

**IMPACTOS EN CUERPOS DE AGUA GENERADOS POR LAS DIFERENTES FASES
DE CONSTRUCCION DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ**

**JHON EDISON MILLÁN CONTRERAS
JORGE ARMANDO BENAVIDES JIMENEZ**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2019**

**IMPACTOS EN CUERPOS DE AGUA GENERADOS POR LAS DIFERENTES FASES
DE CONSTRUCCION DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ**

**JHON EDISON MILLÁN CONTRERAS
JORGE ARMANDO BENAVIDES JIMENEZ**

**Trabajo de Grado para optar al Título de
Ingenieros Civiles**

**Directora
Ing. Paula Andrea Villegas González
Magister en hidrosistemas
Candidata a Doctora en Ingeniería**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2019



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Ing. PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Directora de Proyecto

Ing.
Asesor de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Bogotá 16 de noviembre de 2019.

Agradecimientos.

Quiero agradecer primeramente a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en tiempos difíciles y por los momentos de satisfacción a lo largo de este lindo proyecto.

Agradecer a mi hija María José quien me llenó de ganas para buscar lo mejor para ti. Aún a tu corta edad me brindaste tu compañía en muchas de mis largas noches, te agradezco por alegrar mis desveladas con tus travesuras, por ayudarme a encontrar el lado dulce de la vida, fuiste mi motivación más grande para terminar con éxito este documento, esto es por ti y para ti mi cacerola, a mi esposa Lorena por todo el apoyo que me brindó a lo largo de mi carrera como estudiante y ser mi compañera incondicional.

A mis padres que me inculcaron el estudio como una ruta para ser mejor persona, por el sacrificio y el apoyo en todo momento.

Agradecer a nuestra asesora la Ingeniera Paula Villegas directora del grupo de investigación de semilleros de la Universidad Católica De Colombia por toda su paciencia, dedicación y enseñanza durante este trabajo, a ella un inmenso abrazo.

A todas las personas que estuvieron detrás de este lindo proyecto en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, mil y mil gracias.

Jhon Edison Millán Contreras.

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme empezar y concluir todo este proyecto, y darme la sabiduría necesaria para hacer junto a mi compañero, cada parte de esta tesis.

En segunda instancia a mi amada hija Sarita por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mí amada madre quien siempre estuvo ahí con sus palabras de aliento, quien nunca me dejó decaer para que siguiera adelante con mis ideales y cumpliera mis sueños.

A mí adorada novia quien ha estado siempre a mi lado en todos los momentos apoyándome y acompañándome en todo este proceso que ha sido largo y complejo.

A mis amigos y compañeros quienes compartieron sus conocimientos y quienes me han acompañado durante toda esta carrera y lograron que este sueño se hiciera realidad.

Y por último a mi asesora de tesis la Ingeniera Paula Villegas, directora del grupo de semilleros, por su paciencia y por toda la fe que siempre nos tuvo, gracias a ella este proyecto tuvo rumbo y concluyó de la mejor forma posible, mis más sinceros agradecimientos.

Jorge Armando Benavides.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	11
INTRODUCCIÓN	16
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	18
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
4. ALCANCES Y LIMITACIONES	23
4.1 ALCANCES	23
4.2 LIMITACIONES.....	23
5. MARCO TEÓRICO.....	24
5.1 ESTADO DEL ARTE.	24
5.1.1 IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y MEDIDAS DE MANEJO PARA LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO POR LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES.	24
5.1.2 VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CIUDAD DE YOPAL, CASANARE.	25
5.1.3 RETOS AMBIENTALES Y SOCIALES PARA EL METRO URBANO. CONSTRUCCIÓN: UN ESTUDIO EMPÍRICO EN CHINA.....	26
5.1.4 EL GRAN IMPACTO DEL METRO.....	27
5.1.5 SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL DE METRO DE MADRID.	28
6. MARCO LEGAL.	30
6.1 NORMATIVA NACIONAL.	30
6.2 NORMATIVIDAD DISTRITAL.....	32
7. METODOLOGÍA	33
7.1 FASE I. DIAGNOSTICO LÍNEA BASE AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA.....	33
7.2 FASE II. EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE MATRIZ DE LEOPOLD.....	33
7.3 FASE III. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	33
8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.	35
8.1 METODOLOGÍA MATRIZ DE LEOPOLD.....	35
9. DIAGNOSTICO LÍNEA BASE AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA.....	38

9.1 ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ.	38
9.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	38
9.1.2 LOCALIZACIÓN.	38
9.1.3 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.	39
9.1.4 HIDROGEOLOGÍA Y CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.	40
9.2. ESTUDIOS REALIZADOS A LOS DIFERENTES CUERPOS DE AGUA.	42
9.2.1 CANAL CUNDINAMARCA.	45
9.2.2 CANAL TINTAL II.	46
9.2.3 CANAL RIO SECO.	47
9.2.4 CANAL ALBINA.	48
9.2.5 CANAL FUCHA.	49
9.2.6 CANAL ARZOBISPO.	50
10. EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE LA METODOLOGIA DE MATRIZ DE LEOPOLD.	51
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	52
11.1 ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE LEOPOLD APLICADA A LOS IMPACTOS EN CUERPOS DE AGUA POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.	52
12.PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.	56
12.1 FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL.	56
13.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	57
13.1 CONCLUSIONES.	57
13.2 RECOMENDACIONES.	58
14. BIBLIOGRAFIA.	59
15. ANEXOS.	62
15.1 NORMATIVA NACIONAL.	62
15.2 NORMATIVA DISTRITAL.	69
15.3 ENCUESTA. ENCUESTA IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLMB: RECURSO HÍDRICO.	74
15.4 APUS. FASE DESCAPOTE.	77
15.5 APUS. FASE EXCAVACIONES.	81
15.6 APUS. FASE FUNDACIONES.	86
15.7 UBICACIONES REALES DE LOS DIFERENTES CANALES Y CONECTORES.	89

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Normatividad nacional ambiental vigente aplicada al proyecto.....	30
Tabla 2. Normatividad distrital ambiental vigente aplicada al proyecto.....	32
Tabla 3. Matriz de interacción entre los factores ambientales y las acciones.	36
Tabla 4. Identificación de los diferentes cuerpos de agua.	40
Tabla 5. Resultados monitoreos fisicoquímico del agua.	42
Tabla 6. Calidad del agua de acuerdo con las concentraciones de DBO ₅ y DQO.	43
Tabla 7. Clasificación de cada uno de los cuerpos hídricos.	44
Tabla 8. Principales componentes del proyecto.....	52

TABLA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Figura 1. Esquema agua residual	11
Figura 2. Ilustración fuentes subterráneas	12
Figura 3. Trazado de la primera línea del metro de Bogotá.....	39
Figura 4. Intersección canal Cundinamarca.....	45
Figura 5. Intersección Canal Tintal II.	46
Figura 6. Intersección Canal Rio Seco.....	47
Figura 7. Intersección Canal Albina.	48
Figura 8. Intersección Canal Fucha.	49
Figura 9. Intersección Canal arzobispo.....	50

TABLA DE ANEXOS

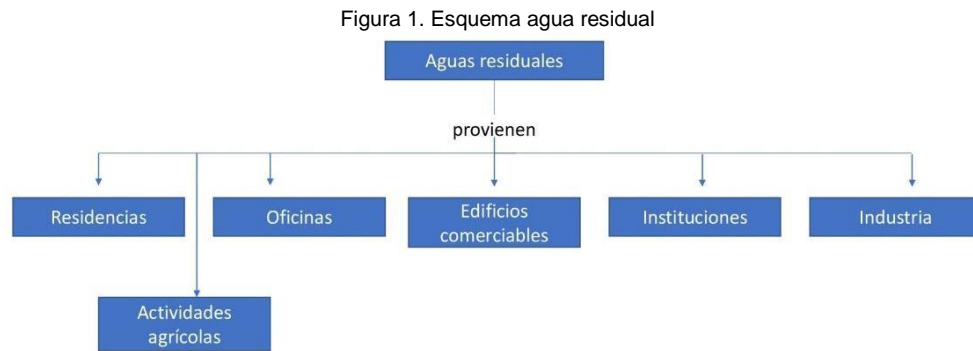
	pág.
Anexo 1. Normatividad nacional ambiental vigente.	62
Anexo 2. Normatividad distrital ambiental vigente.	69
Anexo 3. Gráfico de respuestas de formularios. Título de la pregunta: 1. ¿Conoce cuál es el trazado de la PLMB?	74
Anexo 4. ¿Conoce los diferentes cuerpos de agua que pueden llegar a ser afectados por la PLMB?	74
Anexo 5. ¿Qué consecuencias podría generar este proyecto en los cuerpos de agua que lo interceptan?	75
Anexo 6. ¿Qué percepción tiene sobre el impacto ambiental generado por la primera línea del metro en Bogotá PLMB?	75
Anexo 7. ¿Si se implementa el metro elevado y este genera impactos en los cuerpos de agua, que estrategias para mitigar los impactos propone usted desde su experiencia?	76
Anexo 8. APU cerramiento para almacenamiento temporal de material fase descapote.	77
Anexo 9. APU señalización vallas fase descapote.	78
Anexo 10. APU sedimentador fase descapote.....	79
Anexo 11. APU alquiler contenedor para capacitaciones fase descapote.	80
Anexo 12. APU cerramiento para almacenamiento de material fase excavaciones.	81
Anexo 13. APU señalización vallas fase excavaciones.	82
Anexo 14. APU sedimentador fase excavaciones.	83
Anexo 15. APU toma de muestras fase excavaciones.	84
Anexo 16. APU alquiler de contenedor para capacitaciones fase excavaciones. ...	85
Anexo 17. APU señalización vallas fase fundaciones.....	86
Anexo 18. APU sedimentador fase fundaciones.....	87
Anexo 19. APU alquiler de contenedor y moviliario fase fundaciones.	88
Anexo 20. Foto ubicación real del canal tinal II.	89
Anexo 21. foto ubicación real del canal rio seco.	90
Anexo 22. Foto ubicación real del canal Albina.	91
Anexo 23. Foto ubicación real del canal rio fucha.....	92
Anexo 24. Foto ubicación real del canal Rio Arzobispo.	92
Anexo 25. Foto ubicación real del colector Pastrana Tramo I.....	93
Anexo 26. Foto ubicación real del colector pastrana tramo ii.....	94

GLOSARIO

Para el desarrollo del proyecto se presentan los términos fundamentales de la investigación.

ACUÍFEROS: son reservorios de agua que están ubicados debajo de la superficie terrestre. Estos acuíferos permiten la circulación del agua a través de diversas grietas y de la porosidad de su estructura (*Definición de acuífero - Qué es, Significado y Concepto*, 2017).

AGUAS RESIDUALES: son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales (*Aguas residuales - EcuRed*, 2012).

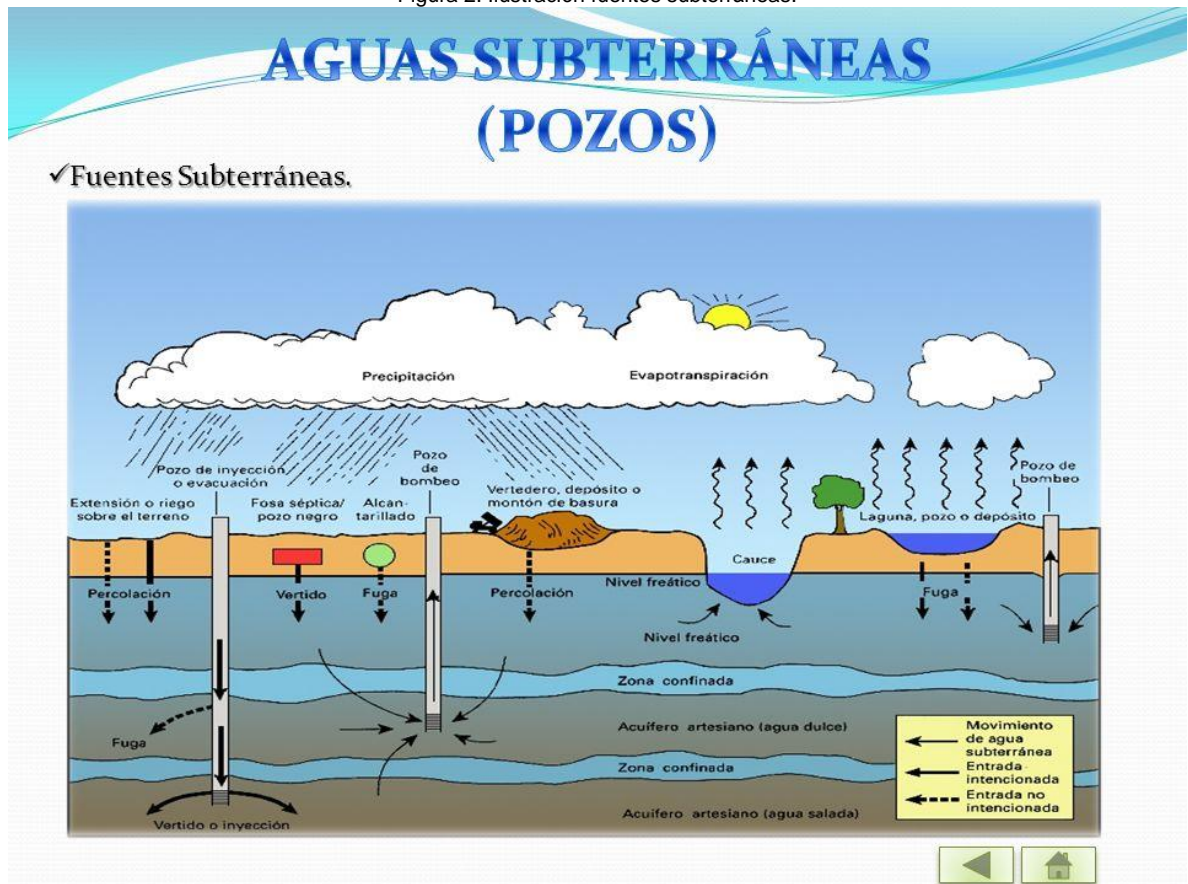


Fuente: (Aguas residuales - EcuRed, 2012).

En la Figura 1. Esquema agua residual. Muestra los diferentes medios de donde provienen las aguas residuales.

AGUA SUBTERRÁNEA: son aquellas formaciones de agua dulce situadas a nivel superficial en la corteza terrestre, estas se localizan en formaciones geológicas impermeables llamadas acuíferos (*Las aguas subterráneas | Fundación Aquae*, 2017).

Figura 2. Ilustración fuentes subterráneas.



Fuente: (Carlos Perez, 2009).

En la Figura 2. Ilustración fuentes subterráneas. Se observa un esquema básico en donde el agua se encuentra confinada entre dos estratos impermeables.

ANÁLISIS: proceso de dividir un tema complejo o sustancia en partes más pequeñas para obtener una mejor comprensión de él (Stanford University. and Center for the Study of Language and Information (U.S.), 1997).

ALCALINIDAD: se puede definir como una medida de su capacidad para neutralizar ácidos. En las aguas naturales, esta propiedad se debe principalmente a la presencia de ciertas sales de ácidos débiles, aunque también puede contribuir la presencia de bases débiles y fuertes (Henry, Heinke and Escalona y García, 1999).

CONDUCTIVIDAD: representa la mayor o menor facilidad con la que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo (Oosterbaan and Nijland, 2017).

CONTAMINACIÓN: la contaminación es una alteración o degradación del ambiente y sus componentes. Tiene un efecto negativo sobre la salud y la biodiversidad. Puede causar graves enfermedades a los humanos, extinción de especies y un desequilibrio general en el planeta. La contaminación es la presencia de elementos o sustancias que son nocivas para la salud humana o para la vida en general. Puede afectar al agua, la tierra, el aire u otros componentes del medio en el que viven seres humanos u otros organismos (Economipedia, 2015).

CUERPOS DE AGUA: cualquier extensión que se encuentran en la superficie terrestre (ríos y lagos) o en el subsuelo (acuíferos, ríos subterráneos); tanto en estado líquido, como sólido (glaciares, casquetes polares); tanto naturales como artificiales (embalses) y pueden ser de agua salada o dulce (*Cuerpos de agua – Agua.org.mx*, 2015).

METRO: es un sistema de trenes urbanos ubicado dentro de una ciudad y su área metropolitana. Se caracteriza por ser un transporte masivo de pasajeros en las grandes ciudades, uniendo diversas zonas y sus alrededores, con alta capacidad y frecuencia y de forma segregada a otros sistemas de transporte (Transport for London, 2007).

NIVEL FREÁTICO: en el interior de la Tierra las aguas subterráneas alcanzan un punto máximo de profundidad y dicho lugar es conocido como nivel freático. En este lugar la presión del agua es equivalente a la presión atmosférica. Así mismo, el nivel freático es la distancia concreta que hay entre el nivel del agua subterránea y la superficie. El nivel freático depende de varios factores, la lluvia, la presión atmosférica y las mareas en zonas costeras, lo que hace que varíe en función de la localización (ARQUITECTURA, 2016)

RECURSO HÍDRICO: son aquellos medios que se disponen o que pueden usarse para satisfacer una necesidad o demanda, para lograr un objetivo propuesto o para llevar a cabo alguna actividad (*Definición de Recursos hídricos » Concepto en Definición ABC*, 2015).

SISTEMAS DE TRANSPORTE: un sistema de transporte es un conjunto de instalaciones fijas (redes y terminales), entidades de flujo (vehículos) y un sistema de control que permiten movilizar eficientemente personas y bienes, para satisfacer necesidades humanas de movilidad (*Transporte Argentina*, 2007).

SOLIDOS TOTALES: es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (De Zuane and DeZuane, 1997).

SOLIDOS VOLÁTILES: se refieren a pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en agua como un coloide o debido al movimiento del agua.¹ Se utiliza como un indicador de la calidad del agua (*Suspended solids | Grundfos*, 2019).

TRATAMIENTO DE AGUA: es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, fisicoquímico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o

características no deseables en el agua bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener agua con características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades del agua de partido como de su destino final (VENTRAT S.A, 2017).

VULNERABILIDAD: Incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. Por ejemplo, las personas que viven en la planicie son más vulnerables ante las inundaciones que los que viven en lugares más altos ('UNICEF', 2003).

RESUMEN

El desarrollo de las naciones ha estado asociado a la industria de la construcción. El amplio avance en las grandes metrópolis del mundo y su actividad económica se encuentra conjuntamente actuando con el medio ambiente, de ahí su conservación y la importancia que se da al mismo.

