

NOTA TÉCNICA Nro. IDB-TN-03401

Construyendo resiliencia en proyectos de infraestructura

Aprendizajes para proyectos futuros

César Corena F.

María Alejandra Escovar

Livia Minoja

Banco Interamericano de Desarrollo
Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres
Sector de Infraestructura y Energía

Setiembre 2026



Construyendo resiliencia en proyectos de infraestructura

Aprendizajes para proyectos futuros

César Corena F.

María Alejandra Escovar

Livia Minoja

Banco Interamericano de Desarrollo
Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres
Sector de Infraestructura y Energía

Setiembre 2026



Para explorar más publicaciones del BID, visite:

<https://publications.iadb.org/es>

Copyright © 2026 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una Licencia Internacional Pública de Atribución/Reconocimiento 4.0 de Creative Commons CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

Todas las disputas que surjan en relación con esta licencia y que no puedan resolverse de manera amistosa se resolverán de acuerdo con el siguiente procedimiento. Mediante una notificación de mediación comunicada por medios razonables por usted o el licenciante a la otra parte, la disputa será sometida a mediación no vinculante de conformidad con el Reglamento de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Cualquier disputa que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo, y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, su Directorio Ejecutivo ni de los países que representan.





CONSTRUYENDO **RESILIENCIA** en proyectos de infraestructura

APRENDIZAJES PARA PROYECTOS FUTUROS

César Corena F., Maria Alejandra Escovar y Livia Minoja





Tabla de contenido

Introducción	4
1. Marco conceptual	5
Marco conceptual global: el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030	5
Principales referentes conceptuales y metodológicos sobre resiliencia de la infraestructura	6
2. ¿Cómo se está abordando la resiliencia en las operaciones de INE?	11
Definición de cuestionario base	11
Selección de operaciones	12
Análisis de resultados	17
Buenas prácticas: ejemplos concretos de resiliencia en las operaciones de INE ..	22
Análisis y gestión documental: claridad en el proceso de evaluación ambiental y social	30
Otros referentes para tener en cuenta: Perspectiva innovadora global	31
3. Recomendaciones para las divisiones de INE: Resiliencia ahora y a futuro	33
Limitaciones del reporte	36
Bibliografía	37

Índice de cuadros

Cuadro 1. Equivalencia de criterios descritos en las publicaciones de la UNDRR, CDRI y BID10

Cuadro 2. Cuestionario base de 11 preguntas, formulado en torno a seis criterios técnicos adaptados de UNDRR (2022) y BID (2025) 12

Cuadro 3. Descripción técnica de las operaciones seleccionadas 14

Cuadro 4. Resultados del cuestionario aplicado a las operaciones de INE 17

Cuadro 5. Ejemplos de soluciones integradas aplicadas a una amenaza hídrica 20

Cuadro 6. Propósito y contenido de los documentos BID sobre gestión y evaluación del impacto ambiental 30

Cuadro 7. Aspectos técnicos prioritarios según tipología de infraestructura y criterios técnicos 35

Índice de gráficos

Gráfico 1. Metas mundiales definidas por el Marco de Sendai 5

Gráfico 2. Herramientas políticas y técnicas para incorporar la resiliencia en la infraestructura 6

Gráfico 3. Principios de una infraestructura resiliente 8

Gráfico 4. Localización de las operaciones de INE seleccionadas 13

Gráfico 5. Nivel de alineación por ítems de resiliencia (%) 18

Gráfico 6. Portadas de las herramientas en línea de información climatológica y geoespacial del BID 27



Introducción

En un contexto caracterizado por una creciente exposición a amenazas naturales, climáticas y antrópicas, las decisiones de planificación, diseño, implementación, operación, mantenimiento y modernización de infraestructuras críticas adquieren una relevancia estratégica para garantizar la continuidad de los servicios, la protección de la inversión pública y el bienestar de las poblaciones beneficiarias.

Este reporte analiza la manera en que el concepto de resiliencia está siendo abordado e integrado en las operaciones de las Divisiones de Energía, Transporte, y Agua y Saneamiento del Sector de Infraestructura y Energía (INE) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). A partir de un ejercicio aplicado sobre un conjunto seleccionado de operaciones de INE (realizado con base en un criterio de diversidad sectorial y tipológica, entre proyectos que incorporaban temas de resiliencia en el componente de infraestructura), el estudio analiza el grado de alineación de principios y criterios asociados a infraestructuras resilientes, identificando tanto fortalezas institucionales como oportunidades de mejora. El análisis, además, combina revisión documental, entrevistas técnicas y un cuestionario estructurado basado en referencias conceptuales y experiencia técnica en la materia.

Los resultados evidencian que la resiliencia ya se encuentra incorporada de manera significativa en el portafolio de INE, particularmente en aspectos relacionados con el diseño, la gestión de riesgos y la continuidad operativa. Sin embargo, el estudio también pone de manifiesto la necesidad de profundizar en enfoques más integrales y sistémicos de resiliencia, que trasciendan la dimensión climática y el diseño físico de la infraestructura, e incorporen elementos operativos, institucionales, financieros y sociales. En este sentido, el reporte busca aportar insumos concretos para fortalecer la toma de decisiones estratégicas y consolidar una agenda de resiliencia más robusta y transversal dentro de las divisiones.

Este estudio ha sido desarrollado en colaboración entre la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres del Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible, el Grupo de Infraestructura Social y las Divisiones de Energía, Transporte, y Agua y Saneamiento de INE.

El desarrollo de esta publicación contó con la valiosa colaboración y aportes de varios colegas especialistas, incluyendo a las siguientes personas:

Energía: Roberto Aiello, Arturo Alarcón, Sergio Ballon y Carlos Jácome.

Transporte: Manuel Rodríguez, Lauramaría Pedraza, Gonzalo Rodríguez, Agustina Calatayud, Oscar Beltrán, Mauricio Bayona, Rafael Capristán, Rafael Poveda y Raphael Dewez.

Agua y Saneamiento: Melissa Barandiaran, Francisco Torres, Andrés Blanco, Alfredo Rihm, Keisuke Sasaki, Tania Páez y Nicolás Rezzano.

También se contó con los valiosos aportes de Eduardo Cavallo y Lisa Bagnoli del Área de Conocimiento de INE.

La Cooperación Técnica que financió esta guía es parte del Fondo Especial del Japón, financiado por el Gobierno del Japón.

1. Marco conceptual

Para el desarrollo de este reporte se toma como referencia documentos, marcos conceptuales y publicaciones vigentes ampliamente reconocidos por organismos internacionales, los cuales constituyen actualmente los principales referentes técnicos y normativos en materia de resiliencia de la infraestructura, reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.

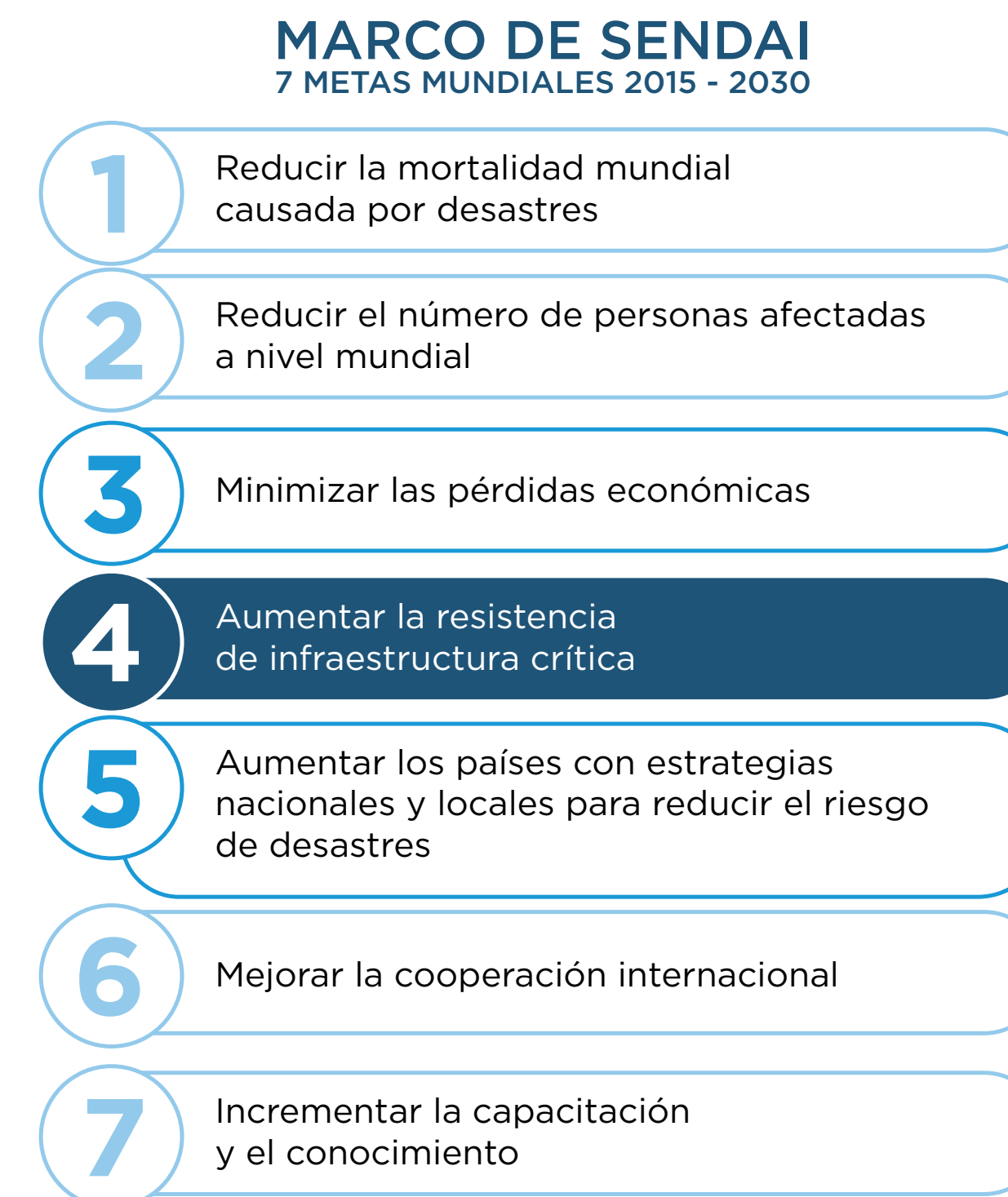
Marco conceptual global: el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030

El análisis parte de la génesis conceptual y normativa de la resiliencia en el contexto global, representada por el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (Marco de Sendai). Este marco fue adoptado en 2015 durante la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, celebrada en Sendai, Japón, y constituye el principal acuerdo internacional que orienta a los países y a los actores del desarrollo en la prevención, reducción y gestión del riesgo de desastres.

La importancia del Marco de Sendai radica en el establecimiento de metas, prioridades y principios globales orientados a disminuir las pérdidas humanas, económicas y sociales asociadas a los desastres, así como a proteger la infraestructura crítica, los servicios esenciales y los medios de vida frente a amenazas de origen natural y antrópico.

En lo que respecta específicamente a la infraestructura, el Marco de Sendai destaca la necesidad de promover y desarrollar infraestructura resiliente, entendida como aquella capaz de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de manera oportuna y eficaz frente a eventos disruptivos.

Gráfico 1. Metas mundiales definidas por el Marco de Sendai



Fuente: Adaptado de CEPREDENAC¹ (2015).

¹ Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres en América Central y República Dominicana.

Principales referentes conceptuales y metodológicos sobre resiliencia de la infraestructura



BID: Del riesgo a la confiabilidad

De forma paralela a los procesos de desarrollo conceptual e investigativo liderados a nivel internacional, el BID desarrolló el informe ***Del riesgo a la confiabilidad: Servicios de infraestructura resiliente para enfrentar los desafíos de la naturaleza (2025)***. Esta publicación es el resultado de un esfuerzo colaborativo a nivel del Sector de Infraestructura y Energía del Banco, que articula la experiencia técnica y el conocimiento acumulado de las divisiones de Energía, Transporte, y Agua y Saneamiento, así como de la Unidad de Asociaciones Público-Privadas.

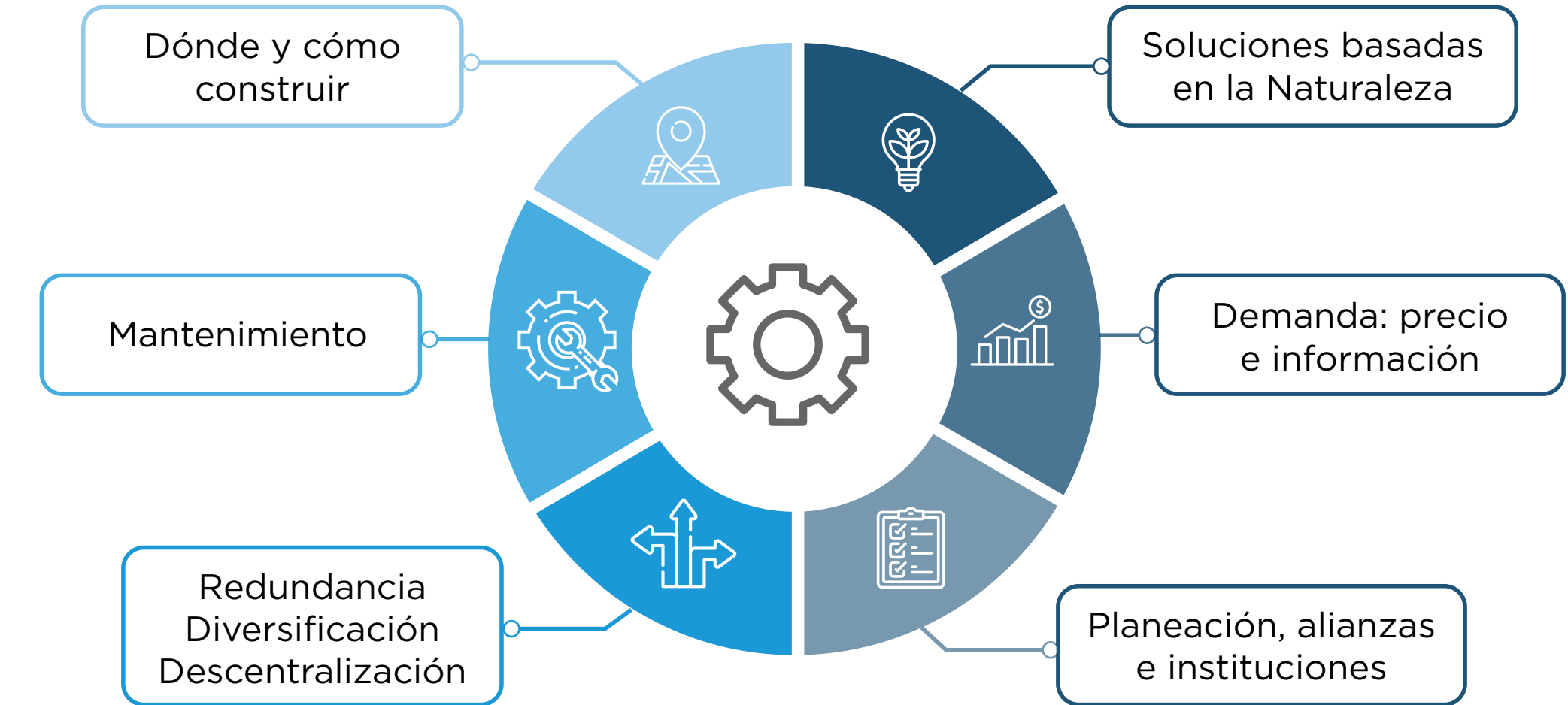
El informe refleja el compromiso institucional del BID con la promoción de

sistemas de infraestructura resilientes, capaces de resistir eventos extremos, adaptarse a condiciones cambiantes y mantener la continuidad en la prestación de servicios esenciales, especialmente en contextos de crisis y alta vulnerabilidad.

