



Universidad Militar Nueva
Granada
Programa de Ingeniería Civil
Trabajo de grado

**ENFOQUE GERENCIAL PARA GESTION DE PROYECTOS URBANOS FRENTE
A ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN: ANÁLISIS DEL CASO DE
INUNDACIONES EN LA AUTOPISTA NORTE DE BOGOTÁ (CALLES 200–222)**

TRABAJO DE GRADO

Presenta:

Valentina Fiallo Diaz

Laura Bibiana Ramírez Moreno

Directora: Luz Piedad Gallego Osorio

Bogotá D.C.

2025.



Dedicatoria

A mis padres y a mis hermanos, con todo mi amor, gratitud y admiración.

Este logro es el reflejo del esfuerzo conjunto de una familia que siempre ha estado unida en los momentos más difíciles y en los más felices. A mis padres, les agradezco profundamente por su amor incondicional, por su paciencia infinita y por haberme enseñado con su ejemplo el valor del trabajo, la responsabilidad y la perseverancia. Gracias por cada sacrificio hecho en silencio, por sus palabras de aliento cuando más las necesitaba, y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba.

A mis hermanos, gracias por ser mi apoyo constante, por sus palabras de ánimo, por las risas compartidas y por estar presentes en cada paso de mi camino. Su compañía y cariño han sido una fuente de fortaleza y alegría que me ha impulsado a seguir adelante.

Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes, porque cada avance, cada página escrita y cada meta alcanzada llevan impreso su amor, su apoyo y su confianza en mí.

Hoy culmino una etapa muy importante, y dedico este trabajo a ustedes, mi familia, que son mi mayor orgullo y la razón más grande por la que sigo soñando.

Con todo mi corazón, gracias por caminar conmigo en este camino hacia mis metas. Este triunfo también les pertenece.



Dedicatoria

A mi Abuela,

Fuente inagotable de sabiduría, amor incondicional y fortaleza ejemplar. Tu fe y tus incansables oraciones han sido el cimiento silencioso sobre el cual se construyó cada etapa de mi formación. Este logro es el resultado de la esperanza que siempre sembraste en mí.

A ti, amada abuela, extendiendo el agradecimiento más visceral y sincero. Tu presencia ha sido la luz que disipa las sombras, la voz que infunde calma y la fe que nunca vacila. Cada paso dado en este camino universitario fue sostenido por tu inquebrantable espíritu y la dulzura de tus palabras. Gracias por forjar en mí la perseverancia y por mostrarme que la verdadera riqueza reside en los valores más nobles. Este logro no me pertenece solo a mí; es una ofrenda a tu legado de vida, sacrificio y amor incondicional. Eres, y siempre serás, mi primer gran ejemplo.

A mis queridos tíos, extendiendo mi agradecimiento, su ejemplo de disciplina y su inagotable cariño han sido una lección de vida fundamental. Por cada consejo oportuno, por cada aliento en las noches de estudio, y por compartir su sabiduría con tanto amor, este título es también el fruto de su dedicación. Les agradezco desde lo más profundo del corazón por creer en mi potencial y por ser, sin duda, un pilar esencial e irremplazable en la consecución de esta meta.

Con todo mi amor y gratitud eterna, Este triunfo es nuestro.



Contenido

Tabla de ilustraciones	6
Resumen:	8
Introducción:	9
Antecedentes:	11
Problema de investigación	16
Planteamiento del problema:	16
Objetivos:	21
Objetivo General	21
Objetivos específicos	21
Justificación:	22
Marco teórico:	24
PMI (project management institute):	24
Beneficios comunes para los gestores de proyecto:	24
Gerencia de proyectos:	26
Importancia de la gerencia de proyectos:	26
Procesos Clave de la Gerencia de Proyectos:	27
Funciones Principales de un Gerente de Proyectos:	28
Gobernanza:	28
Marco de referencia internacional:	29
PMBOK:	29
ONU-Hábitat:	30
Marco de Referencia del PMI para la Toma de Decisiones Éticas:	32
Gerencia de proyectos urbanos:	35
Herramientas de gerencia de proyectos	36
Importancia de la autopista norte en Bogotá	37
Kpis (indicadores clave de desempeño) para la gestión del riesgo de inundación	37



Indicadores de riesgo (enfoque preventivo y de impacto)	38
Acciones para reducir los riesgos de inundación	38
Planificación de la autopista norte de Bogotá (calles 200–222)	39
Gestión de interesados frente a inundaciones:	41
Las anomalías por precipitación:	41
¿Qué son las inundaciones?	42
Factores que aumentan la amenaza por inundación por desbordamiento:	43
Factores que aumentan la vulnerabilidad a la inundación por desbordamiento:	44
Inundaciones en Colombia:	44
Inundaciones en Bogotá:	45
Lluvias en Bogotá:	46
¿Qué son las precipitaciones?	50
Intensidad de lluvia:	50
Caudal:	50
Los riesgos de construir en humedales:	51
Marco normativo:	54
Metodología:	60
Enfoque general:	60
Fase 1: Gestión ambiental y modelación hidráulica para la identificación de zonas críticas de inundación en la Autopista Norte.	60
Propósito y criterio gerencial:	60
Alcance de la Fase 1:	61
Supuestos y limitaciones de la fase	61
Producto de Fase 1	61
Procedimiento	62
Resultados — Fase 1	63
Área del tramo de la Autopista norte entre la calle 200 y 222:	63
Mapa para la localización del tramo y subcuenca (QGIS):	64
Insumos Cartográficos:	64
Datos de caudales medios obtenidos de la CAR:	66



Representación del humedal Lagos de Torca elaborado en HEC-RAS	68
Fase 2: Gestión integral de riesgos e interesados	70
Propósito y criterio gerencial.....	70
Alcance de la Fase 2	71
Supuestos y limitaciones de la fase	71
Producto de Fase 2	71
Procedimiento	72
Resultados — Fase 2	72
Riesgos climáticos:	72
Fase 3: Gestión gerencial aplicada a la cuantificación de pérdidas y la consolidación de información	81
Propósito y criterio gerencial:.....	81
Alcance de la Fase 3	82
Supuestos y limitaciones de la fase	82
Producto de Fase 3	83
Procedimiento	83
Resultados — Fase 3	84
Acta de constitución.....	94
FASE 4: Gerencia de soluciones integrales de infraestructura verde y gris en el marco del proyecto Accesos Norte Fase II.	98
Propósito y criterio gerencial.....	99
Alcance de la Fase 4:	99
Supuestos y limitaciones de la fase	100
Producto de Fase 4	100
Procedimiento	101
Resultados — Fase 4	102
Conclusiones	117

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1.Linea del tiempo de Lagos de Torca. (ACUEDUCTO , s.f.).....	15
---	----



Ilustración 2. Zonificación del humedal de Torca – Bogotá (Colombia). (García Leon, Beltrán Vargas , & Zafra Mejía, 2020).	16
Ilustración 3. 3.Amenaza de inundación. (Planeacion, 2017).....	20
Ilustración 4. Convenciones de la ilustración 1. (Planeacion, 2017).....	21
Ilustración 5.Tipos de inundaciones. (Bogotá, 2025).....	43
Ilustración 6. Causas principales de las inundaciones. (Bogotá, 2025).....	43
Ilustración 7. áreas de amenaza por inundación periódica en Colombia.	45
Ilustración 8. Cuencas urbanas del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Bogotá. (Bogotá, 2025)	45
Ilustración 9.Ríos, quebradas y humedales de la zona Urbana de Bogotá. (Bogotá, 2025).....	46
Ilustración 10. caracterización climatológica de Bogotá. (Bogotá, 2025)	47
Ilustración 11.Mapa CG-3.3.10 Amenaza por Inundación – Decreto 555 de 202 (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021).....	48
Ilustración 12.Aeropuerto Internacional de Kansai (problemas de hundimiento) ..	52
Ilustración 13.En Nigeria, el proyecto urbanístico Eko Atlantic. (Yakubu, 2023)....	52
Ilustración 14. Quilicura (Chile) se levantó un edificio sobre un antiguo humedal costero. (Campos, 2024).....	53
Ilustración 15.escenario prioritario de ejecución 2004 - 2007 por operaciones estratégicas	55
Ilustración 16.Area de tramo de la Autopista norte entre la calle 200 y la calle 222.	63
Ilustración 17. Subcuenca delimitada por QGIS / elaboración propia.	64
Ilustración 18.Caudales medios del sistema hídrico Torca-Guaymaral./ obtenidos dela página de la CAR (HMV ingenieros , CAR, 2021)	66
Ilustración 19. Hidrograma de lagos Torca / Obtenido de la CAR (HMV ingenieros , CAR, 2021).....	67
Ilustración 20. Tabla de caudales maximos usados en HEC-RAS. (HMV ingenieros , CAR, 2021).....	67
Ilustración 21.Humedal Lagos Torca/ Elaboración Propia. Ras Mapper.....	68
Ilustración 22.Muestra del humedal Lagos Torca entre la calle 200 a la calle 222 en la Autopista Norte. /Elaboración propia.	69
Ilustración 23. Fuentes de información, reportes para la toma de daños y perdidas (CARACOL RADIO , 2024).	88
Ilustración 24.Tabla de cálculo de perdidas.....	91
Ilustración 25. Tabla de pérdidas de noviembre de 2024.	92
Ilustración 26. Tabla de pérdidas de marzo de 2025 con un estimado menos del 15%	93
Ilustración 27.costos de soluciones basadas en la naturaleza /elaboración propia.	106
Ilustración 28. Área viable para construir/elaboración propia.....	107



Resumen:

El presente trabajo de grado, aborda la problemática crítica de las inundaciones recurrentes en una sección vital de la infraestructura vial capitalina, identificando su nexo directo con los patrones anómalos de precipitación y las deficiencias en la gestión de proyectos urbanos. El objetivo central de la investigación consistió en establecer la pertinencia y el impacto de un enfoque gerencial estandarizado, utilizando como marco de referencia los procesos y lineamientos definidos por el Project Management Institute (PMI), con el fin de optimizar la administración y ejecución de la infraestructura urbana en contextos de alta vulnerabilidad climática.

Metodológicamente, el estudio resalta que la aplicación rigurosa de los estándares y las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos, incluyendo los principios de gobernanza, el marco ético del PMI, y la implementación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) específicos para el riesgo hídrico, constituyen una herramienta fundamental para mitigar las externalidades negativas del cambio climático. En conclusión, la adopción de este enfoque gerencial propuesto no solo garantiza una mayor eficacia y cumplimiento en la ejecución de los proyectos, sino que también funge como un catalizador para robustecer la resiliencia urbana y la capacidad de respuesta institucional frente a eventos de precipitación extrema.



Introducción:

Bogotá enfrenta eventos recurrentes de inundación que interrumpen la movilidad, deterioran activos urbanos y elevan costos operativos y sociales. La ciudad concentra encharcamientos e inundaciones en zonas con limitaciones hidráulicas y con exposición creciente de población e infraestructura crítica (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. IDIGER, 2025).

El sistema urbano recibe presiones adicionales por la variabilidad y el cambio climático, que modifican patrones de precipitación y extremos hidrometeorológicos registrados y previstos para el país (IDEAM., 2023)

Este trabajo aborda el problema como un proyecto y propone dirigirlo con marcos de gestión reconocidos internacionalmente. El estudio adopta los principios y dominios del PMBOK® Guide, Seventh Edition para orientar decisiones por valor y resultados, priorizando la definición de objetivos, interesados, entregables y métricas (Project Management Institute (PMI). , 2021).

El trabajo complementa ese enfoque con la guía de dirección de proyectos ISO 21502:2020, aplicable a organizaciones públicas y privadas con enfoques predictivos o adaptativos (ISO, 2018), y con ISO 31000:2018 para gestionar riesgos de manera integrada durante todo el ciclo de vida (ISO, 2018).

El contexto regulatorio colombiano establece obligaciones y arreglos institucionales que enmarcan la intervención. La Ley 1523 de 2012 define la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y estructura el Sistema



Nacional, lo que exige prevenir, mitigar y preparar la respuesta desde la planificación del territorio y los proyectos (Colombia., 2012).

El Decreto Distrital 555 de 2021 (POT Bogotá) incorpora la Gestión Integral del Riesgo y llama a fortalecer telemetría, monitoreo y medidas estructurales y no estructurales frente a inundaciones (Bogotá., 2021).

Asimismo, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP) plantea lineamientos de su Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, que orientan inversiones y coordinación interinstitucional relevantes para la mitigación (EAAB-ESP).

La evidencia internacional muestra que muchas ciudades aumentan su exposición al crecer dentro de planicies de inundación. Asentamientos en las zonas de mayor peligro crecieron 122 % entre 1985 y 2015, en contraste con 80 % en zonas seguras, lo que refuerza la necesidad de planes con gestión del riesgo y gobernanza robusta (Rentschler, 2023)

Para traducir ese reto al caso de Bogotá, el proyecto propone artefactos de dirección concretos, además de lineamientos de adquisiciones, calidad y sostenibilidad.

El estudio delimita el área de influencia, caracteriza interesados estratégicos (instituciones distritales, operadores, comunidades y privados) y define entregables que integran soluciones basadas en la naturaleza, mantenimiento preventivo, sistemas de alerta temprana, gestión de activos y acciones de cultura del riesgo. El trabajo fija metas, establece mecanismos de seguimiento y evaluación, y plantea una gobernanza con roles y responsabilidades que aseguren trazabilidad de decisiones, coordinación interinstitucional y mejora continua, en coherencia con los estándares de proyectos y con el marco normativo nacional y distrital vigente.



Antecedentes:

De acuerdo con el Decreto 190 de 2004, que corresponde al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá, el Humedal Torca-Guaymaral está clasificado como un Parque Ecológico Principal. Esta categoría implica que deben preservarse sus recursos naturales, su biodiversidad y sus funciones ecológicas. En este tipo de áreas protegidas, solo se permiten actividades que no alteren su equilibrio hídrico ni su conectividad ecológica, tales como la educación ambiental, la investigación y la sensibilización comunitaria. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004)

En este contexto, se plantea la construcción de un centro tecnológico entre las calles 209 y 215, en el costado nororiental de la ciudad. Este espacio ofrecería talleres educativos para los residentes del área, con énfasis en tecnología, medio ambiente y sostenibilidad. Si se ejecuta de manera responsable, este proyecto podría generar una conexión positiva entre la comunidad y el entorno natural, promoviendo una cultura de cuidado y respeto por los ecosistemas locales. No obstante, al ubicarse en un entorno ecológicamente sensible, su planificación debe incorporar criterios técnicos y gestión del riesgo, que permitan y garanticen la conservación y funcionalidad de la infraestructura.

El área circundante al futuro centro tecnológico incluye entidades como el Cementerio Jardines de Paz, la Compañía Nacional de Reforestación, la empresa Mazda, las constructoras Colpatria y Mazuera, y la Escuela de Fútbol Alejandro Brand. Todos estos actores deben ser tenidos en cuenta en la planificación del proyecto, con el fin de lograr un desarrollo urbano que respete los principios de sostenibilidad ambiental y mantenga un equilibrio con los valores ecológicos del territorio. (Bastidas, 2020)

Por otro lado, la zona presenta una problemática crítica relacionada con las inundaciones, especialmente en el tramo de la Autopista Norte comprendido



entre las calles 200 y 222. Diversos estudios han señalado que las causas principales de estas inundaciones son el aumento de la impermeabilización del suelo, la insuficiencia del sistema de drenaje y falta de planificación frente a variaciones en los patrones de precipitación. Estas condiciones se agravaron el pasado 6 de noviembre, cuando un aguacero que dejó aproximadamente 90 litros de agua por metro cuadrado provocó el desbordamiento del Humedal Torca, afectando ambos costados de la vía, paralizando la movilidad y dejando más de 200 vehículos varados. (Neira, 2024)

Ante este escenario, el alcalde Carlos Fernando Galán propuso medidas como la ampliación de la Autopista Norte y la construcción de un canal de drenaje para mejorar el manejo de las aguas. Sin embargo, la eficacia de estas propuestas depende de la gerencia integral que articule la infraestructura, normatividad y sostenibilidad, bajo el enfoque del riesgo urbano. (Velásquez, 2025)

La situación del Humedal Torca evidencia los impactos negativos que pueden generar las intervenciones urbanas cuando no se consideran adecuadamente las condiciones ambientales del territorio. Por ello, es fundamental que cualquier nuevo desarrollo, como el centro tecnológico, se realice bajo un enfoque de desarrollo sostenible. Integrar la planificación técnica, la valoración ecológica y las herramientas de gerencia de proyectos urbanos facilita una articulación efectiva entre la preservación ambiental y el desarrollo urbano sostenible.

Actualmente, se encuentra en desarrollo un estudio que evaluará los impactos de las obras realizadas en el área del Humedal Torca sin tener en cuenta su condición de área protegida. Este análisis será clave para formular propuestas que aseguren una integración armónica entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental, y permitirá avanzar hacia una ciudad



más resiliente, equitativa y respetuosa con sus ecosistemas. (López, Plata Rangel, & Fuentes Cortes, 2015)

Bogotá, situada en una llanura que anteriormente era un extenso humedal, ha enfrentado constantemente retos debido a inundaciones, agravadas por su topografía. El descontrolado crecimiento urbano y las consecuencias del cambio climático. Durante los siglos XX Y XXI, numerosos eventos han dejado su huella en la ciudad; resaltan las continuas inundaciones del Río Tunjuelo, sobre todo en la década de 1960, así como las crecidas del Río Bogotá. No obstante, una de las emergencias más severas ocurrió en 2011, cuando el Río de Bogotá alcanzó su límite y sus desbordamientos en la Sabana de Bogotá fueron considerados lo más grave en su historia, reclamando áreas que habían sido ocupadas por la expansión de la ciudad. Más recientemente, fenómenos como la granizada de 2007 y las fuertes lluvias de 2024 y 2025 que han colapsado el transporte en amplias zonas de la ciudad, incluso impactando la Autopista Norte y el Aeropuerto El Dorado, han evidenciado la fragilidad de la infraestructura y la urgente necesidad de implementar medidas de mitigación y mantenimiento del sistema de drenaje.

Las recientes temporadas de lluvias en Bogotá, especialmente hacia finales de 2024 y lo que va de 2025 han ocasionado inundaciones graves que han desafiado la resistencia de la capital. Estos episodios han provocado un desorden generalizado, sobre todo en la movilidad urbana, con vías importantes como la Autopista Norte, la Carrera Séptima y rutas secundarias en Suba y Engativá transformadas en verdaderos ríos, generando enormes congestiones de tráfico y la suspensión del servicio de transporte público, incluido Transmilenio. Los estragos alcanzan la infraestructura, donde los sistemas de drenaje y alcantarillado están desbordados y no logran manejar la magnitud de las lluvias, resultando en inundaciones en sótanos, locales comerciales y viviendas en barrios de áreas bajas y en crecimiento, lo que conlleva pérdidas materiales significativas para residentes y comerciantes.



Además, la acumulación de agua y basura ha creado riesgos para la sanidad y la salud pública, afectando la calidad de vida y poniendo de manifiesto la apremiante necesidad de invertir en la modernización de la infraestructura del agua pluvial y en una planificación urbana que responda mejor a los retos climáticos. (Rivera, 2022)



LAGOS DE TORCA

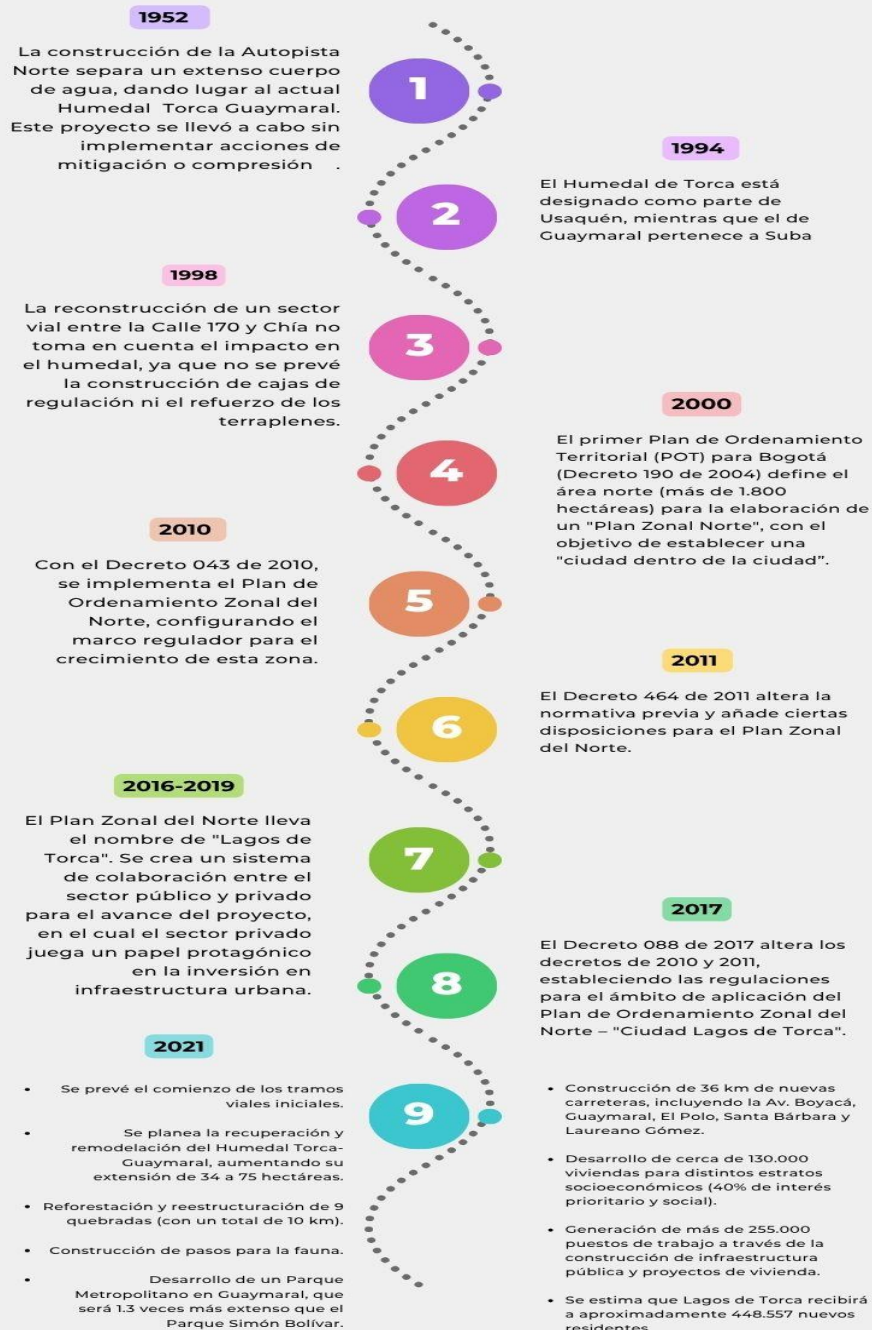


Ilustración 1. Línea del tiempo de Lagos de Torca. (ACUEDUCTO, s.f.)



Problema de investigación

¿Cómo puede la gerencia de proyectos aportar en la formulación de estrategias de gestión y mitigación frente a las inundaciones en el tramo vial de la Autopista Norte (Calles 200–222)?

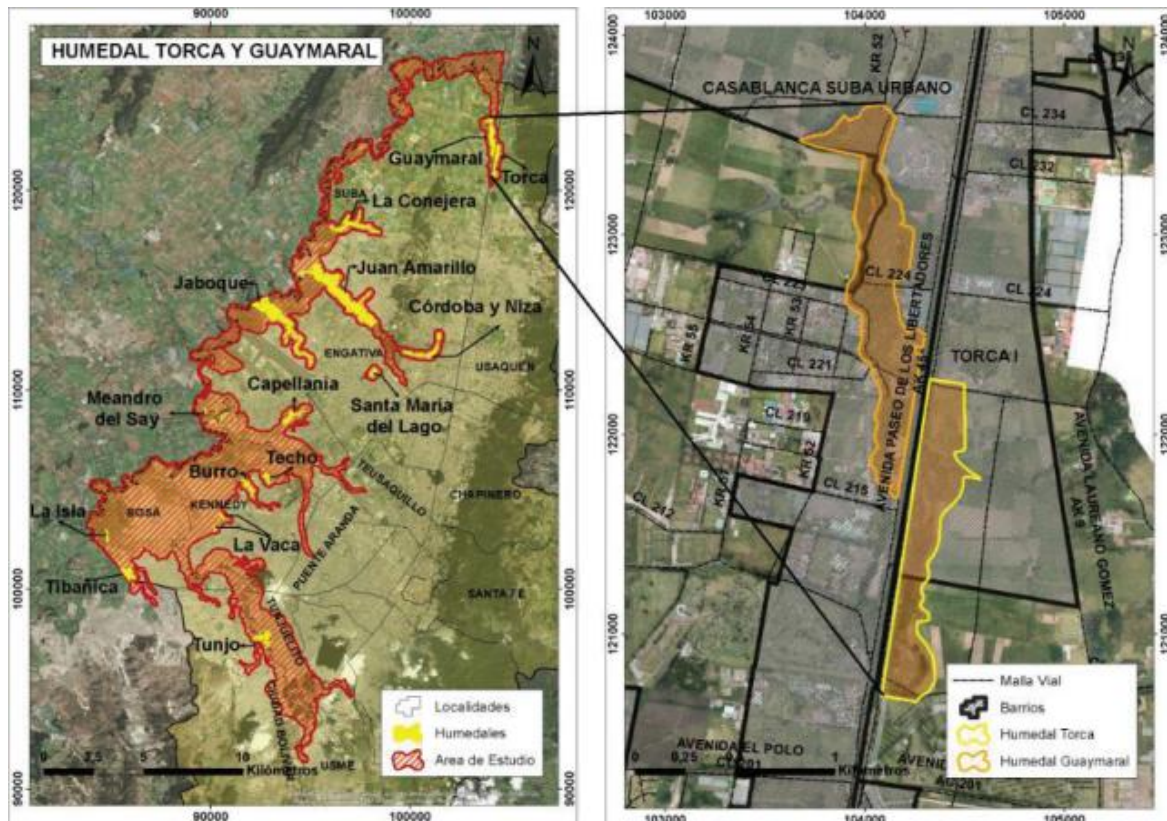


Ilustración 2. Zonificación del humedal de Torca – Bogotá (Colombia). (García Leon, Beltrán Vargas , & Zafra Mejía, 2020).

Planteamiento del problema:

El escenario de inundación urbana en Bogotá ha sido caracterizado por el IDIGER como un riesgo recurrente que afecta localidades con alta exposición y con limitaciones de drenaje, especialmente hacia el occidente de la ciudad. Esta condición ha sido documentada con mapas de amenaza, reportes de eventos y descripciones técnicas del fenómeno. (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. IDIGER, 2025).



