

**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PROVOCADA POR LA CONSTRUCCIÓN
DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

Laura Valeria Ardila Camargo

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada

1103359

Ingeniero. Diego Palma

Agosto 2022

Contaminación ambiental provocada por la construcción del metro en la ciudad de Bogotá

Introducción

En la ciudad de Bogotá - Colombia, se tiene antecedentes desde el año 1942 (Metro de Bogota, 2020) hasta el presente, frente a los proyectos, estudios y planes para la realización de la creación del metro de Bogotá. Han pasado más de 70 años en la que los capitalinos han esperado la construcción del metro Bogotá. En esta obra, se puede dilucidar que en el presente el proyecto metro es una realidad en beneficio de todos los capitalinos, generando de la misma, empleos y nuevas formas de movilidad, en pro de la capital como de los bogotanos y personas que viven en la ciudad que usan el medio de transporte público, dando paso a mejores condiciones de calidad de vida.

Durante el pasar de los años y con diferentes discusiones por parte del Gobierno Nacional, Alcaldía Mayor y Consejo de Bogotá, frente de como tendría que ser el metro para la ciudad de Bogotá, se llegó a que este debía ser un trazado en viaducto (El espectador, 2014) debido a la composición del suelo que posee la ciudad; sin embargo, entre alegrías y esperanzas de ver esta obra terminada y lista para su ejecución, no se ha tenido en cuenta el gran problema que se está creando debido a la contaminación ambiental que se produce en la construcción de esta obra; teniendo en cuenta que para su realización se necesitaron y expropiaron diferentes predios en la ciudad de Bogotá (predios por donde va a pasar la primera línea del metro), provocando así, la demolición de obras existentes, generando contaminantes llamados residuos sólidos de construcción y demolición (RSCD).

No obstante, es importante mencionar y señalar que la contaminación también puede ser generada por emisiones de contaminantes locales, produciendo altos niveles de gases de efecto invernadero¹ (Benavides Ballesteros & Leon Aristizabal, 2007)

“El desarrollo de las actividades previamente nombradas podrían representar la alteración de la calidad del aire en el área de influencia ocasionado principalmente por movimientos de materiales de construcción, descapote, remoción de suelos, excavación y cargue de camiones, descargue de camiones, combustión interna equipos fuera de vía y tráfico vehicular proyectado en el área del proyecto”. (Consortio Metro Bogota SYSTRA e INGETEC ingenieros consultores, 2018)

Palabras claves: Predios demolidos, residuos sólidos, construcción, demolición, efecto invernadero, contaminación.

¹ Son componentes gaseosos de la atmosfera que absorben y emiten radiación dentro del rango infrarrojo (Benavides Ballesteros & Leon Aristizabal, 2007)

Cuerpo del ensayo

De acuerdo con informes realizados por el consorcio a cargo, se establecen actividades previas para la construcción de esta obra vial, en donde se puede observar la cantidad de emisiones generadas por cada actividad necesaria para la realización de las obras.

Tabla 1 Emisiones Generadas por producción industrial de cemento en la construcción

Actividad	Ítem	CO ₂
Construcción de obra civil	Emisiones por fabricación del cemento contenido en el concreto (estructuras, fundaciones, tableros, columnas, estaciones, pavimentos, obras complementarias, etc.)	242.074
	Total (ton)	242.074

Fuente: Empresa Metro de Bogotá, 2017

Tabla 2 Producciones de CO₂, frente a actividades de construcción

ACTIVIDAD	EMISIONES DE CO ₂
El sector del cemento, es uno de los sectores con más responsabilidad frente a estas emisiones.	Alrededor del 5% de CO ₂ , cada tonelada de cemento en su fabricación, emite 1 T de CO ₂ a la atmosfera, frente al hormigón, se emplean 1.6 Billones de Toneladas de cemento
Hormigón, es considerado como uno de los materiales más	

implementados para la construcción a entorno global	
De acuerdo al transporte implementado	Su rango esta entre el 6-8% de las emisiones totales de CO ₂ , causando efecto invernadero
sector de construcción comercial y residencial	Estos representan aproximadamente el 39% del CO ₂ que va hacia la atmosfera, generando el 30% de RSCD y el 20% generando la contaminación de las aguas

