

+

GUÍA

DE INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE Y RESILIENTE

Marco técnico y estratégico para Colombia



TABLA DE CONTENIDO

Prólogo	4
Introducción	6
¿Por qué es importante la infraestructura sostenible y resiliente?	10
• Invertir en sostenibilidad en las primeras etapas del proyecto	12
• Corresponsabilidad: Todos los actores de la cadena	14
¿Cómo lograr infraestructura sostenible y resiliente?	16
• Precondiciones	19
• Precondición 1: Gobernanza	19
• Precondición 2: Gestión del riesgo	23
• Cuatro áreas de acción	29
• Gestión de Recursos	29
• Relación con Entornos Naturales	45
• Cambio Climático	51
• Valor Social	55
Marco normativo e instrumentos de política	61
• Normatividad nacional	62
• Estándares técnicos y resoluciones sectoriales	62
• Instrumentos internacionales adoptados por Colombia	62
Oportunidades	63
• Financiación	64
• Transformación corporativa	66
• Certificaciones de sostenibilidad	68
Bibliografía	71



Dirección editorial

Angélica Ospina

CCCS

Comité editorial (Autores)

Luis Fernando Bohorquez

CCCS

Luisa Bonilla

CCCS

Tatiana Carreño

CCCS

Colaboradores editoriales

Alison Parada

CCCS

Mariana Agudelo

CCCS

Tatiana Carreño

CCCS

Diseño y diagramación

Germán Vinasco

ISBN: 978-628-96336-8-9

MAYOR INFORMACIÓN

© Consejo Colombiano de Construcción Sostenible 2026

Todos los derechos reservados.

Dir. de correspondencia: Cl. 92 #15 – 78, Bogotá

Bogotá, Colombia

www.cccs.org.co



El contenido de la presente publicación se encuentra protegido por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por tanto su utilización, reproducción, comunicación pública, transformación, distribución, préstamo público e importación, total o parcial, en todo o en parte, en formato impreso, digital, o cualquier formato conocido o por conocer, se encuentran prohibidos, y solo serán lícitos en la medida en que se cuente con la autorización previa y expresa por escrito de los autores. El CCCS no garantiza la precisión, confiabilidad o integridad del contenido incluido en este trabajo, ni de las conclusiones o juicios descritos en este documento, y no aceptan responsabilidad alguna por omisiones o errores (incluidos, entre otros, errores tipográficos y errores técnicos) en el contenido en absoluto o por confianza al respecto.

Agradecimientos

Esta publicación es resultado del Grupo de Trabajo de Infraestructura del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible entre 2025 y 2026. Se hace un reconocimiento especial a las empresas integrantes de este grupo, así como a las organizaciones que participaron en el proceso de entrevistas:

- **Arup**
- **Bancolombia**
- **CASOSTENIBLE**
- **Cemex**
- **Circular Lab**
- **Concesión Túnel de Oriente**
- **Constructora Concreto**
- **CYPRES Consultores SAS**
- **EGIS**
- **EPM**
- **Holcim Colombia S.A.**
- **Helecho**
- **ICEIN Ingenieros Constructores**
- **Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá - IDU**
- **Instituto Nacional de Vías - INVIAS**
- **Math SAS**
- **Pavco Wavin**
- **Pintuco – AkzoNobel**
- **Pretecor SAS**
- **Soletanche Bachy Colombia SAS**
- **WWF Colombia**

PRÓLOGO



Anthony Kane, CEO – Institute for Sustainable Infrastructure (ISI)

La infraestructura suele hacerse más visible cuando falla, se interrumpe o ya no puede responder al ritmo de las necesidades de las personas a las que sirve. Cuando funciona bien, tiende a pasar a un segundo plano. Las personas llegan a sus lugares de trabajo. Los bienes y recursos se movilizan. Hay agua disponible. La energía es confiable. Las comunidades permanecen conectadas. Esa confiabilidad silenciosa constituye una parte importante del valor de la infraestructura. Permite que las personas, las empresas y las instituciones públicas organicen sus vidas en torno a sistemas y entornos en los que pueden confiar.

Ese propósito es fácil de expresar, pero difícil de mantener. La infraestructura no se construye para responder a un único momento. Se espera que muchos activos presten servicio a las comunidades durante décadas, mientras esas comunidades y el mundo que las rodea cambian. Las poblaciones cambian. Las tecnologías cambian. Las necesidades económicas cambian. Las condiciones ambientales cambian. Las expectativas de la ciudadanía también cambian, con frecuencia por buenas razones, a medida que las comunidades exigen más de los sistemas que las sostienen.

Por esta razón, la infraestructura sostenible y resiliente no debería tratarse como una categoría independiente de infraestructura ni como un conjunto adicional de requisitos que se consideran una vez se han tomado las decisiones fundamentales de un proyecto. No podemos preguntarnos: «¿Deberíamos hacer sostenible este proyecto ahora?». La sostenibilidad y la resiliencia forman parte de aquello que hace que una infraestructura sea adecuada y de calidad. La sostenibilidad contribuye a garantizar que la infraestructura genere valor, utilice los recursos de manera responsable y reduzca los impactos negativos evitables. La resiliencia ayuda a garantizar que la infraestructura continúe sirviendo a las personas durante las situaciones disruptivas, se recupere cuando estas ocurran y se adapte a medida que cambien las necesidades y los riesgos. Estas son cualidades prácticas, directamente relacionadas con el desempeño, la confiabilidad, los costos, los riesgos y el valor público.

Una de las lecciones más claras que deja el trabajo realizado en los distintos sectores de la infraestructura es que las decisiones tempranas importan. La manera en que un proyecto se planifica, financia, diseña, construye, opera y mantiene determina lo que podrá hacer posible a lo largo de su vida útil. Un proyecto puede cumplir sus requisitos técnicos inmediatos y, aun así, dejar a sus futuros usuarios costos más elevados, una mayor exposición a riesgos o menos alternativas. Otro proyecto, estructurado con mayor cuidado, puede prestar el mismo servicio esencial y, al mismo tiempo, fortalecer a las comunidades, conservar los recursos, mejorar la confiabilidad y preservar la flexibilidad necesaria para el futuro.

Estos asuntos no competen únicamente a un país. En todo el mundo, las entidades responsables de la infraestructura y los profesionales del sector deben tomar mejores decisiones de largo plazo en medio de condiciones cambiantes. Los detalles varían según cada lugar. La geografía, la gobernanza, el financiamiento, las necesidades de las comunidades y los sistemas de infraestructura existentes son factores determinantes. Sin embargo, la responsabilidad fundamental es similar: desarrollar infraestructura que continúe siendo útil, confiable y valiosa a lo

largo del tiempo. El trabajo que Colombia adelanta en materia de infraestructura sostenible y resiliente forma parte de este esfuerzo más amplio por mejorar la manera en que se toman las decisiones sobre infraestructura y se mantienen sus beneficios.

Las orientaciones prácticas tienen un valor real dentro de este esfuerzo. Muchas personas ya están de acuerdo en que la sostenibilidad y la resiliencia son importantes. Lograr ese consenso no suele ser la parte más difícil. El verdadero desafío consiste en convertir esos principios en decisiones concretas que puedan adoptar los equipos de proyecto, las entidades públicas, los diseñadores, los constructores, los operadores y los inversionistas. Una buena orientación ayuda a formular mejores preguntas desde las primeras etapas. También contribuye a conectar decisiones que con demasiada frecuencia se abordan de manera independiente. De esta forma, la sostenibilidad y la resiliencia se convierten en parte de la práctica habitual de la infraestructura, en lugar de ser consideraciones separadas que únicamente se revisan en determinados momentos del proyecto.

Este tipo de avances también depende de instituciones capaces de convocar y articular a personas de diferentes disciplinas y sectores. Los resultados de la infraestructura rara vez están determinados por una sola decisión o una única organización. Son el resultado de múltiples decisiones, tomadas a lo largo del tiempo por personas con responsabilidades diferentes. Las entidades públicas, los socios privados, los profesionales técnicos, los operadores, los financiadores y las comunidades observan, cada uno, una parte distinta del desafío. Es más probable alcanzar mejores resultados cuando estas perspectivas se incorporan a la conversación con suficiente anticipación para influir en el proyecto.

Como referente en sostenibilidad, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) ha asumido un papel importante en la creación de espacios para este diálogo práctico. Por medio de esta guía, así como del trabajo de su Grupo de Trabajo de Infraestructura y de sus aliados sectoriales, el CCCS está ayudando a transformar preocupaciones comunes en orientaciones que pueden

contribuir a tomar mejores decisiones sobre los proyectos en Colombia. Este aporte es importante porque la práctica de la infraestructura cambia cuando los grandes objetivos se vuelven más claros, aplicables y consistentes en su implementación.

Esta guía constituye un aporte importante al futuro de la infraestructura sostenible y resiliente. La visión de un mundo sostenible y la necesidad imperativa de actuar son claras. Ahora comienza el trabajo difícil y menos reconocido de pasar de la aspiración a la práctica. Del sueño a la realidad. Allí es donde ocurre el cambio duradero: cuando mejores preguntas, mejores decisiones y mejores inversiones se convierten en parte del trabajo cotidiano de los profesionales de la infraestructura. Y así es como la infraestructura transforma el futuro: un proyecto a la vez.

INTRODUCCIÓN

Hay fenómenos que antes eran excepcionales y que hoy forman parte del paisaje cotidiano de Colombia: ríos que se desbordan donde nunca lo habían hecho, deslizamientos que sepultan vías recién construidas, veranos que duran el doble de lo esperado, comunidades enteras cortadas del resto del país por semanas.

La infraestructura colombiana ya enfrenta los impactos del cambio climático



Esta vulnerabilidad ya se refleja en la infraestructura del país:

Infraestructura vial en riesgo.

En 2025...



112 Cierres totales de vías.

(Ministerio de Transporte / INVÍAS, 2025)



44,8 %

De la red vial del Caribe continental está **expuesta a amenaza de inundación**.

(INVEMAR / IDEAM, MADS)

Impacto económico



356.740

Millones en pérdidas anuales por inundaciones en la red vial.

Podría aumentar



+ \$187.365

Millones bajo escenarios moderados de cambio climático.

(Ministerio de Transporte / CDKN).

Riesgos hacia 2050 si no se implementan medidas de adaptación:

- +** Se triplicaría la población **afectada por inundaciones**.
- +** Los días con temperaturas superiores a **35 °C** serían casi seis veces más frecuentes.
- +** Las interrupciones de infraestructura afectarían a un **60 % más de la población**.

(Banco Mundial, CCDD Colombia, 2023).



En este contexto, la infraestructura sostenible se convierte en una herramienta clave para fortalecer la resiliencia de los territorios, impulsar el desarrollo y responder a los desafíos del cambio climático. Colombia ya cuenta con instrumentos concretos para avanzar en esta dirección:



Metodología
AIKA del INVÍAS.



Primer proyecto certificado
Envision en el país: Corredor
de la Séptima de la calle 99 a
la 127.

2021



2022



2024



2025

- **CONPES 4060 "Política para el desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte sostenible:** Quinta Generación de Concesiones bajo el esquema de Asociación Público-Privada — Concesiones del Bicentenario".
- **Lineamientos de Infraestructura Verde Vial (LIVV)** del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Fondo Mundial para la Naturaleza (MADS/WWF).

Alianza entre el ISI y el CCCS para promover ENVISION en Colombia. Líneas de financiación verde de la banca nacional con beneficios de hasta 100 puntos básicos en tasa para proyectos verificados.



Esta guía tiene un doble propósito. Por una parte, ofrecer un marco técnico y estratégico que oriente la estructuración e implementación de proyectos de infraestructura sostenible y resiliente en Colombia. Por otra, traducir ese marco en estrategias concretas que permitan incorporar la sostenibilidad desde el inicio del proceso de decisión y en cada etapa de los proyectos.

Para ellos, la guía se organiza en tres capítulos. El primero presenta la evidencia sobre por qué la infraestructura sostenible y resiliente es urgente en

el contexto colombiano. El segundo desarrolla el modelo de cambio de mentalidad en el planteamiento de proyectos de infraestructura, basado en dos precondiciones habilitantes: gobernanza y gestión del riesgo, y cuatro áreas de acción: gestión de recursos, entornos naturales, cambio climático y valor social. Finalmente, el tercer capítulo reúne las herramientas y oportunidades disponibles para actuar hoy, incluyendo financiación, transformación corporativa, certificaciones y marco normativo.

Actores y tipologías de infraestructura: Una transformación colectiva

Este documento está pensado para tres tipos de actores clave en el ciclo de vida y para diferentes tipos de infraestructuras.



ENTIDADES DE POLÍTICA PÚBLICA

Diseñan marcos regulatorios, planes de inversión y condiciones de contratación.

- **Ministerios**
- **Agencias estructuradoras nacionales y locales**
- **Entidades públicas del sector infraestructura**



ESTRUCTURADORES DE PROYECTOS

Dimensionan, diseñan y formulan iniciativas desde la prefactibilidad.

- **Consultores**
- **Firmas de ingeniería**
- **Entidades financieras**



CONSTRUCTORES Y OPERADORES

Ejecutan, mantienen y operan las infraestructuras durante toda su vida útil.

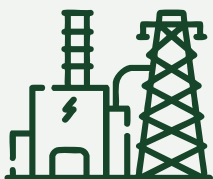
- **Empresas constructoras**
- **Empresas de mantenimiento y gestión de activos**

¿EN QUÉ TIPOS DE INFRAESTRUCTURA APLICA?



Infraestructura para el transporte

- Proyectos viales
- Proyectos de infraestructura para el transporte público
- Puentes
- Viaductos
- Proyectos férreos
- Túneles
- Puertos



Servicios públicos

- Acueductos y alcantarillados
- Plantas de tratamiento de aguas
- Líneas de transmisión de energía
- Redes de transferencia
- Oleoductos



Generación de energía

- Parques Solares
- Parques Eólicos
- Hidroeléctricas

La sostenibilidad y la resiliencia no corresponden a un tipo específico de infraestructura. Son principios que pueden integrarse en cualquier proyecto para generar valor ambiental, social y económico en cada etapa.

Como organización que articula a los líderes comprometidos con la transformación sostenible del entorno construido en Colombia, el CCCS desarrolló esta, guía motivado por promover entornos construidos más sostenibles y resilientes. Su elaboración se llevó a cabo mediante un proceso colaborativo que reunió la experiencia y conocimiento del Grupo de Trabajo de Infraestructura del CCCS, así como los aportes de expertos y actores clave del sector. Este proceso permitió recopilar experiencias, identificar

casos de referencia y validar los enfoques y recomendaciones presentados en el documento.

Más que un documento de consulta, esta guía busca convertirse en una herramienta para acelerar la transformación de la infraestructura en Colombia, promoviendo decisiones y acciones que integren la sostenibilidad y la resiliencia como criterios esenciales para generar valor ambiental, social y económico en los territorios.



1

**¿POR QUÉ ES
IMPORTANTE LA
INFRAESTRUCTURA
SOSTENIBLE Y
RESILIENTE?**

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE Y RESILIENTE?

La vulnerabilidad climática de la infraestructura en Colombia tiene impactos tangibles sobre los territorios, las comunidades y la economía del país. Las emergencias recurrentes en la red por temporadas de lluvia, las interrupciones en la prestación de servicios públicos y los costos fiscales por reparación superan lo que habría costado la prevención. La evidencia sobre el retorno de incorporar resiliencia desde las etapas tempranas del proyecto es consistente, y la corresponsabilidad entre todos los actores de la cadena (quienes definen políticas, quienes estructuran proyectos, quienes construyen, quienes operan) es la condición que determina si ese conocimiento se traduce en decisiones de estructuración, diseño, contratación y operación.

Una realidad que exige nuevas decisiones

El cambio climático en Colombia incide de forma directa sobre la infraestructura, olas de calor extremo en ciudades no preparadas para enfrentarlo, inundaciones en zonas no declaradas de riesgo, sequías que afectan sistemas de acueducto concebidos para condiciones que ya no existen. La alta montaña, las cuencas del Pacífico y el Caribe, los llanos y las zonas urbanas densas concentran riesgos diferenciados que los diseños convencionales no contemplan. Las redes son interdependientes, cuando falla el drenaje, colapsa la operación; cuando se pierde la cobertura vegetal en un talud, el suelo se erosiona y el siguiente aguacero produce el deslizamiento. Comprender esto es fundamental para diseñar infraestructura capaz de anticipar, adaptarse y responder a los desafíos de un entorno cada vez más cambiante.

En 2024, Colombia enfrentó simultáneamente emergencias por exceso y escasez de agua.

EXCESO DE AGUA



- **93.762** familias afectadas
- **267** vías averiadas
- **38** puentes afectados
- **Declaratoria nacional de desastre en Chocó**, primera vez en años
- **90%** de **Quibdó** inundado
- **85%** de **La Guajira** con daños asociados

(UNGRD, 2024).

La relación también opera en sentido inverso, la **infraestructura condiciona los efectos climáticos sobre el territorio**. Las superficies pavimentadas sin cobertura vegetal generan islas de calor urbanas que incrementan la demanda energética y deterioran las condiciones de habitabilidad. El arbolado nativo, los

ESCASEZ DE AGUA



- **Sistema Chingaza** al disminuyó su capacidad al **16,9%**
- Nivel más bajo registrado en **40 años**
- **277 municipios** con desabastecimiento
- **24 departamentos** afectados

(Ministerio de Ambiente, 2024).

sistemas de drenaje sostenible (SUDS) y la infraestructura verde corrigen este efecto al reducir la temperatura superficial, capturar material particulado y mejorar la calidad del aire; son componentes funcionales de adaptación, no complementos estéticos (IDU, entrevista institucional, 2025).



Cuando estas afectaciones no se consideran desde las etapas tempranas de los proyectos, sus impactos terminan reflejándose en costos significativos que se transfieren a otras etapas.

El costo de la no acción

A escala global, el mantenimiento de infraestructuras afectadas por variabilidad climática ya cuesta entre **391 y 647 mil millones de dólares** anuales en países de ingresos bajos y medios (*Banco Mundial, Lifelines, 2021*). En Colombia, la ola invernal 2010–2011 superó los **6.800 millones** de dólares en daños al sector de infraestructura y transporte, afectó **31.635 kilómetros** de carreteras y dejó **3,2 millones de damnificados** (*DNP, 2011*).

La infraestructura que no incorpora resiliencia desde el diseño traslada riesgos y costos al futuro, cada peso ahorrado en prefactibilidad al evitar un análisis de vulnerabilidad climática puede convertirse en diez pesos en reparaciones o incluso en la pérdida anticipada del activo (*Banco Mundial, Lifelines, 2021*).

Para Colombia, el Banco Mundial estima que alcanzar los objetivos climáticos en infraestructura, energía y uso del suelo requerirá inversiones adicionales cercanas a los **USD 92.000 millones entre 2030 y 2050**, equivalentes al **1,2% del PIB** acumulado del período (*Banco Mundial, CCCR Colombia, 2023*).

Frente a este panorama, los enfoques de infraestructura centrados exclusivamente en los costos iniciales plazo resultan insuficientes para responder a los desafíos actuales. A escala global, cumplir los objetivos de desarrollo sostenible al 2030 requiere inversiones anuales de **USD 6,9 billones** en infraestructura resiliente (*OCDE, 2024*).

Más allá de la magnitud de las inversiones requeridas, el principal desafío radica en la forma en que se toman las decisiones. El cambio climático está mo-

dificando las condiciones bajo las cuales se planifican, diseñan y operan los proyectos, aumentando la exposición a riesgos que suelen gestionarse de forma fragmentada o reactiva. Además, en el caso de la infraestructura de transporte, en Colombia opera con horizontes de **20, 30 o 50 años**, aunque en la mayoría de los casos incluso llega a los **100 años**. Las decisiones que se toman hoy (el trazado de una vía, los estándares de drenaje, la selección de materiales, el modelo de operación) estarán vigentes bajo condiciones climáticas, sociales y económicas radicalmente distintas a las actuales.

Invertir en sostenibilidad en las primeras etapas del proyecto

La evidencia sobre el retorno de la inversión en infraestructura resiliente es consistente. En Colombia, invertir en resiliencia genera retornos verificables en reducción de deslizamientos, personas afectadas y vidas perdidas (*Banco de la República, 2021*). A escala global, el beneficio neto equivale a **4 dólares por cada dólar invertido** en países de ingresos medios (*Banco Mundial, Lifelines, 2021*).

Sin embargo, estos beneficios dependen en gran medida del momento en que se toman las decisiones. Incorporar análisis de vulnerabilidad climática y diseño sostenible y resiliente en las primeras etapas de los proyectos ofrece mayor capacidad para tomar decisiones que impactan de forma positiva la construcción y operación de los proyectos, evitan retrasos en la construcción y disminuyen costos de la operación. De acuerdo con la *Guía de Implementación del Proceso Integrativo en Colombia*, la etapa de planeación y de conceptualización del diseño o diseño esquemático son fundamentales; el trabajo colaborativo entre disciplinas y actores favorece una mejor toma de decisiones, reduce reprocesos y genera eficiencias en términos de tiempo, costos y desempeño (*CCCS, 2021*).