Las Zonas Protegidas del orden Distrital son un grupo de lugares con características únicas que son importantes para el patrimonio natural del Distrito Capital, la Región o el País, cuya preservación es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas, la protección de la biodiversidad y el desarrollo de la cultura, según lo mencionado por la secretaria Distrital de Ambiente. Su gestión demanda un equilibrio entre la conservación ambiental y decisiones de planificación territorial.

De acuerdo con la información presentada por la secretaria Distrital de Ambiente, las áreas protegidas dentro del distrito de Bogotá se dividen en tres categorías principales, cada una destinada a la conservación del patrimonio natural. Primero están las reservas distritales de humedal, cuyo objetivo es proteger los ecosistemas acuáticos, regular el ciclo del agua y mantener la biodiversidad asociada a esos cuerpos de agua. En segundo lugar, están los paisajes sostenibles que combinan zonas rurales y periurbanas de alto valor ecológico, permitiendo actividades productivas que sean compatibles con la conservación y restauración del medio ambiente, Por último, los parques distritales ecológicos de montaña salvaguardan áreas claves de la estructura ecológica fundamental, como los cerros orientales, fomentando su restauración y facilitando la conectividad ecológica en la región.

La fragmentación del hábitat se refiere al proceso en el que un ecosistema natural extenso se divide en tres partes más pequeñas y aisladas, lo cual tiene efectos negativos sobre muchas de las especies que residen en esas áreas. Esta división reduce la superficie total ocupada por la vegetación nativa, lo que puede resultar, en algunos casos, en la extinción de ciertas especies.

La ocurrencia de emergencias durante temporadas lluviosas ha sido registrada por entidades distritales con datos consolidados de



encharcamientos, daños de alcantarillado y desbordamientos. Esta situación ha sido comunicada oficialmente con cifras de atención y con zonas priorizadas para seguimiento. (SECRETARÍA DE AMBIENTE, 2023)

La variabilidad y el cambio climático han sido reportados por el IDEAM con tendencias y análisis hidrometeorológicos a escala nacional. Estas presiones han sido señaladas como factores que inciden en extremos de precipitación y en la gestión del riesgo urbano. (IDEAM., 2023).

El marco normativo distrital y nacional ha sido establecido por el POT de Bogotá (Decreto 555 de 2021) y por la Ley 1523 de 2012, donde la gestión integral del riesgo ha sido incorporada como criterio para planear intervenciones, ejecutar obras y coordinar instituciones. Estas obligaciones han sido definidas como lineamientos vinculantes para el sector público (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004).

La planificación del drenaje urbano ha sido descrita por la EAAB-ESP en el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, donde la evolución del sistema y los principios de intervención han sido compilados como soporte técnico para orientar inversiones y coordinación. (ACUEDUCTO , s.f.).

La exposición urbana en zonas de inundación ha sido demostrada a nivel internacional con crecimiento acelerado de asentamientos en áreas de mayor peligro. Esta evidencia ha sido presentada con métricas comparativas y con implicaciones directas para la gobernanza del riesgo. (Rentschler, 2023)

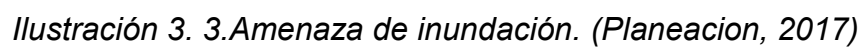
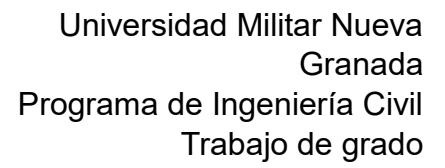
Frente a este contexto, la dirección de proyectos ha sido propuesta por estándares internacionales para estructurar decisiones por valor, resultados y riesgos. Esta orientación ha sido definida por el PMBOK® Guide – Seventh Edition y por las guías ISO 21502 (dirección de proyectos) e ISO 31000 (gestión del riesgo). (Project Management Institute (PMI). , 2021)



Brecha central: La traducción del escenario de inundación a un proyecto gerenciable no ha sido formalizada de manera integral con artefactos de alcance, cronograma, costos, riesgos, interesados, comunicaciones, calidad y adquisiciones que sean consistentes con los estándares PMI/ISO y con el marco normativo local. Esta necesidad ha sido identificada como condición para priorizar inversiones, asignar responsabilidades y medir resultados en el tiempo. (Project Management Institute (PMI). , 2021).

Bajo esta mirada se analizarán las anomalías presentes en el área de estudio y su conexión con el ecosistema evaluado, con el objetivo de entender de manera estas alteraciones afectan la dinámica del territorio. Además de observar cómo estas contribuyen a la posibilidad de inundaciones durante episodios de precipitaciones extremas, analizando los antecedentes históricos y las condiciones actuales del sistema de drenaje y la conectividad ecológica, una vez se obtengan estos datos se analizará desde la gerencia de proyectos los posibles desarrollos desde la parte de la ingeniería civil que se deben impulsar en la zona para reducir el riesgo de inundación.

Las ilustraciones proporcionadas a continuación se han tomado directamente de los planos oficiales del Plan Distrital de Desarrollo, empleados como base para el análisis del proyecto, donde se pueden observar las zonas de inundación, humedales, corrientes de aguas y zonas protegidas.



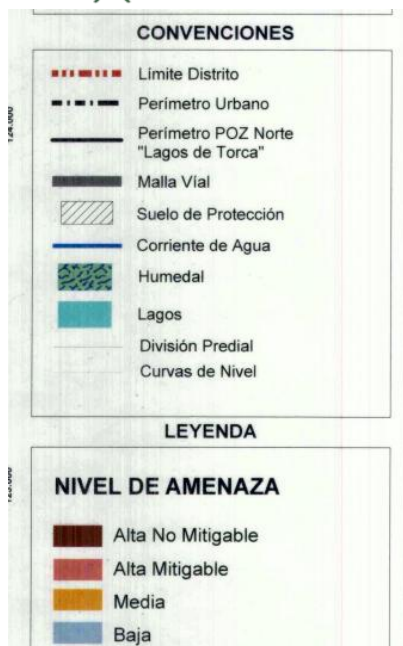


Ilustración 4. Convenciones de la ilustración 1. (Planeacion, 2017)

Objetivos:

Objetivo General

Proponer lineamientos de gerencia de proyectos orientados a fortalecer la mitigación de respuesta frente a eventos de inundación en la Autopista Norte de Bogotá (calles 200–222).

Objetivos específicos

- Diagnosticar el contexto urbano y ambiental del sector de la Autopista Norte Bogotá D.C, entre la calle 200 y 222 mediante revisión documental y análisis para determinar la zona de riesgo prioritaria asociada a las inundaciones.
- Restructurar la gobernanza y línea base de la zona afectada.
- Estimar los costos ocasionados por los eventos de inundación.
- Plantear las recomendaciones desde la formulación de proyectos urbanos en Bogotá, basadas en la zona de estudio.



Justificación:

Las anomalías de inundación en la Autopista Norte, especialmente entre la calle 200 y la 222, han sido registradas de forma reiterada y han afectado movilidad, seguridad vial e infraestructura. Esta situación ha sido corroborada por reportes oficiales y de prensa en eventos recientes, y ha sido asociada a niveles altos en el sistema hídrico local y a afectaciones en el corredor (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004)

La vinculación con irregularidades en precipitación y con limitaciones del drenaje ha sido sustentada por la evidencia climática y por diagnósticos urbanos. La variabilidad y el cambio climático han sido documentados con aumentos en precipitación intensa y eventos extremos a escala regional, lo que ha exigido planificaciones con métricas y seguimiento (IPCC. , 2021).

En Bogotá, el riesgo por inundación ha sido caracterizado con factores detonantes y zonas expuestas (IDIGER, 2025), mientras que la EAAB-ESP ha descrito la configuración y retos del sistema de drenaje urbano (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. IDIGER, 2025) (IDEAM., 2023).

La idoneidad del diseño actual ha sido planteada como una pregunta técnica que debe ser verificada contra el marco regulatorio y los parámetros de diseño vigentes. El Decreto 1077 de 2015 ha compilado la reglamentación sectorial, y el RAS 2017 (Res. 0330 de 2017 y sus modificaciones) ha definido requisitos técnicos para planeación, diseño y operación del drenaje pluvial (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2015) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2017-2021).

Este contraste técnico permitirá identificar brechas de capacidad, operación y mantenimiento frente a eventos de lluvia de alta intensidad y frente a condiciones ENSO que elevan la demanda del sistema (IDEAM., 2023).



La necesidad de gobernanza y coherencia normativa ha sido establecida por la Ley 1523 de 2012 y por el POT (Decreto 555 de 2021), donde la Gestión Integral del Riesgo ha sido incorporada como criterio de planificación, inversión y seguimiento (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004) (Congreso de la República de Colombia., 2012)

En paralelo, el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado ha sido definido como hoja de ruta sectorial para intervenciones y coordinación interinstitucional (ACUEDUCTO , s.f.).

La transformación del problema técnico en un proyecto gerenciable ha sido sustentada por estándares internacionales de dirección de proyectos. El PMBOK® 7 ha organizado principios y dominios de desempeño para orientar decisiones por valor, interesados, planificación, entrega y medición (PMI, 2021), mientras que ISO 21502 e ISO 31000 han proporcionado guías para dirección de proyectos y gestión integral del riesgo en sectores público y privado (International Organization for Standardization (ISO)., 2020).

El Urban Flood Risk Handbook del Banco Mundial/GFDRR ha ofrecido una hoja de ruta operativa para pasar de la modelación de amenaza y riesgo a la priorización de intervenciones (grises, verdes y NBS), con criterios de costo-beneficio y gestión del proyecto (GFDRR., 2023).

La relevancia internacional de intervenir con enfoque de portafolios y proyectos ha sido reforzada por la evidencia de expansión urbana en zonas inundables y por el Marco de Sendai, donde la gobernanza, la inversión en resiliencia y el “reconstruir mejor” han sido definidos como ejes de política (WMO, 2024).

En síntesis, la gerencia de proyectos permitirá que el tramo Autopista Norte 200–222 sea convertido en un conjunto de entregables implementables: acta y caso de negocio alineados con POT/Ley 1523; EDT/WBS que integre soluciones grises y basadas en la naturaleza en Torca–Guaymaral canalizaciones aledañas;



cronograma e hitos vinculados a permisos, licencias y adquisiciones; presupuesto con reserva de riesgos y posibles instrumentos financieros; matriz de riesgos con dueños y respuestas; mapa de interesados y plan de comunicaciones; y KPIs con línea base y metas sobre tiempos de respuesta, reducción de puntos críticos y disponibilidad del sistema. Este enfoque permitirá priorizar inversiones, asignar responsabilidades y rendir cuentas con estándares internacionales, mientras se verifica la adecuación técnica del diseño y se fortalece la resiliencia del corredor.

Marco teórico:

PMI (project management institute):

Es una asociación internacional de profesionales de proyectos, creada en 1969, que reúne a millones de miembros en el mundo. Esta organización entrega la certificación PMP (Project Management Professional), una de las más reconocidas globalmente para demostrar que alguien está capacitado en la gestión de proyectos. Además, el PMI es quien publica y actualiza la Guía del PMBOK, un documento que reúne las mejores prácticas y conocimientos para dirigir proyectos de manera efectiva. (Artem, 2024)

Beneficios comunes para los gestores de proyecto:

Ser miembro del PMI trae varios beneficios para los gestores de proyectos. Por un lado, permite conectarse con una gran red de colegas y expertos, lo que facilita compartir experiencias y aprender de otros. También da acceso a recursos útiles como cursos, seminarios y la Guía del PMBOK, además de descuentos en certificaciones y materiales. Finalmente, pertenecer al PMI mejora las oportunidades laborales, ya que muestra compromiso con la profesión, abre puertas a mejores cargos y puede aumentar el salario.

Además, la certificación del PMI (PMP) prepara a los gestores para manejar proyectos de todo tipo, gracias a una formación rigurosa y un examen que cubre temas clave como gestión de riesgos, metodologías ágiles y uso



eficiente de recursos. Los profesionales certificados son reconocidos por liderar proyectos de forma eficaz, cumpliendo con los plazos, costos, calidad y objetivos establecidos. Esta certificación también brinda acceso a recursos exclusivos y aprendizaje continuo, mientras que para los empleadores representa una garantía de que la persona cuenta con las habilidades necesarias para dirigir proyectos exitosos bajo estándares globales (Artem, 2024).

Certificación PMI	Enfoque principal	Perfil al que va dirigida
PMP (Project Management Professional)	Dirección integral de proyectos	Profesionales con experiencia en gestión de proyectos
PgMP (Program Management Professional)	Gestión de programas	Gestores responsables de coordinar varios proyectos relacionados
CAPM (Certified Associate in Project Management)	Fundamentos de gestión de proyectos	Personas que inician en el campo de la gestión de proyectos
PMI-SP (Scheduling Professional)	Planificación y programación de proyectos	Profesionales especializados en cronogramas y tiempos
PMI-RMP (Risk Management Professional)	Gestión de riesgos en proyectos	Gestores que se enfocan en identificar y mitigar riesgos
PMI-ACP (Agile Certified Practitioner)	Metodologías Ágiles	Profesionales que aplican enfoques ágiles en sus proyectos
PfMP (Portfolio Management Professional)	Gestión de portafolios estratégicos	Gestores que administran múltiples portafolios alineados con objetivos organizacionales
PMI-PBA (Professional in Business Analysis)	Análisis de negocios dentro de proyectos	Gestores enfocados en requerimientos y análisis de negocio

Tabla 1. Certificaciones del PMI.

El PMI ayuda a los gestores de proyectos a sobresalir en su profesión proporcionando estándares globales, como la Guía del PMBOK, que reúne las mejores prácticas para planificar, ejecutar, controlar y cerrar proyectos de manera eficiente. Su enfoque permite reducir riesgos, optimizar recursos, controlar costos y mejorar resultados, aumentando así la probabilidad de éxito. Además, ofrece una amplia gama de recursos: programas de formación, herramientas digitales, plantillas, estudios de caso y documentos técnicos que fortalecen las competencias profesionales. La membresía también abre espacios de networking en conferencias, seminarios y comunidades en línea, donde los gestores pueden compartir experiencias y actualizarse en tendencias. Todo esto convierte al PMI en un referente



mundial que impulsa el desarrollo continuo y la excelencia en la gestión de proyectos. (Artem, 2024)

Gerencia de proyectos:

“La gerencia de proyectos es la disciplina que planifica, organiza, dirige y controla los recursos para lograr objetivos específicos dentro de un marco temporal y presupuestario definido.” (UNIR , 2024).

La gerencia de proyectos es clave para el éxito de una empresa, ya que se encarga de planear, coordinar y ejecutar tareas para cumplir metas dentro del tiempo y presupuesto definidos, aprovechando al máximo los recursos. Un buen gerente de proyectos necesita no solo conocimientos técnicos, sino también habilidades sociales y de liderazgo, además de ser ágil, innovador y asertivo para dirigir equipos y tomar decisiones bajo presión. En resumen, su papel es guiar todo el ciclo de vida de un proyecto, desde la idea hasta su ejecución, asegurando que se logren los objetivos de la organización.

Importancia de la gerencia de proyectos:

La gerencia de proyectos aporta valor a las organizaciones porque asegura que los esfuerzos se alineen con la estrategia, optimicen los recursos y generen resultados de calidad. La siguiente tabla resume los principales beneficios y su aplicación en diferentes contextos.



Aspecto	Descripción
Alineación estratégica	Asegura que los proyectos estén alineados con los objetivos de la organización.
Gestión de recursos	Optimiza el uso de recursos humanos y materiales.
Control de costos	Mantiene el proyecto dentro del presupuesto, evitando sobrecostos.
Gestión del tiempo	Usa cronogramas para cumplir plazos y corregir retrasos.
Calidad y satisfacción del cliente	Garantiza que el resultado final cumpla estándares y expectativas.
Identificación y gestión de riesgos	Anticipa problemas y crea estrategias para mitigarlos.
Comunicación efectiva	Mantiene a todos los stakeholders informados y alineados.
Flexibilidad y adaptabilidad	Permite responder a cambios imprevistos durante el proyecto.

Tabla 2. Importancia de la gerencia de proyectos. (UNIR , 2024)

Procesos Clave de la Gerencia de Proyectos:

Todo proyecto pasa por un ciclo de vida compuesto por fases que permiten planear, ejecutar y cerrar de manera ordenada. En la tabla se presentan las etapas más relevantes y cómo se aplican en el contexto colombiano.

Fase	Descripción	Particularidad en Colombia
Iniciación	Define alcance, objetivos y stakeholders.	Aprobación formal y alineación con planes de desarrollo.
Planificación	Diseña cronograma, presupuesto, gestión de riesgos y calidad.	Considera licencias y regulación ambiental.
Ejecución	Se ponen en práctica los planes, coordinando recursos y equipos.	Colaboración con autoridades locales y comunidades.
Monitoreo y control	Seguimiento de avances, cambios y medidas correctivas.	Factores externos como normativa y economía influyen.
Cierre	Entrega final, evaluación y lecciones aprendidas.	Informes regulatorios y auditorías en algunos casos.

Tabla 3. Procesos Clave de la Gerencia de Proyectos. (UNIR , 2024)



Funciones Principales de un Gerente de Proyectos:

El rol del gerente de proyectos implica coordinar personas, recursos y procesos para cumplir objetivos dentro de tiempo, costo y calidad. A continuación, se resumen las funciones esenciales que definen sus responsabilidades.

Función	Descripción
Definir objetivos	Establecer metas claras, alcanzables y alineadas con la estrategia.
Gestionar las restricciones (calidad, costo, tiempo)	Asegurar equilibrio entre recursos humanos, financieros y materiales.
Manejar riesgos y cambios	Identificar problemas, ajustar plazos y asegurar cumplimiento.
Administrar comunicaciones	Garantizar flujo de información, uso de herramientas y capacitación.
Dirigir recursos humanos	Orientar, delegar y supervisar al equipo según sus competencias.
Monitorear y controlar	Informar avances/retrasos, negociar con actores y asegurar recursos.

Tabla 4. Funciones Principales de un Gerente de Proyectos. (UNIR , 2024)

Gobernanza:

Gobernanza (CEPAL)

Es el proceso mediante el cual diferentes actores (Estado, sociedad civil, sector privado y ciudadanía organizada) deciden, ejecutan y evalúan asuntos de interés público. Se basa en cooperación y competencia, y su calidad depende de cómo interactúan las instituciones formales e informales. (Biblioteca de la CEPAL, 2025).

Gobernanza Digital

Es la aplicación de la gobernanza al ámbito tecnológico: la articulación de políticas públicas digitales entre Estado, sector privado y sociedad civil para crear valor público y optimizar recursos mediante tecnologías digitales. (Biblioteca de la CEPAL, 2025).



Objetivos de la gobernanza digital

- Alinear la **estrategia digital** con los objetivos del gobierno.
- Generar valor público mediante políticas digitales inclusivas.
- Administrar riesgos y oportunidades.
- Optimizar los recursos usando tecnologías digitales.

Gobernanza digital vs. Institucionalidad

- Gobernanza digital: define políticas, normas, liderazgo e infraestructura común.
- Institucionalidad: establece la estructura organizacional y legal encargada de implementar y gestionar los servicios digitales del Estado. (Biblioteca de la CEPAL, 2025).

Marco de referencia internacional:

PMBOK:

El PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) es una guía creada por el PMI que reúne las principales buenas prácticas, directrices y conceptos de la gestión de proyectos. No es una metodología en sí misma, sino un marco de referencia que los gestores pueden adaptar según cada proyecto.

Orígenes y actualidad:

- Surge en 1969 con la creación del PMI.
- Busca estandarizar prácticas de gestión en todo el mundo.
- Su última edición es la 7ª (2021), que incorpora metodologías ágiles y gestión del cambio.

Aportes principales del PMBOK:



- Ayuda a definir el alcance y planificar desde el inicio.
- Permite controlar costos, tiempos y recursos.
- Facilita la detección temprana de riesgos y problemas.
- Genera un registro ordenado de las actividades y aprendizajes.

Fases de los proyectos según PMBOK:

1. Iniciación: Definir objetivos, equipos y presupuesto.
2. Planificación: Establecer alcance, cronograma, recursos y riesgos.
3. Ejecución: Coordinar tareas, comunicar y producir resultados.
4. Monitoreo y control: Supervisar avances, cambios y costos.
5. Cierre: Entregar resultados, evaluar y documentar lecciones.

10 áreas de conocimiento del PMBOK:

- Integración, Alcance, Tiempo, Costos, Calidad, Adquisiciones, Recursos humanos, Comunicación, Riesgos y Stakeholders.

En conclusión: El PMBOK es un estándar internacional que proporciona una estructura sólida y flexible para planificar, ejecutar y controlar proyectos de manera eficiente. Es una herramienta clave para quienes buscan certificaciones en gestión de proyectos y para organizaciones que desean aplicar prácticas globalmente reconocidas. (Ramirez, 2023)

ONU-Hábitat:

Criterios y lineamientos de ONU-Hábitat para proyectos urbanos sostenibles:

- **Cumplimiento con la Nueva Agenda Urbana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Significa que los proyectos deben alinearse con los compromisos internacionales adoptados por los Estados miembros de la ONU. La Nueva Agenda Urbana orienta hacia ciudades más inclusivas,



seguras, resilientes y sostenibles, mientras que los ODS establecen metas globales (como el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles) que guían la acción.

- **Respeto a la planificación urbana sostenible, la protección ambiental y la inclusión social:** Los proyectos deben promover un crecimiento urbano ordenado, evitando la expansión descontrolada de las ciudades. También deben proteger los ecosistemas (agua, aire, suelo) y garantizar que todos los grupos sociales —especialmente los más vulnerables— sean incluidos en la planificación y los beneficios del desarrollo.
- **Alineación de los proyectos con marcos regulatorios nacionales e internacionales:** Implica que las iniciativas urbanas deben respetar las leyes locales, las normas nacionales (ej. licencias ambientales, uso del suelo) y también los compromisos internacionales firmados por el país (ej. acuerdos climáticos o de derechos humanos). Esto asegura coherencia y legalidad en la ejecución de los proyectos.
- **Responsabilidad de los gobiernos locales y nacionales en la transparencia, el uso adecuado de recursos y la rendición de cuentas:** Los gobiernos deben administrar correctamente los fondos y recursos asignados a proyectos urbanos, evitando la corrupción o el malgasto. Además, tienen la obligación de rendir cuentas a la ciudadanía y a los organismos internacionales sobre cómo se gestionan esos recursos y cuáles son los resultados alcanzados.
- **Mecanismo en caso de incumplimiento:** Si una ciudad o país no respeta estos lineamientos, ONU-Hábitat no aplica sanciones legales, pero puede retirar apoyo técnico, financiero o restringir la cooperación futura hasta que los problemas se resuelvan. Esto funciona como una forma de presión para asegurar el cumplimiento de los compromisos.



Ciudades Resilientes (ONU-Hábitat y UNDRR(Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres))

El programa de Ciudades Resilientes busca fortalecer la capacidad de las ciudades para anticipar, resistir, adaptarse y recuperarse de crisis sociales, económicas, ambientales o de desastres naturales. Sus principios clave son:

- Integrar la resiliencia en la planificación urbana y en las políticas públicas.
- Promover la participación comunitaria en la gestión de riesgos y la toma de decisiones.
- Garantizar la sostenibilidad ambiental y la protección de ecosistemas urbanos.
- Fortalecer la infraestructura para soportar crisis y reducir vulnerabilidades.
- Impulsar la cooperación entre ciudades y actores internacionales para compartir experiencias y buenas prácticas.

ONU-Hábitat orienta el cumplimiento normativo hacia la sostenibilidad y la inclusión, mientras que el marco de Ciudades Resilientes brinda herramientas para que las ciudades enfrenten mejor los riesgos y se adapten a los cambios futuros. (Pérez Martínez & Presidente de la Corte Interamericana de Derechos , 2023)

Marco de Referencia del PMI para la Toma de Decisiones Éticas:

1. Evaluación:

- Reunir toda la información sobre el dilema ético.
- Preguntarse si la decisión cumple con la ley, el Código de Ética del PMI, los valores de la organización, del cliente y los propios.

2. Alternativas:

- Identificar y listar todas las opciones posibles.
- Analizar ventajas y desventajas de cada alternativa.

3. Análisis

- Seleccionar la opción preferida y validar su impacto.



- Preguntar si previene daños, respeta diferencias culturales, será correcta en el futuro y está libre de presiones externas.

4. Aplicación

- Contrastar la decisión con principios éticos:
 - ¿Genera el mayor beneficio?
 - ¿Trata a otros como uno quisiera ser tratado?
 - ¿Es justa para todos los involucrados?

5. Acción

- Tomar la decisión y actuar.
- Confirmar si se está dispuesto a asumir la responsabilidad, hacerla pública y sentirse cómodo con ella. (Pérez Martínez & Presidente de la Corte Interamericana de Derechos , 2023).

Con base en estos lineamientos internacionales y para evitar una revisión netamente conceptual, a continuación, se presentan enfoques comparados (locales e internacionales) con resultados y prácticas de gerencia transferibles al tramo Autopista Norte (Calles 200–222).

Enfoques comparados (local e internacional) y transferencia al tramo Autopista Norte 200–222

Se evalúa los enfoques de gerencia de proyectos aplicados a la gestión de lluvias intensas en contextos urbanos, con énfasis en artefactos de gestión, indicadores (KPI) y gobernanza que pueden transferirse al tramo Autopista Norte (Calles 200–222), en coherencia con los marcos ya adoptados (PMBOK/ONU-Hábitat).

Referentes internacionales de gestión de proyectos y ciudades

Estos estándares aportan principios y dominios para definir valor, alinear interesados, gestionar riesgos y medir desempeño con artefactos como acta, EDT,



cronograma, matriz de riesgos, planes de comunicaciones y calidad. En este trabajo ya se adoptan como marco rector, por lo que sirven de línea guía para estructurar el caso 200–222 con indicadores verificables.

Referentes locales con trazabilidad técnica y normativa

El POT integra la Gestión del Riesgo y establece obligaciones para planear, ejecutar y monitorear intervenciones frente a inundaciones (rondas, conectividad, medidas estructurales y no estructurales).

Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (EAAB-ESP).

El plan sectorial orienta inversiones en drenaje urbano y coordinación interinstitucional, insumos esenciales para la priorización de acciones y mantenimiento en el corredor.

Proyecto Accesos Norte II / Coordinación con el tramo 200–222.

Los hitos de planeación y obras previstas (pasos hidráulicos, eventuales viaductos, refuerzos en conectividad, etc) aportan un contexto de proyecto comparable, donde es viable adoptar artefactos de gerencia y KPI para movilidad y drenaje.