El problema ambiental ha tomado relevancia en los últimos años a razón del gran nivel de alteración del ambiente por acción del hombre, dada la carga en los ecosistemas que sobrellevan en términos de población, el agotamiento de los recursos naturales y la industrialización en general. Es por esto, que la industria de la construcción juega un papel importante en el contexto de la sostenibilidad y gestión ambiental, para lo que resulta necesario analizar y mitigar los impactos. En esta investigación se hace un análisis de los cambios que son producto de las diferentes etapas de la construcción de la primera línea de metro en la Ciudad de Bogotá, y específicamente se analiza la temática de recurso hídrico.

Esta investigación se enfocó en la identificación de los impactos ambientales generados sobre cuerpos de aguas tanto superficiales como subterráneos, producto de las distintas prácticas y actividades ejecutadas, que afectan el recurso hídrico ya sea por movimiento de tierras, excavaciones y cualquier tipo de tarea en obra. En efecto estas actividades pueden modificar los flujos y calidad del agua, acciones que repercuten en un principio como en el nivel freático, abatimientos de agua y a futuro con los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento.

De igual manera, esta identificación permitió desarrollar una línea base y posteriormente identificar las medidas de manejo ambiental. De esta manera se logra contrarrestar la incidencia de dichos impactos, logrando la ejecución de obras con un mejor marco de sostenibilidad ambiental, que ofrece mejores herramientas y en cuanto a la toma de decisiones para una adecuada gestión de los cuerpos de agua tanto superficial como subterránea.

INTRODUCCIÓN

Uno de los proyectos más importantes, que daría solución en parte a los problemas de caos en la movilidad de los residentes de Bogotá sin duda alguna es el metro. Durante mucho tiempo se ha querido integrar sistemas de transporte masivo, que descongestionen el flujo de personas en las principales zonas de acopio y en los lugares más transitados por los capitalinos y diferentes residentes de la ciudad, pero ha sido casi imposible.

El metro es catalogado como la nueva estructura más grande del país y su construcción se ha identificado en un primer tramo que inicia en el occidente de la ciudad en el sector de El Corso donde será ubicado el patio taller conectando con la futura prolongación de la Av. Villavicencio, continua hasta el portal de las Américas en donde tomara la avenida Villavicencio hasta la intercepción con la avenida primero de mayo continuando hacia el oriente interceptando la avenida Boyacá, avenida 68 hasta llegar a la NQS donde tomara un giro para continuar sobre la calle 8 sur hasta la intercepción con la calle 1 donde continuara por este eje hasta encontrarse con la avenida caracas para tomarla hasta la calle 72, contara con 16 estaciones donde 10 de ellas contara con accesos al sistema de Transmilenio.

Durante su construcción es importante analizar los impactos ambientales generados por las diferentes fases de la obra, pero sobre todo en este documento se hizo énfasis en los efectos generados sobre el recurso hídrico subterráneo y superficial, teniendo en cuenta el concepto de sostenibilidad ambiental. La evaluación de dichos efectos y su correcto manejo. Con el fin de proporcionar medios de consulta para los que intervienen en los procesos de licenciamiento ambiental, interventorías y seguimiento en obras del proyecto de la construcción del metro. Esto debe contribuir a mejorar la planificación, de tal manera, que se pueda tener acceso a las posibles consecuencias de las obras y minimizar los riesgos y amenazas ambientales en la ejecución de dicha labor. Todo esto, bajo un enfoque de sostenibilidad ambiental garantizando una menor afectación del recurso hídrico.

Este proyecto tuvo como propósito identificar los diferentes impactos ambientales que se pueden generar en los cuerpos de agua, por la construcción del metro, con el propósito de establecer medidas de manejo ambiental que disminuyan la incidencia de tales impactos, contribuyendo así a las realizaciones de obras de infraestructura vial como el metro haciéndolas más seguras y ambientalmente sostenibles.

A continuación, se presenta las secciones que dan conocimiento sobre los principales efectos negativos o impactos ambientales en los cuerpos de agua tanto superficial y subterránea por las distintas fases de obra en la construcción de la primera línea del metro, en la ciudad de Bogotá. Lo anterior con el objetivo de identificar, analizar y disminuir los impactos allí tratados.

La primera sección contiene un diagnóstico de la línea base ambiental de los cuerpos de agua que pueden tener afectación durante la etapa de construcción de la PLMB, tuvo como objetivo el análisis del estado actual de las condiciones hidrológicas y la vulnerabilidad de las principales canales que interceptan el trazado de la primera línea del metro de Bogotá.

La segunda sección contiene una evaluación del impacto ambiental mediante el método de Matriz de Leopold, con el fin de identificar el impacto ambiental inicial de un proyecto en su entorno natural, con base en esta metodología se formuló un plan de manejo ambiental que permita mitigar los impactos ambientales generados por la construcción de la PLMB en el recurso hídrico.

La tercera sección contiene un plan de manejo ambiental, que permite intervenir en las posibles consecuencias, minimizando riesgos y amenazas al recurso hídrico, basadas en medidas como lo son el manejo la prevención, mitigación, control, protección, vigilancia. La forma, el momento y el lugar en donde deben ser aplicadas para mitigar los impactos identificados.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este trabajo fue desarrollado en la universidad católica de Colombia con el grupo de trabajo de semilleros Eco-civil, bajo la supervisión y asesoría de la ingeniera Paula Andrea Villegas González.

Los primeros estudios sobre el metro en la ciudad de Bogotá se inician hace más de 50 años, su primer paso se inicia con los diseños en los años setenta. En la década de los ochenta y noventa el distrito avanza en diferentes estudios de pre-inversión de una línea de metro realizados por sofretu - Ineco – (1981) y JICA (Japan International Cooperation Agency) en el año 1996.

“En el mismo año, el Gobierno y el Distrito implementaron el estudio conceptual del sistema integrado de transporte masivo de la sabana de Bogotá con dimensionamiento urbano, arquitectónico, ambiental y económico, el estudio fue diseñado por las empresas INGETEC – BECHETEL – SYSTRA, quienes presentaron los prediseños y la evaluación económica y ambiental de la primera línea de metro. Dentro de los estudios contratados está el estudio de impacto ambiental y la estructura técnica legal” (Técnica et al., 2018).

Sin embargo, a finales del mismo año la administración distrital decide suspender la ejecución del proyecto, cediendo los recursos del sistema integrado de transporte masivo (SITM), a lo que es hoy es sistema (BRT) Sistema Transmilenio, acuerdo aprobado por el concejo distrital mediante resolución establecida en el año 1999.

Más adelante mediante el decreto 319 de 2006 se logra establecer un requerimiento de un plan de movilidad maestro eficiente orientado a corregir problemas presentes.

“A finales de los noventa, la administración distrital, suspende la ejecución del proyecto, redireccionando los recursos existentes del sistema integrado de transporte masivo, aprobado por el concejo distrital en el acuerdo número 42 de 1999. En 1998 se publica el documento CONPES 2999 la cual presenta una red del metro junto corredores troncales de autobús” (Técnica et al., 2018). En base en el modelo de ordenamiento de la ciudad, el plan maestro de movilidad y el decreto 319 de 2006, se empieza nuevamente en el año 2008 con la idea de la construcción de la primera línea del metro en Bogotá. Así mismo se realiza el diseño conceptual de la red, esto realizado mediante el contrato entre la secretaria de movilidad y la unión temporal GRUPO CONSULTOR PRIMERA LINEA DEL METRO y para el 2009 el decreto 309 adjunta al plan maestro las estrategias de movilidad.

Ya en 2010 el CONPES 3677 presenta un diagnóstico sobre las condiciones de transporte junto con la descripción del grado de avance en la estructuración de cada uno de los proyectos que podrían ser confinados por el Gobierno, en el 2013 se realizaron los estudios

de ingeniería fase II, junto a la ingeniería básica avanzada y estudios de suelos, donde la propuesta presentada fue el desarrollo del diseño y sus respectivos estudios de ingeniería para la primera línea de metro subterráneo.

En el año 2015, por medio de un convenio con el distrito, se contrató un estudio de ingeniería de valor con el fin de revisar diseños y costos en la construcción del metro. Con el cambio de administración en la alcaldía distrital se incluye el plan distrital de desarrollo 2016-2019 “Bogotá mejor para todos” con el programa mejor movilidad para todos compuesto por Transmilenio y metro.

Para la contratación y comienzo de la obra de la primera línea del metro, se planteó como objetivo principal la realización de estudios de ingeniería, por lo cual en febrero de 2016 se ejecuta el estudio comparativo de alternativas de ejecución por secciones y tipologías con reconocimiento y cuantificación de los ahorros que optimizan el proyecto. Se continúa en el año 2017 con la contratación de estudios de estructuración técnica, financiera y legal conjunto a otros estudios complementarios, estos estudios realizados bajo la ejecución de la nueva empresa Metro de Bogotá.

Para la construcción del metro de Bogotá se logró tener en cuenta los diferentes procesos y beneficios que ha traído la implementación de este sistema sobre todo en las ciudades de más desarrollo a nivel mundial, como por ejemplo los cambios positivos en la calidad de vida de las personas, mejoras en la movilidad y el comercio, dejando atrás los numerosos medios de transporte no tan recomendados en los sistemas masivos de transporte como los carros con cable, trenes elevados de vapor y los tranvía. Sin olvidar los aspectos negativos principalmente en la parte ambiental más puntualmente en los cuerpos de agua, tanto superficial como subterránea. Dentro de los aspectos de ingeniería que se consideran relevantes se encontraron los suelos, implicaciones de su construcción subterránea, superficie o aérea, materiales y consumo intermedio material, aplicación de tecnologías y sobre todo el impacto ambiental.

2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema

Se elaboró un análisis del impacto ambiental en cuerpos de agua generado por la construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá, con el fin de formular un plan de manejo que permita mitigar los impactos ambientales. “Cualquiera que sea el alcance de una evaluación de impacto ambiental, esta ha de pasar por una serie de fases además de cumplir las finalidades tales como identificar, predecir, interpretar, prevenir, valorar y comunicar el impacto que la realización de un proyecto acarrea sobre su entorno” (Cot *et al.*, 2007).

“En el territorio colombiano hay 58 litros por kilómetro cuadrado de aguas superficiales, como ríos y lagos. Esta proporción es tres veces mayor que el promedio que se observa en los países suramericanos (21 litros por kilómetro cuadrado) y seis veces mayor que el promedio que se presenta en los países de todo el mundo (10 litros por kilómetro cuadrado)” (REDACCION EL TIEMPO, 1996). Sin embargo, hoy en día muchas comunidades del país padecen de este recurso, debido a su inadecuada distribución, su mal manejo y otros fenómenos causados por el hombre.

Gran parte del Distrito Capital presenta altos excedentes de agua indicando un nivel medio – bajo de extracción del orden del 33,4% de su recarga anual. El sector industrial consume el 70% de la extracción de agua subterránea (Ambiente, 2013).

Cualquier proyecto de desarrollo para mejorar la calidad de vida implica impactos tanto negativos como positivos principalmente al alto grado de riesgo de contaminación de aguas subterráneas en el proceso de excavación ya que es necesariamente conocer cómo se dispondrán los escombros y sobre todo velar porque sean reutilizados y no se conviertan en material de relleno de los humedales de Bogotá.

A nivel mundial existen diferentes modelos y procedimientos para evaluar el impacto sobre el medio ambiente, aunque ninguna de ellas se encuentra totalmente desarrollada. A partir de esta problemática surge la idea de implementar metodologías que permitan minimizar los impactos ocasionados en cuerpos de agua, recurso vital para el desarrollo de la sociedad.

2.2 Formulación del problema.

Como se expresó en la descripción del problema se analizaron las diferentes causas que pueden llegar a tener algún tipo de afectación al recurso hídrico, con el fin de formular un

plan de manejo ambiental que permitan mitigar los impactos ambientales identificados teniendo en cuenta la normatividad nacional y distrital para este tipo de infraestructuras.

El tema que se quiere abordar es de gran importancia debido al aumento en la contaminación de cuerpos de agua, como sabemos el agua es un recurso natural renovable pero no valorado, si bien las aguas subterráneas en Colombia desempeñan un papel fundamental para comunidades que no cuentan con acceso de abastecimiento de agua potable, pues sirve como alternativa para el consumo y para el desarrollo de proyectos agroindustriales, mineros y de hidrocarburos.

Sin embargo, el deterioro por actividades desarrolladas en la superficie hace que la calidad de esta se vea mucho más comprometida que el de las aguas superficiales, pues el tiempo de identificación es mayor y su acceso es muy limitado.

Solo el 60% de la población colombiana recibe agua potable en buenas condiciones, garantizar este recurso es primordial para el desarrollo sostenible, sin embargo, las enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada derivan en muertes, según el instituto nacional de salud (INS) el 71.6% de las muertes en Colombia por enfermedades diarreicas son relacionadas con el consumo de aguas contaminadas. “De acuerdo al DANE, en Colombia aproximadamente el 7.3 por ciento de la mortalidad infantil se atribuye a enfermedades diarreicas (1,450 a 1,820 muertes por año). Se estima del 90% de los casos y de las hospitalizaciones de esta causa, se puede atribuir al agua, al saneamiento y la higiene, es más frecuente en las zonas rurales habitadas por los segmentos más pobres de la población, como es el caso de la población que habita en los departamentos de Chocó, Cauca, Valle del Cauca y Nariño” (de ambiente y desarrollo sostenible, 2012).

Teniendo como objetivo principal realizar un diagnóstico del estado actual de los cuerpos de agua que se vieran afectados por las diferentes fases de construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá, con el fin de formular un plan de manejo ambiental que permita mitigar las amenazas al recurso hídrico para su conservación.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Realizar un análisis de impacto ambiental en cuerpos de agua que puedan tener afectación durante las diferentes fases de construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá.

3.2 Objetivos Específicos

Realizar una línea base ambiental de los cuerpos de agua que puedan tener afectación durante las diferentes fases de construcción del metro en la ciudad de Bogotá.

Hacer la evaluación de impacto ambiental en los cuerpos de agua identificados, utilizando el método de matriz de Leopold, metodología usada a nivel mundial.

Formular un plan de manejo ambiental que permitan mitigar los impactos ambientales identificados.

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

4.1 Alcances

El tiempo en el cual se cumplió con el propósito de este proyecto fue de aproximadamente seis (6) meses durante el periodo 2019-3 a 2020-1, se presenta un informe sobre el diagnóstico inicial con el cual fue observada el estado de los cuerpos de agua y el estado final, se obtuvo el cumplimiento de los objetivos a cabalidad de un mejoramiento en la metodología de preservación de la cantidad y calidad de acuíferos y aguas superficiales, se detectaron las posibles fallas, procesos y métodos mediante las inspecciones.

4.2 Limitaciones

En el presente documento no surgió ningún tipo de afectación en tiempo, ya que no se realizaron solicitudes de prácticas libres en las instalaciones de la universidad, debido a que no se realizaron ensayos de laboratorio, pues se asumió toda la información de entidades contratados por el distrito para el manejo y monitoreos de los cuerpos de agua correspondientes a cada intersección.

Adicional a esto, el proyecto no se vio limitado en tiempo, ya que cada fase se logró alcanzar en un tiempo estimado, tanto en la búsqueda de información como planos de diseño, archivos e información del funcionamiento.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1 ESTADO DEL ARTE.

A continuación, se presenta un contexto general acerca de los impactos ambientales ocasionados por las construcciones y operaciones del metro a nivel mundial relacionada con el trabajo de investigación, cuáles han sido las tendencias y que problemas se siguen tratando o estudiando.

5.1.1 Identificación, evaluación y medidas de manejo para los impactos ambientales generados sobre el recurso hídrico subterráneo por la construcción de túneles.

Señala que durante muchos años se ha pasado por alto la importancia de la problemática ambiental, por los elevados grados de alteración del ambiente por la acción del hombre. Se precisa establecer estudios más concretos en las obras que sean ligados a un licenciamiento ambiental en la ciudad y evaluaciones de impacto ambiental que sean enfocadas en proyectos de infraestructura como el metro en Bogotá; Este documento presenta el impacto ambiental que resulta sobre los recursos hídricos subterráneos o cuerpos de agua, debido al mal accionar del hombre en las construcciones de túneles viales y diferentes fases de obra de construcción del metro. Respondiendo a la solución del complicado problema de movilidad.

Se han realizado distintos estudios, en los cuales se pudieron identificar los principales impactos, que afectan gravemente al recurso agua, en todos y cada uno de los procesos constructivos. Entre los más destacados esta la calidad del agua, abatimiento de aguas, alteraciones y contaminación en el nivel freático. Algo muy importante para recalcar es que las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando estas aguas son contaminadas esta contaminación es más difícil de eliminar; Esto sucede a que las aguas del subsuelo tienen un proceso de renovación mucho más lento, el tiempo de permanencia promedio del agua en los ríos es de pocos días a diferencia de los acuíferos que es de cientos de años lo que hace que el proceso de purificación sea un poco más complejo.

Al realizar los diferentes estudios para la identificación de estos impactos en cuerpos de agua debido a los numerosos procesos constructivos, se establecieron medidas de manejo ambiental más generales que atenúan la incidencia de estos impactos y aportan a la ejecución de obras de infraestructura vial como el metro, un mayor grado de seguridad sostenibilidad ambiental y herramientas de decisión y planeación para un adecuado manejo de los cuerpos de agua.

Es importante contar, con un modelo racional de funcionamiento de aguas subterráneas, que informe sobre diferentes impactos ambientales que se generan al construir un túnel, ya que son varios los factores de impacto a tener en cuenta al momento de la ejecución de los túneles. Entre ellos: alteración en los niveles de agua subterránea, calidad y almacenamiento; el efecto dren causado por el cuerpo de agua subterránea por la extracción de la misma, determinada por las características del proceso constructivo; abatimiento de aguas desencadenada por la despresurización del sistema, haciendo que los nacimientos de las quebradas cambien de su lugar de nacimiento y por último los descensos de nivel freático producidos por la excavación, que generan no solo alteraciones en los cuerpos de agua sino que además ocasiona alteraciones geotécnicas, hidrológicas y ambientales. Se debe analizar con detenimiento este tipo de impactos, sin desestimar, que no solo se encuentran estos efectos si no que existen mucho más. Por medio de este documento se ira nombrando y explicando, tratando de abarcar todos y cada uno de ellos con su debida importancia (Camacho Bernal, 2013).