En este marco, los autores en conjunto proponen seis herramientas políticas y técnicas para el desarrollo de infraestructura resiliente, las cuales constituyen un referente práctico para la planificación, el diseño, la implementación, operación, mantenimiento y modernización de proyectos de infraestructura. Estas herramientas clave buscan facilitar la integración sistemática de la resiliencia en los proyectos de infraestructura

apoyados con financiamiento del Banco, fortaleciendo la confiabilidad de los servicios de infraestructura frente a amenazas naturales y otros riesgos, y contribuyendo al logro de impactos sostenibles en el largo plazo.

Gráfico 2. Herramientas políticas y técnicas para incorporar la resiliencia en la infraestructura



Fuente: BID, 2025 y 2026.

1. Dónde y cómo construir: análisis de la ubicación y de los aspectos prácticos de la construcción resiliente

Implica una planificación específica para cada ubicación basada en datos sobre riesgos y adaptada a las vulnerabilidades locales. Además, se enfatiza cómo los materiales, las normas de diseño y los códigos de construcción dan forma a los sistemas de infraestructura y los preparan para resistir las amenazas.

2. Mantenimiento: la clave para la longevidad

Un buen mantenimiento incluye medidas tanto preventivas como adaptativas, predictivas y correctivas destinadas a reforzar la infraestructura existente para que pueda soportar los peligros emergentes y cada vez más intensos.

3. Redundancia, diversificación y descentralización: estrategias para reducir el riesgo de fallo sistémico

La infraestructura consiste en un sistema de redes o partes interconectadas. Ante una eventual interrupción de una de ellas, es vital diseñar desde una visión de redundancia, diversificación y descentralización para no depender de una sola parte del sistema y evitar una afectación a otras partes de esta.

4. Soluciones basadas en la Naturaleza: de vuelta a la naturaleza para encontrar sinergias

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son intervenciones que aprovechan los servicios ecosistémicos; protegen, restauran o gestionan de forma sostenible los ecosistemas; y proporcionan herramientas eficaces y rentables para reforzar los sistemas de infraestructura.

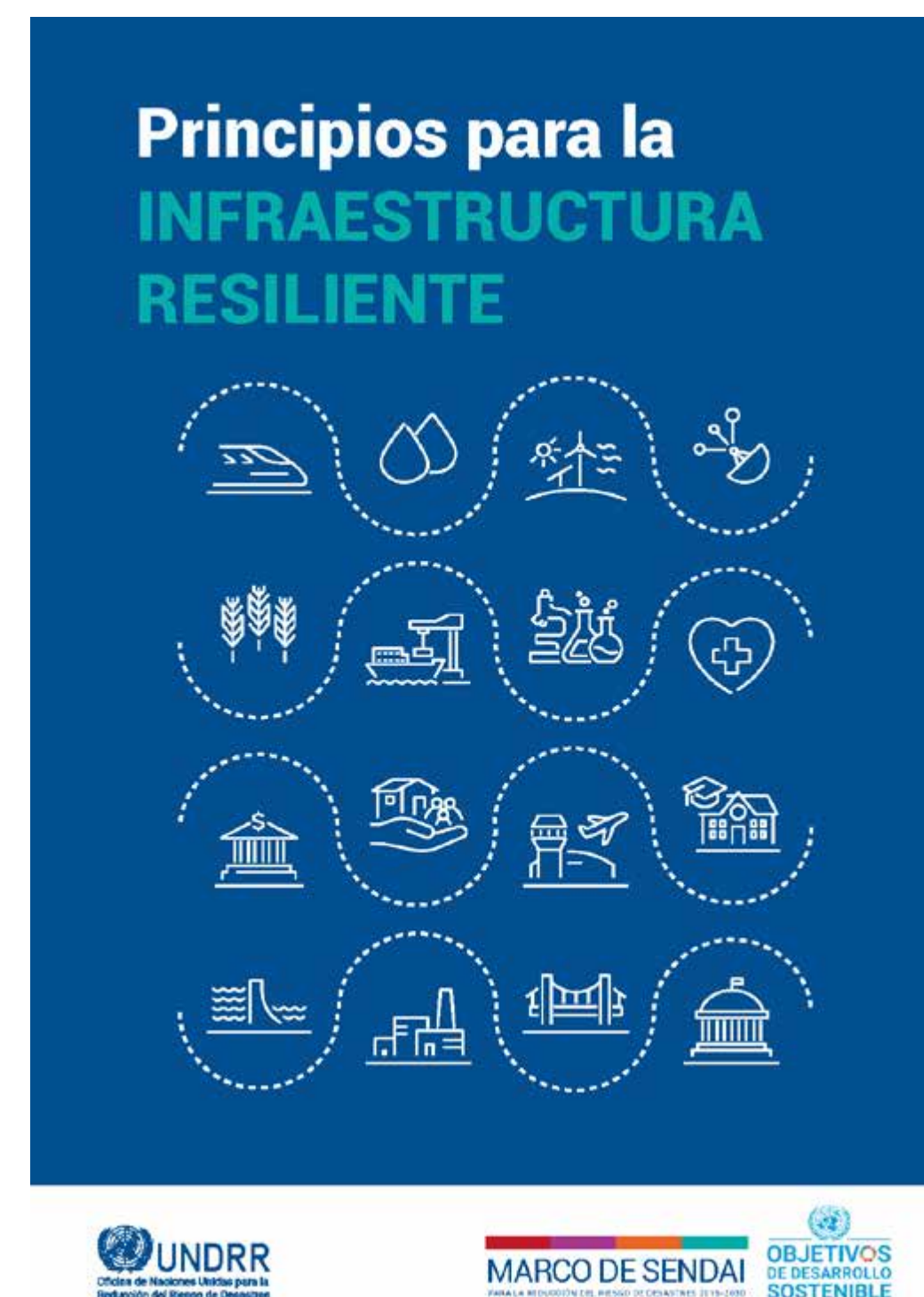
5. Demanda: precio e información para adaptar el comportamiento de los consumidores

Campañas de información, tarifas dinámicas o mecanismos de fijación de precios pueden crear incentivos a largo plazo para el uso eficiente de los recursos e impulsar, así, un consumo más inteligente.

6. Planeación, alianzas e instituciones: la base para lograr resiliencia

Una evaluación de riesgos sólida, marcos regulatorios adaptables para la priorización de riesgos, y la creación de alianzas entre diversos sectores son centrales para enfrentar la heterogeneidad de riesgos y ayudar a las autoridades a asignar recursos de manera eficiente.

Además, el informe expone la importancia de la financiación: se centra en cómo movilizar los recursos para mejorar las infraestructuras y explora los diferentes conceptos, a menudo interrelacionados, de fondos y financiación en el contexto de las infraestructuras resilientes.



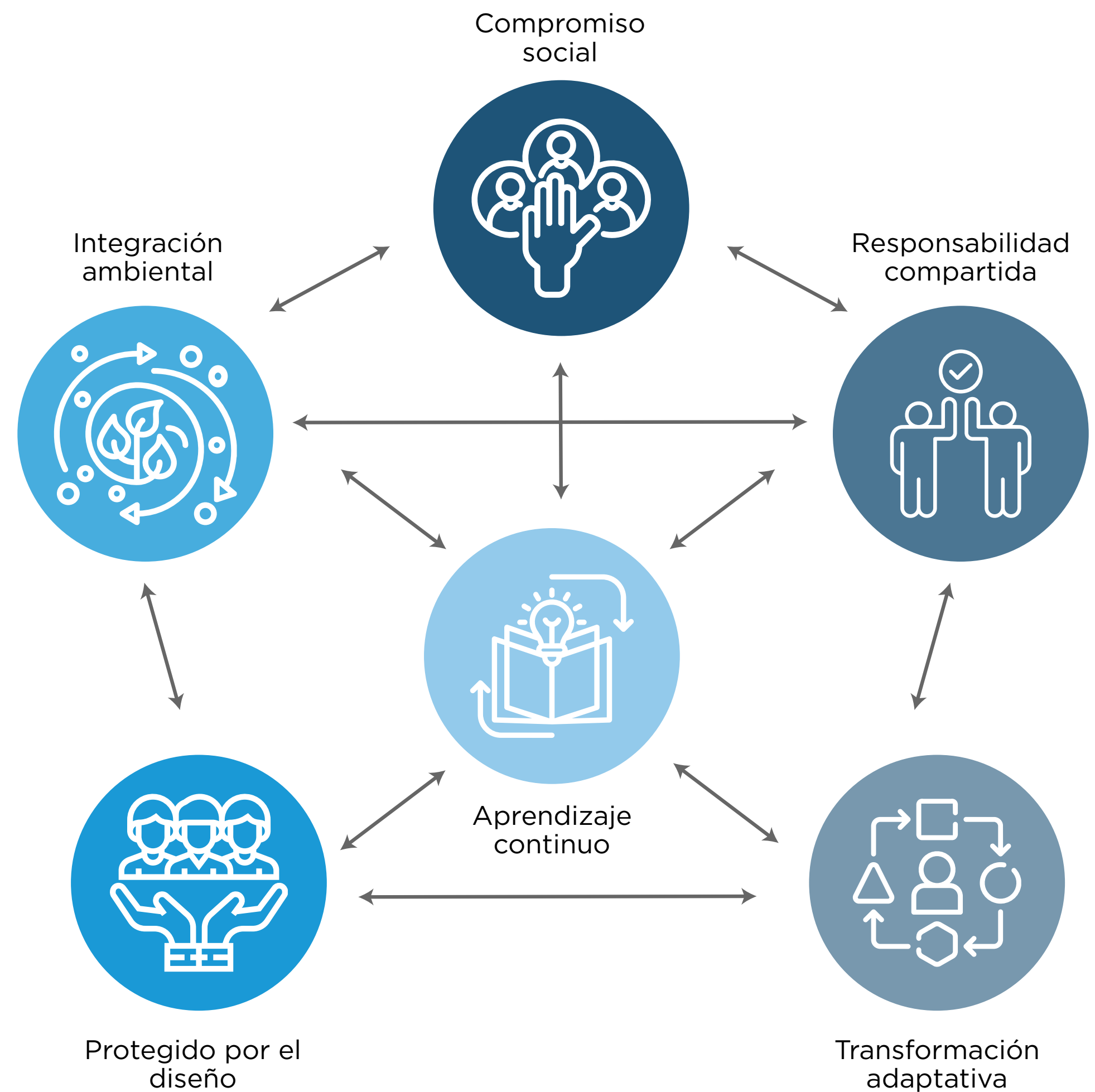
UNDRR: Principios para la Infraestructura Resiliente

Tomando como referencia el Marco de Sendai, y en particular su meta orientada a incrementar la resiliencia de la infraestructura crítica, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) establece un marco conceptual específico en su publicación ***Principios para la Infraestructura Resiliente (2022)***.

En este documento, la UNDRR define la resiliencia de la infraestructura como la capacidad de prevenir, absorber, recuperarse y adaptarse de manera oportuna y eficaz, así como de transformar las estructuras y funciones esenciales de la infraestructura nacional expuesta a amenazas actuales y futuras.

Adicionalmente, la UNDRR identifica seis principios fundamentales que considera esenciales para caracterizar y promover la resiliencia en la infraestructura. Estos principios tienen como objetivo principal establecer una comprensión común y compartida de lo que constituye una infraestructura resiliente, facilitando su incorporación en procesos de planificación, diseño, inversión, operación y mantenimiento. Tales principios son:

Gráfico 3. Principios de una infraestructura resiliente



1. **Aprendizaje continuo**, cuyo objetivo es desarrollar y actualizar la comprensión y el conocimiento de la resiliencia de las infraestructuras.
2. **Protección por el diseño**, cuyo objetivo es planificar, diseñar, construir y explotar de forma proactiva infraestructuras que estén preparadas para las amenazas actuales y futuras.
3. **Integración ambiental**, cuyo objetivo es trabajar de forma positiva e integrada con el entorno natural.
4. **Compromiso social**, cuyo objetivo es desarrollar el compromiso activo, la implicación y la participación en todos los niveles de la sociedad.
5. **Responsabilidad compartida**, cuyo objetivo es compartir información y conocimientos especializados para obtener beneficios coordinados.
6. **Transformación adaptativa**, cuyo objetivo es adaptarse y transformarse a las necesidades cambiantes.

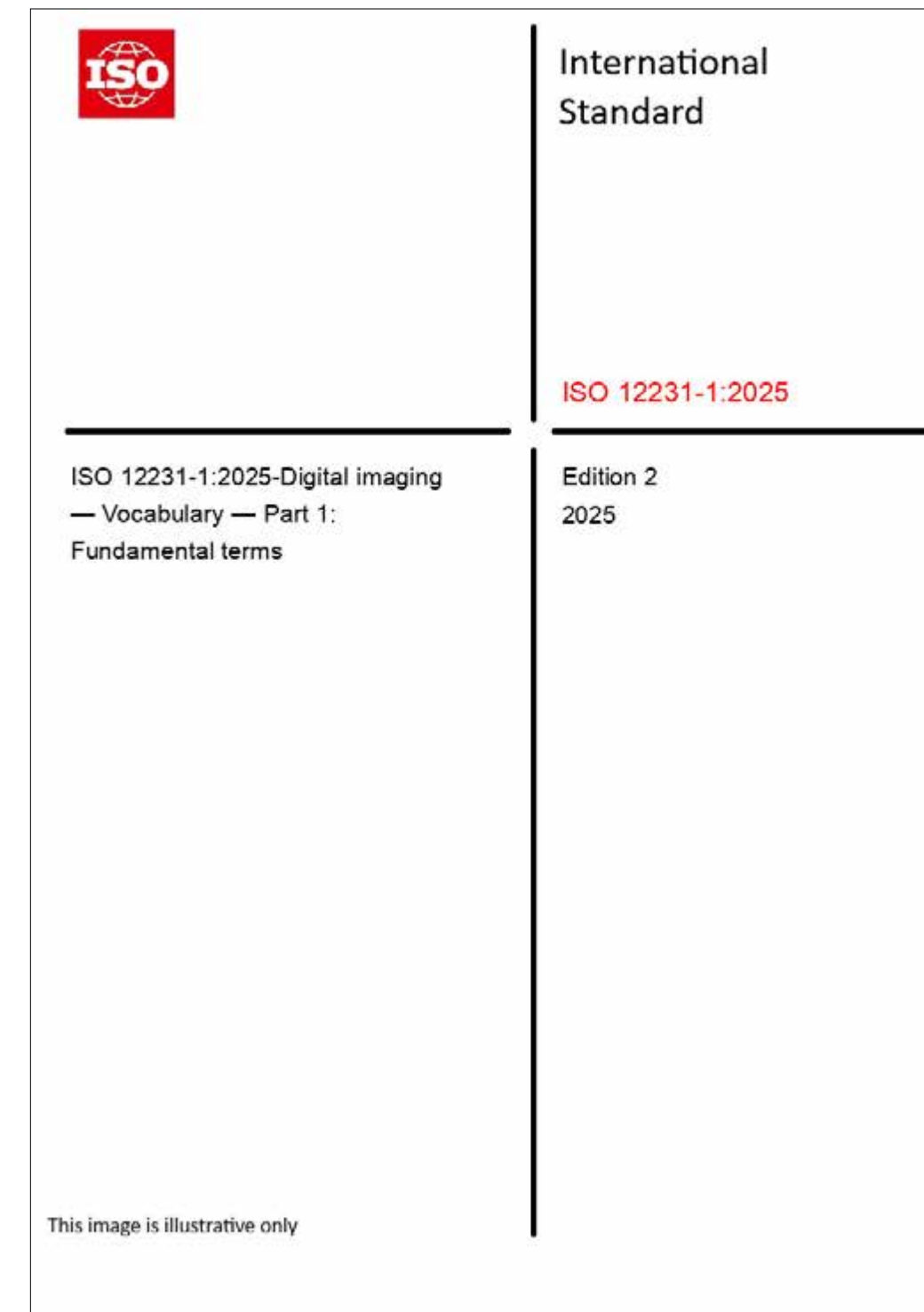
Fuente: Adaptado de UNDRR, 2022.