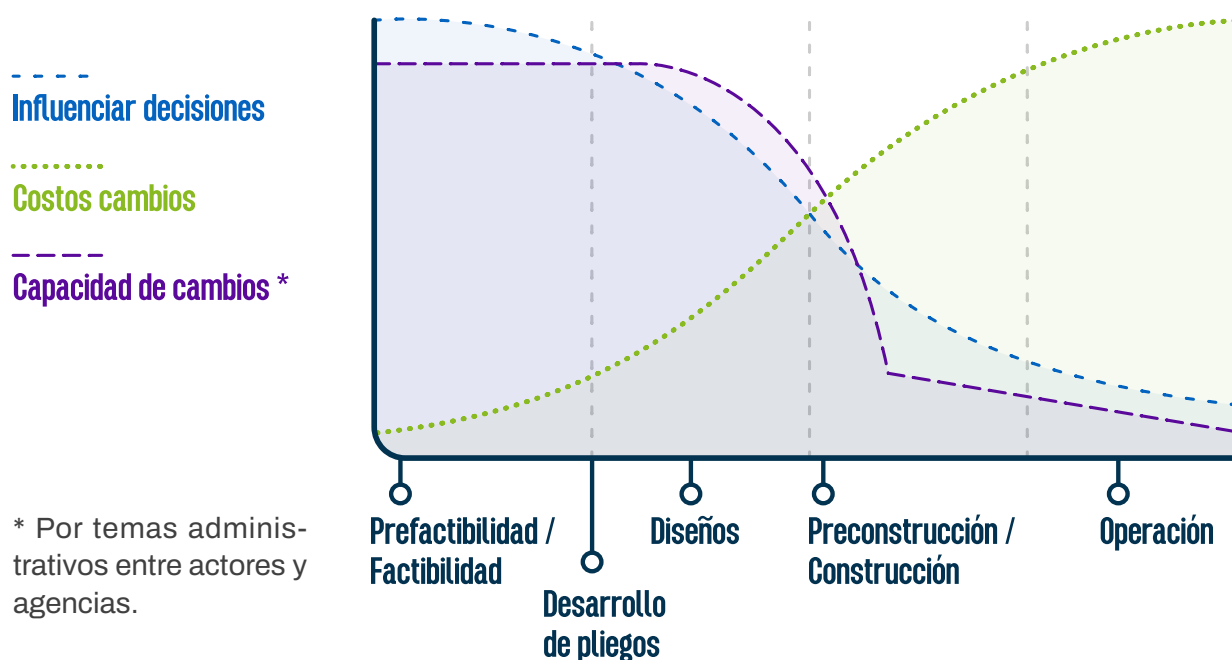


Figura 1. Diagrama del proceso de toma de decisiones de un proceso integrativo en infraestructura – Adaptado de la **Guía de Implementación del Proceso Integrativo en Colombia**.

De acuerdo con lo anterior e ilustrado en la **figura 1**, los proyectos de infraestructura, se puede incluso concluir que involucrar la sostenibilidad en etapas como de prefactibilidad, factibilidad y desarrollo de pliegos tipo generar impactos positivos que perduran en el tiempo.

Para la infraestructura vial, el INVÍAS ha documentado que incorporar criterios de sostenibilidad puede representar inversiones adicionales cercanas al 15% en estudios y diseños, y cerca del 20% en construcción; sin embargo, estas

decisiones permiten alcanzar reducciones de hasta el 40% en los costos de operación a lo largo del ciclo de vida.

(Instituto Nacional de Vías, Subdirección de Sostenibilidad).

Se espera que estos datos a medida que se avanza el tiempo se actualicen, ya que, es el caso puntual de proyectos viales del INVÍAS, sin embargo, como se expone en la sección de oportunidades, existen beneficios financieros que permiten amortizar esta inversión.

Corresponsabilidad: Todos los actores de la cadena

La transformación hacia una infraestructura sostenible y resiliente no depende de un único actor ni de decisiones aisladas. Requiere la participación coordinada de quienes definen las políticas y los

marcos de contratación, quienes estructuran y financian los proyectos, quienes los diseñan y construyen, y quienes los operan y mantienen. Ninguno puede delegar esa responsabilidad en los demás.



Esa corresponsabilidad tiene un nombre en el sector: gobernanza. Aspectos como la coordinación entre actores, la definición de responsabilidades, los mecanismos de toma de decisiones y los procesos de seguimiento influyen de manera significativa en los resultados que alcanzan los proyectos a lo largo de su ciclo de vida y en su capacidad para integrar criterios de sostenibilidad y resiliencia.

Existen, además, dos factores transversales que pueden influir en esa corresponsabilidad. En primer lugar, está el desarrollo de **capacidades técnicas y el nivel de conocimiento sobre sostenibilidad** de las empresas y de los actores del ecosistema de infraestructura. De acuerdo con información recopilada durante la elaboración de este documento,

herramientas como los estudios de huella de carbono, los análisis de ciclo de vida y los enfoques de economía circular presentan niveles de adopción limitados y una incorporación variable en los procesos de contratación. El segundo, es el **marco normativo y técnico aplicable a los proyectos**. Si bien la regulación tiene un papel fundamental para impulsar la transformación del sector, en algunos casos, los requisitos establecidos en pliegos, especificaciones técnicas y procedimientos de contratación pueden condicionar la incorporación de soluciones o enfoques diferentes a los tradicionalmente utilizados, lo que plantea desafíos para la adopción de nuevas prácticas y tecnologías.

Nivel de gobernanza por parte de los principales interesados y desarrolladores del proyecto frente a temas de sostenibilidad y resiliencia.

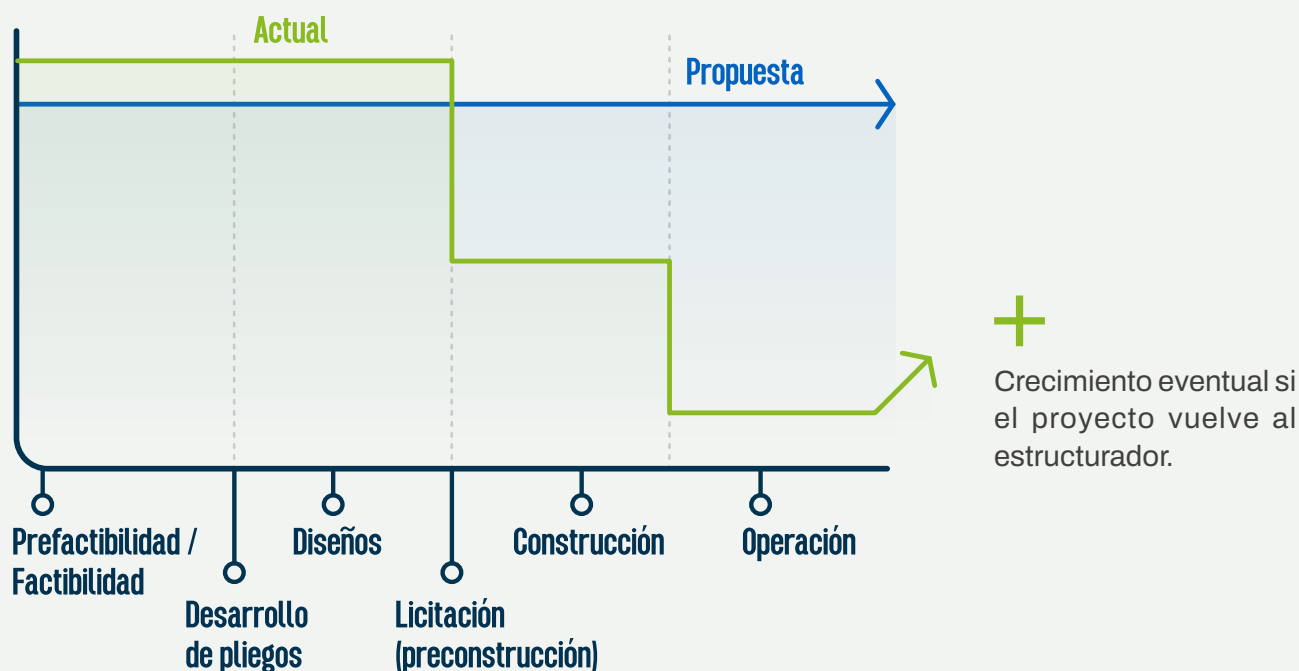


Figura 2. Incidencia de la Gobernanza en un proyecto de infraestructura.

Proyectos que quieren ser innovadores encuentran que los pliegos y especificaciones técnicas los limitan. La normativa, que debería ser un habilitador, a veces detiene la innovación antes de que pueda demostrar su viabilidad tal y como se muestra en la **figura 2**.





2

**¿CÓMO LOGRAR
INFRAESTRUCTURA
SOSTENIBLE Y
RESILIENTE?**

¿CÓMO LOGRAR INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE Y RESILIENTE?

Hablar de infraestructura sostenible exige hablar también de resiliencia, son conceptos distintos pero inseparables en la práctica. La sostenibilidad orienta las decisiones de diseño, construcción y operación para reducir huella ambiental, generar valor social y garantizar viabilidad económica de largo plazo. La resiliencia es la capacidad de un sistema para resistir, adaptarse y recuperarse de perturbaciones, preservando su funcionalidad y los servicios que presta.



La infraestructura sostenible y resiliente es aquella que se planifica, diseña, construye y opera para contribuir al bienestar de las personas, al desarrollo sostenible de los territorios y a mantener su desempeño a lo largo del tiempo en un entorno cambiante. Para lograrlo, promueve el uso eficiente de los recursos, minimiza los impactos ambientales, genera valor social y económico, y fortalece la capacidad de las comunidades y de la misma para anticipar, adaptarse y responder a los efectos del cambio climático y otros riesgos. *(Grupo de trabajo de Infraestructura – Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2025-2026).*

Lograr infraestructura sostenible y resiliente en Colombia requiere cambiar la mentalidad con la que se estructuran, financian, diseñan y operan los proyectos. Ese cambio necesita dos precondiciones habilitantes, gobernanza y gestión del riesgo y cuatro áreas de acción articuladas: gestión de recursos, entornos naturales acción climática y valor social, tal como se muestra en la **Figura 3**.

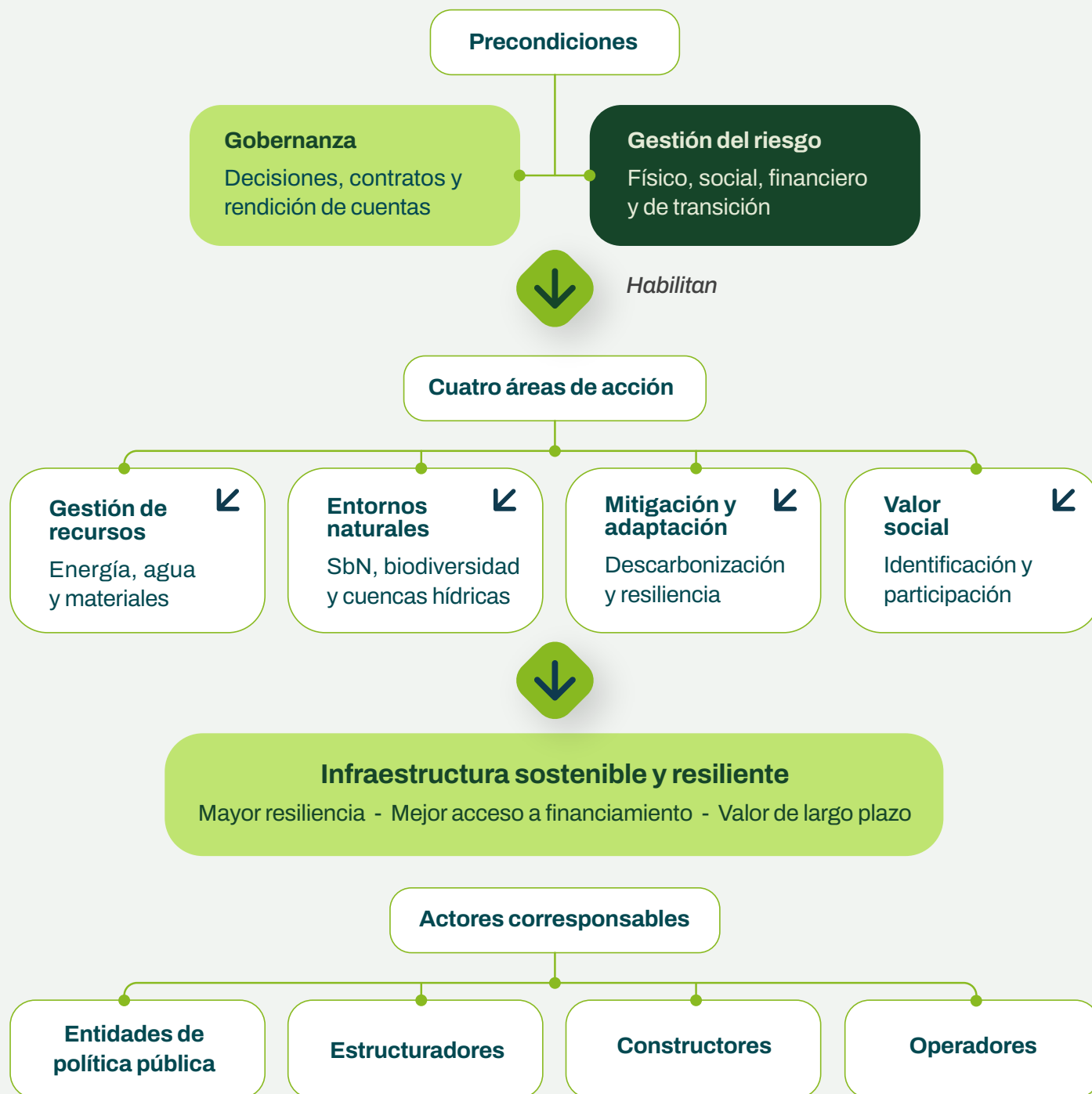


Figura 3. Flujo para una infraestructura sostenible y resiliente.

A continuación, se desarrollan cada uno de los componentes para una infraestructura sostenible y resiliente.

Precondiciones

La transición hacia una infraestructura sostenible y resiliente requiere ciertas condiciones habilitantes que permitan implementar de manera efectiva las acciones y estrategias que se desarrollan posteriormente. En este subcapítulo se presentan dichas precondiciones, entendidas como los elementos, capacidades y condiciones fundamentales que hacen posible generar resultados sostenibles en el tiempo.

Precondición 1: Gobernanza

"La gobernanza es uno de los aspectos más críticos. La ausencia de estructuras claras y de equipos especializados en sostenibilidad puede derivar en consecuencias graves, como la no continuidad de los proyectos."

"Un proyecto sin un equipo doliente de los temas de sostenibilidad es un proyecto en riesgo, independientemente de la calidad de su diseño técnico"

— Ivana Ayala, Analista de Sostenibilidad, Bancolombia

La gobernanza es el sistema mediante el cual se toman, se implementan y se rinden cuentas de las decisiones en un proyecto de infraestructura. Cuando ese sistema es débil (roles difusos, ausencia de planeación estratégica, procesos de contratación que no incorporan criterios de sostenibilidad, falta de continuidad institucional) se vuelve un reto que la estrategia de sostenibilidad de las empresas o instituciones se implementen de forma adecuada en los proyectos.

El análisis de concesiones viales 4G en Colombia realizado por la Universidad de los Andes (2024), a partir de la evaluación de proyectos bajo el estándar Envision, evidencia que las brechas más significativas no aparecen en los criterios técnicos de diseño, sino en los de gobernanza, liderazgo y planeación estratégica. El estudio señala que los documentos base de los proyectos (pliegos, contratos, estudios previos) no siempre incorporan compromisos verificables de sostenibilidad, lo que deja esas decisiones al criterio individual de cada estructurador o contratista.



Los conflictos y retrasos en proyectos, los aumentos de costos y el daño reputacional afectan a gobiernos, financiadores y al sector privado por igual. La demanda de infraestructura se enfrenta a externalidades ambientales y sociales negativas que generan disputas entre comunidades locales y patrocinadores de proyectos cuando la gobernanza no las anticipa.

Universidad de los Andes / Centro Regional de Finanzas Sostenibles (2024)

Este patrón, que representa la brecha entre capacidad técnica y capacidad de implementación derivada de restricciones presupuestales y de gobernanza contractual, es uno de los desafíos más costosos y menos visibles del sector. Se manifiesta, por ejemplo, en vías diseñadas con soluciones de drenaje sostenible que no se mantienen, en sistemas de gestión ambiental que se implementan en construcción, pero se abandonan en operación, y en activos que pierden valor aceleradamente porque no se asignaron los recursos necesarios para su mantenimiento y gestión.

Otra variable crítica es la escala. A medida que aumenta el alcance del proyecto (municipal, departamental, nacional) también se incrementa la cantidad de actores y tomadores de decisión que deben coordinarse. Por ello, los mecanismos de gobernanza deben diseñarse en función de esa complejidad, no aplicarse uniformemente. Asimismo, deben garantizar la continuidad de los proyectos más allá de los ciclos de administración pública. Un proyecto que inicia en un periodo de gobierno debe contar con estructuras que aseguren su culminación independientemente de los cambios políticos o administrativos.

¿Cómo implementar de forma adecuada la gobernanza en los proyectos?

Una gobernanza habilitante para la sostenibilidad requiere **cinco elementos articulados**:



1 **Planeación estratégica desde la prefactibilidad:**

Incorporar análisis de vulnerabilidad, impacto social y huella ambiental antes de que el diseño esté finalizado. No es posible crear gobernanza efectiva frente a los asuntos de sostenibilidad si previamente no se ha generado valor frente a esos temas materiales para el proyecto.



2 **Procesos de contratación que hagan exigible la sostenibilidad:**

Pliegos y contratos deben traducir los compromisos en requisitos verificables. La metodología AIKA del INVÍAS, los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial (LIVV)¹ y el estándar Envision ofrecen marcos operativos para hacerlo.



3 **Estructuras organizacionales con mandato y capacidad:**

Equipos con autoridad real, no solo para informar. Esto aplica tanto a entidades públicas como a constructores y operadores privados. Incorporar la gobernanza en las políticas corporativas, alineada con marcos nacionales e internacionales de desarrollo sostenible.



4 **Rendición de cuentas a lo largo del ciclo de vida:**

Verificación de compromisos en construcción, operación y mantenimiento. Validación de la eficiencia y eficacia de los mecanismos de gobernanza con participación ciudadana activa.



5 **Provisión presupuestal para O&M de soluciones sostenibles:**

Toda solución sostenible adoptada debe tener su contrapartida presupuestal en el plan de operación y mantenimiento desde la etapa de estructuración.

¹ **Lineamientos de Infraestructura Verde Vial (LIVV)**: documento desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) que integra soluciones basadas en la naturaleza en proyectos viales para la gestión del agua, la biodiversidad y la resiliencia climática.

Desde la banca, la falta o el no tener una estructura clara de gobernanza es uno de los riesgos más relevantes al momento de evaluar proyectos de infraestructura sostenible. Contar con estructuras de gobernanza sólidas, basada en criterios ambien-

tales, sociales y de Gobernanza (ASG), fortalece la capacidad de los proyectos para gestionar riesgos y demostrar el cumplimiento de los criterios de elegibilidad exigidos por los financiadores.