5.1.2 Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en la ciudad de Yopal, Casanare.

Localizada al noreste del departamento de Casanare, la ciudad de Yopal abarca un área de 2595 km^2 , cuenta con características geográficas únicas, lo que la hace beneficiarse de tres diferentes zonas geográficas (montaña, pie de monte y sabana), lo anterior aporta a la ciudad una gran riqueza en cuanto a la demanda de recursos hídricos para el desarrollo económico y social de las comunidades.

Se opta por realizar un estudio el cual determine el estado de la vulnerabilidad de la contaminación de cuerpos de agua subterráneos, fuente de abastecimiento de gran parte de la ciudad y de actividades industriales, aparte de ser una opción de suministro de agua en el futuro de la ciudad, dada el estado actual de las condiciones sanitarias debido al déficit de agua potable.

Hoy en día, los estudios exploratorios realizados no cuentan con la veracidad de una buena evaluación pues no se puede determinar la cantidad y la calidad del agua, gran parte de los acuíferos están siendo utilizados sin tener en cuenta la contaminación que estas actividades pueden llegar a ocasionar a los cuerpos de agua subterráneos.

Una vez analizados los factores de estudio se determina mediante un mapa los resultados de vulnerabilidad del municipio, observando los porcentajes de vulnerabilidad de los acuíferos.

Los métodos empleados para el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación de aguas subterráneas tienen en cuenta variables relaciones con la naturaleza actual en las zonas evaluadas, cantidad de acumulación de los acuíferos, la topografía, el estado del suelo y las características hidráulicas de las formaciones geológicas relacionados de la zona.

Se establece un método que permite determinar mediante valores que van de 0 a 1, el estado de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación en el que se encuentran actualmente cada formación geológica, valores que van desde una vulnerabilidad baja, a una vulnerabilidad excesiva. Se representan por medio de colores, los rangos obtenidos a la vulnerabilidad en cada zona de estudio establecidos. “La representación de mapas de vulnerabilidad como medida de protección para las aguas subterráneas es tenida en cuenta a nivel mundial”(Peña, Viviana and Pedraza, 2014).

En la ciudad de Yopal se evidencian 17 formaciones rocosas, de las cuales para el estudio se analizaron tres acuíferos generadores y formaciones rocosas permeables de productividad baja analizados mediante el método GOD “Método de Indexación de Parámetros G.O.D planteado por Stephen Foster y Ricardo Hirata hacia el año de 1991. El método contempla el uso de las variables estratégicas G, definidas como la ocurrencia del agua subterránea, O, referente a la Naturaleza Litológica de las formaciones geológicas y D, a la distancia al agua subterránea”(Peña, Viviana and Pedraza, 2014). Se estudian los conos aluviales de los ríos Charate, Cravo Sur y Tocaría, Las demás formaciones no son tenidas en cuenta debido a que se encuentran en un anticlinal y poseen áreas muy pequeñas, producto de esto se obtiene materiales sedimentarios de baja permeabilidad y porosidad lo cual genera muy baja filtración de agua.

La aplicación final del estudio es lograr ser utilizado como un instrumento en la planificación con el fin de salvaguardar los acuíferos ante las diferentes actividades que impliquen su contaminación. La práctica en zonas con alta o extrema vulnerabilidad puede ocasionar a futuro la contaminación de aguas subterráneas. La importancia de realizar estudios de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos subterráneos debe ser tenido en cuenta para el beneficio de los recursos hídricos y ser un factor determinante en la toma de decisiones (Peña, Viviana and Pedraza, 2014).

5.1.3 Retos ambientales y sociales para el metro urbano. Construcción: Un estudio empírico en China.

Debido al acelerado desarrollo de las grandes ciudades del mundo, la necesidad de encontrar una solución a los problemas de movilidad ha hecho que las grandes compañías inversionistas tomen interés en megaproyectos como el metro. Este proyecto facilitaría la vida de todos los ciudadanos, se debe tener en cuenta los impactos negativos que esta gran solución traería, por lo cual se hace necesario identificar cuáles son los impactos ambientales y sociales. Esto con el fin de tratar de reducirlos para no afectar la vida de los ciudadanos durante la construcción.

Con el desarrollo de la economía urbana, el conflicto causado por la congestión se ha vuelto más común de lo normal, la opción de viajar en autos privados conlleva a que se generen muchas congestiones vehiculares al igual que el transporte público. Sumado a

esto la movilidad de motos y ciclas, reducen la eficiencia dentro de una ciudad. Por lo tanto, para buscar una solución a este problema los grandes países en el mundo como China están en proceso de incorporación de sistemas de metro urbano.

“Para diciembre de 2009, diez ciudades, entre ellas Beijing, Shanghái, Guangzhou, Shenzhen y muchas otras, habían construido 31 líneas de transporte ferroviario urbano, que suman 835,5 km”(Demerkov and Verbilo, 2016) .El avance tecnológico y el progreso demográfico desarrollado en China han elevado las demandas en sistemas de metro, por lo cual ayudo a que este sistema se extendiera más rápido en las grandes ciudades, “Se espera que las líneas de metro en China crezcan de 48 en 2010, a 96 en 2015 y 289 en 2050”(Demerkov and Verbilo, 2016).

El sistema de metro juega un papel muy importante en el desarrollo de una ciudad urbana, ya que en muchas ciudades es la solución óptima para lograr una movilidad sostenible para el crecimiento de esta. Se observa que el número de habitantes en las ciudades crece de una manera exponencial y rápida, por tal motivo se debe pensar en cómo afrontar los percances de movilidad a futuro. La construcción del metro traerá muchos beneficios entre ellos se encuentra la reducción en la congestión vehicular, aumento en los valores de las propiedades y desarrollo urbano; aunque, así como trae beneficios también acarrea contras en el medio ambiente y la sociedad; perturbaciones en la vida cotidiana de los barrios aledaños al metro e impactos ambientales sobre todo en los cuerpos de agua.

Actualmente existen muchas publicaciones e investigaciones sobre el impacto de los procesos para la construcción del metro, algunas de ellas buscan las debilidades o los desafíos en los países en desarrollo como China, donde el sitio de construcción del metro se encuentra en la zona de más comercio y negocios. La construcción ocasionó embotellamientos en el tráfico vehicular, provocó una influencia negativa en las tiendas que estaban alrededor de la zona de construcción del metro y causo dificultades en los residentes, el estrés que genera el ruido por la maquinaria, la polución de los materiales volátiles y cientos de factores negativos.

Los resultados de los estudios en el proyecto de metro en china se presentan para comprender más a fondo los impactos cuantitativos en la contaminación ambiental y social en el sitio del proyecto, a fin se dan recomendaciones para guiar a los gobiernos a como exigir a las empresas contratistas un plan sobre el manejo de los impactos ambientales y sociales (Demerkov and Verbilo, 2016).

5.1.4 El gran impacto del Metro.

Esta investigación analiza y compara las debilidades y fortalezas que tiene la implementación de las líneas de trenes ligeros y metros, tomando la ciudad de Santiago de Chile como referente en la construcción de la nueva línea planificada para la urbe.

El crecimiento excesivo de las ciudades exige corredores viales confortables y rápidos en los desplazamientos, ciudades que cuentan con un crecimiento favorable de sistemas de transporte masivo tienen incidencia del más “del 50% en trenes ligeros y metros, y ven en el transporte convencional (buses) una alternativa poco acogedora” (Grange and De, 2010).

“Un caso interesante de mencionar es el plan de transporte urbano de San Pablo en Brasil, proyectado para el año 2020. El denominado PITU 2020 considera una inversión de US\$ 22 mil millones en 284 kilómetros de Metro, US\$ 900 millones en un tren al aeropuerto y US\$ 1.300 millones en ferrocarriles suburbanos. Es decir, del total de US\$ 24 mil millones de dólares presupuestados, un 92% será destinado a nuevas líneas de Metro, y el resto en tecnologías similares para sectores periféricos de la ciudad”(Grange and De, 2010). Brasil es uno de los principales productores de buses a nivel mundial y aun así se ha enfocado en la construcción de nuevas líneas de metro en la ciudad de Sao Pablo, debido a las grandes ventajas de este sistema de transporte en las grandes urbes.

La investigación realizada por autores Como Smith y Gihring señala que la inversión inicial de las líneas de metros y/o trenes ligeros en su proceso constructivo demanda inversiones altas para las ciudades, pero que este gasto inicial es compensado con factores como valorización de los predios aledaños a estos sistemas, beneficio en tiempos de desplazamiento para los usuarios, reducción de emisiones de CO2 lo que conlleva a múltiples beneficios para los habitantes de las urbes, entre otros beneficios que se ven luego de la implementación de este tipo de transporte en las ciudades.

En síntesis, las líneas de trenes ligeros y metros benefician a las urbes luego de su implementación y sería una estrategia acertada que podría ser utilizada en la ciudad de Bogotá (Grange and De, 2010).

5.1.5 Sistema de gestión ambiental de metro de Madrid.

Toda actividad humana conlleva una serie de problemas en el entorno que rodea los gobiernos y entidades privadas juegan un papel crucial para limitar el daño y preservar los recursos. La preocupación del metro de Madrid por el respeto ambiental data desde tiempo atrás puesto que desde los años 80 se viene realizando acciones e inversiones para minimizar el impacto sobre el entorno.

El metro de Madrid se convirtió en el año 2005 en un ejemplo a seguir al ser el primero en los grandes metros del mundo en implementar un sistema de gestión ambiental aplicable a toda su actividad y certificado bajo la norma ISO 14001, este sistema de gestión ambiental fue diseñado teniendo en cuenta una perspectiva transversal no departamental, concibiéndolo como parte integral de la actividad principal del metro.

Así pues, sus objetivos principales han ido evolucionando, siendo en la actualidad prioritaria no solo con la minimización del impacto, la optimización del uso de recursos, la mejora del mecanismo de sistema, sino también con el fomento de valores ambientales.

Los roles del sistema también han ido creciendo dando lugar, con el paso del tiempo, a figuras fundamentales al margen del Responsable del Sistema de Gestión y del Director del Sistema, como son los Responsables de Procesos y el Equipo Responsable del Sistema, y sustituyendo el antiguo Comité de Medio Ambiente por el Comité de Seguimiento Ambiental y por Grupos de Trabajo Interdepartamentales específicos en función de las necesidades del momento, haciendo partícipes de la toma de decisiones a todos los departamentos afectados. También ha evolucionado la metodología.

La preocupación de Metro de Madrid por el respeto ambiental no es algo reciente, puesto que desde los años 80 se vienen realizando acciones e inversiones para minimizar el impacto sobre el entorno, entre las que se encuentran la construcción de la depuradora de aguas industriales en los Talleres Centrales de Canillejas, la planificación e implantación de recicladoras de agua en los túneles de lavado y soplado de trenes y la construcción de puntos limpios intermedios y finales en los recintos de mantenimiento. A pesar de las dificultades que puede suponer para una compañía la dimensión en cuanto a número de trabajadores y de instalaciones, la dispersión geográfica de los centros de trabajo, la antigüedad de las instalaciones y el grado de externalización de actividades, Metro de Madrid se convirtió en el año 2005 en líder en el sector al ser el primero de los grandes Metros del mundo en implantar un Sistema de Gestión Ambiental aplicable a toda su actividad y certificado bajo la norma ISO 14001:2004. El sistema ha ido evolucionando desde entonces al ritmo de crecimiento de la compañía dando respuesta a las necesidades y expectativas de sus grupos de interés en cada momento, hasta conseguir la certificación en base a la nueva norma ISO 14001:2015 en octubre de 2017(Anual, 2016).

6. MARCO LEGAL.

A continuación, se presentan las normativas nacionales y distritales vigentes establecidas para la construcción de proyectos públicos que abarquen toda la extensión del territorio colombiano.

6.1 Normativa nacional.

La Tabla 1. Normatividad nacional ambiental vigente aplicada al proyecto. Describe la normatividad ambiental vigente que debe ser aplicada a proyectos de infraestructura en el territorio colombiano.

Tabla 1. Normatividad nacional ambiental vigente aplicada al proyecto.

Nº	Norma técnica			Temática
	Entidad emisora	Identificación	Título	
1	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 3930 de 2010 compilado por el decreto 1076 de 2015	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.	Vertimientos
2	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 631 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.	Vertimientos
3	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas	Vertimientos
4	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 273 de 1997	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Vertimientos
5	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 2667 de 2012.	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.	Vertimientos
5	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 372 de 1998	Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones	Vertimientos
6	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Vertimientos

Continuación Tabla 1.

7	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 4741 de 2005 compilado por el Decreto 1076 de 2015	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.	Vertimientos
8	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 472 de 2017	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones.	Residuos de manejo especial
9	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 0886 de 2004	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones.	Residuos Sólidos
10	Presidencia de la República	Decreto 1640 de 2012 compilado en el Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones	Cuencas hidrográficas
11	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Medio ambiente y recursos naturales renovables
12	Congreso de la República	Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua	Uso eficiente de agua
13	Congreso de la República	Ley 599 de 2000	Por el cual se expide el código Penal	Delitos contra el Medio Ambiente
14	Congreso de la República	Ley 1259 de 2008	Ley 1259 de 2008	Comparendo ambiental
15	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 2245 de 2017	Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas	Rondas hídricas

Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

6.2 Normatividad distrital.

La Tabla 2. Normatividad distrital ambiental vigente aplicada al proyecto. Describe la legislación asociada a proyectos de infraestructura a nivel distrital, las cuales sustentan las actividades a ejecutarse durante el proyecto.

Tabla 2. Normatividad distrital ambiental vigente aplicada al proyecto.

Nº	Norma técnica			Temática
	Entidad emisora	Identificación	Título	
1	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 1885 de 2015	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital	Vertimientos
2	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 3956 de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital".	Vertimientos
3	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 3957 de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital.	Vertimientos
4	Departamento Administrativo del Medio Ambiente	Resolución 1391 de 2003	Por la cual se establecen los formatos de solicitud de trámites administrativos ambientales y los formatos que apoyan el proceso de contratación	Permisos
5	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución 415 de 1998	En ella el Ministerio establece los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para ello.	Residuos
5	DAMA	Resolución Distrital 1188 de 2003	Prohíbe los vertimientos de aceites usados y demás materiales a las redes de alcantarillado o su disposición directamente sobre el suelo y en caso de que en la obra se generen este tipo de residuos se deberán entregar a entidades autorizadas por el DAMA para la recepción y tratamiento de estos residuos.	Residuos
6	Concejo Distrital	Acuerdo 19 de 1996	Se adopta el estatuto general de protección Ambiental del Distrito Capital	Manejo de Recursos naturales
7	Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos	Resolución 132 de 2004Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos	Se adopta el Plan de Gestión integral de residuos sólidos de Bogotá.	Residuos
8	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	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.	Residuos de manejo especial
9	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Resolución 715 de 2013	Por medio de la cual se modifica la Resolución 1115 de 2012.	Residuos
10	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Resolución 932 de 2015	"Por la cual se Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de 2012."	Residuos
11	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 586 de 2015	"Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C.".	Residuos

Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

7. METODOLOGÍA

Para abordar el problema planteado en el presente trabajo de investigación, se estructuró la siguiente estrategia que ayudó a desarrollar las actividades que conllevan al éxito de culminar el producto final.

7.1 Fase I. Diagnóstico línea base ambiental de los cuerpos de agua.

Se realizó un análisis de la condición hidrogeológica actual y la vulnerabilidad de los acuíferos en la ciudad de Bogotá, se identificó y se realizó un diagnóstico de los diferentes cuerpos de agua que pueden llegar a ser afectados por la construcción de la PLMB. Se efectuó una encuesta donde se analizó la percepción que tienen algunos profesores de la Universidad Católica sobre el impacto en cuerpos de agua. Se identificó la demanda de cuerpos de agua subterráneas y superficiales de las zonas donde se espera sea construida la primera línea del metro. Se construyó la línea base tomando como referencia la elaborada por la empresa metro (Técnica *et al.*, 2018).

Inicialmente se realizó la identificación del trazado por el cual se movilizará el sistema de transporte, identificando así las intersecciones de los cuerpos de agua que se pueden ver afectados por la ejecución y operación del sistema, se analizaron los monitoreos de aguas superficiales realizando el diagnóstico ambiental.

7.2 Fase II. Evaluación impacto ambiental mediante Matriz de Leopold.

Se Investigó la metodología con la cual se evaluó el impacto ambiental generado en los cuerpos de agua por la construcción de la primera línea del metro. Para ello se implementó la metodología de evaluación de impacto de Leopold. “Utilizada para identificar el impacto inicial de un proyecto en su entorno natural”(Leopold, B. Clarke, F. Hanshaw, B. Balsley, 1971). Con base en la metodología se propuso formular un plan de manejo ambiental que permita reducir los impactos ambientales generados por la construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá, en el componente de recurso hídrico.

7.3 Fase III. Plan de manejo ambiental.

Se determinó una correcta planificación en la ejecución y desarrollo de la obra, que permita intervenir en las posibles consecuencias, minimizando riesgos y amenazas ambientales en aguas subterráneas. Se estableció un esquema lógico del funcionamiento del agua subterránea por la línea del metro, para registrar los cambios menores y mayores de los cuerpos de agua.

Adicionalmente se presenta el Plan de Manejo Ambiental, que se basa para su formulación, en la identificación y evaluación de los impactos ambientales generados por la construcción de la primera línea del metro.

“Este plan se basa en medidas que pueden ser de manejo, prevención, mitigación, control, protección, vigilancia o compensación, y la forma, momento y lugar donde deben ser aplicadas, para controlar los impactos identificados” (Grupo Epm, 2007).

El Plan de Manejo Ambiental consta de dos partes: en la primera se define la estructura que deberá garantizar el cumplimiento de los programas y proyectos que conforman el Plan, que es el segundo componente”(Grupo Epm, 2007).

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

A continuación, se presenta la estrategia establecida para el proceso de evaluación inicial de los diferentes cuerpos de agua, con el fin de identificar los impactos ambientales que ocasiona el proyecto en su entorno si este es llevado a cabo.

8.1 Metodología matriz de Leopold.

Para el desarrollo de este documento se llevó a cabo la metodología de evaluación de impacto ambiental conocida como Matriz de Leopold.

Fue el primer método que permitió establecer las evaluaciones de impacto ambiental, básicamente es un sistema de información. Inicialmente utilizado como un elemento guía de informes y evaluaciones de impactos ambientales para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos.

La base de este método se fundamenta en una matriz cuyas columnas son acciones propias del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las filas son características ambientales del medio que pueden tener afectaciones.