Síntesis comparativa y lecciones transferibles



Enfoque/caso	Artefactos de gestión observables	KPI / Nivel de servicio (LoS) sugeridos	Gobernanza/actores	Lecciones aplicables al tramo 200–222
PMBOK® / ISO (internacional)	Acta, caso de negocio, EDT/WBS, cronograma, matriz de riesgos, planes de comunicaciones/calidad	Tiempos objetivo por hito; cumplimiento de riesgos/respuestas; desempeño de entregables	Dirección de proyecto con dueños de riesgo y responsables por paquete de trabajo	Estandarizar entregables y trazabilidad de decisiones para el tramo
ONU-Hábitat / resiliencia urbana	Portafolio de medidas estructurales y no estructurales, participación, O&M	Indicadores de servicio urbano (tiempo de recuperación, continuidad)	Mesa multi-actor con roles definidos y rendición de cuentas	Combinar NBS + O&M + comunicación con metas públicas
POT Bogotá (D. 555/2021)	Condicionantes de diseño, rondas y conectividad hidráulica; medidas no estructurales	Cumplimiento normativo; continuidad hidráulica; % puntos críticos atendidos	Sector ambiente, agua, movilidad y planeación	Enlazar diseño y operación con requisitos POT
Plan Maestro EAAB	Programas de drenaje y mantenimiento; coordinación operativa	m3 de sedimento retirado/periodo; % activos operativos	EAAB (liderazgo técnico) con apoyo distrital	Mantener KPIs de O&M y priorizar por criticidad
Accesos Norte / obras afines	Fases, permisos, pasos hidráulicos, interfaces de tráfico	Tiempo de retorno a transitabilidad (TTI); cierres y longitud afectada	AN/IDU/Movilidad/EAAB	Integrar tránsito + drenaje en cronogramas y contingencias

Tabla 5. Síntesis comparativa y lecciones transferibles. /elaboración propia.

Gerencia de proyectos urbanos:

Los proyectos urbanísticos abarcan desde la concepción inicial y el diseño, pasando por la ejecución y posterior mantenimiento de las obras que procuran optimizar tanto la infraestructura como los lugares de esparcimiento y el bienestar general. Esto supone unir esfuerzos en cuanto a personal, presupuesto, estrategias políticas y conocimientos técnicos para dar una nueva forma a las zonas urbanas, dando nueva vida a los barrios más desfavorecidos y dando respuesta a lo que la gente necesita, todo ello sin perder de vista la sostenibilidad y contando con la colaboración de los ciudadanos.

Movilidad

Se refiere a la organización, puesta en marcha y control de programas diseñados para optimizar el tránsito y el desplazamiento tanto de individuos como de mercancías en un espacio geográfico específico, ya sea una ciudad o una región. Estas iniciativas pueden incluir desde la edificación de infraestructura de carreteras hasta la instauración de medios de transporte público que sean eficaces



y respetuosos con el medio ambiente, sin dejar de lado la administración del tráfico y el fomento de opciones de movilidad diferentes.

Sostenibilidad

En la administración de proyectos, hablar de sostenibilidad implica integrar aspectos ecológicos, sociales y económicos en cada etapa, desde que el proyecto arranca hasta que se completa. El objetivo es asegurarse de que los proyectos logren sus metas, reduciendo al mínimo cualquier efecto perjudicial en el medio ambiente y en la comunidad.

Gestión de riesgos

En la administración de proyectos, el manejo de riesgos es una labor que consiste en reconocer, examinar y abordar aquellos riesgos que pudieran influir en el buen término de un proyecto. Esto supone prever posibles inconvenientes, valorar su persecución y probabilidad, así como idear tácticas para que pudieran mitigarlos.

Gobernanza

La administración de proyectos, desde la perspectiva de la gobernanza, implica un conjunto de normas, procedimientos y organización que dirigen las decisiones y el desarrollo de un proyecto. Esto garantiza que este en sintonía con las metas estratégicas de la compañía. Fundamentalmente, la gobernanza aborda cuestiones sobre el proceso de toma de decisiones, la asignación de responsabilidades y la manera de asegurar que el proyecto impulse el triunfo global de la empresa.

Herramientas de gerencia de proyectos

Las herramientas para gestionar proyectos son programas y métodos que asisten a los equipos en la organización, realización y seguimiento de un proyecto de forma efectiva. En el campo de ingeniería civil, estas herramientas son muy importantes para manejar la complicada naturaleza de los proyectos, como la edificación de puentes o caminos.



Importancia de la autopista norte en Bogotá

La Autopista Norte juega un papel muy importante para la economía y la gestión de proyectos en Bogotá. Desde el punto de vista económico, es una ruta clave para mover mercancías y personas que une la capital con el norte del país, ayudando al comercio y a las empresas. Según la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el proyecto de ampliación de la Autopista Norte beneficia a más de 10 millones de personas que residen en Bogotá y en municipios aledaños como Chía, Cajicá, Briceño, Sopó, Tocancipá y Zipaquirá.

Además de los usuarios de vehículos particulares, la vía es crucial para el transporte público. La troncal de Transmilenio que opera en este corredor moviliza a cientos de miles de usuarios a diario, siendo una de las líneas más importantes del sistema. A modo de referencia, el sistema Transmilenio en su totalidad moviliza a más de 4 millones de personas diariamente.

Esta carretera hace que viajar y transportar productos sea más rápido y barato, lo que beneficia a las compañías que están en la ciudad y sus alrededores. En cuanto a la gestión de proyectos, esta carretera es un ejemplo importante de planear, llevar a cabo y supervisar su crecimiento y mantenimiento requiere una buena gestión de recursos, tiempos y riesgos, como el tráfico y los problemas ambientales. Hacer obras de infraestructuras tan grandes muestra la necesidad de trabajar juntos entre diferentes instituciones y utilizar herramientas de gestión de proyectos para asegurar que se logren los objetivos de tiempo y presupuestos al mismo tiempo que se reducen los efectos negativos.

Kpis (indicadores clave de desempeño) para la gestión del riesgo de inundación

Son métricas de seguimiento que permiten medir si las acciones implementadas realmente están reduciendo la vulnerabilidad y el impacto:

- Tiempo de respuesta ante emergencias (horas/minutos)



- Porcentaje de ejecución del plan de manejo de inundaciones (%)
- Número de incidentes de inundación registrados por año
- Porcentaje de cobertura del sistema de drenaje pluvial (%)
- Número de simulacros de emergencia realizados al año
- Nivel de cumplimiento de normas urbanísticas y ambientales (%)

Indicadores de riesgo (enfoque preventivo y de impacto)

Permiten medir la probabilidad y magnitud de un riesgo de inundación (Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, 2012):

- Índice de vulnerabilidad por zona (población expuesta, nivel socioeconómico, capacidad de respuesta).
- Frecuencia histórica de inundaciones (veces/año).
- Altura promedio del nivel de agua en eventos críticos (m).
- Porcentaje de áreas críticas sin sistemas de drenaje adecuados.
- Número de viviendas/equipamientos expuestos en zonas de alto riesgo.

Acciones para reducir los riesgos de inundación

- Infraestructura verde: humedales artificiales, parques inundables, techos y paredes verdes.
- Mantenimiento de drenajes y canales para evitar obstrucciones.
- Alertas tempranas con sensores de nivel de agua y sistemas de comunicación comunitaria.
- Ordenamiento territorial: evitar la urbanización en rondas hídricas y zonas bajas.
- Educación comunitaria: capacitaciones y simulacros en barrios vulnerables.
- Gestión integral del agua: planes de retención, almacenamiento y aprovechamiento del recurso. (Pugliese , Caroppi, Zingraff-Hamed, Lupp, & Gerundo, 2022)



Planificación de la autopista norte de Bogotá (calles 200–222)

Etapas	Periodo	Hitos principales
1. Antecedentes y situación actual	Antes de 2015	La Autopista Norte se construyó como terraplén que divide el humedal Torca (sur, calle 200) y Guaymaral (norte, calle 222). Conectividad hídrica parcial mediante box en la calle 222. (CONCOL CONSULTORES S.A.S – WSP INGENIERIA COLOMBIA S.A.S, 2019)
2. Planeación urbana (POZ Lagos de Torca)	2015	El Plan de Ordenamiento Zonal Lagos de Torca prevé elevar la Autopista Norte en el tramo del humedal (Av. Cafam – Av. El Jardín) para restaurar flujos de agua y conectividad ecológica. (SECRETARIA DE PLANEACION , s.f.)
3. Proyecto Accesos Norte II (ANI)	2016–2022	ANI formula el proyecto de ampliación de la Autonorte entre calles 191–235 (carriles mixtos + TM, ciclorruta, andenes). Incluye licenciamiento ambiental ante ANLA. (AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA , 2021)
4. Actualización ambiental	2023	La Secretaría de Ambiente y la CAR actualizan el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del humedal Torca–Guaymaral, definiendo rondas, fajas de protección y criterios de conectividad hidráulica. (SECRETARÍA DE AMBIENTE, 2023)
5. Estudios y coordinación	2023–2025	Definición de alternativas de diseño para viaducto en tramo 200–222, reforzamiento del box de la calle 222, modelación hidráulica 2D y coordinación con Accesos Norte II. (AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA , 2021)
6. Construcción	2026–2029	Fase 1 (2026–27): drenajes y pasos hidráulicos.
		Fase 2 (2028): viaducto entre 200–222.



		Fase 3 (2029): restauración ecológica bajo viaducto, ciclorrutas, andenes y paisajismo. (AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA , 2021)(licencia ambiental)
7. Operación y mantenimiento	2030 en adelante	Monitoreo de KPIs: continuidad hidráulica, conectividad faunística, limpieza de drenajes, control de vertimientos, simulacros comunitarios. Reportes ambientales anuales a ANLA y CAR. (SECRETARÍA DE AMBIENTE, 2023)



Gestión de interesados frente a inundaciones:

Urbano	Actores involucrado	Materiales / Tecnologías	Costos estimados (COP)	Ventajas / Desventajas	Recomendación
Humedal artificial	CAR, Secretaría de Ambiente, comunidad local, ONG ambientales	Vegetación acuática, grava, geotextiles, membranas, madera/plástico	Opcional natural: Inversión ~USD 154,800 ≈ \$650 millones COP por 1.3 ha; membrana aumenta a USD 259,100 ≈ \$1,100 millones COP	+ Alta capacidad de retención, mejora calidad de agua; – Requiere monitoreo y espacio	Recomendado para zonas de transición naturales urbanas; solución eficaz y sostenible
Parque inundable urbano	Alcaldía local, Secretaría de Ambiente, comunidad, diseño urbano	Tierra, vegetación nativa, equipamiento urbano, suelo compactado	Santa Marta: 3.2 ha por \$16.800 millones → ≈ \$5.250 millones COP/ha	+ Multifuncionalidad (esparcimiento + control inundaciones); – Alto costo y requiere espacio	Muy adecuado donde hay área disponible y se busca impacto social + ecológico
Infraestructura gris (box / drenajes)	Alcaldía, IDU, EAAB, constructoras, comunidad	Concreto, acero estructural, geotextiles, tubos, pilas de puente	Ejemplo estimado (precios USD convertidos): geotextil ~USD 5/m ² → \$20 mil COP/m² ; pilotes ~USD 1,263–4,877/ml → \$5–19 millones COP/ml	+ Alta capacidad; – Elevado costo, impacto ambiental, rígido ante eventos extremos	Útil en puntos críticos como calzada de Autonorte–Calle 222, pero debe complementarse con soluciones verdes
Sistema de alerta temprana + gestión comunitaria	IDEAM, IDIGER, Alcaldía Local, líderes comunitarios	Sensores nivel agua, estaciones meteorológicas, radios, apps	Estimado USD 50–100 k/estación ≈ \$200–400 millones COP	+ Bajo costo, empoderamiento comunitario; – No mitiga inundación	Excelente complemento para cualquier estrategia, activa y rápida respuesta

Tabla 6. SBN, ACTORES INVOLUCRADOS. (EL HERALDO , 2017). (estrucplan , 2020). (ingecivil, 2023). (Profesional Organizacion Ingeniero , s.f.)

Las anomalías por precipitación:

Las anomalías en la precipitación se refieren a las desviaciones significativas en los valores normales de lluvia en un período determinado. Estas anomalías pueden ser positivas (mayor precipitación de la esperada) o negativas (déficit de precipitación) y suelen estar influenciadas por fenómenos climáticos de gran escala como El Niño y La Niña. (Trenberth, 2011).



Ante el aumento de eventos extremos asociados a anomalías en la precipitación, la gerencia y la gestión del riesgo cobran un papel fundamental en la protección de los territorios y sus comunidades. La gerencia del riesgo se refiere a la planificación, coordinación y toma de decisiones estratégicas orientadas a reducir los impactos negativos de amenazas naturales o antrópicas. Por su parte, la gestión del riesgo implica un conjunto de acciones técnicas, sociales e institucionales destinadas a identificar, prevenir, mitigar y responder a dichos riesgos. En el contexto de eventos como inundaciones provocadas por lluvias inusuales, una gerencia efectiva permite anticipar escenarios de emergencia y diseñar intervenciones integrales. (MAPFRE, 2020)

La anomalía climática se calcula como la diferencia entre el valor observado y el valor normal de una variable meteorológica, como la temperatura o la precipitación. Esta medida es útil para identificar comportamientos atípicos durante un período de estudio y puede señalar condiciones de variabilidad climática, como la presencia de fenómenos como El Niño o La Niña. (CIIFEN, 2022)

Estas anomalías son fundamentales para el monitoreo y la predicción de eventos climáticos extremos, ya que permiten a los científicos y a las autoridades anticipar y mitigar posibles impactos en diversas regiones.

¿Qué son las inundaciones?

Según el instituto distrital de gestión de riesgos y cambio climático, las inundaciones ocurren cuando se presenta un exceso de agua que cubre zonas que usualmente permanecen secas.

Este proceso cumple una función relevante en el equilibrio de los sistemas hídricos; sin embargo, cuando estos sistemas son alterados o se desarrollan actividades en áreas propensas a inundarse, pueden surgir impactos negativos. (Bogotá, 2025)



Ilustración 5. Tipos de inundaciones. (Bogotá, 2025)

Uno de los principales factores que actualmente afecta el escenario de riesgo por inundación es el generado por la variabilidad y Cambio climático. (Bogotá, 2025)



Ilustración 6. Causas principales de las inundaciones. (Bogotá, 2025)

Factores que aumentan la amenaza por inundación por desbordamiento:

- Manejo no regulado de los ríos para los diferentes usos que se le da al agua: agrícola y pecuario, abastecimiento de agua potable, generación de energía eléctrica.



- Traspase de cuencas: La finalidad es incrementar la disponibilidad de agua en una población adicionando agua desde una cuenca vecina.
(Bogotá, 2025)

Factores que aumentan la vulnerabilidad a la inundación por desbordamiento:

La construcción de viviendas en zonas de ronda y en áreas destinadas al manejo y conservación ambiental de cuerpos de agua incrementa el riesgo de inundaciones, ya que estas edificaciones pueden verse comprometidas por el aumento en los niveles de dichos cuerpos. Además, este tipo de ocupación puede deteriorar las márgenes de ríos y quebradas debido a excavaciones no reguladas para cimentación y al frecuente paso de vehículos de diferentes tipos. (Bogotá, 2025)

Inundaciones en Colombia:

El IDEAM a través del Estudio Nacional del Agua (2018) identificó que en el país existen 190.935 km² con condiciones favorables a la inundación, es decir, aproximadamente el 17% del área continental del territorio nacional. En dicho estudio se identificó que en el país se viene presentando una transformación antrópica de las Zonas Potencialmente Inundables ZPI.

34.792 km² de las ZPI del área hidrográfica de Magdalena– Cauca se transformaron en territorios agrícolas o zonas artificiales, lo que representa el 18,2 % de dicha zona. Por su parte, en el área hidrográfica Caribe, las transformaciones en las ZPI alcanzan aproximadamente hasta un 80 %. (Bogotá, 2025)

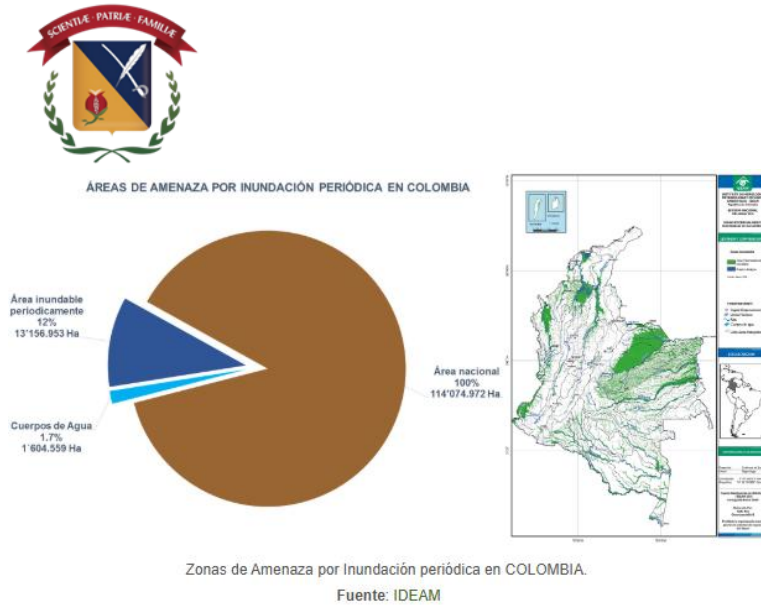


Ilustración 7. áreas de amenaza por inundación periódica en Colombia.

Inundaciones en Bogotá:

La zona urbana de Bogotá está dividida en cuatro principales cuencas de drenaje correspondientes a los ríos Salitre, Fucha, Tunjuelo que drenan principalmente en sentido oriente-occidente y Torca que fluye en sentido sur – norte. Adicionalmente se destacan las cuencas del humedal Jaboque y la cuenca Tintal-Cundinamarca. Todas estas cuencas entregan al Río Bogotá como receptor principal. (Bogotá, 2025)

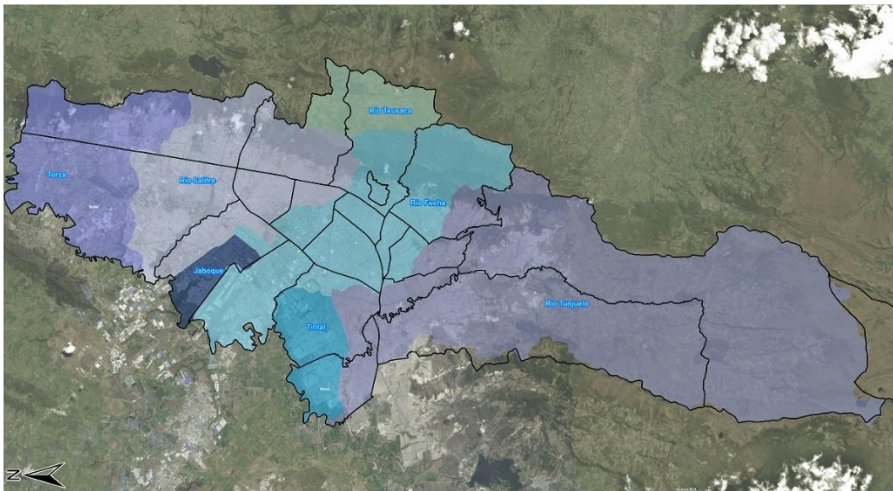
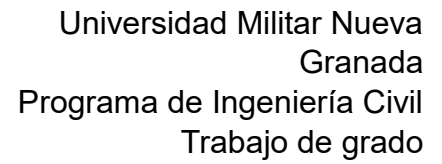


Ilustración 8. Cuencas urbanas del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Bogotá. (Bogotá, 2025)



This map shows the San Francisco Bay Area, including the San Francisco Bay, San Francisco Bay Bridge, and surrounding cities such as San Francisco, San Jose, and Oakland. The map is oriented with North at the top. A scale bar in the bottom left corner indicates distances in miles (0 to 10) and kilometers (0 to 16). The map is labeled with various cities and regions, including San Francisco, San Jose, Oakland, and the San Francisco Bay Bridge. The map is a grayscale image with blue lines representing water bodies and roads.

Lluvias en Bogotá:

46

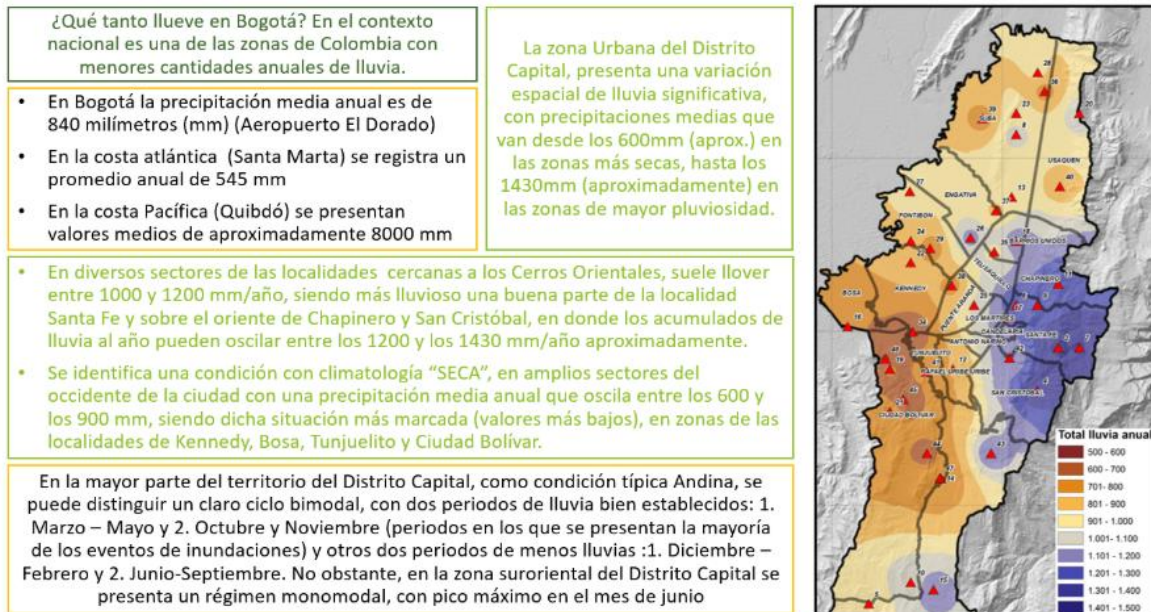


Ilustración 10. caracterización climatológica de Bogotá. (Bogotá, 2025)

El Distrito Capital a través del Decreto 555 de 2021 adopta la revisión del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá, mediante el cual se acoge el Mapa de Amenaza por Inundación para la ciudad. En este mapa se categoriza la amenaza por inundación: por desbordamiento y por rompimiento de jarillón. Es importante precisar que este mapa se articula con el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Bogotá (POMCA), y surtió el proceso de concertación con las Autoridades Ambientales competentes. (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

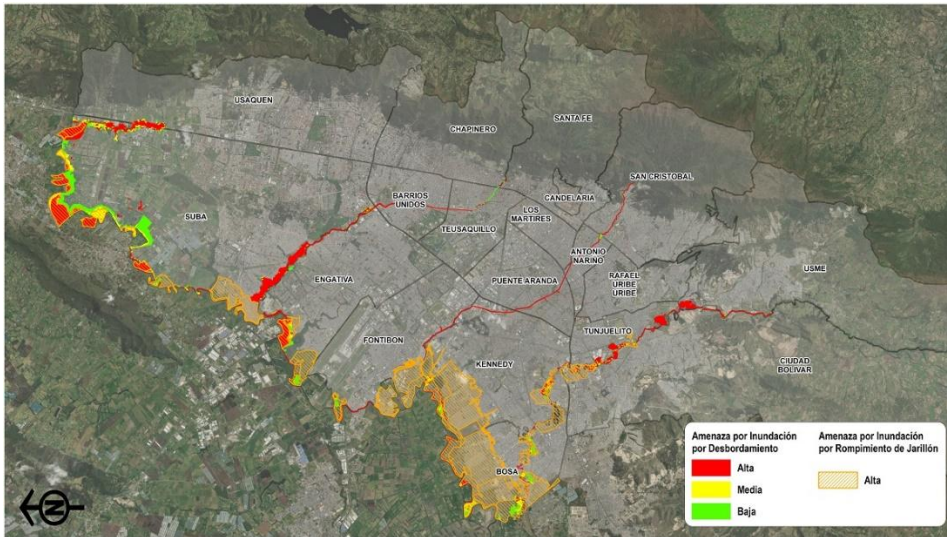


Ilustración 11. Mapa CG-3.3.10 Amenaza por Inundación – Decreto 555 de 2021 (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

En el contexto de la gestión del riesgo, la vulnerabilidad se entiende como el grado de exposición y la capacidad limitada de una comunidad, sistema o infraestructura para anticipar, enfrentar y recuperarse de los efectos de una amenaza natural o antrópica. Esta se presenta cuando existen factores como asentamientos en zonas de riesgo, infraestructura inadecuada, falta de planeación territorial, pobreza o desconocimiento del riesgo. Para reducirla o evadirla, es fundamental aplicar políticas públicas basadas en el conocimiento del territorio, la participación ciudadana, la planificación urbana con enfoque preventivo, y la inversión en obras de mitigación. En Bogotá y Colombia, la vulnerabilidad se refleja en la recurrencia de inundaciones, deslizamientos y emergencias por ocupación de áreas no aptas, agravadas por el cambio climático. Normativas como la Ley 1523 de 2012, que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (congreso, 2012); la Ley 388 de 1997, que regula el ordenamiento territorial (Congreso, 1997); y el Decreto 555 de 2021 (POT de Bogotá), exigen la incorporación del análisis de riesgo y vulnerabilidad en los instrumentos de planificación, con el fin de reducir la



exposición y fortalecer la resiliencia del país frente a los desastres. (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

En Colombia, se han desarrollado diversos estudios de vulnerabilidad en el marco de la gestión del riesgo, orientados a identificar las condiciones que hacen a las comunidades e infraestructuras más propensas a sufrir impactos por amenazas naturales. Instituciones como el IDEAM, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y universidades públicas han liderado investigaciones sobre vulnerabilidad frente a fenómenos como inundaciones, deslizamientos, sismos y sequías. Estos estudios permiten clasificar zonas de riesgo, evaluar escenarios de afectación y definir medidas de prevención, mitigación y adaptación, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas o rurales con infraestructura débil. Ejemplos destacados incluyen el Atlas de Riesgo de Colombia, estudios específicos para planes de ordenamiento territorial (POT), y análisis de riesgo climático bajo el marco de la Ley 1523 de 2012. Estos trabajos son fundamentales para orientar la inversión pública, fortalecer la resiliencia local y formular políticas más efectivas de desarrollo sostenible. (congreso, 2012)

Mitigar los riesgos de la vulnerabilidad implica reducir las condiciones que hacen a una población, infraestructura o territorio susceptible a los efectos de amenazas naturales o antrópicas. Esto se logra mediante una adecuada planificación territorial, evitando la ocupación de zonas de alto riesgo, mejorando la infraestructura con criterios técnicos de resiliencia, fortaleciendo los sistemas de drenaje y contención, y promoviendo la educación comunitaria en gestión del riesgo. Además, es clave implementar y hacer cumplir normativas como la Ley 1523 de 2012, que establece la política nacional de gestión del riesgo de desastres (congreso, 2012), y la Ley 388 de 1997, que regula el ordenamiento del suelo. También se debe incorporar la adaptación al cambio climático, restaurar ecosistemas estratégicos y desarrollar sistemas de alerta temprana, para aumentar la capacidad de anticipación y respuesta ante emergencias. (Congreso, 1997)



¿Qué son las precipitaciones?