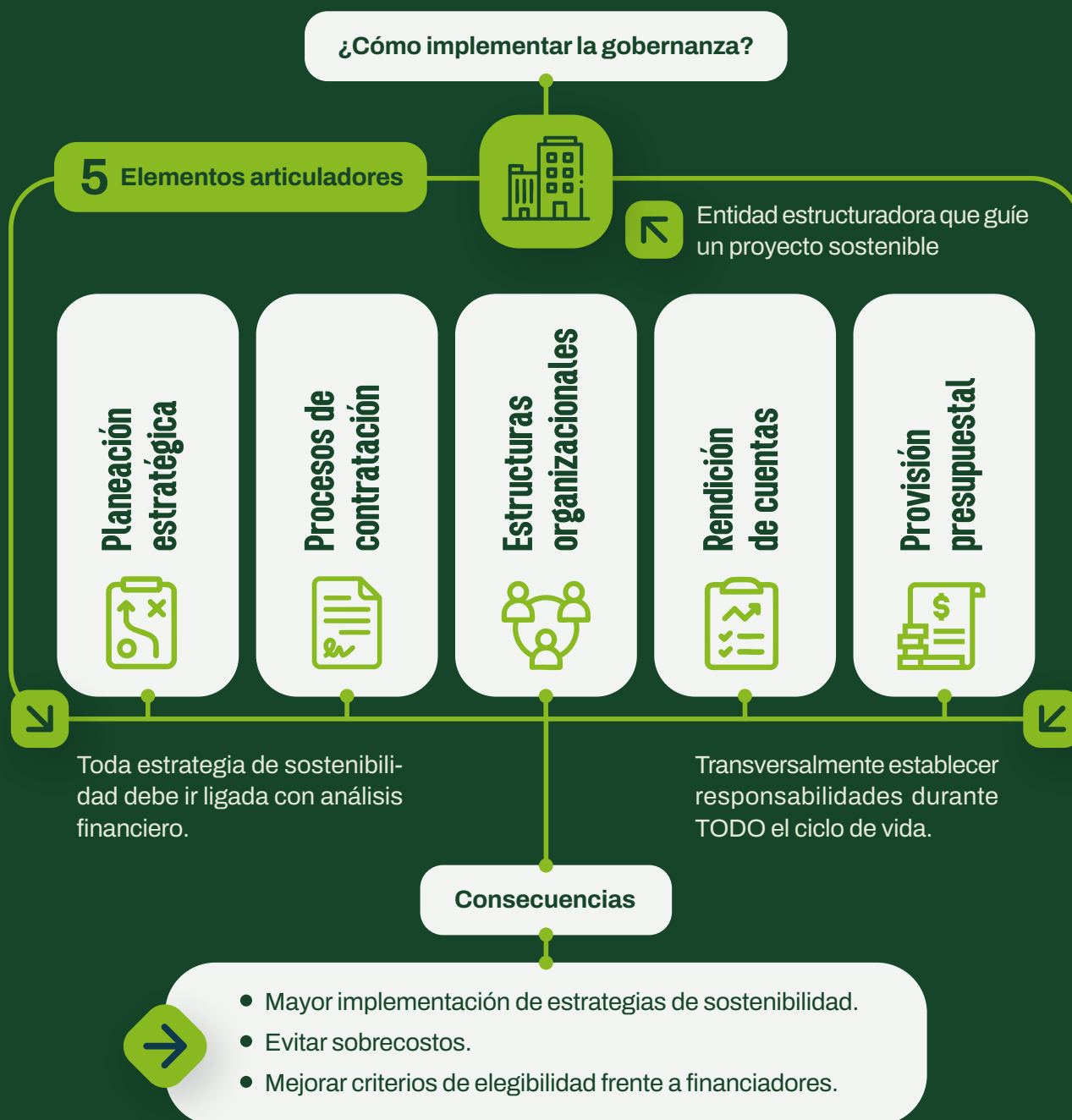


Figura 4. *Cómo implementar de forma adecuada la gobernanza en un proyecto de infraestructura sostenible.*



Estructura de gobierno corporativo y acceso a financiación: Túnel de Oriente



La Concesión Túnel Aburrá Oriente opera bajo un contrato de concesión vigente desde 1997 con Odinsa (Grupo Argos) como accionista mayoritario, dentro de una sociedad conformada por 50 accionistas, todos colombianos. La ingeniería del proyecto también es de origen nacional, desarrollada por firmas y profesionales de la región que participan directamente en la operación. Dos elementos estructurales caracterizan su gobernanza: el concedente es la Gobernación de Antioquia, autoridad departamental y no nacional como ocurre en la mayoría de concesiones viales del país, lo que acorta la cadena de decisión y facilita la coordinación con actores del territorio; y la política de sostenibilidad se extiende desde el accionista mayoritario a toda la concesión, sin limitarse a las obligaciones contractuales mínimas. El contrato original, según reporta la propia concesión, no incluye exigencias robustas de sostenibilidad más allá de lo normativo, lo que hace que la adopción de estos criterios sea una decisión institucional y no una respuesta a presión contractual.

En 2025, la concesión obtuvo la financiación para la totalidad de las obras de la segunda etapa, mediante una línea de crédito verde con condiciones sujetas al cumplimiento de criterios económicos, sociales y ambientales validados por un verificador internacional. El proyecto avanza además

hacia la certificación Envision, que evalúa calidad de vida, liderazgo, uso de recursos naturales, entorno natural, y clima y resiliencia. La estructuración anticipa un horizonte de operación de 20 años de demanda vehicular del Oriente antioqueño, y la ejecución de la segunda etapa generará más de 2.000 empleos directos y 8.000 indirectos, articulados con proveedores y mano de obra de la región.

La primera etapa se construyó y entregó en los cinco años estipulados (2014-2019). Cuando la demanda proyectada para 2032 se materializó una década antes, producto de un cambio de vocación del Oriente antioqueño que pasó de ser una zona de tránsito turístico y de acceso al aeropuerto a una zona de residencia con alto flujo de viajes por motivo laboral (hoy cerca del 44% del total), la estructuración de la segunda etapa se aceleró sin pérdida de continuidad institucional. La conexión redujo en 27 minutos el tiempo de viaje entre los valles de Aburrá y San Nicolás frente a la ruta tradicional por Las Palmas, una reducción cercana al 50%, y acortó el recorrido en 10 kilómetros.

La concesión es también la primera del sector vial en Antioquia certificada en carbono neutralidad para su operación y mantenimiento, y mantiene alineación con las Normas de Desempeño de la IFC y los Principios de Ecuador desde el inicio de su operación, marco de referencia habitual para proyectos financiados con banca internacional. Esta trayectoria de gestión ambiental y social previa, documentada antes de iniciar procesos formales de certificación, redujo la brecha de diligencia debida exigida por la banca al momento de estructurar el crédito de la segunda etapa.

Fuente: Revista de Sostenibilidad 2026, Concesión Túnel Aburrá Oriente; entrevista institucional equipo túnel de oriente (2026).

Precondición 2: Gestión del riesgo

"Los proyectos deben priorizar los riesgos con alta probabilidad y alto impacto, y establecer estrategias de adaptabilidad frente a estos. En mitigación, priorizar el uso de recursos que tendrán menor impacto durante el ciclo de vida completo del proyecto."

— Nicolás Jiménez, Coordinador de sostenibilidad, CEMEX

El estudio Análisis de Riesgos y Doble Materialidad: Crecimiento Resiliente — Caso Colombiano, elaborado por el CCCS con el acompañamiento técnico de Marsh y Myzelio y el respaldo de BID Invest (2025), confirma esta urgencia para el sector constructor e infraestructura del país. El análisis identifica siete riesgos críticos que ya están afectando directamente la continuidad operativa y la viabilidad financiera de los proyectos, como se puede ver en la figura 5.

#	Riesgo crítico	¿Cómo afecta al sector?	¿Por qué es clave gestionarlo ahora?
R16	Exposición a cambio climático	Incrementa daños en infraestructura y puede interrumpir el acceso a agua y energía, dejando activos temporalmente inoperables.	La variabilidad climática está aumentando periodos de escasez hídrica y racionamientos, afectando la continuidad operativa.
R17	Eventos climáticos extremos	Provoca parálisis de obra y operación, cortes de servicios públicos y sobrecostos por retrasos y contingencias.	Su frecuencia e intensidad han aumentado, afectando accesos, servicios y uso efectivo de los activos, aún sin daño estructural.
R18	Daño estructural por accidentes	Genera pérdidas humanas, responsabilidades legales y afectación reputacional.	Las exigencias de seguridad y control son cada vez más altas.
R6	Ruptura en la cadena de suministro	Aumenta tiempos, costos y riesgo de incumplimiento contractual.	La dependencia de proveedores específicos y logística vulnerable expone al sector.
R7	Baja trazabilidad en la cadena	Limita acceso a financiamiento sostenible y certificaciones de construcción sostenible.	Bancos y aseguradoras exigen evidencia verificable de origen y prácticas.
R15	Uso intensivo de recursos naturales	Presiona costos, afecta territorios y genera tensiones con comunidades y autoridades.	La regulación y veeduría social sobre impactos ambientales están aumentando.
R24	Problemas de liquidez o flujo de caja	Genera retrasos e impacta directamente en la sostenibilidad económica del proyecto/organización.	La sostenibilidad en el tiempo de los proyectos y organizaciones dependen en gran medida de la correcta gestión financiera.

Figura 5. Tomado de: Análisis de Riesgos y Doble Materialidad. Crecimiento Resiliente: Caso Colombiano (CCCS, 2025).

Todos estos son directamente trasladables a los proyectos de infraestructura. Su conclusión central, gestionar riesgos de forma estructurada, no es una obligación regulatoria; es una estrategia para fortalecer la resiliencia y habilitar acceso a financiamiento sostenible en mejores condiciones.



Menos incertidumbre = menor prima de riesgo

Los riesgos críticos identificados para la construcción en Colombia son aquellos que las instituciones financieras pueden usar para evaluar proyectos de infraestructura.

— CCCS, *Análisis de Riesgos y Doble Materialidad. Crecimiento Resiliente: Caso Colombiano (2025)*

Ante esto, la respuesta está, nuevamente, en la gobernanza. Los sistemas de contratación que evalúan propuestas principalmente por precio inicial no tienen suficiente información para valorar la gestión del riesgo de largo plazo. Cambiar esa lógica, al incorporar el análisis del ciclo de vida completo, las evaluaciones de vulnerabilidad climática y los planes de contingencia como requisitos de estructuración, es la palanca más poderosa para transformar la infraestructura colombiana.



¿Cómo implementar una correcta gestión del riesgo?

La gestión del riesgo en infraestructura sostenible no se limita a identificar lo que puede salir mal durante la construcción, sino que anticipa cómo el proyecto interactuará con su entorno físico, social, climático y regulatorio durante toda su vida útil. En este marco, la gestión del riesgo es la capacidad de analizar, evaluar, gestionar, responder y monitorear las

amenazas que pueden afectar un proyecto, fortaleciendo su desempeño y resiliencia ante un entorno dinámico.

Una estructuración robusta debe empezar con la identificación y evaluación de los riesgos, considerando cuatro dimensiones interrelacionadas:

Tipo de riesgo	Causa	Gestión
Físico	Asociado a eventos climáticos (inundaciones, deslizamientos, sequías), fallas geotécnicas, sismos.	Requiere análisis de vulnerabilidad con escenarios climáticos proyectados a 20-50 años, no solo datos históricos. Lo que antes era un evento de 1 en 100 años puede ocurrir ahora cada 10.
Social	Asociado a conflictos comunitarios, bloqueos, consultas previas que no evalúan de forma eficiente las problemáticas de las comunidades, falta de aceptación.	Requiere mapeo temprano de actores, incluyendo líderes informales y autoridades formales. Así como mecanismos de gestión desde la prefactibilidad.
Financiera y de ciclo de vida	Sobrecostos por fallas no anticipadas, deterioro prematuro del activo, cambios regulatorios.	La estructuración debe buscar el punto óptimo entre inversión inicial y costo total del ciclo de vida.
De transición	Cambios en política climática, mercados de materiales y exigencias de sostenibilidad de los financiadores.	Los proyectos que se estructuran hoy deben anticipar un entorno regulatorio y de mercado significativamente más exigente.

Figura 6. Riesgos a identificar en un proyecto de infraestructura.

Para lograr una adecuada gestión de dichos riesgos identificados se proponen los siguientes elementos:



Gestión financiera

Estructurar los riesgos del proyecto a través de una matriz que evalúe su tipo, probabilidad de ocurrencia e impacto potencial en el servicio y el contrato. Para cada riesgo se designa un responsable y se definen estrategias de mitigación y monitoreo. Las herramientas financieras clave incluyen garantías de política o de desempeño, garantías de volumen, coberturas de tasa de cambio y garantías de finalización anticipada.



Operación del activo

Gestionar los riesgos durante la operación, con el fin de minimizar costos financieros o reputacionales ante eventos adversos. Implica desarrollar resistencia física y operacional que garantice confiabilidad en el servicio a lo largo del ciclo de vida del activo.



Gestión de riesgos de transición

Anticipar cambios en política climática, regulación ambiental y exigencias de sostenibilidad de los financiadores que puedan alterar las condiciones de viabilidad del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Esto incluye monitorear la evolución de estándares y mercados de carbono, y ajustar supuestos financieros y técnicos conforme el entorno regulatorio se vuelve más exigente.



Gestión social y relacionamiento comunitario

Mapear tempranamente actores formales e informales del área de influencia y anticipar mecanismos de consulta y participación desde la prefactibilidad. Esta gestión, junto con los espacios de co-creación y los canales de quejas y reclamos, se desarrolla en detalle en el capítulo de relacionamiento con comunidades.



Gestión de riesgos en la cadena de suministro:

Identificar la exposición del proyecto ante la disponibilidad, el precio y la trazabilidad de materiales e insumos críticos, e incorporar cláusulas contractuales, proveedores alternativos y planes de contingencia que reduzcan la dependencia de mercados o proveedores volátiles.



Mantenimiento y uso óptimo del activo:

Ejecutar mantenimientos óptimos para reducir riesgos y disminuir costos asociados. La OCDE (2021) recomienda expandir el uso de tecnologías como el mantenimiento predictivo (PdM), sensores remotos, observaciones satelitales y machine learning para tomar decisiones basadas en datos en tiempo real. El INVÍAS incorpora estas metodologías en su manual de mantenimiento de carreteras para mejorar la eficiencia de la red vial no concesionada y brindar estándares verificables de mantenimiento.



Innovación en sostenibilidad financiera:

Diversificar las fuentes de ingresos del activo (captura de la valorización de predios, re-conversión de concesiones próximas a vencer, arrendamiento de espacios comerciales, venta de datos generados por el activo) e incorporar instrumentos de financiamiento sostenible. Los bonos temáticos y los bonos vinculados a sostenibilidad con KPIs verificables ofrecen acceso a mejores condiciones de tasa cuando el proyecto demuestra desempeño ambiental y social medible.

La identificación, evaluación y gestión de los riesgos climáticos, sociales y de la cadena de suministro, respaldadas por indicadores verificables de desempeño (KPIs), fortalecen la capacidad de los proyectos para demostrar una adecuada gestión del riesgo. Esto mejora su perfil ante bancos, aseguradoras e inversionistas, facilitando el acceso a mejores condiciones de financiamiento, coberturas más competitivas y oportunidades asociadas a instrumentos de financiación sostenible y verde (*CCCS, Análisis de Riesgos y Doble Materialidad, 2025*).

Por lo anterior, se hace sumamente relevante que los proyectos de infraestructura reflexionen y hagan un análisis sobre los costos de adaptación Vs. los costos de inacción, más aún cuando dichos proyectos están expuestos a riesgos climáticos, operativos o sociales. Es ahí, donde la correcta gestión de riesgos cobra un protagonismo importante para la resiliencia en los proyectos de infraestructura.





Análisis geotécnico de riesgo como base de diseño: Túnel de Oriente



Desde el inicio del análisis de alternativas del proyecto en 1997, la montaña que separa el Valle de Aburrá del Oriente antioqueño estaba catalogada como zona de alto riesgo geotécnico por deslizamiento, con antecedente de un deslizamiento de gran magnitud registrado hacia mediados del siglo pasado, información que hacía parte del conocimiento acumulado de la región mucho antes de que se estructurara formalmente el proyecto. En ese periodo inicial se evaluaron alternativas de trazado que incluían una conexión por el sector de Envigado hacia la represa La Fe, en cercanías del municipio de El Retiro, opción que fue descartada a medida que avanzaba el análisis técnico de viabilidad del corredor y de las condiciones del terreno en cada alternativa considerada.

Ese diagnóstico geotécnico, y no una consideración de minimización de costos de construcción, fue el que determinó la decisión final de diseño: la conexión se estructuró en viaductos y dos túneles, con una longitud total de 14,92 km entre el sector Baltimore, en Medellín, y lo que hoy es el intercambio vial del aeropuerto José María Córdova, en lugar de intervenir directamente la ladera de la montaña mediante corte y relleno convencional sobre un terreno con antecedentes documentados de inestabilidad. El diseño resultante también incorporó un objetivo explícito de reducción de

tiempo de viaje: la conexión redujo en 27 minutos, aproximadamente un 50%, el tiempo de recorrido frente a la ruta tradicional por la doble calzada hasta el Alto de Las Palmas y la Variante Palmas, además de acortar el trayecto en 10 kilómetros.

En los seis años de operación de la primera etapa, la concesión no ha registrado un solo cierre de la vía por deslizamiento, inundación u otro evento natural asociado a las condiciones de la montaña; los cierres que sí se han presentado corresponden a causas de congestión vehicular o a accidentes de tránsito, no a fallas geotécnicas o climáticas de la infraestructura construida. Este historial operativo se documenta como evidencia de que el diseño original, con viaductos y túneles en lugar de intervención directa de ladera, resultó efectivamente resiliente frente al tipo de amenaza que originalmente motivó esa decisión de trazado.

El caso ilustra que, en corredores de montaña con antecedentes geológicos documentados, el análisis de vulnerabilidad no depende exclusivamente de instrumentos de proyección climática de largo plazo, como escenarios de precipitación futura o modelos del IDEAM: el diagnóstico geotécnico del terreno, su historial de inestabilidad, su capacidad portante y los eventos de deslizamiento previamente registrados, es en sí mismo la base sobre la que se decide si un tramo específico del corredor se construye en superficie, mediante corte y relleno, o mediante una estructura elevada o subterránea que evite la intervención directa del terreno inestable. Esa decisión de trazado resulta ser la medida de adaptación de mayor efecto sobre la resiliencia operativa del proyecto a lo largo de su vida útil.

Fuente: entrevista institucional con Concesión Túnel Aburrá Oriente (2026).

Cuatro áreas de acción

Cuando la gobernanza y la gestión del riesgo funcionan como precondiciones habilitantes, las siguientes cuatro áreas de acción se convierten en estrategias ejecutables y viables para los proyectos de infraestructura. Cada área se organiza con su definición, los criterios clave para la estructuración, estrategias concretas con ejemplos en Colombia y cómo varía su aplicación según el tipo de infraestructura.

1. Gestión de Recursos

La gestión sostenible de recursos se basa en el uso eficiente y circular de las entradas físicas del proyecto (materiales, energía y agua) a lo largo de todas las etapas. Implica reducir la dependencia de recursos nuevos o no renovables, incorporar la economía circular revalorizando residuos y materiales existentes, y entender el impacto 'aguas arriba', de dónde vienen los materiales y cuánta energía costó producirlos (energía embebida).

Uso de Energía

La energía en infraestructura es un recurso transversal a todo el ciclo de vida del proyecto. En la fase de operación la demanda energética es continua, de largo plazo y, en la mayoría de los casos, financiada con recursos públicos. Gestionarla bien no es un detalle técnico, es una decisión estratégica que afecta la sostenibilidad financiera del proyecto durante décadas. Se tienen en consideración tres estrategias para determinar un uso de energía sostenible.



Usar la energía de forma eficiente



Incorporar fuentes no convencionales



Control y monitoreo



→ Uso eficiente de la energía

La eficiencia energética en infraestructura empieza en el diseño. Decisiones sobre la geometría del proyecto, la selección de tecnologías y la distribución de sistemas determinan la demanda energética que el proyecto tendrá durante toda su vida útil. Una vez definidas estas características, las oportunidades para reducir el consumo energético suelen ser más limitadas y costosas de implementar.

● Iluminación eficiente:

La tecnología LED con sistemas de control de nivel de iluminación adaptativo, que ajusta la intensidad según condiciones ambientales, hora del día y densidad de tráfico, puede reducir el consumo energético de la iluminación vial entre un 50% y un 70% frente a tecnologías convencionales (IEA, *The Future of Cooling*, 2022).

● Diseño pasivo en instalaciones de operación:

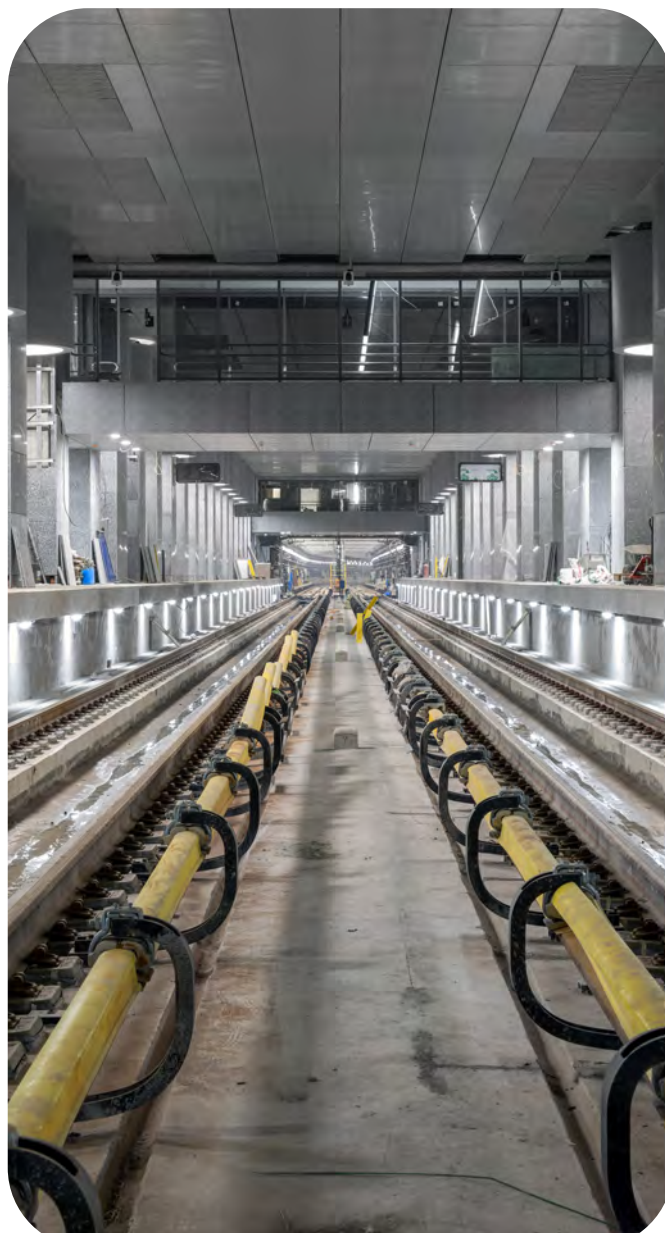
Las edificaciones auxiliares del proyecto (centros de control, estaciones de peaje, instalaciones de mantenimiento) deben diseñarse con criterios de eficiencia energética desde la etapa de anteproyecto: orientación solar, ventilación natural, aislamiento térmico y cubiertas con vegetación o superficies reflectivas que reduzcan la demanda de climatización.