Este sistema consiste en evaluar de forma cualitativa el impacto ambiental generado en un proyecto en su estado natural, mediante una serie de listados los cuales utilizan información sobre la relacionan causa- efecto entre las actividades que se desarrollan durante el proyecto y su posible efecto en factores ambientales.

“En las legislaciones ambientales del mundo se exigen estudios de impacto ambiental para aprobar proyectos de diversas índoles, como la construcción de carreteras, desarrollos urbanos, plantas industriales, minería, petróleo o cualquier actividad susceptible de afectar el ambiente”(Luna Bergere Leopold, Frank Eldridge Clarke, Bruce B. Hanshaw, 1971).

Permite inicialmente una aproximación holística de los posibles impactos ambientales generados en un proyecto.

La matriz consiste en un sistema donde las columnas representan los factores ambientales que se realizan durante el proyecto y que pueden llegar a tener afectación por cada acción.

En las filas se relacionan las diferentes actividades que se ejecutan en el proyecto a ejecutar, las celdas formadas por las intersecciones entre ambas indica dos valores, la primera indica la magnitud de -10 a +10 y en el segundo caso se indica la importancia de 1 a 10 del impacto ambiental según la actividad ejecutada.

En las columnas finales se determina el total de número de afectaciones tanto positivas como negativas, así como el impacto generado para cada factor ambiental. De igual manera se ingresan las afectaciones positivas, negativas y el impacto de cada acción en las últimas filas.

Por último, se ingresa el resultado de la suma total de los impactos generados tanto de las acciones como de los factores que lo ocasionan, estas cifras deben tener una relación idéntica las cuales determinan el nivel y el tipo de impacto ya sea positivo o negativo.

Tabla 3. Matriz de interacción entre los factores ambientales y las acciones.

Factores Ambientales	ACCIONES						Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregado de Impacto
	Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción 4	Acción 5	Acción 6			
Factor 1		-5		-8			0	2	
Factor 2	+6	+7		+4		+4	2	1	
Factor 3	+9		-9	+10		+5	0	1	
Factor 4	-5		+4		+8		1	1	
Factor 5	+2	+4		+5	-10		1	1	
Afectaciones positivas	1	1	0	0	1	1	COMPROBACIÓN		
Afectaciones negativas	1	1	1	3	0	0			
Agregado de Impacto									

Fuente:(Violeta, 2019).

Para el cálculo del valor de impacto en la matriz de Leopold, dentro de este método se sugieren 88 factores ambientales y 100 acciones posibles, por lo tanto, los impactos a evaluar son del orden de 8.800.

Dependiendo de la magnitud y las características del proyecto, el investigador selecciona a consideración los posibles factores ambientales y acciones, cuando la relación entre un factor ambiental y una acción es notable, se realiza un trazado diagonal en la celda.

Las variaciones del valor de la magnitud del impacto se evalúan en un rango de +1 hasta +10 si dicho impacto es positivo, si el impacto es evaluado como negativo se considera un rango de -1 hasta -10.

Cada celda tendrá un único valor ya sea positivo como negativo, producto de la multiplicación de la magnitud por la importancia, el resultado final será el valor y signo del impacto ocasionado entre un factor ambiental y una acción.

Por último, se suma todos los valores totales de los factores ambientales y acciones, estos deben coincidir, si por el contrario el valor final es negativo, se concluye que el impacto generado por el proyecto afecta negativamente el ambiente.

Los resultados obtenidos en la aplicación de este método se pueden analizar mediante los siguientes métodos:

- Análisis estadístico:

Para este método se calcula la media y la desviación estándar para la suma tanto de las filas como de las columnas, cualquier celda cuyo valor sea mayor al valor de la desviación estándar como de la moda se considera un factor que afecta el ambiente.

Aquella acción o factor específica del proyecto debe ser considerada al momento de proponer medidas de prevención o mitigación.

- Análisis gráfico:

Este método considera graficar los valores obtenidos en un plano cartesiano, obteniendo un gráfico de nubes de puntos, donde se analiza la concentración de puntos se puede concluir si el impacto es negativo o positivo.

Dentro de las ventajas de la utilización de este método las más relevantes son:

- ✓ Se considera un método muy útil debido a su aproximación, a partir de sus resultados se puede aplicar métodos más complejos.
- ✓ Es un método que se puede emplear en todo tipo de proyectos que estén involucrados con afectaciones ambientales.
- ✓ Se considera una metodología muy aplicable debido a su bajo costo.

9. DIAGNOSTICO LÍNEA BASE AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA.

A continuación se identifican las áreas de influencia del proyecto, su localización, el estado actual de los cuerpos de agua, la hidrología y su calidad.

9.1 Estructuración técnica del tramo 1 de la primera línea del metro de Bogotá.

9.1.1 Descripción del proyecto.

El proyecto de la PLMB (Primera Línea de Metro de Bogotá) consiste inicialmente en un metro en su totalidad elevado y cuyo principal objetivo es mejorar la creciente demanda de movilidad de los habitantes de la capital del país.

“La PLMB hace parte de los Proyectos de Interés Nacional Estratégico, declarado como tal el pasado 30 de mayo de 2017 y su objetivo es generar el desarrollo integral de la movilidad de la Región Capital Bogotá, mediante un Sistema Integrado de Transporte Masivo” (Técnica *et al.*, 2018).

La PLMB facilitará de forma significativa la movilidad de los habitantes del suroeste de la capital al centro del país de una forma rápida y cómoda, de igual manera permitirá el acceso a otras líneas del sistema BRT (Bus Rapid Transit).

Este proyecto contará con diferentes fases, la primera con aproximadamente 23.86 km de longitud y 16 estaciones, la primera estación se localiza en la futura Av. Longitudinal de occidente (Alo). Por su parte la última estación de este tramo se localiza en la calle 72 con Av. Caracas en el oriente de la ciudad.

Las fases siguientes serán posibles extensiones del primer tramo hacia el norte proyectado para los años 2030 y 2050, según lo determinen las correspondientes entidades del distrito.

9.1.2 Localización.

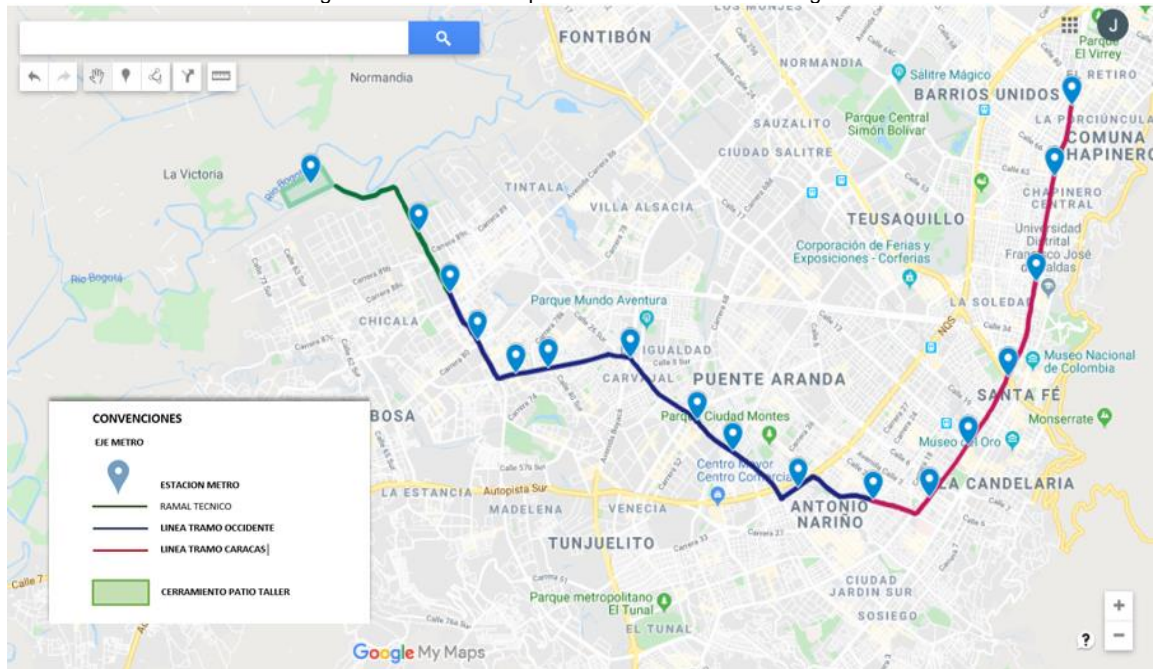
El proyecto de estructuración técnica del tramo 1 de la PLMB, se localiza en la ciudad de Bogotá iniciando en la localidad de Bosa y finalizando en la localidad de Chapinero, contará con una longitud total de 23.86 km y en su mayoría el trazado será elevado.

Este proyecto recorre 9 localidades de la ciudad como lo son Bosa, Teusaquillo, Chapinero, Mártires, Barrios Unidos, Kennedy, Puente Aranda, Antonio Nariño y Santa Fe. Serán implementadas 16 estaciones a lo largo del tramo de las cuales 9 de estas contarán con acceso al sistema de Transmilenio.

Por su parte la localización del patio taller será ubicada en el Predio El Corzo-Bogotá, paralela al tramo elevado o viaducto ferroviario denominado Ramal Técnico de conexión.

Este tramo irá desde el portal de las américas hasta la avenida caracas, a lo largo de la Av. Villavicencio- Av. Primero de mayo y calle 1, por donde tomará sentido hacia el norte hasta la calle 72 y por último un tramo de retorno en la calle 76. De igual forma se tiene previsto la prolongación de la PLMB al igual que futuros tramos.

Figura 3. Trazado de la primera línea del metro de Bogotá.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

La Figura 3. Trazado de la primera línea del metro de Bogotá. Hace referencia al trazado de la PLMB, así como sus 16 estaciones adecuadas a lo largo del proyecto.

9.1.3 Hidrología superficial y calidad de las aguas superficiales.

La ciudad Bogotá se encuentra delimitada principalmente por tres Fuentes hídricas importantes y a su vez se dividen en tres cuencas de drenaje como lo son: Salitre, Fucha y Tunjuelo. Cada una de las anteriores con diferentes aspectos antrópicos debido al desarrollo urbano, se puede deducir que estas fuentes presentan alto grado de contaminación producto de aguas residuales domésticas y/o industriales.

El trazado de la PLMB interfiere canales, conectores e interceptores como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Identificación de los diferentes cuerpos de agua.

No	Nombre de la red	Localización	Tipo de drenaje
1	Canal Cundinamarca	Av. Ciudad Villavicencio (AC 43 S) con KR 100	Permanente
2	Canal Tintal II	Av. Ciudad Villavicencio (AC 43 S) desde Av. Ciudad de Cali (AK 86) hasta KR 100	Intermitente
3	Canal Río Seco	Av. Primera de Mayo con KR 51	Permanente
4	Canal Albina	Av. Primera de Mayo con KR 39	Permanente
5	Canal Río Fucha	CL 12A S desde Av. Jorge Gaitán Cortés (KR 30) hasta Av. Ciudad de Quito (NQS)	Permanente
6	Canal Arzobispo	Av. Caracas con DG 40A Bis	Permanente
7	Colector Pastrana Tramo 1	Av. Ciudad Villavicencio (AC 43 S) desde Av. Primera de Mayo hasta KR 80D	Intermitente
8	Colector Pastrana Tramo 2	Av. Primera de Mayo desde CL 38B S hasta Av. Ciudad Villavicencio (AC 43 S)	Intermitente
9	Interceptor Qda. Las Lajas	Av. de la Hortua (CL 1) desde KR 13A hasta KR 18	Permanente
10	Colector Calle 3	Av. Caracas con CL 3	Permanente
11	Interceptor Comuneros	Av. Caracas con Av. Los Comuneros (CL 6)	Permanente
12	Colector Calle 22	Av. Caracas con CL 22	Permanente
13	Colector Galerías	Av. Caracas con CL 55	Permanente
14	Colector Sears	Av. Caracas con CL 59	Permanente

RESUMEN EJECUTIVO
REV. 4, 04-06-2019
ETPLMB-ET19-L16.1-ITE-I-0001_R4



Fuente: (Técnica *et al.*, 2018).

La Tabla 4. Identificación de los diferentes cuerpos de agua. Identifica los diferentes cuerpos de agua que pueden llegar a ser afectados por la intervención de la PLMB, su localización y el tipo de drenaje que poseen.

Teniendo en cuenta el trazado por el cual se construirá el proyecto la empresa K2 ingeniería S.A.S realizó el monitoreo de los cruces con sistemas de acueductos que se localizan dentro de las cuencas mencionadas anteriormente, se logró clasificar los cuerpos de agua como intermitentes (aportes de cuencas urbanas) o permanentes (aportes de cuencas rurales y de cuencas urbanas), en la mayoría de los conectores que interceptan el trazado se evidencian drenajes permanentes importantes a la hora de realizar la evaluación del impacto ambiental.

9.1.4 Hidrogeología y calidad del agua subterránea.

El análisis hidrogeológico de la primera línea del metro de Bogotá hace referencia a la descripción de los tipos de acuífero que se pueden ver afectados por la construcción de la

PLMB, así como la identificación de las zonas de recarga y descarga, las direcciones de flujo los niveles piezómetros a lo largo del trazado de la PLMB y la vulnerabilidad de estos acuíferos a la contaminación por su construcción y operación.

“Para determinar los niveles piezométricos se instalaron quince (15) piezómetros a lo largo de la PLMB y el en área del patio taller. Los resultados de las mediciones indican que las variaciones de los niveles freáticos en los piezómetros no son tan significativos. En diez (10) piezómetros se registró la recuperación del nivel freático, con valores comprendidos entre 0,10 y 3,10 m; en cuatro (4) piezómetros se registró un descenso del nivel freático, con valores comprendidos entre -0,10 y -1,10 m y tan sólo en un piezómetro, el nivel freático se mantuvo prácticamente constante. Se puede establecer, por tanto, que en un 66,7% de los sitios observados, el nivel freático se recuperó, en un 26,7% el nivel freático descendió y en 0,6% el nivel freático se mantuvo constante” (Técnica *et al.*, 2018).

Se determina que los indicadores del nivel freático no afectan la superficie del terreno a lo largo del trazado de la primera línea del metro de Bogotá, se establece que a lo largo de la PLMB no se evidencian pozos saltantes o artesianos, este estudio fue realizado bajo información hidrogeológica de la sabana de Bogotá la cual incluye información de los acuíferos, descripciones de las zonas de recarga y descarga, características hidrogeoquímicas del agua subterránea.

Por su parte en cuanto al monitoreo de la calidad del agua subterránea, se establecieron diferentes puntos de muestreo a partir de la identificación de los tipos de acuíferos, sitios con formaciones geológicas con mayor potencial de permeabilidad, áreas con mayor capacidad de infiltración y niveles freáticos superficiales (mayores 20 m) a lo largo del área de influencia del proyecto. Un total de 14 puntos fueron seleccionados para llevar a cabo estos monitoreos, se establecieron 12 a lo largo del trazado de la PLMB y dos más en el lugar donde será constituido el patio taller. Tanto los ensayos realizados in situ como las mediciones y análisis de laboratorio se basaron en métodos aplicados por el “Standard Methods for examination of water and wastewater - AWWA, APHA, WEF” y la EPA.

Los resultados del análisis físico-químico de las aguas subterráneas indican que el nitrógeno total se encuentra dentro de los valores permisibles establecidos en el Decreto 1076 de 2015, en cuanto a los sólidos disueltos, las mayores concentraciones se presentaron en los puntos de muestreo en la Av. Villavicencio – Primera de Mayo (685 mg/l), Av. 68 (680 mg/l) y Patio Taller (588 mg/l), de acuerdo a los resultados de tal parámetro, las aguas se clasifican como aguas dulces por presentar valores menores a 1000 mg/l. Para las mediciones de coliformes fecales, de acuerdo con la normatividad colombiana se establece como límite máximo permisible 2.000 NMP/100 ml, por lo tanto, las mediciones realizadas a lo largo del corredor se encuentran en los niveles mínimos frente a la norma. No obstante, es posible evidenciar contaminación por coliformes totales y fecales en los puntos PLMB-PT-03 y PT-PLMB-02 (Patio Taller) al registrar valores de coliformes totales

y fecales, superiores a los niveles aceptados en los Artículos 2.2.3.3.9.3. y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076/2015.

9.2. Estudios realizados a los diferentes cuerpos de agua.

En este capítulo se relacionan los principales cuerpos de agua que pueden tener algún tipo de afectación durante la etapa de construcción y operación de la PLMB. Se analiza los monitoreos que se ejecutaron para hacer un diagnóstico del estado actual de los cuerpos de agua como su calidad, concentración de DBO, DQO, obteniendo un criterio del estado actual para cada uno de los cuerpos de agua.

Atendiendo a la calidad de agua superficial la empresa de laboratorio K2 S.A.S acreditado ante el IDEAM efectuó las diferentes campañas de monitoreos puntuales aguas arriba como aguas abajo en cada fuente hídrica registrada a lo largo de la PLMB: Canal arzobispo, Canal Tintal II, Canal Cundinamarca, Canal Rio Fucha, Canal Rio Seco y Canal Albina, donde se incluyen diferentes aspectos mínimos requeridos establecidos por el Decreto 1076 de 2015.

Los procedimientos utilizados para registrar las mediciones in situ y análisis de resultados fueron basados en el “Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WEF”.

Tabla 5. Resultados monitoreos fisicoquímico del agua.

