN3	MTEAR (Residencial- Migración agua subterránea) mg/kg	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA residen soil o industrial soil mg/kg
	mg/kg		0,90-1,60	1,60-2,20	1,40-2,20	3,00-3,90	0,40-1,00	3,00-3,60		
Benceno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0.034	1.2
Tolueno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	12	4900
Etilbenceno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	13	5.8
o-Xileno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	----	650
m,p - Xileno	0.050	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	----	----
Xilenos	0.10	mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	210	580
BTEX	0.25	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	----	----
Benceno	0.010	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.034	1.2
TPH VOLATIL > C5- C6	2.0	mg/kg	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	----	----
TPH VOLATIL > C6- C8	2.1	mg/kg	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	<2,1	----	----
TPH VOLATIL > C5- C8	4.1	mg/kg	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	----	----
TPH VOLATIL > C8- C10	2.6	mg/kg	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	----	----
TPH VOLATIL > C5- C10	6.7	mg/kg	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	<6,7	25	----
TPH > C10- C12	3.0	mg/kg	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	----	----
TPH > C12- C16	5.0	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	----	----
TPH > C16- C21	6.0	mg/kg	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	----	----
TPH > C21- C30	12	mg/kg	<12	13	<12	<12	<12	32	----	----
TPH > C30- C35	6.0	mg/kg	10.0	7.6	<6,0	6.6	6.7	26	----	----
TPH > C35- C40	6.0	mg/kg	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	7.8	----	----

Parámetro	Límite de Cuantificación	Unidades	PZN1	PZN1	PF4	PF4	PZN3	PZN3	MTEAR (Residencial- Migración agua subterránea) mg/kg	REGIONAL SCREENING LEVELS (RSL) – USEPA residen soil o industrial soil mg/kg
	mg/kg		0,90-1,60	1,60-2,20	1,40-2,20	3,00-3,90	0,40-1,00	3,00-3,60		
TPH > C10- C40	38	mg/kg	<38	<38	<38	<38	<38	75	79	----
Talio	5.0	mg/kg	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	----	----
Mercurio	0.26	mg/kg	3.98	6.71	3.87	4.95	4.02	4.26	----	11
Cobre	0.03	mg/kg	14.42	17.97	11.53	11.49	19.62	11.96	----	3100
Cromo Total	0.05	mg/kg	<0,05	<0,05	8.47	3.80	2.24	10.06	----	----
Níquel	0.05	mg/kg	10.65	29.25	21.39	8.62	6.85	22.88	----	----

*Se toma el valor más restrictivo para determinar los compuestos de interés.

Fuente: CIMA, 2017

7.6. Análisis de resultados de suelos

De acuerdo a los resultados obtenidos en suelo se observa que en las perforaciones PF-1, PZ-3 y PZN-3 se supera el límite de referencia establecido en el MTEAR para TPH-DRO/GRO, en cuanto al cromo hexavalente se reportan concentraciones que superan el nivel de referencia dado por la US EPA (resident soil) de 3.0×10^{-1} mg/kg para la totalidad de las perforaciones.

En el caso de níquel y talio no se tienen límites de referencia dados por la US EPA o el Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos (MTEAR) para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos, por lo tanto, se establece que las sustancias que no cuenten con límites de comparación y presenten concentraciones mayores a los límites de detección del laboratorio serían consideradas como sustancias de interés. Considerando lo anterior se evidencia que el níquel superó los límites de cuantificación para la totalidad de las perforaciones, de la misma manera el cromo total a excepción del punto PZN-1.

Respecto al mercurio y cobre total los cuales arrojaron valores superiores al límite de cuantificación del laboratorio estos no sobrepasan los niveles de referencias establecidos por la US EPA (resident soil), razón por la cual no son tenidos en cuenta como compuestos de interés.

7.7. Análisis General

Si bien cromo y níquel en suelo, así como níquel en agua subterránea fueron establecidos como compuestos de interés e incluidos en el análisis de riesgos, es de aclarar que esto se hizo al no tenerse valores de comparación en las dos fuentes. No obstante, al comparar concentraciones obtenidas con otras normas internacionales donde si existen valores de referencia se observa que el cromo en suelo y níquel en agua se confirmarían como CDI, sin embargo, para níquel en suelo se identifica que estaría por debajo de todos los límites consultados, aun así fue incluido como CDI en el análisis de riesgos. A continuación, se presenta la comparación con los valores de referencia consultados en normas internacionales:

Tabla 15. Otros límites de referencia en suelo – cromo y níquel

Parámetro	Límite de cuantificación mg/kg	de Norma Holandesa mg/kg	Guías Remedación Alberta mg/kg	Norma Alemana mg/kg	Massachusetts 310CMR mg/kg	Máxima concentración registrada mg/kg
Cromo Total	0,05	---	64	200	100	124,67 (PF5)
Níquel	0,05	100	45	70	600	29,25 (PZN1)