Fuente: Información de apoyo tomada de (GrowingBuilding, 2019)

De acuerdo con estudios realizados para ver la afectación del proyecto con el medio ambiente, se ha establecido que, los gases nocivos que se van a presentar durante el desarrollo de actividades de pre construcción y construcción son negativos y pueden afectar a la población que este expuesta a dichas emisiones.

Para su probabilidad de ocurrencia, se tiene en cuenta factores de consecuencia en los procesos de pre construcción y construcción; los residuos generados de las demoliciones pertinentes, movimientos de material (ítem que es considerado como uno de los más importantes debido a que el material puede perder partículas con agentes externos como lo

es el viento, ocasionando así emisiones mayores para el medio ambiente) y vehículos² que transitan por la zona del proyecto, calificándola como muy probable de contaminación al ambiente; es de vital importancia, tener en cuenta que la duración de estos daños ambientales ocasionados en esta magnitud se van a dar durante la construcción del proyecto.

Es de conocimiento que, los niveles de vulnerabilidad ocasionados por estas obras se encuentran en un percentil alto, de acuerdo al informe del consorcio se menciona lo siguiente,

“Pese a la capacidad degradación de los compuestos que tiene el medio, la alteración de la calidad del aire durante la fase de pre construcción y construcción puede llegar a generar cambios en la dinámica de estabilización de la calidad del aire en la zona debido por los tiempos prolongados de exposición a emisiones” (Consortio Metro Bogota SYSTRA e INGETEC ingenieros consultores, 2018)

Por otra parte, es muy importante tener en cuenta el manejo o el proceso que se debe llevar a cabo frente a los residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se van a tener en la obra, pues estos escombros pueden convertirse en material de relleno para los humedales de Bogotá, por lo que se propone como una opción viable la reutilización de los mismos, de modo que, si no se maneja una economía circular con estos residuos estos pueden ser desechados como rellenos causando un impacto hídrico ambiental, obteniendo consecuencias para el ser humano y el ambiente, teniendo en cuenta que,

² Son considerados grandes agentes de contaminación ambiental, esto se da a partir de los motores de combustión, ya que van generando diferentes tipos de gases los cuales van hacia la atmósfera contaminando así el entorno ambiental. (Roldan, 2019)

“Como sabemos el agua es un recurso natural renovable pero no valorado”

(Millán Contreras & Benavides Jimenez, 2019)

Dicho esto, se teme que estos residuos contaminen el suelo, cuerpos de agua y aguas subterráneas, de especial importancia las aguas subterráneas debido a que estas fuentes hídricas son muy importantes para comunidades que no cuentan con este recurso de manera potable.

Gestión y tratamiento de RCD

Es de vital importancia, tener en cuenta que estos residuos están compuestos de diferentes materiales, los cuales son dependientes del tipo de construcción que se va o se llevó a cabo y su correspondiente ubicación en la que se sitúa el proyecto. Sin embargo, mediante estudios realizados por CEDEX, se ha determinado que aproximadamente el 75% de estos residuos están compuestos por cerámicos, hormigón, piedra, arena, grava y áridos.

(CEDEX, 2020) y (Flores Condori, 2020). Por lo que es importante tener en cuenta la gestión que se debe presentar hacia estos residuos y las respectivas herramientas que se han de implementar para su ejecución.

Para la gestión de Residuos de Construcción y demolición (RCD), se implementan las siguientes herramientas, las cuales según (Kabirifar, Mojtahedi, Wang, & Wy Tam, 2020) se dividen en 3 categorías, como se muestra a continuación.