Componente		2010128-01	2010128-02	2010128-03	2010128-04	2010128-05	2010128-06	2010128-07	2010128-08	2010128-09	2010128-10	2010128-11	2010128-12	D.1076/2015	
Parámetro	Unidades	Canal Cundinamarca aguas arriba	Canal Cundinamarca aguas abajo	Canal Tintal II aguas arriba	Canal Tintal II aguas abajo	Canal rio Seco aguas arriba	Canal rio Seco aguas abajo	Canal rio Fucha aguas arriba	Canal rio Fucha aguas abajo	Canal Arzobispo aguas arriba	Canal Arzobispo aguas abajo	Canal Albina aguas arriba	Canal Albina aguas abajo	Art. 2.2.3.3.9.3	Art. 2.2.3.3.9.4
Oxígeno disuelto	mg/L	0	0,3	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0	0	NR	NR
PH	Unidades	7,16	7,1	7,46	7,5	9,49	9,31	8,15	7,7	8,06	8,1	8,35	8,34	5,0 - 9,0	6,5-8,5
Temperatura del agua	°C	19,369	20,2	17,67	19,6	17,98	16,91	12,82	10,45	12,82	12,32	16	15,7	NR	NR
Temperatura del ambiente	°C	24	26	26	26	22	22	15	19	15	15	19	19	NR	NR
Conductividad	µS/cm	1083	886	1077	1065	729,8	729,8	273,1	109,4	214,3	225,1	923,1	920,2	NR	NR
Caudal	L/s	125	9	8	11	NM	NM	2240	NM	32	NM	83	NM	NR	NR
Sólidos sedimentables	mg/L	0,2	<0,1	0,3	<0,1	0,1	0,1	1	0,3	0,5	0,5	1,5	1,5	NR	NR
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	26,4	14,9	33,9	26,4	11,5	12,1	19,5	3,39	<3	16,6	28,8	30,9	NR	NR
DBO	mg/L	70,5	16,5	272	179	69,3	12,3	39	19,1	<5	8,49	57,4	61,2	NR	NR
DQO	mg/L	162	35,8	380	360	150	37,2	100	50,1	<30	33,5	158,2	194,2	NR	NR
Fósforo total	mg/L	1,77	1,22	2,57	2,15	1,08	1,05	0,083	<0,07	0,074	0,09	0,122	0,144	NR	NR
Grasas y aceites	mg/L	3,39	0,541	24,3	14,3	2,23	3,04	16,9	6,81	3,58	13,8	74,5	83,5	No se acepta película visible de grasas	No se acepta película visible de grasas
Hidrocarburos totales	mg/L	2,75	<0,2	3,52	2,36	1,62	1,24	3,21	2,04	3,09	3,52	7,94	9,64	NR	NR
Sólidos disueltos	mg/L	440	406,7	445	439,3	404,8	406,6	154	83	129,3	124	433,3	410	NR	NR
Sólidos suspendidos	mg/L	164	36,7	42	29,3	20	20,9	40	47	26	31,3	135,6	142	NR	NR
Tensoactivos	mg/L	3,98	<0,25	9,09	5,36	2,54	2,51	2	1,4	<0,25	0,81	13,46	11,47	0,5	0,5
Turbiedad	NTU	150	76	82,7	69,6	21,7	23,1	68,9	63,8	38,7	41,2	195	206	NR	190

Fuente: (Técnica, Tramo, Etplmb-et-I, *et al.*, 2019).

La Tabla 5. Resultados monitoreos fisicoquímico del agua. “Los resultados obtenidos evidencian que, en la mayoría de los puntos monitoreados, la calidad del agua en términos

de concentración de DBO5 y DQO3 se clasifican entre contaminada (DQO mayor de 40 mg/l y menor o igual a 200 mg/l DBO5 mayor de 30 mg/L y menor o igual 120 mg/L) y fuertemente contaminada (DQO mayor de 200 mg/L y DBO5 mayor de 120 mg/L)” (Técnica, Tramo, Etplmb-et-I, *et al.*, 2019).

Siendo esto un factor determinante, pues el Decreto 1076 de 2015 establece que un valor mínimo de la demanda bioquímica de oxígeno DBO

Tabla 6. Calidad del agua de acuerdo con las concentraciones de DBO₅ y DQO.

Concentración de DQO	Concentración de DBO ₅	Criterio	Descripción
Menor o igual a 10 mg/L	Menor o igual a 3 mg/L	Excelente	No contaminada
Mayor a 10 mg/L y menor o igual a 20 mg/L	Mayor a 3 mg/L y menor o igual a 6 mg/L	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
Mayor a 20 mg/L y menor o igual a 40 mg/L	Mayor a 6 mg/L y menor o igual a 30 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descarga de aguas residuales tratadas biológicamente
Mayor de 40 mg/L y menor o igual a 200 mg/L	Mayor de 30 mg/L y menor o igual a 120 mg/L	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
Mayor a 200 mg/L	Mayor a 120 mg/L	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales

Fuente: (Técnica, Tramo, Etplmb-et-I, *et al.*, 2019).

La Tabla 6. Calidad del agua de acuerdo con las concentraciones de DBO₅ y DQO. El índice de Calidad de Agua (ICA) clasifica, para la mayoría de los puntos monitoreados, la calidad del agua como mala. Ocasionado por la ausencia de oxígeno disuelto que se requiere para oxidar la materia orgánica, la cual crea condiciones de putrefacción, las descargas domésticas e industriales en los cuerpos de agua reducen por la acción microbiana el índice de oxígeno disuelto generando afectaciones a los ecosistemas. En este sentido, atendiendo a los resultados obtenidos se evidencia un alto grado de contaminación en los cuerpos hídricos ubicados a lo largo de la PLMB.

Tabla 7. Clasificación de cada uno de los cuerpos hídricos.

Punto Muestreo	Criterio para DQO	Criterio para DBO ₅
Canal Cundinamarca aguas arriba	Contaminada	Contaminada
Canal Cundinamarca aguas abajo	Aceptable	Aceptable
Canal Tintal II aguas arriba	Fuertemente Contaminadas	Fuertemente contaminada
Canal Tintal II aguas abajo	Fuertemente Contaminadas	Fuertemente contaminada
Canal rio Seco aguas arriba	Contaminada	Contaminada
Canal rio Seco aguas abajo	Aceptable	Contaminada
Canal rio Fucha aguas arriba	Contaminada	Contaminada
Canal rio Fucha aguas abajo	Contaminada	Aceptable
Canal Arzobispo aguas arriba	Aceptable	Aceptable
Canal Arzobispo aguas abajo	Aceptable	Aceptable
Canal Albina aguas arriba	Contaminada	Contaminada
Canal Albina aguas abajo	Contaminada	Contaminada

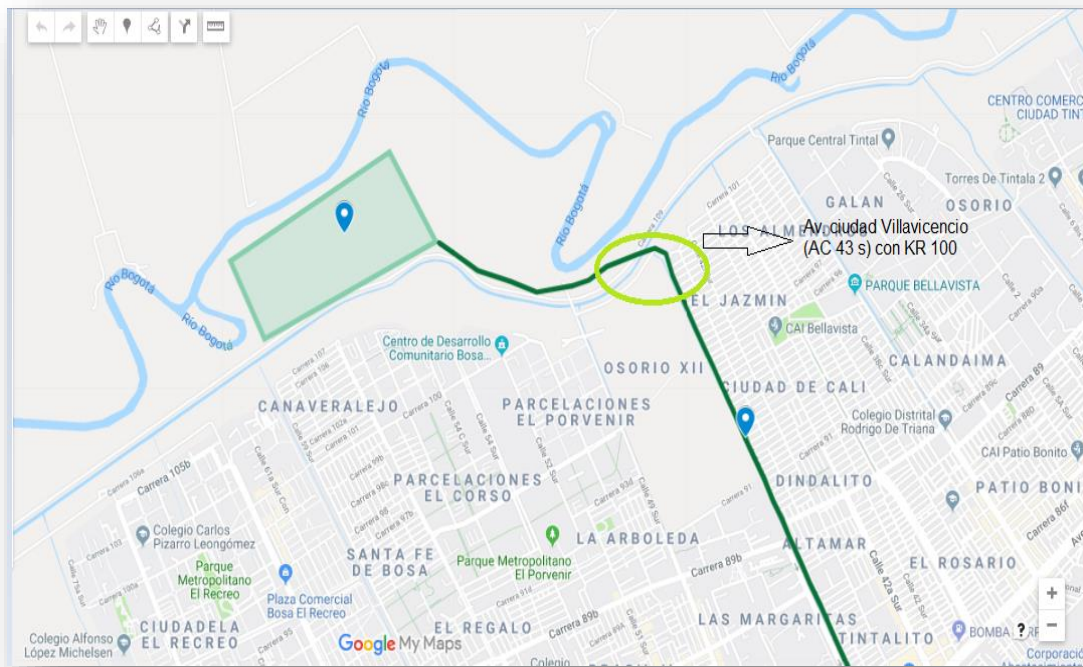
Fuente: (Técnica, Tramo, Etplmb-et-l, *et al.*, 2019).

La Tabla 7. Clasificación de cada uno de los cuerpos hídricos. Clasifica a cada uno de los puntos de muestreo con un criterio de cuerpos de agua en su mayoría contaminadas.

9.2.1 Canal Cundinamarca.

El canal Cundinamarca se encuentra al sur occidente del Distrito Capital entre las localidades de Kennedy y Bosa, paralelo a la margen izquierda del cauce del río Bogotá. A dicho canal le tributan los canales Alsacia, Magdalena, Castilla, Américas, Calle 38 Sur, Tintal II, Britalia, Primero de Mayo, Tintal III, Santa Isabel y Tintal IV. Tiene forma trapezoidal revestido en concreto. El canal Cundinamarca tiene una longitud de 8447.71 metros, de los cuales 3485.45 metros se encuentran en zona urbana y 4962.25 metros en zona rural del Distrito Capital.

Figura 4. Intersección canal Cundinamarca.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Como se observa en la Figura 4. Intersección canal Cundinamarca. La intersección por donde pasa el trazado de la PLMB como el patio taller puede afectar el canal Cundinamarca y el río Bogotá, ubicado en la Av. Villavicencio (AC 43s con KR 100).

9.2.2 Canal Tintal II.

Figura 5. Intersección Canal Tintal II.



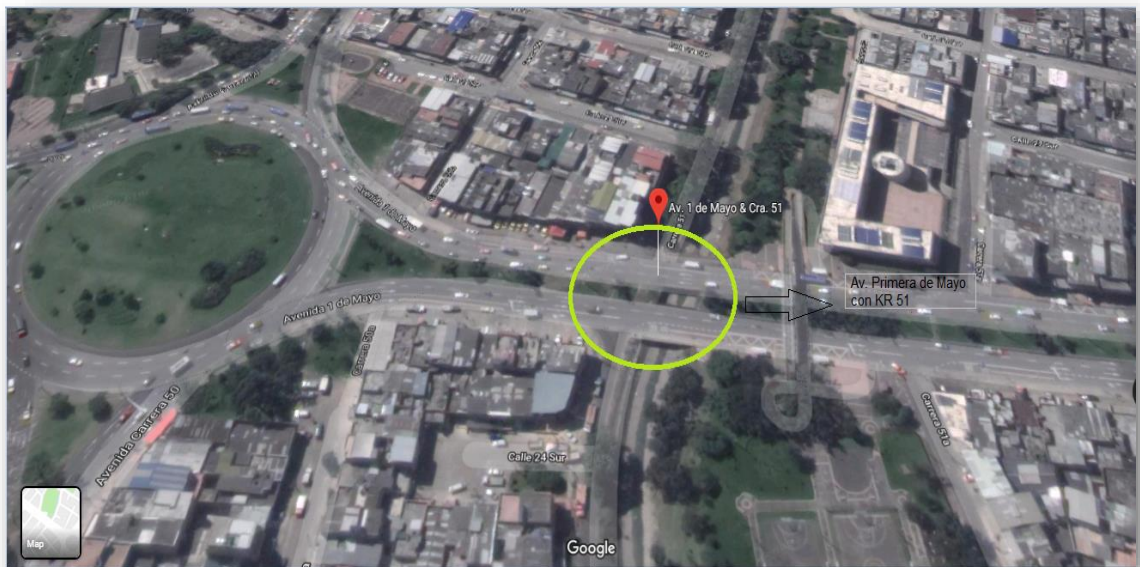
Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Como se observa en la Figura 5. Intersección Canal Tintal II. La intercepción por donde pasa la PLMB puede afectar el Canal Tintal II, ubicado en la Av. ciudad de Villavicencio (Ac 43s) desde la Av. Ciudad de Cali (AK 86) hasta KR 100.

9.2.3 Canal Rio Seco.

Tiene una extensión de 3.303 metros y se inicia en la carrera 25 con calle 38 sur, cursando hacia el occidente por el antiguo cauce del río Seco, cruzando la localidad por el extremo occidental entre los barrios Villa Mayor y Cinco de Noviembre pertenecientes a la UPZ Restrepo. Estos canales son fuentes generadoras de enfermedades tanto en la temporada de sol por los olores que expelen, como en la de lluvias por la proliferación de roedores e insectos.

Figura 6. Intersección Canal Rio Seco.



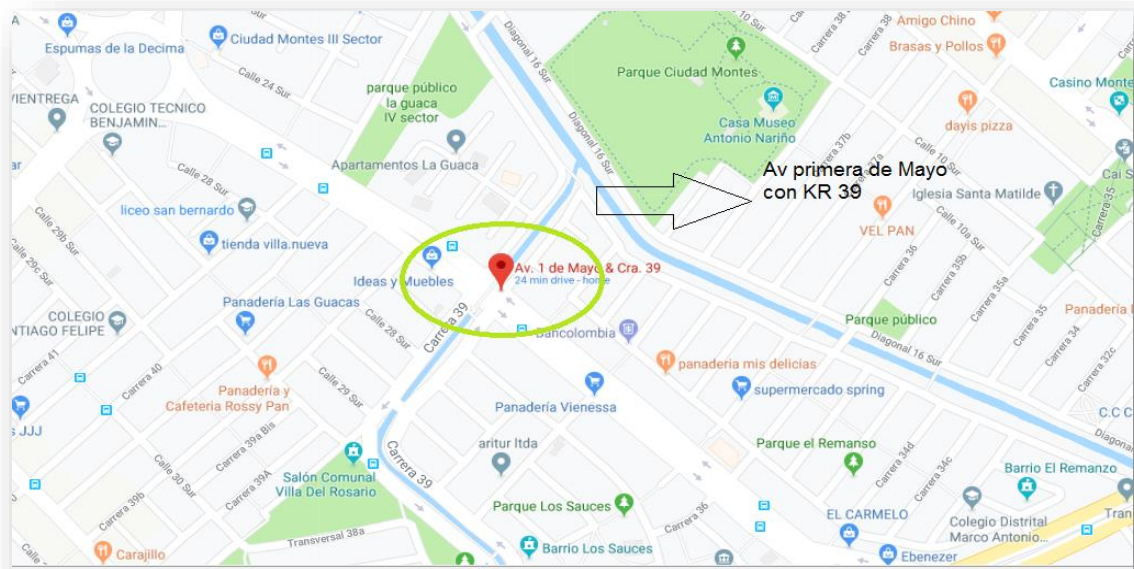
Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Como se observa en la Figura 6. Intersección Canal Rio Seco. La intercepción por donde pasa la PLMB puede afectar el Canal Rio Seco, ubicado en la Av. Primera de Mayo con KR 51.

9.2.4 Canal Albina.

Con una extensión de 3.872 metros, se inicia en la carrera 13 con calle 29 sur, e ingresa a la localidad por la avenida carrera 27 con calle 31 sur, en dirección al occidente, limitando los barrios Santander sur y Eduardo Frej, para luego pasar atravesando el barrio San Jorge central de oriente a occidente e ingresando a la localidad de Puente Aranda. Este canal atraviesa la UPZ Restrepo.

Figura 7. Intersección Canal Albina.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Como se observa en la Figura 7. Intersección Canal Albina. La intercepción por donde pasa la PLMB puede afectar el Canal Albina, ubicado en la Av. Primera de Mayo con KR 39.

9.2.5 Canal Fucha.

Posee una longitud de 11.318 metros y se inicia en el cauce del río San Cristóbal en la carrera 7ª con calle 13 sur, cruza la localidad desde la carrera 10ª con calle 13 sur y la recorre hacia el noroccidente hasta la autopista sur. Este canal atraviesa tanto la UPZ Restrepo como la UPZ Ciudad Jardín.

Figura 8. Intersección Canal Fucha.



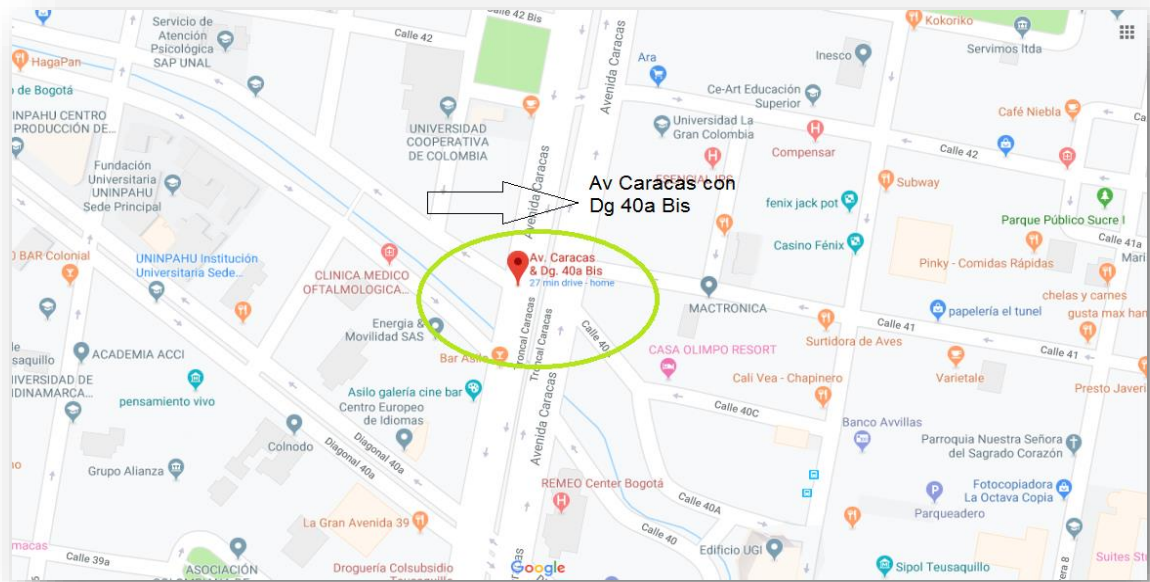
Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Como se observa en la Figura 8. Intersección Canal Fucha. La intersección por donde pasa la PLMB puede afectar el Canal Fucha, ubicado en la Calle 12 Sur desde Av. Jorge Gaitán (KR 45).

9.2.6 Canal Arzobispo.

El río Arzobispo, también conocido como el Salitre o Juan Amarillo, es un río de Bogotá. Nace en los cerros Orientales de Bogotá, atraviesa las localidades de Santa Fe, Chapinero, Teusaquillo, Barrios Unidos, Engativá y Suba. Tiene una cuenca de 12.892 hectáreas. Desemboca en el río Bogotá al occidente de la ciudad.

Figura 9. Intersección Canal arzobispo.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

Como se observa en la Figura 9. Intersección Canal arzobispo. La intercepción por donde pasa la PLMB puede afectar el Canal Arzobispo, ubicado en la Ac Caracas con Dg. 40ª bis.