● Eficiencia en sistemas específicos:

En proyectos de infraestructura, donde se tienen sistemas como ventilación, bombeo de agua, extracción, entre otros, estos sistemas deben garantizar su correcto y eficiente funcionamiento. En proyectos con infraestructura subterránea, la ventilación representa una fracción significativa del consumo energético total. Los sistemas de ventilación por demanda, que regulan la operación de los ventiladores en función de la calidad del aire medida en tiempo real, ofrecen reducciones importantes frente a sistemas de operación fija.

● Eficiencia logística en construcción:

Optimizar las rutas de transporte de insumos, priorizar fuentes de material locales y avanzar hacia la electrificación progresiva de equipos de construcción en proyectos de larga duración reduce el consumo de combustibles fósiles en obra y disminuye la huella operacional de la fase constructiva.





Incorporación de fuentes no convencionales de energía (FNCE)

Colombia posee un potencial de energía renovable importante. El potencial técnico-económico de energía solar ronda los 8.000 GW para proyectos de gran escala y el potencial eólico onshore y offshore alcanza los 35 GW y 50 GW respectivamente, cifras que superan ampliamente la capacidad instalada total del país, que es de 21,4 GW (*SEI, Energía Solar, Eólica y Comunidades Energéticas en Colombia: Panorama 2025*). Además, la Ley 1715 de 2014 y la Ley 2169 de 2021 ofrecen incentivos tributarios concretos (deducción en renta, exclusión de IVA, exención arancelaria) para la incorporación de fuentes renovables en proyectos de infraestructura, tanto públicos como privados. En este contexto, el reto que se busca abarcar es, cómo lograr que proyectos de infraestructura implementen o integren este tipo de fuentes de energía más limpias frente a la matriz energética convencional.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Generación solar en instalaciones de operación:

La instalación de paneles fotovoltaicos en techos de estaciones de peaje, centros de control, talleres y edificios administrativos permite autoabastecer una fracción relevante de la demanda energética de estos puntos, reduciendo la factura eléctrica y la dependencia de la red. En zonas con es particularmente alto.

● Iluminación solar autónoma:

En tramos viales alejados de la red eléctrica o en zonas donde la conexión implica costos de extensión elevados, la iluminación con paneles solares y baterías de almacenamiento es técnicamente viable y económicamente competitiva en el análisis del ciclo de vida. Su uso ha crecido en proyectos de vías rurales y secundarias en Colombia.

● Integración de FNCE en el diseño desde la prefactibilidad:

El error frecuente es considerar las fuentes renovables como un añadido al diseño final. Su integración efectiva (orientación de cubiertas, espacio para paneles, infraestructura eléctrica compatible) requiere que estén contempladas desde las etapas tempranas del proyecto. Un proyecto diseñado sin esa previsión puede terminar con techos orientados al norte o sin espacio para la infraestructura de soporte.

● Almacenamiento y gestión de energía:

La incorporación de sistemas de almacenamiento en batería, especialmente en instalaciones críticas como centros de control y túneles, permite gestionar la variabilidad de la generación renovable y garantizar la continuidad del suministro ante interrupciones de la red.





Control, monitoreo y comisionamiento de sistemas

En proyectos de infraestructura, la iluminación y la ventilación de túneles concentran la mayor parte del consumo energético operacional: los túneles representan el 85% del gasto energético total en infraestructura vial, y solo la iluminación puede superar el 50% de ese consumo (*PIARC / Asociación Mundial de la Carretera, Manual de Túneles de Carretera*).

El comisionamiento es un proceso sistemático que verifica que todos los sistemas energéticos del proyecto funcionan según sus especificaciones de diseño. Este proceso incluye pruebas funcionales de equipos, calibración de sensores y controles, verificación de parámetros operativos y documentación de la línea base de consumo real. Más que un trámite de entrega, es la condición para que la eficiencia prometida en el diseño se traduzca en ahorros verificables durante la operación.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

- **Comisionamiento como requisito de entrega:**

El proceso de comisionamiento debe estar definido contractualmente como condición de entrega del proyecto, no como una revisión opcional al final de la construcción. Incluye la verificación de iluminación, sistemas HVAC, generación renovable, sistemas de almacenamiento y automatización; comprobando que cada sistema cumple sus parámetros de diseño bajo condiciones reales de operación.

- **Sistemas de gestión de energía:**

La instalación de medidores inteligentes y plataformas de monitoreo en tiempo real permite conocer el consumo energético por sistema y por punto del proyecto, identificar desviaciones respecto al diseño, detectar fallas tempranas y tomar decisiones basadas en datos para la operación. Sin esta información,

la gestión energética es reactiva, se actúa cuando la factura llega alta, no cuando el sistema empieza a fallar.



- **Indicadores de desempeño energético (KPIs) desde la estructuración:**

Definir desde la prefactibilidad los indicadores con los que se medirá el desempeño energético del proyecto (consumo por kilómetro de vía iluminada, porcentaje de demanda cubierta por FNCE, intensidad energética por usuario) permite hacer seguimiento verificable durante la operación y rendir cuentas ante financiadores y comunidades.



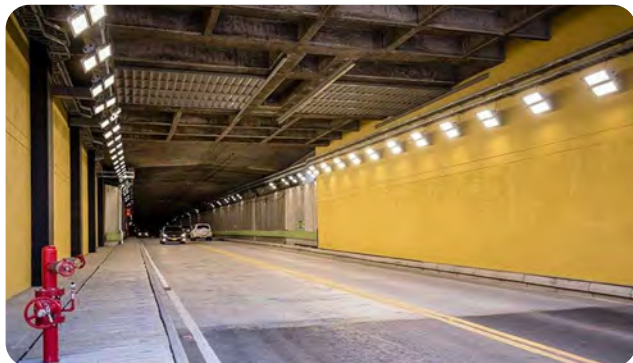
- **Mantenimiento preventivo de sistemas energéticos:**

Los sistemas de eficiencia y generación renovable tienen requerimientos de mantenimiento específicos (limpieza de paneles, calibración de sensores, revisión de baterías) que deben estar contemplados en el plan de operación y mantenimiento con presupuesto asignado desde la estructuración. Un sistema solar sin mantenimiento registra una degradación acelerada que puede superar la tasa natural de envejecimiento del panel, comprometiendo los rendimientos proyectados.





Eficiencia energética y redundancia del suministro: Túnel de Oriente



En infraestructura vial, los túneles concentran el 85% del gasto energético operacional del proyecto, y la iluminación puede representar más de la mitad de ese consumo (PIARC, Manual de Túneles de Carretera). Esta proporción hace que las decisiones de eficiencia en iluminación y ventilación tengan un efecto proporcionalmente mayor sobre el costo operativo total que en otros tipos de infraestructura vial. La Concesión Túnel Aburrá Oriente aborda esta variable desde dos frentes complementarios: reducción del consumo y continuidad del suministro ante fallas.

En eficiencia, el reemplazo de luminarias de sodio por tecnología LED en el corredor Las Palmas–Variante Palmas generó un ahorro aproximado del 56% en el consumo energético de esa vía, cifra sustentada ante la gerencia y la Gobernación de Antioquia mediante indicadores de reducción de OPEX que permitieron justificar la inversión de reemplazo frente al ahorro proyectado en la operación. A esto se suma la instalación progresiva de paneles solares en oficinas y peajes de la concesión, con estudios en curso para ampliar esta cobertura a distintas infraestructuras del corredor, y la sectorización de la ventilación del túnel, que se activa únicamente en las galerías donde los sensores de monóxido de carbono y opacidad detectan la necesidad de extracción de humos, en lugar de operar el sistema completo de forma constante. Con la entrada en operación de la segunda

calzada, el área técnica y electromecánica de la concesión adelanta un análisis específico de reducción de consumo energético asociado al cambio de flujo vehicular: al pasar de una operación bidireccional a una unidireccional por cada túnel, se elimina el contraflujo de gases y vapores que hoy obliga a un patrón de ventilación más intensivo, aunque la cuantificación exacta de ese ahorro todavía está en desarrollo por parte del equipo de operaciones.

La eficiencia energética está integrada como eje declarado de la construcción de la segunda etapa, junto con la estrategia climática y la gestión ambiental del proyecto, no como una medida aislada de reducción de costos.

En continuidad del suministro, la operación está diseñada bajo el principio de redundancia total: dos subestaciones eléctricas independientes, Córdoba del lado de Rionegro y Miraflores del lado de Medellín, se respaldan mutuamente ante una falla, de forma que si una deja de operar, la otra asume el consumo completo del sistema. Si ambas subestaciones fallaran de forma simultánea, dos plantas eléctricas adicionales a combustible pueden suplir el 100% del consumo energético del túnel, cada una con capacidad para asumir la totalidad de la demanda por sí sola. El sistema completo es supervisado desde un centro de control que monitorea el 100% de los sistemas energéticos de la conexión vial, con baterías de respaldo que sostienen el encendido de los sistemas críticos mientras se activa el suministro alterno. Esta arquitectura responde a que una falla energética en el túnel no afecta solo la iluminación, sino también los sistemas de ventilación y de supervisión operados desde el centro de control, de forma que garantizar continuidad energética equivale, en la práctica, a garantizar la continuidad de toda la operación del túnel.

Fuente: Revista de Sostenibilidad 2026, Concesión Túnel Aburrá Oriente; entrevista institucional (2026).

Uso de agua

Colombia cuenta con una de las mayores reservas hídricas del mundo (IDEAM, 2019), sin embargo, esta riqueza contrasta con una alta vulnerabilidad frente a la variabilidad. Mientras que el fenómeno de El Niño puede reducir significativamente la disponibilidad hídrica en las cuencas del Pacífico y el Caribe (IDEAM, *Escenarios Hidrológicos, 2020*), La Niña multiplica la frecuencia e intensidad de las inundaciones. La infraestructura que no gestiona el agua desde el diseño no solo consume un recurso escaso, sino que también se convierte en un factor de degradación de las cuencas que atraviesa y de vulnerabilidad ante eventos que ya son parte del paisaje cotidiano.

Antes de hablar de eficiencia o de monitoreo, es necesario entender que ningún proyecto de infraestructura opera de manera aislada del ciclo hidrológico: cada intervención se inserta en una cuenca que ya tenía su propia forma de infiltrar, escurrir, evapotranspirar y recargar. Diseñar sin partir de ese entendimiento no es un vacío técnico menor, es la causa raíz de buena parte de los problemas de inundación, sequía y degradación que la infraestructura termina generando aguas abajo. Por eso, esta sección organiza las estrategias en:



Entendimiento de la cuenca y restauración del ciclo hidrológico

Toda decisión posterior de eficiencia o monitoreo hídrico parte de un mismo punto: comprender cómo se comportaba el agua en el territorio antes de que el proyecto existiera, y diseñar para que ese comportamiento se altere lo menos posible.



Análisis de cuenca desde la prefactibilidad:

Delimitación de la cuenca o microcuencas de influencia, identificación de coberturas vegetales, pendientes, tiempos de concentración y patrones naturales de escorrentía e infiltración. En proyectos lineales, este análisis debe hacerse por microcuencas, dado que un mismo corredor puede atravesar varios sistemas hidrológicos con comportamientos distintos.



Diagnóstico del régimen hidrológico natural del sitio:

Caracterizar cómo el agua se infiltraba, escurría, se evapotranspiraba y recargaba acuíferos antes de la intervención. Este diagnóstico no es solo una línea base de cumplimiento ambiental: es la referencia de diseño contra la cual se mide si el proyecto está replicando o rompiendo el ciclo natural.



Diseño para replicar los flujos naturales (enfoque basado en la naturaleza):

En lugar de diseñar para evacuar el agua lo más rápido posible del sitio —la lógica convencional que rompe el ciclo hidrológico y traslada el problema aguas abajo—, diseñar la infraestructura para que los tiempos de concentración, las tasas de infiltración y los patrones de recarga se mantengan lo más cercanos posible a la condición natural preexistente.



Identificación de servicios ecosistémicos hídricos aguas arriba y aguas abajo:

Reconocer qué comunidades, ecosistemas y usos productivos dependen de la cuenca, antes de definir cualquier estrategia de gestión de agua propia del proyecto.



Conectividad hidrológica del corredor o predio con la cuenca mayor:

Evitar que el trazado fragmente quebradas, humedales o rondas hídricas que hacen parte de la conectividad de la cuenca; cuando la fragmentación sea inevitable, incorporar obras de continuidad hidrológica (**box culverts dimensionados hidrológicamente, pasos de fauna acuática, restitución de cauces**).



Gestión del agua lluvia

Una vez entendido el comportamiento natural de la cuenca, el agua lluvia deja de tratarse como un residuo que evacuar y pasa a gestionarse como el recurso —y el riesgo— que efectivamente es.



Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS):

Zanjas y cunetas de infiltración vegetadas, pavimentos permeables, jardines de lluvia y biorretenedores que gestionan el agua lluvia en el lugar donde cae, replicando la infiltración natural diagnosticada en la etapa anterior. Deben diseñarse desde la prefactibi-

lidad, con dimensionamiento dependiente del trazado, las pendientes y los caudales de diseño de la cuenca específica, no de estándares genéricos.



Parámetros de diseño hídrico proyectados, no solo históricos:

Los caudales máximos, periodos de retorno y caudales de estiaje deben calcularse con proyecciones del IDEAM a 20 y 50 años, no únicamente con series históricas, dado que la variabilidad climática ya está desplazando los rangos de diseño convencionales.



Retención y detención distribuida:

En vez de concentrar el manejo de aguas lluvias en un único punto de descarga, distribuir la capacidad de retención a lo largo del proyecto (jardines de lluvia, zonas de amortiguación, superficies permeables) para amortiguar picos de caudal antes de que lleguen a los cuerpos de agua receptores.



Tratamiento de aguas de escorrentía en frentes de obra:

Instalación de trampas de sólidos, sedimentadores y barreras de retención en todos los frentes de obra y accesos; gestión específica de aguas con hidrocarburos en zonas de mantenimiento de maquinaria. La norma exige planes de manejo en proyectos con licencia ambiental, pero los proyectos sin licencia deben incorporar estas medidas como estándar de buenas prácticas.

→ Gestión eficiente del agua

La eficiencia hídrica en infraestructura empieza por entender cuánta agua se usa, dónde y para qué. Cuando no se cuenta con un diagnóstico adecuado, la gestión es reactiva. Las decisiones de diseño que se toman en prefactibilidad determinan la demanda de agua que el proyecto tendrá durante toda su vida útil. Los parámetros de diseño hídrico (caudales máximos, periodos de retorno, caudales de estiaje) deben calcularse no solo con series históricas sino con proyecciones del IDEAM para horizontes de 20 y 50 años.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

- **Recirculación de agua en procesos constructivos:**

Sistemas de recolección, tratamiento y reutilización del agua utilizada en mezclado de concreto, enfriamiento de equipos y compactación de materiales. En proyectos de túneles, el agua de perforación y bombeo puede recircularse con tratamiento primario, con potencial de reducción sustancial de la demanda de agua fresca del proceso constructivo.

- **Tratamiento de aguas de escorrentía en frentes de obra:**

Instalación de trampas de sólidos, sedimentadores y barreras de retención en todos los frentes de obra y accesos; gestión específica de aguas con hidrocarburos en zonas de mantenimiento de maquinaria. La norma exige planes de manejo en proyectos con licencia ambiental, pero proyectos sin licencia deben incorporar estas medidas como estándar de buenas prácticas.

- **Eficiencia en el consumo operacional:**

Instalación de medidores por punto de consumo para identificar pérdidas; grifos y sanitarios de bajo consumo en todas las instalaciones; planes de mantenimiento preventivo que detecten fugas antes de que se conviertan en pérdidas significativas. Sin medición no hay gestión, muchos proyectos no saben cuánta agua consumen en operación porque nunca instrumentaron los puntos de uso.

- **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS):**

El modelo tradicional de drenaje trata el agua lluvia como un residuo que hay que evacuar lo más rápido posible, generando inundaciones aguas abajo y rompiendo el ciclo hídrico al impedir la infiltración. Los SUDS invierten esa lógica, zanjas y cunetas de infiltración vegetadas, pavimentos permeables, jardines de lluvia y biorretenedores gestionan el agua lluvia como un recurso en el lugar donde cae. Para que funcionen hidrológicamente deben diseñarse desde la prefactibilidad, con dimensionamiento dependiente del trazado, las pendientes y los caudales de diseño.

→ Monitoreo y control de sistemas hídricos

Al igual que en energía, los procesos de monitoreo de sistemas son relevantes para el óptimo funcionamiento de estos. Un proyecto puede incorporar soluciones avanzadas para la gestión del agua, como SUDS, recirculación y eficiencia, pero si no existe monitoreo continuo, se vuelve difícil verificar si están funcionando como fueron diseñados, detectar fallos tempranos o demostrar el desempeño ante financiadores y certificadores.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Línea base hídrica verificable desde la prefactibilidad:

Establecer estaciones de monitoreo de caudal y calidad del agua antes del inicio de obras permite comparar el estado antes, durante y después de la intervención. Sin línea base, cualquier degradación de la calidad del agua durante la construcción será imposible de atribuir o desmentir ante reguladores, comunidades o financiadores.

● Medición de consumo por punto y por fase:

Instrumentar los puntos de consumo de agua en construcción y operación con medidores que permitan identificar pérdidas, verificar la eficiencia de los sistemas instalados y reportar el desempeño hídrico del proyecto con datos auditables.

Monitoreo del desempeño de SUDS:

Los SUDS son sistemas biológicos que requieren seguimiento diferenciado: tasas de infiltración, calidad del agua de salida, estado de la vegetación y capacidad de almacenamiento. Un SUDS sin monitoreo puede perder una fracción significativa de su capacidad de infiltración en los primeros años de operación sin que nadie lo detecte. El plan de operación y mantenimiento debe contemplar frecuencias, responsables y presupuesto garantizado desde la estructuración del proyecto.

● Indicadores de desempeño hídrico desde la prefactibilidad:

Definir desde el inicio los indicadores con los que se medirá el desempeño hídrico del proyecto: consumo de agua por kilómetro construido, porcentaje de agua reutilizada en proceso, reducción de escorrentía pico respecto a la línea base, calidad del agua en puntos de descarga. Estos indicadores permiten hacer seguimiento real durante la operación, sustentar reportes de sostenibilidad y cumplir los requerimientos de trazabilidad de instrumentos de financiamiento verde.

● Monitoreo de vulnerabilidad hídrica ante el cambio climático:

El seguimiento no termina en los sistemas internos del proyecto. Establecer alertas tempranas vinculadas a datos del IDEAM sobre precipitaciones extremas, niveles de embalses y episodios de El Niño permite activar protocolos de contingencia hídrica antes de que el impacto se materialice en la operación.





Tanque modular de amortiguación y aprovechamiento de agua lluvia: Parque Primavera Norte



El Parque Primavera Norte, uno de los proyectos urbanísticos de mayor relevancia actual de la Alcaldía de Medellín, contempla un área de 55.000 m² de espacio público destinado al servicio de las comunidades del norte de la ciudad. Dentro del complejo se encuentra la cancha deportiva Villa Niza, bajo la cual se construyó un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible diseñado específicamente para gestionar el agua lluvia que cae tanto en la zona de ladera adyacente como en las áreas impermeables del parque, en lugar de tratarla como un residuo que debe evacuarse lo más rápido posible hacia el sistema de alcantarillado convencional.