La precipitación se entiende como cualquier forma de agua que cae de la atmósfera hacia el suelo, abarcando la lluvia, la nieve, el granizo y la llovizna. La cantidad de precipitación a menudo se expresa en milímetros (mm), lo que representa la cantidad de agua que se acumularía en ausencia de escorrentía o absorción en el suelo. Un valor de 1 mm de precipitación corresponde a un litro de agua por cada metro cuadrado de área.

La precipitación desempeña un papel fundamental en el ciclo del agua y tiene impacto en diversos sistemas naturales y humanos, incluyendo el suministro de agua potable, la agricultura y la planificación de infraestructuras de drenaje y transporte. (Yepes Piqueras, 2025)

Intensidad de lluvia:

La fuerza de las lluvias intensas incrementa la acumulación de agua en el pavimento, mientras que una mayor duración de la lluvia extiende el tiempo de drenaje. Tanto la fuerza de la lluvia como su duración son cruciales para la formación de la película de agua. Debido a que la intensidad de la lluvia varía durante el evento de tormenta y provoca fluctuaciones en la WFT, resulta difícil describir un evento de tormenta pronosticado por la WFT utilizando una intensidad de lluvia fija. Además, seleccionar un tiempo de lluvia más corto para medir la intensidad de la lluvia no puede reflejar el agua acumulada en la superficie de la carretera, y optar por un tiempo de lluvia más largo para la medición de la intensidad de la lluvia no puede capturar los niveles más altos de intensidad. En consecuencia, basar la intensidad de lluvia en datos de duración fija no puede proporcionar predicciones precisas de WFT. (Ming Ling, y otros, 2023)

Caudal:

El caudal se refiere a la cantidad de agua que circula por una sección transversal de un río o canal en un periodo determinado. En el ámbito de la dinámica de fluidos, se entiende como la medida del volumen de fluido que atraviesa una superficie



específica por unidad de tiempo. Generalmente, el término se asocia con el flujo volumétrico, es decir, el volumen transportado a través de un área en un lapso determinado, aunque en algunos casos también puede referirse al flujo másico, que considera la masa del fluido que cruza una sección por unidad de tiempo. (Alberto, 2020)

$$Q = \frac{V}{t}$$

$V = \text{volumen}$

$t = \text{tiempo}$

Ecuación 1. Caudal volumétrico

$$Q = v * A$$

$v = \text{velocidad}$

$A = \text{Area}$

Ecuación 2. Caudal

Los riesgos de construir en humedales:

Lecciones desde la experiencia internacional. cuando la urbanización ignora la función ecológica, la naturaleza responde con inundaciones y deterioro ambiental

Construir sobre o cerca de humedales en diferentes países del mundo ha demostrado, en la mayoría de los casos, ser una decisión con consecuencias negativas tanto ambientales como sociales. Por ejemplo, en Japón, la construcción del Aeropuerto Internacional de Kansai sobre un humedal costero ha generado serios problemas de hundimiento del terreno, con altos costos de mantenimiento y riesgo estructural permanente. En Nigeria, el proyecto urbanístico Eko Atlantic, desarrollado sobre humedales costeros en Lagos, ha provocado el desplazamiento



de comunidades y un incremento en la vulnerabilidad frente a inundaciones.
(Yakubu, 2023)



Ilustración 12. Aeropuerto Internacional de Kansai (problemas de hundimiento)



Ilustración 13. En Nigeria, el proyecto urbanístico Eko Atlantic. (Yakubu, 2023)



Construir sobre humedales, especialmente cuando se rellena o impermeabiliza el suelo, conlleva consecuencias graves, entre las que destacan las inundaciones recurrentes y los daños estructurales. Según un análisis publicado por Ladera Sur, en Quilicura (Chile) se levantó un edificio sobre un antiguo humedal costero, lo que derivó en inundaciones frecuentes que deterioraron seriamente la infraestructura y afectaron a sus propietarios. Como lo explica una experta entrevistada: «El hecho de construir generaba cada cierto tiempo inundaciones... le estás quitando la capacidad de permeabilidad al ecosistema». Esta afirmación refleja cómo la intervención directa en humedales elimina su función natural como reguladores hídricos. (Campos, 2024)



Ilustración 14. Quilicura (Chile) se levantó un edificio sobre un antiguo humedal costero. (Campos, 2024)

Esta situación no es aislada. Casos similares se han reportado en Melipilla, Algarrobo, Puerto Montt y otras zonas urbanas de Chile, donde el avance de proyectos inmobiliarios sobre humedales ha ignorado por completo su rol como “esponjas naturales” que absorben aguas pluviales. Esto ha intensificado las crecidas y expuesto a comunidades a riesgos de inundación cada vez más frecuentes. Estos múltiples ejemplos confirman que construir en humedales sin planificación adecuada no solo destruye ecosistemas esenciales, sino que también



compromete la seguridad y calidad de vida de las personas, reforzando la urgente necesidad de conservar estos entornos estratégicos.

Marco normativo:

El fenómeno de las inundaciones en la Autopista Norte de Bogotá, específicamente (calle 200- 222) debe ser abordado desde un marco legal que integre el ordenamiento territorial, la gestión del riesgo y la protección ambiental, con un enfoque centrado en la vida y la dignidad humana. En ese sentido, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá, establecido mediante el Decreto 555 de 2021, define directrices orientadas a consolidar una ciudad resiliente frente al cambio climático, dando prioridad a la infraestructura verde, al manejo integral del recurso hídrico y a la mitigación de riesgos derivados de procesos de urbanización no controlada. En concordancia con estos lineamientos, el Humedal Torca, reconocido como Corredor Ecológico Metropolitano, ha sido clasificado como Parque Ecológico Principal de humedal. En este espacio se permite la realización de actividades educativas, siempre y cuando se desarrollen sin generar impactos negativos sobre el ecosistema. (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

El artículo 76 del Decreto 555 de 2021 establece que la Estructura Ecológica Principal de Bogotá incluye todos los componentes del sistema hídrico, entre ellos las áreas de recarga de acuíferos, los cauces y rondas de nacimientos, quebradas, ríos, canales, humedales, lagos, lagunas y embalses. Además, se adoptan oficialmente las delimitaciones de las rondas y zonas de manejo y preservación ambiental de estos cuerpos de agua, según lo indicado en el Anexo 2 del Decreto. Toda modificación en el cauce de un cuerpo hídrico implicará también la actualización de su ronda hidráulica y zona de manejo, proceso que deberá ser aprobado por la autoridad ambiental competente. Los nuevos usos del suelo en estas áreas modificadas serán definidos por el Departamento Administrativo de



Planeación Distrital mediante el instrumento de planeamiento correspondiente.
(Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

De acuerdo con lo establecido en el Capítulo 2 del Decreto 555 de 2021, específicamente en el artículo 70, se contempla la ejecución de proyectos de corto plazo entre los años 2004 y 2007. Estos proyectos fueron diseñados con el propósito de dar inicio a la implementación de dicho plan, orientando el desarrollo urbano hacia un modelo más sostenible, equitativo y articulado con la Estructura Ecológica Principal y demás sistemas estructurantes del territorio. se evidenció que uno de los proyectos contemplados era la recuperación del Humedal Torca, el cual incluía acciones como la adecuación hidráulica, la restauración ecológica, el saneamiento ambiental y la ejecución de obras de rehabilitación en la Zona de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA), con el fin de garantizar la protección y funcionalidad ecológica de este ecosistema dentro del marco de los objetivos del ordenamiento territorial. (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

3	EJE DE INTEGRACION NORTE - CENTRALIDAD TOBERIN LA PAZ	Recuperación Humedal Torca y Guaymaral.	Centralidad Toberín- La Paz.	SUBSISTEMA VIAL: • Avenida Paseo de los Libertadores (Calle 170 - Limite con Chia).
				SUBSTEMA DE TRANSPORTE: CICLORUTAS: - Aut. Norte - Usme (calle 170- Calle 80)
				SISTEMA EAAB: ALCANTARILLADO PLUVIAL: • Canal Buenavista

Ilustración 15.escenario prioritario de ejecución 2004 - 2007 por operaciones estratégicas

Sin embargo, el artículo 96 del Decreto 555 de 2021 establece el régimen de usos para los Parques Ecológicos Distritales, orientado a la protección y conservación del entorno natural. Se definen como usos principales la preservación y restauración de la flora y fauna nativas, así como la educación ambiental. Como uso compatible



se permite la recreación pasiva. También se contemplan usos condicionados como centros de educación e información ambiental, senderos ecológicos, peatonales y para bicicletas, y dotaciones de seguridad, siempre que no fragmenten la vegetación nativa ni los hábitats, se integren paisajísticamente, eviten la concentración masiva de personas, y respeten restricciones técnicas como el ancho y los materiales de los senderos. En los parques ecológicos de humedal, los senderos para bicicletas y peatones deben ubicarse en la zona de manejo y preservación ambiental y cumplir con límites específicos de diseño, mientras que solo los senderos ecológicos y observatorios de aves pueden ubicarse dentro de la ronda hidráulica. Además, se establece que la iluminación debe dirigirse hacia el exterior del parque para no afectar el ecosistema. Quedan prohibidos los usos agrícolas, pecuarios, forestales con fines productivos, mineros, industriales, recreación activa, usos residenciales y dotacionales que no estén expresamente permitidos. (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

Los artículos 128 (*Art. 72 del Decreto 619 de 2000, Modificado parcialmente por el art. 107 del Decreto 469 de 2003*). y 129 (*Art. 73 del Decreto 619 de 2000*) del subcapítulo 5 del Decreto 555 de 2021 reconocen que diversas áreas urbanas de Bogotá, entre ellas los sectores aledaños al humedal de Torca, se encuentran en amenaza de inundación debido al desbordamiento de cauces naturales como los ríos Bogotá, Tunjuelo y Juan Amarillo. Estas zonas están identificadas en el plano oficial de "Amenaza por inundación"(ver ilustración 1. Amenazas de inundación), y su información será complementada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE). Para mitigar este riesgo, el decreto contempla medidas estructurales, como la adecuación hidráulica, la protección de márgenes y la construcción de obras de drenaje, así como medidas no estructurales que incluyen programas de mantenimiento, monitoreo, sistemas de alerta, planes de emergencia, educación y participación comunitaria. La inclusión del humedal de Torca dentro de estas zonas críticas es pertinente, ya que este ecosistema cumple una función clave



en la regulación hídrica del norte de la ciudad. (Distrital S. J., Decreto 555 de 2021
Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021)

Cabe resaltar que, la Ley 1523 de 2012, que establece la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, obliga a las autoridades a identificar amenazas, reducir la vulnerabilidad y garantizar la protección de las personas ante eventos como las inundaciones, considerando a la ciudadanía no como víctimas pasivas, sino como actores fundamentales en la construcción de soluciones sostenibles. Adicionalmente, el cumplimiento de la normativa ambiental nacional, como la Ley 99 de 1993, refuerza la obligación estatal y social de preservar los recursos hídricos y prevenir impactos que deterioren el entorno urbano y afecten el bienestar colectivo. Estas normas, más allá de su contenido técnico, representan un compromiso con la protección del derecho a un ambiente sano, a la movilidad segura y a una vida digna, particularmente en contextos donde las fallas en la infraestructura vial, como ocurre en la Autopista Norte, comprometen gravemente la seguridad y calidad de vida de la población. (congreso, 2012)

Para identificar las anomalías presentadas en la construcción de la vía sobre el humedal Torca, es fundamental analizar y desglosar cada uno de los decretos y normativas que han dado origen y respaldo a dicho proyecto. Este ejercicio permite evaluar la coherencia entre la planificación territorial, la protección ambiental establecida en el marco normativo y las decisiones que han permitido la intervención sobre un ecosistema protegido. Solo mediante una revisión detallada del marco jurídico aplicable se podrán determinar posibles inconsistencias, omisiones o interpretaciones que hayan facilitado una actuación que podría contradecir los principios de preservación, restauración y gestión integral del recurso hídrico y la Estructura Ecológica Principal.

Para regular el ordenamiento del territorio municipal y distrital. La Ley 388 de 1997 es una norma fundamental en el ordenamiento territorial de Colombia. Su objetivo principal es establecer los instrumentos para planificar el desarrollo de los



municipios y distritos, promoviendo un uso racional del suelo y garantizando condiciones adecuadas para la convivencia, la movilidad, el acceso a servicios públicos, la protección del medio ambiente y la prevención de riesgos. (Congreso, 1997).

La Resolución 2513 de la CAR establece medidas integrales para la protección del Humedal Torca, orientadas a su conservación ecológica y manejo sostenible. Se delimita el área del humedal y se zonifican sectores prioritarios para la restauración ecológica y la amortiguación de impactos, promoviendo la recuperación de coberturas vegetales nativas, la mejora en la calidad del agua y la preservación de los hábitats de flora y fauna. Además, se incluyen disposiciones para controlar los vertimientos contaminantes mediante tratamiento de aguas y restricciones a actividades que comprometan el equilibrio hídrico del ecosistema. (Distrital S. J., Resolución 2513 de 2016 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, 2016)

Asimismo, se fomenta la construcción de infraestructura de bajo impacto, como senderos ecológicos y señalización educativa, junto con programas de educación ambiental y participación comunitaria que fortalecen la apropiación social del humedal. Se incorpora un sistema de monitoreo ambiental que evalúa la calidad del ecosistema y permite ajustes en su manejo. También se prioriza la conectividad ecológica del humedal con otros ecosistemas estratégicos a través de corredores biológicos, garantizando el tránsito de especies y el flujo natural del agua.

La vía a la que hace referencia la Resolución 2513 de la CAR es la Avenida Boyacá (prolongación), también conocida en algunos tramos como Avenida Paseo de los Libertadores. Esta vía está proyectada para atravesar el sector del Humedal Torca y Guaymaral, en el norte de Bogotá, como parte de una obra de infraestructura vial mayor que conecta la ciudad con la autopista norte y zonas periféricas, el trazado de esta vía ha sido objeto de debate técnico y ambiental, por su paso sobre un ecosistema estratégico, lo que ha llevado a imponer condiciones estrictas de diseño,



construcción y seguimiento ambiental, según lo establecido por la CAR en la mencionada resolución.

Dado el alto valor ecológico del Humedal Torca, la construcción de la vía correspondiente a la prolongación de la Avenida Boyacá, ya concluida y actualmente en funcionamiento, según la Resolución 2513 de la CAR, se llevó a cabo bajo condiciones ambientales estrictas orientadas a minimizar los impactos sobre este ecosistema. El diseño de la infraestructura garantizó el mantenimiento del flujo hidrológico natural mediante estructuras elevadas, pasos hidráulicos y de fauna, que preservan la conectividad ecológica. Se implementaron medidas de compensación como la restauración de coberturas vegetales nativas y la adecuación de corredores ecológicos, así como protocolos de control durante la obra para evitar la contaminación del agua, la alteración del suelo y el daño a la fauna. Además, la ejecución estuvo acompañada de un riguroso programa de seguimiento ambiental para verificar el cumplimiento de los objetivos de conservación del humedal. (Distrital S. J., Resolución 2513 de 2016 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, 2016)

En seguimiento a lo anterior, finalmente tocaremos el Decreto No. 088 del 03 de marzo de 2017, "Por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – *Ciudad Lagos de Torca* y se dictan otras disposiciones", el cual define los lineamientos normativos y urbanísticos para el desarrollo de este importante proyecto al norte de Bogotá, en articulación con los principios de sostenibilidad y protección ambiental establecidos en los instrumentos de planeación.

El Decreto 088 de 2017 reconoce al Humedal Torca y Guaymaral como un ecosistema estratégico de protección prioritaria dentro del desarrollo urbano del norte de Bogotá. En ese sentido, se establecen restricciones normativas para garantizar su preservación, integridad ecológica y funcionalidad hidrológica. El decreto delimita su área de influencia y prohíbe intervenciones urbanísticas dentro



de sus zonas de manejo y protección ambiental, salvo aquellas relacionadas con restauración ecológica, investigación o infraestructura de bajo impacto autorizada. (Distrital S. J., Decreto 088 de 2017 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2017)

Adicionalmente, se articula con el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Torca-Guaymaral y se obliga a que todos los proyectos urbanísticos dentro del área de planificación incluyan acciones de conservación, conectividad ecológica y manejo ambiental, en especial en torno a la ronda hídrica, cuerpos de agua y corredores verdes. Este enfoque garantiza que el desarrollo urbano se realice bajo criterios de sostenibilidad, evitando impactos negativos sobre el humedal y promoviendo su integración como estructura ecológica principal de la ciudad.

Metodología:

Enfoque general:

La dirección del proyecto fue estructurada con base en PMBOK® 7 (PMI, 2021) e ISO 21502 (ISO, 2020). El riesgo fue gestionado con lineamientos de ISO 31000 (ISO, 2018). Cada fase fue definida con propósito y criterio gerencial, alcance, producto, procedimiento, y entregables. Los resultados fueron organizados como artefactos verificables (marco, mapas, línea base, matrices, portafolio de soluciones, cronograma y KPIs).

Fase 1: Gestión ambiental y modelación hidráulica para la identificación de zonas críticas de inundación en la Autopista Norte.

Propósito y criterio gerencial:

la Fase 1 es establecer una caracterización espacial precisa del tramo comprendido entre las calles 200 y 222 de la Autopista Norte, en el sector del Humedal Lagos de Torca, con el fin de identificar las zonas de mayor vulnerabilidad frente a eventos de inundación y sustentar la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo. Mediante el uso de herramientas como QGIS, Google Earth y HEC-RAS, se delimitó la subcuenca hidrográfica Torca-Guaymaral, se analizaron los caudales y se



localizaron los puntos críticos de acumulación de agua que afectan la infraestructura vial y el entorno urbano mediante información tomada de la CAR.

Alcance de la Fase 1:

Delimitación de la subcuenca en la cual se identifica el tramo de la Autopista Norte comprendido entre las calles 200 y 222, incluyendo el humedal Lagos de Torca y su área de influencia hídrica.

Localización de las zonas con mayor riesgo de acumulación de agua que podrían afectar la movilidad y la infraestructura vial.

Elaboración de un modelo representativo del comportamiento del agua en el humedal y su interacción con la Autopista Norte por medio de la herramienta de HEC-RAS.

Uso de datos históricos de la CAR para estimar los caudales de entrada y salida del sistema hídrico Torca–Guaymaral.

Supuestos y limitaciones de la fase

- Se asume modelación 2D con caudales tomados hasta el año 2017, por medio de estudio de la CAR. (HMV ingenieros , CAR, 2021).
- Consistencia normativa: toda interpretación se coteja con el POT y lineamientos de la secretaria Distrital de Ambiente

Producto de Fase 1

- Área del tramo de la Autopista norte entre la calle 200 y 222 en Google earth.
- Mapa georreferenciado de tramos críticos (conectividad hídrica/vegetal, obstrucciones).
- Tabla de zonas protegidas obtenidas por la Secretaria Distrital de Ambiente
- Insumos Cartográficos
- Estudio de riesgos climático.
- Datos de caudales obtenidos de la CAR.



- Revisión de la inundación en HEC-RAS del humedal de lagos torca sobre la Autopista Norte.

Procedimiento

- **Delimitación del área de estudio:**
Se definió el tramo comprendido entre las calles 200 y 222 de la Autopista Norte, incluyendo el sector del humedal Lagos de Torca.
- **Recolección de información cartográfica:**
Se recopilaron datos oficiales de entidades como la CAR, IDIGER, IDEAM y EAAB, junto con orto imágenes actualizadas.
- **Elaboración de mapas base:**
Mediante Google Earth y QGIS, se trazó la zona de estudio y se generaron capas con la subcuenca y la infraestructura vial.
- **Procesamiento de datos en QGIS:**
Se realizó el análisis espacial para identificar la delimitación de la subcuenca y las zonas de influencia del humedal.
- **Obtención de datos hidráulicos:**
Se consultaron los registros de caudales históricos proporcionados por la **CAR** (hasta 2017) para alimentar la modelación.
- **Modelación hidráulica en HEC-RAS:**
Se simuló el comportamiento del flujo de agua en la zona para determinar áreas propensas a inundación.
- **Identificación de puntos críticos:**
Se ubicaron los sectores con mayor riesgo de acumulación de agua y afectación sobre la Autopista Norte.
- **Generación de resultados cartográficos:**
Se elaboraron mapas temáticos con la delimitación del humedal, subcuenca y zonas de riesgo.



Resultados — Fase 1

Teniendo en cuenta que es necesario definir con precisión la zona de estudio, se emplea la herramienta Qgis y Google Earth.

Área del tramo de la Autopista norte entre la calle 200 y 222:

El tramo de la Autopista Norte comprendido entre la Calle 200 y la Calle 222 se visualiza en Google Earth como un corredor urbano rodeado de zonas residenciales y espacios verdes.

En esta sección se aprecian zonas de transición entre lo urbano y lo periurbano, con presencia de humedales y drenajes que condicionan el paisaje vial. El análisis geoespacial a través de imágenes satelitales permite observar patrones de desarrollo, infraestructuras y posibles puntos críticos urbanos en ese tramo.

En la ilustración se observa que el área de vía que se va a intervenir es de 90.016m².

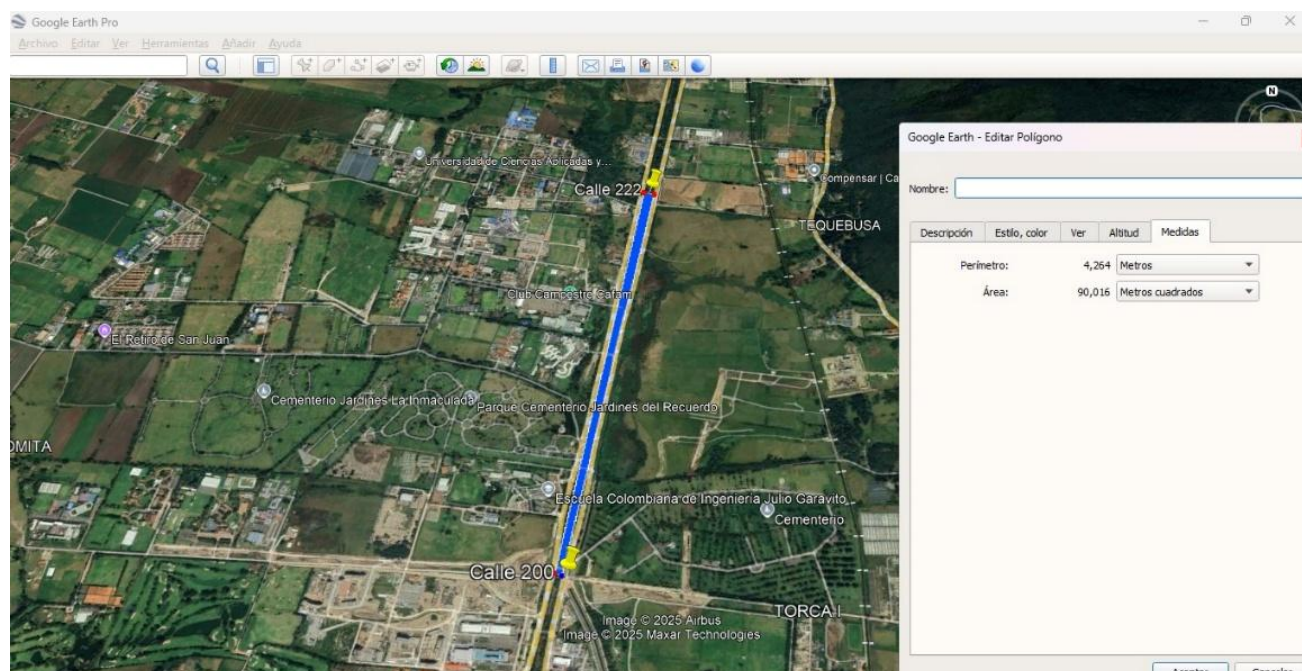


Ilustración 16. Área de tramo de la Autopista norte entre la calle 200 y la calle 222.



Mapa para la localización del tramo y subcuenca (QGIS):

Atraves de la herramienta Google Earth se realizó el trazado de la zona de estudio y posterior a ello se realizó un ráster en la herramienta ArcGIS para luego procesarlo en la herramienta Qgis y así generar el mapa de la franja de la Autopista norte entre la calle 200 a la 222, sector Lagos de Torca, donde se presentará la delimitación de la subcuenca con la ubicación del tramo , identificando esta vía como una de las más afectadas por los eventos de inundación.

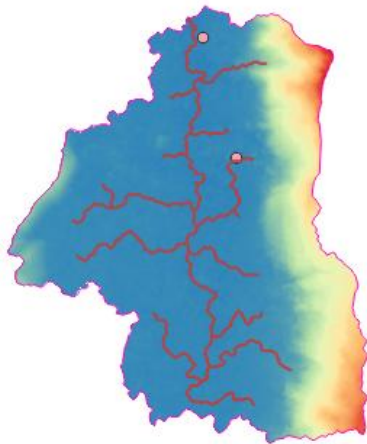


Ilustración 17. Subcuenca delimitada por QGIS / elaboración propia.

Las áreas de inundación reportadas por la Car, el Plan de Desarrollo Urbano y la Agencia Nacional de Infraestructura fueron ubicadas y fueron señalados los puntos críticos en el modelo. Ver Anexo A1 – Cartografía.

Luego se agregan los datos que se usaran para la demostración en HEC-RAS de la inundación generada por el humedal lagos torca.

Insumos Cartográficos:

La gestión del riesgo de inundaciones en el área de influencia del proyecto Autopista Norte – tramo Lagos de Torca (calle 200 a la 222) requiere un análisis integral que combine tanto la participación de los actores clave como el uso de información



cartográfica confiable y trazable. Para ello, se han recopilado diferentes insumos provenientes de entidades como la Alcaldía Mayor de Bogotá, IDIGER, IDEAM, EAAB, orto imágenes recientes y el propio proyecto vial, los cuales permiten caracterizar el territorio, identificar amenazas y evaluar los posibles impactos de las obras sobre la dinámica hídrica de la zona.

Cada capa utilizada registra su fuente, fecha, escala, sistema de referencia (SRC), responsable y limitaciones, con el fin de garantizar transparencia y trazabilidad en el análisis. Esta información facilita la construcción de diagnósticos precisos, la planeación de medidas de mitigación y la integración de soluciones como obras de drenaje y adecuación hidráulica. De esta manera, la incorporación de insumos cartográficos se convierte en un soporte técnico esencial para complementar la matriz de interesados y asegurar que las decisiones del proyecto no solo mejoren la movilidad, sino que también aporten soluciones sostenibles a la problemática de inundaciones que afecta a las comunidades locales.