10. EVALUACION IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE LA METODOLOGIA DE MATRIZ DE LEOPOLD.

A continuación, se presenta la evaluación de impacto ambiental establecida para este proyecto, donde se analizan las acciones durante el proyecto y los posibles efectos que esta pueda generar al recurso hídrico.

Ver mayor detalle en el archivo de Excel Anexo 1. Evaluación de impacto ambiental por medio de la matriz de Leopold.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

11.1 Análisis de la matriz de Leopold aplicada a los impactos en cuerpos de agua por la construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá.

La matriz de Leopold es un método cualitativo utilizado para identificar el impacto ambiental generado por la ejecución de un proyecto, la matriz sistematiza la relación entre las acciones a implementar en el desarrollo de un proyecto y sus posibles efectos en el ambiente. Este método fue utilizado para tener conocimiento frente a los posibles impactos ambientales generados por las diferentes actividades que se llevaran a cabo en la construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá.

Luego de un largo trabajo de análisis referente a todas las actividades que se ejecutaran en obra, se obtuvo la siguiente tabla la cual nos indica cuales son los procesos que tienen mayor impacto ambiental y los cuales deben tener un mayor grado de importancia debido a que son los procesos que más acciones de mitigación deben tener, esta tabla va en orden de mayor a menor impacto.

Tabla 8. Principales componentes del proyecto.

COMPONENTES Y ACCIONES DEL PROYECTO
1. Excavaciones
2. Fundaciones
3. Mejoramiento del pavimento
4. Descapote
5. Diseño construcción y adecuación de patio taller
6. Movimiento de tierras
7. Obras Geotécnicas
8. Traslado de redes de comunicación
9. Reconstrucción de la estructura vial
10. Construcción de estaciones
11. Instalación de campamentos y sitios de acopio
12. Mejoramiento de redes de alcantarillado y acueducto
13. Adecuación de intersecciones
14. Resurgimiento de la cobertura vegetal
15. Reconstrucción de espacio público y urbanismo

Continuación Tabla 8.

16. Mejoramiento de redes de tecnología y comunicación
17. Instalación de paraderos
18. Construcción de viaductos
19. Obras hidráulicas
20. Instalación de centro de control operativo
21. Obras electromecánicas
22. Construcción de muros en estaciones
23. Mejoramiento de alumbrado
24. Implementación de señalización
25. Instalación de alumbrado
26. Obras eléctricas

Fuente. Elaboración propia.

La Tabla 8. Principales componentes del proyecto. Hace relación a las principales actividades que puede afectar en gran magnitud el impacto ambiental en cuerpos de agua durante el proceso constructivo de la PLMB, estas actividades fueron identificadas durante el proceso evaluativo por medio de la metodología de Leopold.

A continuación, se describe cada una de las actividades y como esta puede generar algún tipo de riesgo ambiental.

Excavaciones: esta actividad es la más crítica debido a que la excavación en obra es una de las actividades que más impactos negativos conlleva, afectando también el suelo, el aire y en este caso el agua. Cuando hay una actividad de excavación, se genera material que en la mayoría de los casos no es dispuesto de manera adecuada. Por ser un material muy volátil tiende a ser transportado muy fácilmente por el agua en casos de lluvias, por el aire en las condiciones de almacenamiento, y cuando es transportado se evidencia que los conductores si no tienen las medidas adecuadas, este material puede generar impactos. El material puede ser arrojado por el sobrecupo de material en los vehículos (volquetas), de esta manera también es arrojado en la misma obra y en ocasiones en lugares ajenos a la obra; todos estos sucesos podrían afectar la calidad del agua (pH, color, temperatura, DBO, aceites, turbiedad, sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables), su cantidad (volumen) y en algunas ocasiones la flora y la fauna.

Fundaciones: esta actividad también tiene un gran impacto hacia el medio ambiente, dado que al usar concreto puede contaminar aguas subterráneas y superficiales. En obra al lavar las herramientas, el trompo mezclador en ocasiones es lavado dentro de la misma obra, y esta agua contaminada es vertida al suelo sin ningún tipo de control, llegando a las redes de alcantarillado y también a los canales y colectores cercanos. De igual manera no se tiene

control en el lubricante que es aplicado a la formaleta, en donde los obreros aplican aceites o componentes de ACPM para que el concreto no se adhiera, creando así un impacto al hacer uso desmedido de estos fluidos que son vertidos a los sistemas de alcantarillado y a las aguas subterráneas.

Mejoramiento del pavimento: esta actividad tiene afectación en el medio ambiente debido al uso de materiales derivados del petróleo y como bien se sabe estos materiales son recursos naturales no renovables que proviene de fuentes mineras cuya extracción puede ocasionar daños a los ecosistemas y cuerpos de aguas. En el mejoramiento del pavimento se encuentra nuevamente impacto ambiental hacia los cuerpos de agua ya que al usar asfalto o concreto este material al no disponer de un adecuado uso llegaría a los cuerpos de agua afectando los niveles en el agua subterránea y canales cercanos a la obra.

Descapote: esta actividad se ejecutará en el área de patio taller, ya que en la actualidad solo se cuenta con el terreno ubicado en el predio el corso y se empezara el proyecto con replanteo y descapote para posteriormente empezar a hacer la cimentación del patio taller. Esta actividad es previa a la excavación, de esta manera se clasificará la capa de material vivo (suelo orgánico y vegetal) y de todo el material inerte. Cuando este material es retirado de su estado inicial, continuamente debe ser almacenado temporalmente con la finalidad de que pueda ser reutilizado para la restauración y conformación paisajística del proyecto, es ahí cuando se genera el impacto al no dar un buen manejo y control ante un posible arrastre de material hacia la misma obra o en su peor caso fuera del proyecto. Este material también es arrastrado por las aguas lluvias llegando a los principales canales como el canal Cundinamarca y directamente el río Bogotá. De igual manera el proceso de descapote se realizará con maquinaria y personal especializado para este tipo de tareas, y el material restante debe ser entregado a los entes competentes como el Jardín Botánico evitando así que el material sea almacenado por mucho tiempo mitigando impactos al ser un material orgánico.

Diseño, construcción y adecuación de patio taller: esta actividad es la que menor tiene afectación en el escalafón de los 5 impactos más influyentes del presente análisis, en esta actividad se desarrolla el diseño y la construcción del patio taller y tiene todas las actividades que se mencionan anteriormente, pero en menor proporción. Empieza con el descapote del terreno, siguiendo con las excavaciones, posteriormente con fundaciones de la estructura, y por último la restauración y conformación paisajística.

De esta manera se concluye que las excavaciones son las actividades que más impactos negativos hacia los cuerpos de agua desarrollan, por esta razón es la que más acciones de mitigación y control debe tener en obra. Se debe implementar sistemas de sedimentación y desarenadores para disminuir el arrastre de material hacia los sistemas de alcantarillado, de igual manera capacitar a ingenieros, arquitectos y todo tipo de contratista acerca de los impactos ambientales principalmente en cuerpos de agua, materiales peligrosos y manejo

de residuos de manera que se tenga mayor concientización acerca de las características del material a manejar, maquinaria a utilizar y la disposición final de los residuos.

12. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

A continuación, se formula el plan de manejo ambiental que permite prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos más relevantes identificados que se pueden presentar durante la etapa de construcción y operación de la PLMB.

12.1 Fichas de manejo ambiental.

Las fichas de plan de manejo ambiental contienen un plan permite mitigar los efectos negativos en cuerpos de agua ocasionados, están enfocadas a las actividades de descapote, excavaciones y fundaciones durante la fase construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá.

Ver mayor detalle en el archivo de Excel Anexo 2. Fichas plan de manejo ambiental.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la información analizada como parte del presente documento se presentan las siguiente conclusiones y recomendaciones.

13.1 Conclusiones.

El plan de manejo ambiental propuesto en el presente documento tiene como finalidad identificar los impactos más relevantes ocasionados por las actividades del proyecto con el fin de realizar un seguimiento y evaluación que permita adoptar acciones para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados al recurso hídrico.

Se desarrolló una línea base ambiental que permitió identificar el estado actual de los diferentes cuerpos de agua que son interceptados por la línea del metro, se determinó que el estado actual de la calidad del agua en la mayoría de los canales clasifica como altamente contaminadas debido a los resultados obtenidos mediante el ensayo de DBO Y DQO. Lo que puede ser debido a la gran cantidad de descargas de aguas residuales directamente a los canales.

Mediante la evaluación de impacto ambiental y con la ayuda del método de Leopold, se lograron identificar las principales actividades que durante el proceso de ejecución y operación del proyecto pueden generar mayor impacto ambiental, obteniendo así que las actividades que más generan riesgos ambientales al recurso hídrico son las causadas por las excavaciones, fundaciones y mejoramiento del pavimento. Esta valoración se hizo a partir de la línea base ambiental y teniendo en cuenta el conocimiento experto.

Se formuló un plan de manejo ambiental que permitió establecer las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar y corregir los efectos ocasionados por las principales actividades que más generar riesgo al recurso hídrico.

La matriz de identificación de impactos elaborada refleja los impactos que mayor afectación tiene hacia los cuerpos de agua, en ella se detectó que la actividad que más influye negativamente en los cuerpos de agua tanto superficial como subterránea es la actividad de excavaciones, por lo tanto se debe tomar medidas de mitigación más rigurosas y detalladas para así contrarrestar sus efectos, sin olvidar las otras actividades las cuales también deben ser estudiadas y puestas en estudio para su mitigación.

La identificación de cada uno de estos impactos nos permite informar, prevenir y orientar a todos los contratistas, ingenieros y constructores en general, acerca de los controles que se deben tener frente a las afectaciones que conlleva cada una de las actividades que se realizaran en la construcción de la primera línea del metro.

La evaluación ambiental del proyecto “Impactos en cuerpos de agua generados por las diferentes fases de construcción de la primera línea del metro en la ciudad de Bogotá” se enfoca en el punto de vista técnico ambiental, surge como respuesta a la demanda del servicio de agua potable del área de influencia y al mejoramiento de la calidad de vida de la población que se verá beneficiada por el proyecto.

Los impactos ambientales que se pueden presentar, se encuentran relacionados en su mayoría a la etapa de construcción de proyecto, por las características del proyecto estos impactos pueden tener una duración temporal, serán de una intensidad leve o moderada y podrán ser reversibles o mitigables.

13.2 Recomendaciones.

Es recomendable tomar conciencia en cuanto al uso y preservación del recurso hídrico, evaluar e intervenir en todos los aspectos que afectan negativamente nuestros ecosistemas; adoptar sistemas de vigilancia y planes de manejo ambiental para el debido uso y cuidado de los recursos naturales y así evitar la pérdida y degradación del recurso hídrico.

Es importante establecer mecanismos de información oportuna y eficaz a la comunidad que se verá involucrada sobre la ejecución del plan de manejo ambiental sobre la construcción de la PLMB.

Durante la elaboración del plan de manejo ambiental se deben aplicar sistemas de seguimiento que permita identificar y tomar las correcciones necesarias que se requieren para prevenir los posibles efectos negativos causados por el desarrollo del proyecto.

14. BIBLIOGRAFIA

- Aguas residuales - EcuRed (2012). Available at: https://www.ecured.cu/Aguas_residuales (Accessed: 27 March 2019).
- Ambiente, secretaria distrital de (2013) Aguas subterráneas - Secretaria Distrital de Ambiente. Available at: <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterraneas> (Accessed: 15 October 2019).
- de ambiente y desarrollo sostenible, M. (2012) 'Diagnostico nacional de salud ambiental.', <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico{%20de{%20salud{%20Ambiental{%20compilado.pdf>, p. 368.
- Anual, I. (2016) 'Informe anual de gestión y rc 2016'.
- ARQUITECTURA, D. (2016) Nivel freático | Definición, inglés y francés | Arquitectura. Available at: <https://diccionarqui.com/diccionario/nivel-freatico/> (Accessed: 5 September 2019).
- Camacho Bernal, S. L. (2013) 'Identificación, Evaluación Y Medidas De Manejo Para Los Impactos Ambientales Generados Sobre El Recurso Hídrico Subterráneo Por La Construcción De Túneles', Universidad Militar Nueva Granada, pp. 1–11.
- Carlos Perez (2009) Aguas Subterráneas. Available at: <https://slideplayer.es/slide/2474317/> (Accessed: 11 October 2019).
- Cot, S. et al. (2007) 'Metodologías Valoración Impacto Ambiental'. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33.057.
- Cuerpos de agua – Agua.org.mx (2015). Available at: <https://agua.org.mx/cuerpos-de-agua/> (Accessed: 27 March 2019).
- Definición de acuífero - Qué es, Significado y Concepto (2017). Available at: <https://definicion.de/acuifero/> (Accessed: 27 March 2019).
- Definición de Recursos hídricos» Concepto en Definición ABC (2015). Available at: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/recursos-hidricos.php> (Accessed: 27 March 2019).
- Demchenkova, P. and Verbilov, P. (2016) 'Methodology of Prediction Stress-strain State Deep Foundation Structures of Subway Station's Taking into Account Stages of its Construction', Procedia Engineering. The Author(s), 165, pp. 379–384. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.713.

Economipedia (2015) Contaminación - Definición, qué es y concepto | Economipedia. Available at: <https://economipedia.com/definiciones/contaminacion.html> (Accessed: 5 September 2019).

Grange, C. and De, L. (2010) 'Gran impacto del metro'.

Grupo Epm (2007) 'INTERCEPTOR NORTE DEL RÍO MEDELLÍN Estudio de Impacto Ambiental', pp. 1–47. Available at: http://www.grupo-epm.com/portals/3/Docs/documentos_de_interes/interceptor_norte/hta_a_rp_a_001_c000-0.pdf.

Henry, J. G., Heinke, G. W. and Escalona y García, H. J. (1999) Ingeniería ambiental. Prentice Hall.

Las aguas subterráneas | Fundación Aquae (2017). Available at: <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/otros/las-aguas-subterraneas/> (Accessed: 27 March 2019).

Leopold, B. Clarke, F. Hanshaw, B. Balsley, J. (1971) 'A procedure for evaluating environmental impact', Geological Survey Circular, 2, p. 19. doi: 10.3133/CIR645.

Luna Bergere Leopold, Frank Eldridge Clarke, Bruce B. Hanshaw, and J. R. B. (1971) 'A procedure for evaluating environmental impact'.

Oosterbaan, R. J. and Nijland, H. J. (2017) 2 DETERMINING THE SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY. Available at: <https://ww.waterlog.info> (Accessed: 27 March 2019).

Peña, S., Viviana, R. and Pedraza, Y. (2014) 'Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en la ciudad de Yopal , Casanare Vulnerability of the groundwater contamination in the city of Yopal , Casanare', Scientia et Technica, 19(1), pp. 106–110. Available at: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/7769/5721>.

REDACCION EL TIEMPO (1996) ESTRATEGIA PARA PROTEGER EL AGUA. Available at: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-418922> (Accessed: 29 March 2019).

Stanford University. and Center for the Study of Language and Information (U.S.) (1997) Stanford encyclopedia of philosophy. Stanford University. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/analysis/> (Accessed: 27 March 2019).

Suspended solids | Grundfos (2019). Available at: <https://in.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/suspended-solids.html> (Accessed: 27 March 2019).

Técnica, E. et al. (2018) 'DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTA (PLMB) RESUMEN EJECUTIVO ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL MAYO DE 2018 ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ DEPENDENCIA CLIENTE Financiera de Desarrollo Nacional (FDN)', pp. 1–80.

Técnica, E., Tramo, D. E. L., Etplmb-et-l, D. N., et al. (2019) 'Estructuración técnica medio abiótico', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Técnica, E., Tramo, D. E. L., Línea, P., et al. (2019) 'Marco legal e institucional', pp. 4–6.

Transport for London (2007) 'History'. Transport for London, Windsor House, 42-50 Victoria Street, London SW1H 0TL, enquire@tfl.gov.uk.

Transporte Argentina (2007). Available at: <https://es.scribd.com/document/394405995/6807TP1-Caracterizacion-Transporte-Argentina-1-doc> (Accessed: 5 September 2019).

'UNICEF' (2003).

Violeta, G. (2019) 'Matriz de Leopold'. Available at: https://www.lifeder.com/matriz-de-leopold/#Estructura_de_la_matriz (Accessed: 11 October 2019).

De Zuane, J. and DeZuane, J. (1997) *Handbook of drinking water quality*. 2nd edn. John Wiley and Sons. Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Total_de_sólidos_disueltos (Accessed: 27 March 2019).

15. ANEXOS

15.1 Normativa nacional.

El Anexo 1. Normatividad nacional ambiental vigente. Describe la normatividad ambiental vigente aplicada al proyecto.