CDRI: Metodología Global para la Revisión de la resiliencia de la infraestructura

Como complemento operativo a la publicación de Principios para la Infraestructura Resiliente mencionada anteriormente, la UNDRR, en conjunto con la Coalición de Infraestructura Resiliente ante Desastres (CDRI), desarrollaron la **Metodología Global para la Revisión de la resiliencia de la infraestructura (2023)**, una metodología orientada a traducir los principios de infraestructura resiliente en criterios prácticos, sistemáticos y medibles, permitiendo evaluar de manera estructurada el nivel de resiliencia de la infraestructura a escala nacional y sectorial.

La CDRI es una iniciativa global que reúne a gobiernos, organizaciones internacionales y actores del sector privado con el propósito de fortalecer la resiliencia de los sistemas de infraestructura frente a riesgos climáticos y de desastres. Su objetivo central es promover el desarrollo de infraestructuras resistentes al clima y a los desastres mediante el impulso de la investigación, la difusión de buenas prácticas y la cooperación internacional.



ISO: Norma ISO 22372

De manera complementaria, la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó en el 2025 la norma **ISO 22372**, la cual proporciona recomendaciones prácticas para planificar, mantener y fortalecer la resiliencia de la infraestructura, independientemente del sector o del contexto geográfico. “Esta norma se fundamenta explícitamente en los Principios de Infraestructura Resiliente de la UNDRR, asegurando su alineación con marcos internacionales de referencia, tales como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres y el Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 9 de las Naciones Unidas, relacionado con infraestructura resiliente e innovación” (ISO, 2025).

Si se comparan los cuatro documentos del BID, UNDRR, CDRI e ISO, se encuentran importantes similitudes entre los principios básicos que promueven Naciones Unidas y la Coalición de Infraestructura Resiliente ante Desastres, así como las claves que propone el Sector de Infraestructura y Energía del Banco Interamericano de Desarrollo:

Cuadro 1. Equivalencia de criterios descritos en las publicaciones de la UNDRR, CDRI y BID

UNDRR - CDRI	BID
Protegido por el diseño Elevar requisitos esenciales de seguridad Superar los requisitos básicos de los componentes Diseñar la infraestructura con seguridad ante los fallos Considerar interdependencias complejas de las redes Compromiso de mantenimiento	Los aspectos prácticos de la construcción resiliente
	La necesidad de un plan B para la continuidad del servicio
	Mantenimiento: la clave para la longevidad
Integración ambiental	De vuelta a la naturaleza
Compromiso social	Adaptar el comportamiento de los consumidores
	Impulsar un consumo más inteligente
Responsabilidad compartida	Planificación, instituciones y alianzas para un futuro resiliente
	Sistemas de alerta temprana

Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, la literatura ampliamente aceptada en el ámbito especializado sobre resiliencia (y citada en este reporte) ha tendido a agrupar, armonizar y estandarizar los conceptos asociados a la resiliencia, y en particular a la resiliencia de la infraestructura, proporcionando marcos conceptuales y operativos cada vez más consistentes y comparables.

Como resultado, se concluye que estos cuatro documentos de referencia cuentan con una base sólida para analizar cómo se está abordando la resiliencia en las operaciones de INE en el BID. Estos documentos aportan criterios claros, principios ampliamente consensuados y elementos medibles que permiten realizar una evaluación rigurosa, objetiva y alineada con las mejores prácticas internacionales sobre la incorporación de la resiliencia en la infraestructura.

Definición de resiliencia en la infraestructura: Una infraestructura resiliente puede prevenir, absorber, adaptarse y recuperarse rápidamente de impactos como desastres naturales, variaciones climáticas u otros impactos. (UNDRR, 2022)

2. ¿Cómo se está abordando la resiliencia en las operaciones de INE?

La primera sección de este reporte (capítulos 1 y 2) se orienta a examinar de manera sistemática cómo el enfoque de resiliencia está siendo conceptualizado, integrado y operacionalizado en las operaciones del Sector de Infraestructura y Energía del Banco. Este análisis busca identificar el grado de alineación entre las prácticas actuales en las operaciones del Banco y los principios internacionales de infraestructura resiliente, reconociendo avances, brechas y oportunidades de fortalecimiento institucional.

El desarrollo de esta etapa se estructura en dos líneas de trabajo complementarias. En primer lugar, a partir de una revisión bibliográfica y del análisis conceptual de los cuatro documentos de referencia previamente citados, se diseñó un cuestionario que sintetiza los principios y criterios considerados esenciales para la planificación, diseño y operación de infraestructuras resilientes. En segundo lugar, mediante un proceso de articulación con los puntos focales de las tres divisiones de INE —Energía, Transporte, y Agua y Saneamiento— se seleccionaron diecinueve (19) operaciones representativas, consideradas relevantes para evaluar la aplicación práctica de dichos criterios en distintos contextos sectoriales.

Definición de cuestionario base

Con base en la revisión bibliográfica, se formularon once preguntas orientadas a capturar los elementos clave que caracterizan una infraestructura resiliente, abarcando dimensiones técnicas, operativas, ambientales, sociales, institucionales y financieras. El cuestionario integró de manera complementaria los enfoques y recomendaciones presentes en las publicaciones analizadas, junto con seis criterios técnicos adaptados de UNDRR (2022) y el BID (2025), y derivados de la experiencia de INE acumulada en la materia, con el fin de asegurar un instrumento analítico robusto, aplicable y coherente con las realidades operativas de la cartera de INE.

Estos seis nuevos criterios técnicos, cabe señalar, son propuestos en el presente documento como una reorganización que transforma en dos criterios técnicos (Diseño resiliente y Continuidad operativa) lo que UNDRR trata como un solo principio (Protegido por el diseño), y comprime dos principios de la UNDRR (Compromiso social y Responsabilidad compartida) en un solo criterio técnico (Responsabilidad compartida). Esta decisión permite adaptar el marco conceptual al contexto específico de INE, y fue con estos 6 nuevos criterios que se realizó la evaluación de las operaciones de INE.

Cuadro 2. Cuestionario base de 11 preguntas, formulado en torno a seis criterios técnicos adaptados de UNDRR (2022) y BID (2025)

Aprendizaje continuo	¿Al momento de planificar, se tienen en cuenta registros históricos de eventos de desastre en los lugares de la operación?
	¿Se cuenta con sistemas MEL (Monitoring Evaluation Learning) de respuesta a amenazas en donde se registren aprendizajes sobre resiliencia en la infraestructura?
Diseño resiliente	¿Al momento de diseñar, se tienen en cuenta las amenazas localizadas identificadas en el perfil de riesgo de la operación?
	¿Al momento de diseñar, se verifica el cumplimiento de la normativa local de uso, impacto y construcción superando los mínimos requeridos?
Integración ambiental De vuelta a la naturaleza	¿Se cuentan con planes de monitoreo y mitigación ambiental para minimizar impactos al entorno natural?
	¿Se promueve el uso de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)?
Continuidad operativa	¿Al momento de diseñar, se verifican redes o estrategias alternativas para garantizar la operación en caso de interrupciones y fallos?
	¿Se cuentan con planes de gestión financiera para dar respuesta oportuna a posibles reparaciones? (Seguros o fondos de contingencia)
Flexibilidad	¿Se promueve el diseño modular y/o prefabricado que facilite reparaciones y cambios en las estructuras?
Responsabilidad compartida	¿Se verifican los repositorios de información de acceso público y la definición de roles y responsabilidades entre gobiernos, autoridades y sociedad en general?
	¿Se verifican los planes de mantenimiento, buen uso y operación de la infraestructura?

Fuente: Las preguntas son de elaboración propia, y los criterios técnicos son adaptados de UNDRR, 2022; y BID, 2025.

Selección de operaciones

La selección de las diecinueve (19) operaciones se realizó con base en un criterio de diversidad sectorial y tipológica, con el objetivo de conformar una muestra del portafolio de INE. Este enfoque permitió capturar distintos niveles de complejidad, escalas de intervención y contextos de riesgo, relevantes para el análisis de resiliencia en infraestructura.

La metodología aplicada combinó entrevistas estructuradas con miembros de los equipos técnicos responsables de las operaciones, junto con una revisión documental de las operaciones seleccionadas. Este enfoque permitió dar respuesta de manera sistemática a las once preguntas definidas en el cuestionario base de resiliencia, asegurando una triangulación entre evidencia documental y prácticas operativas. A partir del análisis de los seis principios y las once preguntas que estructuraron el instrumento, se consolidaron los resultados que se presentan a continuación.

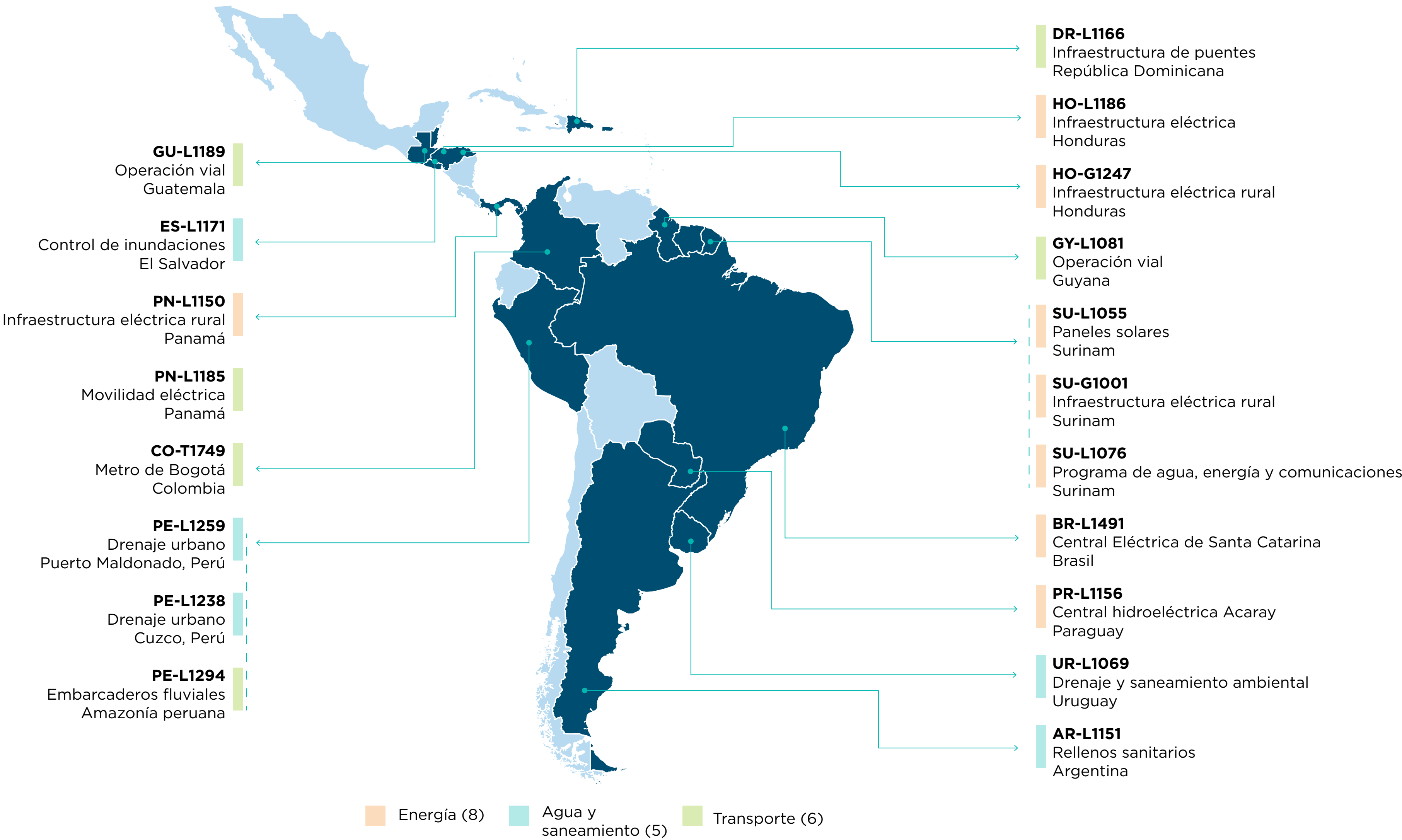
En este sentido, la muestra incluyó operaciones de las tres divisiones de INE: ocho (8) correspondientes a ENE, seis (6) a TSP, y cinco (5) a WSA. En el caso de ENE, se consideraron centrales hidroeléctricas, proyectos de generación fotovoltaica, así como sistemas de transmisión y distribución eléctrica. Para TSP, la selección abarcó infraestructura vial, infraestructura portuaria, sistemas de transporte férreo urbano y proyectos de movilidad eléctrica. Por su parte, para WSA se incluyeron operaciones de drenaje urbano, control de inundaciones y gestión de residuos sólidos, incluyendo rellenos sanitarios.

En conjunto, la muestra comprendió diez (10) tipologías distintas de infraestructuras, las cuales representan una proporción significativa del portafolio de INE, fortaleciendo la validez del ejercicio analítico. Cabe destacar que la muestra de operaciones fue seleccionada por parte de los puntos focales de las divisiones, seleccionando específicamente proyectos que incorporaban temas de resiliencia en el componente de infraestructura de estas operaciones².

Las operaciones seleccionadas se distribuyen en trece (13) países de la región y cubren diferentes etapas del ciclo del proyecto: al momento de redacción del presente informe, cuatro (4) operaciones se encuentran en fase de preparación, nueve (9) en ejecución y seis (6) están concluidas. Esta diversidad temporal permite evidenciar la incorporación de criterios de resiliencia a lo largo del ciclo de vida de las operaciones, desde la planificación hasta la implementación y cierre.

² Ver *Limitaciones del reporte* al final del presente reporte.