Tabla 3 Herramientas para la gestión de RCD

Herramienta	Descripción	
1. Herramientas tecnológicas de la		Se implementan herramientas computacionales como lo es la tecnología BIM (con el fin de simular la obra que se va

información en la gestión de Residuos de Construcción y Demolición	Modelado de información de construcción	a llevar a cabo) para estimar la cantidad de RCD antes de su ejecución; con el fin de obtener una estimación de la cantidad para la gestión de los mismos. De acuerdo a un estudio realizado por (Cheng & Ma, 2013) en donde se realizó la planificación de un proyecto, se pudo evidenciar que esta herramienta computacional estima la respectiva información del material a implementar y la cantidad necesaria para su ejecución, dando así un conclusión de que con ayuda de esta herramienta, no se tendría que consumir más material del estimado y por ende no se generaría en grandes cantidades residuos de construcción.
	Identificación de Radiofrecuencia	Se implementa esta herramienta con el fin de administrar y rastrear materiales de construcción, esta herramienta es de común uso para el control de materiales que se implementan en las obras.
	Sistemas de información Geográfica y	Se han venido generando tecnologías como GIS y GPS para evitar el desperdicio de

	posicionamiento global	material de construcción, implementando hábitos de reciclaje de estos.
	Grandes datos / Big Data	Se implementa como tecnología para el almacenamiento y el análisis de grandes volúmenes de datos (Kabirifar, Mojtahedi, Wang, & Wy Tam, 2020), con respecto a los RCD, se implementa el Big Data para identificar los volúmenes de datos que se necesitan en las etapas de construcción, como el diseño, adquisición, construcción y demolición, con el fin de que en el momento de obtener estos datos, se estime la cantidad que va a ser generada de estos residuos.
2. Enfoques de gestión de Residuos de Construcción y Demolición	Principio de lean	“Reduce las pérdidas a lo largo del flujo productivo por ende nuestro fin es mejorar la producción ideal de material haciendo que este sea mayor y en el menor tiempo” (Ayna Huamán, 2016)
		Se basa en aprovechar al máximo la utilización de los recursos, con los residuos que se obtengan de esta utilización,

	Economía circular	transformarlos en recursos. Una de las características fundamentales de la E.C. es utilizar, reciclar y transformar estos recursos con el fin de ser amigable para el medio ambiente pero también es óptima para la economía, fomentando así la producción más limpia y ecología industrial. Con respecto a los RCD, se estimula esta economía con la transformación de estos desechos en materiales aprovechables de diferentes usos.
3. Tecnologías de gestión de Residuos de Construcción y Demolición	Prefabricación	Con este método se ha evidenciado que es notable la reducción de desechos que se generan en obra, obteniendo un 52% de reducción, sin embargo, este método no es del todo absoluto o beneficioso para el constructor, pues se rige a la cantidad exacta de material lo que genera problemas en la flexibilidad de materiales y transporte de los mismos.

Elaboración propia, información tomada de (Kabirifar, Mojtahedi, Wang, & Wy Tam, 2020)

Por otra parte y dando contexto a esta solución, se encuentra la transformación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), los cuales con ayuda de diferentes procesos, se pueden transformar en diferentes materias que sirven para la constitución de bases, subbases y mezclas hidráulicas. (Castaño, Rodriguez, Lasso, Gomez Cabrera, & Ocampo, 2013).

Ilustración 1 Planta de tratamiento para RCD



Hecho por elaboración propia con información de (Flores Condori, 2020)

Conclusiones

- Los daños ambientales ocasionados se van a generar durante el proceso de la construcción del Metro de Bogotá, sin embargo, no se tiene en cuenta que estos procesos son acumulativos por lo que Bogotá durante el tiempo establecido por el consorcio va a sufrir de contaminación ocasionada por gases de efecto invernadero.
- Una de las mejores soluciones para el manejo de los Residuos de Construcción y Demolición es la Economía circular, pues permite al consumidor obtener nuevos recursos con usos diferentes o similares de los residuos obtenidos, no solo esto, es una solución la cual es amigable con el medio ambiente, permitiendo que estos desechos no terminen en rellenos para los ríos y otras fuentes de agua y también contribuye al régimen económico.