Fuente	Capa/Dataset	Fecha	Escala	SRC	Responsable	Limitaciones
Alcaldía Mayor de Bogotá	POT – Decreto 555/2021 (EEP, rondas, ZMPA)	2021	Oficial	MAGNA-SIRGAS	SDP/SDA	Actualizaciones
IDIGER	Mapas de amenaza por inundación y puntos de evento	2025	Oficial	MAGNA-SIRGAS	IDIGER	Cobertura/escala
IDEAM	Boletines/series de precipitación y extremos	2023	—	—	IDEAM	Resolución temporal/espacial
EAAB (si aplica)	Red de drenaje (canales, sumideros, box)	—	Operativa	MAGNA-SIRGAS	EAAB-ESP	Disponibilidad
Ortoimágenes	Cobertura/impermeabilización superficial	2023–2025	—	—	—	Nubes/sombras
Proyecto vial	Secciones tipo y cruces (Accesos Norte II)	—	—	—	AN/IDU	Cambios de diseño



Tabla 7. Insumos Cartográficos.

Datos de caudales medios obtenidos de la CAR:

Los datos de caudal utilizados para el análisis hidráulico del humedal de Lagos Torca fueron obtenidos de la Corporación Autónoma Regional (CAR); sin embargo, estos registros solo se encuentran disponibles hasta el año 2017. A partir de esta información histórica se realizó la modelación en HEC-RAS para evaluar la posible inundación sobre la Autopista Norte, considerando los caudales de entrada y salida del humedal, así como la topografía y las secciones transversales de la zona. Este enfoque permitió identificar las áreas críticas susceptibles a inundación y analizar el comportamiento hidráulico del humedal bajo los caudales registrados, aunque se reconoce que los resultados están limitados por la antigüedad de los datos.

Tabla 5.1.5.6. Caudales medios en las principales cuencas del sistema hídrico Torca-Guaymaral (l/s)

Cuenca	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Aguascalientes	31.80	41.48	59.06	71.30	67.35	39.19	33.63	29.39	34.06	75.53	82.22	42.76
Cañiza	6.27	8.64	10.25	13.86	13.97	8.66	8.98	6.06	6.59	14.01	15.84	7.21
Floresta	64.04	96.38	124.74	167.85	169.80	97.05	100.00	67.54	74.83	172.71	194.28	84.83
Novita	9.94	14.17	17.53	23.90	24.25	14.38	14.98	9.88	10.80	24.23	27.56	12.19
Patíño	20.86	28.40	39.76	47.39	44.63	26.16	22.84	20.18	23.55	50.67	54.35	28.32
Pilas	24.29	36.61	47.72	62.06	62.10	36.18	36.25	26.74	29.11	64.57	71.55	32.88
San Juan	29.30	45.89	61.26	76.76	75.85	43.18	42.11	32.66	37.06	81.56	88.78	41.46
Tibabita	44.68	52.91	75.04	90.66	84.60	50.35	43.12	37.83	43.09	94.48	103.33	55.67
Torca	16.90	25.16	31.55	43.59	44.42	25.77	27.54	18.24	19.13	44.79	50.66	21.82

Fuente: WSP, 2019.

Ilustración 18. Caudales medios del sistema hídrico Torca-Guaymaral./ obtenidos de la página de la CAR (HNV ingenieros , CAR, 2021)

Según la CAR, la subcuenca de la quebrada Torca, ubicada al norte del sistema Torca-Guaymaral, abarca un área de 162 hectáreas y se caracteriza por un uso mayoritariamente rural, con presencia de instituciones en la parte baja, especialmente cerca de la Autopista Norte y el Club de Colsubsidio. El cauce principal tiene una longitud de 3.846 metros y un ancho promedio de 421 metros, presentando una elevación máxima de 3.218 msnm y mínima de 2.558 msnm en el Canal Guaymaral. La pendiente media del cauce principal es del 17,2 %, mientras que en la zona baja la pendiente varía entre 0,1 % y 0,5 %. Los cruces bajo la



Autopista Norte se encuentran en regular estado y actualmente se encuentran en obra debido a los trabajos de ampliación, reflejando las alteraciones antrópicas que ha sufrido la subcuenca.

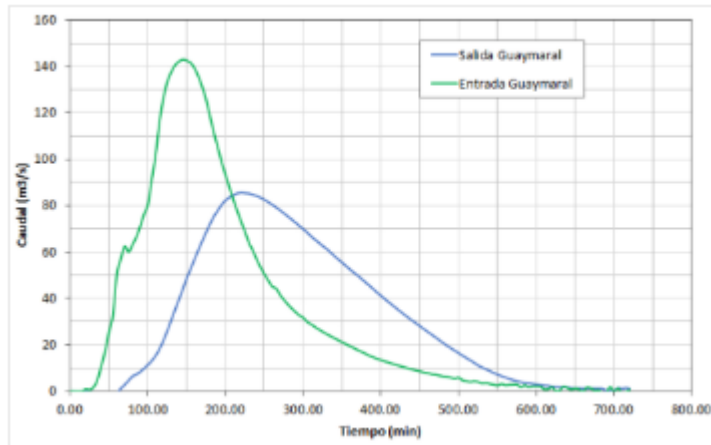


Ilustración 19. Hidrograma de lagos Torca / Obtenido de la CAR (HMV ingenieros , CAR, 2021).

Tiempo (h)	Entrada Guaymaral (m³/s)	Salida Guaymaral (m³/s)
0	0	0
1 (60 min)	55	8
2 (120 min)	140	45
3 (180 min)	80	85
4 (240 min)	40	60
5 (300 min)	20	35
6 (360 min)	10	18

Ilustración 20. Tabla de caudales maximos usados en HEC-RAS. (HMV ingenieros , CAR, 2021)

Con respecto a la tabla los Caudales máximos:

- Entrada Guaymaral (verde): $\approx 145 \text{ m}^3/\text{s}$ (en el minuto ~ 150).
- Salida Guaymaral (azul): $\approx 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (en el minuto $\sim 180\text{--}200$).



Con estos datos recolectados se realiza la simulación en HEC-RAS, específicamente en Ras Mapper.

Representación del humedal Lagos de Torca elaborado en HEC-RAS

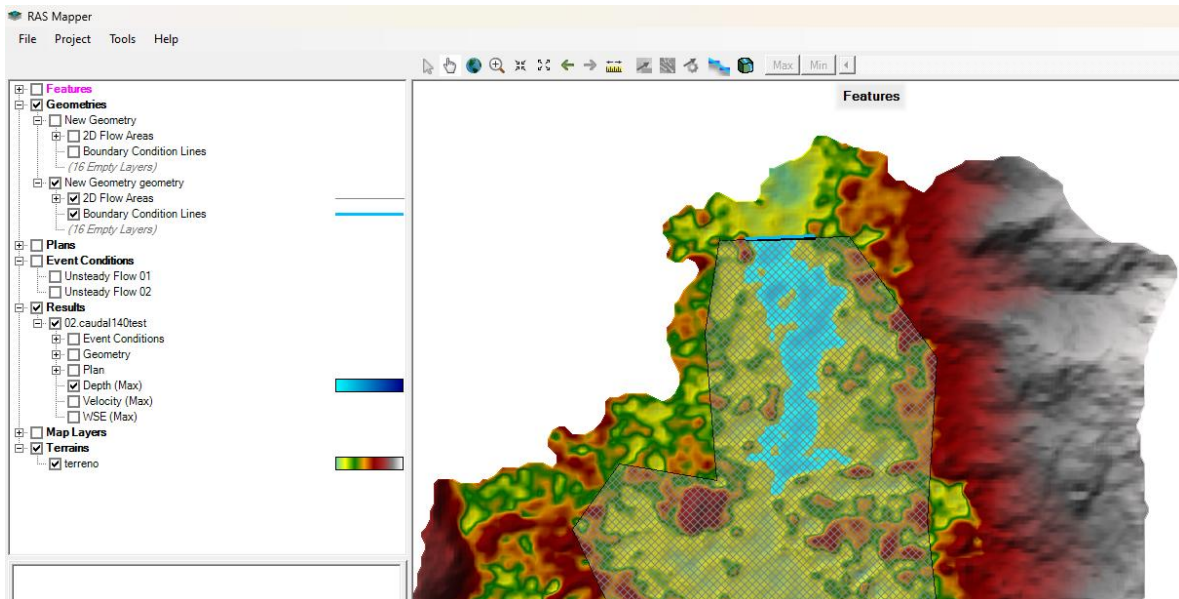


Ilustración 21. Humedal Lagos Torca/ Elaboración Propia. Ras Mapper

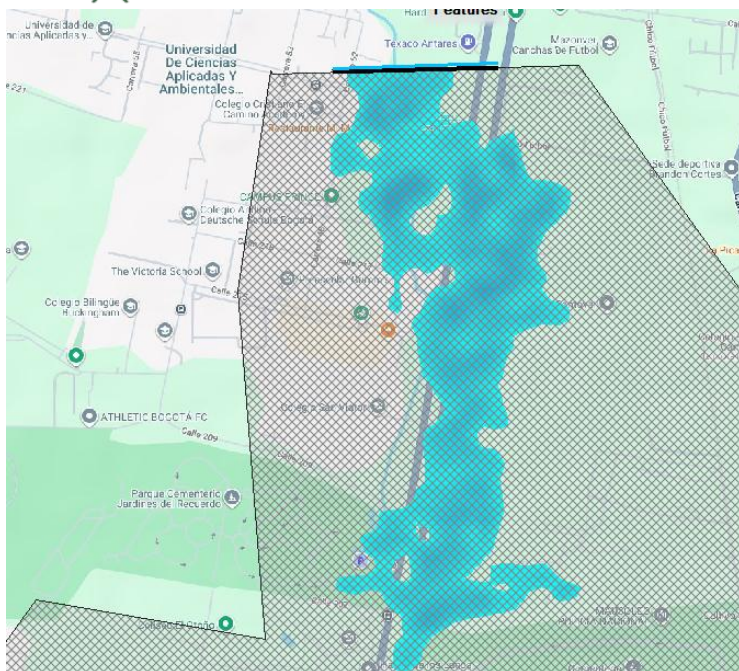


Ilustración 22. Muestra del humedal Lagos Torca entre la calle 200 a la calle 222 en la Autopista Norte. /Elaboración propia.

✓ **Área de estudio**

- La imagen muestra la zona del humedal Lagos Torca delimitada por un patrón de sombreado (rejilla).
- El área azul representa la extensión del humedal o la zona de acumulación de agua, indicando las zonas con mayor presencia de agua superficial.

✓ **Ubicación y contexto**

- El humedal se ubica a ambos lados de la Autopista Norte, lo que sugiere que cualquier aumento del nivel de agua podría impactar la vía.
- La imagen abarca desde la calle 200 hasta la calle 222, incluyendo áreas urbanas y algunas zonas verdes (como parques y universidades) adyacentes.

✓ **Riesgo de inundación**



- La presencia del azul sobre la autopista indica que, en condiciones de altos caudales o avenidas del humedal, el nivel del agua podría superar la calzada, generando riesgo de inundación sobre la Autopista Norte.
- Las zonas más densamente coloreadas son los puntos críticos de acumulación, principalmente en los tramos cercanos a la calle 200-222.

✓ **Interacción con infraestructura**

- Se observan puentes, vías y construcciones cercanas al humedal, lo que implica que una expansión del agua podría afectar la movilidad y la infraestructura urbana.
- La imagen puede servir como base para modelación en HEC-RAS, identificando los puntos donde el agua podría traspasar la calzada y afectando la autopista.

✓ **Observaciones adicionales**

- La extensión del azul no cubre toda el área sombreada, lo que indica que algunas partes del humedal no tienen inundación superficial en condiciones normales, pero podrían activarse en eventos extremos.
- Es recomendable integrar esta imagen con datos de caudal históricos y topografía para generar un mapa de riesgo preciso.

Fase 2: Gestión integral de riesgos e interesados

Propósito y criterio gerencial

La gestión del riesgo en la Autopista Norte de Bogotá, específicamente en el tramo (calle 200 – calle 222) requiere un análisis de riesgo de inundación bajo la guía del PMBOK que ayuda a identificar, planificar y controlar las distintas afectaciones de



forma gerencial. Para abordar esta situación crítica en la infraestructura vial se desarrolla una matriz de riesgos que identifique y priorice el impacto de las inundaciones en la movilidad, la seguridad de los usuarios, así simultáneamente elaborando una matriz de interesados, esencial para comprender las necesidades de los actores claves. El resultado final debes ser un plan de respuesta estructurado que contempla tantas medidas de mitigación a largo plazo, asegurando la continuidad del flujo vehicular y la minimización de las pérdidas operacionales en un entorno de variabilidad climática.

Alcance de la Fase 2

Se identificó las amenazas que pueden afectar el costo, tiempo, calidad y sostenibilidad del proyecto

La matriz de riesgos que se mostrado facilita la detección, categorización y ordenamiento de estos sucesos según su grado de probabilidad y su efecto

Incluye diversos participantes con diferentes intereses la matriz de interesados que reconoce sus funciones y define estrategias de gestión para asegurar una implementación ordenada y duradera

Se identifica a través de una tabla las estrategias de gestión frente a los eventos críticos

Supuestos y limitaciones de la fase

- Consistencia normativa: Toda interpretación lectora se presenta con los lineamientos de la Secretaria de Ambiente, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Instituto de Desarrollo Urbano, Secretaria Distrital de Planeación, etc.

Producto de Fase 2

- Tabla de roles y responsabilidades bajo la guía del PMBOK



- Tabla de matriz de riesgos obtenida a partir del Plan de Manejo Ambiental
- Tabla de matriz de interesados de acuerdo con información recopilada
- Tabla de plan de respuestas a los riesgos elaborada a partir del Plan de Manejo Ambiental

Procedimiento

Revisión documental orientada al proyecto

- La fase II está integrada a recopilación, análisis y clasificación de información por las investigadoras

Extracción de información

- La información analizada se organizó de tal manera que se le diera respuesta a la siguiente fase, obteniendo datos estructurados como: Entidad | Gestión | Riesgo | Probabilidad | Impacto | Estrategia de respuesta | Responsabilidad | Interesado | Relación con el proyecto | Interés | Poder/influencia | Nivel de impacto | Estrategia de Gestión | Estrategia PMI | Acciones sugeridas | Participación comunitaria |

Resultados — Fase 2

En este ítem se presenta cada uno de los alcances mencionados con anterioridad, dando respuesta y continuidad al proyecto.

Riesgos climáticos:

El presente Plan de Gestión de Riesgos se formula bajo la Guía del PMBOK® (PMI) para el proyecto urbano–ambiental Lagos de Torca, en Bogotá D.C. Este proyecto integra urbanismo, infraestructura vial y conservación de humedales. El objetivo del plan es identificar, analizar, planificar y controlar los riesgos que puedan afectar el alcance, costo, tiempo, calidad y sostenibilidad del proyecto.



Roles y responsabilidades:

- Gerente del Proyecto: Aprobación de estrategias de mitigación y contingencias.
- Equipo de Gestión Ambiental: Identificación y monitoreo de riesgos ecosistémicos.
- Equipo Técnico (Ingeniería y Construcción): Control de riesgos constructivos y de infraestructura.
- Comunidad / Entidades Distritales (EAAB, IDU, SDA): Gestión de riesgos sociales y normativos.
- Comité de Riesgos: Revisión mensual de la matriz y actualización de escenarios.

Entidad	Qué gestionar
IDU (Instituto de Desarrollo Urbano)	Solicita el organigrama o su equivalente para ese proyecto, donde se identifiquen el Gerente del Proyecto y responsables técnicos. (Ministerio De Transporte , 2022)
ANI (Agencia Nacional de Infraestructura)	Consulta el equipo concesionario del proyecto Accesos Norte II, donde pueden identificar gerentes, coordinadores ambientales o comités de riesgo asociados. (Ministerio De Transporte , 2022)
Oficinas de transparencia o contratos del Distrito	En muchos casos, los planos operativos y las adjudicaciones incluyen información sobre roles clave. Podrías revisar en SECOP (Sistema de Contratación Pública) si hay contratos con descripción de roles. (Ruta de Bogotá, 2022)



Matriz de Riesgos:

El desarrollo del proyecto Autopista Norte – tramo Lagos de Torca (calle 200 a la 222) implica la gestión de múltiples factores de riesgo que pueden afectar tanto la ejecución de las obras como a las comunidades del área de influencia. Entre ellos se incluyen riesgos técnicos relacionados con el diseño y la construcción, riesgos ambientales como las inundaciones y afectaciones a humedales, riesgos sociales vinculados a la percepción y aceptación de la comunidad, y riesgos institucionales o contractuales que inciden en los cronogramas y presupuestos.

La Matriz de Riesgos presentada permite identificar, clasificar y priorizar dichos eventos de acuerdo con su nivel de probabilidad y su impacto, con el fin de definir medidas de prevención, mitigación y contingencia. Esta herramienta constituye un insumo esencial para la toma de decisiones y la gestión integral del proyecto, asegurando que la obra no solo cumpla con sus objetivos de movilidad y conectividad, sino que también garantice la sostenibilidad ambiental y la reducción de vulnerabilidades, en especial frente a la problemática de las inundaciones que históricamente han afectado a la zona de Lagos de Torca.



Código	Tipo de riesgo	Descripción breve
R1	Técnico	Fallos en modelos o datos de caudales y simulaciones hidráulicas.
R2	Geotécnico	Suelos de relleno que reemplazan suelos naturales
R3	Ambiental	Fragmentación de coberturas nativas, afectación de procesos de regeneración natural, introducción de especies exóticas e invasoras y degradación de hábitats para fauna terrestre y acuática.
R4	Ambiental	Contaminación de aguas (vertimientos, conformes, materia orgánica)
R5	Administrativo	Retrasos en aprobaciones institucionales (CAR, ANI, alcaldías).
R6	Financiero	Insuficiencia de recursos para ejecutar las medidas propuestas.
R7	Social	Falta de aceptación o participación de comunidades locales.
R8	Seguridad y salud	Riesgos para personal durante inspecciones o levantamientos.
R9	Tecnológico	Pérdida de datos o fallas en el sistema GIS o HEC-RAS.

En primer lugar, se lleva a cabo una clasificación del riesgo con el fin de identificar, evaluar y priorizar las amenazas, lo que permite implementar medidas de prevención, control y mitigación.



Código	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Nivel de riesgo (P×I)	Clasificación	Estrategia de respuesta	Responsable principal	Acción preventiva / correctiva
R1	3	4	12	Alto	Mitigar	Coordinador técnico	Verificar validación de datos; revisión cruzada de modelos.
R2	2	5	10	Medio-Alto	Mitigar	Especialista Geotecnico	Reconformacion hidromeomorfologica, restauracion ecologica
R3	3	4	12	Alto	Mitigar	Especialista ambiental	restauracion de correuores ecologicos, pasos de fauna, habitas acuaticos, propagacion de especies nativas.
R4	4	3	12	Alto	Mitigar	Especialista ambiental	Incorporar escenarios de variabilidad climática y resiliencia.
R5	3	3	9	Medio	Transferir	Gerente de proyecto	Establecer cronograma con márgenes y compromisos institucionales.
R6	2	5	10	Medio-Alto	Mitigar	Coordinador financiero	Revisión de fuentes de financiación y priorización de medidas.
R7	4	4	16	Crítico	Mitigar / Compartir	Gestor social	Diseñar plan de comunicación y socialización comunitaria.
R8	2	4	8	Medio	Evitar	Supervisor de campo	Aplicar protocolos de seguridad y EPP.
R9	3	5	15	Crítico	Mitigar / Transferir	Responsable de sistemas	Realizar copias de seguridad semanales; almacenamiento en la nube.

En segundo lugar, se evalúa el riesgo, considerando la probabilidad de que se materialice y el impacto que podría generar. Con base en esto, se clasifica para determinar en que nivel se encuentra, desde un riesgo aceptable hasta uno crítico,



lo que permite priorizar acciones y establecer medidas de control para prevenir o mitigar daños.

Actividad / Fase	Gerente de Proyecto	Coordinador Técnico	Especialista Ambiental	Gestor Social	Coordinador Financiero	Supervisor de Campo	Responsable de Sistemas
Planificación general del proyecto	R	R	R	C	R	A	A
Delimitación SIG y diagnóstico	C	I	R	I	I	I	R
Modelación HEC-RAS	A	A	A	I	I	A	R
Evaluación ambiental y social	A	R	R	A	I	R	I
Elaboración de matrices de riesgos	R	A	R	I	C	A	C
Formulación de soluciones	R	R	R	A	A	R	A
Estimación de costos	A	A	C	I	R	A	I
Seguimiento y KPIs	C	R	C	I	I	I	I
Gestión documental y respaldos	A	R	C	I	A	C	C

La matriz que se presenta a continuación fue elaborada con el objetivo de asignar los roles y responsabilidades dentro de un proyecto, garantizando que cada tarea cuente con un responsable.

Tipo de acción	Descripción	Responsable	Frecuencia de control	Evidencia
Preventiva	Validar datos de entrada antes de cada modelación.	Coord. Técnico	Cada entrega	Registro de revisión
Mitigación	Generar copia de seguridad en Drive y servidor físico.	Resp. Sistemas	Semanal	Log de respaldo
Contingencia	Repetir simulaciones con parámetros alternos en caso de falla.	Coord. Técnico	Según incidente	Informe de validación
Transferencia	Establecer acuerdos formales con CAR/ANI sobre cronogramas.	Gerente Proyecto	Inicio de fase	Acta firmada
Correctiva	Actualizar cronograma y riesgos ante retrasos detectados.	Gerente / Financiero	Mensual	Plan ajustado

Tabla 8. Matriz de Riesgos – Humedales de Torca y Guaymaral. -Elaboración propia.

Finalmente, se tiene un plan de respuesta para guiar y coordinar acciones, antes, durante y después de una emergencia, ya sea una amenaza, un desastre natural, de acuerdo a lo mencionado anteriormente su objetivo es minimizar los daños.



Matriz de interesados:

La construcción de la Autopista Norte entre la calle 200 y la 222, en el marco del proyecto Lagos de Torca, representa una obra estratégica para mejorar la movilidad y la planificación urbana en Bogotá. Debido a su magnitud, el proyecto involucra a múltiples actores con intereses, niveles de influencia e impactos distintos, lo que hace necesario contar con una matriz de interesados que identifique sus roles y defina estrategias de gestión para lograr una ejecución coordinada y sostenible.

Entre los actores clave se destacan las comunidades locales (residentes y comerciantes), directamente afectadas por fenómenos de inundación y por las obras en el corredor vial. Su participación resulta esencial para diseñar soluciones como planes de mitigación del riesgo, obras de drenaje y estrategias de comunicación social, de manera que el proyecto no solo fortalezca la movilidad y conectividad de la ciudad, sino que también aporte respuestas efectivas a las problemáticas históricas de inundación en el sector. A continuación, se presenta la matriz de interesados de este tramo:



Matriz de Interesados – Proyecto Urbano Autopista Norte					
Interesado	Rol/Relación con el proyecto	Interés	Poder/Influencia	Nivel de impacto	Estrategia de gestión
Alcaldía Mayor de Bogotá	Formulación de políticas públicas y presupuesto	Alto	Alto	Crítico	Involucramiento directo, reportes periódicos, participación en toma de decisiones.
IDIGER (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático)	Entidad técnica responsable de riesgos e inundaciones	Alto	Alto	Crítico	Coordinación estratégica, integración en todas las fases del proyecto.
Secretaría de Movilidad	Regulación del tránsito, desvíos y obras viales	Medio	Alto	Alto	Comunicación permanente, acuerdos logísticos, planes de movilidad alterna.
Secretaría de Planeación / Hábitat	Planificación urbana, normativas de uso de suelo	Alto	Medio	Alto	Integración en fase de diseño, validación de propuestas de mitigación.
Comunidad local (residentes y comerciantes)	Afectados directos por inundaciones y obras	Alto	Medio	Alto	Estrategia de comunicación social, mesas de trabajo participativas, encuestas de percepción.
Usuarios de la Autopista Norte	Conductores y pasajeros que transitan el corredor	Alto	Bajo	Medio	Información oportuna, campañas de sensibilización, difusión en medios.
Constructores/Contratistas	Ejecución de las obras urbanas y de mitigación	Medio	Alto	Alto	Contratos con cláusulas de riesgos, cronogramas flexibles, coordinación técnica.
Autoridades ambientales (CAR, MinAmbiente)	Regulación de impactos sobre el humedal	Alto	Medio	Alto	Cumplimiento normativo, informes técnicos, planes de compensación.
Medios de comunicación	Difusión de impactos, avances y conflictos	Medio	Medio	Moderado	Relación proactiva, boletines de prensa, transparencia en resultados.
Academia / Investigadores	Aporte de estudios y validación de metodologías	Medio	Bajo	Bajo	Vinculación en fases de diagnóstico y validación de propuestas.

Tabla 9. Matriz de interesados _ Lagos Torca / elaboración propia.

Teniendo en cuenta que ya se identificaron los interesados, el siguiente paso corresponde a definir la línea base del proyecto propuesto para lo cual es conveniente elaborar un plan de respuestas en donde se definen las estrategias de gestión frente a los eventos críticos identificados.

Plan de respuestas (evitar / mitigar / transferir / aceptar):

El Plan de Respuestas a los Riesgos del proyecto Autopista Norte – tramo Lagos de Torca (calle 200 a 222) define las estrategias de gestión frente a los eventos críticos identificados. Los riesgos de inundaciones y afectaciones hidráulicas se abordan principalmente con medidas de mitigación, como obras de drenaje y monitoreo de lluvias. En cuanto a los impactos ambientales en humedales y rondas hídricas, se prioriza la estrategia de evitar, mediante la protección de áreas sensibles y el cumplimiento normativo.



Por su parte, los riesgos sociales que afectan a comunidades y comerciantes se gestionan con acciones de mitigación, a través de mesas de trabajo y comunicación directa. Finalmente, los riesgos menores se consideran bajo la estrategia de aceptación, manteniendo un seguimiento preventivo. Este enfoque integral permite fortalecer la viabilidad técnica, social y ambiental del proyecto, garantizando beneficios en movilidad y sostenibilidad.