Gráfico 4. Localización de las operaciones de INE seleccionadas



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Descripción técnica de las operaciones seleccionadas

División de Energía					
Código	Nombre de la operación	Objetivo	Componente de infraestructura	Fecha de aprobación	Estado
PR-L1156	Programa de Rehabilitación y Modernización de la Central Hidroeléctrica Acaray	Fortalecer un sistema energético más eficiente, resiliente y alineado con metas climáticas.	Rehabilitación y modernización de la Central Hidroeléctrica Acaray: obras en casa de máquinas, presas, subestación y predios asociados. Incluye estudios ambientales y sociales y análisis y evaluación del riesgo orientados a la seguridad de presa con criterios de resiliencia.	2019	En ejecución
BR-L1491	Programa de Inversiones en Infraestructura Energética de CELESC	El programa buscó fortalecer el sistema, la calidad, la confiabilidad y la eficiencia del suministro eléctrico.	Incluyó inversiones para mejorar y ampliar infraestructura energética administrada por CELESC. El PCR analiza desempeño técnico, ambiental y social del proyecto.	2019	Finalizada
PN-L1155	Programa de Acceso Universal a la Energía	El objetivo es universalizar el acceso sostenible al servicio eléctrico, expandir la cobertura de energía sostenible y fortalecer la capacidad de planificación y gestión de la Oficina de Electrificación Rural (OER).	Financia la conexión de aproximadamente 21 500 usuarios entre hogares, escuelas y centros de salud. Incluye provisión de infraestructura eléctrica, equipos, obras menores y sistemas complementarios.	2019	En ejecución
SU-L1055	Consolidating a Sustainable Energy Sector	Fortalecer la sostenibilidad del sector eléctrico de Surinam mediante acciones regulatorias, de planificación y de expansión del sistema.	Incluye financiamiento para un Sistema de Manejo de Red de Distribución (DMS), mejoras en subestaciones y líneas de transmisión de 33 kV, y electrificación rural mediante miniredes solares.	2019	En ejecución
SU-G1001	Development of Renewable Energy, Energy Efficiency and Electrification	Impulsar el desarrollo de energías renovables, eficiencia energética y electrificación en Surinam.	Financia miniredes solares en zonas rurales (Godo Holo), sistemas solares en áreas aisladas y estudios para energías renovables. También apoya instalación de infraestructura como postes, redes y equipamiento eléctrico, además de un atlas eólico nacional y auditorías técnicas.	2013	Finalizada
SU-L1076	Bioeconomy Empowerment in Suriname's Indigenous Communities (BioSWEET)	Facilita la provisión de agua, energía y telecomunicaciones, además de actividades productivas. Impulsa capacidades locales, resiliencia y autonomía comunitaria.	La infraestructura contempla miniredes solares, sistemas comunitarios de agua y equipamiento para conectividad, además de fortalecimiento institucional.	2024	Preparación
HO-G1247	Programa de Electrificación Rural en Lugares Aislados	Ampliar el acceso a servicios de electricidad en zonas rurales y aisladas del país.	Infraestructura eléctrica rural (sistemas de electrificación en zonas aisladas).	2023	Finalizada
HO-L1186	Support for the National Electricity Transmission Program	Apoyar el Programa Nacional de Transmisión Eléctrica de Honduras, incluyendo fortalecimiento institucional y sostenibilidad financiera y operativa de la empresa de transmisión (ENEE-Transmisión)	Infraestructura eléctrica - transmisión eléctrica (líneas de transmisión y subestaciones).	2018	Finalizada

División de Transporte					
Código	Nombre de la operación	Objetivo	Componente de infraestructura	Fecha de aprobación	Estado
CO-L1311	Segunda operación bajo la CCLIP para la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB)	Construcción de la primera línea del metro de Bogotá PMLB.	Desarrollo de la PLMB incluyendo viaducto, estaciones, patiotaller, sistemas y material rodante.	2024	En ejecución
PN-L1185	Proyecto de Electromovilidad y Aumento de la Resiliencia de la Infraestructura de Transporte Público de la Ciudad de Panamá	Contribuir al desarrollo sostenible y resiliente de la Ciudad de Panamá mediante la descarbonización del transporte público.	Cargadores eléctricos y adecuaciones para la operación de una nueva flota de buses eléctricos. Obras de infraestructura vial y drenaje urbano para mitigar inundaciones y olas de calor en zonas críticas de la ciudad. Cuenta con un análisis de riesgo de desastre.	2024	En ejecución
PE-L1294	Programa de Apoyo a la Sostenibilidad del Modelo de Transporte Fluvial en la Amazonía	Mejorar la conectividad fluvial en la Amazonía peruana, reduciendo brechas de infraestructura y facilitando acceso a servicios.	Construcción e instalación de embarcaderos fluviales, plataformas flotantes y terminales de pasajeros y carga. Infraestructura fluvial resiliente a variaciones hídricas y condiciones amazónicas.	----	Preparación
GU-L1189	Programa de Desarrollo del Corredor CA9 Norte: Subtramo Teculután – Mayuelas	Mejorar la conectividad de nodos de comercio internacional con resiliencia climática.	Construcción, ampliación y mejora del corredor vial CA9 Norte. Obras estructurales como puentes, drenaje, terraplenes y elementos de seguridad vial. Cuenta con análisis de riesgo de desastre y PGRD.	2025	En ejecución
DR-L1166	Programa de Resiliencia Climática de la Infraestructura de Puentes en República Dominicana	Incrementar la resiliencia climática de la infraestructura de puentes del país. Fortalecer capacidades institucionales de gestión de riesgos y sostenibilidad. Reducir vulnerabilidad ante eventos climáticos y mejorar seguridad vial.	Rehabilitación y refuerzo estructural de puentes vulnerables. Obras de mitigación para drenaje, estabilidad y adaptación climática. Cuenta con un análisis de riesgo mediante HydroBID y PGRD.	2024	En ejecución
GY-L1081	Program to Support Climate Resilient Road Infrastructure Development (Guyana)	Mejorar la resiliencia climática de infraestructura vial estratégica en Guyana. Asegurar que el diseño vial incorpore análisis de hidrología y riesgos climáticos.	Construcción y rehabilitación de carreteras resilientes, incluyendo drenaje, estabilización y ampliación.	2022	En ejecución

División de Agua y Saneamiento					
Código	Nombre de la operación	Objetivo	Componente de infraestructura	Fecha de aprobación	Estado
PE-L1259	Proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Drenaje Pluvial de la ciudad de Puerto Maldonado y El Triunfo	Mejorar y ampliar el servicio de drenaje pluvial urbano para reducir riesgos de inundación en Puerto Maldonado y El Triunfo. Contribuir a la resiliencia urbana y a la reducción de impactos por precipitaciones intensas.	Construcción y ampliación de sistemas de drenaje pluvial; obras de control de inundaciones; instalación de infraestructura secundaria para gestión hídrica.	2021	En ejecución
PE-L1238	Programa Integral de Drenaje Pluvial en Ciudades Priorizadas del Perú	Reducir la vulnerabilidad ante inundaciones urbanas mediante obras de drenaje pluvial en ciudades priorizadas. Promover mayor resiliencia urbana frente al cambio climático y eventos extremos.	Construcción de sistemas de drenaje pluvial, obras de control de inundaciones, desarrollo de unidades de gestión de drenaje locales.	2019	En ejecución
ES-L1171	Proyecto de apoyo al control de inundaciones en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)	Reducir la vulnerabilidad de la población del AMSS frente a eventos de inundación mediante mejoras sustanciales en servicios de drenaje urbano. Mejorar la capacidad de alerta temprana y respuesta ante emergencias.	Construcción de infraestructura de drenaje urbano: lagunas de laminación, bóvedas, <i>basins</i> de detención, sistemas SUDS y renovación de drenaje obsoleto. Instalación y mejora de sistemas de monitoreo y alerta temprana. Cuenta con ARD, PGRD, y uso HydroBID.	2025	En ejecución
AR-L1151	Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Disminuir la disposición de residuos sólidos urbanos en basurales a cielo abierto.	Diseño y construcción del complejo socioambiental “Ecoparque Quilmes”, incluyendo planta de transferencia, separación, compostaje, tratamiento de poda y áridos.	2014	Finalizada
UR-L1069	Drenaje y Saneamiento Ambiental	Minimizar los impactos causados por la carencia o insuficiencia de infraestructura de drenaje urbano en áreas críticas de la ciudad de Montevideo.	Obras de drenaje pluvial, entre las que se incluirían: tanques de amortiguación de crecientes, conductos para incrementar la capacidad hidráulica, aliviaderos para evacuar excesos a cursos de agua preestablecidos y estructuras complementarias.	2011	Finalizada

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados

Cuadro 4. Resultados del cuestionario aplicado a las operaciones de INE

CUESTIONARIO																				OPERACIONES SELECCIONADAS																			SI	NO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																				
1	¿Al momento de planificar, se tienen en cuenta registros históricos de eventos de desastre en los lugares de la operación?																				89%																			
2	¿Se cuenta con sistemas MEL (Monitoring Evaluation Learning) de respuesta a amenazas en donde se registren aprendizajes sobre resiliencia en la infraestructura?																				47%																			
3	¿Al momento de diseñar, se tienen en cuenta las amenazas localizadas identificadas en el perfil de riesgo de la operación?																				100%																			
4	¿Al momento de diseñar, se verifica el cumplimiento de la normativa local de uso, impacto y construcción superando los mínimos requeridos?																				89%																			
5	¿Se cuentan con planes de monitoreo y mitigación ambiental para minimizar impactos al entorno natural?																				95%																			
6	¿Se promueve el uso de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)?																				42%																			
7	¿Al momento de diseñar, se verifican redes o estrategias alternativas para garantizar la operación en caso de interrupciones y fallos?																				89%																			
8	¿Se cuentan con planes de gestión financiera para dar respuesta oportuna a posibles reparaciones? (Seguros o fondos de contingencia)																				58%																			
9	¿Se promueve el diseño modular y/o prefabricado que facilite reparaciones y cambios en las estructuras?																				89%																			
10	¿Se verifican los repositorios de información de acceso público y la definición de roles y responsabilidades entre gobiernos, autoridades y sociedad en general?																				79%																			
11	¿Se verifican los planes de mantenimiento, buen uso y operación de la infraestructura?																				89%																			
		31%	31%	55%	82%	27%	100%	73%	82%	73%	73%	100%	55%	82%	31%	100%	82%	100%	82%	73%	79.4%																			

Fuente: Elaboración propia.

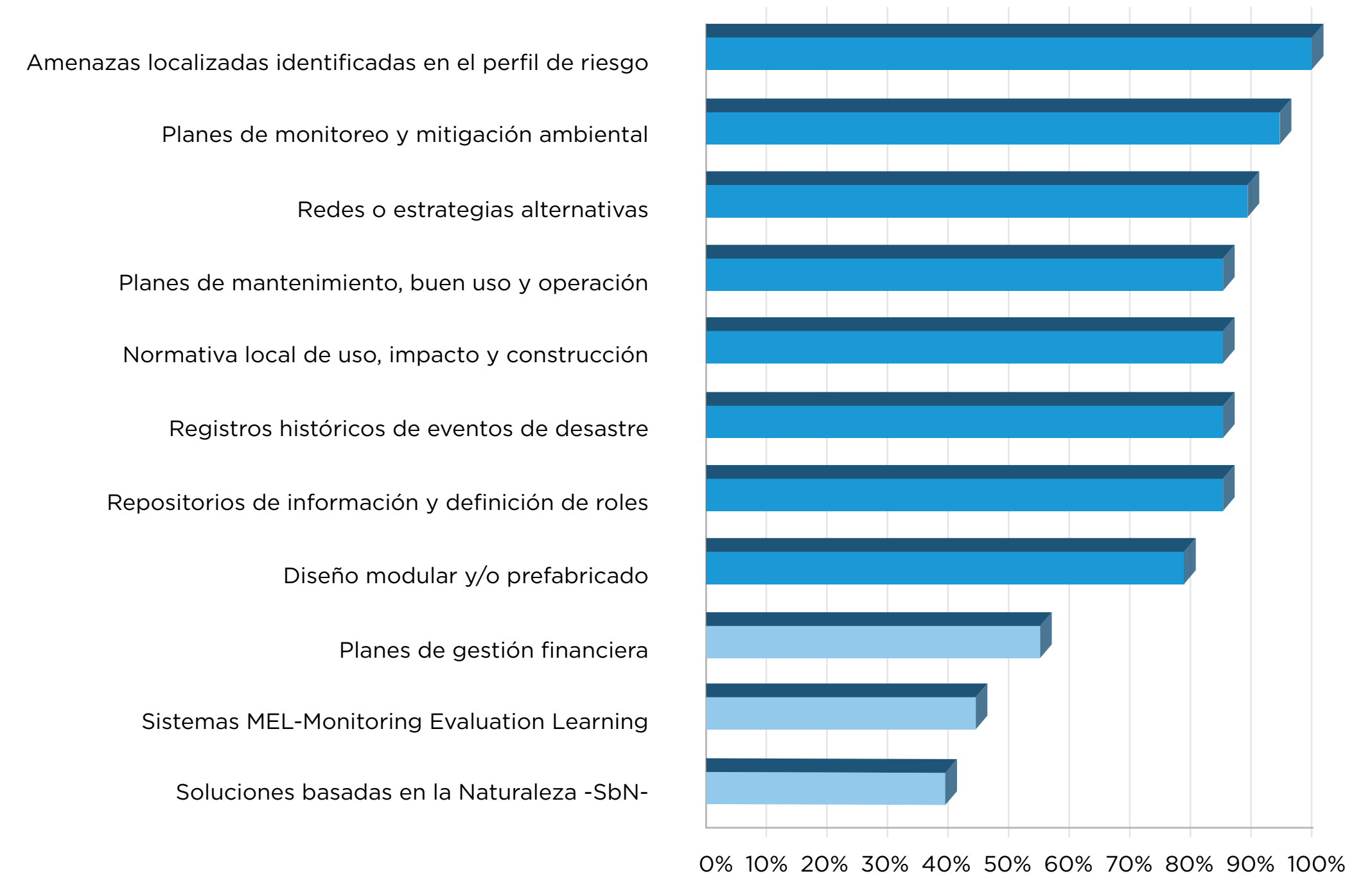
El análisis evidencia una tendencia progresiva en la mejora de la integración de criterios para incorporar la resiliencia en las operaciones del sector. Las operaciones más recientes muestran un incremento sostenido en dichos niveles, reflejando una mayor incorporación sistemática de consideraciones de resiliencia en el diseño y ejecución de la infraestructura. Esta evolución sugiere un fortalecimiento institucional y metodológico en la forma en que el Banco aborda la resiliencia en sus inversiones.

En términos generales, las operaciones analizadas alcanzan un nivel de alineación promedio del 80 % frente a los criterios de resiliencia evaluados. Este resultado refleja una incorporación significativa de consideraciones de adaptación, gestión del riesgo y capacidad de recuperación en la muestra de operaciones examinadas. No obstante, si bien los hallazgos evidencian una integración relevante de la resiliencia en los procesos de diseño y estructuración de estas operaciones, los resultados deben interpretarse en el contexto del alcance específico de la muestra y de las limitaciones metodológicas del análisis. En consecuencia, este porcentaje de alineación no debe entenderse como representativo de la totalidad del portafolio de operaciones de INE, sino únicamente de las operaciones seleccionadas para este estudio por el BID³.

Ítems con mayor alineación

Cabe destacar que dos (2) ítems en particular presentaron calificaciones significativamente superiores al promedio del conjunto de criterios evaluados, lo que evidencia áreas de fortaleza institucional, normas de cumplimiento exigido al prestatario y buenas prácticas consolidadas que pueden servir como referencia para el fortalecimiento de otros componentes del marco de resiliencia.

Gráfico 5. Nivel de alineación por ítems de resiliencia (%)



Fuente: Elaboración propia.
Nota: Los ítems corresponden a las once preguntas del cuestionario presentado en el Cuadro 4, ordenadas de mayor a menor nivel de alineación.

³ Para mayor detalle sobre el alcance de la muestra y las limitaciones metodológicas del análisis, véase la sección *Limitaciones del reporte*.

Dichas preguntas son las siguientes:

- **¿Al momento de preparar la operación, se tienen en cuenta las amenazas localizadas identificadas en el perfil de riesgo de la operación?** La respuesta fue positiva para un **100%** de las operaciones.
- **¿Se cuenta con planes de monitoreo y mitigación ambiental para minimizar impactos al entorno natural?** La respuesta fue igualmente positiva en un **95%** de las operaciones.

Los resultados permitieron evidenciar un alto nivel de integración de criterios de resiliencia en las operaciones evaluadas. El 100 % de alineación en la incorporación de amenazas localizadas durante la etapa de preparación de la operación refleja una adecuada comprensión del contexto de riesgo y una planificación informada desde el inicio, así como el claro entendimiento del concepto de resiliencia localizada en donde cada operación responde a unas dinámicas distintas. Esto es resultado de integrar criterios de gestión del riesgo de desastres (GRD) y resiliencia en el estándar 4 del *Marco de Política Ambiental y Social* del BID (MPAS) (BID, 2021), asegurando su aplicación sistemática en la identificación, diseño y evaluación de riesgo de desastre y cambio climático de intervenciones de infraestructura.

Asimismo, el alto porcentaje (95%) de operaciones con planes de monitoreo y mitigación ambiental, demuestran el interés por el ecosistema circundante de las operaciones y una aproximación preventiva frente a posibles interrupciones.