Anexo 1. Normatividad nacional ambiental vigente.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
1	Ministerio de Agricultura	Decreto 1594 de 1984 compilado en el Decreto 1076 de 2015.	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	Vertimientos
2	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 3930 de 2010 compilado por el Decreto 1076 de 2015.	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.	Vertimientos
3	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución 631 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.	Vertimientos
4	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.	Vertimientos
5	Ministerio del Medio Ambiente	Resolución 273 de 1997	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de	Vertimientos

MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL
REV. 4, 04-06-2019
ETPLMB-ET19-L16.4-ETE-I-0001_R4



Continuación Anexo 1.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
			Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).	
6	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 2667 de 2012.	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.	Vertimientos
7	Ministerio del Medio Ambiente	Resolución 372 de 1998	Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones	Vertimientos
8	Ministerio de la Protección Social	Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano	Vertimientos
9	Ministerio de la Protección Social. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Vertimientos
10	Ministerio de Salud Pública	Decreto 1541 de 1978 compilada en el Decreto 1076 de 2015.	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.	Ocupación de Cauces
11	Ministerio de Salud Pública	Resolución 2309 de 1986	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la parte 4a. del Libro 1o. del Decreto Ley No. 2811 de 1974 y de los Títulos I, II y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.	Residuos Sólidos
12	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 472 de 2017	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones.	Residuos de manejo especial
13	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 0886 de 2004	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones.	Residuos Sólidos
14	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 1362 de 2007	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.	Residuos Sólidos
15	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 4741 de 2005 compilado por el Decreto 1076 de 2015.	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.	Residuos Peligrosos
16	Ministerio de Ambiente y	Decreto 948 de 1995 compilado	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42,	Aire y Ruido

Continuación Anexo 1.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
	desarrollo sostenible	por el Decreto 1076 de 2015.	43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	
17	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 979 de 2006 compilado por el Decreto 1076 de 2015.	Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.	Aire y Ruido
18	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 601 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	Aire y Ruido
19	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 627 de 2006	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.	Aire y Ruido
20	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	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.	Aire y Ruido
21	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 610 de 2010	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Donde se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.	Aire y Ruido
22	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 1791 de 1996 compilado en el Decreto 1076 de 2015.	Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.	Aprovechamiento Forestal
23	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 900 de 1997 compilado en el Decreto 1076 de 2015.	Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación.	Aprovechamiento Forestal
24	Congreso de Colombia	Ley 99 de 1993	Ley General Ambiental para Colombia, crea el Sistema Nacional Ambiental	Manejo de Recursos
25	Ministerio de Salud	Ley 9 de 1979	Código Sanitario Nacional	
26	ANLA	Resolución 1013 de 2015	Otorga Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales, y se toman otras determinaciones	Diversidad Biológica
27	Ministerio del Interior	Decreto 321 de 1999	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.	Contingencia
28	Presidencia de la República	Decreto 1640 de 2012 compilado	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y	Cuencas hidrográficas

Continuación Anexo 1.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
		en el Decreto 1076 de 2015	manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.	
29	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Medio ambiente y recursos naturales renovables
30	INVIAS	Resolución 2662 de 2002	Especificaciones generales de construcción de carreteras adoptadas por el Instituto Nacional de Vías.	Maquinaria, equipos y vehículos
31	Ministerio de Transporte	Resolución 5246 de 1985	Por el cual se dicta el manual de dispositivos para la regulación de tránsito en calles y carreteras	Señalización
32	Ministerio de Transporte	Resolución 1885 del 2015	Por la cual se adopta el manual de señalización vial - Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia	Señalización
33	INDERENA	Resolución 316 de 1974	Veda indefinidamente y en todo el territorio Nacional para las especies Pino Colombiano, Nogal, Hojarasco, molinillo, caparrapi y comino de la macarena.	Veda
34	Congreso de Colombia	Ley 17 de 1981	Convención sobre el Comercio Internacional de especies Amenazadas de fauna y flora silvestre	Veda
35	Ministerio de Agricultura	Ley 61 de 1985	Adopta la palma de cera como árbol nacional y prohíbe su tala	veda
36	Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial	Resolución 438 de 2001	Se establece el salvoconducto Único Nacional	Veda
37	Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial	Resolución 383 de 2010	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional	Veda
38	Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial	Decreto 2372 de 2010	Reglamenta el Decreto ley 2811 de 1974, ley 99 de 1993, Ley 165 de 1994 y el Decreto ley 216 de 2003	Áreas protegidas
39	Ministerio del Medio Ambiente.	Resolución 1277 de 1996	Declaración de la Sabana de Bogotá y sus recursos naturales como de interés nacional.	Áreas protegidas
40	Ministerio del Medio Ambiente.	Resolución 1766 de 2016	Aprobación del Plan de Manejo de los Cerros Orientales.	Áreas protegidas
41	Ministerio del Medio Ambiente.	Resolución 1274 de 2014	Modifica la Resolución 1527 de 2012. Actividades que se pueden desarrollar dentro de la reserva forestal protectoras Nacionales o regionales	Áreas Protegidas

Continuación Anexo 1.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
42	Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial	Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Ordenamiento Territorial municipal y Distrital	POT
43	Ministerio de Agricultura	Decreto 1715 del 4 de agosto de 1978	Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto - Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto - Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje. Este decreto regula lo relacionado a la protección de los paisajes con el objeto de mantener el componente ambiental mediante la protección de los paisajes naturales.	Paisaje
44	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 2182 del 23 de diciembre del 2016	Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido la metodología general para la presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de proyectos	GDB
45	Presidencia de la República	Decreto 1072 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	Trabajo
46	Congreso de la República	Ley 134 de 1994	Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.	Mecanismos de participación ciudadana
47	Constitución Política de Colombia	Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.	Ambiente sano
48	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	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.	Aire
49	Ministerio de Cultura	Decreto 1080 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector cultura	Arqueología
50	Presidencia de la República	Decreto 763 de 2009	Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material	Patrimonio cultural
51	Congreso de la República	Ley 1185 de 2008	Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones	Patrimonio cultural
52	Presidencia de la República	Decreto 833 de 2002	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones.	Arqueología
53	Congreso de la República	Ley 397 de 1997	Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la	Patrimonio cultural – Reasentamiento

Continuación Anexo 1.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
			cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias.	
54	Congreso de la República	Ley 1682 de 2013	Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.	Reasentamiento
55	Ministerio de Transporte	Resolución 1023 de 2017	Por la cual se definen los elementos cofinanciables por parte de la Nación , y los aportes en especie en los proyectos SITM Transmilenio Soacha Fase II y III y Primera Línea de Metro de Bogotá, y se dictan otras disposiciones	Reasentamiento
56	Presidencia de la República	Decreto 1420 de 1998	Por el cual se reglamentan parcialmente el artículo 37 de la Ley 9 de 1989, el artículo 27 del Decreto-ley 2150 de 1995, los artículos 56, 61, 62, 67, 75, 76, 77, 80, 82, 84 y 87 de la Ley 388 de 1997 y, el artículo 11 del Decreto-ley 151 de 1998, que hacen referencia al tema de avalúos.	Reasentamiento
57	Instituto Geográfico Agustín Codazzi sede central	Resolución 620 de 2008	Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997.	Reasentamiento
58	Congreso de la República	Ley 1742 de 2014	Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte, agua potable y saneamiento básico, y los demás sectores que requieran expropiación en proyectos de inversión que adelante el Estado y se dictan otras disposiciones.	Reasentamiento
59	Congreso de la República	Constitución Nacional Art. 63	Se definen los bienes de uso público como bienes inalienables, imprescriptibles e inembargables	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
60	Congreso de la República	Ley 140 de 1994	Por la cual se reglamenta la Publicidad Exterior Visual en el Territorio Nacional	Publicidad Exterior Visual
61	Congreso de la República	Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua	Uso eficiente de agua
62	Congreso de la República	Ley 599 de 2000	Por el cual se expide el código Penal	Delitos contra el Medio Ambiente
63	Congreso de la República	Ley 1259 de 2008	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.	Comparendo ambiental
64	Presidencia de la República	Decreto 1609 de 2002	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera	Mercancías Peligrosas

Continuación Anexo 1.

No	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
65	Presidencia de la República	Decreto 1609 de 2002	Por la cual se adicionan, modifican y dictan disposiciones orientadas a fortalecer la contratación pública en Colombia, la Ley de infraestructura y se dictan otras disposiciones.	Infraestructura
66	Departamento administrativo de la presidencia de la república	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	Riesgos
67	Congreso de Colombia	Ley 1682 de 2013	Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.	Infraestructura
68	Congreso de Colombia	Ley 1882 de 2018	Por la cual se adicionan, modifican y dictan disposiciones orientadas a fortalecer la contratación pública en Colombia, la ley de infraestructura y se dictan otras disposiciones.	Infraestructura
69	Congreso de Colombia	Ley estatutaria 1618 de 2013	Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad.	Acceso y accesibilidad personas en situación de discapacidad
70	Ministerio de Trabajo	Decreto 1072 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	Seguridad y Salud en el Trabajo
71	Ministerio de Trabajo	Resolución 0312 de 2019	Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo para empleadores y contratantes.	Seguridad y Salud en el Trabajo
72	Ministerio de la protección social	Resolución 1401 de 2007	Por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo.	Seguridad y Salud en el Trabajo
73	Congreso de Colombia	Ley 1562 de 2012	Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional	Seguridad y Salud en el Trabajo
74	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Resolución 2254 de 2017	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones	Calidad del aire
75	Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible	Decreto 2245 de 2017	Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas	Rondas hídricas

Fuente: elaboración propia

MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL
REV. 4, 04-06-2019
ETPLMB-ET19-L16.4-ETE-I-0001_R4



Fuente: (Técnica, Tramo, Línea, *et al.*, 2019).

15.2 Normativa distrital.

El Anexo 2. Normatividad distrital ambiental vigente. Describe la legislación asociada a proyectos de infraestructura a nivel distrital, las cuales sustentan las actividades a ejecutarse durante el proyecto.

Anexo 2. Normatividad distrital ambiental vigente.

No.	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
1	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 1885 de 2015	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital	Vertimientos
2	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 3956 de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital".	Vertimientos
3	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 3957 de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital.	Vertimientos
4	Departamento Administrativo del Medio Ambiente	Resolución 1391 de 2003	Por la cual se establecen los formatos de solicitud de trámites administrativos ambientales y los formatos que apoyan el proceso de contratación	Permisos
5	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 357 de 1997	Regule de cargue, descargue, almacenamiento y disposición final de escombros.	Residuos
6	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución 415 de 1998	En ella el Ministerio establece los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para ello.	Residuos
7	DAMA	Resolución Distrital 1188 de 2003	Prohíbe los vertimientos de aceites usados y demás materiales a las redes de alcantarillado o su disposición directamente sobre el suelo y en caso de que en la obra se generen este tipo de residuos se deberán entregar a entidades autorizadas por el DAMA para la recepción y tratamiento de estos residuos.	Residuos
8	Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos	Resolución 132 de 2004	Se adopta el Plan de Gestión integral de residuos sólidos de Bogotá.	Residuos
9	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	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.	Residuos de manejo especial

Continuación Anexo 2.

No.	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
10	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Resolución 715 de 2013	Por medio de la cual se modifica la Resolución 1115 de 2012.	Residuos
11	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Resolución 932 de 2015	"Por la cual se Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de 2012."	Residuos
12	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 586 de 2015	"Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C.".	Residuos
13	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 442 de 2015 CAPÍTULO IV	"Por medio del cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones" - Aprovechamiento y Valorización	Residuos de manejo especial
14	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 265 de 2016	Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones	Residuos
15	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 520 de 2013	Por el cual se establecen restricciones y condiciones para el tránsito de los vehículos de transporte de carga en el área urbana del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones	Maquinaria, equipos y vehículos
16	DAMA	Resolución 556 de 2003	Normas para el control de fuentes móviles.	Maquinaria, equipos y vehículos
17	Alcaldía de Bogotá.	Decreto 185 de 2012	Por el cual se crea la Comisión Intersectorial de Seguridad Vial	Maquinaria, equipos y vehículos
18	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 506 de 2003	Por el cual se reglamentan los Acuerdos 01 de 1998 y 12 de 2000, compilados en el Decreto 959 de 2000, los cuales reglamentan la publicidad Exterior Visual en el Distrito Capital de Bogotá	Publicidad exterior visual
19	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 959 de 2000	Mediante este decreto se unifica la legislación Distrital relacionada con la publicidad exterior dentro de la cual se encuentran normas que regulan la señalización en las carreteras para seguridad vial.	Señalización
20	Concejo Distrital	Acuerdo 19 de 1996	Se adopta el estatuto general de protección Ambiental del Distrito Capital	Manejo de Recursos naturales
21	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 619 de 2000	Se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santafé de Bogotá D.C.	Ordenamiento territorial
22	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 469 de 2003	Revisión del Plan de Ordenamiento Territorial para Bogotá D.C.	Ordenamiento territorial

Continuación Anexo 2.

No.	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
23	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 190 de 2004	Compilan las disposiciones de los Decretos 619 de 2000 y 469 de 2003	Ordenamiento territorial
24	Concejo de Bogotá	Acuerdo 327 de 2008	Planeación, generación y sostenimiento de zonas verdes	Zonas verdes
25	Concejo de Bogotá	Acuerdo 418 de 2009	Tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes en el Distrito Capital	Zonas verdes
26	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 531 de 2010	Reglamenta la silvicultura urbana, las zonas verdes y la jardinería en Bogotá, y se definen las responsabilidades de las Entidades Distritales	Silvicultura urbana
27	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 6423 de 2011	Adopta la guía técnica de Techos verdes	Áreas verdes
28	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Resolución 1138 de 2013	Guía de manejo ambiental para el sector de la construcción y otras determinaciones	Manejo ambiental
29	Secretaría Distrital de Ambiente y Secretaría Distrital de Planeación	Resolución Conjunta 0456 de 2014	Lineamientos y procedimientos para la compensación por endurecimiento de zonas verdes por desarrollo de obra de infraestructura	Zonas verdes
30	Secretaría Distrital de Ambiente y Secretaría Distrital de Planeación	Resolución Conjunta 3050 de 2014	Modifica los artículos 3 y 4 de la Resolución Conjunta 0456 de 2014	Zonas verdes
31	Secretaría Distrital de Ambiente y Secretaría Distrital de Planeación	Resolución Conjunta 073 de 2017	Modifica los artículos 3 y 4 de la Resolución Conjunta 0456 de 2014 y los artículos 1 y 2 de la Resolución Conjunta 3050 de 2014	Zonas verdes
32	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 6971 de 2011	Declaración de árboles patrimoniales y de interés público en Bogotá D.C.	Silvicultura urbana
33	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 5983 de 2011	Especies vegetales que no requieren permiso para tratamientos silviculturales	Silvicultura urbana
34	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 5589 de 2011	Por la cual se fija el procedimiento de cobro de los servicios de evaluación y seguimiento ambiental	Trámites de permisos ambientales
35	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 288 de 2013	Por la cual se modifica la Resolución 5589 de 2011	Silvicultura urbana
36	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 6563 de 2013	Por la cual se dictan disposiciones para la racionalización y el mejoramiento de trámites de arbolado urbano	Silvicultura urbana
37	Secretaría Distrital de Ambiente	Resolución 1998 de 2014	Metodología de incremento de la proporción a compensar por zonas verdes endurecidas.	Zonas verdes
38	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 364 de 2014	Por el cual se modifican normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.	Ordenamiento territorial

Continuación Anexo 2.

No.	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
39	Secretaría Distrital de Planeación	Decreto 088 de 2017	Normas para el ámbito de aplicación del plan de ordenamiento zonal del Norte	Ordenamiento territorial
40	Concejo de Bogotá	Acuerdo 22 de 1995	Declaración como reserva forestal y zona verde de uso público los predios denominados Reservas del Chicó Ltda. y Chicó Oriental No. 2	Área de Reservas
41	Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.	Decreto 98 de 2004	"Por el cual se dictan disposiciones en relación con la preservación del espacio público y su armonización con los derechos de los vendedores informales que lo ocupan"	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
42	Corte Constitucional	Sentencia T-225/92	DERECHO AL ESPACIO PÚBLICO/DERECHO AL TRABAJO-Coexistencia/VENDEDOR AMBULANTE	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
43	Corte Constitucional	Sentencia T-578/94	PRINCIPIO DE LA BUENA FE/DERECHO AL TRABAJO-Vulneración/VENDEDOR AMBULANTE-Reubicación/ARBITRARIEDAD POLICIAL	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
44	Corte Constitucional	Sentencia No. T-617/95	ESPACIO PÚBLICO-Protección/BIENES DE USO PÚBLICO-Protección	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
45	Corte Constitucional	Sentencia T-396 de 1997	PRINCIPIO DE LA CONFIANZA LEGÍTIMA-Ocupantes del espacio público	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
46	Corte Constitucional	Sentencia T-775/09	RECUPERACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO-Autoridades deben velar por minimizar el daño que eventualmente se cause sobre las personas afectadas con órdenes de desalojo.	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
47	Corte Constitucional	Sentencia T-386/13	Ejecución de políticas públicas de recuperación del espacio público en el estado social de derecho-No puede afectar derecho fundamental al mínimo vital a sectores más pobres y vulnerables de la población como vendedores ambulantes Preservación del espacio público y derecho al trabajo de comerciantes informales-Tensión se resuelve con diseño y ejecución de políticas públicas que estén acordes con los criterios establecidos por la jurisprudencia constitucional	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
48	Corte Constitucional	SU- 360 de 1999	Reglamentación de los usos del suelo	Vendedores ambulantes -

Continuación Anexo 2.

No.	Norma Técnica			Temática
	Entidad Emisora	Identificación	Título	
				Ocupantes de Espacio público
49	Corte Constitucional	Sentencia T-772 de 2003	Vendedor ambulante-distintos tipos/vendedor informal estacionario/vendedor semi estacionario/vendedor ambulante informal	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
50	Corte Constitucional	Sentencia C-211 de 2017	Código nacional de policía Derecho al debido proceso, mínimo vital, trabajo, igualdad y confianza legítima-Actividades informales en espacio público	Vendedores ambulantes - Ocupantes de Espacio público
51	Alcaldía Mayor de Bogotá	Decreto 470 de 2007	Por el cual se adopta la Política Pública de Discapacidad para el Distrito Capital	Acceso y accesibilidad personas en situación de discapacidad
52	Empresa Metro de Bogotá S.A	Resolución Número 028 (Abril 11 de 2018)	Por la cual se adopta la Política de Reasentamiento y de Gestión Social para el proyecto Primera Línea del Metro de Bogotá*	Gestión social/ reasentamiento
53	Instituto de Desarrollo Urbano IDU	Resolución 2711 de 2017	Por el cual se Adopta el MG-AC-02 Manual Único de Control y Seguimiento Ambiental y de Seguridad y Salud en el Trabajo - SST del IDU	Seguridad y salud en el trabajo

Fuente: (Técnica, Tramo, Línea, *et al.*, 2019)

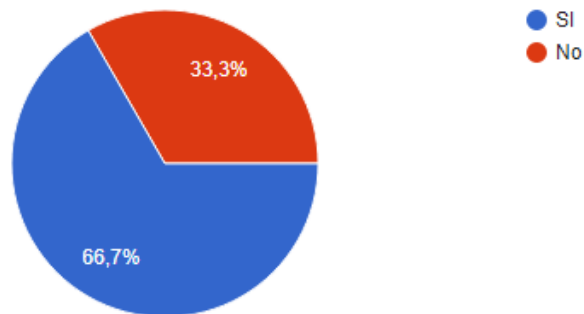
15.3 Encuesta. Encuesta impacto ambiental generado por la construcción de la PLMB: Recurso Hídrico.

La presente encuesta fue diseñada con el fin de conocer la opinión de los docentes de la Universidad Católica de Colombia acerca de las implicaciones ambientales que puede generar la construcción de la primera línea del metro en Bogotá PMLB en el recurso hídrico.

Anexo 3. Gráfico de respuestas de formularios. Título de la pregunta: 1. ¿Conoce cuál es el trazado de la PLMB?

1. ¿Conoce cuál es el trazado de la PLMB?