Se toman los valores más restrictivos

Tabla 16. Otros límites de referencia en agua subterránea –níquel

Parámetro	Límite de cuantificación mg/L	de Norma Holandesa mg/L	Guías Remedación Alberta mg/L	Norma Alemana mg/L	Massachusetts 310CMR mg/L	Máxima concentración registrada mg/L
Níquel	0,05	0,0021	0,001	0,05	0,1	0,26 (PZN3)

Se toman los valores más restrictivos

De acuerdo con las concentraciones específicas para el sitio (CCES) calculadas, se observan que el níquel sobrepasa las concentraciones obtenidas en la evaluación ambiental en suelo. Sin embargo, es de recordar que este fue incluido como CDI al no poseer niveles de referencia en el Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos (MTEAR) para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos del MAVDT y/o en los Regional Screening Levels (RSL's) establecidos por US EPA, y registrar valores mayores al límite de cuantificación.

No obstante la CCES de níquel en suelo es más restrictiva que los límites genéricos de riesgo determinados en otros estándares internacionales, mencionados con anterioridad, ya que se considera un escenario bastante conservador en el Tier II, por tanto teniendo en cuenta que niveles de referencia a nivel internacional son calculados utilizando parámetros que representan un riesgo aceptable y que se tienen concentraciones de níquel por debajo de todos los límites consultados en todos los puntos de monitoreo, no se considera necesario llevar a cabo acciones de remediación para este metal, ya que la meta de remediación sería mayor a la máxima concentración reportada (29,25 mg/kg), ya que cuando la CCES es más restrictiva que el límite genérico, se selecciona como meta de remediación o limpieza este último.

De otro modo, alejándose del aspecto normativo, teniendo en claro que en párrafos anteriores se determinaron los compuestos criterio, se pueden establecer una relación de estos con el entorno, siendo así, se indica que el contenido del cromo en el hombre varía ampliamente, según su procedencia geográfica y sus costumbres alimentarias. *“El contenido medio de Cr en el hombre se estima en USA en 6 mg, en África en 7,4 mg y en Oriente en 11,8 a 12,4 mg”* (Lang, 1974) a

su vez que otros autores establecen como contenido medio de Cr en el hombre 5 a 20 mg (Kieffer, 1974), lo cual impediría que el uso de suelo fuese utilizado con fines agrícolas, siendo que se conoce que este componente puede acumularse y generar toxicidad en las plantas produciendo un efecto tóxico primario para los consumidores de estas (Vásquez, 1974), sin embargo, la afinidad del elemento permitiría establecer una plan de fitoremediacion para disminuir su concentración en el recurso suelo.

Los reportes de Cromo en los diferentes tejidos son difíciles y complejos de interpretar, ya que los métodos de análisis no distinguen entre el Cromo proveniente de la contaminación ambiental y el Cromo propio de cada organismo. A pesar de que la esencialidad del Cromo como micronutriente ha sido confirmada, actualmente ningún país que permite añadir este elemento a los medicamentos o alimentos (Kiefer, 1979), y tampoco se cuenta con valores límite para ello (Gaulhofer, 1984).

De otro modo, para el Níquel, el cual fue detectado como contaminante criterio en suelo y agua, la EPA recomienda que el agua potable contenga no más de 0,7 miligramos de níquel por litro de agua (0.7 mg/L), (ATSDR, 2003), lo que indicaría que el agua podría ser utilizada para el consumo doméstico luego del proceso de potabilización.

“Un hombre de aproximadamente 70 kg de peso contiene en su organismo alrededor de 10 mg de níquel”. (Clancy & Costa, 2012), lo que podría indicar que a partir de esta concentración un organismo podría estar acumulando el elemento.

Algunos investigadores mencionan que en el suelo las concentraciones de Níquel, son dependientes de la composición de este, siendo así que, un estudio realizado en el area de monte Ferrato (Italia), en 9 puntos con características distintas entre sí, se presentaron valores que variaron entre 421 y 2637 mg/kg para suelos serpentínicos, mientras en suelos basálticos los valores oscilaron entre 151 y 245 mg/kg (Wilcke y Kaupennjohan, 1994), otros autores establecen que la concentración de Níquel en el recurso es dependiente del periodo geológico de formación asociado a la textura, de modo que en un suelo arcilloso del periodo mesozoico podría oscilar entre 20 y 80 ppm (Temmerman y col, 1984), estas relaciones establecerían la hipótesis de que es posible que un alto porcentaje del componente se allá generado de forma natural.