Riesgo identificado	Estrategia PMI	Acciones sugeridas (según el Plan de Acción del documento)	Participación comunitaria
Contaminación de aguas por vertimientos	Mitigar	- Reconexión de quebradas- Mantenimiento de colectores- Monitoreo de calidad del agua	Veeduría ciudadana sobre descargas y apoyo en jornadas de limpieza
Desconexión de flujos hídricos / riesgo de inundaciones	Mitigar	- Obras de reconfiguración hidro-geomorfológica- Restauración ecológica de rondas y bordes	Participación en procesos de educación ambiental y reportes comunitarios de
Colmatación y eutroficación del espejo de agua	Mitigar / Aceptar parcialmente	- Manejo de lodos- Control de vegetación acuática invasora	Jornadas de control manual de especies con asociaciones locales
Suelos de relleno que reemplazan suelos naturales	Evitar / Mitigar	- Prohibición de rellenos adicionales- Recuperación de zonas alteradas	Denuncias comunitarias sobre rellenos ilegales y apoyo en restauración
Reducción de coberturas vegetales nativas	Mitigar	- Programas de reforestación- Creación de corredores ecológicos	Participación en siembra de especies nativas con el Jardín Botánico y SDA
Alteración de la regeneración natural de la vegetación	Mitigar	- Bancos de semillas y propagación de especies nativas	Viveros comunitarios de plantas nativas
Introducción de especies exóticas invasoras (retamo, kikuyo)	Mitigar / Evitar	- Control gradual de invasoras- Sustitución por nativas	Brigadas comunitarias para control de retamo y monitoreo de nuevas
Reducción de hábitat para fauna acuática	Mitigar	- Restauración de hábitats- Monitoreo de biodiversidad	Monitoreo participativo de fauna y reportes de
Conflicto por uso del suelo (presión urbanística vs. conservación)	Transferir / Mitigar	- Convenios con propietarios- Pactos socioambientales	Mesas de concertación con comunidad y propietarios, veedurías ambientales
Falta de articulación institucional	Mitigar	- Creación de comité interinstitucional- Espacios de	Inclusión de líderes comunitarios en los comités

Tabla 10. Plan de Respuestas a los Riesgos – Humedales Torca y Guaymaral. (Plan De Manejo ambiental , 2023).

El Plan de Manejo Ambiental de los Humedales de Torca y Guaymaral (2022) destaca la importancia de la participación comunitaria como eje central de la gestión



socioambiental. Más allá de ser beneficiarios, los habitantes se convierten en cogestores a través de procesos de educación ambiental, pactos colectivos y restauración participativa, apoyando acciones clave como el control de especies invasoras y la siembra de nativas junto a entidades distritales. Información recopilada mediante:

- El documento *“Actualización del Plan de Manejo Ambiental de los Humedales de Torca y Guaymaral – Capítulo 6. Plan de Acción”* (2022) enfatiza la educación ambiental, los pactos socioambientales y la restauración participativa como mecanismos centrales de involucramiento comunitario.
- La comunidad no solo actúa como beneficiaria, sino como co-gestora de acciones de monitoreo, control y restauración, acompañando a las entidades distritales en la implementación del plan.
- En varios casos —por ejemplo, el control de especies exóticas invasoras y la siembra de especies nativas—, la estrategia de mitigación depende de la participación de la mano de obra comunitaria, organizada en asociaciones locales y apoyada por instituciones como la SDA y el Jardín Botánico.

Fase 3: Gestión gerencial aplicada a la cuantificación de pérdidas y la consolidación de información

Propósito y criterio gerencial:

El propósito de esta fase es fortalecer la gestión integral del riesgo de inundación en el corredor de la Autopista Norte de Bogotá, tramo calles 200–222, mediante un enfoque gerencial alineado con el PMBOK y los lineamientos normativos del POT y la Ley 1523, que permita identificar, analizar y mitigar las afectaciones a la movilidad, la infraestructura y la seguridad ciudadana derivadas de anomalías de precipitación y desbordamientos en la zona de Lagos de Torca. El criterio gerencial se centra en articular a las entidades distritales (IDU, EAAB, SDA, CAR, Alcaldía



Mayor) y actores clave (comunidades, concesionarios y ministerios), asegurando la toma de decisiones con base en indicadores de desempeño (KPIs), la cuantificación de pérdidas económicas y sociales, y la presentación de una solución que contribuyan a garantizar la continuidad operativa del corredor vial, reducir la vulnerabilidad ambiental y social, y generar valor público a través de la prevención de costos futuros y la sostenibilidad de la infraestructura.

Alcance de la Fase 3

- Realizar el diagnóstico de la dinámica de inundaciones en el tramo de la Autopista Norte entre calles 200–222, incluyendo análisis de registros históricos (noviembre 2024 y marzo 2025).
- Cuantificar las pérdidas económicas directas asociadas a afectaciones laborales, retiro de escombros y pérdidas en recaudo de peaje.
- Definir y aplicar KPIs propuestos (disponibilidad del corredor, cierres preventivos, viviendas afectadas, costo evitado, participación de interesados).
- Cuantificar insumos técnicos y económicos por medio de las pérdidas que orienten la toma de decisiones en la Alcaldía de Bogotá y el IDU.

Supuestos y limitaciones de la fase

- El cálculo de pérdidas económicas (laborales, escombros, peaje) refleja adecuadamente el impacto directo de los eventos de 2024 y 2025.
- Los cálculos de pérdidas laborales se basan en salario mínimo legal vigente, lo que puede subestimar o sobrestimar según ocupación real.
- Los KPIs definidos (cierre de corredor, disponibilidad, viviendas afectadas, costo evitado) permiten medir con precisión la efectividad de las medidas de mitigación.
- El proyecto depende de la disponibilidad de datos actualizados de entidades oficiales, pudiendo presentar rezagos.



- Los actores institucionales (Alcaldía, IDU, CAR, MinAmbiente) mantendrán coordinación y disponibilidad de información durante la ejecución del proyecto.

Producto de Fase 3

- Diagnóstico de caso
- Cuantificación de daño ocasionado por inundaciones, evacuaciones y cierras preventivos.
- Reportes de información de recurrencia de inundaciones en Lagos Torca.
- Daños estimados
- Acta de constitución

Procedimiento

- **Recolección y sistematización de datos:**
consolidar información de IDEAM, IDIGER, PMU y reportes distritales sobre caudales, lluvias, cierres y evacuaciones.
- **Construcción de línea base:**
normalizar datos en la tabla maestra para cuantificar pérdidas y evidenciar recurrencia de eventos.
- **Cálculo de pérdidas económicas:**
aplicar fórmulas establecidas para pérdidas laborales, escombros y peaje.
- **Definición y aplicación de KPIs:**
medir cierres de corredor, disponibilidad operativa, viviendas afectadas y costo evitado.
- **Evaluación de alternativas:**
comparar soluciones de mitigación (constructivas y ambientales) según viabilidad técnica y económica.
- **Informe de resultados:**
generar un documento técnico con hallazgos, indicadores y recomendaciones para la toma de decisiones.



Resultados — Fase 3

Diagnóstico del caso de estudio:

El diagnóstico de las inundaciones en Lagos de Torca permite comprender la dinámica de los eventos hídricos que afectan de manera recurrente a la Autopista Norte entre la calle 200 — calle 222. Los registros de noviembre de 2024 y marzo de 2025 evidencian la magnitud de los impactos sobre la población, la movilidad y la infraestructura, al tiempo que destacan la necesidad de un enfoque integral de gestión del riesgo. En seguida se mencionan algunas causas de inundación:

- Las inundaciones se originan por colmatación y desconexión de flujos hídricos, asociados a crecientes caudales sin capacidad de absorción del ecosistema.
- Según el IDEAM, el riesgo es recurrente durante temporadas de lluvias intensas, especialmente cuando no se han realizado labores de dragado, limpieza, y restauración.

Adicionalmente se muestra información sobre las afectaciones ocasionadas por los eventos de noviembre de 2024 y marzo de 2025, en los que las precipitaciones intensas generaron inundaciones con distintos niveles de agua, evacuaciones masivas, cierres viales y la activación de protocolos de emergencia, evidenciando la recurrencia del riesgo en el sector de Lagos de Torca.

Noviembre de 2024

- Precipitación intensa: comparativamente menor concentración, pero con impactos mayores.
- Nivel del agua: Inundaciones de entre 50 y 80 cm en varios puntos, con más de 2000 personas y 200 vehículos evacuados; caos vial, suspensión de clases e intervención de bomberos y emergencia. (LA RAZON.CO diario digital, s.f.)

Marzo de 2025



- Precipitación acumulada: 60 mm en 24 horas, en contraste con 47 mm en pocas horas en noviembre pasado. (Cruz Marroquín, 2025)
- Nivel del agua: Espejos de agua de hasta 40 cm, con cierre total de la vía entre calles 215 y 232, sin vehículos atrapados. (BOGOTÁ, 2024)

Cuantificación de daño ocasionado por inundaciones, evacuaciones y cierres preventivos

Tabla maestra — Cuantificación de datos

El inventario estandarizado de datos y cálculos constituye un insumo esencial para comprender la magnitud y las características de los eventos asociados a las inundaciones en el sector de Lagos de Torca y la Autopista Norte. A través de esta tabla se recopilan y normalizan hechos verificados, fechas, tramos de afectación, valores cuantificados y observaciones relevantes para el proyecto. Su finalidad es garantizar trazabilidad, facilitar la construcción de indicadores y sustentar la toma de decisiones frente a la gestión del riesgo. La información consolidada incluye desde reportes de emergencias y evacuaciones hasta registros de cierres preventivos, volúmenes de sedimentos retirados y acciones institucionales de seguimiento, lo que refleja tanto la criticidad del corredor como la necesidad de medidas coordinadas de prevención y respuesta.

Evento	Fecha	Tramo (referencia)	Hecho verificado	Valor	Und	Observación para el proyecto
Inundación norte	06– 07/nov/2024	Autopista Norte c.222–235 (AOI incluye 200–222)	Buses atrapados reportados por Bomberos	≈10	buses	Corrobora criticidad del corredor y necesidad de cierres preventivos



Operativo PMU	10– 13/nov/2024	Calle 222 – Multiparque (PMU)	PMU activo y seguimiento distrital	—	—	Asegura coordinación interinstitucional
Limpieza post-evento	13-nov-24	Canal Torca– Guaymaral	Lodo + residuos retirados	2.500	m ³	Dato clave para KPI “sedimento retirado/mes”
Lluvias y afectaciones (balance)	6-nov-24	Bogotá (varios corredores)	Reportes por lluvias atendidos (Línea 123)	26	eventos	Confirma oficialidad del evento del 6/nov
Evacuación escolar	7-nov-24	Autopista Norte zona 222	Niños evacuados (corte 9:00 p. m.)	121	niños	Sustenta protocolo de atención y rol de PMU
Cierre preventivo	12-mar-25	c.232–215 (sentido N→S)	Espejo de agua (4:20 a. m.)	40	cm	Cierre sin vehículos atrapados; alimenta KPI “tiempo de drenaje”

Table 1 Tabla maestra — Cuantificación de datos. Tomado de: (BOGOTÁ, 2024)
(IDEAM., 2023)

La tabla evidencia que los eventos de inundación en el sector de Lagos de Torca y la Autopista Norte presentan una recurrencia que afecta tanto la movilidad como la seguridad de la comunidad. Los hechos verificados muestran una diversidad de impactos: atrapamiento de buses, evacuaciones escolares, cierres preventivos y



acumulación de sedimentos, lo que confirma la vulnerabilidad del corredor vial y la necesidad de protocolos oportunos de atención.

Reportes de información de recurrencia de inundaciones en Lagos de Torca

Retraso en los cierres viales:

Inundación del 6 de noviembre de 2024

- El agua empezó a acumularse en la tarde tras las lluvias intensas (~100 mm en pocas horas).
- El cierre total de la Autopista Norte se produjo varias horas después, cuando ya había vehículos atrapados y personas que debieron ser rescatadas.
- Los medios reportan que el caos vial se prolongó por más de 72 horas antes de que la vía pudiera ser parcialmente habilitada. (EL PAÍS, 2024)

Inundación del 12 de marzo de 2025:

- La precipitación acumulada (60 mm en 24 h) generó encharcamientos desde la mañana.
- El Distrito cerró de forma preventiva el tramo entre calles 200 y 232 cuando los espejos de agua alcanzaban ~40 cm.
- La reapertura del corredor se dio durante 48 horas después, con afectaciones menores a la movilidad.

A continuación, se organizan los registros de daños teniendo en cuenta las fuentes tomadas para esta investigación y así pasar al siguiente ítem de estimación de valores y cálculo de pérdidas (CLIMATICO, s.f.):



po de fuente	Entidad / Medio	Referencia o fecha	Contenido o aporte a la estimación
ial distrital	IDIGER – Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático	Reportes de emergencias lluvias 2024–2025	Reportes de afectaciones, viviendas impactadas, zonas críticas y costos de atención inicial.
ial distrital	Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)	Comunicados técnicos nov. 2024 y mar. 2025	Descripción de la magnitud del evento hídrico en el humedal Torca-Guaymaral y afectación ecosistémica.
ial distrital	EAAB – Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	Boletines operativos 2024–2025	Información sobre colapso de redes pluviales, estaciones de bombeo y saturación del sistema de drenaje.
ial distrital	Secretaría Distrital de Movilidad	Informe marzo 2025	Registro del cierre total de la Autopista Norte y afectación del transporte público y privado.
ial distrital	UAESP – Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos	Comunicado marzo 2025	Datos sobre recolección de escombros y residuos en zonas inundadas.
ial local	Concejo de Bogotá	Nota informativa 12 marzo 2025 (“Miles de personas sufren inundaciones en el norte de Bogotá”)	Fuente base sobre número de viviendas afectadas, vehículos dañados y costos aproximados de atención.
Medio de comunicación	El Tiempo	Noviembre 2024 y marzo 2025	Reportes sobre magnitud de lluvias, daños viales y pérdidas económicas estimadas.
Medio de comunicación	El Espectador / Infobae / Noticias Caracol	Noviembre 2024 y marzo 2025	Complemento sobre afectación de servicios, evacuaciones y respuesta institucional.
Gremial / económica	Fenalco Bogotá – Portafolio	mar-25	Estimaciones de pérdidas por cierre de comercios y afectación productiva en el norte de la ciudad.

Ilustración 23. Fuentes de información, reportes para la toma de daños y perdidas (CARACOL RADIO , 2024).

El análisis de pérdidas económicas derivadas de las inundaciones registradas en marzo de 2025 en el sector Lagos de Torca —ubicado entre las calles 200 y 222 de la Autopista Norte— constituye un insumo esencial para la evaluación del impacto socioeconómico y la planificación de medidas de gestión del riesgo. Durante este evento, la acumulación de agua producto del desbordamiento del humedal Torca-Guaymaral y de la insuficiente capacidad del sistema de drenaje pluvial ocasionó afectaciones significativas en la infraestructura vial, el transporte, las viviendas y los servicios públicos.



A continuación, se calcularán las pérdidas que permites dimensionar los costos directos e indirectos asociados a los daños ocasionados por los eventos de inundación en la Autopista Norte entre la calle 200 y la 222.

Cálculo de perdidas laborales:

- SMLV 2025 = COP \$1.300.000.
- Jornada mensual para cálculo: 240 horas (30 días × 8 h/día).
- Hora-salario = SMLV ÷ 240.
- Evento noviembre 2024: 2.300 personas afectadas, 72 horas perdidas por persona. (Rodríguez J. D., 2024)
- Evento marzo 2025: 500 personas afectadas, 48 horas perdidas por persona. (BOGOTÁ, 2024)
- No se incluyen daños materiales ni pérdidas indirectas (solo tiempo laboral perdido).

1. Salario por hora:

$$\frac{1300000}{240} = \frac{\$5,416.66}{h} = Aprox = \$5,416$$

2. Perdida por persona según horas perdidas:

a) Noviembre 2024 — 72horas:

$$\$5,416 * 72 = \$389,952 = Aprox = \$390,000$$

Pérdida por persona (72 h) = COP \$390,000

b) Marzo 2025 — 48 horas:

$$\$5,416 * 48 = \$259,968 = Aprox = \$259,968$$



3. Pérdida total laborales:

a) *Noviembre 2024 — 72 horas: (2.300 personas, 72 h)*

$$\$390,000 * 2300 = \$897,000,000$$

b) *Marzo 2025 — 48 horas: (500 personas, 48 h)*

$$\$259,968 * 500 = \$129,984,000$$

Cálculo de perdidas por escombros:

a) *Noviembre 2024 — 72 horas: (2.300 personas, 72 h)*

Cada metro cubico de escombros esta dado por el valor de \$150,000 (ciento cincuenta mil pesos colombianos)

$$\$150,000 * 2500m^3 = \$375,000,000$$

b) *Marzo 2025 — 48 horas: (500 personas, 48 h)*

El 22 de marzo de 2025 se reportaron 16.850 m³ de residuos sólidos recogidos de canales, quebradas y sistemas pluviales de la ciudad. (Consejo de Bogotá, 2025)

$$\$150,000 * 16850m^3 = \$2,527,500$$

Cálculo de pérdidas de peaje:

Teniendo en cuenta el promedio del valor del peaje es de \$19,700 pesos para cada evento el valor de perdida fue:

Noviembre 2024 — 72 horas:



$$39,330 \text{ vehiculos/dia} * 3 \text{ dias} = 117.990 \text{ vehiculos}$$

$$117.990 * 19,700 = \$2,324,403,000$$

Marzo 2025 — 48 horas: (500 personas, 48 h)

$$39,330 \text{ vehiculos/dia} * 2 \text{ dias} = 78.660 \text{ vehiculos}$$

$$78.660 * 19,700 = \$1,549,602,000$$

Cálculo de pérdidas totales:

Evento	Horas perdidas	Pérdida laboral por persona (COP)	Personas afectadas	Pérdida laboral (COP)	Escombros (m³)	Pérdida por escombros (COP)	Vehículos afectados	Pérdida peajes (COP)
nov-24	72	\$ 390,000	2300	\$897.000.000	2500	\$375.000.000	117990	\$2.324.403.000
mar-25	48	\$ 259,968	500	\$129.984.000	16850	\$2.527.500	78660	\$1.549.602.000

Ilustración 24. Tabla de cálculo de perdidas

Adicionalmente, Según reportes del Concejo de Bogotá (2024), la Secretaría Distrital de Ambiente y el IDIGER, las inundaciones ocasionaron daños estructurales, pérdidas económicas y alteraciones en la movilidad, aunque de en noviembre de 2024 se mostraron menores perdidas que las registradas en marzo de 2025. La siguiente tabla presenta una estimación razonada de las pérdidas económicas, elaborada con base en proporciones sectoriales y en información disponible de fuentes oficiales y medios de comunicación. Los valores pueden variar en un rango de $\pm 15\%$ según nuevas actualizaciones distritales de noviembre de 2024 a marzo de 2025.

Las estimaciones se tomaron sobre el total:

- Noviembre 2024 → Base total: \$1,820,000 millones COP
- Marzo 2025 → Base total: \$2,600,000 millones COP



Los porcentajes reflejan la proporción de pérdida sectorial sobre el total estimado de daños económicos en cada evento, según la severidad registrada y fuentes distritales (IDIGER, Concejo de Bogotá, SDA, EAAB, etc.).

Noviembre				
Sector	% estimado sobre el total	Valor estimado (COP)	Descripción breve del impacto	Fuente referencial
Viviendas afectadas (estructuras, muebles, enseres)	30%	\$ 546,000,000	Afectación de viviendas en barrios colindantes al humedal, principalmente por ingreso de agua y daños menores estructurales.	Concejo de Bogotá (2024); IDIGER (Informe de emergencias 2024)
Infraestructura pública (vías, puentes, alcantarillado, espacio público)	20%	\$ 364,000,000	Erosión de bordes viales y daños en drenajes sobre la Autopista Norte entre calles 200-222.	Secretaría Distrital de Ambiente (SDA, 2024); El Tiempo (nov. 2024)
Redes eléctricas y comunicaciones	10%	\$ 182,000,000	Cortes eléctricos localizados y daños en cableado subterráneo.	Ehel-Codensa (2024); Infobae (2024)
Salud pública y atención de emergencias	10%	\$ 182,000,000	Costos de atención médica, evacuaciones y albergues temporales.	IDIGER (2024); Secretaría de Salud Distrital (Boletín nov. 2024)
Servicios básicos (agua, saneamiento, drenaje, residuos)	10%	\$ 182,000,000	Saturación del sistema de alcantarillado pluvial y fallos en drenaje local.	EAAB (2024); El Espectador (2024)
Daños al transporte público y privado (vehículos, buses, taxis)	5%	\$ 910,000,000	Aproximadamente 180 vehículos afectados; congestión y cierres parciales de la vía.	Secretaría de Movilidad (2024); Noticias Caracol (2024)
Pérdida económica por cierre de comercios y actividades	10%	\$ 1,820,000,000	Pérdida de ingresos por cierre de locales comerciales durante 2-3 días.	Fenalco Bogotá (2024); Portafolio (2024)
suma		\$ 4,186,000,000		

Ilustración 25. Tabla de pérdidas de noviembre de 2024.



Marzo				
Sector	% estimado sobre el total	Valor estimado (COP)	Descripción breve del impacto	Fuente referencial
Viviendas afectadas (estructuras, muebles, enseres)	25%	\$ 650,000,000	Inundación de barrios cercanos al humedal Torca-Guaymaral; más de 2.000 viviendas reportaron daños o pérdidas parciales.	Concejo de Bogotá (2025); IDIGER – Reporte de afectaciones marzo 2025
Infraestructura pública (vías, puentes, alcantarillado, espacio público)	25%	\$ 650,000,000	Deterioro de la Autopista Norte entre calles 200–235, afectación de redes pluviales y bordes del canal Torca-Guaymaral.	Secretaría Distrital de Ambiente (SDA, 2025); El Tiempo (2025)
Redes eléctricas y comunicaciones	8%	\$ 208,000,000	Interrupciones eléctricas preventivas, postes caídos y fallas en fibra óptica por humedad.	Enel-Codensa (Comunicado marzo 2025); Infobae (2025)
Salud pública y atención de emergencias	7%	\$ 182,000,000	Gastos por atención médica, evacuaciones, albergues temporales y suministros básicos.	IDIGER (2025); Secretaría de Salud (Boletín marzo 2025)
Servicios básicos (agua, saneamiento, drenaje, residuos)	10%	\$ 260,000,000	Sobrecarga de alcantarillado, fallos en estaciones de bombeo y acumulación de residuos.	Acueducto de Bogotá (EAAB, 2025); El Espectador (2025)
Daños al transporte público y privado (vehículos, buses, taxis)	8%	\$ 208,000,000	Aproximadamente 250 vehículos afectados, suspensión temporal de rutas STP y taxis.	Secretaría de Movilidad (2025); Noticias Caracol (2025)
Pérdida económica por cierre de comercios y actividades	10%	\$ 260,000,000	Cierre de establecimientos comerciales por 3–5 días; pérdidas de ingresos y ventas.	Fenalco Bogotá (2025); Portafolio (2025)
	suma	\$ 2,418,000,000.00		

Ilustración 26. Tabla de pérdidas de marzo de 2025 con un estimado menos del 15%

Los estimados presentados constituyen a una estimación de pérdidas económicas directas e indirectas, construida con base en la información disponible en (IDIGER, Secretaría de Ambiente, EAAB, Secretaría de Movilidad) y medios de comunicación.

Según lo encontrado sobre las pérdidas obtenidas en cada uno de estos eventos en Lagos Torca en la Autopista Norte entre la calle 200 a la 222. El evento de marzo de 2025 fue moderado con menor tiempo de cierre vial y menor número de viviendas afectadas comparado con el evento de noviembre de 2024.

Finalmente, el total de las pérdidas que han generado estas inundaciones son:

Pérdidas totales	valor total
Noviembre	\$ 7,782,793,000



Marzo	\$ 4,100,373,468
Perdidas por inundaciones en la Autopista Norte de la calle 200 a la calle 222	\$ 11,883,166,468

Acta de constitución

El proyecto fue definido en propósito, objetivos medibles, alcance a alto nivel, entregables, restricciones, supuestos, riesgos de alto nivel e interesados clave; la alineación con POT y Ley 1523 fue indicada.

Nombre del proyecto:

Enfoque gerencial para gestión de proyectos urbanos frente a anomalías de precipitación: análisis del caso de inundaciones en la autopista norte de Bogotá (calles 200–222)

Versión / fecha: 01 de marzo de 2025

Patrocinador previsto: IDU / Alcaldía Mayor de Bogotá.

Dirección técnica prevista: CAR y el Ministerio de Ambiente

Gerencia del proyecto: Alcaldía Mayor de Bogotá.

Ámbito: Urbano–ambiental (corredor vial; humedal Torca–Guaymaral)

- **Propósito**

Revisión de riesgo de inundación en el tramo entre la calle 200 y la calle 222.

- **Justificación**

La movilidad, la seguridad vial y la infraestructura han sido afectadas por eventos recientes; la exposición del corredor y la colmatación fueron documentadas. La intervención se alinea con estándares PMI/ISO y el POT y demostrará valor público (costo evitado, disponibilidad).



▪ **Objetivo**

general

En búsqueda de unas posibles soluciones constructivas para disminuir la afectación de las anomalías presentadas en el proyecto.

▪ **Objetivos específicos**

- Delimitar la zona de inundación
- Investigación y toma de datos de caudales tomados por la CAR
- Revisión y comparación de posibles obras para mitigar la inundación de la zona de estudio.
- Cuantificación de pérdidas económicas

▪ **Alcance**

A nivel de comparación económica, para seleccionar una solución que mitigue la inundación entre la calle 200 y la calle 222.

▪ **KPIs Propuestos**

1. Eventos con cierre total del corredor (#/año)

- Se contará el número de cierres >30 min por inundación.
- Fuente: Movilidad/PMU. Frecuencia: mensual. Responsable: IDU.

2. Disponibilidad operativa del corredor (%)

- Se estimará la proporción de horas abiertas / horas calendario.
- Fórmula: $\% = \frac{\text{Horas abiertas}}{\text{Horas Totales}} * 100$
- Fuente: Movilidad. Frecuencia: mensual. Responsable: IDU..

3. Viviendas afectadas en área de influencia (#/evento)

- Se contabilizará el número reportado y verificado.
- Fuente: IDIGER/SDPAE. Frecuencia: por evento. Responsable: IDIGER.

4. Costo evitado estimado de perdidas (COP)



- Se estimará las pérdidas, con respecto a la recolección del peaje.
- Fórmula: pérdida de inundación vs recolección de peaje.

5. Participación efectiva de interesados

- Se validará la realización de hitos con asistencia y acuerdos.