3 respuestas



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 3. Gráfico de respuestas de formularios. Título de la pregunta: 1. ¿Conoce cuál es el trazado de la PLMB?. Se evidencia que más del 50% de los encuestados conoce cuál es el trazado por el cual se construirá la PLMB.

Anexo 4. ¿Conoce los diferentes cuerpos de agua que pueden llegar a ser afectados por la PLMB?

2. ¿Conoce los diferentes cuerpos de agua que pueden llegar a ser afectados por la PLMB?

3 respuestas

SI
No
Considero que el canal El Virrey, y el Río Fucha podrían verse afectados.

Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 4. ¿Conoce los diferentes cuerpos de agua que pueden llegar a ser afectados por la PLMB?. Se concluye que el 66.66% de los encuestados identifican los cuerpos de agua que puede verse afectados por la construcción de la PLMB.

Anexo 5. ¿Qué consecuencias podría generar este proyecto en los cuerpos de agua que lo interceptan?

3. ¿Qué consecuencias podría generar este proyecto en los cuerpos de agua que lo interceptan?

3 respuestas

disminución en el nivel freático, vertimiento de aguas contaminadas a canales interceptores y colectores, arrastre de materiales de construcción a los sistemas de alcantarillado.

Residuos sólidos menores y contaminación por aceites y grasas.

Aumentar la contaminación en el cuerpo de agua.

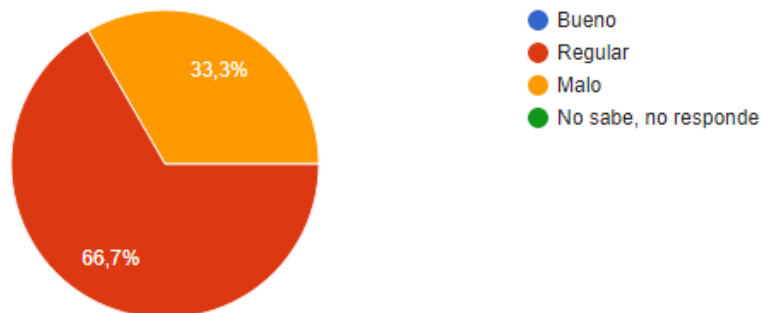
Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 5. ¿Qué consecuencias podría generar este proyecto en los cuerpos de agua que lo interceptan?. Se evidencia que el 100% de los encuestados son conscientes de que la principal afectación que genera la construcción de la PLMB es la contaminación es al recurso hídrico por las diferentes actividades que se desarrollen.

Anexo 6. ¿Qué percepción tiene sobre el impacto ambiental generado por la primera línea del metro en Bogotá PLMB?

4. ¿Qué percepción tiene sobre el impacto ambiental generado por la primera línea del metro en Bogotá PLMB?

3 respuestas



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 6. ¿Qué percepción tiene sobre el impacto ambiental generado por la primera línea del metro en Bogotá PLMB?. El 66.7% de los encuestados tiene una percepción

regular sobre el impacto ambiental generado por la construcción del metro elevado en Bogotá esto como consecuencia de las acciones que se desarrollen durante la etapa constructiva y con los efectos que estos conllevan a la contaminación del recurso hídrico.

Anexo 7. ¿Si se implementa el metro elevado y este genera impactos en los cuerpos de agua, que estrategias para mitigar los impactos propone usted desde su experiencia?

5. ¿Si se implementa el metro elevado y este genera impactos en los cuerpos de agua, que estrategias para mitigar los impactos propone usted desde su experiencia?

3 respuestas

Implementar sistemas como sedimentadores que eviten que el material tanto de excavación como de fundaciones llegue a la red de alcantarillado, hacer un control tanto en operarios como jefes inmediatos para que hagan buen manejo de los materiales usados en construcción.

Trampas de grasas y control a efluentes.

Considero que la educación ambiental es una herramienta que contribuye a contrarrestar el impacto sobre los cuerpos de agua.

Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 7. ¿Si se implementa el metro elevado y este genera impactos en los cuerpos de agua, que estrategias para mitigar los impactos propone usted desde su experiencia?. Se analiza que el 100% de los encuestados proponen diferentes alternativas para mitigar el daño causado a los diferentes cuerpos de agua desde su experiencia, sin embargo, se recalca la educación ambiental como papel fundamental para la preservación y cuidado del recurso hídrico.

15.4 APUS. Fase descapote.

Anexo 8. APU cerramiento para almacenamiento temporal de material fase descapote.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ				
Ciudad:	Bogotá D.C.				
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019				
Contratista:					
ITEM Cerramiento para almacenamiento temporal de material AREA 100M2 altura 2.44 mts					
unidad GL					
MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Repisa madera ordinario	un	30,00	\$ 14.850,00	\$ 445.500,00
	Durmiente 4 x 4 ordinario	un	30,00	\$ 8.320,00	\$ 249.600,00
	Puntilla 2 1/2"	libra	5,00	\$ 2.750,00	\$ 13.750,00
	Polisombra negra de 2,4 m de alto	ML	40,00	\$ 1.800,00	\$ 72.000,00
	Tornillo autoperforante maderA 1 1/2"	und	100,00	\$ 75,00	\$ 7.500,00
	Plastico negro 2m alto	ML	50,00	\$ 4.000,00	\$ 200.000,00
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 988.350,00
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Mano de Obra ayudante	Jornal	2,00	\$ 40.000,00	\$ 80.000,00
	Prestaciones sociales		0,52		\$ 41.600,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 121.600,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor	%	1,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA					\$ 15.000,00
TRANSPORTE					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
					\$ 0,00
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 1.124.950,00
	ADMINISTRACION	12%			\$ 134.994,00
	IMPREVISTOS	2%			\$ 22.499,00
	UTILIDAD	6%			\$ 67.497,00
	IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 10.799,52
TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA					\$ 1.360.739,52
Elaboró: Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan				*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019	

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 9. APU señalización vallas fase descapote.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ				
Ciudad:	Bogotá D.C.				
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019				
Contratista:					
ITEM Señalización vallas					
unidad Gb					
MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Avisos señalización	un	1,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
	Cinta señalización	ml	100,00	\$ 30,00	\$ 3.000,00
	colombinas plasticas 8 und 8 usos	und	4,00	\$ 3.445,00	\$ 13.780,00
	Durmiente 4 x 4 ordinario	un	2,00	\$ 8.320,00	\$ 16.640,00
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 63.420,00
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Mano de Obra CC	Jornal	1,00	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
	Prestaciones sociales	%	0,52		\$ 20.800,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor	%	1,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 5.000,00
TRANSPORTE					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
					\$ 0,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 129.220,00
	ADMINISTRACION	12%			\$ 15.506,40
	IMPREVISTOS	2%			\$ 2.584,40
	UTILIDAD	6%			\$ 7.753,20
	IVA SOBRE UTILIDA	16%			\$ 1.240,51
	TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 156.304,51
Elaboró: Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan			*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019		

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 11. APU alquiler contenedor para capacitaciones fase descapote.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ			
Ciudad:	Bogotá D.C.			
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019			
Contratista:				
ITEM Alquiler de contenedor para capacitaciones				
unidad Gb				
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Alquiler de contenedor x mes	un	1,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
				\$ 0,00
				\$ 0,00
				\$ 0,00
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 1.500.000,00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Mano de Obra asistente	Jornal	1,00	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
Prestaciones sociales	%	0,52		\$ 20.800,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Herramienta Menor				\$ 0,00
				\$ 0,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 0,00
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Transporte equipos	UN	1,00	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
				\$ 0,00
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 500.000,00
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 2.060.800,00
ADMINISTRACION	12%			\$ 247.296,00
IMPREVISTOS	2%			\$ 41.216,00
UTILIDAD	6%			\$ 123.648,00
IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 19.783,68
TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 2.492.743,68
Elaboró: Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan			*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019	

Fuente. Elaboración propia.

15.5 APUS. Fase excavaciones.

Anexo 12. APU cerramiento para almacenamiento de material fase excavaciones.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ			
Ciudad:	Bogotá D.C.			
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019			
Contratista:				
ITEM Cerramiento para almacenamiento temporal de material AREA 16M2 altura 2.44 mts				
unidad GL				
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Repisa madera ordinario	un	10,00	\$ 14.850,00	\$ 148.500,00
Durmiente 4 x 4 ordinario	un	10,00	\$ 8.320,00	\$ 83.200,00
Puntilla 2 1/2"	libra	1,00	\$ 2.750,00	\$ 2.750,00
Polisombra negra de 2,4 m de alto	ML	16,00	\$ 1.800,00	\$ 28.800,00
Tomillo autoperforante maderA 1 1/2"	und	35,00	\$ 75,00	\$ 2.625,00
Plastico negro 2m alto	ML	8,00	\$ 4.000,00	\$ 32.000,00
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 297.875,00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Mano de Obra ayudante	Jornal	1,00	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
Prestaciones sociales		0,52		\$ 20.800,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Herramienta Menor	%	1,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 5.000,00
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
				\$ 0,00
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 0,00
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 363.675,00
ADMINISTRACION	12%			\$ 43.641,00
IMPREVISTOS	2%			\$ 7.273,50
UTILIDAD	6%			\$ 21.820,50
IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 3.491,28
TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 439.901,28
Elaboró: <u>Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan</u>			*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019	

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 13. APU señalización vallas fase excavaciones.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ				
Ciudad:	Bogotá D.C.				
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019				
Contratista:					
ITEM Señalización vallas					
unidad Gb					
MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Avisos señalización	un	1,00	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
	Cinta señalización	ml	100,00	\$ 30,00	\$ 3.000,00
	colombinas plásticas 8 und 8 usos	und	4,00	\$ 3.445,00	\$ 13.780,00
	Durmiente 4 x 4 ordinario	un	2,00	\$ 8.320,00	\$ 16.640,00
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 83.420,00
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Mano de Obra CC	Jornal	1,00	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
	Prestaciones sociales	%	0,52		\$ 20.800,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor	%	1,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 5.000,00
TRANSPORTE					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
					\$ 0,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 149.220,00
	ADMINISTRACION	12%			\$ 17.906,40
	IMPREVISTOS	2%			\$ 2.984,40
	UTILIDAD	6%			\$ 8.953,20
	IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 1.432,51
	TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 180.496,51
Elaboró: <u>Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan</u>			*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019		

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 15. APU toma de muestras fase excavaciones.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ				
Ciudad:	Bogotá D.C.				
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019				
Contratista:					
ITEM toma de muestras piezometro					
unidad Gb					
MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Piezómetros	un	1,00	\$ 2.900.000,00	\$ 2.900.000,00
					\$ 0,00
					\$ 0,00
					\$ 0,00
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 2.900.000,00
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Mano de Obra asistente	Jornal	4,00	\$ 100.000,00	\$ 400.000,00
	Prestaciones sociales	%	0,52		\$ 208.000,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 608.000,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor	%	1,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
					\$ 0,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA					\$ 20.000,00
TRANSPORTE					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Transporte equipos	UN	1,00	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
					\$ 0,00
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 100.000,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 3.628.000,00
	ADMINISTRACION	12%			\$ 435.360,00
	IMPREVISTOS	2%			\$ 72.560,00
	UTILIDAD	6%			\$ 217.680,00
	IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 34.828,80
TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA					\$ 4.388.428,80
Elaboró: <u>Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan</u>				*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019	

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 16. APU alquiler de contenedor para capacitaciones fase excavaciones.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ			
Ciudad:	Bogotá D.C.			
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019			
Contratista:				
ITEM ALQUILER DE CONTENEDOR PARA CAPACITACIONES				
unidad Gb				
MATERIALES				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/VALOR PARCIAL
	Alquiler de contenedor x mes	un	1,00	\$ 1.500.000,00 \$ 1.500.000,00
				\$ 0,00
				\$ 0,00
				\$ 0,00
SUBTOTAL MATERIALES				\$ 1.500.000,00
MANO DE OBRA				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/VALOR PARCIAL
	Mano de Obra asistente	Jornal	1,00	\$ 40.000,00 \$ 40.000,00
	Prestaciones sociales	%	0,52	\$ 20.800,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor			\$ 0,00
				\$ 0,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 0,00
TRANSPORTE				
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO/VALOR PARCIAL
	Transporte equipos	UN	1,00	\$ 500.000,00 \$ 500.000,00
				\$ 0,00
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 500.000,00
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 2.060.800,00
	ADMINISTRACION	12%		\$ 247.296,00
	IMPREVISTOS	2%		\$ 41.216,00
	UTILIDAD	6%		\$ 123.648,00
	IVA SOBRE UTILIDAD	16%		\$ 19.783,68
TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 2.492.743,68
Elaboró: Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan			*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en septiembre de 2019	

Fuente. Elaboración propia.

15.6 APUS. Fase fundaciones.

Anexo 17. APU señalización vallas fase fundaciones.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ				
Ciudad:	Bogotá D.C.				
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019				
Contratista:					
ITEM Señalización vallas					
unidad Gb					
MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Avisos señalización	un	1,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
	Cinta señalización	ml	100,00	\$ 30,00	\$ 3.000,00
	colombinas plasticas 8 und 8 usos	und	4,00	\$ 3.445,00	\$ 13.780,00
	Durmiente 4 x 4 ordinario	un	2,00	\$ 8.320,00	\$ 16.640,00
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 63.420,00
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Mano de Obra CC	Jornal	1,00	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
	Prestaciones sociales	%	0,52		\$ 20.800,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor	%	1,00	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 5.000,00
TRANSPORTE					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
					\$ 0,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 129.220,00
	ADMINISTRACION	12%			\$ 15.506,40
	IMPREVISTOS	2%			\$ 2.584,40
	UTILIDAD	6%			\$ 7.753,20
	IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 1.240,51
	TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 156.304,51
Elaboró: Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan					
*Los precios de referencia fueron cotizados en Home Center en					

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 19. APU alquiler de contenedor y mobiliario fase fundaciones.

Obra:	PRIMERA LINEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ				
Ciudad:	Bogotá D.C.				
Fecha:	20 DE OCTUBRE DE 2019				
Contratista:					
ITEM Alquiler de contenedor y mobiliario					
unidad Gb					
MATERIALES					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Alquiler de contenedor x mes	un	1,00	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
					\$ 0,00
					\$ 0,00
					\$ 0,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL MATERIALES				\$ 1.800.000,00
MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Mano de Obra asistente	Jornal	1,00	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
	Prestaciones sociales	%	0,52		\$ 20.800,00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 60.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Herramienta Menor				\$ 0,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL HERRAMIENTA				\$ 0,00
TRANSPORTE					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Transporte equipos	UN	1,00	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
					\$ 0,00
	SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 500.000,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 2.360.800,00
	ADMINISTRACION	12%			\$ 283.296,00
	IMPREVISTOS	2%			\$ 47.216,00
	UTILIDAD	6%			\$ 141.648,00
	IVA SOBRE UTILIDAD	16%			\$ 22.663,68
	TOTAL UNITARIO INCLUIDO IVA				\$ 2.855.623,68
Elaboró: Jorge Armando Benavides y Jhon Edison Millan					
*Los precios de referencia fueron cotizados en Home					

Fuente. Elaboración propia.

15.7 Ubicaciones reales de los diferentes canales y conectores.

A continuación, se anexan fotos reales de las diferentes intercepciones, correspondientes a los principales cuerpos de agua las cuales pueden generar algún tipo de afectación por la ejecución u operación de la PLMB.

Anexo 20. Foto ubicación real del canal Tintal II.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 20. Foto ubicación real del canal Tintal II. Ubicado en la Av. Ciudad Villavicencio (AC 43 S) desde Av. Ciudad de Cali (AK 86) hasta KR 1.

Anexo 21. Foto ubicación real del canal rio Seco.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 21. foto ubicación real del canal rio Seco. Ubicado en la av. primera de mayo con kr 51.

Anexo 22. Foto ubicación real del canal Albina.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 22. Foto ubicación real del canal Albina. Ubicado en la Av. Primera de Mayo con KR 39.

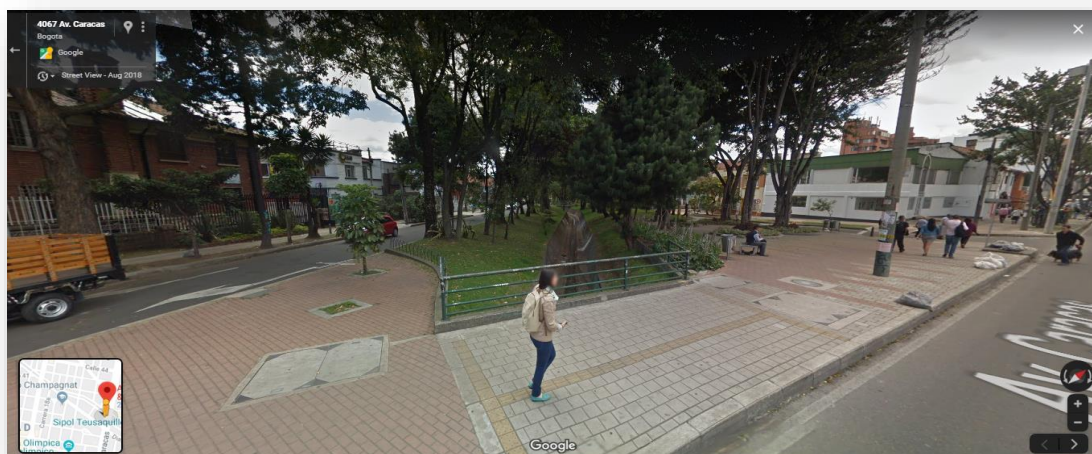
Anexo 23. Foto ubicación real del canal rio Fucha.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 23. Foto ubicación real del canal rio Fucha. Ubicado en la Av. Calle 12A Sur desde Av. Jorge Gaitán (KR 30 hasta Av. ciudad de quito (NQS).

Anexo 24. Foto ubicación real del canal rio Arzobispo.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 24. Foto ubicación real del canal rio Arzobispo. Ubicado en la Av. Caracas con Dg 40a Bis.

Anexo 25. Foto ubicación real del colector Pastrana Tramo I.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 25. Foto ubicación real del colector Pastrana Tramo I. Ubicado en la ubicado en la Av. Ciudad Villavicencio desde av. primera de mayo hasta KR 80D.

Anexo 26. Foto ubicación real del colector Pastrana tramo ii.



Fuente: Elaboración propia con información secundaria.

El Anexo 26. Foto ubicación real del colector Pastrana tramo ii. Ubicado en la Av. primera de mayo desde Calle 38 B sur hasta Av. Villavicencio.