Ítems con menor alineación

Por otro lado, resulta necesario profundizar en el análisis de los tres (3) ítems que presentan niveles de alineación inferiores al 60 %, como áreas con oportunidades de mejora. Estos resultados señalan componentes de la resiliencia que aún no se encuentran plenamente integrados de manera sistemática en las operaciones y que, por tanto, requieren una atención focalizada por parte del sector.

El fortalecimiento de estos ítems es clave para avanzar desde un desempeño sólido hacia un enfoque de resiliencia más integral, consistente y alineado con las mejores prácticas internacionales, permitiendo incrementar de manera sostenida los indicadores de capacidad de respuesta, adaptación y recuperación de las operaciones de infraestructura. Los criterios a los que se hace referencia son los siguientes:

- **¿Se promueve el uso de soluciones basadas en la naturaleza (SbN)?** La respuesta fue positiva solo para un **42%** de las operaciones.
- **¿Se cuenta con sistemas MEL (Monitoring Evaluation Learning) de respuesta a amenazas donde se registren aprendizajes sobre resiliencia en la infraestructura?** La respuesta fue positiva solo para un **47%** de las operaciones.
- **¿Se cuentan con planes de gestión financiera para dar respuesta oportuna a posibles reparaciones? (Seguros o fondos de contingencia)** Solo un **58%** de las operaciones mostraron estar alineadas con ello.

Soluciones basadas en la Naturaleza (42%)

El bajo nivel de incorporación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) evidencia una brecha relevante en la integración de enfoques preventivos y costo-efectivos para la reducción del riesgo. Este resultado sugiere que, si bien existen prácticas de diseño y mitigación convencionales, aún no se aprovecha plenamente el potencial de las SbN

para gestionar amenazas como inundaciones, olas de calor o degradación ambiental, ni para generar co-beneficios sociales y ecológicos. Fortalecer este componente permitiría no solo mejorar la resiliencia física de la infraestructura, sino también contribuir a la sostenibilidad a largo plazo del sistema socioeconómico y ambiental en el que se integran y al alineamiento con estándares internacionales.

Cuadro 5. Ejemplos de soluciones integradas aplicadas a una amenaza hídrica

Reto	Soluciones Grises (soluciones de ingeniería)	Soluciones basadas en la Naturaleza	Ejemplos de soluciones integradas
Escorrentías de aguas urbanas de tormentas y manejo de inundaciones	<ul style="list-style-type: none">• Sistemas mejorados / reacondicionados de drenaje urbano para gestión de agua de tormenta• Soluciones de ingeniería para protección contra inundaciones	<ul style="list-style-type: none">• Azoteas verdes• Jardines urbanos y espacios verdes• Creación, mantenimiento y restauración de la vegetación ribereña y de humedales	<ul style="list-style-type: none">• Azoteas verdes, biocanales de drenaje y jardines pluviales para regular la escorrentía de aguas pluviales y con ello reducir la carga de los sistemas de drenaje
Inundaciones costeras, marejada ciclónica, aumento del nivel del mar y erosión	<ul style="list-style-type: none">• Diques, muros artificiales permanentes y barreras temporales anti-inundaciones	Conservación, mantenimiento, restauración o creación de: <ul style="list-style-type: none">• Arrecifes de coral (incluidos los creados usando sustratos artificiales)• Arrecifes de ostras.• Pastos marinos• Humedales costeros, manglares y marismas salinas.• Dunas de arena y playas	<ul style="list-style-type: none">• Restauración y conservación de cinturones de manglar que den soporte a los diques marinos para que se constituyan como primera línea de defensa para reducir el riesgo de inundación y erosión costera
Inundación tierra adentro	<ul style="list-style-type: none">• Diques y represas para protección contra aluviones (creación, mejora y mantenimiento)• Mejoras en los sistemas de bombeo, red de tuberías y almacenamiento de aguas	<ul style="list-style-type: none">• Manejos de vegetación ladera arriba• Restauración forestal• Restauración / creación / manejo de la vegetación ribereña y de humedales, vertederos hidráulicos vivos y diques de contención• Manejo de llanuras aluviales	<ul style="list-style-type: none">• Restauración forestal alrededor de diques y represas para protección contra aluviones
Escasez hídrica	<ul style="list-style-type: none">• Embalses / represas• Zona de captación de concreto / hormigón• Acueductos• Plantas desalinizadoras (en zonas costeras)	<ul style="list-style-type: none">• Restauración de cuencas, incluyendo reforestación o forestación• Áreas verdes permeables para reabastecimiento de aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none">• Restauración de cuencas alrededor de presas a fin de regular el suministro de agua y reducir la erosión y la sedimentación

Fuente: Adaptado de Silva et al., 2020.

“Se conocen como SbN aquellas actividades asociadas con la protección, gestión, mejora y restauración de la naturaleza a fin de proveer infraestructura resiliente al cambio climático. Las SbN pueden abarcar condiciones netamente naturales, otras basadas en la naturaleza, así como soluciones que combinan tanto elementos naturales como de infraestructura gris (conocidas comúnmente como soluciones integradas)” (Silva et al., 2020 , p. 9)

Sistemas de Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje - MEL (47%)

El nivel medio de implementación de sistemas MEL orientados a la resiliencia indica una limitada sistematización del aprendizaje institucional frente a eventos adversos y amenazas recurrentes. La ausencia o debilidad de estos mecanismos reduce la capacidad de retroalimentar los procesos de diseño, operación y mantenimiento con base en evidencia y experiencias previas. Consolidar sistemas MEL permitiría transformar las respuestas reactivas en procesos de mejora continua, fortaleciendo la toma de decisiones informada y la adaptación progresiva de la infraestructura ante escenarios de riesgo cambiantes.

Este tipo de iniciativas, como la que motiva la elaboración de este reporte, puede ser un punto de partida para generar un sistema MEL de resiliencia en las divisiones de INE.

Gestión financiera para respuesta y recuperación (58%)

En cuanto a la planificación financiera para la atención de daños, reparaciones y reconstrucción, el 58 % de cumplimiento revela que los mecanismos de protección financiera —como seguros, fondos de contingencia o esquemas de transferencia de riesgo como seguros paramétricos— aún no están plenamente consolidados. Esta brecha podría traducirse en retrasos en la recuperación operativa y en una mayor vulnerabilidad financiera ante eventos extremos. Reforzar este componente es clave para asegurar una respuesta oportuna, reducir impactos fiscales no previstos y garantizar la continuidad de los servicios críticos, integrando la resiliencia no solo desde lo técnico, sino también desde la sostenibilidad financiera de las operaciones.

Buenas prácticas: ejemplos concretos de resiliencia en las operaciones de INE

Inversión en resiliencia, una decisión económicamente eficiente

HO-G1247

Programa de electrificación rural en lugares aislados de Honduras*



En el marco de esta operación en Honduras, fue posible cuantificar de manera precisa los costos incrementales asociados a la incorporación de criterios de resiliencia en el diseño de las estructuras de soporte para sistemas fotovoltaicos, específicamente frente a eventos extremos como huracanes. La adopción de estándares de diseño más robustos implicó un incremento aproximado del 16% respecto al presupuesto base considerado bajo un enfoque convencional sin medidas de resiliencia.

Posteriormente, tras la ocurrencia de dos eventos asociados a huracanes, se evidenció que las estructuras resilientes presentaron un desempeño altamente satisfactorio, manteniendo su integridad estructural y funcionalidad operativa. Es decir, una inversión del 16% de presupuesto permitió salvaguardar el valor total del activo del proyecto.

Estos resultados ponen de manifiesto que la inversión incremental en resiliencia no solo reduce significativamente la vulnerabilidad física de los activos, sino que también constituye una decisión económicamente eficiente, al proteger una proporción sustancial de la inversión total con un costo adicional relativamente bajo, y al evitar costos indirectos asociados a una pérdida del servicio. En este sentido, la integración de criterios de resiliencia desde la fase de diseño debe considerarse una estrategia costo-efectiva para la sostenibilidad financiera y operativa de proyectos de infraestructura.

* Nota: La definición de la imagen fue mejorada con IA.

Comunidades empoderadas y diseño resiliente a inundaciones

PE L1294

Programa de Apoyo a la Sostenibilidad del Modelo de Transporte Fluvial en la Amazonía



En operaciones de infraestructura localizadas en entornos altamente dinámicos, como las zonas ribereñas de los ríos de la región amazónica y, en general, del continente, resulta indispensable incorporar desde la etapa de planificación estrategias arquitectónicas y constructivas orientadas a la reducción del riesgo. En particular, el dimensionamiento adecuado de los niveles base de las infraestructuras, por encima de los umbrales históricos

y proyectados de afectación, constituye una medida clave para mitigar impactos asociados a inundaciones, erosión y variabilidad hidrológica.

No obstante, esta operación de la División de Transporte avanza un paso adicional en términos de resiliencia, al integrar el uso de materiales vernáculos propios de la región. Esta decisión no solo representa una práctica ambientalmente sostenible, al minimizar la incorporación de insumos externos y las huellas logísticas asociadas, sino que también fortalece la capacidad de mantenimiento, reparación y reposición de la infraestructura en contextos de aislamiento y difícil acceso. Adicionalmente, la inclusión de programas de capacitación dirigidos a las comunidades locales contribuye a asegurar un uso adecuado de las instalaciones y refuerza la apropiación social del proyecto, un factor crítico para la sostenibilidad operativa en el largo plazo, particularmente en zonas con estas características de accesibilidad.

En síntesis, este enfoque de diseño evidencia una adecuada articulación entre criterios de resiliencia como diseño resiliente, integración ambiental y continuidad operativa, constituyéndose en una buena práctica replicable para proyectos de infraestructura desarrollados en contextos territoriales con altos niveles de exposición y vulnerabilidad.

Estructuras que se adaptan al entorno

PE-L1294 Programa de Apoyo a la Sostenibilidad del Modelo de Transporte Fluvial en la Amazonía



En esta misma línea, la proyección de estructuras flexibles, capaces de adaptarse a las dinámicas propias de los eventos naturales, se consolida como una práctica clave y replicable para las operaciones que incorporan componentes de infraestructura. La flexibilidad estructural y funcional no debe

entenderse como una solución excepcional, sino como un criterio de diseño necesario en entornos altamente cambiantes, como los ríos y otros cuerpos de agua sujetos a variaciones estacionales y eventos extremos.

Existen soluciones tecnológicas que permiten incorporar estos niveles de adaptación sin comprometer la seguridad estructural ni la funcionalidad de la infraestructura. Un ejemplo de ello se observa en el caso analizado, donde los sistemas de conexión entre las embarcaciones y los puertos fluviales incorporan brazos móviles que se ajustan a los cambios en los niveles del río Amazonas. Este tipo de soluciones permite garantizar la continuidad operativa del servicio en distintos escenarios hidrológicos, reduce la necesidad de intervenciones correctivas y refuerza la capacidad de adaptación de la infraestructura frente a condiciones ambientales variables.

HO-L1186 Programa Nacional de Transmisión Eléctrica de Honduras



Continuando con la adaptación de la infraestructura al entorno y a las amenazas climáticas existentes, se identifican experiencias exitosas y replicables en la región, como una operación desarrollada en Honduras, donde eventos recurrentes de inundación habían afectado previamente infraestructura eléctrica crítica. A partir de estas afectaciones y de las lecciones

aprendidas, se incorporó un rediseño integral, basado en un análisis de riesgo, de una nueva subestación eléctrica bajo criterios de resiliencia y adaptación climática.

Las medidas implementadas incluyeron la elevación de la cota de la subestación y de los equipos de control, la reubicación de sistemas de telecomunicaciones y control en estructuras de segundo nivel, la incorporación de sistemas de drenaje pluvial y el desarrollo de simulaciones hidrológicas e hidráulicas para evaluar el comportamiento de cuerpos de agua circundantes ante eventos extremos.

Soluciones verdes: Jardines que hacen parte de la infraestructura

PN-L1185	Proyecto de Electromovilidad y Aumento de la Resiliencia de la Infraestructura de Transporte Público de la Ciudad de Panamá
----------	---



Los jardines verticales trascienden su función ornamental dentro del diseño paisajístico y se consolidan como estrategias resilientes con múltiples beneficios funcionales.

Su incorporación contribuye de manera significativa a la gestión sostenible de las aguas de lluvia, al favorecer la retención,

filtración y conducción controlada de escorrentías, así como a la regulación de las temperaturas del entorno inmediato, mitigando efectos asociados a islas de calor urbano.

Esta operación analizada en la ciudad de Panamá evidencia cómo infraestructuras tradicionalmente consideradas “grises” y altamente robustas, como un viaducto de metro, pueden complementarse de manera efectiva con soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Esta integración no solo mejora la calidad ambiental y paisajística del entorno urbano, sino que también fortalece la capacidad de la infraestructura para manejar de forma más eficiente las escorrentías urbanas, reduciendo la probabilidad /peligrosidad de inundaciones y aportando a un enfoque más integral y resiliente del diseño de infraestructura urbana.

La autonomía como base de la continuidad operativa

PR-L1156	Programa de Rehabilitación y Modernización de la Central Hidroeléctrica Acaray
----------	--



Esta operación incluye dentro de su diseño un PLC (Power Line Carrier). El PLC permite transmitir señales de control, protección y datos a través de las mismas líneas de transmisión eléctrica, sin depender de redes externas como internet o telecomunicaciones públicas. Esto es especialmente valioso porque permite la comunicación incluso si fallan redes externas públicas de telecomunicaciones. Es un sistema físicamente integrado a la

infraestructura eléctrica, lo que reduce vulnerabilidades por eventos externos. Por ello, actualmente es ya una práctica sectorial relevante para la redundancia. Muchas centrales de generación usan hoy PLC como pauta básica en su diseño.

Desde el punto de vista de resiliencia, el PLC constituye un canal de comunicación independiente y robusto, clave para la continuidad operativa de una hidroeléctrica, o cualquier tipo de infraestructura crítica en caso de falla e interrupción de los servicios eléctricos.

Redundancia y redes alternativas: el plan B necesario

CO-L1311	Metro de Bogotá*
----------	------------------



Cuando se trata de infraestructura crítica para el funcionamiento de una ciudad, como los sistemas de transporte masivo tipo metro, la continuidad operativa deja de ser únicamente un criterio de resiliencia para convertirse en una condición esencial de servicio. La interrupción de este tipo de infraestructuras genera impactos sistémicos significativos en la movilidad, la economía urbana y la seguridad de la población, socavando la confianza de

los usuarios en el servicio, por lo que su diseño debe anticipar escenarios de falla y garantizar niveles elevados de redundancia.

Este enfoque se evidencia en el diseño proyectado para el Metro de Bogotá, donde no solo se prevé el cumplimiento de la normativa internacional aplicable en materia de alimentación eléctrica, sino que se adoptan estándares superiores a los mínimos exigidos. En particular, la incorporación de hasta dos subestaciones eléctricas para determinados tramos del sistema permite asegurar el suministro continuo de energía y una respuesta inmediata ante posibles interrupciones. Esta estrategia de redundancia, integrada desde la fase de diseño, refuerza la confiabilidad del sistema y constituye una buena práctica en materia de resiliencia y gestión del riesgo para infraestructuras críticas urbanas.

Anticiparse a las labores de reparación

SU-L1076	Bio-economy Empowerment in Suriname's Indigenous Communities (Bio-SWEET)*
----------	---



Es un hecho que tanto la infraestructura como los componentes mecánicos y eléctricos necesarios para la operación de proyectos energéticos (por ejemplo) requieren labores periódicas de mantenimiento y, eventualmente, reparaciones a mediano y largo plazo. Esta dimensión operativa adquiere una relevancia aún mayor en contextos de difícil acceso, donde las limitaciones logísticas para el transporte de insumos y repuestos pueden transformar intervenciones técnicas relativamente simples en interrupciones prolongadas del servicio.