El sistema consiste en un tanque modular de tormenta construido con celdas Aquacell AQ 400 de PAVCO Wavin, con una capacidad total de almacenamiento de 1.100 m³, que cumple una doble función técnica. Como amortiguación, el tanque almacena de forma temporal el agua captada por sumideros, cunetas y estructuras de entrada distribuidas en el área de influencia, para luego entregarla de forma controlada, es decir, a un caudal regulado y no de forma súbita, tanto a las fuentes receptoras (quebradas y el río Medellín) como al sistema de alcantarillado existente. Esta entrega controlada es la que efectivamente mitiga el riesgo de inundación aguas abajo, ya que

evita que el volumen completo de una lluvia intensa llegue al mismo tiempo a un sistema de drenaje con capacidad limitada. Como aprovechamiento, el sistema permite reutilizar parte del volumen almacenado en el riego de las zonas verdes del parque, reduciendo la demanda de agua potable tratada para un uso que no requiere ese nivel de calidad.

La solución se instaló bajo una superficie recreativa de alto tráfico, una cancha deportiva de uso constante por parte de la comunidad, sin que su presencia subterránea afecte el uso, el mantenimiento o la vida útil de la superficie que la cubre. Esta característica de instalación es replicable en otros contextos urbanos: el mismo tipo de sistema modular puede integrarse bajo senderos peatonales, zonas de parqueo o plazoletas, sin necesidad de destinar un área exclusiva en superficie para la infraestructura de drenaje, lo que resulta particularmente relevante en proyectos urbanos donde el espacio disponible en superficie ya está comprometido con otros usos.

El sistema beneficia simultáneamente a dos grupos: a los usuarios directos del parque, que disponen de zonas verdes irrigadas sin presión adicional sobre el suministro de agua potable de la ciudad, y a las comunidades ubicadas aguas abajo de la zona de descarga, que ven reducido el riesgo de sobrecarga de los cuerpos receptores y del sistema de alcantarillado durante eventos de precipitación intensa, un riesgo que en corredores urbanos densamente construidos suele materializarse como inundaciones localizadas en los puntos más bajos de la red de drenaje existente.

Fuente: Caso de Éxito Tanque de Tormenta, Parque Primavera Norte, PAVCO Wavin.

Materiales

Un proyecto vial típico consume cientos de miles de toneladas de material a lo largo de su vida, incluyendo concreto, asfalto, acero, material granular, entre otros. Las decisiones sobre su origen, producción, transporte, uso y gestión al final de su vida útil determinan en gran medida el perfil ambiental, financiero y social del proyecto.

Esta sección se organiza en tres estrategias articuladas:

➔ **Política compras sostenibles**

➔ **Incorporación de atributos de sostenibilidad**

➔ **Gestión de residuos y aprovechamiento**

➔ **Política compras sostenibles**

Una política de compras sostenibles convierte los criterios de sostenibilidad en decisiones sistemáticas de adquisición. Sin un marco definido, la sostenibilidad queda sujeta al criterio individual de cada responsable de compras, lo que significa que se aplica cuando hay interés y se omite cuando hay presión de costos. Por el contrario, una política establece criterios claros, verificables, comparables y acumulables en el portafolio de la organización.

8 Pasos para elaborar tu política de compras del curso de compras sostenibles

PASO 1

Comprender la situación actual de la organización

Elaborar un diagnóstico inicial que incluya las siguientes preguntas:

- ¿Qué se compra hoy?
- ¿A quién se le compra?
- ¿Qué impactos genera eso?
- ¿Qué ya se tiene?

PASO 2

Definir principios rectores

Toda política sólida se sustenta sobre principios que guían las decisiones cuando no hay una regla explícita. Como referencia, pueden adoptarse los lineamientos establecidos en la norma ISO 20400.

PASO 3

Establecer objetivos de sostenibilidad

La política debe declarar metas concretas alineadas con los principios rectores de la organización. De acuerdo con la Hoja de Ruta de Sostenibilidad para Materiales del CCCS, se recomienda incluir al menos objetivos de carácter, ambiental, social y de bienestar.

PASO 4**Definir criterios de selección de proveedores**

Los criterios deben ser claros, medibles y comunicados a los proveedores antes de iniciar cualquier proceso de compra. De acuerdo con la Hoja de Ruta de Sostenibilidad para Materiales del CCCS, se recomienda estructurarlos en tres dimensiones: gestión corporativa, materialidad y desempeño del producto.

PASO 5**Diseñar el proceso de compras sostenibles**

La sostenibilidad debe integrarse a lo largo de todo el proceso de adquisición:

Planificación → Especificación → Selección → Contrato → Cierre

PASO 6**Formalizar la política**

1. Declaración de compromiso
2. Alcance
3. Principios rectores
4. Criterios de sostenibilidad
5. Roles y responsabilidades
6. Objetivos y metas
7. Revisión y actualización

PASO 7**Fortalecer capacidades y promover la implementación**

Una política que no se conoce no transforma las decisiones de compra. Es necesario capacitar al equipo interno en el uso de los criterios definidos, socializar la política con los proveedores estratégicos y utilizarla como diferenciador en licitaciones y procesos de precalificación ante clientes.

PASO 8**Revisar y actualizar periódicamente la política**

Una política que no se conoce no transforma las decisiones de compra. Es necesario capacitar al equipo interno en el uso de los criterios definidos, socializar la política con los proveedores estratégicos y utilizarla como diferenciador en licitaciones y procesos de precalificación ante clientes.

**Incorporación de atributos de sostenibilidad**

De acuerdo con la **Hoja de Ruta de Sostenibilidad para Materiales de Construcción del CCCS (2025)**, los atributos de sostenibilidad son aquellos que determinan las características de sostenibilidad que se pueden incorporar tanto en las empresas como en los materiales, equipos o productos.

Estos atributos se organizan en tres dimensiones complementarias. La primera, asociada a la gestión

corporativa comprende las prácticas y políticas corporativas implementadas para gestionar sus impactos. La segunda, relacionada con la materialidad, identifica criterios aplicados a los procesos y componentes del producto o material. Finalmente, la dimensión de desempeño considera aquellos parámetros que permiten aportar al desempeño del material en un edificio específico.

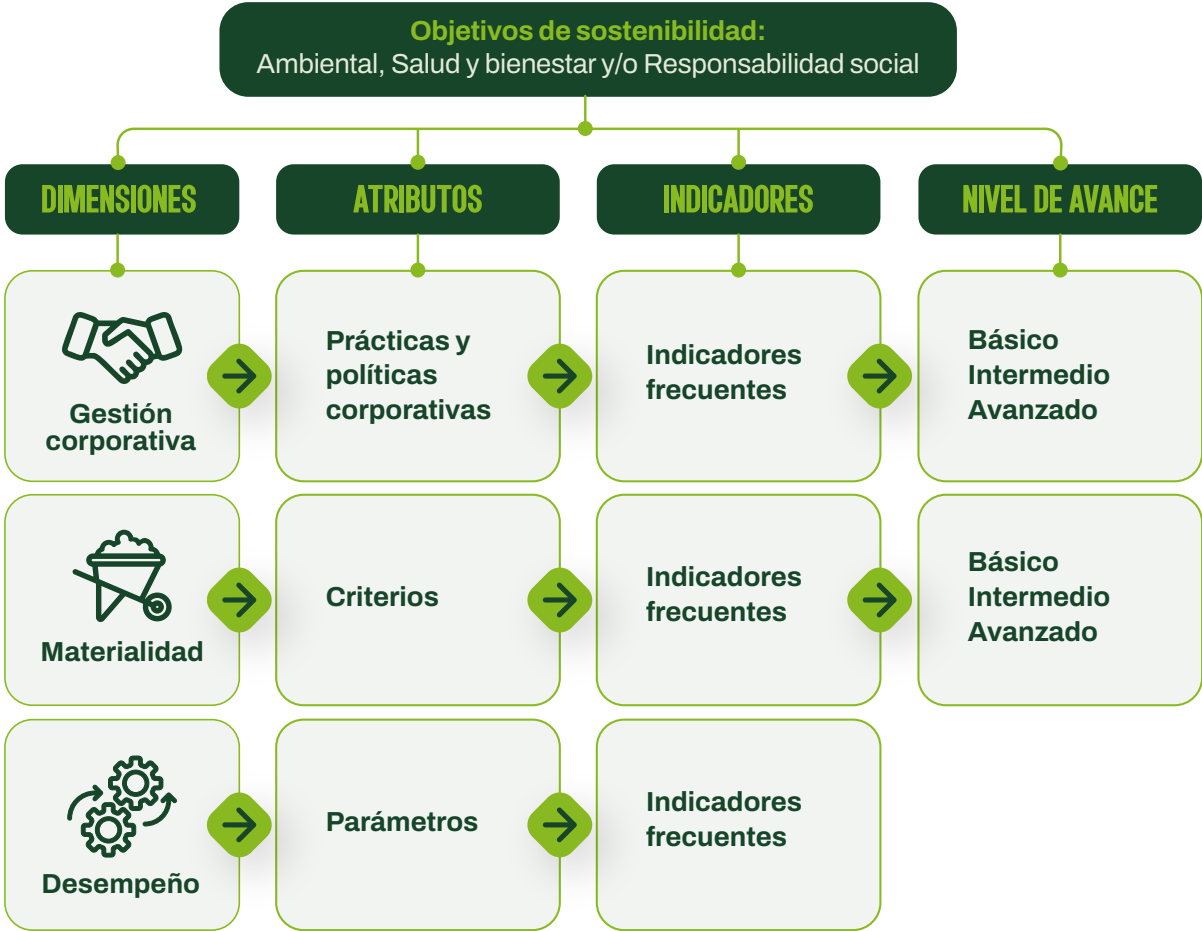


Figura 5. Adaptado de : 2DA Edición hoja de ruta de sostenibilidad para materiales de construcción (cccs ,2025)

Además, la Hoja de Ruta de Sostenibilidad para Materiales de Construcción del CCCS plantea un proceso que orienta a los responsables de proyectos en la implementación de manera efectiva de la

inclusión y adquisición de productos, proyectos y sistemas con atributos de sostenibilidad.



Planteamiento de objetivos y metas

Definir los objetivos de sostenibilidad del proyecto, así como identificar metas medibles, cuantificables y verificables para el logro de los objetivos planteados.

1



Especificación de materiales

Acorde a la metas, incluir en las especificaciones de materiales del proyecto los atributos de sostenibilidad aplicables y preferibles para el proyecto.

2



Selección de proveedores

Incluir en los criterios de selección de proveedores, el cumplimiento de los atributos de sostenibilidad.

3



Seguimiento y control durante la obra

Realizar seguimiento de los procesos de compras e instalaciones de acuerdo con los manuales e instrucciones del fabricante.

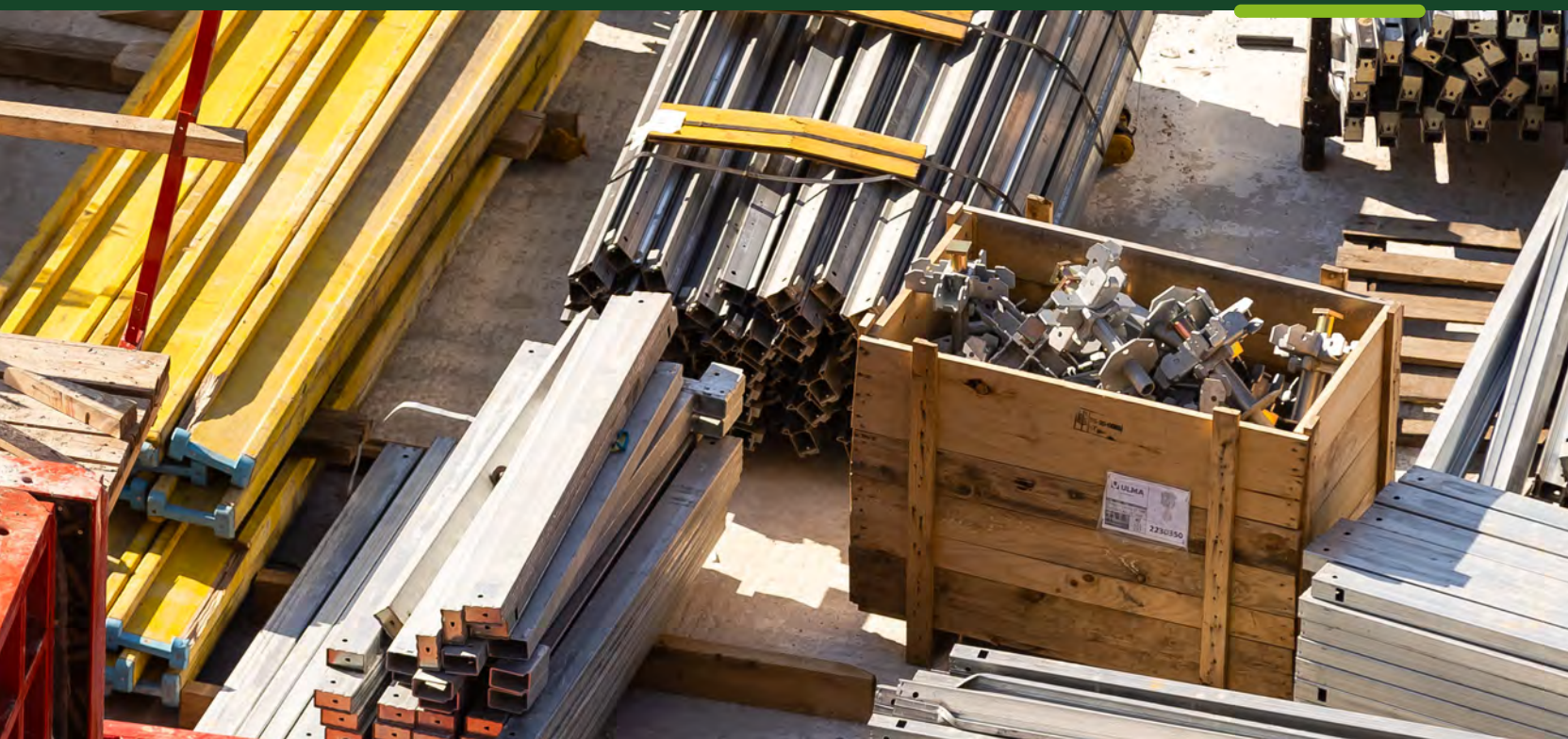
4



Documentación

Documentar los atributos de sostenibilidad de los materiales y del edificio en el manual para el operador y/o la certificación del proyecto.

5



→ Gestión de residuos y aprovechamiento

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente (2019), Colombia genera más de 20 millones de toneladas anuales de residuos de construcción y demolición (RCD). La mayor parte termina en escombreras o cauces de ríos, generando impactos ambientales significativos y desaprovechando un recurso que, con manejo adecuado, puede reintegrarse al ciclo productivo. Los proyectos de infraestructura son una fuente significativa de RCD y, debido a la escala de sus operaciones, tienen una capacidad de impacto proporcional en la transformación de esta lógica hacia modelos más circulares y eficientes.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

- **Plan de gestión de RCD desde la estructuración:**

El plan debe cuantificar los volúmenes esperados de RCD por tipo de material e identificar desde la prefactibilidad los destinos de aprovechamiento: reutilización in situ, transferencia a otros proyectos, procesadores de RCD certificados. Sin este plan, los residuos se gestionan reactivamente y los costos de disposición se trasladan al operador o al ambiente.

- **Balance de masas en movimiento de tierras:**

En proyectos con grandes movimientos de tierra (como los corredores de doble calzada en zonas montañosas) el balance entre cortes y rellenos es el factor que más impacta el volumen de RCD generado. Una estructuración que optimiza el trazado para equilibrar cortes y rellenos puede eliminar la necesidad de importar material de cantera y de disponer excedentes en escombreras.

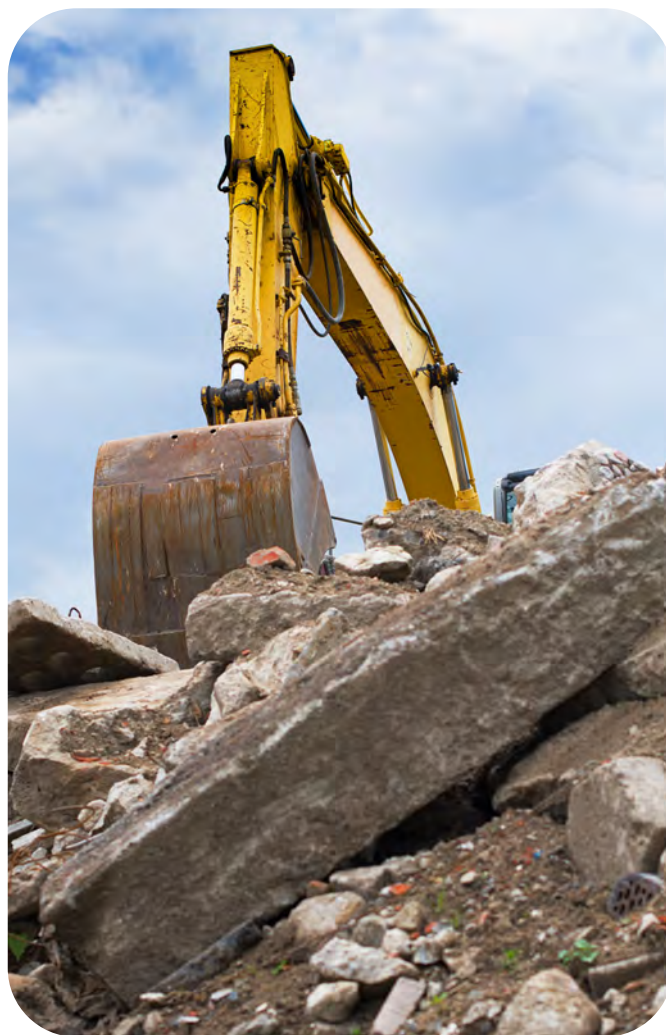
- **Aprovechamiento in situ:**

El material de demolición de estructuras existentes puede procesarse in situ para reutilizarse como base granular, relleno estructural o agregado para nuevas mezclas. Esta estrategia elimina los costos

de transporte de residuos y de material nuevo, y reduce la presión sobre canteras.

- **Trazabilidad y certificación de origen:**

Verificar que los materiales pétreos provengan de fuentes legales con títulos mineros vigentes; priorizar proveedores locales certificados; establecer metas cuantificables de contenido reciclado en los pliegos con mecanismos de verificación por terceros. La trazabilidad es la condición para acceder a financiadores y mercados que exigen certeza sobre el origen de los materiales.





Reutilización de pavimento existente como subrasante: Corredor Carrera Séptima



La normativa del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) exige por defecto, en proyectos de renovación urbana, el reemplazo del 100% de la estructura de pavimento existente antes de construir la nueva vía. Esta regla, pensada originalmente como garantía de calidad estructural, genera en la práctica altos volúmenes de residuos de construcción y demolición (RCD) incluso en tramos donde el material remanente conserva capacidad portante suficiente para cumplir una función distinta a la original. En el Corredor Verde de la Carrera Séptima en Bogotá, un estudio liderado por los investigadores Bernardo Caicedo y Silvia Caro, de la Universidad de los Andes, puso a prueba esa exigencia normativa desde una perspectiva estrictamente técnica: evaluó si el pavimento existente, en lugar de demolerse y retirarse por completo, podía reutilizarse como subrasante mejorada o plataforma de soporte estructural para la nueva vía.

La metodología del estudio consistió en ensayos de Módulo Resiliente, bajo la norma INV E-156-13, sobre muestras extraídas de tres apiques específicos identificados como AP23, AP47 y AP70, evaluados bajo distintas condiciones de humedad para simular el comportamiento del material a lo largo del año y ante distintos escenarios de satu-

ración. Este ensayo mide la capacidad del material de recuperar su forma tras una carga cíclica, parámetro determinante para establecer si puede funcionar como una plataforma de apoyo estructural bajo tráfico repetido, y no solo como relleno pasivo.

Los resultados confirmaron que el material remanente del pavimento existente podía funcionar como plataforma de apoyo estable para el nuevo diseño de pavimento rígido proyectado sobre el corredor. Este hallazgo técnico permitió dos ajustes de diseño con impacto directo en el volumen de residuos generado: primero, reducir la profundidad de la intervención necesaria en los tramos evaluados, dado que no era necesario excavar hasta la subrasante natural; y segundo, disminuir el volumen de materiales granulares nuevos requeridos para reconformar la estructura de soporte, ya que una parte de esa función la cumplía el material existente. La combinación de ambos ajustes redujo de forma significativa la generación de RCD que hubiera resultado de aplicar el esquema convencional de demolición total exigido por la norma.

El caso documenta un mecanismo de reducción de RCD distinto al de procesamiento y reincorporación de residuos ya generados: cuestionar, con evidencia técnica de laboratorio, si la demolición completa es efectivamente necesaria antes de ejecutarla. Esta validación técnica previa a la intervención es la que permitió sustentar, ante el interventor y el cliente del proyecto, una desviación justificada frente a la especificación estándar del IDU para ese tramo específico del corredor.

Fuente: entrevista institucional con Indugravas; Universidad de los Andes (Bernardo Caicedo y Silvia Caro).