A continuación, se muestra la tabla de KPIs propuesta por los autores:



	Objetivo	Fórmula	Unidad	Fuente	Frecuencia	Respon sable	Línea base	Meta
Tiempo de drenaje en punto crítico	Reducir la duración de encharcamientos	$TD = t_{\text{límite}} - t_{\text{pico}}$ (lámina ≤ 2 cm)	h	IDEAM (lluvia), PMU/IDIGER (campo)	Por evento	EAAB / IDU	Por definir	≤ 2 h
Eventos con cierre total del corredor	Minimizar cierres por inundación	Conteo de cierres > 30 min	#/año	Secretaría de Movilidad / PMU	Mensual	IDU	Por definir	≤ 1
Disponibilidad operativa del corredor	Mantener operación del tramo	$\% = \frac{\text{Horas abiertas}}{\text{Horas totales}} \times 100$	%	Secretaría de Movilidad	Mensual	IDU	Por definir	≥ 98 %
Puntos críticos activos	Disminuir puntos con lámina persistente	Conteo de puntos con > 5 cm a 60 min	#	IDIGER (inspecciones)	Trimestral	EAAB	Por definir	-50 % (año 1)
Sedimento retirado en tramo 200–222	Prevenir colmatación del sistema	Σm^3 retirados en mes	m ³ /mes	Actas O&M EAAB / UAESP	Mensual	EAAB	Por definir	≥ 210 m ³ /mes
Cumplimiento de mantenimiento Sbn	Asegurar rutinas de O&M verdes	$\% = \frac{\text{Rutinas ejecutadas}}{\text{Rutinas planificadas}} \times 100$	%	Bitácoras O&M (EAAB/IDU/Comunidad)	Mensual	IDU / EAAB / Comunidad	Por definir	≥ 90 %
Tiempo de respuesta inicial	Acelerar atención de incidentes	$TR = t_{\text{llegada}} - t_{\text{alerta}}$	min	PMU/IDIGER	Por evento	PMU	Por definir	≤ 30 min
Viviendas afectadas (área de influencia)	Proteger población aledaña	Conteo de viviendas verificadas por evento	#/evento	IDIGER / SDPAE	Por evento	IDIGER	Por definir	≤ 10
Costo evitado estimado	Demostrar valor de las medidas	$CE = \text{Pérdidas históricas} - \text{Pérdidas actuales}$	COP/año	Línea base (Fase 2); hojas de cálculo	Anual	IDU	Por definir	≥ 30 % ahorro
Participación efectiva de interesados	Garantizar gobernanza y acuerdos	Conteo de hitos con acta y asistencia	#/mes	Actas RACI / Comunicaciones	Mensual	Gerencia del Proyecto	Por definir	≥ 95 %

Table 2. KPIs propuestos - Fuente: elaboración propia



6. Hitos

Línea base validada: inicio del proyecto, entrega de la delimitación de la subcuenca, evaluación de obras de mitigación y Pón de costos.

7. Restricciones

Estudios secundario del IDEAM, complementados por la CAR y soluciones limitadas por la normativa del Ministerio de Ambiente.

8. Interesados clave:

IDU (líder vial), Concesionario/ANI, Alcaldía Mayor de Bogotá y Ministerio de Ambiente.

9. Riesgos de alto nivel

Licencias demoradas, información incompleta de datos en el IDEAM y datos restringidos de la CAR, falta de presupuesto para las obras proyectadas para la mitigación de la anomalía planteada.

10. Plan de comunicaciones

Comité quincenal (IDU/IDIGER) · Reporte mensual de KPIs público · Mesas comunitarias bimensuales.

11. Criterios de éxito

Disponibilidad $\geq 98\%$ · Puntos críticos -50% año 1 Cierres totales $\leq 1/\text{año}$.

12. Aprobaciones Patrocinador (IDU)

13. Fecha: //2025 ·

14. Dirección técnica (EAAB/SDA)

15. Gerencia

FASE 4: Gerencia de soluciones integrales de infraestructura verde y gris en el marco del proyecto Accesos Norte Fase II.

El proyecto de Accesos Norte Fase II representa una estrategia clave para mitigar los problemas recurrentes de inundación en el sector de Torca–Guaymaral, los



cuales han generado pérdidas económicas, sociales y ambientales significativas en los últimos años. Al comparar los costos de estas emergencias con la inversión requerida para soluciones de infraestructura gris y verde, se evidencia que la prevención resulta más eficiente y sostenible que la respuesta reactiva. Este análisis busca mostrar cómo la elevación de la Autopista Norte, complementada con medidas basadas en la naturaleza y drenajes sostenibles, no solo optimiza la movilidad, sino que también fortalece la resiliencia ecosistémica y urbana en el largo plazo.

Propósito y criterio gerencial

El propósito de este análisis es evaluar la viabilidad de implementar soluciones integrales que mitiguen el riesgo de inundaciones en el sector Torca–Autopista Norte, tomando como referencia las pérdidas económicas de los eventos de noviembre de 2024 y marzo de 2025 y contrastándolas con la inversión requerida en la propuesta del proyecto Accesos Norte Fase II. Bajo este enfoque, el criterio gerencial se orienta a priorizar inversiones que generen beneficios sostenibles en el largo plazo, reduzcan los costos derivados de emergencias recurrentes y optimicen los recursos públicos mediante la articulación de infraestructura gris, como la elevación de la Autopista y los Box Culverts, con infraestructura verde, como humedales artificiales, zanjas de infiltración y corredores ecológicos. De esta manera, la gestión del proyecto se sustenta en un modelo que integra eficiencia técnica, sostenibilidad ambiental y participación comunitaria, garantizando que las decisiones no solo respondan a la movilidad, sino que también fortalezcan la resiliencia social y ecosistémica del territorio.

Alcance de la Fase 4:

- Implementación de medidas integrales de infraestructura verde y gris para mitigar inundaciones en Lagos de Torca–Autopista Norte (c. 200–222).
- Prioridad en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN): humedales artificiales, zanjas de infiltración, corredores verdes y parques inundables.



- Complementación con infraestructura gris en puntos críticos: box culverts y viaductos.
- Reducción de pérdidas económicas y sociales, incluyendo daños a vehículos, productividad laboral y viviendas.
- Fortalecimiento de la resiliencia ecosistémica del humedal Torca–Guaymaral.
- Establecimiento de sistemas de monitoreo hidrológico y alerta temprana.
- Promoción de participación comunitaria, mantenimiento preventivo y gestión de riesgos.

Supuestos y limitaciones de la fase

- Se asume que los permisos y licencias ambientales se tramitarán dentro de los tiempos previstos, sin retrasos significativos que afecten el cronograma.
- Se cuenta con la disponibilidad presupuestal para implementar las medidas prioritarias de infraestructura verde y gris.
- La participación comunitaria será activa y constante, garantizando mantenimiento y monitoreo preventivo de las obras.
- Se considera que los sistemas implementados recibirán mantenimiento continuo según lo establecido en los planes de gestión.

Producto de Fase 4

- Estimación de presupuesto para la ejecución del proyecto de accesos norte.
- Propuesta proyectada según la ANI.
- Análisis de costos y soluciones basadas en la naturaleza.
- Tabla de recomendación costos y APU.
- Gestión integral de proyectos – soluciones al riesgo de inundación en el sector torca–autopista norte
- Cronograma Integral de Implementación del Proyecto.
- Restricciones del POT, intervenciones fallidas y viabilidad de soluciones en Lagos de Torca.
- Beneficios de la propuesta dada.



Procedimiento

El procedimiento de investigación se desarrolló siguiendo un enfoque aplicado y metodológico, combinando revisión documental, análisis técnico y evaluación económica, con el fin de diseñar soluciones efectivas frente al riesgo de inundaciones.

- **Recolección y revisión documental:**

Se recopila información secundaria de fuentes oficiales y académicas, incluyendo documentos de la ANI, EAAB, SDA, ANLA, POT de Bogotá y estudios previos de inundaciones (noviembre 2024 y marzo 2025). Esta revisión permite comprender el contexto del proyecto, las soluciones implementadas, las deficiencias observadas y los impactos sociales, económicos y ambientales de los eventos de inundación.

- **Análisis de pérdidas económicas y sociales:**

Se cuantifican los impactos de los eventos críticos, considerando pérdidas en tiempo laboral, daños a vehículos, afectación de viviendas y bienes de la comunidad. Se realiza un contraste de estos costos con la inversión necesaria para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (zanjas de infiltración, humedales artificiales, corredores verdes) y de infraestructura gris (Box Culverts, vía elevada).

- **Evaluación de soluciones técnicas:**

Se identifican y evalúan las medidas propuestas, distinguiendo entre infraestructura verde y gris. Se consideran criterios de viabilidad técnica, sostenibilidad ambiental, costo, eficiencia y beneficios sociales. Esta evaluación incluye el análisis de la capacidad hidráulica de los Box Culverts, la conectividad hídrica y ecológica, y la efectividad de las SbN para retener y filtrar aguas.



- **Análisis de viabilidad gerencial:**

Se aplican criterios de gerencia de proyectos basados en el PMBOK® 7ª edición e ISO 21502 para evaluar planificación, cronograma, roles y responsabilidades, riesgos y estrategias de mitigación. Esto permite asegurar que las soluciones propuestas puedan implementarse dentro de los tiempos, costos y marcos normativos establecidos.

- **Comparación y priorización de alternativas:**

Se contrastan los costos y beneficios de cada solución, identificando aquellas que optimicen la relación costo-eficiencia, reduzcan la vulnerabilidad y generen beneficios ambientales, sociales y económicos. Se priorizan medidas de bajo costo con impacto inmediato y proyectos estructurales de largo plazo (vía elevada con viaductos).

- **Formulación de recomendaciones:**

Se sintetizan los hallazgos para proponer un portafolio de intervenciones integrales, articulando medidas inmediatas y preventivas con obras de gran escala, buscando maximizar la resiliencia urbana, la sostenibilidad ambiental y la seguridad de los residentes y comerciantes del sector.

Resultados — Fase 4

Estimación de presupuesto para la ejecución del proyecto de acceso Norte

Un análisis comparativo minucioso entre la inversión del proyecto Accesos Norte Fase II y los gastos que causaría una inundación específica como la del 6 de noviembre de 2024 es complicado de realizar con números precisos y directos, porque las organizaciones gubernamentales generalmente no dan un informe



completo de los daños por un evento particular. A pesar de esto, se puede realizar una comparación aproximada, tanto cualitativa como cuantitativa, utilizando la información que se tiene. (ANI, 2024)

Aspecto	Inversión del Proyecto Accesos Norte II (Solución)	Costos de la Inundación del 6 de Noviembre de 2024 (Daño)
Costo Monetario Directo	Inversión total proyectada: \$2.34 billones (a precios de 2023)	No hay una cifra oficial consolidada. Los costos se distribuyen entre: • Daños a vehículos: Se reportaron al menos 180 vehículos afectados. Los seguros cubren parte de estos costos, pero los propietarios asumen deducibles y gastos adicionales. Un seguro todo riesgo cubre hasta el 75% del valor del vehículo. • Operativos de emergencia: Costos de la Policía, Bomberos, IDIGER y otras entidades para la atención de la emergencia y el rescate de personas. • Costo de la limpieza y el dragado: Inversión del Distrito y la CAR para retirar escombros y basura de los canales.
Costo Monetario Indirecto	Beneficio económico: Se estima la creación de 35.800 empleos directos e indirectos. Reducción de costos de transporte, tiempos de viaje y congestión, lo que beneficia a más de 10 millones de personas. Incremento en la productividad al mejorar la conexión entre Bogotá y los municipios aledaños.	Daños económicos masivos. • Pérdidas de productividad: Cierre de la vía por más de 15 horas, lo que paraliza el transporte de personas y mercancías, afectando la cadena de suministro. • Pérdidas de tiempo: Caos en la movilidad, retrasos en la jornada laboral y escolar. • Afectaciones comerciales: Negocios y complejos comerciales en la zona se ven impactados negativamente.
Costo Social y Ambiental	Beneficio ambiental: Restaura la conexión de los humedales, permitiendo que recuperen su función como esponjas naturales, lo que reduce la frecuencia y la intensidad de futuras inundaciones. • Mejora en la calidad de vida: Reducción del estrés por la congestión, mejora en la seguridad vial y peatonal.	Riesgo para la vida y la seguridad: Personas atrapadas en sus vehículos, riesgo de accidentes y afectaciones a la salud pública por la inundación. • Deterioro ambiental: Contaminación del humedal con residuos y combustible de los vehículos, afectando la fauna y flora local.

Tabla 11. Inversión del proyecto accesos Norte 2

La inversión en el proyecto de Accesos Norte Fase II es una decisión inteligente y a largo plazo que tiene como objetivo evitar daños que ocurren de forma repetida. Aunque no hay una cifra exacta sobre cuánto costó la inundación del 6 de noviembre de 2024, es claro que los problemas directos e indirectos que provocan



este tipo de desastres son grandes y ocurren a menudo. La inversión de billones de pesos para elevar la Autopista es razonable como una medida preventiva que, en el futuro, hará que se ahorre mucho más dinero que se pierde por las inundaciones frecuentes y también generará beneficios económicos, sociales y ambientales que durarán mucho tiempo. (Agencia Nacional De Infraestructura (ANI), 2021).

Propuesta de proyecto según la ANI:

De acuerdo con la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y otras entidades como la Alcaldía de Bogotá y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), la solución definitiva para los problemas de inundación en la Autopista Norte, causados por la fragmentación de los humedales de Torca y Guaymaral, es la elevación de la vía. Esta medida forma parte del macroproyecto Accesos Norte Fase II, cuya inversión total estimada asciende a \$2.34 billones a precios de 2023, con un cierre financiero acreditado de \$700 mil millones. La elevación de la calzada, mediante la construcción de viaductos, busca permitir la reconexión hídrica y ecosistémica de los humedales, restaurando su capacidad de absorción y regulación de los caudales de agua durante las lluvias. Esta opción es considerada la más viable y efectiva porque aborda la causa raíz del problema: el daño ecológico causado por la construcción inicial de la vía. Además de las obras de ingeniería, el proyecto contempla la implementación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) con medidas de compensación, como la recuperación y protección de los ecosistemas, lo que demuestra un enfoque integral que prioriza tanto la movilidad como la sostenibilidad ambiental. (htt)

Además, la solución de implementar el Box Culvert como mitigación de inundación para minimizar el riesgo para los residentes serán articulada por la propuesta dada por la ANI de la elevación de la calzada. Esta solución planteada para los residentes de Lagos torca ya que la población proyectada total es de 448.557 habitantes al completar el desarrollo (horizonte de 25 años) según la Secretaría Distrital del Hábitat y las viviendas previstas serán 135.000 unidades (con VIP y VIS incluidas). Con esos dos datos, la densidad promedio proyectada sobre el ámbito (1.803 ha)



sería del orden de 249 hab/ha. (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, 2023)

Análisis de costos de soluciones basadas en la naturaleza:

El análisis de pérdidas económicas derivadas de los eventos de inundación en Lagos de Torca permite dimensionar la magnitud del impacto social, vehicular y productivo en la zona. Al contrastar estos costos con las inversiones requeridas para implementar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), se evidencia que el valor de las pérdidas sufridas equivale a financiar intervenciones sostenibles de alto impacto, como humedales artificiales, zanjas de infiltración o corredores verdes. Esta comparación resalta la viabilidad económica y ambiental de priorizar medidas preventivas frente a las emergencias recurrentes, optimizando los recursos disponibles y reduciendo significativamente la vulnerabilidad del sector. A continuación, se muestra en la siguiente tabla el costo de cada una de las soluciones propuestas:



Solución	Descripción	Conversión aplicada	Costo estimado (COP/m²)	Fuente / Referencia
Corredores verdes	Franjas vegetadas a lo largo de vías para retener agua y mejorar conectividad	1 ml $\approx$ 2 m² → costo ÷ 2	\$125.000 – \$160.000	ONU-Habitat, 2021
Parques inundables	Espacios públicos adaptados para almacenar agua en crecientes	1 ha = 10.000 m²	\$180.000 – \$220.000	BID, Ciudades Sostenibles 2021
Zanjas de infiltración	Canales con grava y vegetación para infiltrar escorrentía	1 ml $\approx$ 1 m²	\$120.000 – \$180.000	EAAB, Manual drenajes sostenibles 2020
Humedales artificiales	Creación de reservorios vegetados para retener y filtrar aguas lluvias	Ya está en m²	\$350.000 – \$450.000	MinAmbiente, Guía SbN 2022
Box Culvert reforzado	Paso hidráulico rectangular de concreto (4x3 m aprox.)	1 ml $\approx$ 12 m² → costo ÷ 12	\$416.000 – \$583.000	INVIAS, APU 2022
Viaducto sobre humedal	Estructura elevada para permitir flujo de agua y fauna	Ancho vial $\approx$ 12 m → 1 ml $\approx$ 12 m² → costo ÷ 12	\$1.000.000 – \$1.250.000	ANI, Accesos Norte II 2023
Sistema de monitoreo hidrológico	Sensores de nivel, pluviómetros y comunicación comunitaria	1 sistema $\approx$ 100 ha (1.000.000 m²) → costo ÷ 1.000.000	\$300 – \$500	IDEAM, proyectos piloto 2022

Ilustración 27. costos de soluciones basadas en la naturaleza /elaboración propia.

Tabla de recomendaciones, costo. (APUS)

Como parte del análisis comparativo, resulta fundamental contrastar el valor total de las pérdidas registradas durante la Fase 3 de la inundación, se estableció un valor total de \$11,883,166,468, se realiza una comparativa de los costos estimados de las soluciones basadas en la naturaleza propuestas. Este ejercicio permite dimensionar la viabilidad financiera de implementar medidas preventivas frente al impacto económico ya evidenciado por la emergencia. De esta manera, se busca determinar qué alternativas pueden ser adoptadas dentro de un rango presupuestal similar, garantizando no solo la mitigación del riesgo de inundaciones futuras, sino también la generación de beneficios ambientales, sociales y de resiliencia territorial.



El tramo correspondiente a la Autopista Norte entre la Calle 200 y la Calle 222, abarca un área aproximada de 90.016 m², lo que permite un análisis detallado de las condiciones físicas y funcionales del corredor vial.

En la siguiente tabla tiene como objetivo es determinar el área aproximada que puede ser intervenida o construida con cada tipo de solución, según los costos unitarios estimados por metro cuadrado. Esta información permite identificar las alternativas más viables técnica y financieramente dentro del valor de perdidas. Esta información permite identificar las alternativas más viables técnica y financieramente dentro del presupuesto establecido.

Solución	Costo unitario (COP/m ²)	Área máxima viable (m ²)	% del tramo total (90.016 m ²)	Viabilidad con presupuesto
Corredores verdes	\$125.000 – \$160.000	95.065 – 74.270	105.6% – 82.5%	viable
Parques inundables	\$180.000 – \$200.000	66.018 – 59.416	73.3% – 66.0%	viable con el area indicada
Zanjas de infiltración	\$80.000 – \$100.000	148.540 – 118.832	165.0% – 132.0%	viable por su bajo costo
Humedales artificiales	\$250.000 – \$310.000	47.532 – 38.333	52.8% – 42.6%	viable con el area indicada
Box Culvert reforzado	\$ 583.00	20.382	22.60%	viable con el area indicada para los puntos criticos
Viaducto sobre humedal	\$1.200.000 – \$2.500.000	9.902 – 4.753	11.0% – 5.3%	No viable
Sistema de monitoreo hidrológico	\$300.000 – \$500.000	39.610 – 23.766	44.0% – 26.4%	viable (instalación puntual)

Ilustración 28. Área viable para construir/elaboración propia.

Gestión integral de proyectos – soluciones al riesgo de inundación en el sector torca–autopista norte

Para este trabajo de grado se evalúa el implementar un conjunto de medidas de infraestructura verde y gris para mitigar el riesgo de inundaciones recurrentes en la Autopista Norte (calle 200–222), reduciendo pérdidas económicas, daños a vehículos y viviendas, y fortaleciendo la resiliencia ecosistémica del humedal Torca–Guaymaral.



Alcance

Se determina, con base en los costos unitarios suministrados, el área máxima que puede ser intervenida mediante cada solución (verdes y grises) usando el presupuesto disponible de \$11.883.166.468 COP.

Además, priorizar intervenciones y diseñar un plan por fases que combine soluciones según cobertura posible y criticidad hidráulica.

Análisis de viabilidad técnica y económica

Cobertura posible según el presupuesto

- El Box Culvert reforzado, con un costo unitario de \$583.000 COP/m², permite intervenir aproximadamente 20.382 m², equivalentes al 22,6 % del tramo total.
- Aunque no cubre toda el área, esta proporción es suficiente para atender los puntos críticos de mayor afectación hidráulica, donde se concentran los flujos pluviales y los colapsos del sistema de drenaje.

Eficiencia hidráulica

- La estructura del Box Culvert presenta una alta capacidad de conducción y descarga, mejorando el flujo del caudal pluvial y reduciendo significativamente los tiempos de anegamiento.
- Su diseño cerrado y reforzado minimiza obstrucciones y sedimentaciones, garantizando una evacuación estable incluso durante eventos extremos.

Durabilidad y mantenimiento

- El material en concreto reforzado proporciona alta resistencia estructural y bajo mantenimiento, adaptándose a las cargas vehiculares de la Autopista Norte y a los esfuerzos hidrodinámicos de crecidas.



- A diferencia de las soluciones verdes, el Box Culvert no depende de mantenimiento vegetal ni infiltración del suelo, lo que lo hace más confiable a largo plazo.

Costo–beneficio social y funcional

- Aunque es una solución más costosa por m², su implementación en los puntos más críticos reduce pérdidas materiales, daños viales y congestión vehicular, generando una alta rentabilidad social y funcional.
- Su instalación localizada maximiza la eficiencia del gasto público, priorizando sectores donde la mitigación del riesgo genera el mayor impacto económico y urbano.

Complementariedad con soluciones naturales

- El Box Culvert puede combinarse con zanjas de infiltración, corredores verdes o parques inundables para aumentar la retención hídrica y reducir la presión sobre el sistema de drenaje.
- Esta integración de infraestructura gris + verde optimiza el presupuesto y amplía los beneficios ambientales, favoreciendo la recarga de acuíferos y la conectividad ecológica.

Comparación con otras alternativas

- Zanjas de infiltración y corredores verdes son las más económicas, pero tienen una menor capacidad hidráulica en eventos extremos.
- Parques inundables y humedales artificiales aportan beneficios ambientales, aunque son viables en para el área afectada, sin embargo, esta requiere de mucho tiempo de mantenimiento y de un área de cobertura para construir más amplia.
- Viaducto sobre humedal y sistema de monitoreo son viables en una instalación puntual, de igual manera el sistema de monitoreo se podría



considerar después de dar solución de drenaje para las inundaciones generadas.

Cronograma integral del proyecto:

Organiza las fases del proyecto en inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre, definiendo tiempos, actividades y responsables para asegurar el cumplimiento de los objetivos. Esta estructura permite gestionar de manera eficiente los recursos, coordinar actores y garantizar que las soluciones propuestas frente al riesgo de inundaciones se implementen en los plazos establecidos.

Fase	Actividades	Duración estimada
Inicio	Definición de objetivos, actores, y aprobación	2 semanas
Planificación	Estudios hidrológicos, diseños conceptuales, permisos ambientales	1-2 meses
Ejecución	Construcción de zanjas, humedal, corredores y/o box culvert	3-4 meses
Monitoreo	Instalación de sensores y protocolos comunitarios	1 mes paralelo
Cierre	Validación técnica, entrega a entidades (SDA, EAAB, IDU) y comunidad	2 semanas

Tabla 12. cronograma general

El PMI (2021) en su *PMBOK® Guide (7ª ed.)* constituye la base metodológica para estructurar el cronograma de todo proyecto, organizando las fases en inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre. Estas fases permiten que el proyecto de mitigación del riesgo de inundaciones tenga un orden claro, roles definidos y entregables verificables en cada etapa.

El Decreto 555 de 2021 – POT de Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021) establece las condiciones institucionales, los tiempos de planeación territorial y los actores responsables en materia de ordenamiento, lo que asegura que el cronograma se ajuste a los plazos de aprobación y compatibilidad normativa de proyectos urbanos y ambientales.



El Plan de Manejo Ambiental del Humedal Torca–Guaymaral (SDA, 2019) complementa el cronograma al precisar los tiempos requeridos para trámites de licencias, concertaciones con la comunidad y fases de restauración ecológica. Este documento es esencial porque muestra como cuando se logra la concertación en cada una de las fases propuestas se puede extender más allá de la ejecución técnica, y deben extenderse hasta la etapa de planificación.

El Manual de Drenajes Sostenibles del IDU (2022) aporta criterios técnicos que orientan los tiempos de construcción de zanjas de infiltración, humedales artificiales y corredores verdes, elementos centrales de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) propuestas para el sector. Estos lineamientos ayudan a estimar que la ejecución de estas obras se puede realizar en periodos relativamente cortos (3–4 meses), según experiencias de la ciudad.

Además, Los roles y responsabilidades establecen la distribución de funciones entre las entidades, el equipo técnico y la comunidad, asegurando coordinación, eficiencia y corresponsabilidad en la implementación y sostenibilidad del proyecto.

Roles y Responsabilidades:

- Gerente del proyecto (IDU/SDA): Asegura ejecución en tiempos y costos.
- Equipo técnico (EAAB, ingenieros civiles y ambientales): Diseños y supervisión.
- Comunidad organizada (JAC Verbenal, asociaciones ambientales): Co-gestión, mantenimiento de zanjas/corredores, reportes de alertas.
- Comité de riesgos: Revisión mensual de avances y actualización de riesgos.

Por otra parte, la identificación de riesgos principales y sus estrategias de mitigación resulta clave para prever contingencias, minimizar impactos y asegurar la continuidad y eficacia en la implementación del proyecto.

Riesgos principales y mitigación con respecto a la solución propuesta:

Esta información basada en el PMBOK



- Retraso en licencias ambientales: Mitigar con mesas de concertación tempranas.
- Obstrucción futura de zanjas/humedales: Prevenir con programas de mantenimiento comunitario.
- Costos superiores en Box Culvert: Transferir mediante contratos con precio unitario y gestión de contingencias.
- Baja participación ciudadana: Mitigar con incentivos (pactos socioambientales, programas de educación ambiental).

Adicionalmente se registran en la tabla los riesgos que se pueden tener en la gestión de los proyectos viables para mitigar estas inundaciones en la Autopista Norte de la calle 200 a la 222.

Riesgo identificado	Descripción	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Estrategia de mitigación	Responsable principal
Retraso en licencias ambientales	Trámite lento en la SDA y ANLA por requisitos técnicos adicionales	Media	Alta	Mitigar: Mesas de concertación tempranas con comunidad y entidades, presentar estudios completos en fase de planificación	Gerente de proyecto (IDU/SDA)
Obstrucción de zanjas o humedales	Acumulación de basura y sedimentos que reduce la capacidad de infiltración	Alta	Media	Prevenir/Mitigar: Programas de mantenimiento comunitario, brigadas ambientales, jornadas mensuales de limpieza	Comunidad organizada (JAC, asociaciones ambientales)
Costos superiores en Box Culvert	Sobrecostos por imprevistos de excavación, materiales o interferencias con redes	Media	Alta	Transferir: Contratos con precio unitario, gestión de contingencias presupuestales, seguros de cumplimiento	Equipo técnico (IDU, contratista de obra)
Baja participación ciudadana	Escasa asistencia a talleres, poca apropiación del mantenimiento	Media	Media	Mitigar: Incentivos (pactos socioambientales, formación, vinculación de empleo local en obras de SdN)	Comité de riesgos + líderes comunitarios
Eventos extremos superiores al diseño	Lluvias mayores a las consideradas (TR > 50 años) generan sobrepaso del sistema	Baja	Alta	Aceptar con contingencia: Monitoreo hidrológico, alertas tempranas, protocolos de emergencia vial	EAAB + Sistema Distrital de Gestión del Riesgo
Conflictos interinstitucionales	Falta de coordinación entre IDU, EAAB, SDA y comunidad en ejecución	Media	Media	Mitigar: Comité de riesgos interinstitucional con revisión mensual de avances	Gerente del proyecto

Tabla 13. Riesgos en la gestión de proyectos viables.