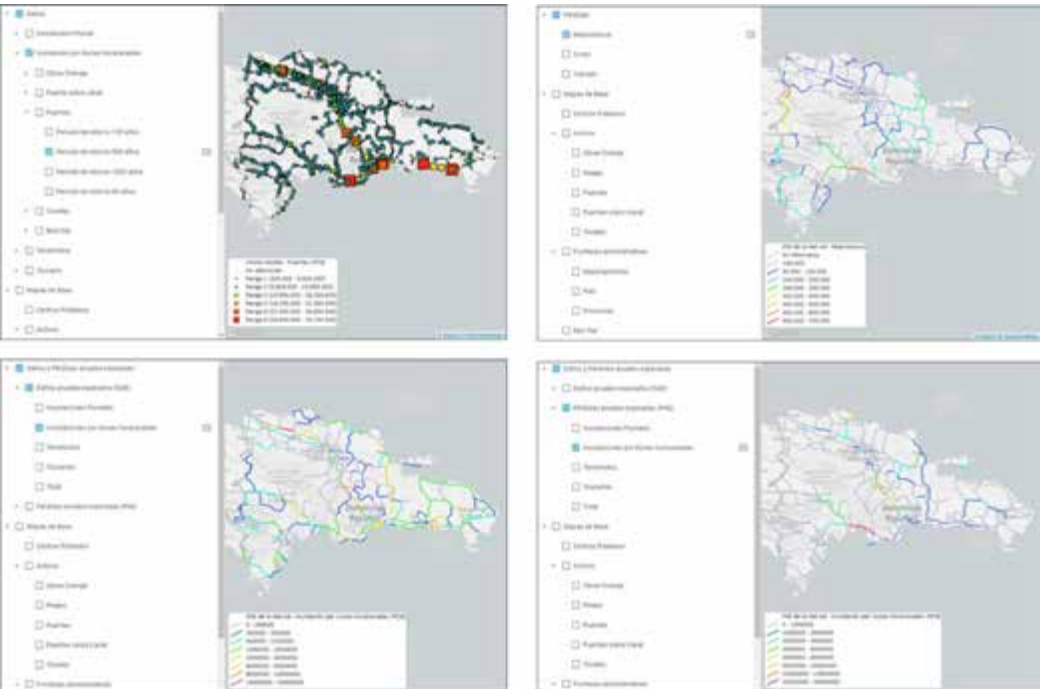
En este sentido, las operaciones de la División de Energía analizadas en Surinam constituyen un ejemplo relevante de planificación resiliente.

Estas incorporan, desde la fase de diseño e implementación, inventarios de materiales críticos y sistemas de almacenamiento —como baterías asociadas a paneles solares— en las zonas de los proyectos que permiten extender la operatividad de los sistemas ante interrupciones no previstas (debido a fallas o eventos naturales) y requerimientos de mantenimiento preventivo. Esta estrategia reduce la dependencia de gestiones logísticas externas, fortalece la autonomía operativa de las comunidades beneficiarias y contribuye a prolongar la vida útil de la infraestructura, consolidando un enfoque de resiliencia que integra aspectos técnicos, territoriales y sociales.

* Nota: La definición de la imagen fue mejorada con IA.

Los datos geográficos como aliados de la resiliencia

DR-L1166 Programa de Resiliencia Climática de la Infraestructura de Puentes en República Dominicana



Esta operación incluyó desarrollos y metodologías basadas en sistemas de información geográfica que dieron un soporte técnico para priorizar activos críticos en la planificación y ejecución de infraestructura resiliente en República Dominicana.

Desde el año 2018, el BID apoyó la creación de un sistema de información geográfico (GIS) denominado Geoportal

que permite visualizar la red de activos de infraestructura (caminos, carreteras, puertos y aeropuertos) de República Dominicana. Posteriormente, entre 2018 y 2020, el BID apoyó la elaboración de una herramienta de planificación orientada a mejorar la priorización de la inversión con el fin de fortalecer la resiliencia de la red de transporte nacional: **el Blue Spot Analysis (BSA).**

Como complemento al esfuerzo de planificación climática y en la etapa de diseño de intervenciones sobre infraestructura de transporte específica (puentes, carreteras, caminos, entre otros), el BID aplica herramientas analíticas desarrolladas internamente y de libre acceso para apoyar la toma informada de decisiones. En particular, se utilizan herramientas como **HydroBID Flood** para evaluar escenarios de comportamiento hidrodinámico respecto a la línea de base y escenarios de cambio climático, basado en la Metodología de ERDCC del BID, con el fin de generar mapas de inundación asociados a distintos períodos de retorno, incorporando consideraciones de riesgo de desastres y cambio climático en el diseño de la infraestructura.

Esta metodología (**Blue Spot**) contribuye a la toma de decisiones con base en análisis espaciales y económicos, para identificar los activos más críticos y vulnerables en la red de transporte; así como las mejores opciones de inversión para aumentar el rendimiento y la resiliencia de la red, haciendo frente a la incertidumbre sobre las amenazas de origen natural y climáticas futuras.

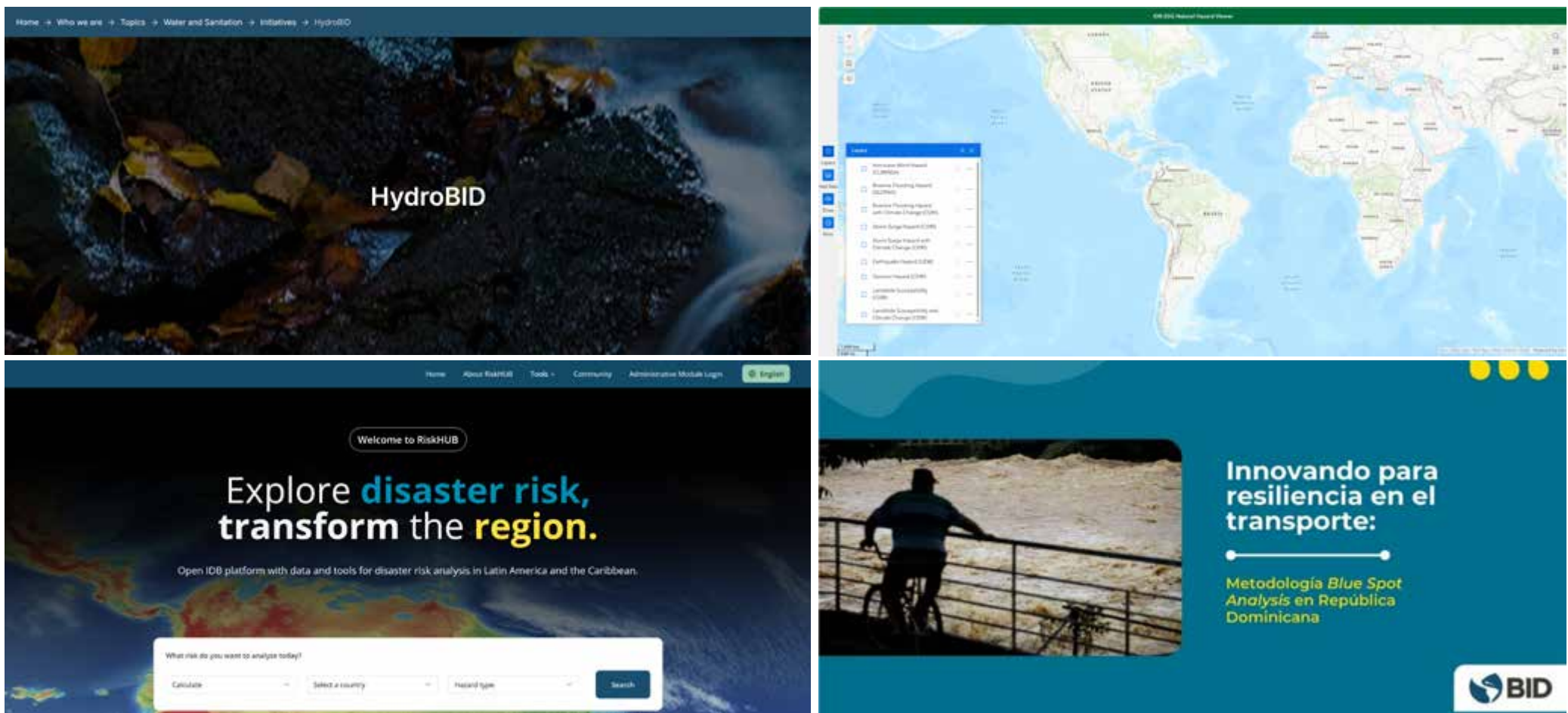
La herramienta **HydroBID Flood** es un modelo hidrodinámico-hidrológico bidimensional desarrollado para el Banco Interamericano de Desarrollo que permite simular el tránsito de crecientes y la extensión, profundidad y dinámica de inundaciones en ríos, estuarios y llanuras de inundación, tanto en entornos fluviales como urbanos. Integra procesos hidráulicos e hidrológicos con alta resolución espacial, incorporando lluvia, infiltración y evaporación distribuidas, así como la representación de infraestructura (canales, puentes, alcantarillas)

Herramientas actualizadas / Análisis actualizado

El Banco Interamericano de Desarrollo cuenta con herramientas de software y en línea⁴ actualizadas que permiten realizar análisis rigurosos y detallados de amenazas geolocalizadas, constituyendo un insumo clave para la planificación y el diseño de operaciones resilientes. Estas capacidades tecnológicas facilitan la identificación, evaluación y priorización de riesgos específicos del territorio, fortaleciendo la toma de decisiones basada en evidencia.

Resulta prioritario aprovechar de manera sistemática estas herramientas a lo largo del ciclo de los proyectos. En este sentido, el Sector de INE dispone de una amplia experiencia técnica tanto en su aplicación como en la disseminación de la información generada, lo que representa una fortaleza institucional relevante. La consolidación y uso estratégico de estas capacidades contribuyen a estandarizar análisis de riesgo, mejorar la calidad de los diseños y reforzar la integración de la resiliencia como criterio transversal en el portafolio de infraestructura.

Gráfico 6. Portadas de las herramientas en línea de información climatológica y geoespacial del BID



Fuente: Páginas de inicio a las plataformas HydroBID Flood, RiskHub, IDB ESG Natural Hazard Viewer y artículo de blog del BID sobre el BSA.

⁴ Tales herramientas digitales son HydroBID Flood, [RiskMonitor](#), [RiskHub](#), y [IDB ESG Natural Hazard Viewer](#).

Convirtiendo el problema en oportunidad de resiliencia

PN-L1185	Proyecto de Electromovilidad y Aumento de la Resiliencia de la Infraestructura de Transporte Público de la Ciudad de Panamá
----------	---



Las zonas inundables dentro de las ciudades pueden ser integradas de manera estratégica en los sistemas urbanos, transformando una condición históricamente problemática en un activo para la gestión del riesgo hídrico. En este sentido, los estanques de tormenta constituyen soluciones eficaces que, cuando son adecuadamente diseñados y

gestionados, permiten almacenar temporalmente las escorrentías generadas por eventos de lluvia intensa y liberarlas de forma controlada. Este enfoque contribuye a la prevención de inundaciones urbanas y a la reducción de la presión sobre las infraestructuras de alcantarillado, evitando su saturación y fallas operativas.

La operación analizada ejemplifica esta aproximación, al aprovechar una zona históricamente inundable en la ciudad de Panamá para la localización de un estanque de tormenta, con base en un análisis de gestión de riesgo. El sistema permite la descarga gradual de las aguas de lluvia hacia el mar de manera gestionada y controlada, condicionada a los ciclos de marea, optimizando así la capacidad de absorción del entorno natural y minimizando impactos aguas arriba.

De esta forma, la intervención materializa el principio de aprendizaje continuo, al incorporar el conocimiento de la dinámica hídrica histórica de la ciudad como insumo para el diseño de soluciones resilientes. Este enfoque refuerza la adaptación urbana frente a eventos extremos y posiciona la gestión del agua como un componente central de la resiliencia territorial.

La biodiversidad como elemento prioritario de la resiliencia

GU-L1189 Programa de Desarrollo del Corredor CA 9 Norte: Subtramo Teculután - Mayuelas*



La incorporación de un Plan de Acción de Biodiversidad (PAB) en proyectos de infraestructura vial fortalece su resiliencia al preservar y restaurar servicios ecosistémicos que indirectamente protegen la estabilidad de las vías: reducen la erosión, estabilizan taludes, mejoran la infiltración, reducen los picos de escorrentías, disminuyen el riesgo de

deslizamientos, inundaciones y de presión sobre las estructuras de paso y drenaje. Este enfoque no solo protege el equilibrio ecológico, también reduce costos de dimensionamiento y mantenimiento de la infraestructura, reduce la probabilidad de falla, prolonga su vida útil y mejora su capacidad de adaptación frente a la variabilidad climática y otros factores de riesgo. Esta operación en Guatemala cuenta con un plan específico de gestión y protección de la biodiversidad en todo el corredor de intervención. Este instrumento es central en la gestión ambiental, coherente con la Norma de Desempeño Ambiental y Social 6 (NDAS 6) del BID, y cuenta con una línea base robusta de inventarios de flora y fauna, estrategias de restauración de vegetación y protección de especies nativas, entre otros aspectos.

La Norma de Desempeño Ambiental y Social 6 (**NDAS 6**) del BID regula cómo los proyectos financiados deben evitar, minimizar, mitigar y compensar impactos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y cómo deben gestionar de forma sostenible los recursos naturales. La conservación de la biodiversidad es enfocada como requisito para el desarrollo sostenible, la resiliencia y la reducción de riesgos a largo plazo.

Resiliencia urbana a gran escala

UR-L1069 Drenaje y Saneamiento Ambiental en Uruguay*



En Montevideo, el riesgo de inundación urbana se manifiesta a una escala significativa, lo que demanda la implementación de soluciones de infraestructura de gran capacidad y alcance. En este contexto, el diseño e implementación de reservorios de tormenta con volúmenes del orden de 5 millones de litros —equivalentes a superficies cercanas a media manzana— ha sido una medida clave para mitigar los picos de escorrentía y fortalecer la resiliencia del sistema de drenaje urbano.

Este tipo de intervenciones de gran escala no solo responde a requerimientos hidráulicos, sino que también implica desafíos y oportunidades en términos de integración urbana. En particular, la localización y configuración de estos tanques ha promovido la generación de espacio público en superficie, incorporando procesos de diseño participativo con las comunidades. Asimismo, su implementación requiere una sólida articulación interinstitucional y la movilización de inversiones significativas, reflejando la complejidad técnica, social y financiera inherente a las soluciones de resiliencia urbana a gran escala.

* Nota: La definición de la imagen fue mejorada con IA.

Considerar el error humano

PE-L1259

Proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Drenaje Pluvial de la ciudad de Puerto Maldonado y El Triunfo*



El diseño, la planificación y la construcción de infraestructura resiliente no pueden desconocer que una parte significativa del riesgo está asociada a la acción humana, ya sea por usos inadecuados, omisión de protocolos o incumplimiento de los manuales operativos. En este sentido, la resiliencia no se limita a la capacidad física de la infraestructura para resistir amenazas naturales, sino que también debe anticipar comportamientos y fallas de carácter operativo y social.

Los sistemas de drenaje urbano constituyen un ejemplo claro de esta interacción. Una operación analizada en Perú evidenció cómo es posible incorporar estrategias adicionales de diseño que contemplan escenarios de uso inadecuado del drenaje urbano. La instalación de mallas para la retención de escombros y residuos sobredimensionados se configura como una medida resiliente que permite mitigar bloqueos, reducir fallas del sistema y mantener su funcionalidad incluso ante prácticas no deseadas por parte de los usuarios.

No obstante, estas soluciones técnicas deben complementarse con programas de capacitación, sensibilización e incentivos orientados a promover el uso adecuado de la infraestructura urbana, así como planes de continuidad operativa que incluyan planes de emergencia. La combinación de medidas físicas y acciones de fortalecimiento institucional y comunitario resulta clave para garantizar la sostenibilidad y efectividad de este tipo de intervenciones en el largo plazo.