2. Relación con Entornos Naturales

Colombia es el segundo país más biodiverso del mundo (*Instituto Humboldt / Minambiente, 2022*). Sus proyectos de infraestructura operan en uno de los territorios con mayor concentración de ecosistemas estratégicos del planeta: páramos, humedales, bosques húmedos tropicales, manglares, corredores de migración de fauna. Proteger ese capital natural mientras se construye infraestructura es una condición de viabilidad de largo plazo, ya que estos ecosistemas proveen servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, la captura de carbono, la regulación climática y la conservación de los suelos, factores que sustentan el bienestar de las comunidades y la productividad de los sectores económicos.

➔ Diagnóstico ecológico y valoración de servicios ecosistémicos

El diagnóstico ecológico constituye una herramienta fundamental para comprender la relación entre los proyectos de infraestructura y los ecosistemas presentes en su área de influencia. Más allá del inventario de fauna y flora que exigen los estudios de impacto ambiental convencionales incorpora la valoración económica de los servicios que los ecosistemas del área prestan al proyecto y a las comunidades, y cuantifica lo que se pierde, en términos financieros, si esos servicios se degradan.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Caracterización de biodiversidad y conectividad ecológica:

Inventario de especies con énfasis en endémicas, amenazadas y con requerimientos de hábitat específicos; mapeo de corredores de conectividad que el trazado puede interrumpir; identificación de rutas migratorias de fauna terrestre, acuática y aves. Para proyectos lineales que atraviesan cientos de kilómetros, este diagnóstico debe segmentarse y actualizarse durante la construcción.

● Valoración económica de servicios ecosistémicos:

Cuantificar en términos financieros los servicios que los ecosistemas prestan al proyecto: regulación hídrica, control de erosión en taludes, captura de carbono, regulación climática local. Estos valores deben incorporarse al análisis financiero del proyecto, por ejemplo, un bosque que estabiliza un talud tiene un valor financiero directo que puede compararse con el costo de una estructura de contención. Una exigencia técnica fundamental es la cuantificación económica de los servicios ambientales ganados o perdidos por la ejecución del proyecto, con análisis de riesgo por pérdida de biodiversidad proyectado al menos a 20 años.

● Análisis de riesgo por pérdida de biodiversidad:

Proyectar a 20 años cómo la fragmentación de ecosistemas puede afectar la operación del proyecto: aumento de la erosión, incremento en deslizamientos, afectación de fuentes hídricas que abastecen comunidades del área de influencia.





Lineamientos de Infraestructura Verde Vial: piloto Guaviare



En febrero de 2021, el presidente de la República presentó públicamente los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial (LIVV), un marco de criterios ambientales, sociales, económicos y de ingeniería elaborado por el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente, con el apoyo técnico de la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS) y WWF Colombia. El propósito central del instrumento es incorporar consideraciones ambientales desde las etapas más tempranas de planificación de proyectos viales, entre ellas localización, trazado, diseño e ingeniería, de manera que la infraestructura resultante genere un beneficio ambiental neto positivo, en lugar de tratar esas consideraciones como un requisito de licenciamiento que se resuelve una vez el diseño ya está prácticamente definido.

El primer piloto de implementación de los LIVV se ubicó en el departamento del Guaviare, el tercer departamento más deforestado del país, específicamente en el tramo vial San José del Guaviare–Calamar y en la vía Perimetral de La Lindosa. Ambos corredores atraviesan zonas de alta presión de deforestación asociada a la apertura de vías, legales e ilegales, en la Amazonia colombiana; según cifras citadas por WWF-Colombia, el 43% de las áreas abiertas por deforestación en la Amazonia colombiana se ubica a menos de un kilómetro

de una carretera, lo que hace de la fase de trazado y diseño el punto de mayor apalancamiento para prevenir impactos posteriores sobre el territorio.

En este piloto, el diagnóstico ecológico no se limitó a un inventario convencional de fauna y flora exigido por los estudios de impacto ambiental estándar. Los resultados del trabajo de caracterización de especies se incorporaron directamente al diseño de estrategias de conservación específicas para el corredor, entre ellas el diseño de pasos de fauna, sean estructuras aéreas, terrestres o subterráneas según el comportamiento de las especies presentes, dimensionadas para los puntos exactos donde el trazado interrumpía corredores de conectividad ecológica identificados en campo, en lugar de aplicar un diseño estándar de paso de fauna replicado sin ajuste al contexto local.

El diagnóstico incorporó, además, un componente social poco frecuente en estudios ambientales convencionales de infraestructura vial: talleres participativos desarrollados con las distintas comunidades asociadas al departamento del Guaviare, orientados a reconstruir de manera participativa los impactos que la apertura histórica de vías y caminos había generado a lo largo del proceso de poblamiento de ese territorio. Esta reconstrucción de la experiencia comunitaria se incorporó formalmente al ejercicio de implementación de los LIVV en la zona. El trabajo continuó con la socialización de los lineamientos entre estas poblaciones, con el objetivo específico de fortalecer su capacidad de hacer seguimiento al cumplimiento de los acuerdos definidos con los responsables del proyecto, es decir, no solo informarles del proyecto sino habilitarlas como veedoras activas de su ejecución.

Fuente: WWF Colombia; FCDS, Carreteras verdes: ¿Qué se ha hecho en Colombia? (2021).



Jerarquía de prevención: prevenir antes de compensar

La metodología de jerarquía de prevención (Prevención, Mitigación, Corrección y Compensación) establece una secuencia obligatoria que muchos proyectos invierten, comienzan planificando la compensación, que es la más costosa y la de menor efectividad, cuando la prevención era viable desde el diseño. **Aplicar la jerarquía correctamente significa que la compensación es el último recurso, no el primero.**

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Prevención desde el trazado:

En la evaluación de alternativas de trazado, el costo de evitar un ecosistema estratégico debe compararse con el costo de los impactos y las compensaciones si se interviene. Reutilizar corredores ya intervenidos es siempre la primera opción a evaluar antes de abrir nuevos trazados en ecosistemas intactos.

● Alertas tempranas ambientales:

Previo a llegar al territorio, establecer planes de mitigación en ecosistemas sensibles identificados en el diagnóstico. Esto incluye protocolos de rescate de fauna y flora, zonas de exclusión de maquinaria en áreas sensibles y restricciones de horario de obra en épocas de anidación o migración. Para proyectos sin licencia ambiental, estas alertas deben incorporarse igualmente como estándar.

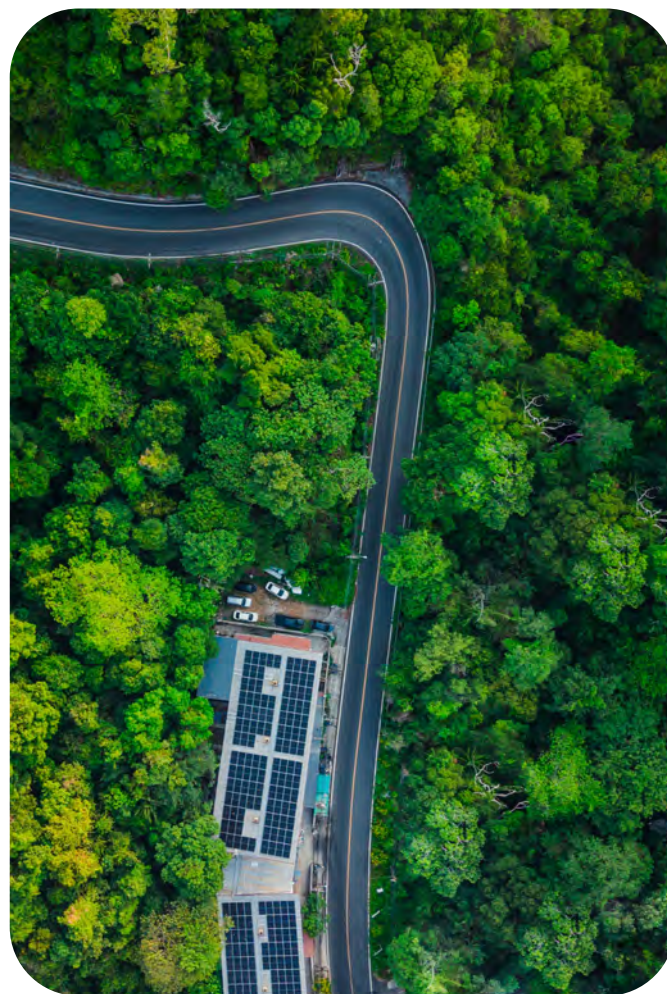
● Corrección durante la operación:

Indicadores de calidad de agua, monitoreo de fauna, estado de revegetación y estabilidad de taludes deben medirse periódicamente durante la operación, con mecanismos de retroalimentación que permitan

ajustar las medidas de manejo antes de que los problemas sean irreversibles.

● Compensación verificable y de largo plazo:

Cuando la compensación es inevitable, debe dimensionarse como una restauración ecológica efectiva, no como un acto meramente formal, y debe garantizarse su continuidad más allá del período de construcción. Los Bancos de Hábitat, que permiten agregar compensaciones de múltiples proyectos en áreas de alto valor ecológico, son una alternativa emergente en Colombia que podría escalar con el respaldo normativo adecuado.





Rehabilitación sin ampliación de sección transversal: Corredor Ibagué-Honda-Cambao-Manizales



El proyecto Alternativas Viales rehabilita el corredor de 256 km Ibagué – Honda – Cambao – Manizales, que mejora la conectividad entre los departamentos de Tolima, Cundinamarca y Caldas, ofreciendo una ruta alterna más segura y eficiente frente a las alternativas existentes de conexión entre el centro del país y el Eje Cafetero. El proyecto se encuentra actualmente en proceso de certificación Envision, integrando criterios de sostenibilidad tanto en su diseño como en su ejecución.

La decisión de prevención más determinante del proyecto fue de carácter geométrico: mantener la sección transversal original de la vía, entre 4 y 6 metros según el tramo, en lugar de ampliarla, limitando la intervención constructiva a la infraestructura preexistente. Esta decisión, tomada desde la fase de diseño, permitió que el corredor cruzara zonas de sensibilidad ecológica extrema, entre ellas el Parque Nacional Natural Los Nevados, el Páramo de Caldas y la Laguna del Otún, sin fragmentar hábitats adicionales ni generar nuevas invasiones sobre estas áreas protegidas, un resultado que hubiera sido inalcanzable si el proyecto hubiese optado por ampliar la calzada para aumentar su capacidad.

Donde la intervención fue inevitable, el proyecto operó bajo la totalidad de las licencias ambientales requeridas, con monitoreo continuo en distintos

frentes: recolección periódica de muestras de agua para verificar la estabilidad de la calidad de los cuerpos hídricos antes y después de las obras, rescate y reubicación de vegetación previa a la intervención de zonas específicas, y campañas de seguridad vial orientadas a proteger fauna silvestre, incluyendo señalización de pasos de fauna y la campaña de sensibilización "Yo Freno por Ellos" dirigida a los conductores del corredor. En la dimensión de mitigación y adaptación al cambio climático, el proyecto estabilizó taludes mediante gaviones y mallas, y reemplazó 193 estructuras transversales de drenaje existentes, complementadas con más de 10 kilómetros de drenaje longitudinal nuevo y cerca de 24 kilómetros de filtros, todo ello sustentado en estudios técnicos de estabilidad geotécnica e hidráulica del corredor.

Como medida de compensación, aplicada como último recurso dentro de la jerarquía de prevención y no como punto de partida del diseño, el proyecto sembró y conserva actualmente 1.950 árboles nativos, resultado de una jornada de siembra que superó las 1.500 especies plantadas. En la gestión de residuos de construcción y demolición, el proyecto reutilizó el 55% del RCD generado durante las obras y recicló un 28% adicional de otros residuos, sin incluir RCD, e incorporó la donación de material reutilizable a comunidades vecinas para labores de mantenimiento de sus predios, en lugar de disponerlos en escombrera. El proyecto reporta además la generación de más de 6.000 empleos locales a lo largo de sus tres fases de ejecución, y opera bajo un modelo de Asociación Público-Privada de iniciativa privada, financiado exclusivamente con recursos de peaje, sin recurrir a fondos públicos para su construcción u operación.

Fuente: Caso de estudio Alternativas Viales, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – Premios Líderes que Transforman.



Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

Las SbN son intervenciones que utilizan procesos y estructuras naturales para resolver problemas de infraestructura. Más que una alternativa a las soluciones convencionales, en muchos contextos, resultan ser más efectivas, duraderas y económicas en el ciclo de vida, además de generar servicios ecosistémicos que las soluciones convencionales no pueden ofrecer.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Bioingeniería en taludes:

Revegetalización profunda con especies nativas de raíz fasciculada que estabilizan la masa del talud desde adentro, en lugar de solo proteger la superficie con concreto lanzado. La red radical de especies nativas genera una matriz estructural que estabiliza el suelo desde adentro, con mayor efectividad que el concreto proyectado en suelos con alta variabilidad hidrológica.

● Corredores ecológicos y pasos de fauna:

En proyectos lineales que fragmentan hábitats, el diseño de pasos de fauna (superiores e inferiores) es la medida más efectiva para mantener la conectividad ecológica. El diseño debe basarse en el comportamiento específico de las especies presentes.

● Infraestructura verde urbana:

La integración de arbolado nativo, jardines de lluvia, cubiertas verdes y corredores verdes en la sección transversal de la vía genera servicios múltiples: regulación térmica con reducciones de temperatura superficial documentadas en estudios de infraestructura verde urbana (*C40 Cities, 2022*), captura

de material particulado, atenuación de ruido, recarga de acuíferos y hábitat para fauna urbana.

● Diseño paisajístico con propósito ecosistémico:

Re-vegetación de zonas aledañas y taludes con especies nativas de viveros locales; islas de biodiversidad en áreas de descanso; selección de especies que aporten simultáneamente a la estabilización de suelos, la provisión de alimento para fauna local y la conectividad entre fragmentos de hábitat. En zonas colindantes con áreas protegidas, el diseño se ajusta a especies que contribuyen a la conexión ecológica definida en los planes de ordenamiento territorial.

● Franjas de amortiguación hídrica y corredores húmedos:

En proyectos que atraviesan cuencas hidrográficas, el diseño de franjas de vegetación nativa en las márgenes de ríos y quebradas reduce la escorrentía superficial, filtra sedimentos, estabiliza márgenes y protege el ecosistema acuático. Estas franjas también reducen el impacto de eventos extremos de precipitación al aumentar la capacidad de retención e infiltración en la cuenca.

● Alertas tempranas ambientales:

Previo a llegar al territorio, establecer planes de mitigación o acción en ecosistemas sensibles. Para proyectos con licenciamiento ambiental, las alertas tempranas son el punto de partida. Para proyectos que no requieren licencia, deben incorporarse igualmente como estándar de estructuración.



SUDS, humedales artificiales y reutilización de aguas grises: Proyecto Elemento



El Parque Bicentenario, en Bogotá, aborda un problema de fragmentación urbana generado por infraestructura vial existente. La Avenida Calle 26 había interrumpido históricamente la conexión peatonal directa entre el Parque Nacional y el sector sur de la ciudad, dividiendo dos zonas que antes formaban un mismo tejido urbano continuo. Esa franja de separación, sin uso definido ni flujo peatonal activo, se convirtió progresivamente en un foco de inseguridad y delincuencia, un patrón habitual en los espacios residuales que quedan bajo o alrededor de infraestructura vial de gran escala en entornos urbanos densos.

La intervención de Helecho se concentró en restaurar esa conexión mediante una solución basada en la naturaleza que combina recuperación de espacio público y cobertura vegetal, en lugar de abordar el problema únicamente desde

la seguridad física (cerramientos, vigilancia) o desde el urbanismo convencional (solo andenes y mobiliario). Una vez construida la intervención, el espacio registró un incremento medible de actividad: artesanos instalados de forma regular en la ciclovía adyacente, mercados temporales operando en el espacio recuperado, y un aumento del flujo peatonal entre el Museo de Arte Moderno y el Parque Nacional, dos puntos que antes estaban efectivamente desconectados para el tránsito a pie pese a su cercanía física.

El caso es relevante para esta sección porque documenta un mecanismo poco frecuente en el diseño de soluciones basadas en la naturaleza: la restauración de un espacio degradado no se limitó a un objetivo ecológico (cobertura vegetal, permeabilidad, biodiversidad urbana), sino que tuvo como efecto directo la restauración de la seguridad percibida y del uso social del espacio. La ocupación activa del lugar por parte de artesanos y visitantes, sostenida en el tiempo, actúa como mecanismo de control natural sobre el espacio, un resultado que en este caso se derivó directamente de la intervención de infraestructura verde y no de una estrategia de seguridad implementada de forma independiente.

Fuente: entrevista institucional con Helecho (Luis Alberto Suárez, 2026).

3. Cambio Climático

La relación entre infraestructura y cambio climático opera en dos direcciones complementarias. Por un lado, ¿cómo afecta el proyecto al clima? mediante la reducción de la huella de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por otro, ¿cómo afecta el clima al proyecto? la capacidad de la infraestructura para resistir, recuperarse y adaptarse a amenazas climáticas cambiantes.

Dada la alta vulnerabilidad de Colombia y sus comunidades al cambio climático, la adaptación constituye una dimensión estratégica y prioritaria para la infraestructura, con horizontes temporales distintos para asegurar que el proyecto funcione tanto en el primer año como en el año 60 de su vida útil. Esto exige diseños hidráulicos y geotécnicos basados en modelos de proyección climática futura, no solo en series históricas de lluvias.

→ Descarbonización

La descarbonización de la infraestructura implica reducir las emisiones de GEI en todas las etapas del proyecto, desde la producción y transporte de materiales, pasando por la construcción, hasta la operación, el mantenimiento y el fin de vida de los activos.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Línea base de carbono desde la prefactibilidad:

Exigir un cálculo de huella de carbono desde la fase de pre-factibilidad para medir reducciones reales. Sin línea base, no hay gestión posible, solo declaraciones de intención.

● Reducción de energía embebida en materiales:

La mayor fracción de la huella de carbono de la infraestructura no está en la operación, sino en las emisiones asociadas a la producción de sus materiales: la calcinación del clínker en el cemento, la reducción del mineral de hierro en la fabricación de acero, la refinación del betún para el asfalto. Gestionar el carbono embebido implica actuar sobre la especificación técnica desde los pliegos, antes de que el diseño quede cerrado y las opciones de sustitución de materiales se reduzcan drásticamente.

● Electrificación y energías limpias en operación:

Cambio a energías de menor emisión equivalente de CO₂ para sistemas de iluminación, peaje y control; disposición adecuada de residuos con valorización energética.

● Optimización logística:

Reducir el transporte innecesario de materiales mediante balance de masas y aprovechamiento de fuentes locales; plan de movilidad sostenible para equipos y personal de obra.





Concreto de bajo carbono en la construcción: Metro de Bogotá



El Metro de Bogotá es el proyecto de infraestructura más ambicioso e importante de Colombia, y constituye una inversión social de gran trascendencia para la capital, no solo por su impacto directo en la reducción de tiempos de desplazamiento y la descongestión del tráfico, sino por su papel como impulsor de la economía nacional a través de la generación de empleo y la dinamización de distintos sectores productivos durante su construcción. El megaproyecto incluye además una transformación urbana asociada, mediante la creación de espacios públicos y ciclorrutas en torno a sus estaciones, orientada a beneficiar a los cerca de tres millones de personas que se proyecta usarán la primera línea una vez entre en operación.

Para la construcción de la primera línea, Holcim ha asumido el suministro de concreto desde su torre de producción exclusiva ubicada en Puente Aranda, entregando hasta la fecha aproximadamente 75.800 m³ de concreto ECOPact, su línea de menor huella de carbono producida con cemento y aditivos propios de la compañía, a un ritmo de suministro mensual de 9.000 m³, ajustado a los requerimientos y tiempos de entrega exigidos por el cronograma de la obra. Holcim está presente en el proyecto desde la cimentación hasta la estruc-

tura de las estaciones 1 a 12 y 15, y suministra adicionalmente un grout técnico especializado (Tector Grout 719) a un ritmo mensual de 12.000 kilogramos, empleado en las distintas fases constructivas del proyecto. La planta de Puente Aranda que abastece la obra cuenta con certificado de abastecimiento responsable en su cadena de suministro, otorgado por el Concrete Sustainability Council (CSC), organismo internacional que verifica el origen y el desempeño de sostenibilidad de la cadena de producción del concreto, no únicamente sus propiedades estructurales finales.

El resultado medible de esta especificación de material es una reducción de emisiones evitadas de más de 5.521 toneladas de CO₂ hasta la fecha, cifra que la propia compañía equipara a dejar de recorrer más de 19 millones de kilómetros en un vehículo particular, o al volumen de carbono que capturarían 220.851 árboles nativos a lo largo de su ciclo de crecimiento. Esta reducción corresponde a una huella de carbono aproximadamente 30% menor a la de un concreto convencional equivalente.