Trabajos citados

Consorcio Metro Bogota SYSTRA e INGETEC ingenieros consultores. (2018). *Estudio de Impacto Ambiental y Social del tramo 1 de la primera línea del metro de Bogota*
Capitulo 7. Bogota.

Metro de Bogota. (2020). *Historia*. Obtenido de
<https://www.metrodebogota.gov.co/?q=historia>

El Tiempo. (8 de Agosto de 2022). *Historia del Metro de Bogotá: un sueño desde 1940*.
Obtenido de <https://www.eltiempo.com/bogota/metro-de-bogota-a-lo-largo-de-la-historia-por-70-anos-693338>

El espectador. (15 de Octubre de 2014). *Red de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de
Preocupación por impacto ambiental que tendría construcción del Metro en Bogotá:
<https://www.rds.org.co/es/novedades/preocupacion-por-impacto-ambiental-que-tendria-construccion-del-metro-en-bogota>

Roldan, L. F. (24 de julio de 2019). *Ecologia Verde*. Obtenido de Contaminacion vehicular:
<https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html>

Romero, D. S. (2021). *Universidad de la Salle*. Obtenido de Percepción frente a la
construcción de la primera línea metro de Bogotá de los habitantes y comerciantes
ubicados en la zona de influencia del proyecto.:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1946&context=ing_civil

Millán Contreras, J. E., & Benavides Jimenez, J. A. (2019). *Universidad Catolica de Colombia*. Obtenido de IMPACTOS EN CUERPOS DE AGUA GENERADOS

POR LAS DIFERENTES FASES DE CONSTRUCCION DE LA PRIMERA
LÍNEA DEL METRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ:

<https://core.ac.uk/download/pdf/288162215.pdf>

Cantos . (s.f.). *Planta de reciclaje de RCD*.

CEDEX. (2020). *Centro de estudios y experimentacion de obras publicas 2020*. . Obtenido

de Catalogo de residuos reutilizables en construccion :

www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/.

GrowingBuilding. (30 de marzo de 2019). *Construcción y emisiones CO2 a la atmosfera*.

Obtenido de <https://growingbuildings.com/construccion-y-emisiones-co2-a-la-atmosfera/>

Flores Condori, J. (octubre de 2020). *GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CUSCO*. Obtenido de Master's Thesis Universitat Politècnica de Catalunya

Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C., & Wy Tam, V. (abril de 2020). *Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A Review*. Obtenido de Journal of Cleaner Production, 263, 121265: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>

Cheng, J., & Ma, L. (Paginas: 1539-1551 de 2013). *A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. VOL 3* (Vol. 3). Obtenido de ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>.

Castaño, J., Rodriguez, M., Lasso, L. A., Gomez Cabrera, A., & Ocampo, M. (octubre de 2013). *Gestion de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá: Perspectivas y limitantes*. Bogotá: Tecnura. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2013000400010

- Benavides Ballesteros , H. O., & Leon Aristizabal, G. E. (2007). *Informacion Tecnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climatico*. Obtenido de IDEAM: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50544101/Gases_de_Efecto_Invernadero_y_e1_Cambio_Climatico-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1660088556&Signature=MvOMkKgC~tSrlid-yfkUcxH7Xc4E-BDeaR-AnMOKmTP3meSz6qXiQyvJDWL2II9CROjGcRxqAU4-AIuGOJ0MN6wAfvtztoVU8xgPb5oqB6J-
- Ayna Huamán, W. (2016). *Aplicación del principio de Lean Construction para la optimización de la productividad de las partidas de movimiento de tierras con maquinaria pesada en la cantera Pallpancay Chimpahuaylla San Jerónimo Región Cusco*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Mejia , E., Giraldo, J., & Martínez, L. (20 de julio de 2013). Construction and demolition waste Review about their composition, impacts and management. *CINTEX*, *Volumen: 18*, pp: 105-130.