* Nota: La definición de la imagen fue mejorada con IA.

Planificación a largo plazo – prioridad en un mundo cambiante

Es ampliamente reconocido que los fenómenos climáticos observados históricamente se están intensificando tanto en frecuencia como en intensidad (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2021). Esto permite considerar escenarios futuros caracterizados por eventos aún más extremos, lo que obliga a incorporar una perspectiva prospectiva en los análisis de amenazas naturales asociados a las infraestructuras.

En este contexto, se reconoce como una buena práctica del Sector de Infraestructura y Energía (INE) la incorporación sistemática de análisis de riesgo y escenarios futuros que consideran los impactos del cambio climático en la planificación y el diseño de las operaciones mediante la aplicación de la Metodología de Evaluación de riesgo de Desastres y Cambio Climático del BID (Barandiarán et al., 2019; BID, s.f.). Si bien este enfoque puede implicar inversiones iniciales más robustas, responde a una lógica de prevención y costo-efectividad en el largo plazo, al anticipar niveles de afectación superiores a los registrados históricamente. Esta aproximación refuerza la resiliencia de las infraestructuras y contribuye a reducir riesgos operativos, financieros y sociales frente a un clima cada vez más incierto.

Análisis y gestión documental: claridad en el proceso de evaluación ambiental y social

La adecuada incorporación de la resiliencia en las operaciones del Banco depende de un análisis exhaustivo y un flujo documental robusto que articula la gestión ambiental, social y climática desde las etapas tempranas de preparación hasta la ejecución. La Evaluación Ambiental y Social Estratégica (EASE) establece el marco analítico inicial al identificar riesgos, impactos y amenazas —incluidas las relacionadas con fenómenos naturales y cambio climático— a nivel programático, orientando la toma de decisiones desde fases tempranas del ciclo operativo.

Posteriormente, cada intervención concreta desarrolla su Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) y su estudio de impacto ambiental y social (EIAS), donde se establecen las medidas específicas para prevenir, mitigar y gestionar riesgos ambientales, sociales y de desastres asociados a la infraestructura, así como los protocolos de salud, seguridad y continuidad operativa que deberán aplicarse durante la construcción y operación.

Finalmente, el Resumen de Revisión Ambiental y Social (ESRS, de *Environmental and Social Review Summary*) sintetiza de manera pública y transparente el conjunto de riesgos, instrumentos requeridos, clasificaciones de riesgo —incluido el riesgo por amenazas naturales— y compromisos ambientales y sociales que regirán la operación, asegurando la trazabilidad de la gestión y la alineación con el MPAS del Banco.

En conjunto, estos documentos aseguran que la resiliencia no sea un componente accesorio, sino un criterio técnico transversal y verificable en todo el ciclo de la operación, fortaleciendo la capacidad de las infraestructuras para anticipar, resistir y recuperarse ante eventos adversos.

Cuadro 6. Propósito y contenido de los documentos BID sobre gestión y evaluación del impacto ambiental.

Documento	Propósito	Contenido clave
EASE: Evaluación Ambiental y Social Estratégica	Identifica y evalúa los riesgos e impactos ambientales y sociales de un programa antes de definir proyectos específicos	Diagnóstico, impactos, lineamientos para PGASE/PGAS
PGAS: Plan de Gestión Ambiental y Social (específico /estratégico)	Plan operativo y detallado, derivado de la EASE o de una Evaluación Ambiental y Social (EAS), que define cómo se manejarán los impactos ambientales y sociales en cada proyecto u obra	Medidas específicas. Incluye medidas de respuesta ante emergencias y riesgos de desastres
ESRS: Resumen de Revisión Ambiental y Social	Resumir riesgos, requerimientos y la clasificación del riesgo ambiental y social (ESRR)	ESRR, DCCR, listado de instrumentos, ESAP

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la evaluación ambiental de las operaciones, y la integración con el principio para la resiliencia de Integración Ambiental:

Según el MPAS del BID, las salvaguardas ambientales y sociales constituyen el conjunto de políticas, normas de desempeño y procedimientos diseñados para identificar, evitar, reducir y gestionar los riesgos e impactos ambientales y sociales asociados a los proyectos financiados por el Banco. Estas salvaguardas garantizan que los proyectos integren consideraciones ambientales y sociales desde su diseño hasta su ejecución, mejorando la sostenibilidad y minimizando efectos negativos en las personas, los ecosistemas y los recursos naturales.

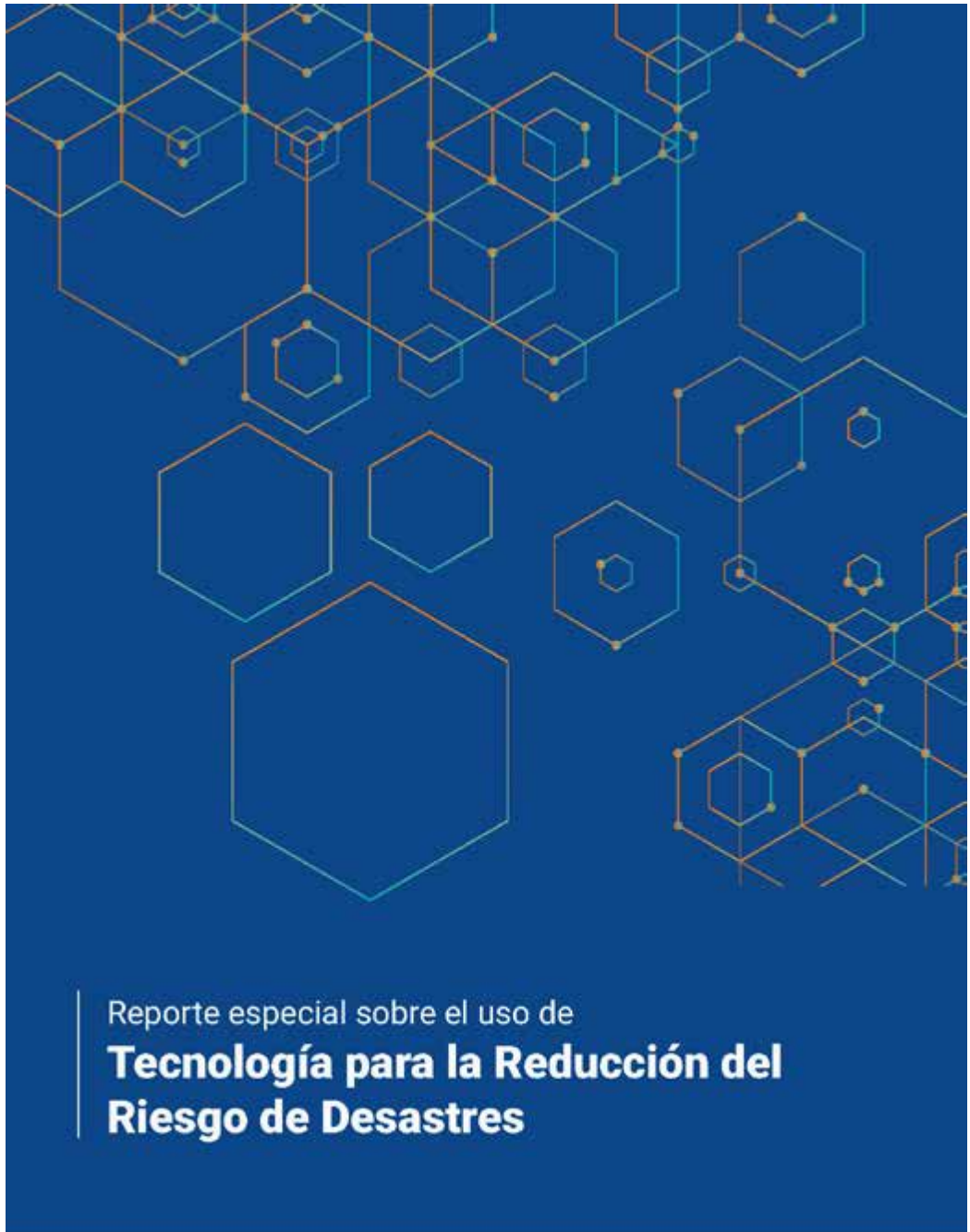
El **Estándar 4 del MPAS** establece que los proyectos del Banco deben identificar, evaluar y gestionar los riesgos asociados a fenómenos naturales y de cambio climático que puedan afectar la seguridad, funcionalidad y continuidad de la infraestructura, así como a las personas y comunidades vinculadas a los proyectos.

El **MPAS** incorpora explícitamente la resiliencia como un principio transversal en sus Normas de Desempeño Ambiental y Social. En particular, la NDAS 4 establece la responsabilidad del prestatario de fortalecer la resiliencia frente a riesgos ambientales y sociales, mientras que la NDAS 6 promueve la integración de consideraciones ambientales, incluyendo la resiliencia climática. Adicionalmente, la NDAS 10 resalta la importancia de la participación de las comunidades como un elemento clave en la construcción de resiliencia a nivel local.

Otros referentes para tener en cuenta: Perspectiva innovadora global

La inteligencia artificial aplicada a la resiliencia

Los recientes avances en inteligencia artificial, particularmente los modelos fundacionales y los modelos de lenguaje de gran escala (LLM), han impulsado el desarrollo de tecnologías de propósito general con aplicaciones en múltiples sectores y funciones. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y apoyar la toma de decisiones en tiempo real está redefiniendo



sectores tan diversos como la salud, la energía, el transporte, la educación y la gestión pública.

Sobre esto, ya existen reportes (UNDRR, 2025) en donde se expone cómo la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (AA) están transformando la reducción del riesgo de desastres al ampliar de manera significativa la capacidad de análisis, predicción y respuesta frente a amenazas múltiples.

En contextos urbanos, estas tecnologías permiten procesar grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, imágenes satelitales y registros históricos, facilitando la elaboración de mapas de amenazas, evaluaciones de vulnerabilidad y sistemas de alerta temprana casi en tiempo real. La incorporación de IA generativa y de sistemas con agentes autónomos abre

nuevas oportunidades para anticipar escenarios complejos y apoyar la toma de decisiones bajo condiciones de alta incertidumbre, fortaleciendo así la resiliencia urbana.

El valor estratégico de la IA en la resiliencia urbana no se limita a la fase de respuesta ante emergencias, sino que abarca todo el ciclo de gestión del riesgo. Las aplicaciones incluyen la planificación urbana sensible al riesgo, la optimización de redes e infraestructuras críticas, la asignación eficiente de recursos durante eventos extremos y el seguimiento de los procesos de recuperación. En este sentido, la IA contribuye a una gestión más proactiva y preventiva del riesgo, permitiendo a las ciudades transitar de enfoques reactivos hacia modelos de resiliencia basados en evidencia, análisis prospectivo y aprendizaje continuo.

No obstante, el reporte también advierte sobre desafíos clave para la adopción efectiva de estas tecnologías. Entre ellos se destacan los sesgos en los modelos, la desigualdad en el acceso a datos y capacidades computacionales, los riesgos cibernéticos y la falta de marcos normativos y éticos adecuados. Asimismo, se enfatiza la importancia de la IA explicable (XAI) para garantizar transparencia y confianza en la toma de decisiones públicas. En el contexto urbano, se concluye que el uso de IA para fortalecer la resiliencia solo será efectivo si se integra en enfoques sistémicos, centrados en las personas, adaptados al contexto local y acompañados de gobernanza sólida y participación de múltiples actores.

“La Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) es un campo de vital importancia que utiliza los avances tecnológicos para mitigar y gestionar el impacto de los desastres detonados por causas naturales y humanas. Entre estos avances, la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático (AA) y, más recientemente, la IA generativa, han surgido como herramientas transformadoras.” (UNDRR, 2025, p. 35)



La gestión de datos urbanos como estrategia de resiliencia: Machine learning y analítica avanzada para interpretar patrones y apoyar la toma de decisiones operativas

El caso de la ciudad de Chicago constituye un referente relevante sobre cómo el manejo adecuado de datos puede fortalecer la resiliencia urbana, particularmente en la gestión de aguas pluviales. A través de su Portal de Datos Abiertos y de iniciativas como el *Smart Green Infrastructure Monitoring*, la ciudad ha documentado la instalación de sensores en distintos componentes de infraestructura verde —como *bioswales*, pavimentos permeables y sistemas de vegetación urbana— con el fin de monitorear en tiempo real el comportamiento de la escorrentía y la respuesta del sistema frente a eventos de lluvia.

La información generada por estos sensores permite aplicar técnicas de análisis avanzado, modelado hidrológico y, en varios proyectos asociados, algoritmos predictivos para evaluar el desempeño de las Soluciones basadas en la Naturaleza y su impacto en la reducción de cargas sobre el sistema de drenaje convencional. El uso de sensores distribuidos para medir niveles, caudales y condiciones ambientales, combinado con la recopilación continua de datos y su procesamiento en plataformas digitales, habilita una gestión más dinámica y anticipatoria del riesgo de inundaciones urbanas.

La experiencia de Chicago sugiere que la replicabilidad de este modelo en otras ciudades no depende únicamente de la adopción de tecnologías sofisticadas, sino de la existencia de una estrategia integral de gobernanza de datos para la resiliencia. Elementos como la estandarización de la captura de información, el acceso a plataformas de análisis, la articulación entre actores públicos y técnicos, y el uso de datos para retroalimentar la planificación y operación de la infraestructura son condiciones habilitantes clave. En este sentido, el enfoque usado en Chicago ofrece lecciones aplicables a contextos urbanos diversos, al evidenciar cómo los datos, correctamente gestionados, pueden convertirse en un activo estratégico para anticipar riesgos, optimizar inversiones y fortalecer la resiliencia urbana (City of Chicago, 2018).

Ejemplos concretos aplicados a infraestructura

HYDROGRID Insight. Es una plataforma de apoyo a la operación de centrales hidroeléctricas que emplea algoritmos de aprendizaje automático para integrar información hidrológica, meteorológica y operativa. La herramienta facilita la planificación de la generación en horizontes de corto, mediano y largo plazo, así como la actualización de decisiones en tiempo real frente a condiciones hidrológicas y de mercado cambiantes.

Información para la gestión del riesgo antes, durante y después de fenómenos extremos. Las plataformas de inteligencia para la gestión del riesgo proporcionan información en tiempo real y herramientas de análisis que apoyan la toma de decisiones antes, durante y después de eventos como incendios forestales, inundaciones y condiciones meteorológicas extremas. Estas soluciones integran datos de múltiples fuentes para facilitar el monitoreo de amenazas, la evaluación de impactos potenciales y la priorización de acciones de preparación, respuesta y recuperación. **Technosylva** es una plataforma de inteligencia para la gestión del riesgo que integra información meteorológica, modelos de amenazas y herramientas de análisis para apoyar la toma de decisiones frente a incendios forestales, inundaciones y otros fenómenos extremos. La plataforma permite realizar monitoreo en tiempo real, evaluar la evolución de las amenazas y generar información para apoyar las acciones de preparación, respuesta y recuperación por parte de entidades responsables de la gestión del riesgo.

AiDASH - Uso de imágenes satelitales con IA para prevenir fallas. Consiste en un panel de control de IA que combina el potencial de fuentes de datos dispares, modelos de IA específicos para cada caso y aplicaciones cognitivas. El resultado es una solución empresarial que optimiza las operaciones y mitiga los puntos débiles. AiDASH revoluciona la resiliencia del sector de infraestructura, energía, transporte y agua con información rápida, precisa y útil obtenida mediante satélites e IA.

3. Recomendaciones para las divisiones de INE: Resiliencia ahora y a futuro

Los resultados del análisis muestran una incorporación consistente de criterios de resiliencia en las operaciones seleccionadas; sin embargo, el reto principal no es confirmar esa integración, sino consolidarla y hacerla plenamente sistemática. A partir de estos hallazgos, se plantea que el desafío estratégico para INE consiste en pasar de prácticas sólidas pero heterogéneas —documentadas en la muestra analizada— a un enfoque institucional homogéneo, verificable y escalable, capaz de fortalecer los componentes con menor desempeño y asegurar una aplicación transversal a lo largo de todo el ciclo del proyecto.