El mecanismo detrás de esta reducción no está en la operación futura del sistema de transporte, que aportará beneficios adicionales de descarbonización una vez esté en servicio, sino en la fase de construcción actual: la huella de carbono de un proyecto de infraestructura de esta magnitud está determinada en una proporción considerable por las emisiones asociadas a la producción de los materiales que lo componen, particularmente el cemento utilizado en el concreto estructural. Especificar en los pliegos de la obra un tipo de concreto de menor huella de carbono desde el inicio del proceso constructivo, y no como una modificación posterior al diseño, es la decisión que hace posible capturar esta reducción a la escala del proyecto completo.

Fuente: Holcim, Infraestructura Sostenible, Caso de Éxito Metro de Bogotá.

→ Adaptación

La adaptación busca asegurar que la infraestructura mantenga su funcionalidad, desempeño y capacidad de respuesta frente a condiciones climáticas cambiantes, por lo que exige diseñar considerando no solo las condiciones actuales, sino también los escenarios climáticos proyectados a 20-50 años.

Esto implica revisar los parámetros de diseño convencionales (caudales de diseño, temperaturas de referencia, periodos de retorno) deben actualizarse entendiendo los riesgos y la variabilidad climática frente a eventos cada vez más frecuentes e intensos.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● **Diseño hidráulico con datos proyectados:**

Los eventos de precipitación extrema que antes ocurrían cada 100 años pueden ahora ocurrir cada 10-20 años. Los diseños de cunetas, alcantarillas, puentes y sistemas de drenaje deben incorporar esa nueva realidad.

● **Soluciones basadas en la Naturaleza para adaptación:**

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son acciones para proteger, conservar, restaurar, utilizar de forma sostenible y gestionar los ecosistemas terrestres, de agua dulce, costeros y marinos que hacen frente a los desafíos sociales, económicos y ambientales de manera eficaz y adaptativa, procurando bienestar humano, resiliencia y beneficios para la biodiversidad.

● **Metodologías de evaluación de vulnerabilidad climática:**

Herramientas como los escenarios climáticos del IDEAM y el Climate Risk and Adaptation Tool del Banco Mundial permiten evaluar cómo cambiarán las condiciones hidrológicas, de temperatura y de precipitación en el área del proyecto a 20, 50 y 100

años. Esta evaluación debe ser parte integral de los estudios de prefactibilidad, no una adición posterior cuando el diseño ya está definido.

● **Redundancia y rutas alternativas en corredores críticos:**

Para infraestructura lineal en zonas de alta exposición, como el corredor Buga-Buenaventura, la adaptación no solo es diseñar mejor cada estructura sino garantizar que el corredor tiene capacidad de respuesta ante la falla de un tramo: vías de servicio habilitadas, protocolos de activación, rutas alternativas identificadas y mantenidas. La redundancia tiene un costo, pero ese costo debe compararse con el impacto económico de un corredor cortado durante semanas.

● **Sistemas de alerta temprana y respuesta rápida:**

La instrumentación del corredor con sensores de lluvia, nivel de ríos, movimiento de taludes y temperatura permite detectar condiciones que preceden a los eventos críticos y activar protocolos de respuesta antes de que ocurran.

● **Infraestructura flexible y redundante:**

Diseñar con capacidad de ajuste ante escenarios de mayor incertidumbre. En corredores críticos como el Buga-Buenaventura, diseñar redundancias en puntos vulnerables: si un viaducto falla, ¿hay una vía de servicio habilitada?

● **Cuantificación del costo de la no-adaptación:**

Identificar desde la factibilidad los costos operacionales asociados a la ausencia de medidas de adaptación, como la falta de recursos forestales o sistemas de amortiguación de lluvias. Esas afectaciones pueden generar pérdidas económicas que son predecibles y deben incorporarse al análisis financiero como argumento para invertir en resiliencia.



Restablecimiento rápido de zonas operativas: Aeropuerto El Dorado y Aeropuerto Jorge Chávez, Lima



El Aeropuerto El Dorado, una de las terminales aéreas de mayor tráfico de la región, enfrenta un desafío recurrente de mantenimiento asociado a la naturaleza misma de su operación: el desgaste por impacto de aeronaves, carga pesada y tránsito constante en zonas de rodaje, plataforma y otras superficies de operación genera fisuras, grietas y golpeteos localizados de forma continua. Bajo un esquema convencional de reparación con concreto tradicional, atender estas patologías obligaría a cerrar el área afectada durante varios días mientras el material cura y alcanza la resistencia necesaria para soportar tránsito nuevamente, un tiempo de indisponibilidad difícil de absorber en una infraestructura que opera de forma continua. En sus mantenimientos rutinarios, el aeropuerto adoptó un concreto elastomérico de fraguado rápido, con tiempo de curado de aproximadamente una hora, específicamente para este tipo de reparaciones puntuales, lo que redujo el tiempo de cierre de la zona intervenida de un rango de días a un rango de horas, permitiendo reincorporar la superficie reparada a la operación el mismo día de la intervención.

El Nuevo Aeropuerto Jorge Chávez, en Lima, enfrentó una decisión de gestión distinta pero relacionada: en lugar de depender exclusivamente de cuadrillas externas especializadas para ejecutar cada reparación menor de este tipo, la

operación del aeropuerto decidió capacitar directamente a su propio equipo interno de mantenimiento en la aplicación de esta tecnología de concreto elastomérico y de los sellos prefabricados asociados, con acompañamiento técnico directo de Uretek durante el proceso de transferencia de conocimiento. El resultado de esta decisión es una operación con menor dependencia de terceros para las intervenciones rutinarias de este tipo, y con capacidad de respuesta interna inmediata ante daños superficiales, sin necesidad de esperar la disponibilidad de un contratista externo, coordinar visitas técnicas o gestionar contratos puntuales cada vez que se identifica un daño que requiere atención.

En ambos casos, la variable efectivamente gestionada no fue la resistencia del material considerada de forma aislada, ya que ambos aeropuertos disponían ya de alternativas de reparación convencional con propiedades mecánicas adecuadas, sino el tiempo transcurrido entre la aparición del daño y el restablecimiento pleno del servicio en la zona afectada. Para infraestructura aeroportuaria y vial expuesta a un patrón de daño superficial recurrente, generado por impactos repetidos, cargas pesadas o ciclos de humedad y temperatura que degradan progresivamente la superficie, esa ventana de indisponibilidad funcional es una variable de adaptación tan relevante para la continuidad operativa como la resistencia del diseño original de la estructura. Una superficie que puede repararse y reincorporarse al servicio en una hora presenta, en la práctica, una curva de disponibilidad operativa distinta a una que exige varios días de cierre para un curado convencional, aun cuando ambas soluciones alcancen especificaciones técnicas de resistencia comparables una vez terminado el proceso de reparación.

*Fuente: entrevista institucional con Uretek
(Julián León, 2026).*

4. Valor Social

Todo proyecto de infraestructura tiene un propósito social, que es el servicio brindado a la comunidad, y no existe un proyecto neutro en este aspecto. Siempre hay impactos positivos (acceso, conectividad, empleo, integración al tejido urbano) e impactos negativos (afectación a comunidades, desplazamientos, fractura del tejido social) que deben gestionarse con igual rigor.

El valor social se define como la capacidad del proyecto para alinearse con las metas y necesidades de las comunidades donde tiene influencia, mejorando su bienestar físico, económico y social a largo plazo. El enfoque de derechos humanos y la debida diligencia no son opcionales, aseguran la identificación, prevención, mitigación y gestión responsable de los impactos sobre las personas involucradas en la construcción y operación, y sobre las comunidades del área de influencia.

Identificación de actores

La identificación es el primer paso y condiciona todos los demás. Una identificación deficiente genera proyectos que llegan al territorio sin entender a quién afectan, cómo los afectan, y qué capacidades y necesidades tienen las comunidades impactadas.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

- **Mapeo de actores (stakeholder mapping):**

Identificar no solo las autoridades formales, sino los líderes comunitarios informales que tienen influencia real sobre la aceptación del proyecto.

- **Análisis de interesados con enfoque diferencial:**

Identificar las relaciones entre actores, su nivel de influencia e impacto, y sus vulnerabilidades diferenciales: género, etnia, edad, condición socioeconómica,

condición de víctima. Esto permite diseñar mecanismos de participación adecuados a cada grupo, no uniformes.

- **Evaluación de impactos en el ciclo de vida completo:**

Medir los impactos sociales, tanto positivos como negativos, en construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento. Incluir una valoración socioeconómica del área de influencia tan pronto como sea posible en el proceso de estructuración.

- **Alineación con metas comunitarias:**

¿Qué necesita la comunidad además de la vía? Accesos seguros, zonas de comercio, continuidad de actividades productivas, preservación de patrimonio cultural. Integrar estas necesidades en el diseño no es un gasto adicional, reduce el riesgo de conflicto y aumenta la apropiación del proyecto.

- **Debida diligencia en derechos humanos (HRDD):**

Los Principios Rectores de la ONU sobre Empresas y Derechos Humanos establecen que toda organización debe identificar, prevenir y mitigar los impactos sobre los derechos humanos de sus operaciones. Para proyectos de infraestructura, esto implica un proceso sistemático de mapeo de impactos sobre el derecho al trabajo, a la vivienda, al agua, a la cultura y al territorio de las comunidades del área de influencia, incluidas las comunidades que, sin estar en el área directa, dependen de los ecosistemas o redes de transporte que el proyecto modifica.

- **Enfoque de género y diversidad:**

Las mujeres, los jóvenes, las personas mayores y los grupos étnicos experimentan los impactos de la infraestructura de manera diferenciada. El análisis diferencial no es un requisito de cumplimiento, es la condición para diseñar medidas de manejo que funcionen para todos los grupos afectados y para garantizar que el proyecto no reproduzca o profundice desigualdades preexistentes.

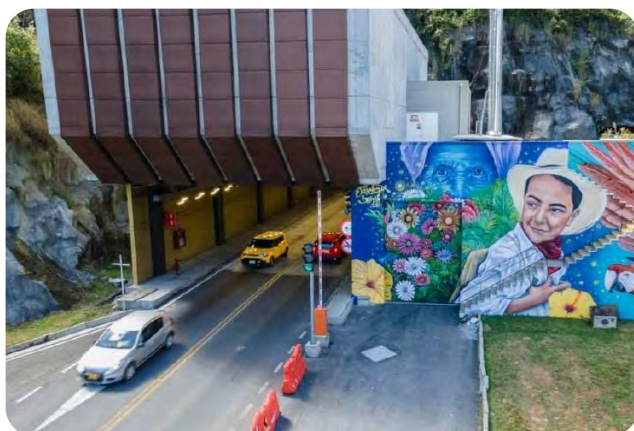
● Valoración socioeconómica del área de influencia:

Incluir desde la prefactibilidad una línea base socioeconómica que documente las actividades productivas, los flujos de movilidad, los accesos a servicios y las condiciones de vida de las comunidades del área. Sin esta línea base, es imposible medir si el proyecto mejoró o empeoró las condiciones que encontró, y tampoco es posible responder a las reclamaciones de las comunidades con evidencia.





Mecanismos de identificación y relacionamiento con actores: Túnel de Oriente



Cuando la operación de la primera etapa del Túnel de Oriente inició en 2019, la pandemia interrumpió, casi de inmediato, el relacionamiento que la concesión había comenzado a construir con las comunidades vecinas del corredor, generando un vacío de gestión social de casi dos años en el que prácticamente no hubo contacto directo entre la concesión y los líderes comunitarios del área de influencia. Al retomar el contacto, una vez superadas las restricciones de la pandemia, el equipo social no partió de cero en el proceso de identificación de actores: los líderes comunitarios que habían participado en el trabajo de la primera etapa seguían siendo, según describe el equipo social de la concesión, validadores del proyecto ante sus comunidades, resultado directo del trabajo de relacionamiento realizado antes de la interrupción.

La estrategia de reactivación no se limitó a retomar canales de información unidireccional hacia la comunidad; buscó específicamente mapear qué significaba el proyecto para cada actor del territorio. A través de talleres de imaginarios desarrollados con líderes y representantes del área de influencia, trabajo ejecutado en conjunto con la Fundación Grupo Argos en el marco de su estrategia "Creamos Valor Social", la concesión identificó cómo distintas comunidades percibían el túnel y su presencia en el territorio, y tradujo

esos imaginarios recogidos en campo en dos murales ubicados en los portales de la conexión, elaborados por artistas locales seleccionados a partir de ese mismo ejercicio participativo: uno realiza una lectura ambiental y de liderazgo femenino del territorio, y el otro recoge la tradición sillettera y la memoria ancestral de la zona de Santa Elena, corregimiento bajo el cual atraviesa gran parte del túnel.

En paralelo a este ejercicio simbólico, la concesión formalizó espacios permanentes de identificación y seguimiento de actores que continúan operando en la actualidad: cuatro encuentros anuales con líderes comunitarios, en los que se presenta un ejercicio de rendición de cuentas sobre la gestión socioambiental del periodo y se construyen de manera conjunta iniciativas orientadas al territorio, y la vinculación directa de dos empresas contratistas originarias de Santa Elena, una encargada del mantenimiento vial y otra del transporte especial de personal de la concesión, como forma concreta de reconocer a la comunidad no solo como receptora de los impactos del proyecto, sino como actor con capacidad real de ejecución dentro de la operación del mismo.

El indicador de gestión social durante la construcción de la segunda etapa, que a la fecha de la entrevista lleva más de un año en ejecución, registra 47 peticiones, quejas y reclamos (PQR) en todo el periodo de obra, un volumen que el equipo social atribuye directamente a la cercanía construida con las comunidades: al existir canales de comunicación directa y respuesta inmediata ante inquietudes puntuales, buena parte de las situaciones que en otros proyectos escalarían a un PQR formal se resuelven de manera informal antes de llegar a ese nivel.

Fuente: entrevista institucional con Concesión Túnel Aburrá Oriente (2026).

→ Participación

La participación efectiva es permitir que las comunidades incidan en las decisiones que las afectan. La diferencia entre una socialización y una co-creación es la diferencia entre un proyecto que las comunidades toleran y uno que defienden.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

● Consulta previa efectiva:

Para proyectos en territorios con presencia de comunidades étnicas, la consulta previa conforme al Convenio 169 de la OIT no es un trámite, es un proceso de buena fe que puede y debe modificar el diseño.

● Talleres de co-creación:

Espacios donde las comunidades no solo reciben información sino también aportan a las decisiones de diseño.

● Canales permanentes de comunicación:

Socialización constante del proyecto en sitio, reuniones presenciales y virtuales, agotando todos los medios disponibles. Involucrar organizaciones especializadas en participación ciudadana (JAC, JAL, Concejos Comunitarios) como interlocutores legítimos que pueden opinar en unidad.

● Retroalimentación continua y ajuste:

Los mecanismos de participación no terminan con el diseño. Durante la construcción y la operación, los canales de comunicación deben mantenerse activos y los ajustes deben implementarse. El impacto social tiene la misma dinámica de ajustes que el proyecto en sí.

● Apropiación y sensibilización:

La infraestructura sostenible solo cumple su función si la comunidad la cuida.

● Gestión de expectativas desde el inicio:

Uno de los conflictos más frecuentes surge cuando las comunidades esperaban beneficios que el proyecto nunca prometió explícitamente, pero tampoco aclaró que no se materializarían. La comunicación temprana y honesta sobre lo que el proyecto puede y no puede ofrecer (accesos, empleo, servicios) es más efectiva que una comunicación optimista que genera expectativas que luego se frustran y se convierten en conflicto.

● Mecanismos de quejas y reclamos accesibles:

Establecer canales formales de recepción, tramitación y respuesta a quejas de la comunidad, con plazos de respuesta definidos y publicados. Estos mecanismos deben ser accesibles para todos los grupos, incluidas las personas sin conectividad digital, y deben funcionar durante toda la vida del proyecto, no solo en la fase de construcción.

● Veeduría ciudadana y rendición de cuentas:

Invitar a organizaciones de la sociedad civil a ejercer veeduría sobre los compromisos de sostenibilidad del proyecto no solo aumenta la transparencia, sino que genera confianza y reduce el riesgo de conflictos tardíos. Las comunidades que ven que sus compromisos se monitorean y se cumplen se convierten en defensoras del proyecto.



Co-creación ciudadana y participación en decisiones técnicas: Corredor Carrera Séptima



El Corredor Verde de la Carrera Séptima en Bogotá, incorporó participación ciudadana desde la fase de estudios y diseños, y no como un proceso de socialización posterior a la definición del proyecto. Por primera vez en un proyecto urbano integral de esta escala en Bogotá, la administración distrital habilitó espacios de trabajo directo e insumos formativos para que la ciudadanía participara activamente en la definición del enfoque final del corredor, apoyado en un canal digital específico habilitado para el seguimiento del cronograma de actividades y el aporte de ideas durante toda la fase de diseño, previa al inicio de la construcción.

Ese mecanismo participativo se mantuvo activo durante la fase de construcción, incluyendo decisiones que en otros proyectos se tratarían como puramente técnicas y ajenas al proceso de participación ciudadana. En el tramo ejecutado por ICEIN, la instalación de redes matrices de acueducto en los barrios Santana y Santa Bárbara se resolvió mediante tecnología Pipe Jacking, un método de perforación sin zanja abierta, decisión que fue validada directamente en mesas de

diálogo con la comunidad antes de su implementación en obra, en lugar de comunicarse una vez tomada como un hecho consumado ante los residentes del sector. La técnica evitó la excavación abierta convencional para este tipo de instalaciones, lo que redujo de forma sustancial el tiempo de intervención en cada punto, el nivel de ruido generado, el volumen de escombros producidos y la contaminación del aire asociada al método tradicional, sin requerir el cierre total de las vías afectadas ni interrumpir de forma prolongada el acceso a los predios de los residentes de la zona.

El proyecto beneficiará, una vez completadas sus distintas fases, a cerca de 3 millones de personas que residen, trabajan o transitan por los tramos que atraviesa en las localidades de Chapinero, Santa Fe y Usaquén. El diseño final del corredor, que incluye 24 kilómetros de ciclorruta, 16 nuevas plazoletas públicas y la siembra de miles de árboles nativos como el cedro, el nogal, el roble y el siete cueros, surgió de ese proceso de co-creación con la comunidad realizado durante la fase de diseño. La flota de transporte pública asociada al corredor operará de forma 100% eléctrica, a cargo de La Rolita, primer operador público de transporte de la ciudad en varias décadas, lo que según proyecciones oficiales permitirá reducir los tiempos de viaje de los usuarios de transporte público en más del 60% frente a la operación actual del corredor.

Fuente: Institute for Sustainable Infrastructure; IDU; ConstruVerde.



Seguridad y condiciones laborales

La dimensión de seguridad del valor social tiene dos focos. Por un lado, la seguridad de las comunidades durante la construcción y operación del proyecto, por otro, las condiciones laborales de quienes construyen la infraestructura.

Las estrategias propuestas a tener en cuenta son:

- **Seguridad vial y comunitaria durante la construcción:**

Diseño de desvíos y accesos temporales que minimicen el impacto sobre la movilidad de las comunidades; señalización adecuada; protocolos de respuesta ante emergencias que incluyan a la comunidad local.

- **Condiciones laborales dignas:**

El personal de obra es la base de la sostenibilidad empresarial del sector. Según datos del sector en Colombia, el 80% del personal de subcontratistas incumple los estándares de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), y la rotación del personal de obra alcanza entre el 27% y el 34% anual, reflejando la falta de fidelización y las pocas oportunidades de crecimiento (Revista inTEGRA, CCCS, 2024).

- **Gestión predial transparente:**

Validar que la compensación predial sea equilibrada y equipare o mejore las condiciones previas. La gestión predial deficiente es una de las principales fuentes de conflicto social en proyectos de infraestructura lineal.

- **Equidad de género en el empleo de obra:**

Los proyectos de infraestructura tienden a ser dominados empleo masculino. Programas activos de inclusión de mujeres en roles técnicos y operativos, con formación específica, condiciones de

trabajo adaptadas y eliminación de barreras de acceso, no solo amplían la base de talento disponible, sino que tienen impacto directo sobre la economía de las comunidades del área de influencia, donde las mujeres suelen ser jefas de hogar con limitado acceso a empleo formal.

- **Empleo local como estrategia de licencia social:**

La contratación de trabajadores y proveedores del área de influencia genera valor económico en las comunidades que hospedan el proyecto y construye la aceptación social necesaria para operar sin conflictos. Definir desde el contrato una meta de empleo local, con mecanismos de verificación y reporte, convierte este principio en un compromiso operativo con seguimiento verificable.

- **Bienestar y salud mental del personal de obra:**

Las condiciones de trabajo en proyectos de infraestructura (lejanía del hogar, régimen de turnos, entornos de alto riesgo) generan impactos sobre el bienestar mental que el sector ha comenzado a reconocer. Programas de apoyo psicosocial, comunicación regular con familias, entornos de alojamiento dignos y mecanismos de denuncia de acoso son parte del estándar de empleador responsable que los proyectos deben cumplir, especialmente aquellos estructurados con financiamiento bajo los Principios de Ecuador o los estándares IFC.