8. Conclusiones

De acuerdo con la Evaluación Ambiental se concluye que:

- Se identificó como áreas contaminadas a la totalidad del predio de Schreder Colombia S.A., evidenciando la afectación a los recursos suelo y agua subterránea dentro del predio en estudio, sin embargo, se descarta una posible extensión de la pluma de los contaminantes a las áreas exteriores superiores a 30 metros de extensión.
- Los principales compuestos de interés hallados a partir del grado de contaminación en Suelos fueron: Hidrocarburos totales de Petróleo (C10-C40), cromo total, cromo hexavalente y níquel, mientras que en agua subterránea: Hidrocarburos totales de Petróleo C10-C40, cromo hexavalente y níquel.
- A partir de la línea base establecida se obtuvo que la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del área de estudio es Media. No obstante, el tipo de litología y condiciones hidráulicas del acuífero pueden hacer que esta varíe a baja, a su vez, el nivel registrado en cada uno de los piezómetros y las direcciones de flujo en el área de estudio presentan una tendencia Nor-Oeste en función de la frontera de flujo superficial que alimenta al Humedal la Conejera, de otro modo, la información histórica aportada por la empresa Schreder Colombia S.A., no permite determinar con exactitud la causa puntual de afectación de los recursos suelo y agua subterránea.

- Teniendo en cuenta la dirección de flujo y las concentraciones reportadas en los análisis de laboratorio, la carga de los contaminantes se dirigiría a los cuerpos de agua Quebrada Salitrosa y el Humedal la Conejera, sin embargo, es importante destacar que las concentraciones halladas no lograrían migrar a los cuerpos de agua, descartando cualquier tipo de contaminación de la microcuenca Torca.

9. Recomendaciones

- Se deberían programar monitoreos semestrales sobre la Quebrada la Salitrosa, enfatizando en el analisis de los parametros que se delimitaron como compuestos de interés (Suelos: Hidrocarburos totales de Petróleo (C10-C40), cromo total, cromo hexavalente y níquel, agua subterránea: Hidrocarburos totales de Petróleo C10-C40, cromo hexavalente y níquel)
- Es importante realizar monitoreos trimestrales sobre los limites externos del predio de modo tal que se pueda determinar que los compuestos contaminantes aún siguen secuestrados dentro de este.

10. Referencias

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2003. Reseña Toxicológica del Níquel (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.
- Clancy, H., & Costa, M. (2012). Nickel: A pervasive carcinogen. *Future Oncology*, 8, 1507–1509. doi:10.2217/fon.12.154
- Environmental Protection Agency (EPA) (1991). Recuperado de <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls>
- Environmental Protection Agency (EPA), 2018. National Recommended Aquatic Life Criteria table. Recuperado de <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>, revisado el 28 de marzo de 2018.
- Gaulhofer, J. (1984). Chrom En : Metalle in der Umwel. E. Meri an (ed.), pp . 409-421 . Verlag Chemie Weinheim.
- Kieffer , F.' (1979). Les oligoéléments gouve rnement la santé. Sandoz Bulletin 52: 14-20
- Lang, K.: (1974). Wasser, Mineralstoffe, Spurenelemente. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt, UTB Serie 341 , 138 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución Derivados de Hidrocarburos
- Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Sostenible (2008). Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de Hidrocarburos. Bogotá D.C.

Temmerman L. O., Hoenig M., Scokart P.D. 1984. Determination of normal Levels and upper limit values of trace elements in soils. *Pflanz. Bondekunde* 147:687 -694.

Vázquez, M.D. (1974). Poschenrieder, Ch.; Barceló, J.: "Chromium VI induced structural and ultrastructural changes in bush bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) *Annals of Botany* (in press).

Wilcke W., Kaupenjohann M. (1994). Small Scale Heterogeneity of soil chemical properties II. Fractions of Aluminium and heavy metals 157:459.

APENDICES

Apéndice A Cronograma

ITEM	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Elaboración Anteproyecto.																
2. Entrega Anteproyecto.																
3. Elaboración de cronograma y presupuesto.																
4. Inicio de Investigación del tema.																
5. Recolección de datos y material de investigación (libros, internet, Laboratorios, Bibliotecas, otras fuentes).																
6. Desarrollo investigativo en campo																
7. Sintetización de la información de campo y secundaria																
8. Asesoría del tutor																
9. Desarrollo de la evaluación de suelos y agua subterránea del predio																
10. Determinación y análisis del área contaminada																
11. Elaboración del informe																
12. correcciones finales del proyecto																
13. Entrega de proyecto																

Apéndice A
Presupuesto

Identificación	Unidad	Cantidad	Valor en pesos colombianos
Transportes por 25 días	Pasaje	50	\$ 147.000
	Fotocopia	300	\$ 30.000
Levantamiento de Información Secundaria	Impresión	300	\$ 90.000
	Plotter	4	\$ 80.000
Cartografía	Planos	2	\$ 60.000
Hidratación	N/A	25	\$ 75.000
Servicios Públicos	N/A	N/A	\$ 50.000
Imprevistos	N/A	N/A	\$ 150.000

Total : \$ 682.000 (Seiscientos Ochenta y dos mil pesos)