El nivel de alineación promedio del 80 % frente a los principios de resiliencia evaluados evidencia que las operaciones seleccionadas han incorporado de forma consistente criterios de resiliencia en su diseño y ejecución. Si bien el desempeño de la muestra es alto, estos resultados sugieren que el reto estratégico para INE no radica solo en pasar de un buen nivel de alineación a uno sobresaliente en las operaciones ya analizadas —fortaleciendo los ítems con menor desempeño—, sino también en extender y verificar esta consolidación en el resto del portafolio.

A continuación, se proponen recomendaciones técnicas clave para consolidar los avances identificados en la muestra analizada y cerrar las brechas existentes, con miras a que estas prácticas se extiendan progresivamente a todas las operaciones del portafolio.

Ampliar el enfoque de resiliencia más allá del componente climático: Se recomienda consolidar una visión integral de resiliencia que incorpore de manera explícita amenazas geotécnicas (sismos, volcanes, deslizamientos), hidrológicas, operativas, humanas y cibernéticas, reconociendo que la vulnerabilidad de la infraestructura no responde a una única tipología de riesgo.

Si bien existen mecanismos dentro del Banco relacionados con el financiamiento climático, BID Clima, alineación con marcos ambientales, entre otros, esto no debería limitar el entendimiento y aplicación del concepto de resiliencia en las operaciones de infraestructura de las divisiones de INE.

Fortalecer la resiliencia como un enfoque sistémico y no exclusivamente de diseño:

La respuesta resiliente debe trascender el diseño arquitectónico o estructural e integrar aspectos como la redundancia de redes, la confiabilidad de los sistemas eléctricos y digitales, la capacidad operativa, los protocolos de mantenimiento y la gestión institucional a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

La efectividad de las medidas de resiliencia depende no solo de soluciones técnicas, sino también de acuerdos institucionales que definan claramente los mecanismos de coordinación, los roles y responsabilidades de las entidades involucradas, los procesos de toma de decisiones y la priorización de acciones antes, durante y después de eventos naturales. Una gobernanza sólida facilita la articulación entre actores, mejora la capacidad de respuesta y recuperación, y contribuye a la implementación sostenible de las estrategias de resiliencia.

Incorporar de manera sistemática análisis prospectivos y escenarios futuros: Se recomienda continuar y profundizar el uso de escenarios de cambio climático y proyecciones de amenazas futuras con enfoque en resiliencia en la toma de decisiones, incluso cuando ello implique mayores inversiones iniciales, priorizando una lógica de prevención y reducción de costos en el largo plazo.

La recuperación de la infraestructura debe concebirse como un proceso de transformación y mejora, y no únicamente de restitución. **Las estrategias de resiliencia deberían promover un enfoque de *Build Forward Better***, aprovechando los procesos de rehabilitación y reconstrucción para incorporar estándares superiores de desempeño, adaptación climática y reducción del riesgo, de modo que la infraestructura resultante sea más robusta, flexible y preparada para enfrentar amenazas futuras que la existente antes del evento.

Consolidar mecanismos de continuidad operativa y redundancia en infraestructuras críticas: Para infraestructuras estratégicas, como sistemas de transporte masivo, energía o agua, se recomienda institucionalizar criterios mínimos de redundancia, respaldo energético y planes de contingencia que aseguren la continuidad del servicio ante fallas o eventos extremos.

Fortalecer la resiliencia operativa y logística, especialmente en zonas rurales de difícil acceso: Es clave promover estrategias que reduzcan la dependencia logística externa, como inventarios locales de insumos críticos, capacitación comunitaria y planes de mantenimiento adaptados a contextos de difícil acceso.

Promover la integración de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN): Se recomienda fortalecer, escalar y sistematizar el uso de SbN como complemento a la infraestructura gris, particularmente para la gestión del agua, el control de inundaciones y la regulación térmica urbana, promoviendo la generación y sistematización de evidencia que documente sus beneficios, costos y limitaciones. Esto permitirá fundamentar su incorporación en los proyectos del Banco con argumentos técnicos sólidos desde etapas tempranas de diseño y en procesos de toma de decisión.

Incorporar el factor humano como componente explícito de la resiliencia: Las estrategias de diseño deben anticipar usos inadecuados, fallas operativas y comportamientos no previstos, complementándose con programas de capacitación, sensibilización ciudadana e incentivos que promuevan el uso adecuado de las infraestructuras.

Incorporar seguros paramétricos como instrumento complementario de resiliencia financiera para la infraestructura: Se recomienda impulsar la integración de seguros

paramétricos dentro de la estrategia de resiliencia de los proyectos de infraestructura, especialmente en contextos expuestos a amenazas recurrentes como inundaciones, sismos, sequías o eventos climáticos extremos. A diferencia de los seguros tradicionales, los seguros paramétricos permiten desembolsos rápidos y automáticos cuando se alcanza un umbral predefinido (por ejemplo, nivel de precipitación, magnitud sísmica o velocidad del viento), reduciendo de manera significativa los tiempos de respuesta financiera posteriores a un evento adverso.

Promover enfoques integrados y multisectoriales en el diseño e implementación de infraestructura resiliente: Se recomienda avanzar hacia la integración operativa y territorial de los sectores de energía, agua y transporte (incluso vivienda e infraestructura social) siempre que las condiciones técnicas y contextuales lo permitan, superando la fragmentación sectorial que tradicionalmente se reproduce en la implementación de proyectos. En la práctica, las infraestructuras funcionan como sistemas interdependientes, donde fallas en un sector pueden desencadenar impactos en cascada sobre otros. Diseñar y gestionar proyectos de manera articulada —por ejemplo, integrando soluciones energéticas en sistemas de agua o incorporando criterios de drenaje y movilidad en proyectos de transporte— permite optimizar recursos, reducir vulnerabilidades compartidas y fortalecer la continuidad operativa.

Aprovechar y sistematizar el conocimiento existente en el Sector de INE: Se recomienda capitalizar el alto nivel técnico y las herramientas disponibles mediante el fortalecimiento de sistemas de monitoreo, evaluación y aprendizaje (MEL), así como la creación de bases de datos institucionales de lecciones aprendidas y buenas prácticas en resiliencia, que permitan su replicabilidad y escalamiento en el portafolio del Banco.

La siguiente tabla sintetiza, por tipología de infraestructura, aspectos técnicos prioritarios que conviene incorporar en la planificación de futuras operaciones para fortalecer la resiliencia. Los elementos se organizan en función de los principios identificados en el análisis, y se presentan como una guía práctica para orientar el diseño, la preparación y el mantenimiento de distintas tipologías de infraestructura. Esto permite identificar de forma rápida qué medidas resultan más pertinentes según el tipo de activo y las amenazas predominantes en el contexto de intervención.

Cuadro 7. Aspectos técnicos prioritarios según tipología de infraestructura y criterios técnicos

Tipología		Diseño resiliente ante amenazas	Monitoreo y mitigación ambiental	Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)	Redes alternativas	Diseño modular y flexible	Planes de mantenimiento
Transporte terrestre		Análisis hidrológicos e hidráulicos para definir cotas y dimensionamiento ante eventos extremos	Planes de biodiversidad y conectividad ecológica (pasos de fauna, revegetación)	Revegetación de taludes y corredores ecológicos	Diseño con rutas alternas para continuidad operativa	—	Mantenimiento preventivo de cunetas, drenajes y estructuras críticas
Transporte férreo		Protección de vías ante inundaciones y estabilización de taludes	Monitoreo en tiempo real de infraestructura y condiciones climáticas	Jardines de lluvia y muros verdes en viaductos, estaciones y espacio público generado	Redundancia eléctrica (subestaciones, anillos)	—	Programas de mantenimiento predictivo de sistemas eléctricos y vías
Transporte fluvial		Infraestructura elevada sobre cotas de inundación proyectadas	Sistemas de alerta temprana hidrometeorológica	Restauración de riberas y control natural de erosión	—	Muelles flotantes y estructuras adaptativas a niveles variables	Mantenimiento de canales, dragado y control de sedimentación
Energía solar / fotovoltaica		Diseño resistente a vientos, inundaciones y temperaturas extremas	Monitoreo de desempeño y condiciones ambientales	Uso de coberturas vegetales para control de polvo y temperatura	Sistemas de respaldo (baterías)	Sistemas modulares de paneles	Disponibilidad de repuestos críticos y mantenimiento <i>in situ</i>
Redes eléctricas		Refuerzo o soterramiento de sistemas de transmisión y distribución	Sistemas inteligentes de monitoreo (smart grids)	—	Redes malladas y redundantes para re-ruteo	—	Mantenimiento preventivo y correctivo de redes
Hidroeléctricas		Diseño para caudales extremos y variabilidad climática	Monitoreo estructural, de hidrología y gestión de sedimentos	Manejo de cuencas (reforestación, control de erosión)	Sistemas de comunicación autónomos (Power Line Carrier PLC)	—	Mantenimiento de presas, vertederos y equipos
Drenaje urbano		Infraestructura de almacenamiento (estanques de tormenta) y red de depósitos subterráneos para recoger el agua de lluvia	Sistemas de monitoreo y limpieza de redes y mayor vigilancia durante las tormentas para mejorar la respuesta ante emergencias	Aumento de los espacios verdes urbanos y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS (infiltración, retención, bio-retención)	—	Sistemas adaptables y escalables	Mantenimiento periódico de drenajes

Fuente: Elaboración propia.

Limitaciones del reporte

El presente análisis se basa en una selección específica de operaciones que incorporaron consideraciones de resiliencia durante su preparación y/o ejecución. En consecuencia, la muestra no pretende ser representativa del conjunto del portafolio reciente del Sector de INE ni permite extrapolar los hallazgos a la totalidad de las operaciones. No obstante, la selección incluyó una diversidad de tipologías de proyectos, países y divisiones del Sector, con el fin de capturar distintos enfoques y experiencias en la incorporación de la resiliencia.

Adicionalmente, en el caso de algunas operaciones, el tiempo transcurrido desde su implementación ha limitado el acceso a información detallada, así como a las perspectivas de los equipos técnicos involucrados, debido a la rotación institucional. Esta situación puede afectar la reconstrucción completa de los procesos, decisiones y lecciones aprendidas.

Por último, la diversidad de sectores, tipologías de proyectos y criterios de evaluación de resiliencia considerados en el análisis introduce un nivel de complejidad metodológica relevante. La heterogeneidad de los casos dificulta la estandarización de métricas y comparaciones directas, lo que implica que los resultados deben leerse con cautela y entendiendo el contexto específico de cada operación.

Bibliografía

AiDASH. (s.f.). *AiDASH* [Plataforma digital]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://www.aidash.com/>

Bagnoli, L., Balza, L., Brichetti, J. P., Cavallo, E. A., Eguiguren-Cosmelli, J., Libra, J. M., Pérez, U., Rivas, M., Stisman, P., y Suárez-Alemán, A. (2025). *Del riesgo a la confiabilidad: Servicios de infraestructura resiliente para enfrentar los desafíos de la naturaleza*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0013769>

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *Centro de soporte HydroBID* [Página web]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://hydrobidlac.org/>

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *HydroBID Flood* [Página web de la plataforma]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://hydrobidlac.org/producto/hydrobid-flood/>

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *IDB ESG Natural Hazard Viewer* [Página web de la plataforma]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://atlas.iadb.org/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=bd57de5113fe41adb961b0b39e9120eb>

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático: Un enfoque por fases para fomentar la resiliencia en los proyectos de infraestructura del BID* [Página web]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://www.iadb.org/es/quienes-somos/temas/soluciones-ambientales-y-sociales/metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres>

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *RiskHub* [Página web de la plataforma]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://riskhub.iadb.org/en>

Banco Interamericano de Desarrollo. (s.f.). *Risk Monitor* [Página web de la plataforma]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://riskmonitor.iadb.org/en>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Marco de Política Ambiental y Social: Mejorando la Sostenibilidad Ambiental y Social de las Operaciones del BID* [Página web]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://www.iadb.org/es/quienes-somos/topicos/soluciones-ambientales-y-sociales/marco-de-politica-ambiental-y-social>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2026, 24 de abril). *IDB Presents Resilient Infrastructure Services for Latin America and the Caribbean* [Video]. YouTube. https://youtu.be/1aFcPVIIs_AA?si=LxvQYyNmZEFSSypx

Banco Mundial. (2016, 14 de noviembre). *Cómo romper el vínculo entre los fenómenos meteorológicos extremos y la pobreza extrema* [Infografía en página web]. Actualmente no disponible en línea

Bangalore, M., Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., y Rozenberg, J. (2017). *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. Climate Change and Development. Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/25335>

Barandiarán, M., Esquivel, M., Lacambra Ayuso, S., Suarez, G., y Zuloaga, D. (2019). *Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID: Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0002041>

City of Chicago. (2018, 2 de mayo). *Smart Green Infrastructure Monitoring Sensors - Historical* [Dataset]. Chicago Data Portal. Recuperado el 8 de julio de 2026, de https://data.cityofchicago.org/Environment-Sustainable-Development/Smart-Green-Infrastructure-Monitoring-Sensors-Hist/ggws-77ih/about_data

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A., Pirani, S.L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., Caud, Y., Chen, L., Goldfarb, M.I., Gomis, M., Huang, K., Leitzell, E., Lonnoy, J.B.R., Matthews, T.K., Maycock, T., Waterfield, O., Yelekçi, R., Yu, y Zhou, B., Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

HYDROGRID. (s.f.). *HYDROGRID Insight* [Plataforma digital]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://www.hydrogrid.ai/platform-overview>

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2022). *Principios para la Infraestructura Resiliente*. <https://www.undrr.org/es/publication/principios-para-una-infraestructura-resiliente>

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2025). *Reporte especial sobre el uso de Tecnología en la Reducción del Riesgo de Desastres*. <https://www.undrr.org/es/node/94683>

Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres y Coalición para la Infraestructura Resiliente de Desastres. (2023). *Metodología global para la revisión de la resiliencia de la infraestructura*. <https://www.undrr.org/quick/82016>

Organización Internacional de Normalización. (2025). *Security and resilience — Community resilience — Guidelines for infrastructure resilience* (norma ISO n° 22372:2025). <https://www.iso.org/standard/50275.html>

Organización Internacional de Normalización. (2025, 26 de noviembre). *Prepararse para lo inesperado: cómo ISO 22372 contribuye a reforzar la resiliencia de las infraestructuras* [Artículo de blog]. Perspectivas y actualidad. <https://www.iso.org/es/contents/news/2025/11/ISO-22372-infra-resilience.html>

Rodriguez, M. y Lefevre, B. J. M. (2024). *Innovando para resiliencia en el transporte: Metodología Blue Spot Analysis en República Dominicana* [Artículo de blog]. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://www.iadb.org/es/blog/transporte/innovando-para-resiliencia-en-el-transporte-metologia-blue-spot-analysis-en-republica-dominicana>

Silva, M. C., Watson, G., Watkins, G. G., Rycerz A., y Firth, J. (2020). *Mejorando la resiliencia de la infraestructura con soluciones basadas en la naturaleza* (SbN). Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0002325>

Technosylva. (s.f.). *Technosylva* [Plataforma digital]. Recuperado el 8 de julio de 2026, de <https://technosylva.com/>

Watkins, G. G., Contreras Casado, C., Silva Zuniga, M. C., Bhattacharya, A., Jeong, M., y Amin, A. (2019). *Atributos y marco para la infraestructura sostenible*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0001723>



CONSTRUYENDO **RESILIENCIA** en proyectos de infraestructura

APRENDIZAJES PARA PROYECTOS FUTUROS

César Corena F., Maria Alejandra Escovar y Livia Minoja