A hand holding a pen writing on a document with a green tint.

3

**MARCO
NORMATIVO
E INSTRUMENTOS
DE POLÍTICA**

Marco normativo e instrumentos de política

A continuación, se relacionan los principales instrumentos normativos que enmarcan el desarrollo de infraestructura sostenible y resiliente en Colombia.

Normatividad nacional

- **Constitución Política de Colombia (1991), arts. 79, 80 y 95:** derecho a un ambiente sano, deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente y obligación ciudadana de proteger los recursos culturales y naturales.
- **Ley 99 de 1993 – SINA:** crea el Sistema Nacional Ambiental y el Ministerio de Ambiente. Establece los principios del derecho ambiental colombiano.
- **Ley 388 de 1997 – Ordenamiento Territorial:** integración de la gestión ambiental y de riesgos en la planificación del territorio municipal.
- **Ley 1523 de 2012 – Gestión del Riesgo de Desastres:** Política Nacional de Gestión del Riesgo y Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SNGRD).
- **Ley 1715 de 2014 – Energías Renovables:** integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Incentivos tributarios.
- **Ley 1819 de 2016 – Reforma Tributaria:** incentivos para inversiones en gestión ambiental y eficiencia energética.
- **Ley 2169 de 2021 – Transición Energética:** metas de carbono neutralidad al 2050 y resiliencia climática. Marco para infraestructura baja en carbono.
- **CONPES 3700 de 2011:** Estrategia Institucional para la articulación de políticas en materia de cambio climático.
- **CONPES 3934 de 2018 – Crecimiento Verde:** Política de Crecimiento Verde con criterios de sostenibilidad para inversión pública.
- **CONPES 4023 de 2021:** Política para la Reactivación, Repotenciación y Crecimiento Sostenible e Incluyente.
- **CONPES 4060 de 2021:** Política para el desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte sostenible: Quinta generación de concesiones bajo el esquema de APP.

Estándares técnicos y resoluciones sectoriales

- **Resolución 0330 de 2017 – RAS:** Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Sanemiento Básico.
- **Decreto 1076 de 2015 – Decreto Único Ambiental:** compila la reglamentación del sector ambiente y desarrollo sostenible.
- **NSR-10 – Construcción Sismo Resistente:** normas de diseño estructural con criterios de resiliencia sísmica.
- **Metodología AIKA – INVÍAS:** incorpora criterios ambientales, sociales y de adaptación climática en proyectos viales. Complementa la evaluación tradicional técnico-financiera.
- **Lineamientos de Infraestructura Verde Vial – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF):** promueven la integración de SbN para gestión del agua, biodiversidad y resiliencia climática en proyectos viales.

Instrumentos internacionales adoptados por Colombia

- **Acuerdo de París (2015):** compromisos NDC de reducción de GEI y adaptación climática. La NDC 3.0 es el marco vigente.
- **Agenda 2030 – ODS:** especialmente ODS 6 (agua), 7 (energía), 9 (infraestructura), 11 (ciudades), 13 (clima) y 17 (alianzas).
- **Marco de Sendai 2015-2030:** reducción del riesgo de desastres con enfoque preventivo. Referente para la gestión del riesgo en infraestructura.
- **Convenio de Diversidad Biológica – Marco Kunming-Montreal (2022):** metas de protección del 30% de ecosistemas al 2030. Relevante para proyectos en áreas de alto valor ecológico.
- **Principios de Ecuador (2013):** marco de gestión de riesgos ambientales.



4

OPORTUNIDADES



Oportunidades

El contexto actual ofrece condiciones estructurales cada vez favorables para acelerar la transición hacia infraestructuras sostenibles y resilientes en Colombia. Los actores del sector cuentan hoy con incentivos regulatorios, instrumentos financieros, marcos de certificación y oportunidades de transformación que hacen viable y estratégico adoptar los criterios de esta guía.

Al mismo tiempo, esta transición abre oportunidades para fortalecer la oferta de soluciones que respondan a las necesidades del sector. A medida que aumenta la incorporación de criterios de sostenibilidad y resiliencia en los proyectos de infraestructura, crece también la demanda de servicios, tecnologías y materiales que permitan materializar estos objetivos, incluyendo estudios de huella de carbono, análisis de ciclo de vida, materiales con atributos de sostenibilidad verificados, soluciones basadas en la naturaleza y tecnologías de bajo carbono adaptadas al contexto colombiano.

En este escenario, surge la oportunidad de construir un hub de soluciones e innovaciones de infraestructura sostenible que articule proyectos, universidades, empresas, proveedores y financiadores, para que las soluciones que ya existen, muchas veces en pequeña escala o en etapa de investigación, sean visibles, replicables y financiables (*Bancolombia, entrevista institucional, 2026*).

Financiación

El mercado de financiación verde ha madurado significativamente en Colombia. Entre 2017 y 2024, el país emitió cerca de COP 7 billones en deuda temática (bonos verdes, sociales, sostenibles y vinculados a sostenibilidad), posicionándose sexto en Latinoamérica por monto total y cuarto en bonos sociales (*Asobancaria, Banca & Economía, edición 1484, 2025*).

En este contexto, el rol de la banca ha evolucionado. Más allá de ser el fondeador que suministra el recurso, es un articulador que acompaña a los proyectos a repensar cómo se hacen, conectándolos con herramientas, estándares y grupos de interés para construir el ecosistema de infraestructura sostenible.



La línea de infraestructura sostenible de Bancolombia nació con ese propósito: ser más que una línea de financiación y convertirse en un punto de articulación del sector.

(Bancolombia, entrevista institucional, 2025).

Los instrumentos disponibles para entidades públicas y privadas incluyen:

Línea de infraestructura verde de la banca comercial:

Beneficio de entre 70 y 100 puntos básicos en la tasa de interés para proyectos verificados con Envision, representando un ahorro significativo en créditos de largo plazo y alto monto.

Bonos verdes y bonos sostenibles:

Emitidos en los mercados de capitales nacional e internacional, con demanda creciente de inversores institucionales con mandatos ASG.

Banca multilateral:

Líneas especializadas de CAF, BID, Banco Mundial e IFC con condiciones favorables para proyectos de infraestructura sostenible y resiliente.

Fondo Verde para el Clima (GCF) y Fondo de Adaptación:

Recursos no reembolsables y concesionales para proyectos de resiliencia climática, accesibles a través del gobierno nacional.

Financiación mixta (blended finance):

Instrumentos que combinan recursos públicos con inversión privada para reducir el riesgo percibido y movilizar capital hacia proyectos con impacto demostrado.

Redescuento Bancóldex y Findeter:

Líneas orientadas a proyectos con criterios ambientales y sociales verificados, con condiciones preferenciales para entidades territoriales.

Incentivos tributarios (Ley 1715/2014, Ley 1819/2016, Ley 2169/2021):

Deducciones en renta, exclusiones de IVA y exenciones arancelarias para inversiones en eficiencia energética, energías renovables y gestión ambiental certificada.

Transformación corporativa

La adopción de criterios de sostenibilidad en infraestructura es también un proceso de transformación interna de las organizaciones. Integrar la sostenibilidad en la estrategia, la gestión de riesgos y la toma de decisiones permite fortalecer la capacidad de las empresas para generar valor y responder a los desafíos ambientales, sociales y económicos del sector.

Las palancas de la transformación corporativa para actores públicos y privados incluyen:

Reporte ASG verificable:

Marcos GRI, SASB, TCFD y la Taxonomía Verde de Colombia para comunicar compromisos y resultados de forma comparable y creíble.

Metas de descarbonización con hoja de ruta:

No solo compromisos declarativos, sino trayectorias verificables con hitos intermedios por proyecto, por portafolio y por organización.

Desarrollo del capital humano:

Formación en sostenibilidad para todos los niveles de la organización, desde directivos hasta personal de obra, con programas que vinculen la promoción interna y la dignificación laboral a resultados verificables de retención y productividad.

Innovación en materiales y procesos:

Alianzas con la academia para validar especificaciones técnicas sostenibles; adopción de herramientas BIM y metodologías lean que reducen reprocesos y mejoran eficiencia.

Fortalecimiento de la cadena de valor:

Integración de criterios ASG en la selección de proveedores y subcontratistas; construcción de ecosistemas de proveedores sostenibles.





Formación de capital humano en obra: programa Manos que Transforman, ICEIN



ICEIN Ingenieros Constructores S.A.S., fundada en 1955 junto a sus filiales Indugravas y Coherpa, es una de las empresas pioneras en el desarrollo de infraestructura vial en Colombia, y fue de las primeras compañías en implementar el modelo de concesión en el país, participando desde etapas tempranas en proyectos estratégicos de gran escala orientados a impulsar el crecimiento y la conectividad del territorio nacional. Después de más de siete décadas de operación continua, la organización adelantó un ejercicio explícito de transformación corporativa: definió un nuevo propósito organizacional, acompañado de una visión renovada orientada de forma simultánea hacia la sostenibilidad y la rentabilidad del negocio, con el objetivo declarado de garantizar la permanencia y la proyección de la compañía a largo plazo, más allá del ciclo de vida de proyectos individuales.

Su expresión más concreta y verificable es Manos que Transforman, un programa de microcredenciales dirigido específicamente al personal de

obra, no a cargos gerenciales o técnicos de oficina, que certifica competencias técnicas puntuales asociadas a la construcción vial sostenible. La cuarta microcredencial ejecutada dentro de este programa, correspondiente a la construcción de cajas de inspección de redes secas para obras de infraestructura vial urbana, llevó a la compañía a alcanzar la cifra de 100 nuevos expertos certificados bajo este esquema, fortaleciendo capacidades técnicas que previamente dependían casi en su totalidad de la experiencia informal transmitida de manera oral y práctica en el sitio de obra, sin un mecanismo formal de verificación de competencias ni de portabilidad de esa certificación entre distintos proyectos o empleadores.

Como lo expresó el CEO de la compañía Juan Carlos Saavedra durante la ceremonia de graduación: ***“Podemos tener los mejores ingenieros, pero sin ustedes, las obras simplemente no existirían”***. Esta visión resume el cambio cultural de la compañía y posiciona al personal de obra como el corazón de la empresa, reforzando una cultura organizacional basada en el respeto, la fidelización y la permanencia del talento humano.

Fuente: ICEIN Ingenieros Constructores S.A.S.

Certificaciones de sostenibilidad

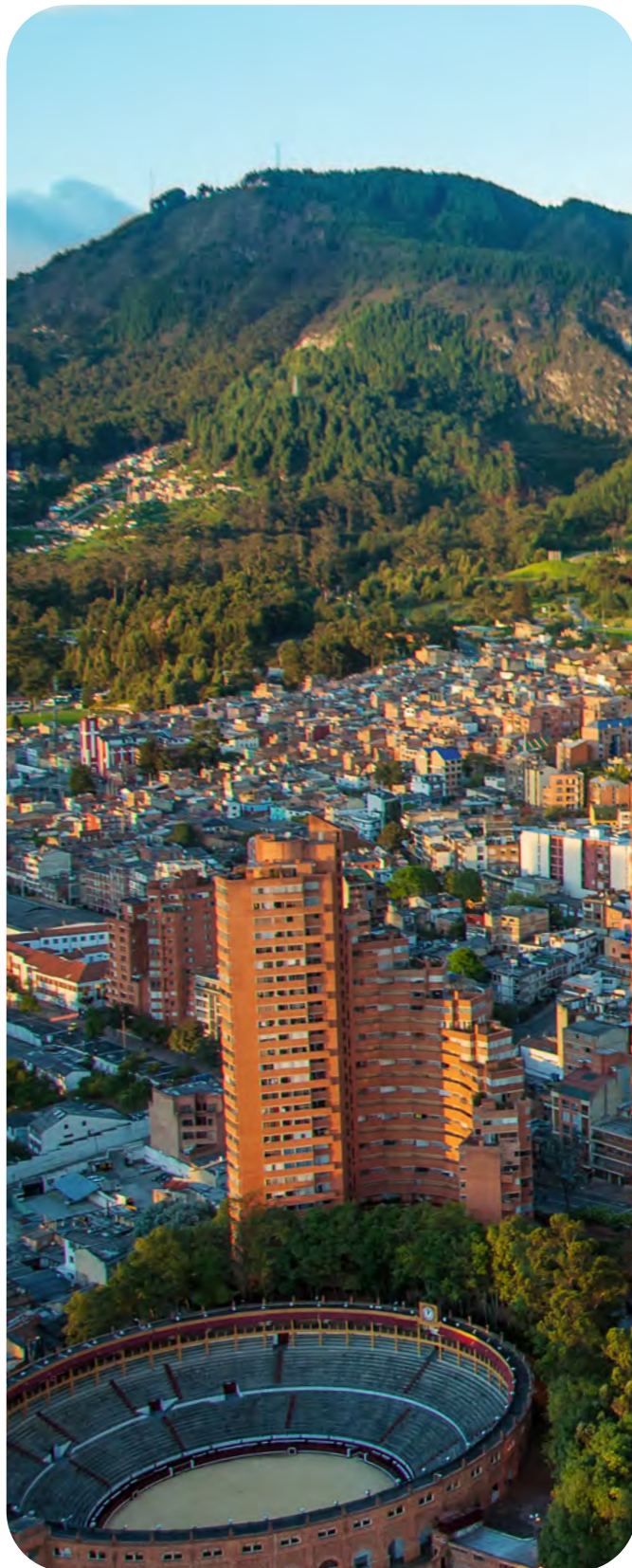
Las certificaciones proporcionan marcos reconocidos para orientar, evaluar y verificar el desempeño sostenible de los proyectos. Además de facilitar la implementación de buenas prácticas, contribuyen a generar confianza y transparencia ante financiadores, clientes y reguladores, y ofrecen un marco estructurado para implementar y verificar los criterios de esta guía. Para las entidades públicas, mejorar su reputación y credibilidad en materia de sostenibilidad.



Comparativo: ENVISION vs. SITES vs. Sello Bogotá Construcción Sostenible:			
Sistemas más relevantes para infraestructura en Colombia:			
ASPECTO	ENVISION	SITES	Sello Bogotá Construcción Sostenible
 Entidad desarrolladora/ administradora	 Institute for Sustainable Infrastructure (ISI), EE.UU. Llegó a Colombia en 2024 mediante alianza con el CCCS	 Desarrollado por ASLA, Lady Bird Johnson Wildflower Center (U. de Texas) y U.S. Botanic Garden; administrado por GBCI	 Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) de Bogotá — programa público, no una certificación internacional
 Categorías de evaluación	5 categorías / 64 créditos / 1.000 puntos posibles: Calidad de Vida, Liderazgo, Asignación de Recursos, Mundo Natural, y Clima y Resiliencia	Prerrequisitos obligatorios+ créditos opcionales en: restauración ecológica, gestión del agua, vegetación nativa, materiales, infraestructura verde, calidad del aire, manejo de aguas pluviales y resiliencia climática	Ejes temáticos de ecourbanismo (sin sistema de puntaje internacional); se mide desempeño en ventilación natural, iluminación natural, ahorro de agua y ahorro de energía
 Alcance / tipo de proyecto	Infraestructura civil de cualquier tipo y tamaño, pública o privada: vías, puentes, redes de agua y energía, aeropuertos, puertos, parques urbanos	Paisajes construidos con o sin edificaciones: parques, plazas, campus, vialidades, áreas verdes urbanas, terrenos sin construcción	Proyectos constructivos) dentro de Bogotá que implementan ecourbanismo, de cualquier escala, principalmente para edificaciones nuevas pero se han presentado casos como el metro de Bogotá
 Niveles de reconocimiento	Verified, Bronze, Silver, Gold, Platinum	Certificado (70-84 pts), Plata (85-99), Oro (100-134), Platino (135+)	No maneja niveles jerárquicos; es un mecanismo de reconocimiento público (no una certificación con niveles)



Las oportunidades descritas en este capítulo no operan de manera aislada: se refuerzan mutuamente y configuran un ecosistema en construcción. La madurez del mercado de financiación verde, los procesos de transformación corporativa, los sistemas de certificación y el marco normativo vigente convergen para crear condiciones que, por primera vez, hacen posible escalar la infraestructura sostenible y resiliente más allá de proyectos piloto. El reto para los actores de los sectores públicos y privados, financiadores, desarrolladores, academia y proveedores, es aprovechar esta convergencia de manera coordinada: alinear incentivos, compartir conocimiento, cerrar la brecha entre demanda y oferta de soluciones, y construir juntos el ecosistema que Colombia necesita para que sus infraestructuras respondan a los desafíos del siglo XXI. **Esta guía es una contribución a ese propósito.**



BIBLIOGRAFÍA

- **Aon plc. (2025).** Catastrophe Recap 2024: Annual Global Natural Catastrophe and Climate Summary. Chicago: Aon.
- **Asobancaria. (2025).** Banca & Economía, edición 1484. Tendencias en bonos temáticos. Bogotá: Asobancaria.
- **Banco de la República – Colombia. (2021).** Inversión pública y reducción del riesgo de desastres en Colombia. Bogotá: Banco de la República.
- **Banco de la República – Colombia. (2022).** Desastres naturales en Colombia: un análisis regional. Documentos de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana. Bogotá: Banco de la República.
- **Banco Interamericano de Desarrollo – BID. (2018).** Infraestructura sostenible para la competitividad y el crecimiento inclusivo. Washington D.C.: BID.
- **Banco Mundial. (2021).** Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity. Washington D.C.: The World Bank Group.
- **Banco Mundial. (2023).** Informe sobre Clima y Desarrollo del País: Colombia (CCDR). Washington D.C.: The World Bank Group.
- **Bancolombia. (2024).** Línea de infraestructura sostenible. Bogotá: Bancolombia, Vicepresidencia de Sostenibilidad.
- **Bancolombia. (2025).** Entrevista institucional sobre financiación sostenible, criterios ASG y línea de infraestructura sostenible. Bogotá: CCCS / Bancolombia.
- **Bündnis Entwicklung Hilft. (2024).** World Risk Report 2024. Berlín: Bündnis Entwicklung Hilft / IFHV.
- **CAF – Banco de Desarrollo de América Latina. (2020).** Infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. Bogotá: CAF.
- **Departamento Nacional de Planeación DNP.** "Documento CONPES económico 4060 Política para el Desarrollo de Proyectos de Infraestructura de Transporte Sostenible Quinta Generación de Concesiones Bajo el Esquema de Asociación Público Privada Concesiones del Bicentenario", Colombia:-, 2021. Consultado en línea en la Biblioteca Digital de Bogotá (<https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3315876/>), el día 2026-06-02.
- **Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS / Revista inTEGRA. (2024).** Construyendo un ecosistema que impulsa infraestructuras sostenibles y resilientes en Colombia. Bogotá: CCCS.
- **Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS / Marsh / Myzelio / BID Invest. (2025).** Análisis de Riesgos y Doble Materialidad. Crecimiento Resiliente: Caso Colombiano. Bogotá: CCCS.
- **DNP – Departamento Nacional de Planeación. (2011).** Evaluación de la política pública de gestión del riesgo de desastres: ola invernal 2010-2011. Bogotá: DNP.
- **DNP – Gobierno de Colombia. (2022).** Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia Potencia Mundial de la Vida. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- **IDU – Instituto de Desarrollo Urbano. (2023).** Corredor ambiental Canal Córdoba: proyecto piloto de infraestructura verde en Bogotá. Bogotá: IDU.
- **IDU – Instituto de Desarrollo Urbano. (2025).** Entrevista institucional sobre sostenibilidad, resiliencia e infraestructura verde en Bogotá. Bogotá: CCCS / IDU.
- **Institute for Sustainable Infrastructure – ISI. (2023).** Envision Rating System for Sustainable Infrastructure v3.0. Washington D.C.: ISI.
- **INVÍAS – Subdirección de Sostenibilidad. (2022).** Metodología AIKA: análisis integral de criterios ambientales, sociales y climáticos en proyectos viales. Bogotá: INVÍAS.
- **IPCC. (2022).** Sixth Assessment Report – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Ginebra: Intergovernmental Panel on Climate Change.

- *MADS / CEPAL – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2012).* Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Bogotá: MADS.
- *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS / WWF. (2021).* Lineamientos de Infraestructura Verde Vial. Bogotá: MADS.
- *Ministerio de Transporte / CDKN – Climate and Development Knowledge Network. (s.f.).* Estudio de Riesgo Climático en la Red Vial Primaria de Colombia. Bogotá: Ministerio de Transporte
- *OCDE. (2024).* Infrastructure for a Climate-Resilient Future. París: OECD Publishing.
- *UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023).* Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Ginebra: UNDRR.
- *UNEP / GlobalABC – United Nations Environment Programme / Global Alliance for Buildings and Construction. (2025).* Global Status Report for Buildings and Construction 2024-2025. Nairobi: UNEP.
- *Universidad de los Andes, Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. (2024).* Recomendaciones de política pública para infraestructura sostenible. Bogotá: Universidad de los Andes.