Infraestructura gris e infraestructura verde. En el primer caso, los valores están concentrados en obras de gran magnitud, como canales y sistemas de bombeo, que requieren inversiones iniciales altas y un mantenimiento constante, lo que implica un enfoque tradicional y costoso. Por otro lado, la infraestructura verde se plantea



como una alternativa más sostenible y económica, con montos menores en construcción y operación, además de beneficios adicionales en términos de restauración ecológica y manejo del agua.

El análisis evidencia que, aunque la infraestructura gris garantiza control hidráulico inmediato, la verde ofrece una solución más integral y a largo plazo, favoreciendo tanto la reducción de costos como la resiliencia ambiental. Esto sugiere que la combinación o priorización de medidas basadas en infraestructura verde puede representar una estrategia más eficiente y sostenible para el manejo de inundaciones en Lagos de Torca y la Autopista Norte.

SEGUN EL POT (Plan de Ordenamiento Territorial) DE LAGOS TORCA:

En el marco del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Lagos de Torca, se han ejecutado diversas intervenciones de infraestructura hidráulica y urbana orientadas a mitigar el riesgo de inundaciones y facilitar la integración del territorio. Sin embargo, varias de estas obras han resultado insuficientes o contraproducentes debido a deficiencias técnicas, falta de criterios de diseño actualizados y poca integración con el ecosistema natural. A continuación, se destacan los principales problemas identificados en las intervenciones realizadas.

Obras que se han hecho en Lagos de Torca y no han resultado bien

- ✓ Vallados y cerramientos perimetrales de urbanizaciones y predios privados: fragmentaron la conectividad del humedal con quebradas y zonas de recarga, generando “cuellos de botella” hidráulicos. (nov. 2024, mar. 2025).
- ✓ Rellenos y urbanizaciones sobre áreas planas de la cuenca: alteraron pendientes naturales y redujeron la capacidad de amortiguamiento del humedal (efecto “esponja”).
- ✓ Falta de red de filtros (zanjas, bioswales, humedales artificiales): la escorrentía llega cargada de sedimentos y basura a los pasos viales, lo que causó la colmatación de 2.500 m³ de barro y desechos (dato SDA).



Qué restringe el POT construir en el humedal y su área de influencia (Calle 200–222)

Según el Decreto 555 de 2021 (POT de Bogotá):

- ✓ Prohibición de urbanizar o construir infraestructura gris permanente dentro de la ronda hídrica y el área protegida del humedal Torca–Guaymaral.
- ✓ Determinantes de estructura ecológica principal (EEP): obliga a conservar zonas de conectividad y amortiguación (no rellenos ni edificaciones duras).
- ✓ Proyectos viales existentes (Autopista Norte y ampliaciones): solo se permiten obras de mantenimiento y adecuación hidráulica siempre que incluyan medidas de compensación ambiental.
- ✓ Obligatoriedad de licencias ambientales y estudios hidráulicos (HEC-HMS/HEC-RAS) para cualquier modificación que afecte caudales o conectividad ecológica.
- ✓ Restricción a rellenos y cerramientos impermeables: deben ser reemplazados o adaptados con pasos de agua y fauna

¿Se pueden hacer las soluciones viables de la tabla?

Sí, dentro del marco del POT y el PMA, las siguientes son totalmente viables porque no implican urbanización en el humedal sino medidas de restauración y gestión hídrica:

- ✓ Zanjas de infiltración (200 ml) → viables, como drenajes sostenibles en bordes viales y franjas verdes.
- ✓ Humedal artificial (100 m²) → viable si se construye como extensión complementaria al humedal existente en áreas de amortiguación.
- ✓ Corredores verdes (250 ml) → viables y coherentes con el POT, fortalecen conectividad ecológica.
- ✓ Sistema de monitoreo piloto → viable, incluso recomendado por el POT (gestión del riesgo y alertas comunitarias).



- ✓ Box Culvert reforzado (12–15 ml) → viable solo en puntos críticos bajo la Autopista Norte, como ampliación puntual del drenaje, siempre acompañado de SbN aguas arriba para reducir carga de sedimentos.

Categoría	Detalle	Fuente / Sustento
Restricciones del POT (Decreto 555/2021)	- Prohibición de urbanizar o construir dentro de la ronda hídrica del humedal Torca–Guaymaral.- Conservación obligatoria de la Estructura Ecológica Principal (EEP).- Cualquier obra vial debe contar con licencia ambiental + estudio hidráulico.- Rellenos y vallados impermeables están restringidos; deben incluir pasos hidráulicos y de fauna.- Solo se permiten obras de mantenimiento/adecuación hidráulica con medidas de compensación.	Decreto 555/2021 (POT Bogotá); SDA (PMA 2019).
Obras que han fracasado / no han dado resultado	- Canales y box culverts insuficientes bajo la Autopista Norte → represamientos e inundaciones (nov. 2024 y mar. 2025).- Vallados perimetrales de urbanizaciones y vías → bloquean conectividad hidráulica y faunística.- Rellenos sobre áreas planas → reducen capacidad de amortiguación del humedal.- Ausencia de red de filtros (zanjas, bioswales, humedales artificiales) → colmatación de 2.500 m³ de sedimentos y basura en 2024.	SDA (2019), prensa local, reportes de inundaciones (Infobae, El País, 2024).
Soluciones viables y aprobadas (SbN y gris puntual)	- Zanjais de infiltración (200 ml) → retienen e infiltran escorrentía.- Humedal artificial (100 m²) → extensión de retención y filtración.- Corredores verdes (250 ml) → mejoran conectividad y absorción.- Sistema de monitoreo (sensores + alertas comunitarias).- Box culvert reforzado (12–15 ml) → viable en puntos críticos, solo como complemento de SbN.	MinAmbiente (Guía SbN 2022), EAAB (Manual 2020), IDU (2022), POT 2021.

Tabla 14. POT (Plan de ordenamiento territorial) Lagos Torca , restricciones, obras fracasadas, Soluciones viables aprobadas.

Se presenta evidencia una relación entre las causas estructurales y no estructurales de las inundaciones en Lagos de Torca y las medidas implementadas o ausentes para su gestión. Se observa que gran parte de los problemas se originan en deficiencias de planificación territorial y de infraestructura: los Box Culverts y canales insuficientes, junto con rellenos en áreas planas de la cuenca, han incrementado la vulnerabilidad del sistema hidráulico. Asimismo, las barreras físicas de urbanizaciones han fragmentado la conectividad del humedal, generando cuellos de botella que agravan los represamientos.

Por otro lado, la falta de una red de drenaje complementaria con soluciones basadas en la naturaleza (zanjas filtrantes, bioswales, humedales artificiales) ha facilitado la acumulación de sedimentos y residuos, evidenciada en los 2.500 m³ de lodo retirado tras los eventos críticos. Esto muestra que las medidas implementadas hasta el



momento responden a un enfoque principalmente gris y reactivo, mientras que la integración de soluciones verdes hubiera permitido una mayor absorción, filtración y resiliencia del sistema hídrico.

En síntesis, la tabla refleja que los impactos de las inundaciones no solo derivan de las lluvias intensas, sino de una gestión territorial incompleta, que ha priorizado obras duras sin considerar la conectividad ecológica ni el mantenimiento integral de la red de drenaje.

Beneficios de la propuesta dada:

En el ámbito de Lagos de Torca, la construcción de infraestructura gris como los Box Culvert aporta beneficios hidrológicos inmediatos al garantizar el paso rápido de grandes caudales bajo la Autopista Norte y vías principales. Esto reduce el riesgo de encharcamientos en intersecciones viales críticas y accesos a parqueaderos, protegiendo la operación del sistema urbano frente a lluvias intensas y eventos de retorno medio a alto.

Adicionalmente, su durabilidad estructural, con una vida útil que supera los 40 años si recibe el mantenimiento adecuado, brinda confiabilidad en el manejo de aguas y en la movilidad vial. Con ello se disminuyen los cierres prolongados de corredores estratégicos y se reducen las pérdidas económicas asociadas a inundaciones en infraestructura vial, predial y redes de servicios, protegiendo inversiones de gran valor en el área.



Dimensión	SbN	Box Culvert
Inundaciones	Reducción progresiva y distribuida (laminación y retención)	Control puntual en cruces y tramos específicos
Costo inicial	Bajo-medio (dependiente de área verde habilitada)	Alto (excavación, concreto reforzado, maquinaria pesada)
Mantenimiento	Bajo-medio (limpieza, revegetación)	Medio-alto (desarenado, fisuras, socavación)
Vida útil	Renovable y escalable	40+ años con mantenimiento
Ecosistema	Fortalece humedal y conectividad ecológica	No aporta; puede fragmentar ecosistema si no se integra bien
Social	Participación comunitaria, espacio público verde	Beneficio indirecto: continuidad vial y movilidad
Escalabilidad	Alta (fases, replicable en barrios)	Limitada (puntos críticos predefinidos)

Tabla 15. Proyectos viables, beneficios

en particular los Box Culvert, se consolida como una medida eficaz para el manejo inmediato de caudales en Lagos de Torca, ya que garantiza un desagüe rápido y seguro en zonas críticas de la Autopista Norte y vías principales. Esto permite minimizar los impactos directos de las lluvias intensas, evitando encharcamientos que afectan la movilidad, el acceso a predios y la operación urbana.

Asimismo, su durabilidad y confiabilidad representan un valor agregado, dado que al tener una vida útil superior a los 40 años, con el mantenimiento adecuado, asegura continuidad en el servicio y estabilidad en la infraestructura vial. De este modo, no solo contribuye a la reducción de cierres y retrasos en corredores estratégicos, sino también a la protección de las inversiones urbanas y de redes de servicios públicos, consolidándose como una solución robusta frente a escenarios de inundación recurrente en la zona.

Conclusiones:

El análisis desarrollado permitió evidenciar que el fenómeno de inundaciones en el tramo de la Autopista Norte entre las calles 200 y 222 constituye un riesgo recurrente con impactos sobre la movilidad, la infraestructura vial, la seguridad ciudadana y los ecosistemas estratégicos, particularmente el humedal Torca–



Guaymaral, por tanto la aplicación de un enfoque de gerencia de proyectos, sustentado en marcos internacionales como el PMBOK® Séptima Edición e ISO 21502, permitió una aproximación integral que articula lo técnico, lo ambiental y lo social, orientando a la toma de decisiones hacia soluciones sostenibles y viables en el tiempo.

Los resultados obtenidos confirman que las pérdidas económicas y sociales derivadas de un solo evento de inundación superan ampliamente los costos de implementar medidas de mitigación preventiva. Bajo esta premisa, las soluciones de bajo costo resultan especialmente atractivas, destacándose la implementación de zanjas de infiltración, corredores verdes, humedales menores y sistemas comunitarios de monitoreo hidrológico, los cuales no solo reducen la vulnerabilidad del sector con inversiones moderadas, sino que también aportan beneficios ecosistémicos inmediatos. Estas alternativas representan la opción más eficiente en términos de costo, ya que permiten amortiguar impactos críticos con recursos limitados.

No obstante, la revisión integral del caso revela que la solución más robusta y transformadora, sin restricciones económicas, se encuentra en la reconfiguración estructural del corredor mediante la elevación de la Autopista Norte, complementada con Box Culverts y la restauración ecológica del humedal. Esta alternativa, proyectada dentro del macroproyecto Accesos Norte II, constituye la respuesta más sólida en términos de resiliencia, pues ataca la casa raíz del problema: la fragmentación del ecosistema y la obstrucción de la conectividad hídrica. Aunque implica inversiones de gran magnitud, garantiza la sostenibilidad integral del territorio, la seguridad de los usuarios y la funcionalidad de la infraestructura en el largo plazo.

En síntesis, puede afirmarse que la solución óptima por costo está en el despliegue de medidas basadas en la naturaleza de bajo impacto, capaces de reducir



significativamente la vulnerabilidad con inversiones equivalentes a las pérdidas de un solo evento crítico. En contraste, la solución óptima por mejora del sitio, sin restricciones presupuestales, corresponde a la transformación estructural de la Autopista Norte entre la calle 200 y la 222 mediante Box culvert, constituyendo la alternativa definitiva para garantizar la resiliencia urbana, la sostenibilidad ambiental y la movilidad segura en el sector. Esta dualidad de enfoques refleja la necesidad de integrar estrategias inmediatas y de bajo costo que mitiguen los riesgos a corto plazo, con proyectos estructurales de gran escala que aseguren la permanencia de la funcionalidad del corredor en el horizonte de largo plazo. De esta manera, la gestión del riesgo en la Autopista Norte no debe limitarse a una sola línea de acción, sino que requiere un portafolio de intervenciones complementarias que, bajo un enfoque de gerencia de proyectos, permitan articular la eficiencia económica con la resiliencia ambiental y social, asegurando así un desarrollo urbano equilibrado y sostenible para Bogotá.

Asimismo, la decisión de combinar la construcción de Box Culverts con la implementación de una vía elevada responde al reconocimiento de que estas soluciones no solo garantizan la capacidad hidráulica necesaria para el tránsito de grandes caudales, sino que también permiten restaurar la conectividad hídrica y ecológica del humedal Torca-Guaymaral. Estructuras como el Box Culvert, actúan como infraestructuras críticas de desagüe, reduciendo el riesgo de represamientos y encharcamientos en el corredor vial, mientras que la vía elevada elimina la fragmentación del ecosistema y facilita el restablecimiento de los flujos naturales de agua y fauna. Este enfoque integral no solo asegura la continuidad funcional de la Autopista Norte, incrementa la vida útil de la infraestructura y disminuye intervenciones de mantenimiento correctivo, sino que también genera beneficios directos para los comerciantes y residentes del sector. Para los primeros, implica la reducción de pérdidas económicas asociadas a cierres viales y daños en inventarios por inundaciones; mientras que para los segundos representa una mejora significativa en la seguridad, la movilidad cotidiana y la calidad de vida, al disminuir



los riesgos para la vivienda y la infraestructura local. En conjunto, esta combinación de medidas fortalece la resiliencia del territorio frente a escenarios de variabilidad y cambio climático, constituyéndose en la alternativa más sólida y sostenible para la gestión integral del riesgo de inundación en el área de estudio.

Referencias

Ming Ling, J., Yang, F., Zhang, J., Peilin Li, Uddin, M., & Cao, T. (2023). Evaluación de la profundidad de la película de agua en pavimentos de carreteras y pistas de aeropuertos: una revisión. *scienceDirect*".

A. a. (s.f.). GOV.CO. Obtenido de Parque ecológico distrital de humedal Torca: https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/gestores-ambientales/gestion-ambiental/Sistema_hidrico_del_Distrito_Capital/Cuenca_torca-guaymaral/parque_ecologico_distrital_de_humedal_torca!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8zizQKdDQwtDIz8LNxMLQ0CA40CjQ

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA . (2021). *Proyecto de Asociación Público Privada – APP de Iniciativa Pública*. BOGOTÁ D.C.

Agencia Nacional De Infraestructura (ANI). (2021). *Proyecto de Asociación Público Privada – APP de Iniciativa Pública*. Bogotá D.C.

Alberto, V. (2020). ¿Qué es un caudal? *iagua*.

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. (22 de junio de 2004). *Secretaría Jurídica Distrital*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>

ANI. (07 de Mayo de 2024). *Proyecto Accesos Norte Fase II acreditó cierre financiero por \$700 mil millones*. Obtenido de <https://www.ani.gov.co/proyecto-accesos-norte-fase-ii-acredito-cierre-financiero-por-700-mil-millones>

Artem, G. (27 de diciembre de 2024). *Wrike*. Obtenido de <https://www.wrike.com/es/project-management-guide/faq/que-es-pmi-en-gestion-de-proyectos/>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (MAYO de 2023). *Estudio de Impacto Ambiental -EIA, Proyecto “Accesos Norte Fase II, Unidades Funcionales 1, 2, 3, 4 y 5.”*. Obtenido de habitatbogota.gov.co



Bastidas, L. (14 de julio de 2020). *Concejo de Bogotá*. Obtenido de Lagos de Torca: Otro intento político por frenar los avances de ciudad: <https://concejodebogota.gov.co/lagos-de-torca-otro-intento-politico-por-frenar-los-avances-de-ciudad/cbogota/2020-07-14/130931.php>

Biblioteca de la CEPAL. (25 de Julio de 2025). *Biblioguías-Biblioteca de la CEPAL*. Obtenido de <https://biblioguias.cepal.org/gobierno-digital/concepto-gobernanza>

BOGOTÁ. (7 de Noviembre de 2024). *BOGOTÁ*. Obtenido de Alcalde Galán lideró atención de emergencia por inundación en la autopista Norte: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/gobierno/inundacion-en-la-autopista-norte-alrededor-del-humedal-de-torca-bogota>

BOGOTÁ. (07 de Noviembre de 2024). *BOGOTÁ*. Obtenido de https://bogota.gov.co/mi-ciudad/gobierno/inundacion-en-la-autopista-norte-alrededor-del-humedal-de-torca-bogota?utm_source=chatgpt.com

Bogotá. (7 de julio de 2025). *Instituto Distrital de Gestion de Riesgo y Cambio Climatico*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

Bogotá., A. M. (2021). *Decreto 555 de 2021: Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119582>

Campos, J. B. (6 de Junio de 2024). *Ladera Sur 10*. Obtenido de Construir sobre humedales: cuando la naturaleza reclama su espacio: https://laderasur.com/articulo/construir-sobre-humedales-cuando-la-naturaleza-reclama-su-espacio/?srsId=AfmBOopVB_WZCYMyZiyAALYAZZSWYv24B8S3JNJ260-uAosZxDXnmMi

CARACOL RADIO . (Noviembre de 2024). Obtenido de <https://caracol.com.co/2024/11/06/en-vivo-movilidad-en-bogota-se-paraliza-tras-fuertes-lluvias-estas-son-las-vias-alternas/>

CIIFEN. (2022). *CLIMATOLOGIA Y ANOMALIA*. Obtenido de <https://ciifen.org/climatologia-y-anomalia/>

CLIMATICO, I. D. (s.f.). 4. *Estimación de daño por Inundaciones en Bogotá*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/escenarios-de-riesgo/inundacion/estimacion-da%C3%B1o-inundaciones-bogota>

Colombia., C. d. (2012). *Ley 1523 de 2012: Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres*. Bogotá.



CONCOL CONSULTORES S.A.S – WSP INGENIERIA COLOMBIA S.A.S. (2019). *ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS CONCEPTUALES DEL CONTRATO EAB-ESP1-02-25500-0626-2009, INCLUYENDO LA TOPOGRAFÍA DETALLE NECESARIA PARA EL AJUSTE AL PLAN VIAL ARTERIAL VIGENTE, QUE SIRVAN DE BASE PARA DEFINIR LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS*. BOGOTÁ D.C.

Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1523 de 2012: Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.

Congreso, C. (18 de julio de 1997). *LEY 388 DE 1997*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

congreso, C. (24 de Abril de 2012). *LEY 1523 DE 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

Consejo de Bogotá. (2 de Abril de 2025). *Basuras que inundan a Bogotá*. Obtenido de <https://concejodebogota.gov.co/basuras-que-inundan-a-bogota/cbogota/2025-04-02/112845.php>

Cruz Marroquín, M. (30 de 08 de 2025). *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/bogota/alcalde-galan-explica-por-que-se-inundo-la-autopista-norte-y-anuncia-soluciones-inevitable-3434879>

Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. (2012). *INDICADORES DE LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN REPÚBLICA DOMINICANA 2012*. Santo Domingo: Original Printing & P.

Distrital, S. J. (5 de Diciembre de 2016). *Resolución 2513 de 2016 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=123259>

Distrital, S. J. (3 de Marzo de 2017). *Decreto 088 de 2017 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.* Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68421>

Distrital, S. J. (29 de Diciembre de 2021). *Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.* Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119582>



Distrital, S. J. (29 de Diciembre de 2021). *Decreto 555 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.* Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119582>

EAAB-ESP. (s.f.). *Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá*. Obtenido de Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado: <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/acueducto-y-alcantarillado/plan-maestro>

EL HERALDO . (29 de DICIEMBRE de 2017). *EL HERALDO*. Obtenido de <https://www.elheraldo.co/magdalena/2017/12/29/con-inversion-de-16800-millones-entregan-parque-tematico-del-agua-en-santa-marta/>

EL PAÍS. (07 de Noviembre de 2024). *EL PAÍS*. Obtenido de <https://elpais.com/america-colombia/2024-11-07/la-lluvia-de-errores-que-llevo-al-colapso-de-la-autopista-norte-en-bogota.html>

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2020). Lineamientos para el manejo de aguas lluvias y drenajes sostenibles. Acceso a catálogo de normatividad. En E. d. Bogotá-EAAB. Bogotá.

estrucplan . (Septiembre de 2020). Obtenido de Folletos Informativos de Tecnología de Aguas Residuales de la EPA : Humedales de flujo libre superficial. Parte 2: <https://estrucplan.com.ar/folletos-informativos-de-tecnologia-de-aguas-residuales-de-la-epa-humedales-de-flujo-libre-superficial-parte-2/>

García Leon, G., Beltrán Vargas , J., & Zafra Mejía, C. (2020). Modelación dinámica del comportamiento hidrológico de un humedal urbano bajo condiciones del fenómeno ENSO. *U.D.C.A.Actualidad & Divulgación Científica* .

GFDRR., W. B. (2023). *Urban Flood Risk Handbook: Assessing Risk and Identifying Interventions (PDF/OKR)*.

Hernández Torres , T. A. (2024). Inundaciones en la Autopista Norte de Bogotá: ¿el seguro responde a los dueños de carros cubiertos por el agua? ¿A quién acudir? *EL TIEMPO* .

HMV ingenieros , CAR. (2021). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO PROLONGACIÓN DE LA AVENIDA BOYACÁ, DESDE LA CALLE 183 HASTA LA CALLE 235* . BOGOTÁ.

IDEAM. (2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

ingecivil. (13 de Septiembre de 2023). *IngeCivil Información relacionada a Ingeniería civil y Construcción*. Obtenido de



<https://www.ingecivil.net/2023/09/13/precios-unitarios-de-construccion-de-carreteras-3ra-parte/>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. IDIGER. (2025). *Prevención y control del riesgo por inundación en Bogotá*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/web/portal/escenarios-de-riesgo/inundacion/que-son>

Instituto Nacional de Vías – INVIAS. (2022). Análisis de Precios Unitarios (APU) para obras hidráulicas y box culvert. En INVIAS. Bogotá.

International Organization for Standardization (ISO). (2020). *ISO 21502:2020 Project, programme and portfolio management—Guidance on project management*. ISO.

IPCC. . (2021). *Chapter 11: Weather and Climate Extreme Events*.

ISO, I. O. (2018). *ISO 31000:2018 Risk management—Guidelines*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/65694.html>

LA RAZON.CO diario digital. (s.f.). LA RAZON.CO. Obtenido de https://larazon.co/colapso-total-en-la-autopista-norte-de-bogota-por-graves-inundaciones/?utm_source=chatgpt.com

López, E. A., Plata Rangel, Á. M., & Fuentes Cortes, M. (2015). *HUMEDAL TORCA-GUAYMARAL*.: Bogotá: Fondo de Publicaciones.Universidad Sergio Arboleda.

MAPFRE, F. (23 de Noviembre de 2020). *Fundación MAPFRE*. Obtenido de <https://www.fundacionmapfre.org/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/gerencia-de-riesgos/>

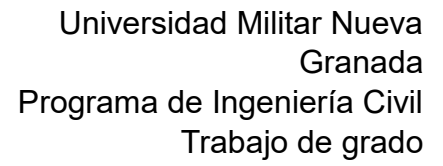
Ministerio De Transporte . (Marzo de 2022). *Minsterio de transporte* . Obtenido de https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10726/gobierno-duque-adjudica-el-corredor-accesos-norte-2-un-proyecto-de-las-concesiones-del-bicentenario-que-estima-generar-35-mil-empleos/?utm_source=chatgpt.com

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017-2021). *Resolución 0330 de 2017 (RAS) y modificaciones (Res. 0501 de 2017; 0799 de 2021)*. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.



- Neira, J. E. (7 de noviembre de 2024). *infobae* . Obtenido de <https://www.infobae.com/colombia/2024/11/08/esta-es-la-razon-por-la-que-se-inundo-la-autopista-norte-tras-las-fuertes-lluvias/>
- ONU-Habitat. (2021). Soluciones basadas en la naturaleza para ciudades resistentes al cambio climático. En P. d. ONU-Habitat. Bogotá.
- Pérez Martínez , J., & Presidente de la Corte Interamericana de Derechos . (16 de octubre de 2023). 2_ ONU_Habitat.
- Plan De Manejo ambiental . (7 de Diciembre de 2023). *Observatorio Ambiental. Cap 3_Evaluacion Final* . Obtenido de https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=15044&utm_source=chatgpt.com
- Planeacion, S. D. (3 de marzo de 2017). Amenaza de inundacion . Bogota .
- Profesional Organizacion Ingeniero . (s.f.). *Profesional Organizacion Ingeniero* . Obtenido de <https://ingeniero.com.pe/Ingenieros/Edificacion-Costos/11-Drenaje.aspx>
- Project Management Institute (PMI). . (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* . Obtenido de <https://www.pmi.org/standards/pmbok>
- Puentes , A. (07 de Noviembre de 2024). *La lluvia de errores que llevó al colapso de la Autopista Norte en Bogotá*. Obtenido de EL PAIS: https://elpais.com/america-colombia/2024-11-07/la-lluvia-de-errores-que-llevo-al-colapso-de-la-autopista-norte-en-bogota.html?utm_source=chatgpt.com
- Pugliese , F., Caroppi, G., Zingraff-Hamed, A., Lupp, G., & Gerundo, C. (1 de Enero de 2022). *AQUA*. Obtenido de <https://iwaponline.com/aqua/article/71/1/42/85430/Assessment-of-NBSs-effectiveness-for-flood-risk?>
- Ramirez, L. (23 de enero de 2023). *IEBS BUSINESS SCHOOL*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/hub/que-es-pmbok-y-como-usarlo-en-gestion-de-proyectos-agile-scrum/>
- Rentschler, J. A. (2023). *Global evidence of rapid urban growth in flood zones since 1985*. Obtenido de Nature: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06468-9>
- Rivera, C. (30 de Agosto de 2022). *Pesquisa Javeriana* . Obtenido de <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/rio-bogota-estado->



Yepes Piqueras, V. (2025). Precipitación en ingeniería hidráulica: conceptos, medición y análisis. *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*.